

JRC REFERANS RAPORU

Demir-Çelik Üretimi için Mevcut En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi

2010/75/EU sayılı Endüstriyel Emisyonlar
Direktifi (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol)

Rainer Remus, Miguel A. Aguado-Monsonet,
Serge Roudier, Luis Delgado Sancho

2013



EUR 25521 EN Raporu

Avrupa Komisyonu Ortak
Araştırma Merkezi
İleri Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü

İletişim bilgileri
Avrupa Entegre Kirliliği Önleme ve Kontrol (EKÖK) Bürosu
Adres: Joint Research Centre, Edificio Expo c/ Inca Garcilaso, 3 E-41092 Seville, İspanya
E-posta: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Tel.: +34 95 4488 284
Faks: +34 95 4488 426

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>
<http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>

Bu yayın, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından hazırlanan bir Referans Raporudur. Yasal Uyarı
Komisyon Belgelerinin Yeniden Kullanılmasına ilişkin 12 Aralık 2011 tarihli Komisyon Kararı ([2011/833/EU](#)) uyarınca, mevcut MET-Ref belgesi, belgede mevcut olabilecek üçüncü taraf haklarının kapsamına giren kısımlar (hakların daha sonra kullanılmak üzere ilgili hak sahiplerinden ayrı olarak alınması gereken resimler, tablolar, veriler, yazılı materyaller vb.) dışında, ücretsiz olarak yeniden kullanılabilir. Avrupa Komisyonu, bu yayının yeniden kullanımından kaynaklanan herhangi bir sonuçtan sorumlu değildir. Herhangi bir yeniden kullanım durumunda, kaynağın belirtilmesi ve orijinal anlam veya mesajın bozulmaması gerekir.

Europe Direct, Avrupa Birliği hakkındaki sorularınıza yanıt bulmanıza yardımcı olacak bir hizmettir. Ücretsiz Telefon numarası
(*): 00 800 6 7 8 9 10 11
(*) Bazı cep telefonu operatörleri 00 800 numaralarına erişime izin vermeyebilir veya bu aramalar ücretlendirilebilir.

Avrupa Birliği hakkında geniş ek bilgi İnternette mevcuttur.
Bu bilgilere Avrupa sunucusu <http://europa.eu> üzerinden erişilebilir.

JRC 69967

EUR 25521 EN

ISBN 978-92-79-26475-7 (pdf)
ISBN 978-92-79-26476-4 (basılı)

ISSN 1831-9424 (çevrim içi)
ISSN 1018-5593 (basılı)

doi:10.2791/97469

Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayın Ofisi, 2013

© Avrupa Birliği, 2013

Kaynağın belirtilmesi koşuluyla çoğaltmaya izin verilir. İspanya'da basılmıştır.

Demir-elik Üretimi için Mevcut
En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi
Endüstriyel Emisyonlar Direktifi 2010/75/EU
Entegre Kirlilik Öleme ve Kontrol

Yazarlar:

Rainer Remus, Miguel A. Aguado-Monsonet, Serge
Roudier, Luis Delgado Sancho

2013

EUR 25521 EN

Teşekkür

Bu rapor, Avrupa Komisyonunun Ortak Araştırma Merkezinde (İleri Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü (IPTS)) Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu (IPPC Bürosu) tarafından Serge Roudier (IPPC Bürosu Başkanı) ve Luis Delgado Sancho'nun (Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Birim Başkanı) denetimi altında hazırlanmıştır.

Bu MET-Ref'nin ana IPPC Bürosu yazarı Rainer Remus'tur. Çalışmayı Miguel Aguado-Monsonet başlatmıştır.

Bu proje raporu, Endüstriyel Emisyonlar Direktifinin (2010/75/EU sayılı) uygulanması çerçevesinde hazırlanmış olup Direktifin 13. Maddesi kapsamında Demir-Çelik Üretimi için gerçekleştirilen bilgi alışverişinin bir sonucudur.

Bilgi alışverişinde önemli katkı sağlayan taraflar:

- Aşağıdaki AB Üye Devletleri: Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Polonya, İsveç, Birleşik Krallık
- Norveç
- Avrupalı çelik üreticilerinin büyük bir kısmını temsil eden sektör birliği Eurofer
- Çevre STK'lerini temsil eden Ökopol.

Ayrıca Almanya, İtalya ve İsveç'ten bazı ekipman tedarikçileri tarafından bilgi verilmiştir. IPPC Bürosu ekibinin tamamı projeye katkıda

bulunmuş ve ekran değerlendirmesi desteği sağlamıştır.

Bu belge, aşağıda listelenen öngörülen belgeler serisinden bir belgedir (bu belgenin yazıldığı sırada aşağıdaki belgelerin bir kısmının taslağı hazırlanmamıştır):

Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi. . .	Kod
Seramik İmalat Endüstrisi	CER
Kimyasal Sektöründe Genel Atık Su ve Atık Gaz Arıtma/Yönetim Sistemleri	CWW
Depolama Emisyonları	EFS
Enerji Verimliliği	ENE
Demir İçeren Metaller İşleme Endüstrisi	FMP
Gıda, İçecek ve Süt Endüstrileri	FDM
Endüstriyel Soğutma Sistemleri	ICS
Yoğun Kümes Hayvancılığı ve Domuz Yetiştiriciliği	IRPP
<i>Demir-Çelik Üretimi</i>	<i>IS</i>
Büyük Yakma Tesisleri	LCP
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Amonyak, Asit ve Gübre Endüstrileri	LVIC-AAF
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Katılar ve Diğerlerine İlişkin Endüstri	LVIC-S
Büyük Hacimli Organik Kimyasal Endüstrisi	LVOC
Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaç Yönetimi	MTWR
Cam İmalatı	GLS
Organik İnce Kimyasalların İmalatı	OFC
Demir İçermeyen Metal Endüstrileri	NFM
Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit Üretimi	CLM
Klor-Alkali Üretimi	CAK
Polimer Üretimi	POL
Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi	SIC
Kâğıt Hamuru ve Kağıt Endüstrisi	PP
Madeni Yağ ve Gaz Rafinasyonu	REF
Mezbaha ve Hayvansal Yan Ürün Endüstrileri	SA
Demir ve Döküm Endüstrisi	SF
Metal ve Plastik Maddelerin Yüzey İşlemesi	STM
Organik Solventlerin Kullanımıyla Yapılan Yüzey İşlemleri	STS
Post ve Deri Tabaklama	TAN
Tekstil Endüstrisi	TXT
Atık Yakma	WI
Atık Arıtma Endüstrileri	WT
Ahşap ve Ahşap Ürünlerin Kimyasallarla Korunması	WPC
Ahşap Bazlı Panel Üretimi	WBP
Referans Belgesi . . .	
Ekonomi ve Çapraz Ortam Etkileri	ECM
Genel İzleme İlkeleri	MON

Taslak ve nihai belgelerin elektronik sürümleri genel kullanıma açık olup <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu> adresinden indirilebilir.

ÖNSÖZ

1. Belgenin statüsü

Aksi belirtilmedikçe, bu belgede ‘Direktife’ yapılan atıflarla, Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2010/75/EU sayılı endüstriyel emisyonlar (entegre kirlilik önleme ve kontrolü) Direktifi (tadil edilmiş hali) kastedilmektedir.

Demir-Çelik Üretimi ile ilgili orijinal mevcut en iyi teknikler (MET) referans belgesi (MET-Ref), 2001 yılında Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilmiştir. Gözden geçirme süreci Kasım 2005'te başlamıştır.

Demir-Çelik Üretimine ilişkin bu MET Referans Belgesi, Direktifin 13(1) Maddesinde öngörüldüğü üzere MET referans belgelerinin hazırlanması, gözden geçirilmesi ve gerektiğinde güncellenmesi amacıyla AB Üye Devletleri, ilgili sektörler, çevrenin korunmasını teşvik eden sivil toplum kuruluşları ve Komisyon arasında gerçekleştirilen bilgi alışverişlerinin sonuçlarını ortaya koyan bir dizi çalışmanın bir parçasını oluşturmaktadır. Bu belge, Direktifin 13(6) Maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır.

Direktifin 13(5) Maddesinde belirtildiği üzere, 9. Bölümde yer alan MET sonuçlarına ilişkin 2012/135/EU sayılı Komisyon Uygulama Kararı, 28 Şubat 2012 tarihinde kabul edilmiş olup 8 Mart 2012 tarihinde yayınlanmıştır ⁽¹⁾.

2. Bilgi alışverişine katılanlar

Direktifin 13(3) Maddesinde öngörüldüğü üzere Komisyon, bilgi alışverişini teşvik etmek amacıyla Üye Devletlerin, ilgili sektörlerin ve çevrenin korunmasını teşvik eden sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinden oluşan bir forum oluşturmuştur (endüstriyel emisyonlara ilişkin 16 Mayıs 2011 tarihli ve 2010/75/EU sayılı Direktifin 13. Maddesi uyarınca bilgi alışverişine yönelik bir forum oluşturulması hakkında Komisyon Kararı (2011/C146/03), RG C 146, 17.05.2011, s. 3).

Bu belgenin hazırlanması için ana bilgi kaynağı olan teknik çalışma grubunu (TÇG) oluşturan teknik uzmanları forum üyeleri belirlemiştir. TÇG'nin çalışmaları, Avrupa EKÖK Bürosu (Komisyonun Ortak Araştırma Merkezi) tarafından yönetilmiştir.

3. Belgenin yapısı ve içeriği

Bu bölümün geri kalanında, belgenin her bir bölümünde verilen bilgilerin türü açıklanmaktadır. 1.

Bölüm, demir-çelik sektörü hakkında genel bilgiler içerir.

2. Bölümde, sektörde kullanılan genel endüstriyel prosesler ve teknikler hakkında bilgi ve veriler sunulmaktadır. Bunlar, belirli bir demir-çelik faaliyeti ile ilgili olmayan yatay konular veya özel faaliyetlerdir.

3 ila 8. Bölümler arasında, belirli demir-çelik prosesleri (sinter tesisleri, peletleme, kok fırınları, yüksek fırınlar, bazik oksijen fırınında çelik üretimi ve dökümü, elektrik ark fırınında çelik üretimi ve dökümü) hakkında aşağıda belirtilen bilgiler sunulmaktadır. X, ilgili bölüm numarası 3 ila 8 arasındaki bir sayı ile değiştirilebilir:

Bölüm X.1’de uygulanan proses ve teknikler hakkındaki bilgiler

Bölüm X.2’de, sektör içinde yer alan ve bu belgenin yazıldığı tarihlerde işletimde olan tesislerin mevcut emisyon seviyeleri, ham madde tüketimi ve kullanımı,

⁽¹⁾ OJ L 70, 8.3.2012, s. 63

su tüketimi, enerji kullanımı ve atık oluşumu açısından çevresel performansına ilişkin veri ve bilgiler sunulmaktadır.

Bölüm X.3'te, MET'nin belirlenmesinde dikkate alınan sektördeki aktif tesislerin çevresel etkilerini önleme teknikleri veya önlemenin mümkün olmadığı durumlarda azaltma teknikleri ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu bilgiler, ilgili olduğu durumlarda, teknikleri kullanarak ulaşılabilecek çevresel performans seviyelerini, bu tekniklerle ilgili izleme faaliyetlerini, maliyetleri ve çapraz ortam konularını (örneğin emisyon ve tüketim seviyeleri) içerir.

Bölüm 9'da, Direktifin 3(12) Maddesinde tanımlandığı gibi MET sonuçları sunulmaktadır.

Bölüm 10'da, hâlihazırda uygulanmakta olan alternatif demir üretim teknikleri hakkında bilgi verilmektedir.

Bölüm 11'de, Direktifin 3(14) Maddesinde tanımlandığı şekilde 'yeni ortaya çıkan teknikler' hakkında bilgi verilmektedir.

Bölüm 12'de ise son değerlendirmeler ve gelecekte yapılacak çalışmalara ilişkin tavsiyeler sunulmaktadır.

4. Bilgi kaynakları ve MET'lerin kökeni

Bu belgede, özellikle Direktifin 13. Maddesi uyarınca bilgi alışverişi için kurulmuş olan TÇG aracılığıyla bir dizi kaynaktan toplanan bilgiler esas alınmaktadır. Bu bilgiler, teknik uzmanlık, şeffaflık ve tarafsızlık ilkeleri uyarınca MET'leri belirleme çalışmalarına öncülük eden Avrupa IPPC Bürosu (Komisyonun Ortak Araştırma Merkezi bünyesinde) tarafından derlenmiş ve değerlendirilmiştir. TÇG ve diğer bütün katkıda bulunanlara çalışmalarını için teşekkür ederiz.

MET sonuçları, aşağıdaki adımları içeren yinelemeli bir süreç ile oluşturulmuştur:

- Sinter/pelet tesisi/kok fırını/yüksek fırın/bazik oksijen dönüştürücü ve elektrik ark fırınıyla en önemli iki çelik üretim proses yolunu izleyen sektöre ilişkin temel çevresel konuların belirlenmesi. Çevresel kaygılara karşılık olarak eyleme geçilmesi gereken temel çevresel sorunlar, havaya salınan emisyonları ve enerji tüketimidir;
- Bu temel sorunların ele alınmasında kullanılabilecek en uygun tekniklerin incelenmesi
- Avrupa birliği ve dünya genelinde mevcut olan verilere dayanarak en iyi çevresel performans seviyelerinin belirlenmesi;
- Maliyetler ve çapraz ortam etkileri gibi bu çevresel performans seviyelerine hangi koşullar altında ulaşıldığının ve tekniklerin uygulanmasında yer alan ana faktörlerin incelenmesi;
- Direktifteki madde 3(10) ve ek III uyarınca mevcut en iyi tekniklerin (MET), bunların ilgili emisyon seviyelerinin (ve diğer çevresel performans seviyelerinin) ve bu sektöre ilişkin ilgili izleme faaliyetlerinin seçilmesi.

Avrupa EKÖK Bürosu ve TÇG'nin uzman görüşleri, bu adımların her birinde ve bilgilerin burada nasıl sunulacağına belirlenmesinde önemli rol oynamıştır.

Mevcut ekonomik veriler Bölüm X.3'te sunulan tekniklerin açıklamalarıyla birlikte verilmiştir. Bu veriler, maliyet ve faydaların büyüklüğü hakkında kabaca fikir vermektedir. Ancak, bir tekniğin uygulanmasının gerçek maliyetleri ve faydaları, bu belgede tam olarak değerlendirilemeyen ilgili tesisin özel durumuna önemli ölçüde bağlı olabilir. Maliyetlere ilişkin verilerin mevcut olmadığı durumlarda, tekniklerin ekonomik olarak uygulanabilirliğine ilişkin çıkarımlara mevcut tesislerin gözlemlenmesi sonucunda ulaşılmıştır.

5. MET referans belgelerinin (MET-Ref'ler) gözden geçirilmesi

MET dinamik bir kavram olduğundan MET-Ref'lerin gözden geçirilmesi devamlı bir süreçtir. Örneğin, yeni tedbirler ve teknikler ortaya çıkabilir, bilim ve kullanılan teknolojiler sürekli olarak gelişme halindedir ve yeni veya geliştirilmekte olan prosesler sanayiye başarılı bir şekilde entegre edilmektedir. Bu tür değişiklikleri ve bunların MET yönünden sonuçlarını yansıtmak amacıyla, bu belge de periyodik olarak gözden geçirilecek ve gerekli olması halinde uygun şekilde güncellenecektir.

6. İletişim bilgileri

Tüm yorum ve öneriler, aşağıda adresi verilen Avrupa EKÖK Bürosu İleri Teknolojik Çalışmalar Enstitüsüne gönderilmelidir.

Avrupa Komisyonu
İleri Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü Avrupa EKÖK Bürosu
Edificio Expo
c/ Inca Garcilaso, 3
E-41092 Sevilla, İspanya Telefon:
+34 95 4488 284
Faks: +34 95 4488 426
E-posta: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
İnternet adresi: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

Demir-Çelik Üretimi için Mevcut En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi

ÖNSÖZ.....	I
KAPSAM.....	XXI
1 GENEL BİLGİLER	1
1.1 Avrupa ve dünya genelinde çelik üretimi	1
1.2 AB'de demir-çelik üretiminin coğrafi dağılımı.....	3
1.3 AB demir-çelik endüstrisinde ekonomi ve istihdam	8
1.4 Çelik üretim süreci	9
1.5 Demir-çelik üretiminde temel çevre sorunları.....	13
2 GENEL PROSES VE TEKNİKLER.....	19
2.1 Çelik üretim endüstrisinde enerji yönetimi.....	20
2.1.1 Entegre çelik fabrikalarında enerji akışı ve proses gazı kullanımı	20
2.1.2 Entegre çelik fabrikalarında buhar ve ısı yönetimi.....	23
2.1.3 EAF ile çelik üretiminde enerji akışı.....	26
2.2 Demir-çelik fabrikalarındaki enerji santralleri	27
2.2.1.1 Uygulanan proses ve teknikler.....	27
2.2.1.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyesi	31
2.2.1.2.1 Havaya salınan emisyonlar	31
2.2.1.2.1.1 Toz emisyonlarının azaltılması	31
2.2.1.2.1.2 SO ₂ emisyonlarının azaltılması	31
2.2.1.2.1.3 Karbonmonoksit (CO) emisyonlarının azaltılması	32
2.2.1.2.1.4 NO _x emisyonlarının azaltılması.....	32
2.3 Malzeme yönetimi.....	34
2.3.1 Girdi malzemelerinin depolanması ve taşınması	35
2.3.2 Üretim artıklarının yönetimi	38
2.3.2.1 Entegre çelik fabrikası artıklarının dahili kullanımı.....	40
2.3.2.2 Entegre çelik fabrikası artıklarının harici uygulamaları.....	41
2.3.2.3 Entegre çelik fabrikası artıklarının bertaraf edilmesi	41
2.4 Su ve atık su yönetimi	42
2.5 MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken genel teknikler.....	48
2.5.1 Çevre yönetim sistemleri.....	50
2.5.2 Enerji yönetimi.....	53
2.5.2.1 Enerji verimliliğini artırma teknikleri	53
2.5.2.2 Proses gazı kullanımını optimize etme teknikleri.....	54
2.5.2.3 Isı geri kazanımını iyileştirme teknikleri	55
2.5.2.4 Frekans kontrollü pompalar ve fanlar	57
2.5.3 Proses gazıyla çalışan enerji santrallerinde NO _x 'in azaltılması	59
2.5.3.1 NO _x 'in birincil önlemlerle azaltılması	59
2.5.3.2 NO _x 'in ikincil önlemlerle azaltılması	61
2.5.3.2.1 Seçici katalitik indirgeme (SCR) ile NO _x azaltımı	61
2.5.3.2.2 Seçici katalitik olmayan indirgeme (SCR) ile NO _x azaltımı.....	63
2.5.4 Malzeme yönetimi	63
2.5.4.1 Hurda kullanımını iyileştirme teknikleri	63
2.5.4.2 Malzemelerin depolanması, kullanılması, taşınması ve harmanlanmasından kaynaklanan yaygın emisyonları azaltma teknikleri	65
2.5.4.3 Ham maddelerin kullanılması, harmanlanması ve karıştırılmasından kaynaklanan suya salımları kontrol etme teknikleri	68
2.5.4.4 Demir açısından zengin kalıntılar için özel geri dönüşüm tesisleri.....	69
2.5.4.4.1 OxyCup® şaft fırını.....	69
2.5.4.4.2 DK prosesi	69
2.5.4.4.3 İzabe indirgeme prosesleri	71
2.5.4.4.4 Soğuk bağlamalı peletler/briketler	74
2.5.5 Demir-çelik fabrikalarında izleme	76
2.5.5.1 Parametre ve hava emisyonlarının sürekli izlenmesi	76
2.5.5.2 Kanalize olarak havaya salınan emisyonlarının sürekli izlenmesine ilişkin örnekler.....	77
2.5.5.2.1 Bazik oksijen fırınlarında ikincil toz giderme sistemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarının sürekli ölçümü	77
2.5.5.2.2 EAF tesislerinde akış yönündeki torba filtrelerin sürekli izlenmesi	79
2.5.5.3 Proses gazlarının izlenmesi.....	80

2.5.5.4	Kanalize olarak havaya salınan emisyonlarının süreksiz olarak izlenmesi	81
2.5.5.5	PCDD/F'nin izlenmesi	83
2.5.5.6	Yaygın ve kaçak emisyonların izlenmesi	84
2.5.5.6.1	Doğrudan veya yarı doğrudan ölçüm.....	85
2.5.5.6.2	Dolaylı ölçümler.....	85
2.5.5.6.3	Emisyon faktörleri ile emisyonların hesaplanması	87
2.5.5.7	Atık su deşarjının izlenmesi	88
2.5.6	Gürültünün azaltılması	88
3	SİNTER TESİSLERİ.....	89
3.1	Uygulanan proses ve teknikler	89
3.1.1	Sinter prosesinin amacı	89
3.1.2	Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması	89
3.1.3	Sinter bandının çalıştırılması	91
3.1.4	Sıcak sinter eleme ve soğutma.....	93
3.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri	94
3.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri.....	94
3.2.2	Sinter üretim sürecine ilişkin çevre sorunları	98
3.2.2.1	Havaya salınan emisyonlar	98
3.2.2.1.1	Sinter ham madde ve ürünlerinin kullanılması, kırılması, elekten geçirilmesi ve taşınmasından kaynaklanan toz emisyonları	98
3.2.2.1.2	Sinter bandından yayılan çıkış gazı emisyonları.....	98
3.2.2.1.2.1	Toz	99
3.2.2.1.2.2	Ağır metaller	100
3.2.2.1.2.3	Alkali klorürler.....	101
3.2.2.1.2.4	Kükürt oksitler (SO _x).....	102
3.2.2.1.2.5	Florürler	105
3.2.2.1.2.6	Azot oksitler (NO _x).....	106
3.2.2.1.2.7	Diğer inorganik bileşikler.....	107
3.2.2.1.2.8	Hidrokarbonlar.....	107
3.2.2.1.2.9	Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F).....	108
3.2.2.1.2.10	Poliklorlu Bifeniller (PCB)	111
3.2.2.1.2.11	Diğer organohalojen bileşikleri.....	112
3.2.2.1.2.12	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH).....	112
3.2.2.1.2.13	Duman sütunları	113
3.2.2.1.3	Sinter soğutmadan kaynaklanan toz emisyonları	113
3.2.2.2	Atık su	113
3.2.2.3	Atık ve yan ürünler gibi proses kalıntıları	114
3.2.2.4	Enerji tüketimi.....	114
3.2.2.5	Gürültü	115
3.3	Sinter tesisleri için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	116
3.3.1	Proses optimizasyonu.....	118
3.3.2	Sinter tesislerinden havaya salınan emisyonlar için azaltma teknikleri	119
3.3.2.1	Elektrostatik filtre (ESF).....	119
3.3.2.1.1	ESF'ler ve katkı maddeleri aracılığıyla PCDD/F'nin azaltılması	126
3.3.2.2	Torba filtre – katı ve gaz kirleticilerin birleşik veya entegre azaltımı	127
3.3.2.3	Siklonlar	140
3.3.2.4	İnce ıslak yıkayıcılar	141
3.3.2.5	VOC emisyonlarının azaltılması	145
3.3.2.5.1	Sinter beslemesindeki uçucu hidrokarbon içeriğinin azaltılması	145
3.3.2.5.2	Üst katman sinterleme	146
3.3.2.6	PCDD/F'nin azaltılması	147
3.3.2.6.1	Sinter karışımına azot bileşiklerinin eklenmesiyle PCDD/F oluşumunun baskılanması	147
3.3.2.7	SO ₂ 'nin azaltılması	149
3.3.2.7.1	Sinter prosesinden kaynaklanan SO ₂ emisyonlarının azaltılması için birincil önlemler	149
3.3.2.7.2	Islak kükürt giderme	150
3.3.2.7.3	Kükürt giderme ve NO _x 'in azaltılması için rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi	154
3.3.2.8	NO _x 'in azaltılması	158
3.3.2.8.1	NO _x emisyonlarının azaltılması için birincil önlemler	158
3.3.2.8.2	Seçici katalitik indirgeme (SCR)	158
3.3.3	İkincil kaynaklardan çıkan toz emisyonlarının toplanması ve azaltılması.....	161
3.3.4	Sinter tesisinde atık ve yan ürünler gibi üretim artıklarının kullanılması.....	162
3.3.5	Sinter prosesinde ısı geri kazanımı	164

3.3.5.1	Sinterleme ve sinter soğutmadan ısı geri kazanımı	164
3.3.5.2	Atık gazın kısmi geri dönüşümü.....	166
3.3.5.2.1	Tüm banttı çıkın atık gazın kısmi geri dönüşümü	168
3.3.5.2.2	Uç sinter bandından çıkın atık gazın ısı değışimiyle geri dönüşümü	172
3.3.5.2.3	Uç sinter bandının bir kısmından atık gazın geri dönüştürölmesi ve sinter soğutucudan çıkın atık gazın kullanılması	174
3.3.5.2.4	Atık gaz kısımlarının sinter bandının diğeri bölümlerine geri döndürölmesi	177
4	PELETTLEME TESİSLERİ	181
4.1	Uygulanan proses ve teknikler.....	182
4.1.1	Öğütme ve kurutma/susuzlaştırma	182
4.1.2	Yeşil top hazırlama	184
4.1.3	Sertleştirme.....	184
4.1.3.1	Düz ızgara prosesi	184
4.1.3.2	Izgaralı fırın prosesi.....	186
4.1.4	Eleme ve taşıma	186
4.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri.....	187
4.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri	187
4.2.2	Pelet üretim prosesine ilişkin çevre sorunları	189
4.2.2.1	Havaya salınan emisyonlar	189
4.2.2.2	Su akışları.....	190
4.2.2.3	Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları	191
4.2.2.4	Enerji tüketimi	191
4.2.2.5	Gürültü.....	192
4.3	Peletleme tesisleri için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	193
4.3.1	Öğütme değirmenlerinde elektrostatik çökeltme (kuru öğütme).....	194
4.3.2	Kurutma ve sertleştirme bölgesinden çıkın katı ve gaz halindeki kirleticilerin ayrı ayrı veya birlikte azaltılması	195
4.3.3	Gaz süspansiyonu emici (GSA).....	196
4.3.4	Proses entegre NOx azaltma.....	197
4.3.5	Seçici katalitik indirgeme (SCR)	198
4.3.6	Pelet tesisi su arıtma	199
4.3.7	Arsenik giderme tesisi	201
4.3.8	Sertleştirme bandından duyulur ısınn geri kazanımı	202
5	KOLA FIRINI TESİSLERİ.....	205
5.1	Uygulanan proses ve teknikler.....	206
5.1.1	Kömür taşıma ve hazırlama	209
5.1.2	Kok fırını batarya işlemleri	209
5.1.2.1	Kömür yükleme	210
5.1.2.2	Odaların ısıtılması/ateşlenmesi.....	211
5.1.2.3	Koklaştırma	212
5.1.2.4	Kok itme.....	214
5.1.2.5	Kok söndürme.....	214
5.1.3	Kok taşıma ve hazırlama	214
5.1.4	Kok fırını gazının arıtılması.....	215
5.1.4.1	Yan ürünlerin geri kazanılmasıyla kok fırını gazının (KFG) toplanması ve arıtılması	215
5.1.4.2	Gaz soğutma.....	218
5.1.4.3	Kok fırını gazından katran geri kazanımı.....	219
5.1.4.4	Kok fırını gazının kükürt giderimi	219
5.1.4.5	Kok fırını gazından amonyak geri kazanımı.....	219
5.1.4.6	Kok fırını gazından hafif yağ geri kazanımı	220
5.1.5	Kok fırını ve yan ürün tesislerinden su akışları	220
5.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri.....	223
5.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri	223
5.2.2	Kok üretim prosesine ilişkin çevre sorunları	225
5.2.2.1	Havaya salınan emisyonlar	225
5.2.2.2	Su kullanımı ve atık su	230
5.2.2.3	Kok fırını tesislerinden kaynaklanan proses kalıntıları	233
5.2.2.4	Enerji talebi.....	234
5.2.2.5	Toprak kirliliği.....	235
5.3	MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	236
5.3.1	Kömür hazırlama	238
5.3.2	Fırın yükleme emisyonlarının en aza indirilmesi	238

5.3.3	Yükselme borularının ve yükleme deliklerinin sızdırmazlığı	240
5.3.4	Kok fırını tesisinin sorunsuz ve kesintisiz çalışması.....	242
5.3.5	Kok fırınlarının bakımı	244
5.3.6	Daha büyük kok fırını odaları.....	245
5.3.7	Fırın kapısı ve kasasının sızdırmazlık malzemelerinin iyileştirilmesi	247
5.3.8	Fırın kapaklarının ve kasasının sızdırmazlık malzemelerinin temizlenmesi	248
5.3.9	Kok fırınında serbest gaz akışının korunması	249
5.3.10	Koklaştırma prosesi sırasında fırınların değişken basınç düzenlemesi.....	249
5.3.11	Isı geri kazanımlı koklaştırma	252
5.3.12	Kok fırınının yakılmasında emisyon azaltma	256
5.3.12.1	Kok fırını odaları ve ısıtma odaları arasındaki sızıntının en aza indirilmesi	256
5.3.12.2	NO _x 'in birincil önlemlerle azaltılması	257
5.3.12.3	NO _x 'in ikincil önlemlerle azaltılması.....	258
5.3.12.4	Kok fırını gazında kükürt giderme yoluyla SO ₂ 'nin azaltılması.....	259
5.3.13	Kok itme sırasında emisyon azaltma.....	266
5.3.14	Kok kuru söndürme.....	268
5.3.15	Kok ıslak söndürme.....	271
5.3.15.1	Geleneksel ıslak söndürme	271
5.3.15.2	Kok stabilizasyonlu söndürme	273
5.3.16	Kok taşımada emisyon azaltımı.....	274
5.3.17	Kapalı banth konveyörler	275
5.3.18	Gaz arıtma tesisinin gaz geçirmez bir şekilde çalışması.....	276
5.3.19	Damıtıcı çıkış suyundan katranın (ve PAH'nin) uzaklaştırılması	277
5.3.20	Atık sudan amonyağın sıyırılması	278
5.3.21	Atık su arıtma	279
6	YÜKSEK FIRINLAR	289
6.1	Uygulanan prosesler.....	289
6.1.1	Yük hazırlama.....	291
6.1.2	Ham maddelerin taşınması ve yüklenmesi	291
6.1.3	Yüksek fırının çalıştırılması.....	292
6.1.3.1	İndirgeyici madde uygulaması	293
6.1.4	Yüksek fırın sobalarının çalışması	295
6.1.5	Döküm.....	296
6.1.6	Cüruf soğutma ve işleme	297
6.1.6.1	Cüruf taneleme prosesi	299
6.1.6.2	Cüruf peletleme prosesi	300
6.1.6.3	Cüruf çukuru prosesi.....	300
6.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri	302
6.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri.....	302
6.2.2	Yüksek fırın prosesiyle ilgili çevresel sorunlar	306
6.2.2.1	Havaya Salınan Emisyonlar.....	307
6.2.2.2	Atık su	311
6.2.2.3	Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları.....	313
6.2.2.4	Enerji ve indirgeyici madde gereksinimi.....	315
6.2.2.5	Gürültü emisyonları	316
6.3	MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	317
6.3.1	Döküm holü toz giderme (akıtma delikleri, kanallar, sıyrıcılar, torpido potası yükleme noktaları).....	319
6.3.2	Sıcak metal yükleme sırasında duman bastırma.....	322
6.3.3	Katran içermeyen kanal astarlarının kullanımı.....	325
6.3.4	Yüksek fırın gazının arıtılması	326
6.3.5	Tepe yükleme hunisinden salım için gaz geri kazanım sistemi.....	328
6.3.6	Yıkama suyunun arıtılması ve yeniden kullanılması	331
6.3.7	Yüksek fırın çamurunun hidrosiklonajı	334
6.3.8	Cüruf işlemeden çıkan dumanın yoğunlaştırılması	335
6.3.9	Yüksek kaliteli cevher kullanımı.....	337
6.3.10	Yüksek fırınlarda enerji verimliliğinin artırılması	337
6.3.11	Yüksek fırın gazının geri kazanılması ve kullanılması.....	339
6.3.12	İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu.....	339
6.3.12.1	Kömür enjeksiyonu	341
6.3.12.2	Oksi-yağ enjeksiyonu.....	343
6.3.12.3	Gaz enjeksiyonu.....	344
6.3.12.4	Plastik enjeksiyonu.....	345
6.3.12.5	İndirgeyici madde olarak kullanılmış sıvı ve katı yağlar ve emülsiyonların ve katı demir	

	kalıntılarının doğrudan enjeksiyonu.....	347
6.3.13	Tepe gazı basıncından enerji geri kazanımı.....	349
6.3.14	Yüksek fırın sobalarında enerji tasarrufu	350
7	BAZİK OKSİJENLİ ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ	353
7.1	Uygulanan proses ve teknikler.....	354
7.1.1	Sıcak metalin taşınması ve depolanması.....	354
7.1.2	Sıcak metalin ön işleme tabi tutulması.....	355
7.1.3	Bazık oksijen fırınında oksidasyon.....	356
7.1.4	İkincil metalürji.....	361
7.1.5	Döküm	363
7.1.5.1	Sürekli döküm	363
7.1.5.2	Kesin biçime yakın biçimde döküm.....	365
7.1.5.3	Külçe döküm.....	365
7.2	Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri.....	367
7.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri.....	367
7.2.2	Bazık oksijenli çelik üretimine ilişkin çevre sorunları	370
7.2.2.1	Havaya Salınan Emisyonlar	370
7.2.2.1.1	Sıcak metal ön işleminden kaynaklanan emisyonlar.....	371
7.2.2.1.2	BOF işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar.....	371
7.2.2.1.3	BOF prosesinde ikincil metalürji ve sürekli döküm dahil diğer emisyon kaynakları	375
7.2.2.1.4	BOF proseslerinden kaynaklanan yaygın emisyonlar	375
7.2.2.2	Atık su	377
7.2.2.3	Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları	378
7.2.2.4	Enerji tüketimi	383
7.3	MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	384
7.3.1	Birincil toz giderme	386
7.3.2	İkincil toz giderme	388
7.3.2.1	İkincil emisyonların toplanması ve azaltılması	388
7.3.2.2	Sıcak metal ön işlemlerinden kaynaklanan tozun azaltılması	396
7.3.2.3	Külçe ve sürekli döküm için toz azaltma	398
7.3.2.4	Yaygın ve kaçak ikincil emisyonları önlemek veya kontrol etmek için genel teknikler	399
7.3.3	Islak toz gidermeden kaynaklanan atık suyun arıtılması	401
7.3.4	Sürekli dökümden kaynaklanan atık suyun arıtılması.....	402
7.3.5	Harici yeniden kullanım için yüksek çinko içerikli konsantre peletlerin geri kazanılmasıyla toz sıcak briketleme ve geri dönüşüm	404
7.3.6	Hurdanın çinko içeriğinin düşürülmesi	407
7.3.7	BOF gazından enerji geri kazanımı	408
7.3.8	Çevrim içi numune alma ve çelik analizi	411
7.3.9	Otomasyon ile çelikhanede enerji verimliliğinin artırılması.....	412
7.3.10	BOF'den doğrudan akıtma.....	415
7.3.11	Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm	416
8	ELEKTRİK ARKI FIRININDA ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ	419
8.1	Uygulanan proses ve teknikler.....	419
8.1.1	Ham maddelerin taşınması ve depolanması.....	421
8.1.2	Hurda ön ısıtma.....	422
8.1.3	Yükleme.....	422
8.1.4	Elektrik ark fırınında eritme ve rafinaj.....	423
8.1.5	Çelik ve cüruf akıtma	423
8.1.6	İkincil metalürji.....	423
8.1.7	Cüruf taşıma ve işleme	426
8.1.8	Döküm	427
8.2	Mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri.....	428
8.2.1	Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri.....	428
8.2.2	Elektrik ark fırınlarında çelik üretimine ilişkin çevre sorunları.....	430
8.2.2.1	Havaya salınan emisyonlar	430
8.2.2.1.1	Birincil emisyonların toplanması.....	430
8.2.2.1.2	İkincil emisyonların toplanması.....	430
8.2.2.1.3	Birincil ve ikincil emisyonlar ve arıtma	432
8.2.2.1.4	İkincil metalürji proseslerinden ve sürekli dökümden kaynaklanan emisyonlar	439
8.2.2.1.5	Hurda ön ısıtmadan kaynaklanan emisyonlar	439
8.2.2.1.6	Cüruf işlemeden kaynaklanan emisyonlar.....	439
8.2.2.2	Atık su	440

8.2.2.3	Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları	441
8.2.2.3.1	Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik/yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan cürufklar	441
8.2.2.3.2	Çıkış gazı arıtımından kaynaklanan tozlar	443
8.2.2.3.3	Refrakter tuğlalar	444
8.2.2.4	Enerji tüketimi	445
8.2.2.5	Gürültü emisyonları	445
8.2.2.6	Toprak kontaminasyonu	446
8.3	MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler	447
8.3.1	EAF proses optimizasyonu	449
8.3.2	Hurda ön ısıtma	451
8.3.3	Cüruf işlemeden kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması	457
8.3.4	Gelişmiş emisyon toplama sistemleri	458
8.3.5	Elektrik ark fırınlarından havaya salınan birincil ve ikincil emisyonlar için azaltma teknikleri	460
8.3.5.1	Torba filtre ve elektrostatik filtreyle toz azaltma	460
8.3.5.2	Torba filtre ile birlikte son yakma ve söndürme yoluyla PCDD/F'nin azaltılması	463
8.3.5.3	Torba filtreler ile birlikte adsorban malzemeler vasıtasıyla PCDD/F'nin azaltılması	467
8.3.6	Sürekli dökümden kaynaklanan atık suyun arıtılması	471
8.3.7	Soğutma suyunun kapalı çevrimi	472
8.3.8	Ağır metallerin geri kazanılması için EAF tozunun işlenmesi	473
8.3.9	EAF cürufunun işlenmesi	474
8.3.10	Yüksek alaşımlı ve paslanmaz çelik üretilen EAF'lerin cürufklarının işlenmesi	476
8.3.11	Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm	478
8.3.12	Gürültü emisyonlarını önleme teknikleri	478
9	DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ İÇİN MET SONUÇLARI	481
9.1	Genel MET Sonuçları	483
9.1.1	Çevre yönetim sistemleri	483
9.1.2	Enerji yönetimi	484
9.1.3	Malzeme yönetimi	486
9.1.4	Yan ürünler ve atıklar gibi proses artıklarının yönetimi	487
9.1.5	Ham maddelerin ve (ara) ürünlerin depolanması, kullanılması ve taşınmasından kaynaklanan yaygın toz emisyonları	487
9.1.6	Su ve atık su yönetimi	490
9.1.7	İzleme	490
9.1.8	Hizmetten çıkarma	492
9.1.9	Gürültü	492
9.2	Sinter Tesisleri için MET Sonuçları	493
9.3	Peletleme Tesisleri için MET Sonuçları	500
9.4	Kok Fırını Tesisleri için MET Sonuçları	503
9.5	Yüksek Fırınlar İçin MET Sonuçları	509
9.6	Bazık Oksijen Fırınlarında Çelik Üretimi ve Dökümü için MET Sonuçları	513
9.7	Elektrik Ark Fırınlarında Çelik Üretimi ve Dökümü için MET Sonuçları	517
10	ALTERNATİF DEMİR ÜRETİM TEKNİKLERİ	521
10.1	Doğrudan indirgeme (DR)	523
10.2	İzabe indirgeme (SR)	526
10.2.1	Corex ve Finex prosesleri	526
10.2.2	Geliştirme aşamasındaki prosesler	529
10.3	Doğrudan indirgeme ve izabe indirgeme yolu ile geleneksel yüksek fırın yolunun karşılaştırılması	533
11	YENİ GELİŞTİRİLEN TEKNİKLER	537
11.1	Genel olarak geliştirilen teknikler	538
11.1.1	Karbondioksit azaltma stratejileri (ULCOS projesi)	538
11.1.1.1	Tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırın	538
11.1.1.2	Karbonsuz yakıtlar ve indirgeyici maddeler	539
11.1.1.3	Biyokütle	540
11.1.2	CO ₂ yakalama ve depolama	541
11.1.3	Gaz akışlarında hem partiküllerin hem de azot oksitlerin azaltılması için seramik filtreler	543
11.1.4	Kuru atık tozun yakılması ve geri dönüştürülmesi	543
11.2	Sinter tesisleri için yeni geliştirilen teknikler	546
11.2.1	PCDD/F adsorpsiyonu için karbon emdirilmiş plastiklerin kullanımı	546
11.2.2	Baca gazına azot bileşiklerinin eklenmesiyle PCDD/F oluşumunun baskılanması	546
11.2.3	Söndürme	547

11.3	Kok fırınları için yeni geliştirilen teknikler	549	
11.3.1	Süper kok fırını	549	
11.3.2	Tek fırın basınç denetimi tekniği	550	
11.3.3	Kok fırını gazının kullanımında alternatifler	553	
11.4	Yüksek fırınlar için yeni geliştirilen teknikler	554	
11.4.1	İçten yanma odasına sahip yüksek fırın sobalarından kaynaklanan CO emisyonlarının azaltılması	554	554
11.4.2	Cüruftan ısı geri kazanımı	554	
11.4.3	Yüksek fırınlarda atık enjeksiyonu	554	
11.5	BOF ve döküm için yeni geliştirilen teknikler	555	
11.5.1	Uzun süreli kullanım için BOF cüruflarının iyileştirilmesi	555	
11.5.2	Hidro Hibrit Filtrelere geçilerek ıslak gaz yıkayıcı bazlı BOF tesislerinde temiz gaz tozu içeriğinin iyileştirilmesi	555	
11.5.3	İkincil toz giderme için döner davlumbaz	556	
11.5.4	Elektrikli çelik üretiminde bir eritken madde olarak BOF ve EAF pota cüruflarının geri dönüşümü	557	557
11.6	EAF için yeni geliştirilen teknikler	559	
11.6.1	Contiarc fırını	559	
11.6.2	Toz, PCDD/F ve ağır metal emisyonlarını en aza indirmek için metaller arası torba filtre	560	
11.6.3	EAF'de eski lastiklerin geri kazanılması	560	
11.6.4	Elektrikli çelik üretiminde bir eritken madde olarak (BOF ve EAF) cürufların geri dönüşümü	561	
12	SON DEĞERLENDİRMELER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALARA YÖNELİK ÖNERİLER	563	
	REFERANSLAR.....	569	
	TERİMLER SÖZLÜĞÜ	585	
	<i>I. Genel hususlar</i>	<i>585</i>	
	<i>II. Para birimleri</i>	<i>585</i>	
	<i>III. ISO ülke kodları</i>	<i>586</i>	
	<i>IV. Birim ön ekleri</i>	<i>586</i>	
	<i>V. Birimler</i>	<i>586</i>	
	<i>VI. Kimyasal elementler</i>	<i>587</i>	
	<i>VII. Kısaltmalar ve tanımlar</i>	<i>588</i>	
13	EKLER.....	591	
13.1	Ek I. Atık sularda çevre açısından hassas bazı elementlerin belirlenmesi	591	
13.2	Ek II. Dioksin emisyonları	593	
13.3	Ek III. WHO-12 PCB	594	
13.4	EK IV. Sürekli izleme için kütle akış eşikleri örneği	596	
13.5	Ek V. Demir ve çelik sektöründe çevresel verilerin derlenmesi için örnek şablon	597	

Şekiller listesi

Şekil 1.1:	1870'ten beri Avrupa'da ve dünya genelinde ham çelik üretimi	1
Şekil 1.2:	1996 – 2006 yılları arasında AB'de elektrik ark fırını ve bazik oksijen fırını ile çelik üretimi	2
Şekil 1.3:	Avrupa Birliğinde entegre çelik fabrikalarının coğrafi dağılımı	3
Şekil 1.4:	Ham çelik üretim yöntemleri	9
Şekil 1.5:	Sahile yakın bir yerde bulunan entegre bir çelik fabrikasının havadan görünümü	10
Şekil 1.6:	Entegre bir çelik fabrikasının proses yollarına genel bakış	11
Şekil 1.7:	2006 yılında AB-27'de demir ve çelik üretimi için girdi ve çıktılara genel bakış	13
Şekil 2.1:	Entegre sinter, kok ve sıcak metal üretiminde tipik gaz kullanımının akış şeması	20
Şekil 2.2:	Entegre bir çelik fabrikasındaki enerji akışı örneği	21
Şekil 2.3:	Entegre bir çelik fabrikasında kok fırını gazının kullanımına örnek	22
Şekil 2.4:	Entegre bir çelik fabrikasında YF ve BOF gaz akışı örneği	23
Şekil 2.5:	Entegre bir çelik fabrikasında buhar üretimi ve endüstriyel atık ısı kullanımı örneği	25
Şekil 2.6:	Entegre bir çelik fabrikasındaki bir elektrik santralinin görünümü	27
Şekil 2.7:	Bir kazan/jeneratör düzenlemesi (40 MW _e)	28
Şekil 2.8:	Yeniden ısıtılmalı bir kazan/jeneratör düzenlemesi örneği (85 MW _e)	29
Şekil 2.9:	Kombine ısı ve güç modunda kombine çevrimde bir gaz türbini (38 MW _e) ve buhar türbini (30 MW _e) örneği	30
Şekil 2.10:	Entegre bir çelik fabrikasında tipik bir malzeme idare prosesinin akış şeması	36
Şekil 2.11:	Entegre bir çelik fabrikasında yan ürünler ve atıklar gibi üretim artıklarının yönetimi için örnek	39
Şekil 2.12:	Yüksek miktarda tatlı su mevcut olan bir yerde entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği	43
Şekil 2.13:	Ayrı devrelere sahip entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği	45
Şekil 2.14:	Kademeli sistem kullanan entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği	46
Şekil 2.15:	Bir ÇYS modelinde sürekli iyileştirme	50
Şekil 2.16:	Katalitik NO _x dönüştürücü	61
Şekil 2.17:	İkincil toz giderme sistemlerinden çıkan ve haftalık ortalamalar olarak sunulan toz miktarları	78
Şekil 3.1:	Yükleme tesisi (tamburlar veya oluklar) ve başlangıç ucunda ateşleme kanopisi ile birlikte bir sinter bandının fotoğrafı	89
Şekil 3.2:	Bir sinter tesisinin ana emisyon noktalarını gösteren şematik diyagramı	91
Şekil 3.3:	Ateşlemeden altı dakika sonra bir sinterleme prosesinde sıcaklık ve reaksiyon bölgelerinin şematik diyagramı	93
Şekil 3.4:	Bir sinter tesisinin kütle akışına genel bakış	94
Şekil 3.5:	Sinter bandı boyunca atık gazdaki (tekli emiş kasaları) CO ₂ , CO, O ₂ ve H ₂ O'nun tipik emisyon profilleri	98
Şekil 3.6:	Çeşitli sinter bantlarından kaynaklanan tozun tane boyutu ve ağırlık dağılımı	99
Şekil 3.7:	Emiş kasalarından çıkan egzoz gazındaki gaz bileşiklerinin sıcaklığının ve konsantrasyonunun dağılımı	102
Şekil 3.8:	Atık gazdaki (ayrı emiş kutuları) tipik SO ₂ ve NO _x emisyon profili ve sinter bandı boyunca sıcaklık profili	103
Şekil 3.9:	Avrupa Yüksek Fırın Komitesi veri alışverişine katılan tesisler için ağırlıklı ortalama sinter bileşimi	104
Şekil 3.10:	Sinter bazikliğinin (CaO/SiO ₂) özgül toz direnci üzerindeki etkisi	105
Şekil 3.11:	Sinter besleme bazikliği ve florür emisyonları arasındaki ilişki	106
Şekil 3.12:	Sinter bandı boyunca atık gazdaki PCDD/F ve sıcaklık profili	110
Şekil 3.13:	Avusturya'nın Donawitz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'deki sinter tesisinde sinter prosesine alkali girişinin ESF'den sonraki toz emisyonları üzerindeki etkisi	120
Şekil 3.14:	Sinter bandı çıkış gazı için bir ESF ile elde edilen temiz gaz tozu konsantrasyonları ve klorür girdisinin azaltılmasının etkisi	121
Şekil 3.15:	Mevcut bir ESF veya siklonun akış aşağısında yer alan bir torba filtrenin temel akış şeması	129
Şekil 3.16:	SIMETAL MEROS® sistemi eklenmiş bir sinter tesisinin akış şeması	130
Şekil 3.17:	Torba filtre tekniği uygulanan bir sinter bandından kaynaklanan toz emisyonları için Ocak 2008'den Ekim 2009'a kadar günlük ortalamalar	133
Şekil 3.18:	Sinter tesisinden çıkan atık gazın AIRFINE sistemi kullanılarak arıtılması	141
Şekil 3.19:	Rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi	154
Şekil 3.20:	Sinter soğutucudan çıkan soğutma havasından ısı geri kazanımı	164
Şekil 3.21:	EOS prosesine uygun kaplı sinter bandı	168

Şekil 3.22: Emisyon optimizasyonlu sinterleme (EOS) prosesinin şematik diyagramı.....	169
Şekil 3.23: Hüttenwerke Krupp Mannesmann tarafından geliştirilen düşük emisyonlu ve enerji optimizasyonlu sinterleme prosesi (LEEP)	172
Şekil 3.24: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine'in 5 No'lu sinter bandında uygulanan EPOSINT gaz geri dönüşüm tekniğinin şematik diyagramı	174
Şekil 3.25: Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Fabrikasındaki 3 No'lu sinter tesisinde seçici atık gaz devridaiminin şematik diyagramı.....	178
Şekil 4.1: Yeşil peletlerin oluşturulduğu bir peletleme tesisinin parçası olarak topaklaştırma tamburu.....	182
Şekil 4.2: Hollanda'daki peletleme tesisinin şematik görünümü.....	182
Şekil 4.3: Islak öğütme yapılan bir peletleme tesisinin şematik görünümü	183
Şekil 4.4: Düz ızgara prosesinin şematik görünümü.....	185
Şekil 4.5: Izgaralı fırın prosesinin şematik görünümü.....	186
Şekil 4.6: Bir peletleme tesisinin kütle akışına genel bakış	187
Şekil 4.7: Bir arsenik giderme tesisinin proses akış diyagramı	201
Şekil 5.1: Duisburg-Schwelgern/Almanya'daki kok fırını tesisinin fotoğrafı	206
Şekil 5.2: Emisyon kaynaklarını gösteren bir kok fırını tesisinin tipik akış diyagramı.....	208
Şekil 5.3: Bir kok fırını bataryasının ana emisyon kaynaklarını gösteren şematik diyagramı	210
Şekil 5.4: Bir yükleme arabası kullanılarak bir kok fırını odasına kömürün yüklenmesini ve emisyon noktalarını gösteren diyagram	211
Şekil 5.5: Bir kok fırını ısıtma sisteminin emisyon noktalarını gösteren şematik diyagramı	212
Şekil 5.6: Koklaştırma sırasında olası emisyon noktalarını gösteren bir kok fırını odasının şematik diyagramı (oklarla gösterilmiştir)	213
Şekil 5.7: Kok fırınından bir söndürme arabasına karbonize kokun itilmesini ve emisyon noktalarını gösteren diyagram.....	214
Şekil 5.8: Yan ürünlerin geri kazanıldığı bir KFG arıtma tesisinin tipik şeması	217
Şekil 5.9: Bir kok fırını tesisindeki örnek su akışlarının şematik diyagramı	218
Şekil 5.10: Bir kok fırını tesisinin kütle akışına genel bakış	223
Şekil 5.11: Entegre bir demir-çelik fabrikasındaki bir kok fırını tesisinin yıllık enerji gereksinimi/dengesi örneği..	234
Şekil 5.12: Bir kok fırını odasının yükselme borusu.....	241
Şekil 5.13: PROven® sisteminin şeması.....	251
Şekil 5.14: Jewell-Thompson fırın ve ısı geri kazanımlı kok tesisi	253
Şekil 5.15: KFG geri kazanımına kıyasla ısı geri kazanım tekniğinin en temel özellikleri.....	254
Şekil 5.16: 1997'de kurulmuş ve ASK prosesi uygulanan bir KFG kükürt giderme tesisinin akış şeması	262
Şekil 5.17: Kok itmeden kaynaklanan toz için bir toz giderme sistemi örneği	267
Şekil 5.18: Bir kok kuru söndürme tesisinin şeması	269
Şekil 5.19: Emisyon azaltma bölmelerine sahip bir söndürme kulesinin şematik diyagramı	272
Şekil 5.20: Bir boru konveyör sisteminin örneği.....	275
Şekil 5.21: Nitrifikasyon/denitrifikasyon adımları uygulanan tipik bir biyolojik atık su arıtma örneği	280
Şekil 5.22: Ön denitrifikasyon/nitrifikasyon/denitrifikasyon uygulanan bir biyolojik arıtma tesisi örneği	281
Şekil 5.23: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik arıtma tesisinin kat planı	283
Şekil 5.24: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik atık su arıtma tesisinin havadan görünümü	284
Şekil 6.1: Her birinde üç soba bulunan iki yüksek fırının ve sobaların atık gazının çıktığı bacanın genel görünümü.....	289
Şekil 6.2: Yüksek fırının basitleştirilmiş şeması.....	290
Şekil 6.3: Almanya'daki yüksek fırınların ortalama indirgeyici madde tüketimi	293
Şekil 6.4: 2006 yılında dünyada yüksek fırınların indirgeyici madde tüketimi	294
Şekil 6.5: İç ve dış yanma odalı yüksek fırın sobalarının ('Cowpers sobaları') kesiti	296
Şekil 6.6: Sıvı YF cürufurları için kontrol yöntemlerinin özeti ve akış şeması.....	298
Şekil 6.7: Açık devre prosesinde yüksek fırından çıkan cürufun taneleme örneği	299
Şekil 6.8: INBA prosesinde yüksek fırından çıkan cürufun tanelenmesi.....	300
Şekil 6.9: Bir yüksek fırının kütle akışına genel bakış	302
Şekil 6.10: Ayrı işlemlerin ve girdi ve çıktı kütle akışlarının gösterildiği bir yüksek fırının genel proses düzeni.....	303
Şekil 6.11: Bir yüksek fırında su yönetiminin şematik diyagramı.....	311
Şekil 6.12: AB'de YF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamurun akıbeti	314
Şekil 6.13: AB'de yüksek fırın cürufunun nihai kullanımı	315
Şekil 6.14: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine'deki yüksek fırın akıtma delikleri ve kanallarındaki döküm holü toz giderme sistemlerinin günlük ortalama emisyon değerleri	321

Şekil 6.15: Sıcak metalin akışına bağlı olarak sıcak metal yüklemesi (torpido seviyesine kadar) sırasında azotla inertizasyon uygulandığında ve uygulanmadığında toz oluşumu	323
Şekil 6.16: İnert gazla toz bastırma uygulanarak sıcak metalin torpido potasına yüklenmesi	324
Şekil 6.17: Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki duman bastırma sistemi için yatırım, enerji ve bakım maliyetlerinin karşılaştırılması	325
Şekil 6.18: Birincil ve ikincil dengelemeye sahip ve gaz geri kazanım sistemi olmayan çansız bir tepenin şeması	328
Şekil 6.19: Dengeleme, tahliye ve gaz geri kazanım sistemine sahip çansız bir tepenin şeması	329
Şekil 6.20: Yüksek fırınlarda gaz yıkama suyunun siyanürle arıtılması için örnek proses	332
Şekil 6.21: Duman yoğunlaştırma ile yüksek fırın cürufunun taneli hale getirilmesi	336
Şekil 6.22: 26 yüksek fırında kok oranları ve enjeksiyon oranları	340
Şekil 6.23: KFG enjeksiyonu için örnek yerleşim düzeni	345
Şekil 6.24: Yüksek fırına doğrudan geri döndürülen sıvı enjeksiyonuna ilişkin sistemin basitleştirilmiş diyagramı	348
Şekil 7.1: Sıcak metali yükleme anında bazik oksijen fırını	353
Şekil 7.2: Emisyon kaynaklarıyla birlikte oksijenli çelik üretim sırası	354
Şekil 7.3: Bazik oksijenli çelik üretimi dönüştürücü	357
Şekil 7.4: Bir OBM (Q-BOP) dönüştürücüsünün dış yüzeysiz modeli	357
Şekil 7.5: Üstten üfleli kombine bir üfleme dönüştürücü sisteminin şematik görünümü	358
Şekil 7.6: BOF cürufunun tabi tutulduğu işlemler	360
Şekil 7.7: İkincil metalürji işlemlerine ve akıtma sırasında yapılan temizliğe genel bakış	362
Şekil 7.8: Bir ısıtma fırını ve sıcak yükleme yapılan bir haddehanesi olan bir sürekli döküm tesisinin şeması	364
Şekil 7.9: Bir bazik oksijenli çelik üretim tesisinin kütle akışına genel bakış	367
Şekil 7.10: Aynı işlemlerin ve girdi ve çıktı kütle akışlarının gösterildiği bazik oksijenli çelik üretiminin genel proses düzeni	368
Şekil 7.11: Bastırılmış yanma durumunda BOF gazının toplanması	373
Şekil 7.12: AB'de sıcak metal kükürt giderme işleminden kaynaklanan cürufun akıbeti	379
Şekil 7.13: 2004 yılında Avrupa'da çelik cürufalarının kullanımı	380
Şekil 7.14: Kuru BOF gazının arıtımından kaynaklanan tozun akıbeti	382
Şekil 7.15: Oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan toz/çamur ve hadde tufalinin kullanımı	383
Şekil 7.16: BOF'ye sıcak metal ve hurda yükleme sırasında meydana gelen ikincil emisyonların toplanması	390
Şekil 7.17: Entegre çelik fabrikalarında farklı toz giderme işlemleri için özgül enerji tüketimi 392 Şekil 7.18: Çeşitli çekiş noktalarından çekilen havayı yöneten üç ayrı üfleyici ve filtreden oluşan ikincil toz giderme sistemi örneği	394
Şekil 7.19: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki ikincil toz giderme ünitesi 2'nin günlük ortalama emisyon değerleri	395
Şekil 7.20: Sıcak metal kükürt giderme standında toz tutma	396
Şekil 7.21: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki ikincil toz giderme ünitesi 1'in günlük ortalama emisyon değerleri	397
Şekil 7.22: Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinden gelen tozun sıcak briketlenmesi için kullanılan tesis	405
Şekil 7.23: Bazik oksijen fırınından kaynaklanan tozların geri dönüşümünü optimize etmeye yönelik önlemlerin şematik genel görünümü	406
Şekil 7.24: Otomatik pota kapağı sistemi	413
Şekil 7.25: Otomatik akıtma sisteminin şematik görünümü	413
Şekil 7.26: Şerit döküm prosesleri için olası sınıflandırma şeması	417
Şekil 7.27: Farklı döküm teknikleri için birincil enerji tüketimi ve CO ₂ emisyonları arasındaki ilişki (endüstriyel ölçekli tesislerin karşılaştırılması)	418
Şekil 8.1: Elektrik arklı fırın tesisi	419
Şekil 8.2: Elektrik arklı fırına yükleme	420
Şekil 8.3: Elektrik ark fırınıyla çelik üretimi ile ilgili proseslere genel bakış	421
Şekil 8.4: Farklı çelik kaliteleri (karbon, paslanmaz veya yüksek alaşımlı) için olası ikincil metalürji/pota işlemlerinin blok şeması	425
Şekil 8.5: Argon oksijen dekarburizasyon dönüştürücülü paslanmaz çelik eritme atölyesinin malzeme akışı	426
Şekil 8.6: Bir elektrik ark fırınının kütle akışına genel bakış	428
Şekil 8.7: EAF'de toplama sistemleri	431
Şekil 8.8: AB'de yer alan 51 EAF'deki mevcut toz toplama sistemlerinin oranı	432
Şekil 8.9: Azaltma öncesi ve sonrası hurda ön ısıtılmalı ikiz kabuklu bir EAF'nin çıkış gazında PCDD/F homologlarının dağılımı	436
Şekil 8.10: Bir EAF'nin torba filtresinde azaltma sonrasında PCDD/F emisyonlarının ve çıkış gazının sıcaklığının korelasyonu	436

Şekil 8.11: 85 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bir EAF'nin çıkış gazında torba filtrede azaltma sonrasında artık toz içeriği ve PCDD/F konsantrasyonlarının korelasyonu	437
Şekil 8.12: Bir EAF'nin çıkış gazında bir torba filtrede azaltma sonrasında su buharı ve artık toz içeriğinin korelasyonu.....	437
Şekil 8.13: Dioksin benzeri PCB dahil olmak üzere I-TEQ ve WHO-TEQ olarak EAF'nin PCDD/F emisyonları ...	438
Şekil 8.14: EAF tozunun kullanılması	444
Şekil 8.15: CONSTEEL prosesinin şeması	452
Şekil 8.16: EAF'deki ön ısıtma tesisatı sayısı	457
Şekil 8.17: Bir EAF tesisinin üç yıl boyunca günlük ortalama toz emisyonları.....	461
Şekil 8.18: Bir EAF'den çıkan birincil çıkış gazının sonradan yakılması ve ardından hızlı soğutulması	464
Şekil 8.19: Son yakma ve hızlı soğutmalı iki EAF'den elde edilen ortalama yıllık dioksin emisyon konsantrasyonları (1997 – 2000)	465
Şekil 8.20: Bir adsorban enjeksiyon sisteminin şematik görünümü	468
Şekil 8.21: Cüruf hazırlama için bir tesisin proses şeması	475
Şekil 10.1: Alternatif demir-çelik üretim prosesleri için geçmiş, mevcut ve gelecekteki yollar.....	522
Şekil 11.1: CO ₂ yakalama ve isteğe bağlı depolama ile sera gazı emisyonlarını en aza indirmek için tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırının şematik görünümü	539
Şekil 11.2: SCOPE 21 süper kok fırınının proses akışı.....	550
Şekil 11.3: SOPRECO valfi	551
Şekil 11.4: SOPRECO sisteminin şeması	552
Şekil 11.5: Presli yükleme yapılan bir batarya üzerindeki SOPRECO Model 2 valfleri.....	553
Şekil 13.1: IUPAC numaralandırma sistemi ve PCB'nin konumsal isimlendirmesi.....	594

Tablolar listesi

Tablo 1.1:	AB-27'deki sinter ve peletleme tesislerinin sayısı ve üretimi	4
Tablo 1.2:	AB-27'de kok üretimi.....	4
Tablo 1.3:	AB-27'deki yüksek fırın tesislerinin sayısı ve üretimi.....	5
Tablo 1.4:	Farklı AB ülkelerindeki bazı oksijen fırını tesislerinin sayısı ve üretimi.....	5
Tablo 1.5:	AB-27'deki EAF çelik üretim tesislerinin sayısı ve üretimi.....	6
Tablo 1.6:	AB-27'deki sürekli döküm tesislerinin sayısı ve üretimi.....	6
Tablo 1.7:	1996'dan 2004'e kadar AB'deki demir-çelik endüstrisinde istihdamın gelişimi	8
Tablo 1.8:	Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel salım yollarını gösteren ilk tablo	16
Tablo 1.9:	Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel salım yollarını gösteren ikinci tablo	17
Tablo 1.10:	Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel emisyon salımlarını gösteren üçüncü tablo.....	18
Tablo 2.1:	Düşük ısı değerli gaz kullanıldığında gaz yakıtlı kazanların verimliliği.....	28
Tablo 2.2:	Demir-çelik fabrikalarında düşük ısı değerli gaz kullanıldığında kombine çevrim gaz türbininin verimliliği	30
Tablo 2.3:	Demir-çelik fabrikalarından çıkan proses gazlarını kullanırken gaz yakıtlı kazanlar ve türbinler için elde edilen emisyon değerleri.....	31
Tablo 2.4:	Avusturya'daki proses gazıyla çalışan beş ünitenin SO ₂ emisyonları.....	32
Tablo 2.5:	Çelikhane proses gazlarının tipik bileşimi	32
Tablo 2.6:	Enerji santrallerinde KFG yakmayla ilişkili tipik NO _x emisyon değerleri	33
Tablo 2.7:	Avrupa'da çelik cürufklarının kullanımı	40
Tablo 2.8:	Tek geçişli sistemlere sahip entegre çelik fabrikaları ile kapsamlı devridaim yapılan fabrikaların gerekli su alımı bakımından karşılaştırılması.....	44
Tablo 2.9:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgiler	49
Tablo 2.10:	Bir yerleşim için ısı ve elektrik enerjisi üreten bir kombine ısı ve güç santralinin örneği	57
Tablo 2.11:	Birincil önlemler için NO _x indirgeme verimliliği.....	60
Tablo 2.12:	SCR tekniğini kullanan ve proses gazıyla çalışan beş ünite için performans verileri	62
Tablo 2.13:	Saatte 10 tonluk nominal üretim için tasarlanmış Differdange'deki Primus® tesisinin işletim verileri.....	72
Tablo 2.14:	Yönlendirilmiş Primus® proses çıkış gazı için elde edilen temiz gaz konsantrasyonları (CHF ve EAF)	72
Tablo 2.15:	Köpek kulübesi Primus® proses çıkış gazı için elde edilen temiz gaz konsantrasyonları (CHF ve EAF)	73
Tablo 2.16:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da sürekli olarak ölçülen hava emisyonları için örnekler	77
Tablo 2.17:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da proses gazlarının izlenmesi için örnek izin koşulları	80
Tablo 2.18:	Sürekli emisyon izleme için örnek ölçüm yöntemleri.....	82
Tablo 2.19:	EN 1948'e göre bir PCDD/F ölçümü için toplam maliyet.....	84
Tablo 2.20:	Çeşitli Üye Devletlerde metalürji endüstrisinde PCDD/F için izleme sıklığı	84
Tablo 3.1:	Sinter tesislerinde kullanılan kok mıcırının örnek özellikleri	90
Tablo 3.2:	2004 yılında AB-25'te sinter üretimi için girdi ham maddeleri	94
Tablo 3.3:	Dört farklı AB Üye Devletindeki (Avusturya, Belçika, Almanya ve Hollanda) beş sinter tesisinden 1999 yılına ait girdi verileri.....	95
Tablo 3.4:	2004 yılında AB-25'te sinter üretimi için azaltma sonrasında sinter bandı atık gazındaki ortalama maksimum ve minimum emisyon konsantrasyonları	96
Tablo 3.5:	Bir sinter tesisinin (ana atık gaz bacası hariç) başlıca operasyonlarına ilişkin partikül emisyonları için noktasal kaynaklı hava emisyonları aralıkları	97
Tablo 3.6:	Üç AB sinter tesisinde ikincil toz gidermeden kaynaklanan toz emisyonları	97
Tablo 3.7:	Sinter tozunun element analizinde bulunan aralıklar	100
Tablo 3.8:	Sinter besleme malzemelerinde çözünür klorür içeriği	101
Tablo 3.9:	Ham maddelerin, karışık malzemelerin ve üretilen sinterin PCDD/F konsantrasyonları	109
Tablo 3.10:	Emiş kanalı numunelerinde PCDD ve PCDF homolog gruplarının toplam konsantrasyonları	111
Tablo 3.11:	Sinter tesislerinin PCB emisyonları	112
Tablo 3.12:	Sinter tesislerinden çıkan atık gazlarda bulunan PCB türdeşleri	112
Tablo 3.13:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	117
Tablo 3.14:	2008 yılında Belçika'nın Ghent şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki iki sinter tesisinde ESF'lerin performansı	121

Tablo 3.15:	Üç Alman sinter tesisinde bir ESF ile sinter bandı toz giderme için elde edilen emisyon konsantrasyon değerleri	122
Tablo 3.16:	Sinter tesisi atık gazını arıtmak için sinter tesislerinde çalıştırılan HEEF ve EATS elektrostatik filtreler için operasyonel ve ekonomik veriler	125
Tablo 3.17:	Torba filtre sistemli üç sinter bandı tesisinin performansı	131
Tablo 3.18:	Beş AB sinter tesisinde sinter bandı toz giderme için elde edilen emisyon konsantrasyon değerleri	132
Tablo 3.19:	Farklı adsorban ve soğurma malzemelerinin özellikleri	134
Tablo 3.20:	Katkı maddesi olarak sodyum bikarbonat ve sönmüş kireç kullanıldığında tipik operasyonel değerler	134
Tablo 3.21:	Sinter tesislerinde kullanılan torba filtrelerin örnek maliyeti	136
Tablo 3.22:	Sinter tesislerinde torba filtrelerin operasyonel verileri ve ekonomik boyutu	138
Tablo 3.23:	Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta AIRFINE sistemi kullanılarak elde edilen havaya salınan emisyon parametreleri	142
Tablo 3.24:	2004 yılında Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta atık gaz yıkama ve ESF toz giderme işleminden kaynaklanan arıtılmış atık suyun emisyon konsantrasyonları ve emisyon faktörleri	143
Tablo 3.25:	IJmuiden'deki Corus tesisinin operasyonel verileri	144
Tablo 3.26:	Bir SCR sistemi ile birlikte ıslak prosesin maliyet tahmini	152
Tablo 3.27:	Sinter tesislerinde ıslak kükürt giderme üniteleri	152
Tablo 3.28:	Üç sinter tesisi ıslak kükürt giderme ünitesinin operasyonel verileri ve ekonomik boyutu	153
Tablo 3.29:	Atık gaz bileşenlerinin konsantrasyonu	155
Tablo 3.30:	Aktif odun kömürü uygulanan bir sinter tesisinde elde edilebilir performans	155
Tablo 3.31:	Aktif kömür sisteminin maliyet tahmini	157
Tablo 3.32:	Bu bölümde yer alan kısmi atık gaz devridaim teknikleri	167
Tablo 3.33:	Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki bir sinter bandında geleneksel sinterleme ve emisyon optimizasyonlu sinterlemenin özelliklerinin ve emisyon değerlerinin karşılaştırılması	170
Tablo 3.34:	Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta emisyon optimizasyonlu sinterlemenin (EOS) bildirilen emisyon azaltımı (ağırlıkça)	170
Tablo 3.35:	Geleneksel bir sinterleme prosesine kıyasla LEEP ile elde edilen bazı çevresel faydalar	173
Tablo 3.36:	Bölümlü atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasının temel çevresel faydaları	176
Tablo 3.37:	Sinter tesisinin bölümlü atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasından önceki ve sonraki işletim verileri (2007, atık gazın azaltılması için Airfine uygulaması)	176
Tablo 3.38:	Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Fabrikasındaki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaimi kullanımıyla atık gaz akışlarının özellikleri	179
Tablo 3.39:	Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Fabrikasındaki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaiminin uygulanmasından önce ve sonra nihai atık gaz bileşiminin karşılaştırılması	179
Tablo 4.1:	AB-25'teki üç pelet tesisi sahasından girdi/çıktı verileri	188
Tablo 4.2:	Malmberget ve Kiruna'da (İsveç) su arıtımının operasyonel verileri	191
Tablo 4.3:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	193
Tablo 4.4:	Bir gaz süspansiyonu emicisinin (GSE) performans verileri	196
Tablo 4.5:	Arsenik giderme tesisinin operasyonel verileri (2007)	201
Tablo 5.1:	Ham kok fırını gaz üretimi ve bileşimi	216
Tablo 5.2:	2005 yılı için farklı AB Üye Devletlerindeki kok fırını tesislerinin diğer referanslarla tamamlanan girdi ve çıktı verileri	224
Tablo 5.3:	Polonya'daki bir kok fırınının 2004 çıktı verileri	225
Tablo 5.4:	Kok fırını tesislerinde bataryanın çalıştırılmasıyla ilişkili olarak havaya salınan yaygın veya kaçak emisyon faktörleri	227
Tablo 5.5:	Almanya ve Çek Cumhuriyeti'ndeki kok fırını tesislerinden kaynaklanan yönlendirilmiş emisyon konsantrasyonları	228
Tablo 5.6:	KFG alevlenmesinden kaynaklanan emisyonların tahmini	228
Tablo 5.7:	Kok söndürme kulelerinden yönlendirilen emisyonlar için emisyon faktörleri	229
Tablo 5.8:	Yan ürün tesislerinden kaynaklanan kaçak emisyonlar için emisyon faktörleri	229
Tablo 5.9:	Ön denitrifikasyon-nitrifikasyon sistemine sahip atık su arıtma sistemlerinin giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları ve bazı özellikleri	232
Tablo 5.10:	İki ıslak oksidatif kükürt giderme prosesinin atık suyunun bileşimi	233
Tablo 5.11:	Kok fırını tesislerinden kaynaklanan başlıca atıklar/kalıntılar	233
Tablo 5.12:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	237
Tablo 5.13:	Emisyonu en aza indirilmiş kok fırını yükleme sistemlerine sahip örnek tesisler	240
Tablo 5.14:	Birkaç farklı tip kok fırınının özellikleri	246
Tablo 5.15:	Değişken basınç kontrollü ölçülen PAH emisyonları	251

Tablo 5.16:	Emisyon azaltma olmadan geri kazanımsız koklaştırmada yükleme ve itme kaynaklı emisyonlar	254
Tablo 5.17:	Kok fırını gazı kükürt giderme prosesleri ve özellikleri.....	261
Tablo 5.18:	Avrupa'da kullanılan iki ana tip kok fırını gazı kükürt giderme tekniğinde (ASK ve Stretford) 6 g/Nm ³ H ₂ S ve 6 Nm ³ NH ₃ içeren 42 000 Nm ³ /saat kok fırını gazının kükürtten arındırılması için tipik işletme ve sermaye maliyetleri	265
Tablo 5.19:	Kok fırını gazı kükürt giderme prosesleri için örnek tesisler tablosu	266
Tablo 5.20:	Kok stabilizasyonlu söndürme kulesinden kaynaklanan toz emisyonları	274
Tablo 5.21:	Almanya'daki bir kok fırını tesisindeki bir boru konveyörün teknik verileri	276
Tablo 5.22:	Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta farklı atık su akışlarının bileşimi (2007)	282
Tablo 5.23:	Aerobik olarak aktive edilmiş çamurlu atık su arıtımı uygulayan Avrupa'daki kok fırını tesislerinin çıkış suyu konsantrasyonları ve özgül emisyonları	284
Tablo 5.24:	Dört tesiste ön denitrifikasyon-nitrifikasyon sistemine sahip atık su arıtma sistemlerinin giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları ve bazı özellikleri.....	285
Tablo 5.25:	Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik atık su arıtma tesisi için kok fırını tesisi, yüksek fırınlar ve sinter tesisinden gelen atık suyun kombine arıtılmasından sonra deşarj konsantrasyonları (2007)	286
Tablo 6.1:	Farklı AB üye ülkelerindeki yüksek fırınların girdi verileri	304
Tablo 6.2:	2004 yılı için yüksek fırın çıktı verileri	305
Tablo 6.3:	Enjeksiyon için kömür hazırlamadan kaynaklanan emisyonlar	305
Tablo 6.4:	Yükleme alanından kaynaklanan emisyonlar.....	305
Tablo 6.5:	YF döküm holünden havaya salınan emisyonlar (boru sonu).....	306
Tablo 6.6:	Yüksek fırınlarda cürufun taneli hale getirilmesinden havaya salınan emisyonlar	306
Tablo 6.7:	Ham yüksek fırın gazı bileşimi (arıtmadan önce).....	308
Tablo 6.8:	Yüksek fırın gazı bileşimi (iki aşamalı arıtımdan sonra).....	308
Tablo 6.9:	Yüksek fırın sobalarından kaynaklanan emisyon konsantrasyonları.....	309
Tablo 6.10:	YF döküm holünden ve yük toz gidermeden kaynaklanan emisyon konsantrasyonları	310
Tablo 6.11:	YF gaz yıkamasından kaynaklanan atık suyun arıtımdan önceki bileşimi	312
Tablo 6.12:	Yüksek fırın cürufunun taneli hale getirilmesinden kaynaklanan atık su için kirletici konsantrasyonları ve emisyon faktörleri.....	313
Tablo 6.13:	YF gazının arıtılmasından kaynaklanan kuru kaba tozun tipik bileşimi (ağırlıkça %)	314
Tablo 6.14:	YF gazının arıtılmasından kaynaklanan çamurun tipik bileşimi (ağırlıkça %).....	314
Tablo 6.15:	1,0'in altında ve üzerinde bazılık için yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi (ağırlıkça %) ve diğer örnekler	315
Tablo 6.16:	1986'da kömür enjeksiyonu ve tepe gazı basınç geri kazanımı uygulanan yüksek tepe basınçlı bir yüksek fırının enerji giriş/çıkış örneği.....	316
Tablo 6.17:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	318
Tablo 6.18:	YF döküm holünden ve yük toz gidermeden kaynaklanan emisyon konsantrasyonları	320
Tablo 6.19:	Katran içermeyen kanal astarlarından kaynaklanan emisyonlar	326
Tablo 6.20:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da Yüksek Fırın A'nın koşulları	329
Tablo 6.21:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da Yüksek Fırın A'da tepe yükleme hunisinden salınım için bir gaz geri kazanım sistemi ile kaçak emisyonlarda azalma	330
Tablo 6.22:	Gaz yıkama suyunun arıtılmasına ilişkin olarak Almanya'daki yedi çamur temas tesisinin işletim verileri	331
Tablo 6.23:	Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'da YF gazı yıkama suyu devresinden çıkan atık su için arıtma sonrası deşarj konsantrasyonu	333
Tablo 6.24:	Hidrosiklonlanmış yüksek fırın çamurunun çinko içeriği için örnek	334
Tablo 6.25:	Toz haline getirilmiş kömürün farklı doğrudan enjeksiyon seviyelerinde atık kok tüketiminin ve toplam kömür tüketiminin karşılaştırılması.....	340
Tablo 6.26:	Farklı yüksek fırınlarda uygulanan indirgeyici maddeler.....	341
Tablo 6.27:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'deki yüksek fırın enjeksiyon için kullanılan plastiklerin bileşimine ilişkin gereklilikler	347
Tablo 6.28:	Tüyerlere enjekte edilen farklı malzemeler için enjeksiyon oranları ve ikame faktörleri	349
Tablo 7.1:	Oksidasyon prosesi sırasında gerçekleşen ana kimyasal reaksiyonlar	356
Tablo 7.2:	AB'de faaliyette olan bazik oksijen fırınlarının (oksijen dönüştürücüler) tipleri, sayıları ve nominal kapasiteleri.....	358
Tablo 7.3:	Farklı AB Üye Devletlerinde mevcut 21 bazik oksijenli çelik üretim tesisinden girdi/çıktı verileri	369
Tablo 7.4:	Diğer hava kirleticiler	370
Tablo 7.5:	BOF gazının bileşimi ve özellikleri	373
Tablo 7.6:	Başka bir ifade yoksa, azaltmadan sonra bastırılmış yanmalı bir bazik oksijen fırınından havaya salınan özgül emisyon değerleri.....	374

Tablo 7.7:	Bazik oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan çatı tozu emisyonlarının ölçümleri	376
Tablo 7.8:	Oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan katı kalıntıların türü ve özgül miktarı	378
Tablo 7.9:	BOF ve ikincil çelik cüruflarının üretimi	378
Tablo 7.10:	Sıcak metalde kükürt gidermeden kaynaklanan cürufun kimyasal bileşimi	378
Tablo 7.11:	BOF cüruflarının kimyasal bileşimine örnekler	379
Tablo 7.12:	Dönüştürücü cüruflarının mineral bileşenlerinin aralığına ilişkin üç örnek	380
Tablo 7.13:	İkincil metalürjik cürufların ana mineral bileşenleri	381
Tablo 7.14:	İkincil çelik üretimi cüruflarının kimyasal bileşim aralığı	381
Tablo 7.15:	Kaba ve ince toz ve çamurun bileşimi	381
Tablo 7.16:	Hadde tufalinin bileşimi	382
Tablo 7.17:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	385
Tablo 7.18:	Islak havayla azaltma teknikleri kullanıldığında elde edilen emisyon konsantrasyonları	387
Tablo 7.19:	Uygulanan ikincil toz giderme sistemlerinden elde edilen veriler ve yükleme ve akıtma emisyonlarının özellikleri	390
Tablo 7.20:	Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinin ikincil çıkış gazlarında elde edilebilir toz toplama derecesi	391
Tablo 7.21:	Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde ikincil toz giderme ile elde edilen emisyon seviyeleri	391
Tablo 7.22:	Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki Ünite 1 ve 2 için ikincil toz giderme sisteminin teknik rakamları	395
Tablo 7.23:	Torba filtre kullanılan iki döküm tesisi için ulaşılan emisyon seviyeleri	399
Tablo 7.24:	Oksijenli çelik üretim fabrikalarında ıslak toz giderme tesislerinden suya salınan emisyon örnekleri	401
Tablo 7.25:	Sürekli dökümde doğrudan soğutma sistemlerinden suya salınan emisyonlara genel bakış	403
Tablo 7.26:	Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki bazik oksijen fırınında sürekli dökümden kaynaklanan atık sudaki kirletici konsantrasyonu örneği	403
Tablo 7.27:	Özellikle BOF gazı kullanımı bakımından bastırılmış yanmanın avantajları ve dezavantajları	410
Tablo 7.28:	Thyssen Stahl AG'nin bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde buhar üretimi	410
Tablo 8.1:	AB içindeki elektrik ark fırınları için girdi/çıkış verileri	429
Tablo 8.2:	EAF tesislerinin emisyonlarının toplanmasına yönelik sistemler	431
Tablo 8.3:	Azaltma sonrasında EAF prosesinden havaya salınan emisyon konsantrasyonları	433
Tablo 8.4:	İsveç'teki EAF çelik fabrikalarından havaya salınan PCDD/F ve PCB'nin özgül ve yıllık emisyonları	439
Tablo 8.5:	Azaltma sonrasında ikincil metalürjinin farklı bölümlerinden kaynaklanan emisyonlar	439
Tablo 8.6:	Elektrik ark fırınıyla çelik üretiminden kaynaklanan katı atıkların/yan ürünlerin cinsi ve özgül miktarı	441
Tablo 8.7:	Karbon/düşük alaşımlı çelik ve paslanmaz/yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan EAF cürufunun kimyasal bileşimi	442
Tablo 8.8:	AB'de EAF cüruflarının akıbeti	442
Tablo 8.9:	Ham madde olarak hurda kullanan çelik fabrikalarında cüruftaki PCDD/F ve PCB konsantrasyonları ve yıllık kütle akışları	443
Tablo 8.10:	Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan EAF tozlarının kimyasal bileşimi	443
Tablo 8.11:	Ham madde olarak hurda kullanılan dört çelik fabrikasından kaynaklanan tozdaki PCDD/F ve PCB konsantrasyonları ve yıllık kütle akışları	444
Tablo 8.12:	Tek bir tesiste kullanılan yıllık refrakter malzeme miktarı örneği	445
Tablo 8.13:	Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü	448
Tablo 8.14:	Sekiz yıllık bir işletme dönemi için bir tesisin kirlilik ölçümleri	453
Tablo 8.15:	EAF'lerde kullanılan hurda ön ısıtma sistemlerinin proses verileri	455
Tablo 8.16:	Güçlendirmeden önce ve sonra çelik fabrikası bacalarından yayılan toz emisyonlarının karşılaştırılması (Almanya'dan bir çelik fabrikası)	459
Tablo 8.17:	Üç EAF tesisinden kaynaklanan günlük ortalama toz emisyonları (2004 – 2006)	461
Tablo 8.18:	Azaltma sonrasında dokuz EAF tesisinin artık toz ve ağır metal konsantrasyonları	462
Tablo 8.19:	Toz azaltma teknikleri uygulanan örnek tesisler	463
Tablo 8.20:	Azaltma sonrası toz, PAH ve PCDD/F emisyon konsantrasyonları	465
Tablo 8.21:	Almanya'daki dört EAF'de son yakma ve hızlı soğutma performansı	466
Tablo 8.22:	Toz aktif linyit kok enjeksiyonunun sonucu olarak PCDD/F'nin indirgenmesi	469
Tablo 8.23:	İkinci bir karbon enjeksiyon sisteminin kurulmasından sonra PCDD/F'nin azaltılmasında kaydedilen ilerleme	469
Tablo 8.24:	Farklı adsorban ve soğurma malzemelerinin özellikleri	470
Tablo 8.25:	Almanya'nın Kehl şehrinde bulunan BSW'de doğrudan soğutmadan kaynaklanan atık su akışlarının atık su arıtımından sonra bileşimi (2008)	472

Tablo 10.1:	Dünyada doğrudan indirgenmiş demir üretimi	523
Tablo 10.2:	Sektörde kullanılan doğrudan indirgeme proseslerinin özellikleri	524
Tablo 10.3:	Güney Afrika'nın Pretoria şehrinde bulunan Iscor Corex tesisinin (1998'de kapatılmıştır) ilgili performans verileri	527
Tablo 10.4:	Corex ve Finex sahalarına genel bakış	528
Tablo 10.5:	Geliştirilmekte olan izabe indirgeme proseslerinin özellikleri	529
Tablo 10.6:	Demir üretimi için geleneksel yüksek fırın yolunun doğrudan indirgeme ve izabe indirgeme yolları ile karşılaştırılması	534
Tablo 12.1:	Karşı görüşler	565
Tablo 13.1:	Atık sularda çevre açısından hassas bazı elementler için saptama sınırları	591
Tablo 13.2:	PCDD/F izleme modları	594
Tablo 13.3:	WHO-12 PCB türdeşleri için toksik eş değerlik faktörleri tablosu	595
Tablo 13.4:	Demir-çelik sektöründe çevresel verilerin derlenmesi için örnek şablon.....	597

KAPSAM

Demir-çelik üretim endüstrisine ilişkin bu MET-Ref, 2010/75/EU Direktifi Ek I'de belirtilen aşağıdaki hususları kapsar:

- Faaliyet 1.3: Kok üretimi
- Faaliyet 2.1: Maden cevheri (sülfür cevheri dahil) kavurma veya sinterleme ve
- Faaliyet 2.2: Saatte 2,5 tonu aşan kapasite ile sürekli döküm dâhil olmak üzere pik demir veya çelik üretimi (birincil veya ikincil füzyon)

Bu MET-Ref özellikle aşağıdaki prosesleri kapsar:

- Dökme ham maddelerin yüklenmesi, boşaltılması ve taşınması
- Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması
- Demir cevherinin sinterlenmesi ve peletlenmesi
- Kok kömüründen kok üretimi
- Cüruf işleme dâhil olmak üzere yüksek fırın yolu ile sıcak metal üretimi
- Kaynak tarafında pota kükürt giderme, akış tarafında pota metalürjisi ve cüruf işleme dahil olmak üzere bazik oksijen prosesi kullanılarak çelik üretimi ve rafinajı
- Akış tarafında pota metalürjisi ve cüruf işleme dahil olmak üzere elektrik ark fırınlarıyla çelik üretimi
- Sürekli döküm (ince yassı kütük/ince şerit ve doğrudan sac döküm (biçime yakın))

Bu MET-Ref'de aşağıdaki faaliyetler ele alınmamaktadır:

- Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit İmalat Endüstrilerine dair MET-Ref (CLM) kapsamında yer alan fırınlarda kireç üretimi
- Demir Dışı Metal Endüstrilerine dair MET-Ref (NFM) kapsamında yer alan demir alaşımlarının üretimi ve demir dışı metallerin (örneğin elektrik ark fırın tozu) geri kazanılması için tozların işlenmesi
- Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre Endüstrileri (LVIC-AAF BREF) kapsamında yer alan kok fırınlarında sülfürik asit üretim tesisleri. Ancak, bu belgede, kok fırını gazı kükürt giderme proseslerinin başlıca türlerine ilişkin yararlı açıklamalar sunulmaktadır.

Bu MET-Ref kapsamındaki faaliyetlerle ilgili olabilecek diğer referans belgeler şunlardır:

Referans belgeler	Faaliyet
Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref (LCP)	50 MW veya daha fazla nominal ısıl girdiye sahip yakma tesisleri
Demir İçeren Metalleri İşleme Endüstrisine dair MET-Ref (FMP)	Haddeleme, dekapaj, kaplama vb. gibi akış yönü prosesleri
	İnce yassı kütüğe/ince şeride sürekli döküm ve doğrudan sac dökümü (biçime yakın)
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara dair MET-Ref (EFS)	Depolama ve taşıma
Endüstriyel Soğutma Sistemlerine dair MET-Ref (ICS)	Soğutma sistemleri
Genel İzleme İlkeleri (MON)	Emisyon ve tüketim izleme
Enerji Verimliliğine dair MET-Ref (ENE)	Genel enerji verimliliği
Ekonomik Etkiler ve Çapraz Ortam Etkileri (ECM)	Tekniklerin ekonomik etkileri ve çapraz ortam etkileri

Bu MET-Ref, demir-elik fabrikalarındaki proses gazıyla çalışan enerji santrallerine ilişkin yeni bölümler içermektedir. Ancak, bu santrallerden havaya salınan emisyonlara ilişkin olarak sunulan bilgiler toz, SO₂, NO_x ve CO'ya ilişkin MET-İES'ler hakkında sonuca varmak için yeterli görülmemiştir. Bu konu, revize edilmiş Büyük Yakma Tesislerine ilişkin MET-Ref'nin (LCP) zel bir bölümünde ele alınmalıdır [282, EC 2006].

Yalnızca iş yeri güvenliği veya ürünlerin güvenliğiyle ilgili olan konular bu MET-Ref'nin kapsamında **değildir**, çünkü bunlar Direktifin kapsamında yer almaz. Bunlar, sadece Direktif kapsamındaki konuları etkiledikleri durumlarda ele alınmaktadır.

1 GENEL BİLGİLER

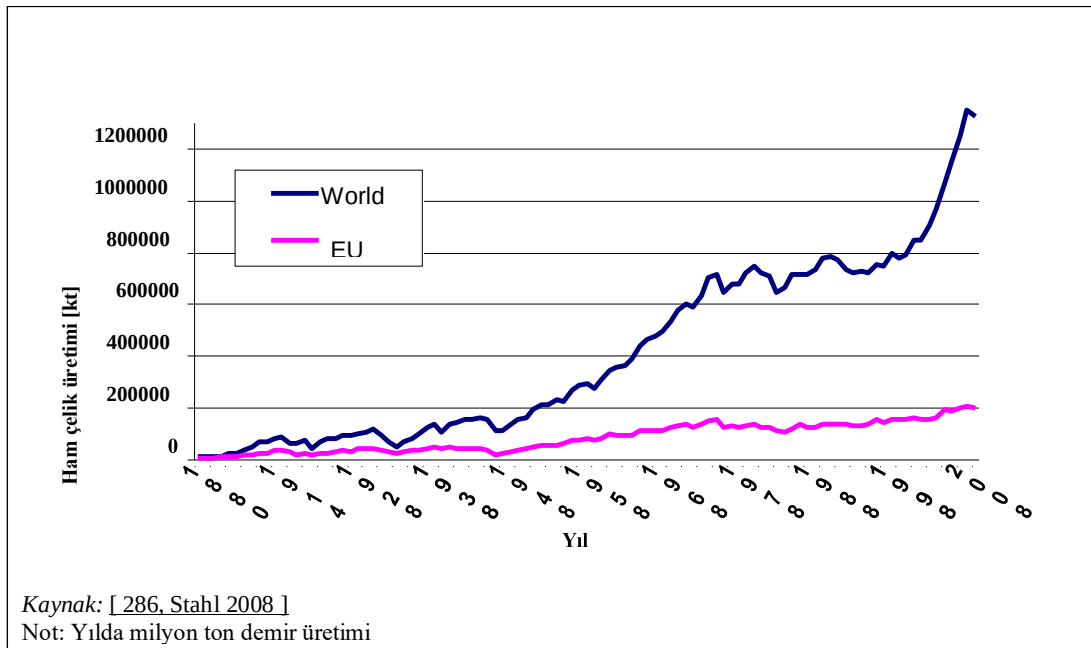
1.1 Avrupa ve dünya genelinde çelik üretimi

[92, Lünen 1995], [131, Stat Stahl 1997], [250, EC 2006], www.worldsteel.org.

Demir ve çelik, birkaç bin yıldır insan uygarlığının gelişmesinde önemli bir rol oynamış ve tarımda, inşaat, güç üretimi ve dağıtımında, makine ve teçhizat imalatında, evlerde ve tıpta kullanılmıştır.

Kömür ve pamukla birlikte demir ve çelik, sanayi devrimini mümkün kılan başlıca malzemelerdi. On sekizinci yüzyılın başlarından itibaren teknik gelişmeler, örneğin nispeten kıt olan kömürün taş kömürü/linyit ve kok ile değiştirilmesi ve sıcak metalin çeliğe dönüştürülmesi için dökme demirin eritilip oksitleyici ortamda cürufundan ayrılması prosesinin (puddling) geliştirilmesi ile üretimde büyük artışlara olanak tanımıştır.

Dünyada çelik üretimi 2000 yılından bu yana önemli ölçüde artmış ve 2004 yılında ilk kez 1000 milyon tonu aşmıştır. 2006'da dünyada çelik üretimi 1200 milyon tonun üzerine çıkmıştır (bkz. Şekil 1.1). Bunun ana nedeni, Çin'deki çelik üretiminin 2006 yılında 127 milyon tondan 421 milyon tona çıkmasıdır.



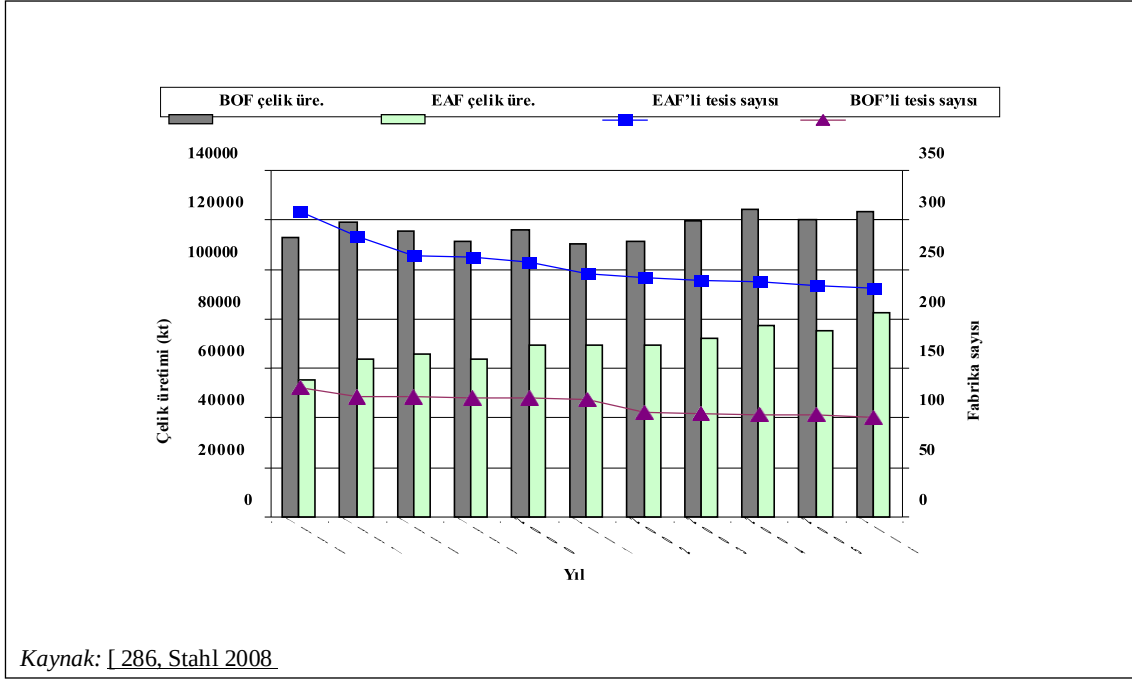
Şekil 1.1: 1870'ten beri Avrupa'da ve dünya genelinde ham çelik üretimi

AB'nin ham çelik üretimi, 1985 ve 1994 yılları arasında miktar olarak yılda %1,2 oranında büyümüştür. Büyüme 1986 – 1989 arasındaki üç yılda daha hızlıydı (yılda %3,7). Daha sonra, AB-12'deki üretim, 1992 ve 1993'te sırasıyla 140 milyon tondan 132 milyon tona düştü, ancak 1994'te 139 milyon tona ve 1995'te 143 milyon tona ulaştı. Avusturya, Finlandiya ve İsveç'in AB'ye girişi, AB'nin ham çelik üretimini 1995 yılında 156 milyon tona çıkardı. 2000 yılından bu yana, ham çelik üretimi dünya genelinde artmıştır. 2006'da, AB'de ham çelik üretimi 198 milyon ton iken, Rusya'da 120 milyon ton, Japonya'da 116 milyon ton, ABD'de 99 milyon ton ve Çin'de 421 milyon ton düzeyindeydi.

Şekil 1.1'de ayrıca, dünya çelik üretiminde Avrupa'nın payının istikrarlı bir şekilde düşerek 1970'te %21'e indiği gösterilmektedir. 1974-75 petrol krizinden sonra

1990'ların ortalarına kadar dünya genelinde üretim durağan seyretmiş ve özellikle Avrupa bundan etkilenmiştir. 2008'de AB'deki ham çelik üretimi 198 milyon ton ile dünya üretiminin %15'ini oluştuyordu [286, Stahl 2008].

Şekil 1.2'de, oksijenle çelik üretiminin oldukça sabit kaldığı, buna karşın elektrik ark fırınında çelik üretiminin kademeli olarak arttığı gösterilmektedir. Elektrik ark fırınında çelik üretiminin toplam çelik üretimindeki payı 2006 yılında %41,8'e ulaştı. Bununla birlikte, yüksek fırın/bazık oksijen fırını yolunun, en azından orta vadede, çelik üretiminde ağırlıklı olarak kullanılan yol olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir.



Şekil 1.2: 1996 – 2006 yılları arasında AB'de elektrik ark fırın ve bazık oksijen fırını ile çelik üretimi

1.2 AB'de demir-çelik üretiminin coğrafi dağılımı

[200, Komisyon 2001] [205, Cleary ve diğ. 2005] [207, Ameling ve diğ. 2004] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [209, EC 2005] [240, UKEA 2004] [288, IA 2006] [318, Eurofer 2007] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [403, Polonya 2007]

AB-27'deki entegre çelik fabrikalarının yerleri, Orta Avrupa'daki kömür kuşağı boyunca çelik fabrikalarının yoğunluğunun açıkça görüldüğü Şekil 1.3'te gösterilmektedir. Bununla birlikte, Üye Devletlerin çoğunda entegre çelik fabrikaları bulunmaktadır. Elektrik ark fırınları Şekil 1.3'te yer almamaktadır.



Şekil 1.3: Avrupa Birliğinde entegre çelik fabrikalarının coğrafi dağılımı

Tablo 1.1 ile Tablo 1.6 arasında, AB-27'deki tesislerin kapasitelerine ve diğer özelliklerine göre dağılımı gösterilmektedir. Kapsamlı bir genel bakış sağlamak için, üretimi fazla olmayan ülkeler listelenmemiştir.

Tablo 1.1: AB-27'deki sinter ve peletleme tesislerinin sayısı ve üretimi

AB-27 sinter ve peletleme tesisleri						
AB Üye Devleti	Demir cevheri sinterleme tesisi sayısı	Demir cevheri sinter bandı sayısı	Bant yüzey alanı (m ²)	Üretim (kt/yıl)	Peletleme tesisi sayısı	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	2	2	342	3500		
Belçika	4	5	1405	15 300		
Çek Cumhuriyeti (1)	2	9	735	6 500		
Almanya	8	12	2 282	29 400		
İspanya	1	2	481	5 400		
Finlandiya	1	3	225	2 700		
Fransa (2)	5	6	2 013	23 765		
Macaristan	2	2	100	900		
İtalya	2	7	962	11 500		
Hollanda	1	3	354	4 400	1	4 900 (1)
Polonya	2	4	1 161	9 000		
Slovakya (1)	1	4	440	4 100		
İsveç	0				5	22 150 (2)
Birleşik Krallık	3	4	1 328	13 700		
Toplam	34	63	11 828	130 165	6	27 050
Not: 2005 verileri — (1) 2007 verileri — (2) 2008 verileri Kaynak: [140, Eurofer 2009] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [209, EC 2005] [234, Polonya 2007] [240, UKEA 2004] [318, Eurofer 2007].						

Tablo 1.2: AB-27'de kok üretimi

AB-27'deki kok fırınları	
AB Üye Devletleri	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	1 360
Belçika	2 714
Bulgaristan	615
Çek Cumhuriyeti	3 231
Almanya	8 250
İspanya	2 747
Finlandiya	870
Fransa	4 290
Macaristan	913
İtalya	4 580
Hollanda	2 160
Polonya	9 599
Romanya	1 804
İsveç	1 182
Slovakya	1 749
Birleşik Krallık	4 276
Toplam	50 340
Not: 2006 yılı verileri. Kaynak: [156, Kok Fırını Yöneticileri Birliği 2008] [286, Stahl 2008].	

Tablo 1.3: AB-27'deki yüksek fırın tesislerinin sayısı ve üretimi

AB-27'deki yüksek fırınlar		
AB Üye Devleti	Yüksek fırınlı tesis sayısı	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	6	5 547
Belçika	4	7 516
Bulgaristan	3	1 147
Çek Cumhuriyeti	6	6 185 ⁽¹⁾
Almanya	18	30 360
İspanya	2	3 432
Finlandiya	3	3 158
Fransa	10	13 013
Macaristan	2	1 336
İtalya	6	11 492
Hollanda	2	5 417
Polonya	7	5 333
Romanya	4	3 975
İsveç	3	3 577
Slovakya	3	4 100 ⁽¹⁾
Birleşik Krallık	7	10 696
Toplam	86	116 284
Not: 2006 yılı verileri. Kaynak: [286, Stahl 2008]; bunun dışında ⁽¹⁾ [372, Çek TÇG üyesi 2008].		

Tablo 1.4: Farklı AB ülkelerindeki bazik oksijen fırını tesislerinin sayısı ve üretimi

AB-27'deki bazik oksijen fırınları		
AB Üye Devleti	Bazik oksijen fırını tesislerinin sayısı	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	5	6 487
Belçika	8	8 172
Bulgaristan	3	1 155
Çek Cumhuriyeti	4	6 283
Almanya	21	32 550
İspanya	5	3 601
Finlandiya	8	3 454
Fransa	7	12 242
Macaristan	2	1 650
İtalya	9	11 823
Hollanda	3	6 223
Polonya	6	5 766
Romanya	5	4 374
İsveç	3	3 585
Slovakya	4	4 715
Birleşik Krallık	8	11 203
Toplam	101	123 283
Not: 2006 yılı verileri. Kaynak: [286, Stahl 2008].		

Tablo 1.5: AB-27'deki EAF çelik üretim tesislerinin sayısı ve üretimi

AB-27'de elektrik ark fırınıyla çelik üretimi		
AB Üye Devleti	EAF tesisi sayısı	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	3	643
Belçika	7	3458
Bulgaristan	6	696
Çek Cumhuriyeti	16	578
Almanya	42	14674
Yunanistan	7	2416
İspanya	28	14790
Finlandiya	3	1600
Fransa	25	7610
Macaristan	2	439
İtalya	44	19794
Lüksemburg	3	2802
Letonya	–	3
Hollanda	2	150
Polonya	12	4241
Portekiz	2	1400
Romanya	7	1889
İsveç	8	1881
Slovenya	3	628
Slovakya	1	378
Birleşik Krallık	10	2 666
Toplam	231	82736
Not: 2006 yılı verileri. Kaynak: [286, Stahl 2008].		

Tablo 1.6: AB-27'deki sürekli döküm tesislerinin sayısı ve üretimi

AB-27'de sürekli döküm	
AB Üye Devleti	Üretim (kt/yıl)
Avusturya	6836
Belçika	11631
Bulgaristan	1227
Çek Cumhuriyeti	6 145
Almanya	45497
Estonya	0
Yunanistan	2416
İspanya	18 278
Finlandiya	5 029
Fransa	18984
Macaristan	2085
İtalya	30170
Lüksemburg	2802
Letonya	548
Hollanda	6213
Polonya	8248
Portekiz	1380
Romanya	5450
İsveç	4779
Slovenya	520
Slovakya	5081
Birleşik Krallık	13 652
Toplam	196971
Not: 2006 yılı verileri. Kaynak: [286, Stahl 2008].	

1990'larda AB'de radikal yeni teknolojilere topluca geçilmemişti. Daha çok, klasik üretim yöntemleri çeşitli aşamalarda (yüksek fırınlar, çelikhaneler vb.) iyileştirilmiş ve üretim zinciri boyunca yapılan iyileştirmelerle çok daha verimli hale getirilmiştir. Bu iyileştirmeler ürün kalitesini artırırken, enerji kullanımı ve kirlilikte önemli azalmaların sağlanmasına olanak tanımıştır.

1.3 AB demir-çelik endüstrisinde ekonomi ve istihdam

[27, EC Panorama 1997] [28, ECSC 1951] [200, Komisyon 2001] [250, EC 2006] [286, Stahl 2008] [291, EC 2006] [292, DGENTR 2007] [293, DGENTR 2007]

Dünya ekonomisinin küreselleşmesi çelik endüstrisini derinden etkilemiş ve etkilemeye devam etmektedir. Sektör, yoğun yapısal değişikliklerden geçmektedir. 1990'larda ve 2000'lerde çelik işlemede yeni kavramlar geliştirilmiştir (örneğin, mini elektrikli çelik fabrikaları, elektrik ark fırınları için yeni kavramlar, yeni döküm teknikleri ve doğrudan indirgeme veya izabe indirgeme teknikleri). Son derece rekabetçi piyasa koşulları, bu yapısal değişimi hızlandırabilir ve çelik endüstrisinde konsolidasyonu teşvik edebilir. Artan sayıdaki ittifaklar, iş birlikçi girişimler ve devralmalar bu durumu açıkça göstermektedir. Sürekli dökümün gelişimi, 1970'ler ve 1980'lerde çelik endüstrisinin ekonomisi üzerinde son derece olumlu bir etki yaratmıştı.

Çelik, Avrupa'nın ekonomisi ve rekabet gücü için kilit öneme sahip bir sektördür. 198 milyon tonluk üretimle AB-27, 2008'de dünya çelik üretiminin %15'ini oluşturuyordu. AB çelik endüstrisinin yıllık cirosu yaklaşık 150.000 milyon EUR'dir ve sektör yaklaşık 440.000 kişiyi istihdam etmektedir [184, Avrupa Birliği 2009]. Tablo 1.7'de, 1996 ve 2004 yıllarında AB-15'teki istihdamın gelişimi gösterilmektedir.

Tablo 1.7: 1996'dan 2004'e kadar AB'deki demir-çelik endüstrisinde istihdamın gelişimi

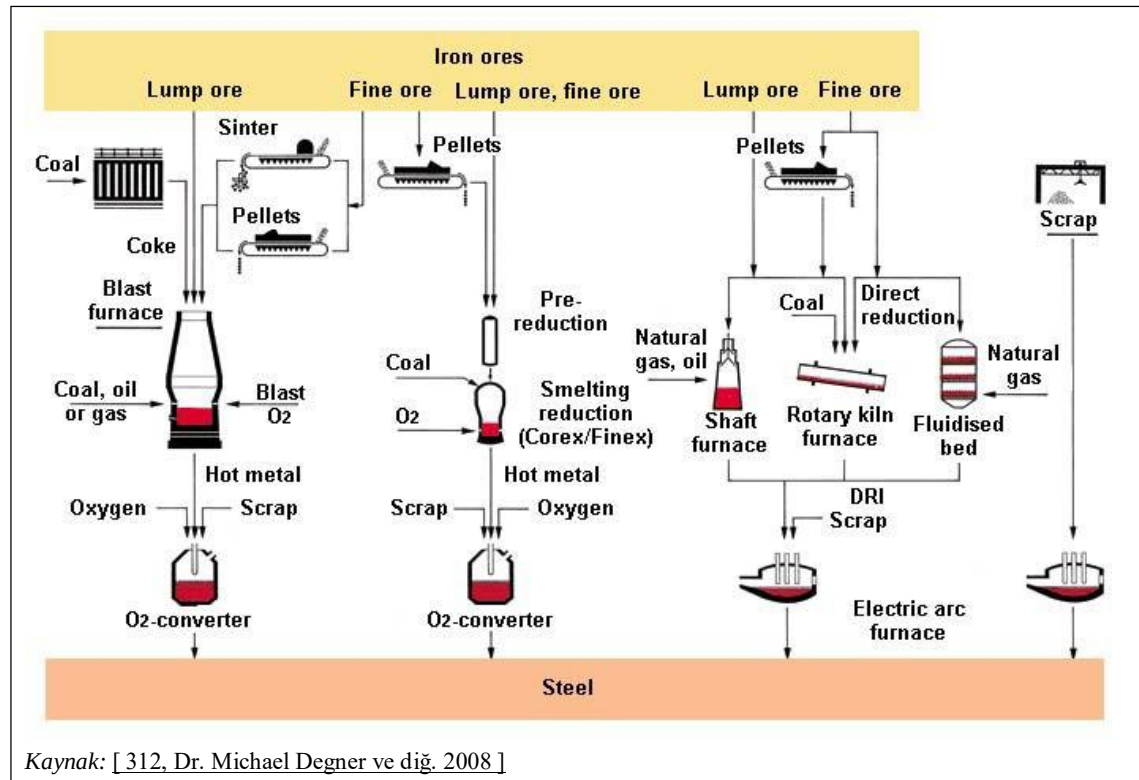
AB demir-çelik endüstrisi — AB-15'te 1996'dan 2004'e istihdamın gelişimi		
AB Üye Devleti	1996 yılında işçi ve çalışan sayısı	2004 yılında işçi ve çalışan sayısı
Avusturya	12 651	11 000
Belçika	22 638	17 700
Almanya	114305	92 660
Danimarka	1 170	400
Yunanistan	2 006	2 000
İspanya	22 955	21 600
Finlandiya	7 210	8 400
Fransa	38 106	37 000
İrlanda	375	MD
İtalya	36 226	39 150
Lüksemburg	5 196	4 100
Hollanda	12 211	10 400
Portekiz	2 231	1 100
İsveç	13 648	18 800
Birleşik Krallık	36 527	20 950
Toplam	327 455	285 260
Not: MD: Veri mevcut değil. Kaynak: [286, Stahl 2008].		

1.4 Çelik üretim süreci

[60, Hille ve diğ. 1997] [200, Komisyon 2001]

Şu anda dünya genelinde çelik üretimi için dört yol kullanılmaktadır: Klasik yüksek fırın/bazık oksijen fırını, hurdanın doğrudan eritilmesi (elektrik ark fırını), izabe indirgeme ve doğrudan indirgeme (bkz. Şekil 1.4).

2006 yılında AB-27'deki çelik üretimi, yüksek fırın/bazık oksijen fırını (yaklaşık %59,8) ve elektrik ark fırını (EAF) (yaklaşık %40,2) kullanımına dayanıyordu (bkz. Tablo 1.4 ve Tablo 1.5). Dünyada doğrudan indirgeme (Dİ) ile ham çelik üretiminin payı 2006'da yaklaşık %6,8 idi ve bu 59,8 milyon ton doğrudan indirgenmiş demire (DİD) karşılık geliyordu. Planlanan DİD üretim sahaları dikkate alındığında, dünyada DİD üretimi 2010 yılına kadar 80 milyon tona çıkacaktır. Avrupa'da DİD üretimi 2006'da 704.000 tondur (Almanya'da 580.000 ton ve İsveç'te 124.000 ton). Bu, dünyadaki üretimin yaklaşık %1,5'ine karşılık geliyordu. AB-27'de EAF ile çelik üretiminde DİD tüketiminin 2006'da yıllık 1.523 milyon ton olduğu bildirilmiştir.



Şekil 1.4: Ham çelik üretim yöntemleri

2007'nin sonunda, yıllık toplam 7,45 milyon ton sıcak metal kapasitesini temsil eden toplam altı izabe indirgeme tesisi faaliyettedir. AB-27'de, ticari ölçekte faaliyet gösteren izabe indirgeme birimleri yoktur. Bu yollar bu nedenle burada açıklanmamıştır, ancak 'Alternatif demir üretim teknikleri' adlı Bölüm 10'da bunlardan bahsedilecektir.

Entegre çelik fabrikaları

Yukarıda açıklanan dört çelik üretim yolundan, klasik yüksek fırın/bazık oksijen fırını yolu, entegre çelik fabrikaları olarak bilinen ve birkaç kilometre kareye kadar alanları kapsayan büyük endüstriyel komplekslerde gerçekleştirilen açık ara en karmaşık yöntemdir (bkz. Şekil 1.5). Entegre çelik fabrikaları, çoğu bu belgede ele alınan çeşitli üretim birimleri arasındaki birbirine bağlı malzeme ve enerji akış ağlarına sahiptir (sinter tesisleri, peletleme tesisleri, kok fırını tesisleri, sonrasında döküm yapılan yüksek fırınlar ve bazık oksijenli çelik üretim

tesisleri). Bu tesis türlerini ayrıntılı olarak açıklamadan önce, bahsedilen karşılıklı bağımlılıklara genel bir bakış sunulacaktır.



Kaynak: [200, Komisyon 2001]

Şekil 1.5: Sahile yakın bir yerde bulunan entegre bir çelik fabrikasının havadan görünümü

Proseslere genel bakış

Bu MET-Ref'de ele alınan entegre bir çelik fabrikasının proses yolları Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Bu şekilde, proses yolunun her aşaması için prosesle ilgili emisyonların ana malzeme girdileri ve çıktıları ve kalıntıların şematik bir görünümü yer almaktadır.

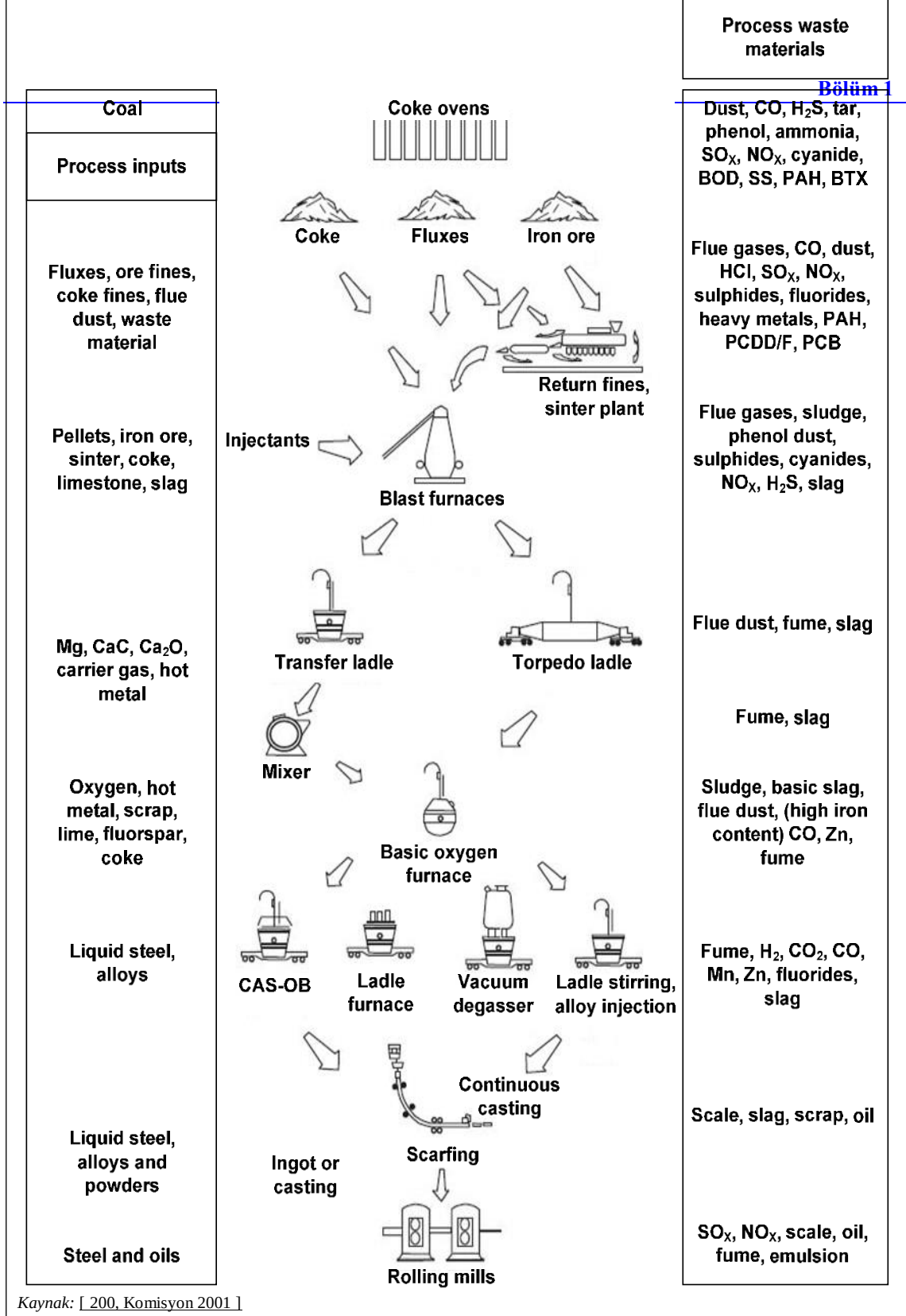
Entegre bir çelik fabrikasında yüksek fırın, "sıcak metal" olarak da adlandırılan sıvı demirin elde edilmesini sağlayan oksit cevherlerinin birincil indirgenmesinin gerçekleştiği ana işletim birimidir. Modern yüksek performanslı yüksek fırınlar, yükün fiziksel ve metalürjik olarak hazırlanmasını gerektirir. İki tip demir cevheri hazırlama tesisi vardır: Sinter tesisleri ve pelet tesisleri. Peletler neredeyse her zaman madende özellikleri belli bir demir cevheri veya konsantresinden yapılır ve bu biçimde taşınır. Avrupa'da, aynı zamanda bir peletleme tesisi işleten tek bir entegre çelik fabrikası bulunmaktadır. Sinter genellikle demir fabrikalarında toz cevherlerin, artıkların ve katkı maddelerinin önceden tasarlanmış karışımlarından üretilir.

Bir yüksek fırındaki ana indirgeyici maddeler, kok ve toz haline getirilmiş kömürdür. Bunlar, demir oksitleri indirgeyen karbon monoksit ve hidrojeni oluşturur. Kok ve kömür ayrıca kısmen yakıt görevi görür.

Kok, kok fırınında kömürden kuru damıtma yoluyla üretilir ve kömürden daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Çoğu durumda, ek indirgeyici maddeler/yakıtlar yakıt yağı, doğal gaz ve (bazı durumlarda) plastik enjeksiyonu ile sağlanır. Sıcak hava, demir oksitler için temel indirgeme maddesi olan karbon monoksiti (CO) oluşturmak için gerekli oksijeni sağlar.

Yüksek fırın üstten bir yük ile doldurulur. Bu, birbiri ardına gelen kok katmanlarından ve bir sinter ve/veya pelet, parça cevher ve eritken madde karışımından oluşur. Fırında, demir cevheri artan şekilde indirgenir ve sıvı demir ile cüruf, akıtılacakları fırının dibinde toplanır.

Yüksek fırından çıkan cüruf tanelenir, peletlenir veya cüruf çukurlarına akıtılır. Cüruf taneleri veya peletleri genellikle çimento imalat şirketlerine satılır. Çukurlardaki cüruf, yol yapımında da kullanılabilir.



Şekil 1.6: Entegre bir çelik fabrikasının proses yollarına genel bakış

Yüksek fırından çıkan sıvı demir (sıcak metal), karbon içeriğinin (yaklaşık %4) %1'in altına düşürülerek çeliğin elde edildiği bir bazık oksijen fırınına taşınır. Sıcak metalin kaynak tarafında potada kükürt gidermeye tabi tutulması ve çeliğin akış tarafında pota metalürjisi genellikle istenen kalitede çelik üretmek için uygulanır. Sıvı çelik, bazık oksijen fırından

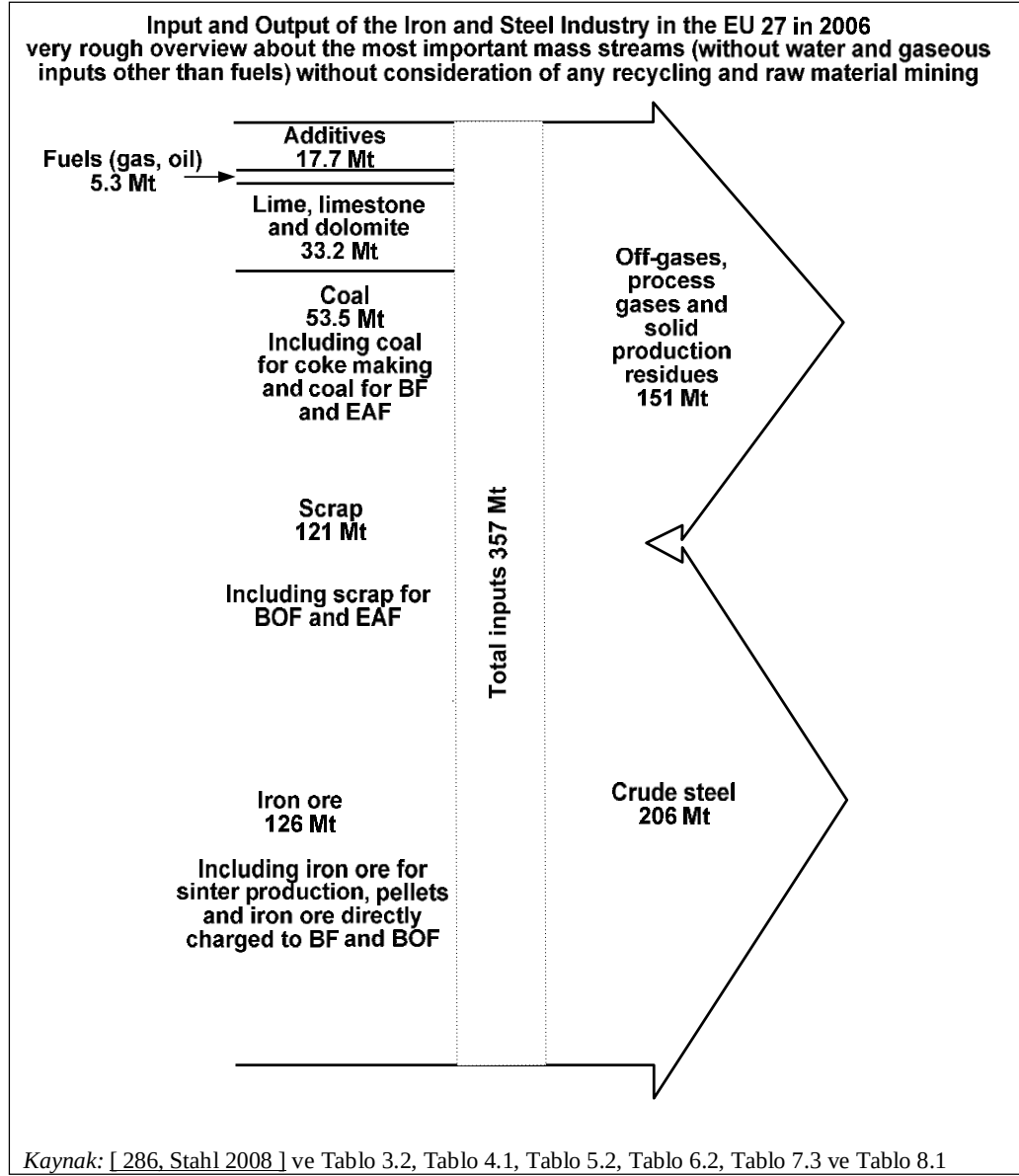
çıkarak külçe kalıplarına ya da sürekli döküm yoluyla dökülür. Bazı durumlarda çeliğin kalitesini daha da iyileştirmek için vakumla gaz giderme uygulanır.

Külçe, kütük, yassı kütük veya kaba kütük gibi döküm ürünleri, piyasaya hazırlanmak için haddehanelerde ve ürün bitirme hatlarında işlenir.

1.5 Demir-çelik üretiminde temel çevre sorunları

[200, Komisyon 2001] [240, UKEA 2004] [246, EC 2005] [289, EC 2007] [389, Briggs ve diğ. 2004]

Demir-çelik endüstrisinde hem malzeme hem de enerji kullanımı oldukça yoğundur. Şekil 1.7’de, 2006’da AB-27’de üretilen ham çelik miktarıyla birlikte en önemli kütle akışlarının gösterildiği ve numaralandırıldığı basitleştirilmiş bir girdi/çıktı şeması yer almaktadır. Bu genel bakış, ham madde madenciliği, yakıt dışındaki su ve gaz girdilerini ve geri dönüşüm faaliyetlerini içermemektedir. Şekilde, girdinin neredeyse yarısının çıkış gazları, proses gazları ve katı üretim artıklarına dönüştüğü gösterilmektedir.



Şekil 1.7: 2006 yılında AB-27’de demir ve çelik üretimi için girdi ve çıktılarına genel bakış

Sinter/pelet tesisi/kok fırını/yüksek fırın/bazık oksijen dönüştürücü ve elektrik ark fırınıyla en önemli iki çelik üretim proses yolunun izlenmesi sonrasında meydana gelebilecek temel çevre sorunları aşağıda özetlenmiştir:

- Sinter tesisleri

Demir içeren malzemelerle gerçekleştirilen aglomerasyon prosesinin bir ürünü olan sinter, yüksek fırınların yükünün önemli bir bölümünü oluşturur. Sinter tesislerinin başlıca baca emisyonları, entegre çelik fabrikalarından kaynaklanan toplam toz emisyonlarının %50'sine kadar olan bir kısmını oluşturmaktadır. Sinter bandı ve soğutucudan çıkan gaz emisyonlarındaki diğer ilgili kirleticiler arasında ağır metaller, SO₂, HCl, HF, PAH ve kalıcı organik kirleticiler (PCD ve PCDD/F gibi) yer alır. Ayrıca, duyulur ısısının geri kazanılması ve katı atıkların değerlendirilmesi de ciddi sorunlar arasındadır. Çevresel faydalar, akış yönü proseslerinin demir açısından zengin katı yan ürünlerinin geri dönüşümü ve ısı geri kazanım potansiyeli ile bağlantılıdır.

- Peletleme tesisleri

Peletleme, demir içeren malzemeleri yuvarlak kütleler halinde bir araya getirmek (aglomerasyon) için uygulanan ve havaya salınan emisyonların önemli çevre sorunları teşkil ettiği başka bir prosestir. Pelet fabrikalarındaki diğer ana konular, duyulur ısı kullanımı, atık suyun arıtılması ve proses kalıntılarının dahili kullanımıdır.

- Kok fırını tesisleri

Bir kok tesisi, bir kok fırını yakma sistemi (düşük seviyede çalıştırılan) ve proses gazı arıtma ünitesine sahip bir veya daha fazla kok fırını bataryasından oluşur. Havaya salınan emisyonların ana noktasal kaynağı, düşük seviyede çalıştırılan kok fırınının atık gazıdır. Ayrıca, emisyonların çoğu, kömürün boşaltılması, depolanması, taşınması, kırılması ve harmanlanması (hazırlanması), kapaklardan ve kasalara, fırın ve tevsiye ekipmanı kapılarına yapışmalardan kaynaklanan sızıntılar, yükselme boruları ve kömür doldurma deliklerinden sızıntılar, kömürün haznelere doldurulması ve haznelerin dışına itilmesi sırasında meydana gelen sızıntılar ve son olarak kok söndürme ve kok sınıflandırma (kırama ve eleme), nakliye, taşıma ve depolama gibi çeşitli kaynaklardan çıkan yaygın emisyonlardır. Havaya salınan yaygın/kaçak VOC emisyonları, kok fırını bataryalarından kaynaklanırken, yaygın/kaçak amonyak ve BTX emisyonları yan ürün tesislerinden kaynaklanır ve bunların tümü rahatsız edici kokular yaratma potansiyeline sahiptir. Kok fırını tesislerinde ve kok fırını gazının yakıt olarak kullanıldığı diğer tesislerde toz ve SO₂ emisyonları sorun teşkil eder. Bu nedenle, kok fırını gazının kükürt giderme işlemi, bu emisyonları en aza indirmek için yüksek önceliğe sahip bir önlemdir. Atık su bertarafı, kok fırını tesisleri için bir diğer önemli sorundur. Kok gazının optimize edilmiş yönetimi ve entegre tesislerin diğer proseslerinde kullanımı enerji tasarrufu sağlar ve havaya salınan emisyonları en aza indirir.

- Yüksek fırın tesisleri

Demir içeren malzemelerden sıcak metal üretmek için yüksek fırın prosesinin kullanıldığı tüm ortamlarda önemli emisyonlar meydana gelir. İndirgeyici maddelerin (esas olarak kok ve kömür) yüksek miktarda kullanılması nedeniyle, bu proses entegre bir çelik fabrikasının genel enerji girdisinin çoğunu tüketir. Tüm ortamlara emisyonlar salınır ve bunlar ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Başlıca çevre sorunları toz, yüksek fırın gaz yıkamasından kaynaklanan atık su, rahatsız edici kokulara, toza ve çamura yol açabilen SO₂ ve H₂S gibi cüruf arıtmadan kaynaklanan emisyonlar ve son olarak enerji tüketiminin en aza indirilmesidir.

- Bazık oksijen fırını tesisleri

Birincil ve ikincil tozsuzlaştırma, sıcak metal ön işleme ve ikincil çelik üretimi gibi çeşitli kaynaklardan havaya salınan emisyonlar ve çeşitli katı proses artıkları, oksijenli çelik üretimindeki ana çevresel sorunlardır. Ayrıca, ıslak toz giderme (uygulanıyorsa) ve sürekli dökümden atık su ortaya çıkar. İkincil emisyon toplama sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda oluşan yaygın toz emisyonlarına özel dikkat gösterilmelidir.

- Elektrik arklı fırın tesisleri

Demir içeren malzemelerin (çoğunlukla hurda) doğrudan eritilmesi genellikle, önemli miktarda elektrik enerjisi gerektiren ve önemli miktarlarda havaya salınan emisyonlara ve atıklar ve yan ürünler (çoğunlukla filtre tozu ve cüruf) gibi katı proses kalıntılarının neden olan elektrik ark fırınlarında gerçekleştirilir. Fırından havaya salınan emisyonlar, çok çeşitli inorganik bileşiklerden (demir oksit tozu ve ağır metaller) ve kalıcı organik kirleticiler (örneğin PCB ve PCDD/F) gibi organik bileşiklerden oluşur.

Enerji tüketimi

Demir ve çelik üretiminde enerji tüketimi oldukça fazladır. Enerji tüketildiğinde sera gazı olarak CO₂ üretilir. Demir ve çelik proseslerinde pek çok CO₂ emisyon noktası vardır ve bunlar üç ana faktörle ilişkilidir: a) Gerekli kimyasal reaksiyonları ve fiziksel işlemleri gerçekleştirmek için yeterli sıcaklığın sağlanması, b) demir oksidi indirgemek için sisteme bir indirgeyici (esas olarak CO) sağlanması ve c) çelik fabrikasının çalışması için gerekli gücün ve buharın sağlanması.

Avrupa'da elektrik ark fırınlarında çelik üretimi için özgül enerji tüketimi ortalama olarak yaklaşık 1,8 GJ/t sıvı çeliktir. Enerji arzının verimliliği göz önüne alındığında, birincil enerji tüketimi oldukça yüksek olacaktır. Ayrıca, ortalama olarak yaklaşık 0,5 GJ/t sıvı çelik düzeyinde fosil yakıt girdisi vardır (Tablo 8.1'e göre).

Enerji tüketildiğinde ortaya çıkan CO₂ bir sera gazı (SG) olduğu için, enerji tasarrufu amaç olarak büyük bir değişikliğe uğrayarak artık küresel ölçekte bir çevre sorunu olan küresel ısınma sorununun çözümünün bir parçası haline gelmiştir.

IPCC İklim Değişikliği Sentez Raporu 2007'de belirtildiği gibi, iklim değişikliğini hafifletme politikaları için tek bir seçenek yoktur. Çözüm daha çok, atmosferik sera gazı konsantrasyonlarının dengelenmesi için bir dizi hafifletici seçeneği içerir [40, IPCC 2007].

Demir ve çelik üretimi ile ilgili olarak, CO₂ emisyonları büyük ölçüde yüksek fırında kullanılan indirgeyici maddelerin (örneğin kok, kömür ve yakıt yağı) türlerine ve miktarlarına bağlıdır (bkz. Bölüm 6.1.3.1 ve 6.2.2.4). Bu nedenle çelik endüstrisi, genel olarak enerji tüketimini ve özel olarak CO₂ gibi sera gazı emisyonlarını azaltmak için aktif olarak çeşitli önlemler almaktadır. İndirgeyici madde gereksinimini stokiyometrik minimum gereksinime yakın olarak azaltmak için yoğun çaba sarf edilmektedir (bkz. Bölüm 6.3). 1980'den beri modern entegre çelik fabrikaları için özgül enerji gereksinimi azalarak 23 GJ/t sıvı çelikten 2004 yılında yaklaşık 18 GJ/t sıvı çelik düzeyine inmiştir [35, Dr. Luengen, H.B. 2005].

Çelik üretim proseslerinde enerji tasarrufu ekipmanları kullanılmaya başlanarak ve enerji santralleri gibi enerji dönüştürme tesislerinin verimliliği iyileştirilerek enerji tüketimi sürekli olarak azaltılmıştır. Enerji tasarrufu ekipmanları, atık enerji geri kazanım ekipmanlarını içerir. Diğer bir önlem, bir toplam enerji yönetim sisteminin uygulanmasıyla enerji tüketiminin ve maliyetlerinin optimize edilmesidir. Bu önlemlerin tümü bu belgede ele alınmaktadır.

Doğrudan indirgeme (Dİ), belirli bir dereceye kadar CO₂ emisyonlarını azaltmak için bir seçenek olabilir (bkz. Bölüm 10.1).

Ayrıca, enerji tasarrufu ve verimlilik iyileştirmelerinin dışında, bu belgede de ele alınan CO₂'yi yakalamaya ve depolamaya yönelik karbondioksit azaltma projeleri geliştirilmektedir (bkz. Bölüm 11.1.1 ve 11.1.2)

Diğer sorunlar

Bu belgede ele alınan diğer ilgili sorunlar, belirli prosesler için oldukça önemli olabilen koku ve gürültü emisyonlarından kaynaklanan rahatsızlıklardır.

Bu belgenin kapsamında yer almayan demir-çelik endüstrisiyle ilgili sorunlar, yerel toprak kirliliği ve yer altı suyu kirliliğidir.

Tablo 1.8 ile Tablo 1.10 arasındaki tablolarda, demir ve çelik üretim proseslerinin farklı bölümlerindeki emisyonlara ilişkin ayrıntılı bir genel bakış sunulmaktadır.

Tablo 1.8: Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel salım yollarını gösteren ilk tablo

	Ham madde idaresi	Sinter tesisi: Baca gazı	Sinter tesisi: İkincil emisyonlar	Pelet tesisleri	Kömür tozlaştırma	Yüksek fırın sobaları	Depo	Yüksek fırın birincil gaz temizleme	Döküm holü	Kükürt giderme	BOF: Üfleme (birincil emisyonlar)	BOF: Yükleme/döküm akıtma (ikincil emisyonlar)	EAF: Yükleme	EAF: Ergitme ve arındırma	EAF: Çelik ve cüruf akıtma
Kükürt oksitler		A		A		A			A	A	A		A	A	
Azot oksitler		A		A		A							A	A	
Karbondioksit		A		A		A		A		A	A	A	A	A	
Karbonmonoksit		A		A		A		A		A	A		A	A	
Hidrojen klorür		A		A								A	A		
Hidrojen florür		A		A										A	
Hidrojen sülfür								A							
Amonyak								w							
Demir oksitler	Aw	A	A	A			A	A	A	A	A	A	A	A	A
Alkali metaller		A	A	A				A	A	AL	A	A			
Toprak alkali metaller		A	A	A			A	A	A	AL	A	A			
Metal oksit partikülleri	Aw	A	A	A			A	A	A	A	A	A			
Metalik olmayan partiküller	Aw	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A			
Metalik demir												A			
İnorganik florürler			A	A				A			A	A			
Hidrojen siyanür								w							
Kadmiyum ve kadmiyum oksit	W	A		A				A			A	A	A	A	
Çinko, kurşun ve oksitleri	w	A		A				A			A	A	A	A	
Diğer metaller ve oksitleri	Aw		A	A									A	A	A
Fosfor bileşikleri								wl			Awl				
Kükürt										l	A				
Karbon								A				A			
Diğer inorganik kimyasallar	A W												A	A	
Yağlar ve gresler	w														
Cüruf								Ll			Ll			Ll	Ll
Çamurlar								wLl		Ll	wLl				
Refrakter atığı	Aw														
PCDD/F		A		a								A	A	A	
PAH		A												A	
PCB		A												A	
Uçucu organik bileşikler		A		a				A				A		A	
Not: — Ana kirlenici maddeler: A = Havaya salım W = Suyu salım L = Karaya salım — Diğer maddeler: a = Havaya salım w = Suyu salım l = Karaya salım — Bileşik için ayrı bir atıf yapılan durumlar haricinde maddeler kendi bileşiklerini de içerir. Havaya salınan emisyonlar, kullanılan azaltma tekniğine bağlı olarak karaya veya suya da salınabilir (örneğin toplanan tozlar, çamurlar veya işlem sıvıları yoluyla).															

Tablo 1.9: Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel salım yollarını gösteren ikinci tablo

KAYNAKLAR SALIMLAR 	EAF: Fırın ve pota astarı onarımları	Alaşımama	Pota işleme	Potalar arası aktarım ve yeniden	Gaz giderme	Karbon giderme	Elektro-çüruf ergitme	Vakum endüksiyonlu	Endüksiyonlu ergitme	Demir alaşımı tozları	Sürekli döküm	Külçe döküm	Yüzey temizleme	Çüruf işleme	Pota dibi yakma
Kükürt oksitler		A	A						A					A	
Azot oksitler			A						A						
Karbondiyoksit			A	A		A			A				A		
Karbonmonoksit			A	A		A			A						
Hidrojen klorür															
Hidrojen florür			A				A								
Hidrojen sülfür														A	
Amonyak															
Demir oksitler	Al	A	A	A		A	I		A		AwI	Al	AwI	wI	Al
Alkali metaller														wL	AL
Toprak alkali metaller														wL	AL
Metal oksit partikülleri											AwI	Al	AwI	wI	Al
Metallik olmayan partiküller														wI	
Metallik demir	Al									A				wI	
İnorganik florürler	Al	A													
Hidrojen siyanür	ALl	A													
Kadmiyum ve kadmiyum oksit					Wl	A	I								
Çinko, kurşun ve oksitleri					wI	A	I				AwI	Al	AwI		Al
Diğer metaller ve oksitleri			A	A	wLI	A	LI			A	AwI		AwI		ALl
Fosfor bileşikleri			A												
Kükürt														wI	
Karbon															
Diğer inorganik kimyasallar	Al	ALl	A												
Yağlar ve gresler											w				
Çüruf atığı	Al		LI	ALl	I	LI		LI	LI		LI	LI		LI	LI
Çamurlar													wI		
Refrakter atığı	ALl				I	LI	LI	LI	LI		LI	LI		LI	
PCDD/F															
Uçucu organik bileşikler															

Not: — Ana kirlenici maddeler: A = Havaya salım
W = Suyu salım L = Karaya salım
— Diğer maddeler: a = Havaya salım
w = Suyu salım I = Karaya salım
— Bileşik için ayrı bir atıf yapılan durumlar haricinde maddeler kendi bileşiklerini de içerir. Havaya salınan emisyonlar, kullanımları azaltma tekniğine bağlı olarak karaya veya suya da salınabilir (örneğin toplanan tozlar, çamurlar veya işlem sıvıları yoluyla).

Tablo 1.10: Kurallara tabi maddeler ve çevreye zarar verebilecek diğer maddeler için potansiyel emisyon salımlarını gösteren üçüncü tablo

KAYNAKLAR → SALIMLAR ↓	Yükleme emisyonları	Üst sızıntı	Kapı sızıntısı	İtme emisyonları	Kok fırını baca gazı (batarya bacası)	Acil havalandırma	Acil alevleme	Amonyak yakma fırını artık gazı	Çıkış suyu arıtma deşarjı	Çıkış suyu arıtma çamuru	Kükürt ve yıkayıcı işlem sıvısı giderimi ve kükürtsüzleştirme	Dekantörler ve depolama tankı
Partiküller	A	A	A	A	A	A	A	A				
Kükürt dioksit				A	A		A	A				
Hidrojen sülfür		A	A	A		A						A
Azot oksitler				A	A		A	A				
BTX		A	A	A		A					A	A
PAH	a	a	A	A		A						a
VOC	A	A	A	A	a						A	A
Fenoller		A	A	A		A					A	A
Metan	A	A	A	A		A						A
Karbonmonoksit	A	A	A	A	A	A						
Katran dumanı		A	A	A		A	A	A				
Hidrojen siyanür		A	A	A		A						A
Askıda katı maddeler									w			
Amonyak	A	A	A	A		A			w			
Siyanür									w			
SCN									w			
Metaller									W	l	l	
Kükürt											l	
Not: — Ana kirlenici maddeler: A = Havaya salım W = Suyu salım L = Karaya salım — Diğer maddeler: a = Havaya salım w = Suyu salım l = Karaya salım — Bileşik için ayrı bir atıf yapılan durumlar haricinde maddeler kendi bileşiklerini de içerir. Havaya salınan emisyonlar, kullanılan azaltma tekniğine bağlı olarak karaya veya suya da salınabilir (örneğin toplanan tozlar, çamurlar veya işlem sıvıları yoluyla). Kaynak: [240, UKEA 2004] Eklemeler: [110, Brouhon 2008] [318, Eurofer 2007].												

Bölüm 13.5 Ek V'teki Tablo 13.4, demir-çelik sektöründe ilgili çevresel verilerin derlenmesine yönelik bir şablon örneğidir.

2 GENEL PROSES VE TEKNİKLER

Şekil 1.6'da verilen proseslere genel bakış, entegre bir çelik fabrikasının çeşitli üretim birimlerini göstermektedir. Üretim birimleri, hem ürün akışları hem de kalıntıların (hadde tufali, filtre tozları, YF gazı veya BOF gazının yıkanmasından kaynaklanan çamurlar, vb.), suyun (çeşitli atık su akışlarının ortak arıtımı, soğutma suyunun kademeli kullanımı) ve enerjinin (KFG, YF gazı, BOF gazı, YF üst basınç türbinlerinden veya BOF prosesinden çıkan buhar vb.) dahili akışları açısından birbirine bağlıdır. Bu karşılıklı bağımlılıklar, hem emisyonları en aza indirmek hem de verimliliği optimize etmek ve maliyetleri azaltmak için uygulanmaktadır.

Enerji, yan ürünler/kalıntılar, hava ve su açısından farklı üretim proseslerinden/birimlerinden kaynaklanan bu karşılıklı bağımlılık konuları bu bölümde ele alınmaktadır.

2.1 Çelik üretim endüstrisinde enerji yönetimi

[241, Polonya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [281, Eurofer 2007] [375, IISI 1998]

İlgili enerji konuları, proseslere özel her bölümde ele alınmıştır (Bölüm 3 – 8). Ancak bu bölümde, entegre bir çelik fabrikasında farklı prosesler arasındaki karşılıklı enerji bağımlılıkları gösterilmektedir.

2.1.1 Entegre çelik fabrikalarında enerji akışı ve proses gazı kullanımı

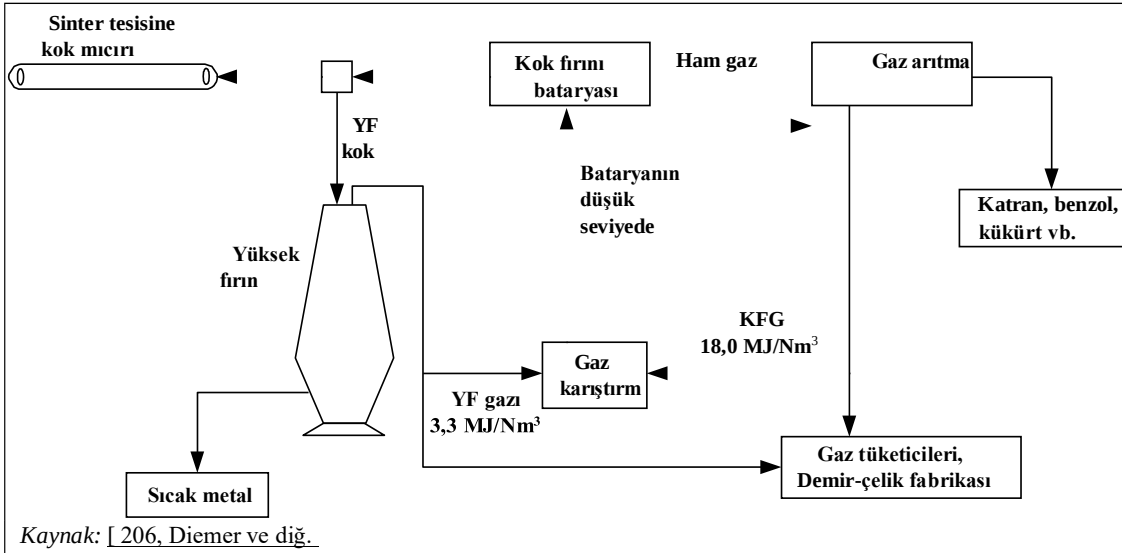
Entegre bir çelik fabrikasında karşılıklı enerji bağımlılıkları karmaşık bir yapıya sahip olabilir. Şekil 2.2, entegre bir çelik fabrikasının dahili enerji akışıyla birlikte farklı enerji türlerinin ve indirgeyici maddelerin girdi ve çıktı akışlarının bir örneğini göstermektedir.

Ağırlıklı olarak kullanılan girdiler kömür, ağır yakıt ve harici bir kaynaktan satın alınan kok kömürüdür. Bu girdiler esas olarak kok fırını tesisinde kok üretimi için ve yüksek fırında indirgeyici maddeler olarak kullanılır. Yüksek fırına tüyer seviyesinde enjekte edilen kömür, kömür katranı veya yakıt yağı gibi alternatif indirgeyici maddelerin yüksek fırında kullanılması yaygındır. Kullanılmış yağlar, katı yağlar, çeşitli gazlar (örneğin kok fırını gazı) ve atık plastikler gibi diğer hidrokarbonlar da enjekte edilebilir (bkz. Bölüm 6.3.12).

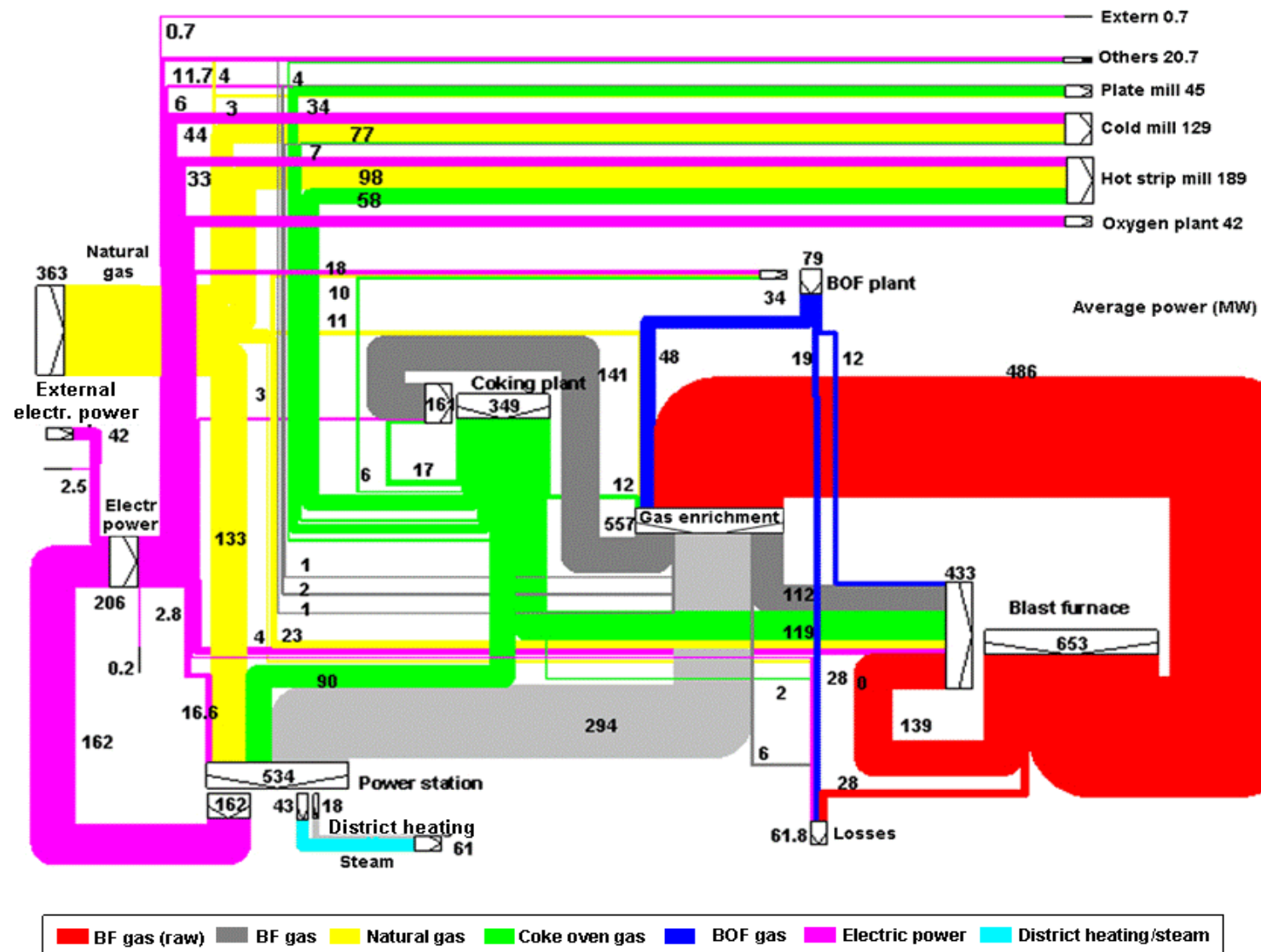
Farklı gazların kalitesi (ısıtıcı değer ve temizlik) ve miktarı önemli ölçüde farklılık gösterir ve bu faktörler, yakıtların nerede yararlı bir şekilde kullanılabileceğini etkiler. Enerji verimliliğini optimize etmek için her yakıt gazının en uygun tesiste tüketilmesi gerekir.

Çelik endüstrisinde enerji yönetiminin birincil amacı, proses gazlarının ve satın alınan yakıtların verimli bir şekilde dağıtılması ve kullanılmasıdır. İyi bir tesis düzeni bunu daha kolay hale getirebilir.

Kok fırını gazı (KFG), yüksek fırın gazı (YF gazı) ve bazik oksijen fırını gazı (BOF gazı) entegre bir çelik fabrikasındaki enerji sisteminin temelini oluşturur. Enerji talebinin çoğu bu gazlardan karşılanırken, kalan kısım satın alınan enerji (normalde elektrik enerjisi ve doğal gaz) ile dengelenmelidir. Bu hususlar Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Entegre sinter, kok ve sıcak metal üretiminde tipik gaz kullanımının akış şeması



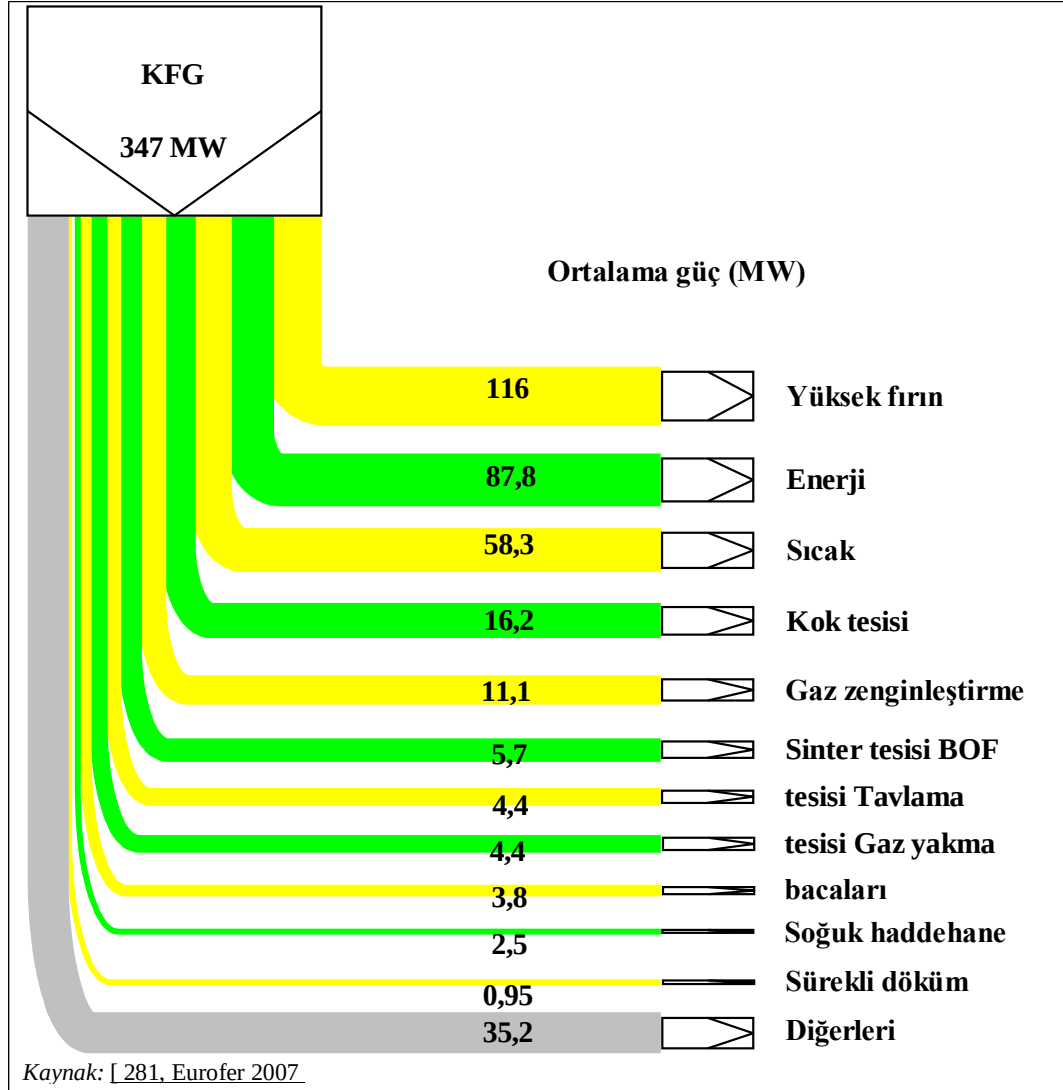
Kaynak: [281, Eurofer 2007]

Şekil 2.2: Entegre bir çelik fabrikasındaki enerji akışı örneği

Entegre çelik fabrikalarında kullanılan yakıtlar

Kok fırını gazı (KFG)

Karbonlama (koklaştırma) sırasında oluşan KFG, yakıt gazı olarak kullanılmadan önce genellikle temizlenir. Bu temizlik, katran, naftalin, hafif yağ, kükürt içeren bileşiklerin giderilmesini ve amonyağın giderilmesini veya parçalanmasını (hidrojene) içerir. Şekil 2.3'te gösterildiği gibi, entegre çelik fabrikalarında KFG kullanmak için birkaç seçenek vardır. Tüm proses gazları arasında en yüksek ısı değere sahip olduğu için, genellikle yüksek fırın sobalarında ve sıcak şerit haddehanesinin yeniden ısıtma fırınlarında ve diğer yüksek sıcaklıklı proseslerde diğer proses gazlarının ısıl değerini artırmak için veya kok fırınlarının düşük seviyede çalıştırılması için kullanılır. Fazla KFG, yüksek fırında alternatif bir indirgeme maddesi olarak (bkz. Bölüm 6.3.12.3) ve aynı zamanda enerji santrallerinde de kullanılabilir. Entegre bir çelik fabrikasında KFG kullanımına ilişkin örnekler Şekil 2.3'te gösterilmektedir.

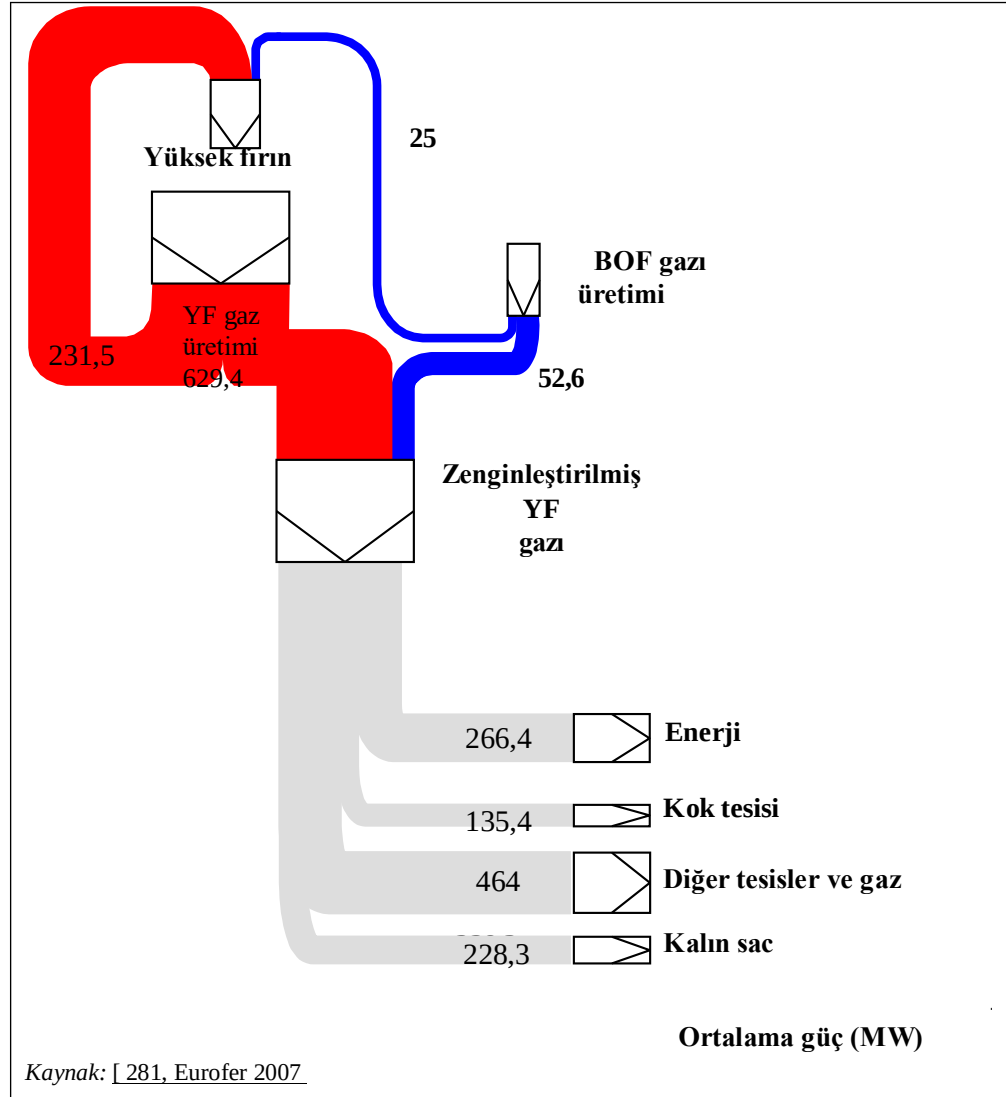


Şekil 2.3: Entegre bir çelik fabrikasında kok fırını gazının kullanımına örnek

Yüksek fırın ve bazik oksijen fırını gazları (YF gazı ve BOF gazı)

Yüksek fırın gazı, ısı değeri ve alev sıcaklığı en düşük olan gazdır. Sonuç olarak, yüksek fırının kendisi (yüksek fırın sobaları) ve kok fırını tesisi (düşük seviyede çalıştırma) gibi düşük sıcaklıklı proseslerin gerçekleştirildiği yerlerde en uygun şekilde kullanılır. Yüksek fırının sobaları sadece YF gazıyla ısıtılabilir. Kalan YF gazı, elektrik enerjisi ve proses buharı üretmek için enerji santralinde kullanılabilir. BOF gazı, YF gazının ısıl değerini artırmak için

zenginleştirme gazı olarak kullanılabilir. Hem YF hem de BOF gazlarının akışlarına bir örnek Şekil 2.4'te sunulmuştur.



Şekil 2.4: Entegre bir çelik fabrikasında YF ve BOF gaz akışı örneği

BOF prosesi sırasında üretilen gaz esas olarak karbonmonoksitten oluşur. Gaz, temizleme tesisinde temizlenir veya yıkanır. Gaz temizlendikten sonra BOF gazı geri kazanım tesisine verilir. Tesis, bir soğutma istasyonu, dengeleme tankı ve gaz pompalama istasyonundan oluşmaktadır. BOF gazı YF gazı ile karıştırıldıktan sonra haddehanede veya kombine ısı ve güç (KIG) tesislerinde yakılır.

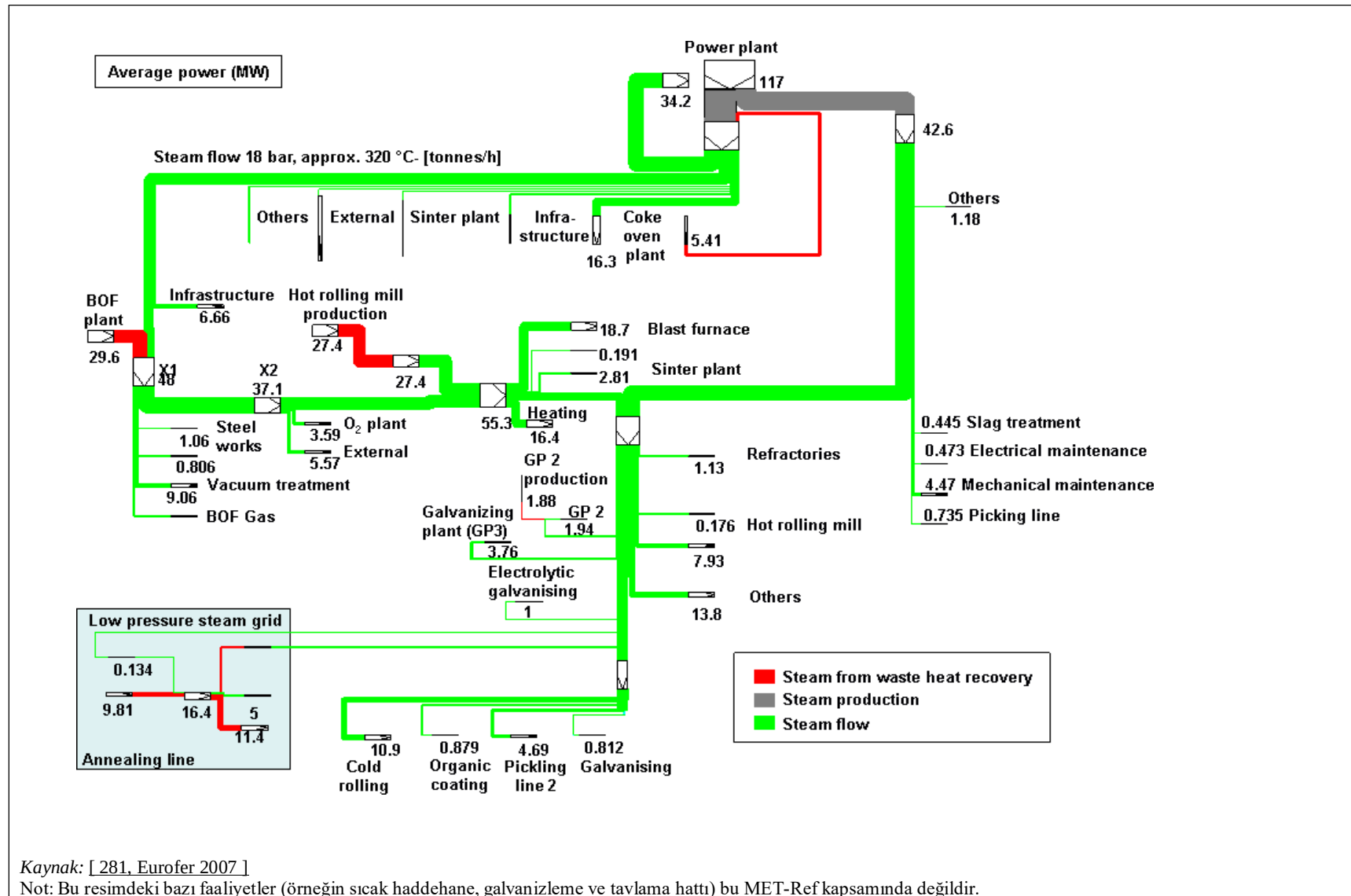
2.1.2 Entegre çelik fabrikalarında buhar ve ısı yönetimi

Entegre bir çelik fabrikasında ısıtma amaçlı olarak buhara ihtiyaç vardır. Bunun dışında, belirli prosesler için buhara ihtiyaç vardır. En önemli proses buharı tüketicileri, yüksek fırın işlemleri, koklaştırma tesisi (örneğin gaz tahliyesi için buhar türbini) ve çelik tesisinde vakum işlemidir. Galvanizleme ve tavlama tesislerinde temizleme prosesleri ve dekapaj tesislerinde ön arıtma gibi bu belgede ele alınmayan diğer faaliyetler de buhar tüketir.

Uygun ve uygulanabilir olduğunda, buhar gereksiniminin çoğunu ısı geri kazanımı ile karşılamak mümkün olmalıdır. Koklaştırma tesisinde gaz arıtımı (örneğin sülfürik asit tesisi) ve BOF tesisinde atık ısı kazanları ile birlikte bastırılmış yakma sistemleri gibi birçok kaynak vardır. Sıcak haddeleme (örneğin yürüyen kırıli fırınlarda buharlaşmalı kızak soğutma, itmeli tip fırınlarda kazanlar) ve yeniden ısıtma fırınlarının kullanımı (örneğin sürekli tavlama hattı, sürekli galvanizleme) gibi diğer faaliyetler bu belgede yer almasa da buhar üretilebilecek faaliyetlerdir. Isı ideal olarak mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklık ve basınçta buhar olarak geri kazanılmalıdır. Geri kazanılan atık ısı miktarı esasen sürekli buhar gereksinimine bağlıdır. Bazı durumlarda, atık ısının bölgesel ısıtma şebekelerine iletilmesi, geri kazanılan atık ısı miktarı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Uygun bir buhar beslemesi sağlamak için, örneğin tesisler bakım için kapalıyken buhar gereksinimini karşılamak üzere buhar üretimi için yedek bir sisteme sahip olunması gerekir. Bu rolü yerine getirmek ve ayrıca buhar şebekesindeki basıncı kontrol etmek için genellikle enerji santrali kullanılabilir.

Tesisin ofis ve kullanım alanlarının ısıtılması ayrı bir ısıtma sistemine gerek kalmadan buhar şebekesiyle ile sağlanabilmektedir. Entegre bir çelik fabrikasında buhar üretimi ve endüstriyel atık ısı kullanımı örneği Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Entegre bir çelik fabrikasında buhar üretimi ve endüstriyel atık ısı kullanımı örneği

2.1.3 EAF ile çelik üretiminde enerji akışı

EAF ile çelik üretim tesislerinde, soğutma sistemlerine benzer şekilde ısı geri kazanımı uygulanabilir. Mevcut sistemlerin uygunluğuna ve talebe bağlı olarak bu enerji, dahili veya lokal harici ısıtma amaçlı kullanılabilir. Daha fazla bilgi Endüstriyel Soğutma Sistemlerine dair MET-Ref'de (ICS) bulunabilir [41, Avrupa Komisyonu 2001].

2.2 Demir-çelik fabrikalarındaki enerji santralleri

Büyük Yakma Tesislerine ilişkin MET-Ref'ye (LCP) atıfta bulunulmalıdır [282, EC 2006]. LCP'ye dair MET-Ref, büyük yakma tesislerinde doğal gaz gibi ticari yakıtlar kullanılırken uygulanan teknikler ve azaltma önlemleriyle ilgili kapsamlı bilgiler içerir.

Enerji santralleri (Şekil 2.6'da, entegre bir çelik fabrikasının tipik bir enerji santrali gösterilmektedir), fazla proses gazlarını tükettikleri ve tüm önemli prosesler için gerekli buhar ve gücü sağladıkları için entegre bir çelik fabrikasında önemli bir rol oynarlar. Bu yakıtlar (YF gazı, KFG ve BOF gazı) elbette entegre fabrikaların diğer alanlarında da kullanılır ve çoğu entegre çelik fabrikası, bu yakıtları tamamlayıcı olarak ayrıca satın alınan yakıtları (örneğin yağ ve doğal gaz) enerji santralinde kullanır.

Santralde hem düşük hem de yüksek ısı değere sahip gazlar kullanılabilir. Bir tesisin enerji durumuna bağlı olarak, enerji santrali elektrik enerjisi, buhar ve/veya bölgesel ısı üretecek şekilde kurulabilir. Uygun ve uygulanabilir olduğunda, tepe gazı geri kazanım türbini bulunan yüksek fırın tesisinde ilaveten elektrik enerjisi üretilir (bkz. Bölüm 6.3.13).



Kaynak: [281, Eurofer 2007]

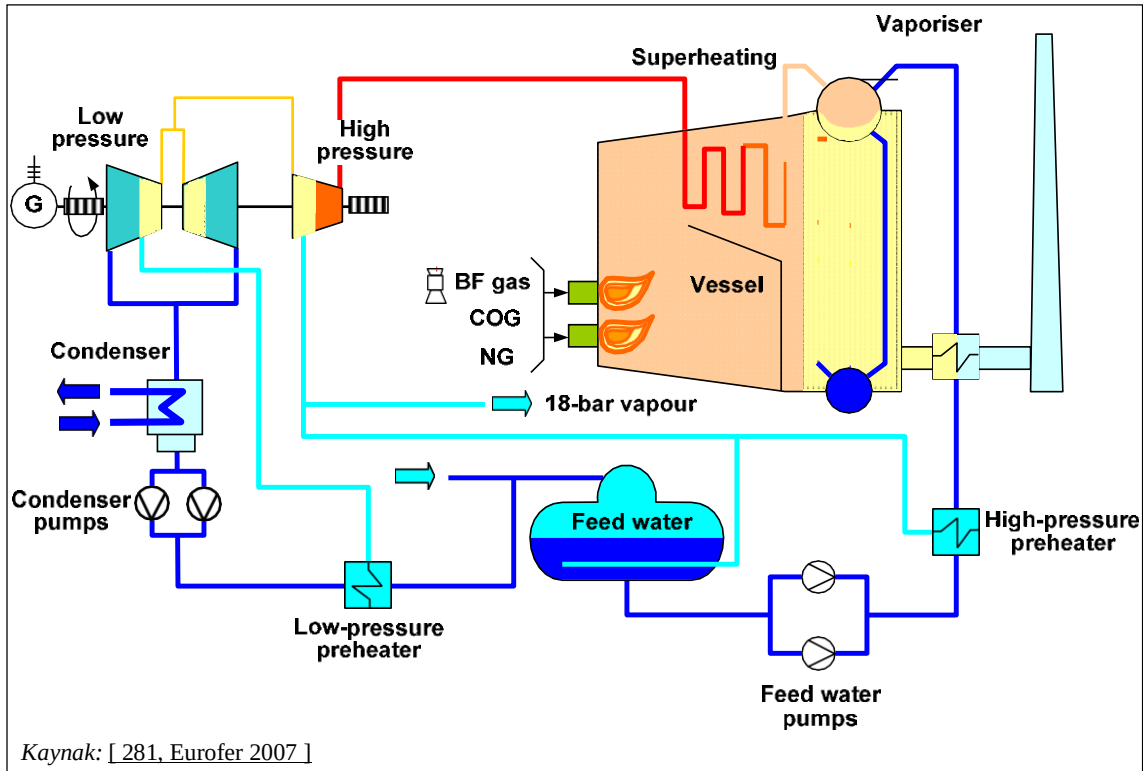
Şekil 2.6: Entegre bir çelik fabrikasındaki bir elektrik santralinin görünümü

2.2.1.1 Uygulanan proses ve teknikler

Yukarıda belirtilen kısıtlamalar dahilinde, entegre bir çelik fabrikasında demir ve çelik tesislerinden çıkan proses gazlarının bir enerji santralinde verimli kullanımı genellikle gaz yakıtlı kazanlarda veya gaz türbinlerinde (kombine çevrim gaz türbinlerinde) gerçekleştirilir.

Gaz yakıtlı kazan

Şekil 2.7'de, bir çelik fabrikasında bir buhar türbinine sahip tipik bir gaz yakıtlı kazan/jeneratör düzenlemesi gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Bir kazan/jeneratör düzenlemesi (40 MWe)

Nispeten basit olan bu düzenleme, yüksek düzeyde kullanılabilirlik sağlayabilir ve düşük ısıl değere (ID) sahip proses gazlarını (esas olarak YF gazı) kullanmak üzere tasarlanmıştır. Aynı ısıl girdi için, örneğin doğal gazla kıyasla bu düşük ısıl değere sahip gazdan daha yüksek bir miktarda kullanılmalıdır ve sonuç olarak atık gazın miktarı da daha yüksek olacaktır. Ayrıca, KFG kullanımı daha yüksek bir atık gaz sıcaklığına neden olur. Böyle bir kombinasyonun enerji verimliliği, ticari bir enerji santraline kıyasla yaklaşık %15 – 20 daha düşüktür. Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de, düşük ısıl değere sahip bir gaz kullanıldığında verimlilik değerlerinin örnekleri gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Düşük ısıl değerli gaz kullanıldığında gaz yakıtlı kazanların verimliliği

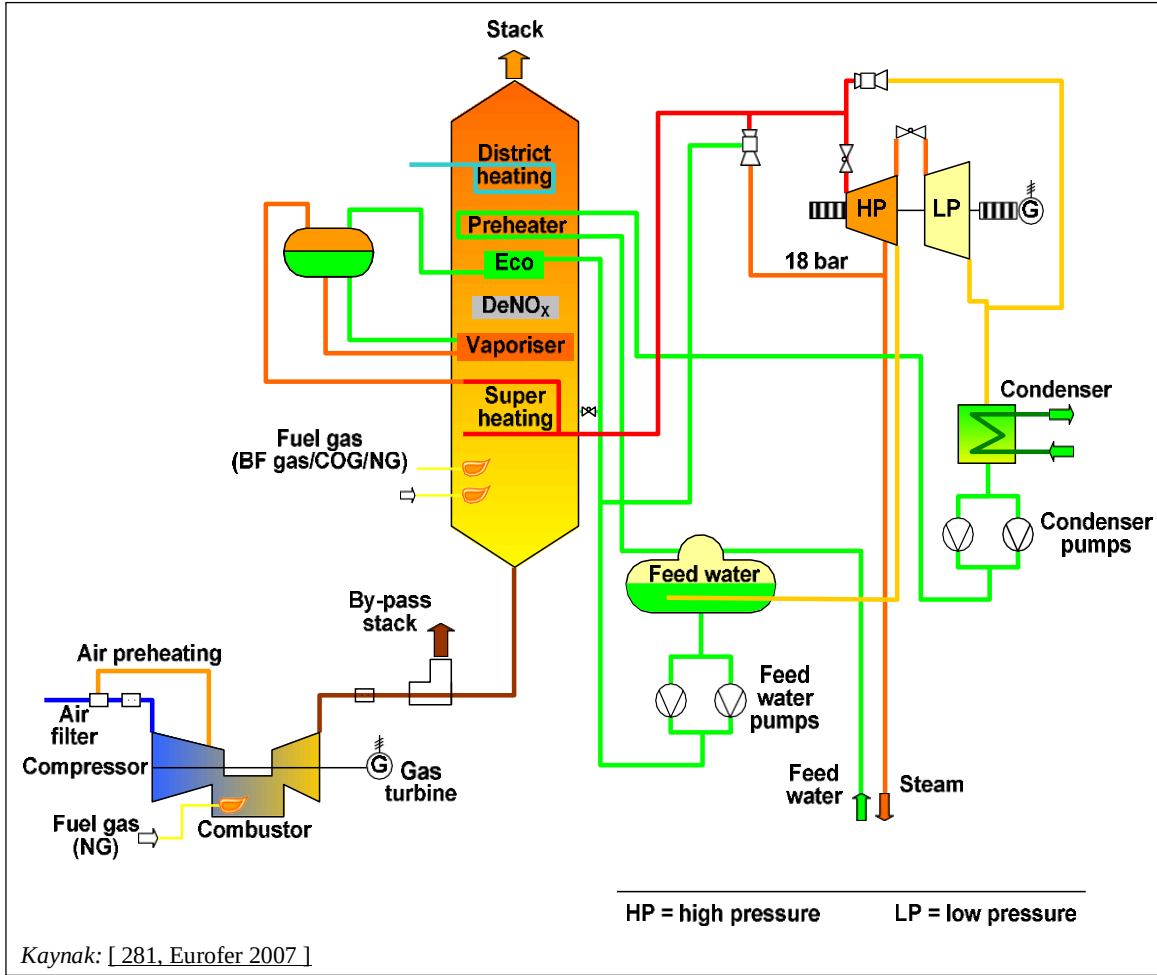
Tesis türü	Elektrik verimliliği (%)		Yakıt kullanımı (%)
	Mevcut tesis	Yeni tesis	Yeni ve mevcut tesisler
Gaz yakıtlı kazan	24 – 41	34 – 44 ⁽¹⁾ 34 – 42 ⁽²⁾	54 – 56 ⁽²⁾
(1) Ağırlıklı olarak doğal gazla çalışan santrallerde ve sadece elektrik üretiminde daha yüksek elektrik verimliliği değerleri gözlemlenmektedir. (2) Ek ısı üretimi (40 MW) ile elektrik verimliliği için üst değer yaklaşık %42’ye iner. Bu durumda, yakıt kullanımı yaklaşık %54 – 56’dır.			
Kaynak: [281, Eurofer 2007]			

Proses gazlarının kullanıldığı enerji santrallerinin çoğu, "kojenerasyon" olarak da adlandırılan kombine ısı ve güç (KIG) modunda çalıştırılır. Bu, aynı anda hem elektrik hem de faydalı ısı üretmek için bir ısı motorunun veya bir elektrik santralinin kullanımıdır. Genel yakıt verimliliği, endüstriyel prosesler ve/veya bölgesel ısıtma için elektrik üreterek ve ısıyı ayırarak optimize edilebilir. Entegre çelik fabrikalarının çoğunda ısı fazlası olduğundan, genellikle fabrika içi gereksinim yoktur. Ayrılan ısıyı kullanacak özel veya ticari tüketici yoksa elektrik enerjisi miktarını en üst düzeye çıkarmak amacıyla fazla gazları yakmak için enerji santralleri çalıştırılır.

Tablo 2.2: Demir-çelik fabrikalarında düşük ısı değerli gaz kullanıldığında kombine çevrim gaz türbininin verimliliği

Tesis türü	Elektrik verimliliği (%)		Yakıt kullanımı (%)
	Mevcut tesis	Yeni tesis	Yeni ve mevcut tesisler
KÇGT			
Sadece elektrik için kombine çevrim	Veri sağlanmamıştır	Veri sağlanmamıştır	Veri sağlanmamıştır
KIG modunda kombine çevrim	46 ⁽¹⁾	Veri sağlanmamıştır	45 – 55 60 ⁽²⁾
(1) Maksimum aralıkta elektrik üretilirse. (2) Maksimum aralıkta buhar üretilirse. Kaynak: [281, Eurofer 2007]			

Şekil 2.9’da, KIG modunda kombine çevrimde çalıştırılan, ısı geri kazanım kazanına ve ek ateşlemeye sahip bir gaz türbini gösterilmektedir. Bu konfigürasyonda %46’lık bir elektrik verimi elde edilebilir.



Şekil 2.9: Kombine ısı ve güç modunda kombine çevrimde bir gaz türbini (38 MWe) ve buhar türbini (30 MWe) örneği

2.2.1.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyesi

Entegre bir çelik fabrikası enerji santralının genel üretim verimliliği, ticari bir enerji santraline kıyasla daha düşüktür ve emisyon özellikleri (örn. SO_x , NO_x ve partiküllerle ilgili olarak) önemli ölçüde farklıdır. YF/BOF gazı ve/veya KFG yakılan entegre çelik fabrikalarındaki enerji santrallerinin çalışması, tüm tesisin üretimine bağlıdır. Bunları, enerji çıktısı açısından optimize edilmiş ticari büyük yakma tesisleri ile karşılaştırırken, yakıt girdisinin miktarlarındaki ve bileşimlerindeki farklılıklar dikkate alınmalıdır.

2.2.1.2.1 Havaya salınan emisyonlar

Tablo 2.3'te, Avrupa'daki entegre çelik fabrikalarında işletilen 20'den fazla enerji santralinde elde edilen emisyon seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Demir-çelik fabrikalarından çıkan proses gazlarını kullanırken gaz yakıtlı kazanlar ve türbinler için elde edilen emisyon değerleri

mg/Nm ³	Yıllık Ortalamalar			
	NO _x	SO ₂	CO	Toz
Ortalama	87,9	97,7	7,7	6,4
Maks.	190	305	33	31
Min.	14	1,1	0,8	0,8
Kaynak: [220, Eurofer 2008].				

2.2.1.2.1.1 Toz emisyonlarının azaltılması

YF gazı ve BOF gazı gibi yakıt gazları genellikle uygulanmadan önce tozdan arındırılır. KFG bir yan ürün tesisinde artırılır ve toz içeriği de azaltılır. Kükürt gibi toz öncülleri azaltılır. Yanma sonrasında egzoz gazındaki kalıntı toz içeriği nispeten düşüktür. Ek bir azaltma tekniği olmaksızın kazanlar için %3 O₂ ve türbinler için %15'te 0,8 – 31 mg/Nm³lük emisyon konsantrasyonları elde edilir. Yıllık ortalamanın 6,4 mg/Nm³ olduğu bildirilmiştir (bkz. Tablo 2.3).

2.2.1.2.1.2 SO₂ emisyonlarının azaltılması

KFG genellikle, esasen H₂S olarak önemli miktarlarda kükürt içerir. Bu nedenle KFG, yakıt olarak kullanılmadan önce kükürtten arındırılmalıdır. Islak oksidatif kükürt giderme ile kalıntı kükürt içeriği çok verimli bir şekilde azaltılabilir (bkz. Bölüm 5.3.12.4). Yanmadan sonra, egzoz gazında daha fazla azaltma yapılmaz.

Doğalgazın yanmasına kıyasla SO₂ bakımından daha yüksek emisyon değerleri ortaya çıkmaktadır. Avusturya'da proses gazıyla çalıştırılan enerji santrallerindeki emisyon değerleri 66 – 84 mg/Nm³ (yıllık ortalamalar), 120 – 140 mg/Nm³ (yarım saatlik ortalamalar, 93. yüzdelik dilim) veya 120 – 160 mg/Nm³ (yarım saatlik ortalamalar, 97. yüzdelik dilim) aralığındadır. Tüm veriler kazanlar için %3 ve türbinler için %15 O₂ içeriğine dayanmaktadır. Değerler, çalıştırma ve durdurma işlemleri dahil olmak üzere tüm çalışma koşullarını içerir [77, Avusturya TÇG üyesi 2008].

Avrupa'da entegre çelik fabrikalarında işletilen 20'den fazla enerji santrali/kazan tesisi için, yıllık ortalama emisyon değerleri 1 ile yaklaşık 300 mg/Nm³ arasında değişmektedir (bkz. Tablo 2.3).

Tablo 2.4'te, Avusturya'daki beş adet gaz yakıtlı güç üretim ünitesinin egzoz gazındaki bazı SO₂ emisyon konsantrasyonu değerleri gösterilmektedir.

Tablo 2.4: Avusturya'daki proses gazıyla çalışan beş ünitenin SO₂ emisyonları

Cihaz	SO ₂ (mg/Nm ³)		
	2005	2006	2007
Üretim Ünitesi 3 ⁽¹⁾	81	89	103
Üretim Ünitesi 4 ⁽¹⁾	91	112	114
Üretim Ünitesi 5 ⁽¹⁾	89	95	98
Üretim Ünitesi 6 ⁽¹⁾	92	94	78
Bara ⁽¹⁾	89	77	85
Gaz ve buhar türbini ⁽²⁾	13	10	21
(1) O ₂ referans içeriği %3. (2) O ₂ referans içeriği %15. Not: Yıllık ortalamalar. Kaynak: [32, Voestalpine Linz 2008].			

2.2.1.2.1.3 Karbonmonoksit (CO) emisyonlarının azaltılması

CO enerji santralinde neredeyse tamamen yanar ve başka bir önlem alınmadan egzoz gazında çok düşük emisyon değerleri elde edilebilir (bkz. Tablo 2.3).

2.2.1.2.1.4 NO_x emisyonlarının azaltılması

NO_x değeri büyük ölçüde tesisin verimliliğine, yakıtın azot içeriğine ve atık gazdaki ilgili oksijen içeriğine bağlıdır. Tablo 2.5'te, çelik fabrikası proses gazlarının tipik bir bileşimi gösterilmektedir.

Tablo 2.5: Çelikhane proses gazlarının tipik bileşimi

Parametre	Birimler	YF gazı		KFG		BOF gazı
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Ortalama
CO	% hac.	19	27	3,4	5,8	60,9
H ₂	% hac.	1	8	36,1	61,7	4,3
CO ₂	% hac.	16	26	1	5,4	17,2
N ₂	% hac.	44	58	1,5	6	15,5
CH ₄	% hac.			15,7	27	0,1
C _x H _y	% hac.			1,4	2,4	
Alt ısı değeri	kJ/Nm ³	2 600	4 000	9 000	19 000	8 184
Toz içeriği	mg/Nm ³	0	10			
Kükürt toplam	mg/Nm ³		170	100	800	

Yapı mekanizması (genel)

Azot oksit (NO_x), yüksek sıcaklıktaki yanma prosesleri sırasında, yanma havasının bir parçası olan azotun oksidasyonu ve ayrıca yakıt gazının içerdiği azotun oksidasyonu ile meydana gelir. Çoğunlukla azot monoksit (NO) üretilirken, azot dioksit (NO₂) yanmadan sonra ve sadece atık gazda ve atmosferde yeterli oksijen ile oluşur. NO'nun tamamı sonunda NO₂'ye dönüştürüleceğinden, toplam NO_x emisyonları NO₂ (mg/Nm³) cinsinden ölçülür.

Prensip olarak, hem termal hem de yakıtla ilgili NO_x oluşumu, sıcaklık ve konsantrasyona, kalma süresine ve yakıt türüne bağlı olarak ayırt edilebilir. Termal NO_x oluşumu 1300 °C'de başlar ve artan sıcaklıkla birlikte büyük ölçüde artar.

- **YF gazı**

Alev yakan YF gazının nispeten düşük sıcaklığı nedeniyle, genellikle önemli bir termal NO_x oluşumu olmaz. YF gazını yakan yakıt NO_x miktarı azotlu bileşenlere bağlıdır. Yakıt NO_x, herhangi bir indirgeme ölçümü olmaksızın baca gazında günlük ortalama 40 – 90 mg/Nm³ (%3 O₂) düzeyinde emisyonlara yol açar.

- **KFG**

Yakıt NO_x, örneğin KFG'de bulunan amonyak ve organik azotun oksidasyonu sonucu elde edilir. KFG'deki önemli miktarda amonyak ve organik azot nedeniyle, yakıt NO_x üretilir. Daha yüksek ısı değere sahip KFG (ve doğal gaz) yakılarak meydana gelen termal NO_x oluşumu da daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle dikkate değerdir.

Tablo 2.6'da, herhangi bir birincil önlem olmaksızın yakıt gazındaki KFG azot bileşenleri ile enerji santrali egzoz gazındaki NO_x emisyon konsantrasyonu arasındaki bağlantı gösterilmektedir.

Tablo 2.6: Enerji santrallerinde KFG yakmayla ilişkili tipik NO_x emisyon değerleri

Parametre	Min.	Maks.	Birimler
KFG'nin N içeriği	200	800	mg/Nm ³
Yakıt NO _x	90	320	mg/Nm ³
Termal NO _x	150	120	mg/Nm ³
Toplam NO _x	240	440	mg/Nm ³
Not: Günlük ortalamalar. Kaynak: [140, Eurofer 2009].			

Entegre çelik fabrikalarında KFG genellikle, yukarıda belirtilen nedenlerle daha düşük emisyon değerlerine yol açacak olan YF gazı ve BOF gazı ile karıştırılır. KFG, YF gazı ve BOF gazı ile karıştırılarak % 0 – 100 arasında herhangi bir aralıkta kullanılabilir.

2.3 Malzeme yönetimi

[200, Komisyon 2001] [271, Luo 2007] [241, Polonya 2007] [243, Eurofer 2007] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [274, Eurofer ve diğ. 1999] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007]

Entegre çelik fabrikaları, malzeme kullanımı oldukça yoğun olan büyük karmaşık sahalardır. Yılda 3 milyon – 5 milyon ton çelik üreten bir fabrika, 8 milyon – 12 milyon ton cevher, pelet, hurda, kömür, kireç, kalker (bazı durumlarda ağır yağ ve plastikler de) gibi ham madde ve katkı maddeleri, yardımcı maddeler ve yan ürünler ve atıklar gibi proses artıklarını idare edecektir.

Bu malzemeler genellikle kara yolu, demir yolu veya su taşımacılığı yoluyla dökme yük taşıyan araçlarla sahaya aktarılır. Bu malzemeler ve kok ve sinter gibi ara ürünler depo alanlarında veya silolarda depolanır ve genellikle bir taşıma bandı ile ayrı işleme tesislerine taşınır. Şekil 2.10'da entegre bir çelik fabrikasında tipik bir malzeme idare prosesinin akış şeması gösterilmektedir.

Entegre çelik fabrikalarında, malzemelerin iyi organize edilmiş ve sofistike yönetimi için çeşitli gelişmiş teknikler uygulanarak elde edilen yüksek düzeyde kaynak verimliliği gözlemlenir.

Çevre açısından bakıldığında, büyük miktarlarda katı malzemenin depolanması ve taşınması, önemli ölçüde toz emisyonuna neden olabilir. Toz emisyonunun bir kısmı ince toz (PM₁₀) şeklinde olacaktır. Azaltımdan sonra temiz gazdaki PM₁₀ payının %90 ila 99 arasında olduğu noktasal kaynaklardan yapılan salımlarla karşılaştırıldığında, dökme malzeme depolama ve taşımadan kaynaklanan toz emisyonlarındaki PM₁₀ payı genellikle çok daha düşüktür [3, Remus, R. 1998] [83, Ehrlich, C. ve diğ. 2007].

AB'deki (örneğin Almanya, Hollanda, Belçika ve Birleşik Krallık'ta) büyük çelik fabrikalarını çevreleyen mahallelerde PM₁₀ için AB'nin ortam havası kalite standardının karşılanmasında sorunlar mevcuttur. Birleşik Krallık'taki büyük bir entegre demir-çelik fabrikasının sahasındaki PM₁₀ kaynakları incelendiğinde, yerel hava kalitesi seviyelerine katkılar açısından, uzun bacalardan salınan emisyonların önemli katkılar sağlamadığı belirlenmiştir. Buna karşılık, Belçika'daki Flanders entegre fabrikasının çevresinde, düşük seviyeli yaygın kaynakların yaptığı katkının önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, nirengi ve kirlilik gülleri ile birlikte rüzgâr yönü ve gücü izlemesi yapılarak yan yana bulunan çok sayıda hava kalitesi izleme alanı kullanılmıştır [198, Mensink, C. ve diğ. 2007] [199, Mark ve diğ. 2006].

Demir-Çelik Üretimine dair bu MET-Ref'nin ana odak noktası, demir ve çelik yapımında yürütülen temel proses faaliyetleridir. Ancak, bu tür sahalardaki yardımcı operasyonların çevresel olarak önemli toz ve PM₁₀ kaynakları olduğu açıktır ve bu nedenle işletmecilerin bu genellikle kaçak ve yaygın kaynaklardan gerçekleştirilen salımları en aza indirmek için MET'leri kullanması gerekir. Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara İlişkin MET-Ref [283, EC 2006] bu alanların birçoğunu ayrıntılı olarak kapsar ve okuyucunun bu ayrıntılar için bu belgeye başvurması önemle tavsiye edilir.

Bu bölümde, malzemelerin depolanması, taşınması ve aktarılmasından kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılmasına yönelik genel teknikler sunulmaktadır. Entegre çelik fabrikalarında toz ve PM₁₀'un başlıca kaçak ve yaygın ve genellikle düşük seviyeli salım kaynakları şunları içerebilir:

Girdi malzemeleri için

- gemi, mavna, tren veya kamyon boşaltma
- konveyörler
- stoklar
- harmanlama ve yük hazırlama
- taşıma

- saha genelindeki yollar
- kaplı olmayan zemin.

Çıkış malzemeleri için

- proses kalıntılarının işlenmesi ve taşınması
- proses kalıntılarının depolanması
- yan ürünler ve atıklar gibi proses kalıntıları için yükleme prosedürleri.

Malzeme depolama, taşıma ve aktarma dışındaki kaçak ve yaygın düşük seviyeli kaynaklar hakkındaki bilgiler (örneğin kalıntıların sahada işlenmesi, kırma, eleme, yükleme, ergitme, akıtma sırasında yetersiz çekim nedeniyle salınan ve genellikle ikincil çıkış gazları olarak anılan emisyonlar) ilgili bölümlerde bulunabilir.

2.3.1 Girdi malzemelerinin depolanması ve taşınması

Aktarma noktaları da dahil olmak üzere, stok sahalarından ve taşıma bantlarından çıkan uçan tozlar önemli bir emisyon kaynağı olabilir. Sızıntı yapabilen bileşikler ve hadde tufali veya hurdalardan kaynaklanan hidrokarbonlar gibi malzemeler asfaltsız stok sahalarında depolandığında, toprak ve yer altı suyu kirliliğine ve yüzey akış sularına dikkat edilmelidir. Bazı ülkelerde, sızıntı yapabilen bileşenlere sahip malzemeler, yeterli toprak korumasına sahip zeminlerde depolanmalıdır. Şekil 2.10'da entegre bir çelik fabrikasında tipik bir malzeme idare prosesinin akış şeması gösterilmektedir.

Demir cevheri yönetimi

Avrupa'daki entegre çelik fabrikaları genellikle çeşitli kaynaklardan gelen demir cevherlerini kullanır ve bu cevherlerin önemli bir kısmı dökme ithal edilerek yük gemileriyle AB'ye getirilir. Kıyıdaki çelik fabrikaları için boşaltma doğrudan birincil stok sahalarına yapılırken, diğer çelik fabrikaları için mavnalarla ya da demir yolu veya kara yolu taşımacılığıyla çelik fabrikalarına transfer edilmek üzere ara stok sahalarına boşaltma yapılır. Bazı çelik fabrikaları cevherleri yine mavnalarla ya da demir yolu veya kara yolu taşımacılığı kullanarak doğrudan madenlerden alır. Birincil stok sahasındaki çeşitli cevherlerin çapraz kontaminasyonunu en aza indirmeye ve cevherlerin eritken maddelerle ve özellikle demir oksitlerle kontaminasyonunun kok fırını refrakter malzemesi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabileceği kömürlerle yanlışlıkla karışmasını önlemeye özen gösterilir. Tekniklerin uygun bir kombinasyonu ile bu taşıma aşamaları sırasında yaygın toz emisyonlarının oluşmasını önlemek için özen gösterilir.

Demir cevheri tozları daha sonra eritken maddeler, kok mıcırı gibi diğer malzemelerle ikincil bir stok sahasında harmanlanır ya da sinter tesisi veya pelet tesisi öncesinde bant üzerinde harmanlanmak üzere harmanlama silolarına gönderilir. Harmanlama, işleme tesisine ve nihai olarak yüksek fırınlara tutarlı bir ham madde kalitesi sağlamak için gerçekleştirilir. Harmanlanmış cevher stokları, özel olarak tasarlanmış tesisler ve konveyörler kullanılarak oluşturulur ve yenilenir.

Yüksek fırın için ithal edilen doğrudan yüklemeli demirli malzemeler (yani moloz cevherler ve peletler) birincil stok sahası yığınlarından geri kazanılır ve genellikle elenir; büyük boyutlu cevherler yüksek fırın silolarına taşınırken, küçük boyutlu cevherler sinter tesisinde kullanılmak üzere yönlendirilir [240, UKEA 2004].

Hurda sahaları ve taşıma

AB-27'de demir içeren hurdayı geri dönüştüren ve işleyen çoğu ticari firma, Avrupa çelik hurda spesifikasyonlarına uygun olarak faaliyet göstermektedir. Bu spesifikasyonlarda hurda altı kategoride sınıflandırılmaktadır: Eski hurda, düşük kalıntılı kaplanmamış yeni hurda, parçalanmış hurda, çelik talaşları, yüksek kalıntılı hurda ve yakma işleminden elde edilen parçalanmış hurda. Bu spesifikasyonlar ayrıca tehlikeli, yanıcı ve patlayıcı maddeler, Cu, Sn, Cr, Ni, Mo, S ve P'yi ve radyoaktif materyaller içeriği gibi çevre, sağlık ve güvenlikle ilgili hususları içerir [53, BDSV 2009]. Bu spesifikasyon listesindeki kalemlerin tanımları yalnızca, çelik endüstrisi için ham madde olarak alaşımsız karbon çeliği hurdası için geçerlidir.

Hurda metal normalde açık havada, büyük, üzeri örtülmemiş ve genellikle asfaltlanmamış bir zeminde depolanır. Demirli hurdalar, mıknatıslar veya kepçelerle sepetlere yüklenir. Taş, ahşap veya demir dışı metaller gibi işe yaramayan ve manyetik olmayan malzemelerin prosese girmesi en aza indirilir.

Bazı hurda türleri ve kaliteleri, metal depolama ve taşıma işlemleri sırasında ağır metallerin ve hidrokarbonların yanı sıra kalıntı materyallerin zeminde birikmesine neden olabilir.

İşlenen hurdanın cinsine ve kalitesine bağlı olarak, taşıma işlemleri de (örneğin yükleme, boşaltma) belirli hava koşullarında inorganik (toz) ve organik emisyonlara (örneğin yağlı parçalar) yol açabilir.

Ayrıca, bazı hurda türleri taşıma sırasında gürültü emisyonlarına neden olabilir.

Eritken madde yönetimi

Eritken maddeler örneğin çekiçli kırıcı ile kırılır ve sinter tesislerinde kullanılmak üzere 0 – 4 mm aralığına kadar elenir veya istenen boyutta doğrudan satın alınabilir.

Entegre çelik fabrikalarında dış kaynaklardan temin edilen malzemelerin/atıkların yönetimi

Entegre çelik fabrikaları, kullanılmış yağlar ve gresler, kireç, yağ/su emülsiyonları, atık plastikler vb. gibi diğer sektörlerden gelen atıkları alabilir. Bu malzemelerdeki karbon ve demir, kok fırınları ve yüksek fırınlar gibi proseslerle geri kazanılabilir. Örneğin, bazı indirgeyici maddelerin doğrudan yüksek fırının tüyer seviyesinde enjekte edilmesi mümkündür.

Hurdadaki radyoaktivite

[51, UN ECE 2006] [215, BSS 2007] [260, Almanya 2007] [373, Eurofer 2007]

Girdi hurdalarının radyoaktivite kontrolü önemli bir konu olup Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonundan (UNECE) bir uzman grubu tarafından detaylı olarak takip edilir. 2006 yılında oluşturulan UNECE Uzmanlar Grubu, mümkün olduğunca mevcut ulusal, bölgesel ve uluslararası araçlara ve standartlara ve ulusal deneyimlere dayanan tavsiyeler ve iyi uygulama örnekleri sunmaktadır. Bu grubun çalışmaları şunları içerir:

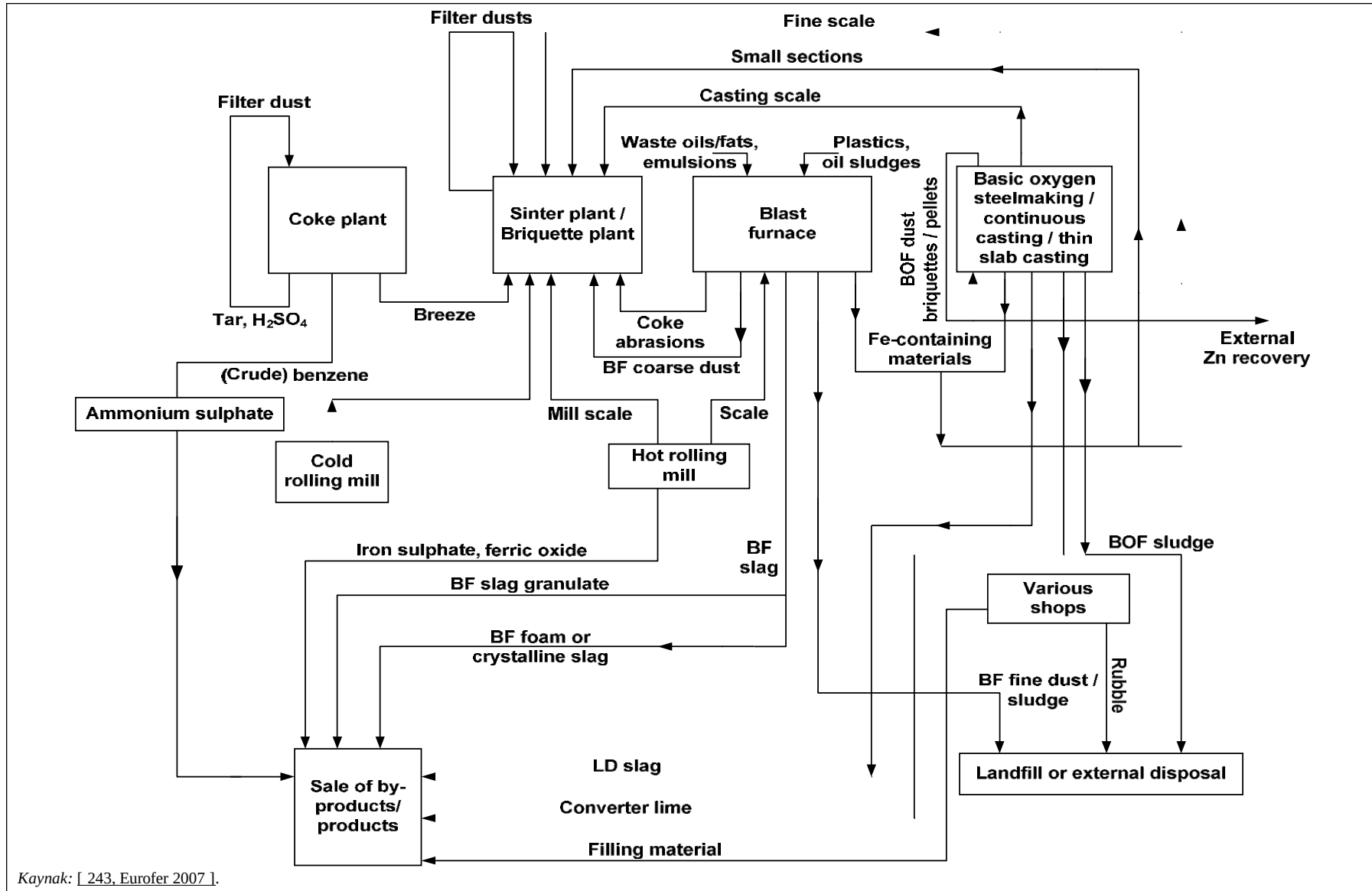
- Radyoaktif hurda metal için izleme ve müdahale prosedürlerine ilişkin tavsiyeler
- İzleme ve müdahale prosedürleri için uluslararası eğitim ve kapasite geliştirme stratejisi (2007)
- Metal Hurdanın Geri Dönüşümünde Radyasyondan Korunma Hususlarının Yönetiminin İyileştirilmesine İlişkin Rapor, ISBN 92-1-116 789-2 (2002). Bu yönergeler, yalnızca çelik şirketlerini, idari departmanlardan metal endüstrilerindeki geri kazanım ve geri dönüşüme kadar ilgili tüm paydaşları ilgilendiren bu sorunun ele alınmasına yönelik endüstriyel referansları teşkil eder (www.unece.org/trans/radiation/radiation.html).

2.3.2 Üretim artıklarının yönetimi

Entegre çelik üretim sürecinde, ana ürün olarak çelik de dâhil olmak üzere çok çeşitli malzemeler üretilir. Çelik üretim proseslerinden elde edilen diğer malzeme çıktıları arasında, yüksek fırın cürufu ve çeşitli çelik cürufları, KFG kükürt giderme tesisinden amonyum sülfat, kükürt veya sülfürik asit, kok fırını gazı yan ürün tesisinden kok katranı, kok zifti ve (ham) benzen ve demir hurdası gibi malzemeler yer alır.

Bu malzemelerin bir kısmı genellikle diğer sektörlerde ham madde olarak kullanılmaktadır. Karbon ve demir içeren tozların fabrika içinde devridaiminin en üst düzeye çıkarılmasını da içeren proses optimizasyonu sayesinde, entegre çelik fabrikası üretim proseslerinin ihtiyacından fazla olan kalıntılar en aza indirilir. Bu tür malzemeler için, çeşitli geri kazanım prosesleri de dâhil olmak üzere çeşitli kullanım alanları geliştirilmiştir ve bu sayede bertaraf edilmesi gereken toplam artık miktarı azaltılmıştır. Proseslerde ortaya çıkan malzemelerin yönetimine ek olarak, entegre çelik fabrikaları diğer tesis ve sektörlerden atıklar da dahil olmak üzere çeşitli artıklar alır.

Şekil 2.11’de entegre bir çelik fabrikasında yan ürünler ve atıklar gibi üretim artıklarının yönetimine ilişkin tipik bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.11: Entegre bir çelik fabrikasında yan ürünler ve atıklar gibi üretim artıklarının yönetimi için örnek

2.3.2.1 Entegre çelik fabrikası artıklarının dâhili kullanımı

Entegre bir çelik fabrikasında ortaya çıkan artıkların çoğu, yüksek oranda demir, karbon, kalsiyum ve diğer faydalı bileşenler içerir ve demir cevherleri, kömür, cüruf oluşturunucular, ağır yağ ve kok gibi birincil ham maddelerin yerini alabilir. Aslında, entegre bir çelik fabrikasında artıkların yönetiminde, çelik üretim sürecindeki artıklarda bulunan tüm yararlı bileşenleri mümkün olduğu kadar korumak için tasarlanmış gelişmiş entegre işleme teknikleri uygulanır.

Üretim verimliliği, ürün kalitesi ve çevre koruma açısından olumsuz etkiler olmaksızın çelik fabrikalarında uygun kullanımı sağlamak için gerekli ön koşullar, tanımlama ve malzeme kategorilerine göre (örneğin kimyasal bileşim, partikül boyutu veya yağ içeriğine göre) ayrı toplamadır.

Çeşitli ham cüruf türlerinin demir içeren kısımları, gaz temizleme sistemlerinden gelen demir ve karbon içeren tozlar ve çamurlar, kullanılmış yağ, yeni hurda ve tufal, sinter tesisleri, pelet fabrikaları, kok fırınları, yüksek fırınlar ve BOF tesisleri aracılığıyla yeniden üretim döngüsüne alınabilir. Toz malzemeler genellikle sinter tesisinde yeniden döngüye sokulurken, daha büyük taneli malzemeler daha çok yüksek fırına veya BOF tesisine geri gönderilir. Belirli kısımları yüksek fırına ve BOF tesisine geri döndürmek için, her türlü ince kalıntının, taşınması daha kolay olan ve üretimin diğer yerlerinde kullanılabilen soğuk bağlanmış tuğlalar/briketler halinde birleştirildiği briketleme tesisleri sıklıkla kullanılır. Özellikle çelik üretim tesisinden çıkan tozlar veya çamurlar briket veya pelet haline getirilebilir ve daha sonra demir dışı içerik çok yüksek değilse çelik üretim tesisinde kullanılabilir.

Bölüm 2.5.4.4'te demir açısından zengin kalıntılar için özel geri dönüşüm tesisleri anlatılmaktadır. Bu tesislerden bazıları, sıvı demirin doğrudan geri kazanımını mümkün kılarken diğerleri, kalıntıları yüksek fırın veya elektrik ark fırınında yeniden kullanmak için bir ön işlem aşaması olarak hizmet eder. Alkaliler, ağır metaller ve madeni yağ gibi istenmeyen bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarda varlığı, demir açısından zengin kalıntıların geri dönüştürülmesini kısıtlar.

Tablo 2.7'de, Avrupa'da çelik cüruflarının farklı kullanımlarının bir derlemesi gösterilmektedir.

Tablo 2.7: Avrupa'da çelik cüruflarının kullanımı

Çelik cüruflarının kullanımı (¹)	%	Miktar
Çimento üretimi	1	152
Yol yapımı	45	6840
Hidrolik mühendislik	3	456
Gübre	3	456
Dâhili geri dönüşüm	14	2128
Ara depolama	17	2584
Nihai biriktirme	11	1672
Diğer	6	912
Toplam	100	15 200
(¹) "Çelik cürufları", BOF, ikincil metalürji ve EAF'den kaynaklanan cürufları ifade eder. Not: Rakamlar 2004 yılı için 12 AB üye ülkesinin (AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL, UK, SE, SK) verileridir. Kaynak: [174, Euroslag 2006].		

2.3.2.2 Entegre çelik fabrikası artıklarının harici uygulamaları

BOF gazı temizliği ve YF gazı temizliği sırasında çinko bakımından zengin çamurlar ve tozlar oluşur. Bununla birlikte, çinko içeriği yeniden kullanımı ekonomik kılacak kadar yüksek değildir. Bu çamur ve tozların sadece bir kısmı kullanılabilir. Bu nedenle hemen hemen tüm demir-çelik fabrikalarında büyük miktarda çinko bakımından zengin çamur ve atıklar bulunur.

Entegre çelik fabrikalarında ortaya çıkan tozların veya çamurların demir dışı metal içeriği, teknik ve ekonomik fizibiliteyi sağlamak için yeterince yüksekse, bazı demir dışı metaller, harici metal üretim ve geri dönüşüm tesislerinde geri kazanılabilir. Örneğin, zengin çinko konsantrasyonlarına sahip çelik imalat tozları, çinko sektöründe çinko cevherleri yerine ham madde olarak kullanılabilir.

2.3.2.3 Entegre çelik fabrikası artıklarının bertaraf edilmesi

Entegre bir çelik fabrikasından çıkan toplam artık miktarının küçük kısımlarının ekonomik bir kullanım alanı yoktur (tesis içinde veya dışında) ve bunların bertaraf edilmesi kaçınılmazdır. Genellikle bertaraf edilmesi gereken malzemeler şunları içerir:

- YF gazı temizliğinden kaynaklanan ince toz/çamur
- YF'deki kanal refrakter molozu
- BOF gaz yıkamasından kaynaklanan ince toz (ıslak temizleme prosesi uygulanıyorsa)
- Bazı durumlarda, sinter bantlarından yayılan çıkış gazını arıtmak için kullanılan elektrostatik filtrelerin, torba filtrelerin veya yıkayıcıların son alanından yayılan ve yüksek miktarda alkali klorür ve ağır metal klorür içeren toz.

Birçok entegre çelik fabrikası saha içinde kendi sertifikalı düzenli depolama tesislerine sahipken, diğer şirketler dışarıdaki depolama alanlarını kullanmaktadır. Her durumda, düzenli depolama sahaları, belirli atıkları kabul etmek için yetkili olmalıdır.

2.4 Su ve atık su yönetimi

[200, Komisyon 2001] [279, IISI 2002] [316, Eurofer 2009]

Entegre bir çelik fabrikasında su örneğin doğrudan ve dolaylı soğutma, gaz temizleme, tufal kırma ve yıkayıcılarla atık gaz temizleme dâhil yıkama işlemleri için kullanılır.

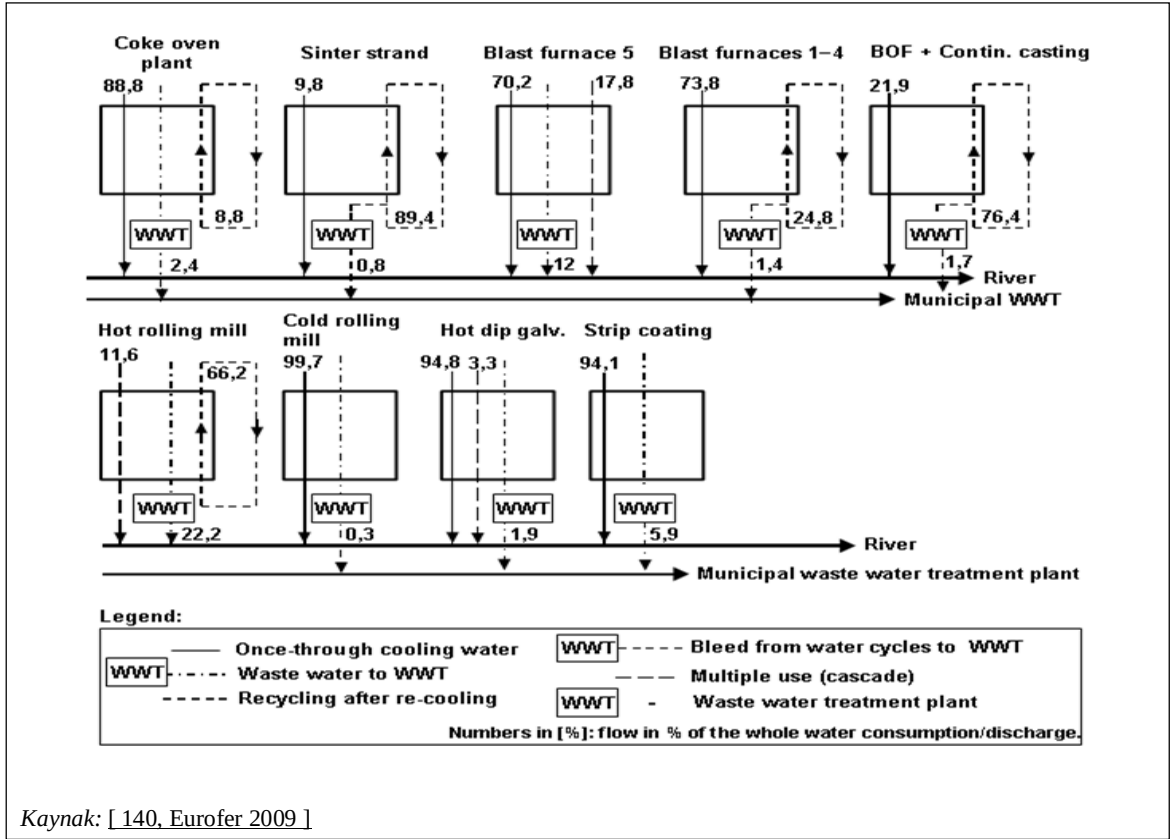
Tamamen kapalı, yarı kapalı veya açık devreler şeklinde çeşitli su sistemleri mevcut olabilir. Sadece birkaç tamamen kapalı döngü vardır. Kapalı devreler, belirli tesislerde (örneğin sürekli döküm kalıpları) demineralize veya yumuşatılmış su ile çalıştırılan soğutma devrelerinde veya genellikle bir su eşanjörü aracılığıyla soğutulan enerji santrallerindeki kazanlarda kullanılabilir. Burada ikinci su devresi, bir soğutma kulesi ile birlikte yarı kapalı bir devre olarak kullanılmaktadır.

Aşağıda yarı kapalı sistemlerin kullanıldığı üç örnek verilmiştir:

- Su sıcaklığını düşürmek için soğutma kulelerinde. Bu tuzların birikmesini ve sonuç olarak korozyonu ve diğer olası sızıntıları önlemek amacıyla sudaki tuz konsantrasyonunu sınırlamak için küçük bir deşarj akışını boşaltmaya ihtiyaç duyulur.
- İlk kullanımdaki gibi yüksek kalitede su gerektirmeyen sonraki kullanımlar için arıtmadan sonra atık suyun dönüşümlü kullanılması için. Bazı istenmeyen maddeler birikebileceğinden, az miktarda suyun tahliye edilmesi ve nihai deşarjdan önce bir atık su arıtma tesisine yönlendirilmesi gerekir. Bu miktarın tatlı su ile tazelenmesi gerekir.
- Kapalı bir döngüde yönlendirilebilen proses suyu için. Bazı istenmeyen maddeler birikebileceğinden, az miktarda su deşarjdan önce bir atık su arıtma tesisine yönlendirilir. Bu miktarın tatlı su ile tazelenmesi gerekir.

Entegre bir çelik fabrikasında su yönetimi başta tatlı suyun mevcudiyeti ve kalitesi olmak üzere yerel koşullara ve yasal gerekliliklere bağlıdır.

Şekil 2.12’de, neredeyse sınırsız tatlı su mevcudiyetine sahip entegre bir çelik fabrikasının su arıtması ile birlikte 100 – 200 m³/t çelik düzeyinden daha fazla su alımı yapılan tek geçişli soğutma sistemlerinin gösterildiği bir örnek verilmiştir. Bu, büyük su kütlelerine (örneğin büyük nehirler) yakın tesisler için geçerlidir.



Kaynak: [140, Eurofer 2009]

Şekil 2.12: Yüksek miktarda tatlı su mevcut olan bir yerde entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği

Suyun alımını ve çıkışını sürekli iyileştirme gerekçelerinden biri maliyetlerdir. Atık su arıtma maliyetleri ve suyun kentsel atık su sistemine boşaltılmasıyla ilgili vergilerin maliyeti önemli düzeyde olabilir. Diğer bir maliyet faktörü ise, birçok uygulama için su kalitesine bağlı olarak yukarıda bahsedilen su kütlelerinden alınan suyun, kullanılmadan önce bir şartlandırma aşamasından geçirilmesiyle ilgilidir. Ayrıca, bu ağır su akışlarının pompalanması çok fazla elektrik enerjisi gerektirir.

Bu sebeplerden dolayı 1980 yılından itibaren su tüketimi sürekli olarak azaltılmaktadır.

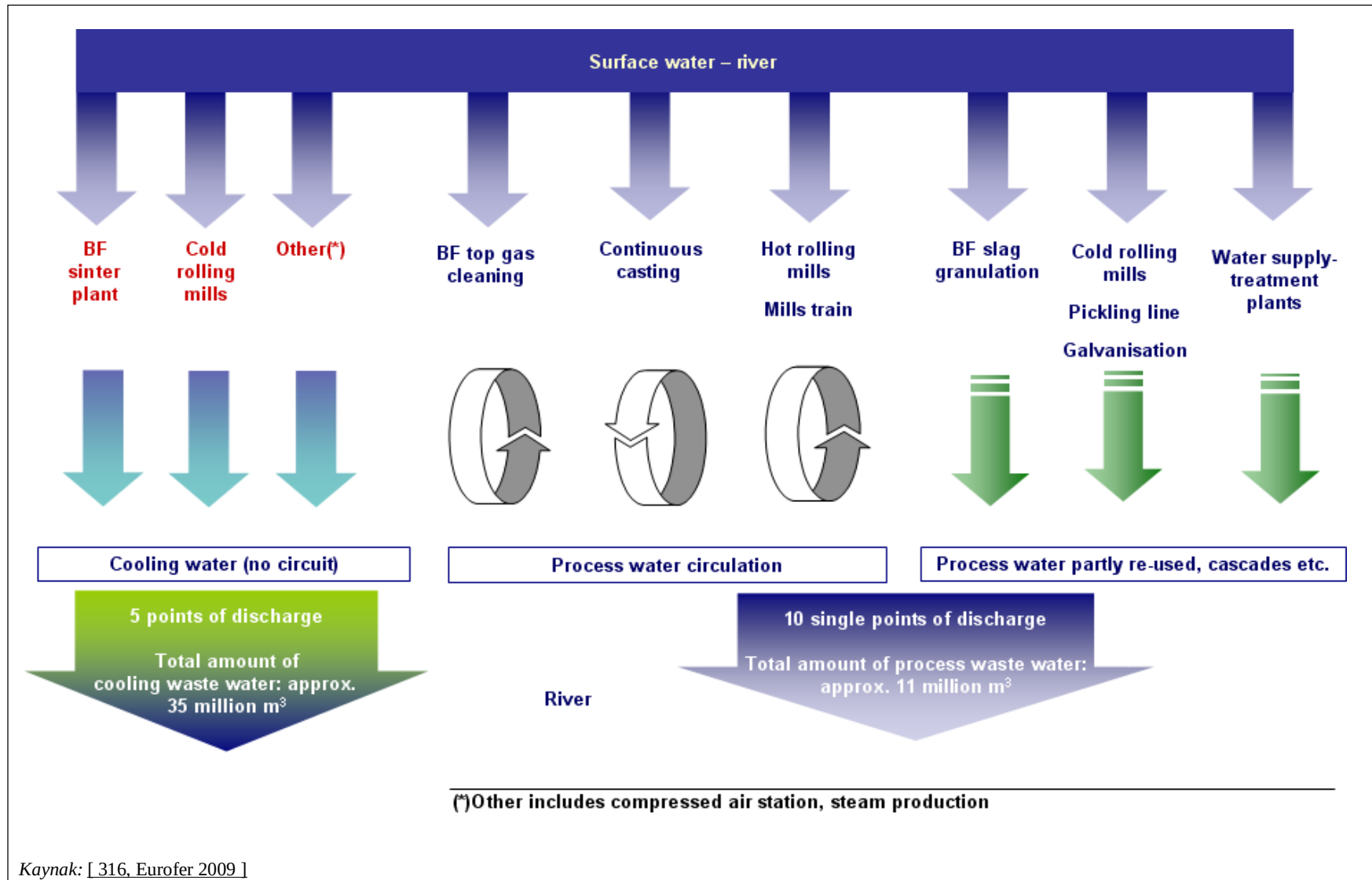
Özellikle, tatlı su mevcudiyetinin çok düşük olduğu, su ihtiyacının yer altı suları veya kaynak suları ile karşılanması gereken sahalarda, su tüketiminin yoğun bir şekilde azaltılmasına ihtiyaç duyulabilir. Bu gibi durumlarda, özgül su tüketimi 5 m³/t çelik düzeyinin altında olabilir ve karşılıklı bağımlılıklar çok daha yoğun olabilir.

Tablo 2.8’de, tipik bir entegre çelik fabrikasında tek geçişli bir sistemin su alım gereksinimleri ile kapsamlı devridaim içeren bir sistemin karşılaştırması gösterilmektedir. Dolaylı ve doğrudan soğutma sistemlerindeki kapsamlı devridaim, toplam su alımını tek geçişli sistemin gereksiniminin %2,4’üne düşürür.

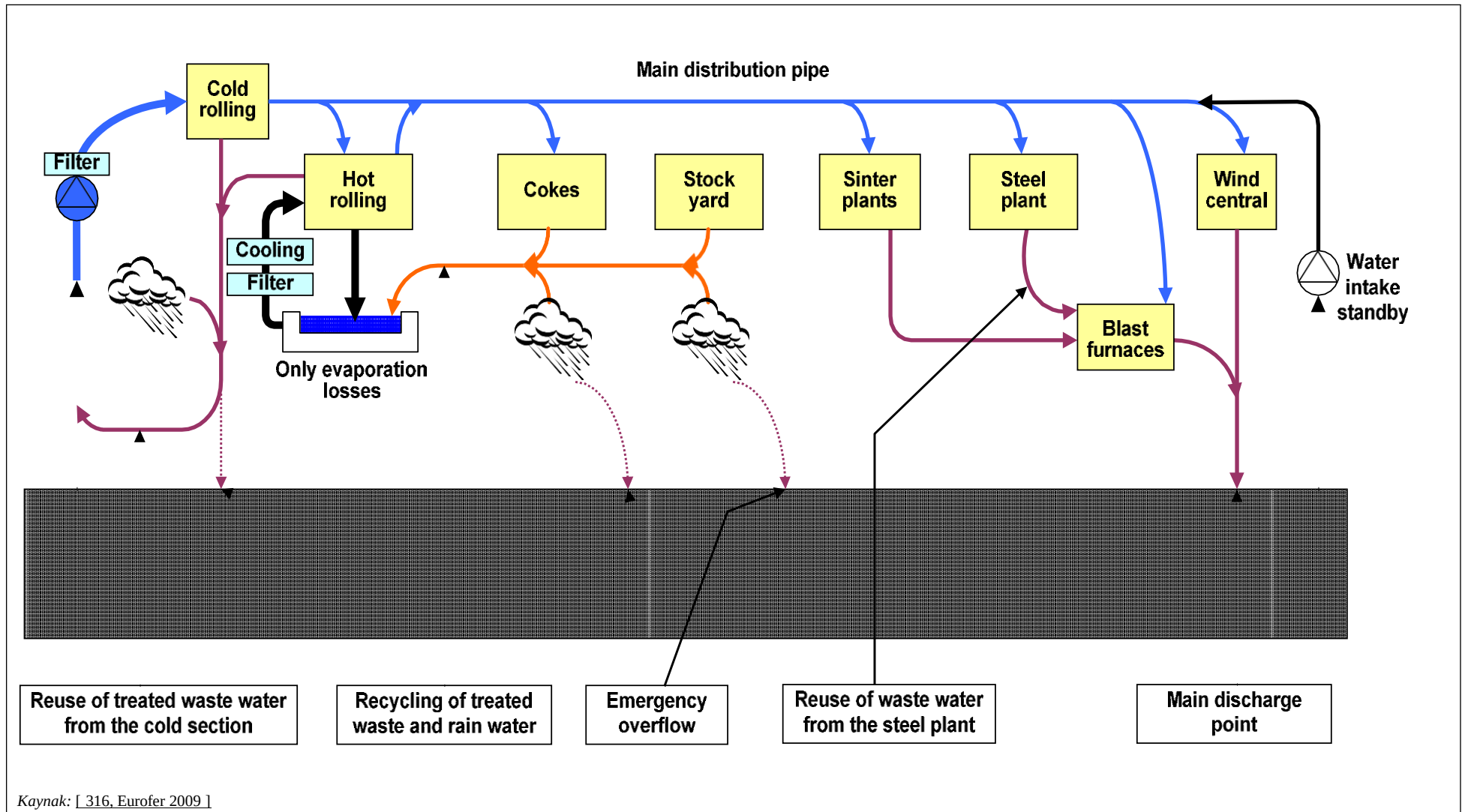
Tablo 2.8: Tek geçişli sistemlere sahip entegre çelik fabrikaları ile kapsamlı devridaim yapılan fabrikaların gerekli su alımı bakımından karşılaştırılması

Su Kullanımı	Kalite	Su alımı			
		Tek geçişli sistem		Kapsamlı devridaim	
		(m ³ /dak.)	(toplamdaki payı - %)	(m ³ /dak.)	(toplamdaki payı - %)
Dolaylı soğutma	Genel	675	70,7	7,4	32
Doğrudan soğutma	Genel	265	27,8	6,2	26,8
Proses suyu	Düşük kaliteli	7,7	0,8	5,1	22,1
İçme suyu	Yüksek kaliteli	1,5	0,2	1,5	6,5
Buharlaşma kayıpları		4,8	0,5	2,9	12,6
Toplam		954	100	23,1	100
Not: Bu verinin akış yönündeki işlemlerde (bu belge kapsamında yer almayan haddeleme gibi) kullanılan suyu da içerip içermediği bilinmemektedir.					
Kaynak: [279, IISI 2002].					

Aşağıdaki iki şekilde, tesisin yerel tasarımı nedeniyle ayrı devrelere sahip bir entegre çelik fabrikası (bkz. Şekil 2.13) ve karşı akışlı kademeli bir sisteme sahip bir entegre çelik fabrikası (bkz. Şekil 2.14) çelik üretim adımları (soğuk haddehaneden yüksek fırına kadar) ile birlikte gösterilmektedir.



Şekil 2.13: Ayrı devrelere sahip entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği



Şekil 2.14: Kademeli sistem kullanan entegre bir çelik fabrikasının su yönetimi örneği

Şekil 2.13'te gösterilen örnek tesiste, 2005'teki toplam su miktarı yaklaşık 1,2 milyar m³/yıl düzeyindeydi. Bu durumda devridaim oranı %97,2 idi ve su miktarının sadece %2,8'inin taze su ile tazelenmesi gerekiyordu. Atık su deşarjı sadece %1,2 idi ve geri kalan yaklaşık %1,6'lık miktar kaybedilen suya karşılık geliyordu.

Sonuç olarak, su alımı yaklaşık 3,16 m³/t ham çelik düzeyindeydi.

Yukarıda verilen örnekte su alımının azaltılmasını ve deşarj edilen atık suyun en aza indirilmesini sağlayan teknikler şunları içerir:

- Üretim hatlarında içme suyunun kullanılmaması
- Yeni tesisler inşa ederken veya mevcut tesisleri modernize ederken/yenilerken su devridaim sistemlerinin sayısının ve/veya kapasitesinin artırılması
- Alınan tatlı suyun dağıtımının merkezileştirilmesi
- Parametreler yasal veya teknik sınırlarına ulaşana kadar suyun kademeli olarak kullanılması
- Suyun yalnızca tek bir parametresi etkileniyorsa ve ek kullanım mümkünse, suyun diğer tesislerde kullanılması
- Arıtılmış ve arıtılmamış atık suların ayrı tutulması. Bu önlemle, atık suyu makul bir maliyetle farklı şekillerde bertaraf etmek mümkündür.
- Mümkün olduğunca yağmur suyunun kullanılması.

2.5 MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken genel teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Çevre yönetim sistemleri, prosese entegre teknikler ve boru sonu tedbirleri ele alınmaktadır. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dâhil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 2.9'da gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 2.9: Bu bölümde açıklanan her teknığe ilişkin bilgiler

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, hammadde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dâhil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dâhil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dâhil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dâhil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

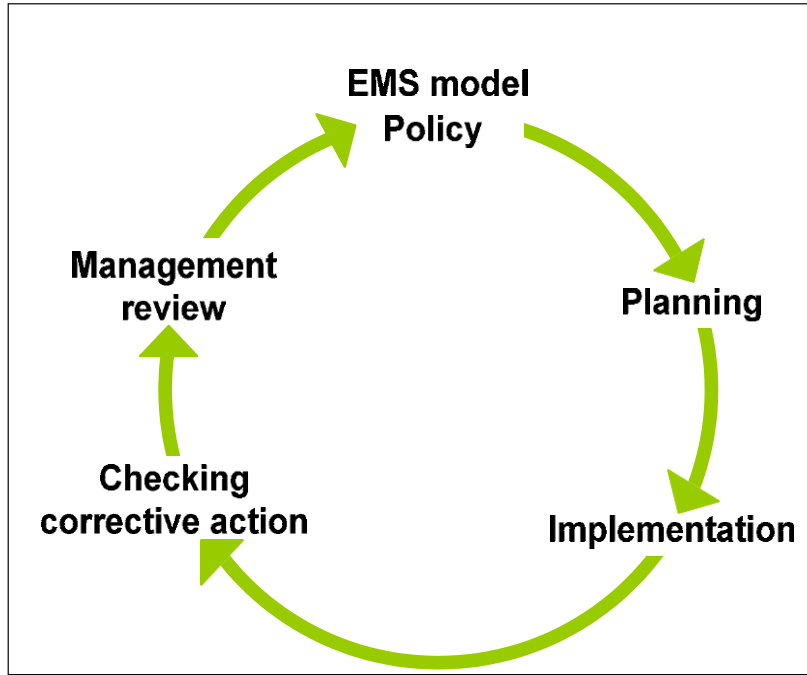
2.5.1 Çevresel yönetim sistemleri**Açıklama**

Direktifte ‘tekniklere’ ilişkin olarak verilen tanım (‘mevcut en iyi tekniklerin’ tanımında), ‘hem kullanılan teknolojiyi hem de tesisin tasarımının, inşasının, bakımının, işletiminin ve hizmet dışı bırakılmasının nasıl gerçekleştirildiğini’ içerir.

Bu bağlamda, bir çevre yönetim sistemi (ÇYS), tesis işletmecilerinin çevresel konuları sistematik ve gözlemlenebilir bir şekilde ele almasına olanak tanıyan bir tekniktir. ÇYS’ler, tesisin genel yönetimi ve işletiminin bir parçası oldukları durumlarda en yüksek verim ve etkinliğe ulaşırlar.

Bir ÇYS, özellikle normal ve normal dışı işletim koşulları için açık ve net işletme prosedürlerinin uygulanmasıyla ve ilgili sorumlulukların belirlenmesiyle işletmecinin dikkatini tesisin çevresel performansına odaklamasını sağlar.

Sürekli iyileştirme kavramı etkili bir ÇYS için olmazsa olmazdır; yani çevre yönetimi, nihayetinde sona erecek bir proje değil, devam eden bir süreçtir. Çeşitli proses tasarımları olmakla birlikte ÇYS’lerin çoğu planla-uygula-kontrol et-önlem al döngüsüne dayanmaktadır (bu, diğer şirket yönetimi bağlamlarında da yaygın olarak kullanılır). Bu, bir döngünün tamamlanmasıyla bir sonrakinin başladığı yinelemeli ve dinamik bir modeldir (bkz. Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Bir ÇYS modelinde sürekli iyileştirme

Bir ÇYS, standartlaştırılmış veya standart dışı (‘özelleştirilmiş’) olabilir. EN ISO 14001:2004 gibi uluslararası alanda kabul gören standartlaştırılmış bir sistemin uygulamaya koyulması ve buna bağlı kalınması, özellikle uygun bir şekilde gerçekleştirilen harici doğrulamaya tabi tutulduğunda, ÇYS’nin güvenilirliğini artırabilir. EMAS, çevre raporları yoluyla sağladığı kamu etkileşimi ve mevcut çevre mevzuatına uygunluğu temin eden mekanizması sayesinde sistemin güvenilirliğini artırır. Ancak prensipte, standart dışı sistemler de, doğru şekilde tasarlandıkları ve uygulamaya koyuldukları sürece eşit derecede etkili olabilirler.

Hem standartlaştırılmış sistemler (EN ISO 14001:2004 veya EMAS) hem de standartlaştırılmamış sistemler prensip olarak **kuruluşlar** için geçerli olsa da, Direktif uyarınca sadece **tesisler/fabrikalar** düzenlemeye tabi tutulduğundan, bu belgede, bir kuruluşun tüm faaliyetleri (örneğin ürün ve hizmetleriyle ilgili) dikkate alınmamış, daha dar bir yaklaşım benimsenmiştir.

Bir ÇYS aşağıdaki bileşenleri içerebilir:

1. Üst yönetim de dâhil olmak üzere yönetimin kararlılığı;
2. Tesisin yönetim tarafından sürekli iyileştirilmesini içeren bir çevre politikasının tanımlanması;
3. Finansal planlama ve yatırım ile birlikte gerekli prosedürlerin, amaçların ve hedeflerin belirlenmesi ve planlanması;
4. Aşağıdakilere özellikle dikkat edilerek prosedürlerin uygulanması:
 - (a) Yapı ve sorumluluk
 - (b) Eğitim, farkındalık ve yetkinlik
 - (c) İletişim
 - (d) Çalışan katılımı
 - (e) Belgeleme
 - (f) Verimli proses kontrolü
 - (g) Bakım programları
 - (h) Acil durumlara hazırlık ve müdahale
 - (i) Çevre mevzuatına uygunluğun gözetilmesi;
5. Özellikle aşağıdakilere dikkat edilerek kontrollerin ve düzeltici eylemlerin gerçekleştirilmesi:
 - (a) İzleme ve ölçme (ayrıca bkz. İzlemenin genel ilkelerine ilişkin referans belge) [42, ec 2003]
 - (b) Düzeltici ve önleyici eylemler
 - (c) Kayıtların tutulması
 - (d) ÇYS'nin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığını belirlemek ve doğru şekilde uygulandığından ve sürdürüldüğünden emin olmak için, iç ve dış denetimlerin, mümkün olduğu ölçüde bağımsız olarak gerçekleştirilmesi;
6. ÇYS'nin Ve Uygunluğunun, Yeterliliğinin Ve Etkililiğinin Korunduğunun Üst Yönetim Tarafından Gözden Geçirilmesi;
7. Çevre Raporunun Düzenli Aralıklarla Hazırlanması;
8. Bir Belgelendirme Kuruluşu Veya Harici Bir ÇYS Doğrulayıcısının Onayı;
9. Daha Temiz Teknolojilerin Gelişiminin Takip Edilmesi;
10. Yeni Bir Tesisin Tasarlanma Aşamasında Ve İşletme Ömrü Boyunca, Tesisin Nihayetinde Hizmetten Çıkarılmasıyla Meydana Gelecek Çevresel Etkilerin Dikkate Alınması;
11. Düzenli Olarak Sektörel Kıyaslama Çalışmalarının Yapılması.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir ÇYS, tesisin çevresel performansının sürekli iyileştirilmesini teşvik eder ve destekler. Tesisin genel çevresel performansı zaten iyiye, ÇYS işletmecinin yüksek performans düzeyini korumasına yardımcı olur.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir etki bildirilmemiştir. ÇYS bağlamında ilk çevresel etkilerin ve iyileştirme kapsamının sistematik analizi, tüm çevresel ortamlara ilişkin en iyi çözümlerin değerlendirilmesi için temel oluşturur.

İşletim verileri

Önemli seviyelerdeki tüm tüketimler (enerji dahil) ve emisyonlar, işletmeci tarafından finansal planlama ve yatırım döngüleriyle birlikte kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere koordineli bir şekilde yönetilir. Bu, örneğin kısa vadeli boru çıkışı çözümlerini emisyonlara uyarlamanın, işletmeciyi uzun vadede daha yüksek enerji tüketimine mecbur kılabileceği ve genel anlamda çevre açısından potansiyel olarak daha faydalı çözümlere yatırım yapılmasının ertelenebileceği anlamına gelir.

Bu, ortamlar arası hususların dikkate alınmasını gerektirir ve bu hususlara ve fayda-maliyet konularına ilişkin rehberlik, Ekonomi ve Çapraz Ortam Etkileri Referans Belgesinde (ECM) [185, Avrupa Komisyonu 2006] ve Enerji Verimliliği İçin Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesinde [48, Avrupa Komisyonu, 2008] sunulmaktadır.

Uygulanabilirlik

Yukarıda açıklanan bileşenler genel olarak bu belge kapsamındaki tüm tesislere uygulanabilir. ÇYS'nin kapsamı (örneğin detaylılık düzeyi) ve niteliği (örneğin standartlaştırılmış veya standart dışı), tesisin niteliği, ölçeği ve karmaşıklığının yanı sıra olası çevresel etki yelpazesi ile ilişkilendirilebilir.

Ekonomik boyut

İyi bir ÇYS'nin uygulamaya koyulması ve sürdürülmesine ilişkin maliyetlerin ve ekonomik getirilerin tam olarak belirlenmesi zordur. ÇYS kullanımının sonucunda ekonomik faydalar da elde edilebilir ve bunlar sektörden sektöre büyük ölçüde değişiklik gösterir.

Sistemin doğrulanmasına ilişkin harici maliyetler, Uluslararası Akreditasyon Forumu tarafından yayımlanan kılavuz yardımıyla tahmin edilebilir [Yazarın notu: İnternet sitesi halihazırda 10152 kimlik numarasıyla BATIS'de kayıtlıdır; lütfen onu MET-Ref ile ilişkilendirin ve ardından referansı buraya ekleyin].

Sistemin doğrulanmasına ilişkin harici maliyetler, Uluslararası Akreditasyon Forumu tarafından yayımlanan kılavuz yardımıyla tahmin edilebilir (<http://www.iaf.nu>).

Uygulamanın gerekçeleri

Bir ÇYS'yi uygulamaya koymanın gerekçeleri şunları içerir:

- Çevre performansının iyileştirilmesi
- Müşterilerin, düzenleyici kurumların, bankaların, sigorta şirketlerinin veya diğer paydaşların (örneğin tesisin yakınında yaşayan veya çalışan kişiler) çevresel gerekliliklerinin karşılanmasında faydalı olabilecek, şirketin çevresel konularına ilişkin anlayışın iyileştirilmesi;
- Karar verme süreçleri için daha sağlam bir dayanak
- Personelin motivasyonunun artırılması (örneğin yöneticiler çevresel etkilerin kontrol edildiğinden emin olabilir ve çalışanlar çevreye duyarlı bir şirkette çalıştıkları bilincini kazanabilirler)
- İşletme maliyetlerinin azaltılması ve ürün kalitesinin artırılması için ek fırsatlar
- Şirket imajının iyileştirilmesi
- Yükümlülükler, sigorta ve uygunsuzluk maliyetlerinin azaltılması.

Örnek tesisler

ÇYS'ler, AB genelinde çeşitli tesislerde uygulanmaktadır.

Avrupa'daki çoğu çelik üretim tesisi sertifikalı EYS'lere sahipken, ISO 14001 EMAS'den daha yaygın olarak uygulanmaktadır. Bazı örnekler:

- Buderus Edelstahl GmbH, Wetzlar/Almanya
- Uddeholm Tooling AB, Hagfors/İsveç
- Villares Metals SA, São Paulo/Brezilya
- Böhler Edelstahl GmbH, Kapfenberg/Avusturya
- Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya
- Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz/Avusturya
- Rivagroup, Taranto/İtalya
- ArcelorMittal, Dunkirk, Florange, Fos sur Mer/Fransa

Referans literatür

1221/2009 (EC) sayılı EMAS Yönetmeliği [396, Reg. 1221/2009]

Çevre Genel Müdürlüğü EMAS İnternet sitesi [397, Çevre Genel Müdürlüğü 2010]

EN ISO 14001: 2004

ISO 14000 standartlar ailesi İnternet sitesi. [398, ISO 2004] ISO

14000 teknik komitesi. [398, ISO 2004]

2.5.2 Enerji yönetimi

2.5.2.1 Enerji verimliliğini artırma teknikleri

Açıklama

Genel enerji verimliliğini artırmak için entegre bir çelik fabrikasıyla bağlantılı olarak belirtilmesi gereken aşağıdaki gibi bazı özel ve önemli hususlar vardır:

- Enerji tüketiminin optimize edilmesi. Tipik olarak, çelik fabrikasında bir prosese enerji teminindeki bir değişiklik, diğer birçok prosesi etkiler (örneğin, yüksek fırında kok fırını gazının kullanılması, YF tepe gazında daha yüksek bir ısı değere neden olabilir). Tüm entegre sahayı dikkate alan optimizasyon araçları, her prosesi bağımsız bir birim olarak kabul eden araçlara tercih edilebilir.
- Çevrim içi izleme. Bu genellikle sahadaki en önemli enerji akışları ve yanma prosesleri için kullanılır. Veriler, tipik durumların analiz edilebilmesi için uzun bir süre boyunca saklanır. Tüm gaz yakma bacaları için çevrim içi izleme çok önemlidir. Gaz yakma bacalarında ve yanma proseslerinde enerji kayıplarını önlemek için kullanılan ana tekniktir. Enerji ile ilgili tüm proses parametreleri için sürekli izleme sistemleri, proses kontrolünü optimize etmek ve anında bakım sağlamak için kullanılabilir ve böylece kesintisiz üretim sağlanır.
- Raporlama ve analiz araçları. Raporlama araçları genellikle her prosesin ortalama enerji tüketimini kontrol etmek için kullanılır. Maliyet kontrolü ile bağlantılı olarak, enerji kontrolü, enerji tüketimini optimize etmenin ve maliyet tasarrufları sağlamanın temel yoludur. Bir enerji kontrol sistemi, fiili verileri geçmiş verilerle (örneğin grafikler) karşılaştırma imkânı sunar.
- Özgül enerji tüketim seviyeleri. Her proses için özgül enerji tüketim seviyeleri tanımlanabilir. Tipik olarak, raporlanan enerji seviyeleri kullanılabilir, ancak bu değerlerin kritik bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Değerler uzun vadeli olarak karşılaştırılır.
- Enerji denetimleri. Bu denetimler, Enerji Verimliliğine dair MET-Ref'de enerji yönetimine ilişkin çok önemli bir araç olarak tanımlanmıştır. Bu denetimlerde ayrıca uygun maliyetli enerji tasarrufu fırsatları da belirlenebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji yönetiminin amacı, proseslerden kaynaklanan gazların verimli kullanımını en üst düzeye çıkarmak, böylece sisteme ek enerji kaynakları ithal etme gerekliliğini en aza indirmek ve sistemin doğal kısıtlamaları dâhilinde özgül enerji tüketimini optimize etmek olmalıdır. Bu amaca ulaşmak için, bir yandan teknik olanaklar ve maliyetlerle, diğer yandan organizasyonla ilgilenen yeterli bir sistem olmalıdır. Enerji yönetimini açıklamaya yönelik pek çok girişim (örneğin Enerji Verimliliğine dair MET-Ref) olduğundan genel ayrıntılar bu belgede ele alınmamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[281, Eurofer 2007]

2.5.2.2 Proses gazı kullanımını optimize etme teknikleri

Açıklama

Entegre bir çelik fabrikasında proses gazı kullanımını optimize ederek enerji verimliliğini artırmak için kullanılan bazı potansiyel prosese entegre teknikler arasında şunlar yer alır:

- Proses gazlarının geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak için tüm yan ürün gazlar için gazometrelerin veya kısa süreli depolama ve basınç tutma tesisleri için diğer uygun sistemlerin kullanılması
- Gaz yakma bacalarında enerji kayıpları varsa, meydana gelen kullanım oranındaki artışla birlikte daha fazla proses gazı kullanmak için gaz şebekesindeki basıncın artırılması
- Proses gazlarıyla gaz zenginleştirme ve farklı tüketiciler için farklı ısı değerler –prosesler, kabul edilebilir yakıt verimliliği seviyeleri için farklı ısı değerlere sahip gazlar gerektirir. Gerekli proses sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, ihtiyaç duyulan yüksek ısı değere sahip gazların miktarı da o kadar yüksek olur.
- Proses gazlarının kullanımını en üst düzeye çıkarmak ve doğal gaz veya elektrik enerjisi satın alma ihtiyacını azaltmak için yakma fırınlarının proses gazıyla yeniden ısıtılması
- Bilgisayar kontrollü bir ısı değer kontrol sisteminin kullanılması
- Kok ve baca gazı sıcaklıklarının kaydedilmesi ve kullanılması
- Özellikle proses gazlarının değişkenliği ile ilgili olarak, proses gazları için enerji geri kazanım tesislerinin kapasitesinin yeterli şekilde boyutlandırılması.

Elde edilen çevresel faydalar

Yukarıda belirtilen tekniklerin uygulanmasıyla, entegre bir çelik fabrikasında çelik üretimi için özgül enerji talebi azaltılabilir.

Enerji verimliliği, iyi yanma kontrolü ile iyileştirilebilir ve sonuç olarak havaya salınan emisyonlar azaltılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Özgül enerji tüketimi prosesin kapsamına, ürün kalitesine ve tesis tipine bağlıdır (örneğin BOF'de uygulanan vakum işleminin miktarı, tavlama sıcaklığı, ürünlerin kalınlığı vb.). Her bir entegre çelik fabrikası ve fabrika içindeki her bir bileşen, farklı bir ürün yelpazesine, proses konfigürasyonlarına, ham madde stratejilerine vb. sahiptir ve bu nedenle her birinin kendi özgül enerji gereksinimleri vardır. Özgül enerji kullanımı değerlendirilirken iklim koşulları da dikkate alınmalıdır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[242, Caughlin 2007] [281, Eurofer 2007]

2.5.2.3 Isı geri kazanımını iyileştirme teknikleri**Açıklama**

Isı geri kazanımının iyileştirilmesiyle çelik imalatında enerji verimliliğini artırmak için kullanılan prosese entegre önlemler arasında şunlar yer alır:

- Atık ısının ısı eşanjörleri ile geri kazanılması ve çelik fabrikasının diğer bölümlerine veya bölgesel ısıtma şebekesine dağıtılması (yakınlarda tüketiciler varsa)
- Büyük yeniden ısıtma fırınlarında buhar kazanlarının veya yeterli sistemlerin kurulması (fırınlar buhar gereksiniminin bir kısmını karşılayabilir)
- Yan etkileri (çıkış gazındaki NO_x artışı gibi) dikkate alarak, yakıt tasarrufu sağlamak için fırınlarda ve diğer yakma sistemlerinde yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması
- Buhar borularının ve sıcak su borularının yalıtılması
- Ürünlerden ısının geri kazanılması (örneğin sinter)
- Çeliğin soğutulması gereken yerlerde hem ısı pompalarının hem de güneş panellerinin kullanılması
- Yüksek sıcaklıklı fırınlarda baca gazı kazanlarının kullanılması
- Standart ısı eşanjörleri arasında enerji alışverişi için oksijen buharlaştırma ve kompresör soğutması
- Yüksek fırında üretilen gazın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için üst geri kazanım türbinlerinin kullanılması.

Elde edilen çevresel faydalar

Bölgesel ısıtma, müşteriler için çok az bakım gerektiren güvenli ve ekonomik olarak uygulanabilir bir ısıtma yöntemidir.

Yukarıda belirtilen tekniklerin uygulanmasıyla, entegre bir çelik fabrikasında çelik üretimi için özgül enerji talebi azaltılabilir. Fosil yakıtın bölgesel ısıtma enerjisi üretimi ile değiştirilmesiyle CO₂ emisyonları ve diğer kirlenmelerin emisyonları azaltılabilir.

Bölgesel ısıtma sisteminin önemli bir avantajı, devridaim suyunun temizliği ve yüksek sıcaklık farkıdır. Bu şekilde, ısı üretimi ile özel proses soğutma çözümlerini birbirine bağlamak mümkündür.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Kentsel merkezi ısıtma sisteminde, binaların ve diğer binaların ısıtılması ve sıcak kullanım suyu üretimi için kapalı borular yardımıyla termal enerji sağlanır. Tüketici ısıyı her zaman ısı eşanjörleri yardımıyla alır. Binaların her biri, örneğin elektrik şebekesi, gaz şebekesi, temiz su şebekesi ve atık su şebekesi için benzer bağlantılara sahiptir.

Bölgesel ısıtma sistemleri İskandinav ülkelerinin ve Rusya'nın kentsel alanlarında ve ayrıca Orta Avrupa'da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Isı, büyük şehirlerde kombine güç ve ısı üretimi (KIG) ile büyük enerji santrallerinde üretilir. Bazı yerleşimlerde ısı, sabit yakıtlar, ağır yağ, doğal gaz veya biyokütle yakan ayrı kazan tesisleriyle üretilir.

Bölgesel ısıtma suyunun sıcaklığı 75 – 120 °C aralığında ayarlanır. Geri dönen suyun sıcaklığı 40 – 45 °C aralığındadır.

Endüstriyel bölgesel ısıtma sistemine özgü özelliklerden biri, optimizasyon ve kontrol ile ilgilidir. Yıllık ısı gereksiniminin yaklaşık %90'ı birçok farklı prosesin atık ısısı ile üretildiğinde, optimum ısı yüklerini sürekli olarak bölmek ve diğer üretim noktalarındaki sıcaklık ve basınçları kontrol etmek oldukça karmaşık bir iştir. Isının büyük bir kısmının bölgesel ısıtma sistemine verilmesi durumunda, bir yedek sisteme ihtiyaç duyulabilir.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem çoğunlukla, benzer bir soğutma tekniği uygulanan tüm çelik fabrikalarında kullanılır.

Kombine ısı ve güç üretimi, uygun bir ısı gereksinimi olan kentsel alanlara yakın tüm demir çelik fabrikalarında uygulanabilir. Bu, diğer birçok proses endüstrisi için de geçerlidir.

Özgül enerji tüketimi prosesin kapsamına, ürün kalitesine ve tesis tipine bağlıdır (örneğin BOF'de uygulanan vakum işleminin miktarı, tavlama sıcaklığı, ürünlerin kalınlığı vb.). Her bir entegre çelik fabrikası ve fabrika içindeki her bir bileşen, farklı bir ürün yelpazesine, proses konfigürasyonlarına, ham madde stratejilerine vb. sahiptir ve bu nedenle her birinin kendi özgül enerji gereksinimleri vardır. Özgül enerji kullanımı değerlendirilirken iklim koşulları da dikkate alınmalıdır.

Ekonomik boyut

Atık ısı satmak kazançlı bir iş olabilir.

Bölgesel ısıtma sisteminin inşası, genel olarak uygulanan teknolojiye dayanmaktadır. Bölgesel ısıtma sisteminin inşası, genel olarak uygulanan teknolojiye dayanmaktadır. Bölgesel ısıtma sisteminin inşası, genel olarak uygulanan teknolojiye dayanmaktadır. Bölgesel ısıtma sisteminin inşası, genel olarak uygulanan teknolojiye dayanmaktadır.

Uygulamanın gerekçesi

Isı geri kazanımı uygulanmasının gerekçesi, birincil yakıtlardan tasarruf ve dolayısıyla CO₂ emisyonlarının ve diğer çevresel etkilerin azaltılmasıdır. Kombine ısı ve güç üretiminin uygulanması için gerekçeler arasında çevresel faydalar, daha iyi YF işletimi ve yüksek yatırım maliyetlerinden kaçınılması yer alır.

Örnek tesisler

Avusturya'nın Graz kentindeki Marienhütte referans tesisinde EAF'den yılda yaklaşık 40 GWh (35 ton/yükleme) geri kazanılır ve bölgesel ısıtma şebekesine beslenir (2005'teki durum). Bölgesel ısıtma ayrıca İsveç'in Luleå şehrindeki Ovako Hofors, SSAB'de ve Finlandiya'daki Ruukki sinter tesisinde uygulanmaktadır.

Bir kombine ısı ve güç santrali bölgesi olarak İsveç'in Luleå kentindeki SSAB Lulekraft'ta ısı üretilmektedir. 2003 yılı başından sonuna kadar bölgesel ısıtma sistemine 12995 GWh sıcak su verilmiştir. Ağır yakıt yağı kullanılarak aynı miktarda ısı üretilmiş olsaydı (%90'lık bir geri kazanım ve 0,0879 ton CO₂/GJ'lik özgül bir CO₂ değeri varsayılarak) yaklaşık 4,5 Mt CO₂ üretilmiş olurdu. Aynı koşullar kullanılarak, önlenen NO_x ve SO_x miktarları sırasıyla yaklaşık 1800 ve 600 ton olarak hesaplanabilir. Elektrik gücü, İsveçli çelik levha üreticisi SSAB Tunplåt AB'nin ihtiyacını karşılamakta ve ayrıca başka yerlerde kullanılabilecek fazladan elektrik sağlamaktadır. Isı üretimi, Luleå'da (22000 hanenin bulunduğu) toplam bölgesel ısıtma ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca yerel bir biyokütle tesisi, sistemdeki fazla enerjiyi kullanmaktadır.

2004 yılı için bir sistemden sağlanan toplam enerji Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10: Bir yerleşim için ısı ve elektrik enerjisi üreten bir kombine ısı ve güç santralinin örneği

Yakıt girdisi (GWh)		Enerji çıktısı (GWh)	
Gaz	2075	Toplam enerji ihracı	1472
Yağ	82	Bölgesel ısıtmaya verilen sıcak su	751
		Elektrik enerjisi ihracı	613
		Buhar ihracı	27
		Kurutma gazı ihracı	81
Kaynak: [208, Lindfors ve diğ. 2006].			

İsveç'teki Hofors Enerji AB, Ovako Hofors'a ve Hofors sakinlerine yılda toplam yaklaşık 130 GWh enerji sağlamaktadır. Bunun üçte biri buhar, kalanı ise sıcak su şeklindedir. Atık ısıdan yararlanmak yılda 4000 m³'e varan ek tasarruf sağlar. Toplamda bu, Ovako Hofors için CO₂ emisyonlarında yılda 23000 ton azalma anlamına gelir.

Ovako Hofors ve Hofors Enerji AB arasındaki iş birliğinin bir sonucu olarak, Hofors sakinlerine, binalardaki yağ tüketimini yılda 4000 m³ azaltan bölgesel ısıtma sağlanmaktadır. Bu, CO₂ emisyonlarında yaklaşık 11000 t/yıl azalma anlamına gelir.

Finlandiya'da Raahen Energia'ya sağlanan kentsel merkezi ısıtma 160.000 MWh/yıl'dır ve bu, yılda yaklaşık 18.000 ton ağır yakıt yağından tasarruf edilmesini sağlar. Benzer miktarda enerjinin yerine Raahen Steel Works'in, bölgesel ısıtma sistemi ve atık ısı kullanımı olmadan ısı üretimi için kullanılacak dahili yakıtları, buharı ve elektriği kullanılır. Ayrıca, atık ısının Raahen Energia'ya satılmasının mümkün olduğu durumlarda çelik fabrikasındaki enerji tüketimi azalmıştır.

Bölgesel ısıtmanın başka bir örneği, 139 GWh/yıl ile Avusturya'nın Linz kentindeki Voestalpine Stahl GmbH'de gerçekleşmektedir.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [277, Wiesenberger 2007] [281, Eurofer 2007]

2.5.2.4 Frekans kontrollü pompalar ve fanlar

Açıklama

Sanayi bölgesine merkezi ısıtma sağlamak için kullanılan pompaların analizi, gereken pompalama gücü genellikle çok düşük olmasına rağmen, pompaların hepsinin sürekli olarak yüksek güçte çalıştığını göstermektedir.

Modern pompaların ve fanların çoğu frekans kontrollü olabilir ve bu nedenle debi için istenen ayar noktası değerini elde etmek üzere herhangi bir dönüş hızına (rpm değeri) ayarlanabilir. Frekans kontrollü pompaların ve fanların ve değişken hızlı tahriklerin kullanılması, farklı proses koşullarının gereksinimlerine göre su debilerinin ve çıkış gazı debilerinin daha iyi ve daha hızlı bir şekilde ayarlanmasını sağlar. Ek sistemlerin optimizasyon önlemleri şunları içerir:

- Pompaların kapatıldığında ana enerji kaynağından tamamen ayrılması,
- Mevcut pompaların daha küçük ve yüksek verimli pompalarla değiştirilmesi ve
- Yüksek verimli motorların kurulması.

En yüksek enerji tasarrufu, ayrı sistemlerin bileşenlerini ayrı ayrı ele almak yerine enerji kullanan sistemlerin bir bütün olarak optimize edilmesi durumunda elde edilir. Dolayısıyla, tasarruf operasyonlarında sistem analizine odaklanılır. Bir pompa sistemindeki bileşenler, örneğin değişken hızlı tahrik, elektrik motoru, dişli kutusu, pompa ve borular ve ölçüm ve kontrol ekipmanlarını

içerir. Kullanılan enerjiyi optimize edecek önlemler her pompa sistemi için ayrı ayrı geliştirilmeli ve ekonomik açıdan değerlendirilmelidir. Her bir sistemin ihtiyaç parametrelerinin (basınç, debi, sıcaklık seviyesi vb.), mevcut çalışma parametrelerinin ve sistem bileşenlerinin ayrı ayrı analiz edilmesi önemlidir. Tüm bileşenlerin ince ayarı ve etkileşimleri de bir optimizasyon planına dahildir. Bu, bir sistemin mümkün olan en iyi genel verimliliğinin ve enerjinin en verimli kullanımının adım adım belirlenmesini sağlar.

Elde edilen çevresel faydalar

Değişiklikler, elektrik enerjisinde önemli tasarrufların yanı sıra daha az bakım maliyeti ve daha az üretim kesintisi sağlar.

Verimlilik önlemleri, iklim değişikliğinin hafifletilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. İsveç'teki SSAB Oxelösund AB'nin yıllık elektrik enerjisi tasarrufu 3,2 GWh'dir. Bu yılda yaklaşık 250 tCO₂ azaltımı anlamına gelir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, örneğin LD prosesinde, çıkış gazı temizleme suyuna, davlumbazın ve lansın soğutma suyuna ve çıkış gazı emme fanları ve benzeri ekipmanlara uygulanabilir. Proses güvenliği için pompaların güvenilirliğinin çok önemli olduğu uygulamalarda frekans kontrollü pompalar kullanılamaz. Pompa sistemi teknolojisi, endüstride ve üretimde yaygın olarak kullanılan disiplinler arası bir teknoloji olduğundan, birçok farklı türden şirket bu deneyimlerden faydalanabilir.

Ekonomik boyut

Genellikle bir sistem optimizasyonu bir elektromotor sisteminin enerji tüketimi %30 oranında veya daha fazla azaltabilir. Enerji maliyetlerindeki azalma, genel olarak, yatırımların %30 ile %50 arasında bir yatırım getirisi ile iki ila üç yıl içinde kendini amorti etmesi anlamına gelir.

Optimize edilmiş enerji tüketimine sahip bir pompa sisteminin ömrü de daha uzundur ve tesisin kullanılabilirliği artar. Daha düşük bir mekanik yük aynı zamanda bakım maliyetini de azaltır.

Almanya'nın Ulm şehrindeki Ulm GmbH'de bölgesel ısıtma için enerji tasarrufu ve verimlilik parametreleri şunları içerir:

- Elektrik tasarrufu: %64 veya 325000 kwh/yıl
- Maliyet tasarrufu: 32500 EUR/yıl
- Yatırım: 67000 EUR
- Geri ödeme süresi: 2,1 yıl
- Yatırım getirisi: %48

İsveç'teki SSAB Oxelösund'da, gerekli değişiklikler için toplam tasarruf potansiyeli, yalnızca enerji tasarrufuyla yılda 55000 EUR'yi aşmaktadır (0,033 EUR/ kWh fiyat üzerinden). Bu durumda yatırım yapılmadan tasarruf sağlanabilir. Daha fazla enerji tasarrufu elde edilebilir, ancak bu sadece yatırımdan sonra mümkündür.

Uygulamanın gerekçesi

Gerekçe esas olarak ekonomi ile ilgilidir.

Örnek tesisler

Bu teknik, İsveç'teki SSAB Oxelösund AB'de uygulanmaktadır.

Almanya'nın Ulm şehrindeki Ulm GmbH, Ulm Tuna Vadisinde atık yakıtlı bir ısıtma tesisi ve bir pik yük ısıtma tesisi işletmektedir ve Almanya'nın Wiblingen kentsel alanına enerji tedarik etmektedir.

Referans literatür

[34, dena 2007] [208, Lindfors ve diğ. 2006]

2.5.3 Proses gazıyla çalışan enerji santrallerinde NO_x'in azaltılması

Prensip olarak, NO_x emisyonlarını azaltmak için birincil ve ikincil önlemler uygulanabilir. İkincil önlemlerin hem termal hem de yakıt NO_x üzerinde etkisi vardır.

2.5.3.1 NO_x'in birincil önlemlerle azaltılması

Açıklama

Birincil önlemler yalnızca termal NO_x'i azaltabilir. Aşağıdaki birincil önlemler tek tek veya birlikte uygulanabilir:

- Düşük NO_x brülörlerinin kullanımı
- Baca gazı devridaimi
- Stokiyometrik altı brülörlerle artık yanma için üst hava enjeksiyonu
- İndirgeme yakıtı enjeksiyonu
- Hava kademelendirme
- Yakıt kademelendirme.

Tüm bu önlemler yanma sıcaklığını ve oksijenin kısmi basıncını düşürür. Sonuç olarak, NO_x emisyonları önemli ölçüde azalır. Yanma sıcaklığı giriş gazının ısıl değerine bağlıdır. Proses gazına daha fazla baca gazı (yanabilir bileşenler içermeyen) karıştırılarak sıcaklık düşürülür.

Düşük NO_x brülörlerinin kullanılması ve baca gazı devridaimi

Bu, dikkatli bir şekilde uyumlulaştırılmış yakma teknikleriyle birlikte kullanılması gereken en etkili azaltma önlemlerinden biridir.

Düşük NO_x brülörleri ve ayrıca harici baca gazı devridaimi kullanılarak günlük ortalama 80 – 90 mg/Nm³ termal NO_x değerine ulaşılabilir. KFG'nin doğal gazla (YF gazı olmadan) birlikte yanması ile günlük ortalama yaklaşık 90 mg/Nm³ değerlerine ulaşılabilir.

Hem düşük NO_x brülörleri kullanarak hem de baca gazı devridaimi uygulayarak, yaklaşık %40'lık bir azalma sağlanması mümkündür, ancak yalnızca düşük NO_x brülörleri kullanılarak %30 NO_x azaltımı ve yalnızca baca gazı devridaimi uygulanarak %15 NO_x azaltımı sağlanabilir.

Termal NO_x ve yakıt NO_x'in eklenmesi nedeniyle, bu birincil önlem ve tipik KFG bileşimleri kullanılarak günlük ortalama yaklaşık 210 mg/Nm³ düzeyinde NO_x emisyonlarına ulaşılacaktır.

Ayrıca aşağıdakiler gibi diğer proses parametrelerinin NO_x emisyonları üzerinde daha karmaşık etkileri vardır:

- Fırın alanı yükü (kısmi yük/tam yük)
- İlaveten yf gazının aynı anda yanması (düşük yanma sıcaklığı)
- Üst hava enjeksiyonu.

Ek önlem olarak üst hava enjeksiyonu

Artık yakıtın yakılmasında baca gazı devridaimi ile birlikte düşük NO_x brülörlerinin kullanılmasına ek olarak üst hava enjeksiyonu uygulanır, ancak mevcut bir tesiste bu daha az verimlidir.

Alternatif bir önlem olarak üst hava enjeksiyonu

Seçeneklerden biri, düşük NO_x brülörü ve baca gazı devridaiminin birlikte kullanılması olabilir. Artık baca gazını yakmanın başka bir yolu, bir brülörü stokiyometrik olarak yakmak ve daha sonra tam yanma için gerekli havayı sağlamaktır. İlk seçeneğe kıyasla, NO_x azaltımı yalnızca üçte bir oranındadır. Ayrıca, duvarların yakınında korozyona yol açan CO'yu artırarak baca gazını tamamen yakmak için fırına düzenli olarak hava enjekte edildiğinde teknik sorunlar ortaya çıkabilir.

İndirgeme yakıtının enjeksiyonu

NO_x azaltımının başka bir yolu, son brülör seviyesi ile üst hava arasına örneğin geri dönüştürülmüş egzoz gazı ve doğal gaz karışımı olan indirgeme yakıtının enjeksiyonudur. Ancak, aynı zamanda düşük NO_x brülörleri kullanıldığında bu verimli olmaz.

Hava kademelendirme

Alevin etrafında farklı miktarda oksijen içeren bazı yanma bölgeleri vardır. Bu nedenle yanma alanı daha genişir ve alevde kalma süresi daha uzundur. Kademelendirme doğrudan brülörde veya fırın alanında yapılabilir.

Yakıt kademelendirme

Hava kademelendirmede olduğu gibi, yakıt genellikle iki kademede fırın alanına verilir. NO_x azaltımının sonuçları benzerdir.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu önlemlerle Tablo 2.11'de verilen NO_x azaltma verimleri elde edilebilir.

Tablo 2.11: Birincil önlemler için NO_x azaltma verimliliği

Uygulanan birincil önlem	NO _x azaltma verimliliği (%)
Düşük NO _x brülörü	28
Baca gazı devridaimi	13
Stokiyometrik altı brülörlerle artık yanma için üst hava enjeksiyonu	23
İndirgeme yakıtının enjeksiyonu	13
Düşük NO _x brülörü ve baca gazı devridaimi	38

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Demir-çelik endüstrisindeki yeni ve tamamen yenilenmiş büyük yakma tesislerinde düşük NO_x brülör sistemlerinin kurulumu gibi birincil veya prosese entegre önlemler uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Referans enerji santralleri: Voestalpine Stahl GmbH, Linz/AvusturyaTKS, Huckingen-Duisburg/Almanya

Referans literatür

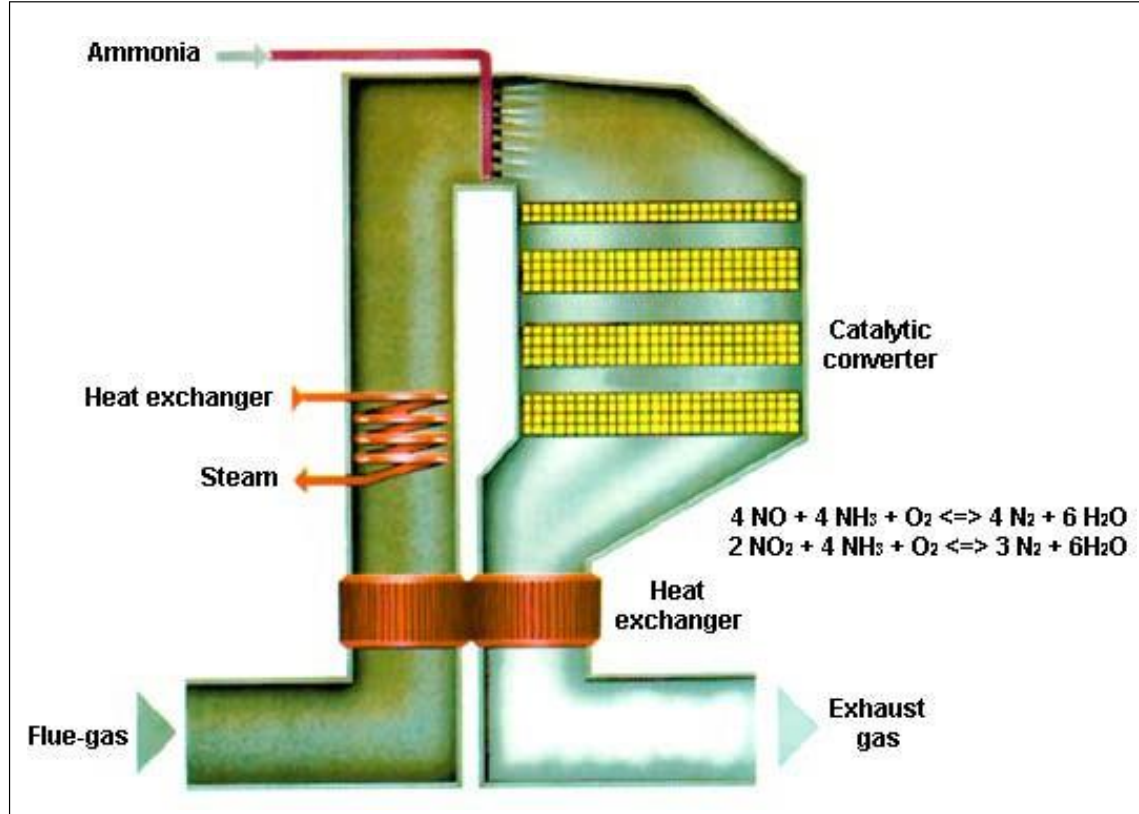
[140, Eurofer 2009] [281, Eurofer 2007] Birincil önlemlerle NO_x azaltımı hakkında daha fazla bilgi Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref'de (LCP) bulunabilir [282, EC 2006].

2.5.3.2 NO_x'in ikincil önlemlerle azaltılması

2.5.3.2.1 Seçici katalitik indirgeme (SCR) ile NO_x azaltımı

Açıklama

Baca gazına amonyak enjekte edilerek NO_x moleküler azota (N₂) ve suya (H₂O) dönüştürülür. Katalitik dönüştürücüyü bloke eden amonyak tuzlarının oluşmasını önlemek için 320 °C'nin üzerinde bir sıcaklık gereklidir. Şekil 2.16'da, bir katalitik NO_x dönüştürücünün tipik konfigürasyonu gösterilmektedir.



Şekil 2.16: Katalitik NO_x dönüştürücü

Tesisteki katalitik dönüştürücünün konumuna bağlı olarak üç seçenek vardır:

- Yüksek toz tekniği
- Düşük toz tekniği
- Son uç tekniği.

Yüksek tozlu bir tesiste, katalitik dönüştürücü ekonomizör ile hava ön ısıtıcısı arasına yerleştirilir. Gerekli katalitik reaksiyon sıcaklığı 300 – 400 °C aralığındadır. İşletme ve gaz girdilerinin çok çeşitli olması nedeniyle, entegre bir çelik fabrikasının enerji santralinde sabit bir sıcaklık verilmemektedir.

Yüksek tozlu tesis için çok fazla alan gerekir çünkü tüm egzoz gazı yaklaşık 350 °C'de arıtılmalıdır. Egzoz gazı, fırın alanının dışında katalitik dönüştürücünden geçirilir ve geri verilmesi gerekir. Normalde NO_x konsantrasyonu (yaklaşık 100 mg/Nm³) düşüktür ve

bu nedenle sabit bir karıştırıcı olmadan NH₃'ü egzoz gazıyla karıştırmak zordur. Ayrıca, hava ön ısıtıcısının soğuk kısımlarında kükürt, ön ısıtıcının çıkışını tıkayabilen kükürt trioksit (SO₃) dönüştürülür. Diğer bir dezavantaj, yüksek toz içeriğidir.

Düşük tozlu tesislerde ve son uç tesislerinde, egzoz gazı sadece 50 – 130 °C'lık bir sıcaklıkla toz filtresinden (örneğin ESF) geçerek prosesi terk eder. Baca gazı tozdan neredeyse tamamen arındırılır, ancak katalitik dönüştürücüye girmeden önce ısıtılması gerekir. Bu, ısıtma sistemleri, ek brülörler veya buharla yapılabilir ve sonuç olarak verimlilik kaybı olur.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 2.12'de gösterildiği gibi, SCR tekniği ile egzoz gazındaki NO_x emisyonları ortalama olarak yıllık 80 mg/Nm³'ün altına düşürülebilmektedir.

Tablo 2.12: SCR tekniğini kullanan ve proses gazıyla çalışan beş ünite için performans verileri

Tesis	NO _x (mg/Nm ³)		
	2005	2006	2007
Üretim ünitesi 3	28	21	18
Üretim ünitesi 4	36	24	25
Üretim ünitesi 5	29	17	23
Üretim ünitesi 6	71	76	66
Bara	69	66	46
Gaz ve buhar türbini (¹)	15	16	17
⁽¹⁾ O ₂ referans içeriği: %15. Not: — Yıllık ortalamalar. — O ₂ referans içeriği: %3. Kaynak: [32, Voestalpine Linz 2008].			

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Yeni ve mevcut tesislerde SCR uygulanabilir. Olumsuz çapraz ortam etkilerinden (enerji ve kimyasal tüketimi, ek yatırım maliyetleri) kaçınmak için, SCR tekniği birincil önlemlerle birleştirilmelidir.

NO_x'i azaltmaya yönelik ikincil önlemlerin mevcut tesislere uyarlanması zor olabilir. Özellikle, bir SCR tesisi için yeterli alanın olması gerekir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/AvusturyaTKS,
Duisburg-Hamborn/Almanya

Referans literatür

[32, Voestalpine Linz 2008] [140, Eurofer 2009] [277, Wiesenberger 2007]

SCR hakkında daha fazla bilgi Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref (LCP) [282, EC 2006], Atık Yakmaya dair MET-Ref (WI) [285, EC 2006] ve Çimento, Kireç ve Magnezyum Üretim Endüstrilerine dair MET-Ref'de (CLM) [212, EC CLM BREF 2009] bulunabilir.

2.5.3.2.2 Seçici katalitik olmayan indirgeme (SCR) ile NO_x azaltımı

Açıklama

NO_x emisyonlarını azaltmak için başka bir teknik, seçici katalitik olmayan indirgemedir (SNCR). Bir katalizör gerektirmez, ancak yaklaşık 900 ila 1000 °C gibi daha yüksek bir sıcaklık seviyesinin sağlanması gerekir. SNCR için yatırım gereksinimi genellikle SCR'den daha düşüktür (özellikle atık gaz sıcaklığı yeterince yüksekse), ancak bu sıcaklık aralığında termal NO_x oluşumu nedeniyle indirgeyici maddeleri (örneğin sudaki NH₃) tüketimi daha yüksektir. İndirgeyici maddelerin enjeksiyonu, bir yük aralığının optimum sıcaklığının olduğu farklı aşamalarda yapılmalıdır. Bunu kontrol etmek zor olabilir ve prosese göre dikkatlice uyarlanmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Proses gazı yakılan enerji santrallerinde SNCR uygulamasına ilişkin herhangi bir bilgi sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[140, Eurofer 2009]. SNCR hakkında daha fazla bilgi Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref (LCP) [282, EC 2006], Atık Yakmaya dair MET-Ref (WI) [285, EC 2006] ve Çimento, Kireç ve Magnezyum Üretim Endüstrilerine dair MET-Ref'de (CLM) [212, EC CLM BREF 2009] bulunabilir.

2.5.4 Malzeme yönetimi

2.5.4.1 Hurda kullanımını iyileştirme teknikleri

Açıklama

EAF ve BOF prosesleri, farklı yöntemlere ve çelik kalitelerine göre farklı türde demirli hurda gerektirir. Bu nedenle satın alınan veya fabrika içinde üretilen ve geri dönüştürülen hurdalar ayrı ayrı depolanmalıdır. Hurdalar ağırlıklarına, boyutlarına ve kimyasal analizlerine göre nitelendirilir. Hurda terminalinde her türlü hurda için ayrı bunkerler bulunmaktadır.

İşletmecilerin ağır metal veya diğer istenmeyen veya tehlikeli madde içerikleri nedeniyle işlemeye uygun olmayan hurdaları reddetmelerine yardımcı olabilecek çeşitli teknikler

vardır. Bu tekniklerden bazıları, işletmecinin kullanılan hurdayı nitelendirmesine yardımcı olabilir. Bu nitelendirme işleminde titizlik gösterilmesi, sonraki işlemler (örneğin EAF, BOF) için elzemdir. Kabul prosedürlerine yeterince uyulmaması, beklenmeyen emisyon profillerine neden olabilir.

Hurda kullanımını iyileştirmeye yönelik bazı teknikler şunları içerir:

- hurda satın alma siparişlerinde üretim profiline uygun kabul kriterlerinin belirtilmesi
- hurdanın kaynağını yakından izleyerek hurda bileşimi hakkında iyi bir bilgiye sahip olunması; istisnai durumlarda, bir ergime testi hurdanın bileşiminin belirlenmesine yardımcı olabilir.
- yeterli kabul tesislerine sahip olunması ve teslimatların kontrol edilmesi
- tesiste kullanılmaya uygun olmayan hurdaları kenara ayırmak için prosedürlere sahip olunması
- hurdanın farklı kriterlere göre depolanması (örneğin boyut, alaşımlar, temizlik derecesi); toprağa kirletici salımına neden olabilecek hurdaların drenaj ve toplama sistemi olan geçirimsiz yüzeylerde depolanması; böyle bir sisteme olan ihtiyacı azaltabilecek bir çatinın uygulanması
- üretilecek çelik kalitesi için en uygun hurdayı kullanmak üzere bileşim bilgisini dikkate alarak farklı eriyikler için hurda yükünün bir araya getirilmesi (bu, bazı durumlarda istenmeyen elementlerin varlığını önlemek ve diğer durumlarda hurdada bulunan ve üretilecek çelik kalitesi için gerekli olan alaşım elementlerinden yararlanmak için şarttır)
- fabrika içinde üretilen tüm hurdaların geri dönüşüm için hurdalığa derhal geri gönderilmesi
- bir operasyon ve yönetim planına sahip olunması
- başta PCB ve yağ veya gres olmak üzere tehlikeli veya demir içermeyen kirleticileri üretime dahil etme riskini en aza indirmek için hurdaların ayrılması. Bu normalde hurda tedarikçisi tarafından yapılır, ancak işletmeci güvenlik nedenleriyle tüm hurda yüklerini kapalı konteynerlerde denetler. Dolayısıyla, mümkün olduğu kadar kirletici maddeler açısından da kontrol etmek mümkündür. Küçük miktarlardaki plastiğin (örneğin plastik kaplı bileşenler) değerlendirilmesi gerekebilir
- radyoaktivite kontrolü (bkz. Bölüm 2.3.1)
- cıva içeren bileşenlerin çıkarılması, Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi (2000/53/EC) ve Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar (WEEE) Direktifinin (2002/96/EC) bir gerekliliğidir. Bu hurda işleyicileri için bir zorunluluktur. Aşağıdaki iki önlem, uygulamayı artırmaya yardımcı olabilir:
 - hurda alım sözleşmelerinde cıva bulunmama şartının yer alması
 - görünür elektronik bileşenler ve düzenekler içeren hurdaların reddedilmesi.

Elde edilen çevresel faydalar

Hurda kalitesi bilgisi, beklenmeyen emisyonları tahmin etme olasılığını artırır. Cıva içeriğinin kabul edilmemesi cıva emisyonlarını azaltacaktır.

Bu tekniklerden bazıları ile BOF'de kullanılan maksimum hurda miktarı 200 kg/t çelikten 250 kg/t çeliğe çıkarılmıştır. BOF dönüştürücüde daha yüksek bir hurda oranı, genel olarak çevre ve enerji verimliliğinin yükseltilmesini sağlar.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Uygulama, prensipte, hurda kalitelerini ağırlık ve kimyasal analizlere göre sınıflandırmak zorunda olan tüm BOF ve EAF tesislerinde gerçekleştirilebilir.

Ekonomik boyut

Fabrika içinde üretilen tüm hurdaların tamamen geri dönüştürülmesi ve toplam hurda girdisindeki artış, maliyet tasarrufu sağlayabilir. Artan çelik üretimi, daha az yassı kütük satın alınması ve daha iyi karlılık anlamına gelir.

Uygulamanın gerekçesi

Burada bahsedilen tekniklerden bazıları, uygulamanın gerekçelerini temsil eden çelik üretiminin artırılmasına, maliyetlerin düşürülmesine ve çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olabilir.

Örnek tesisler

Ruukki Production, Raahen Works, Finlandiya.

Açıklanan tekniklerin çoğu, tüm Avrupa ülkelerinde EAF ve BOF tesisleri için yaygın uygulamalardır.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [240, UKEA 2004] [278, J-P.Birat ve diğ. 2002] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [280, Aguado-Monsonet 2007] [394, Colletta ve diğ. 2002]

2.5.4.2 Malzemelerin depolanması, kullanılması, taşınması ve harmanlanmasından kaynaklanan yaygın emisyonları azaltma teknikleri

Açıklama

Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara İlişkin MET-Ref (EFS) [283, EC 2006] bu alanların birçoğunu ayrıntılı olarak kapsar ve okuyucunun bu ayrıntılar için bu belgeye başvurması önemle tavsiye edilir.

Entegre çelik fabrikalarında ve elektrik ark fırını tesislerinde, boşaltma, depolama, taşıma ve nakliye sistemlerinden kaynaklanan yaygın birincil emisyonlar ortaya çıkabilir. İkincil toz emisyonları örneğin tozlu malzemelerin depolama alanlarından veya bertaraf noktalarından havaya toz yayılması, trafik hareketlerinden dolayı yollardaki tozun havaya yayılması ve araç tekerleklerinin ve şasisinin kontamine olmasıyla meydana gelir.

Yaygın emisyonlar, üretim proseslerinden de yayılabilir. Malzeme depolama, taşıma ve aktarma dışındaki yaygın düşük seviyeli kaynaklar hakkındaki bilgiler (örneğin kalıntıların sahada işlenmesi, kırma, eleme, yükleme, ergitme, akıtma sırasında yetersiz çekim nedeniyle salınan emisyonlar) ilgili bölümlerde bulunabilir. Bu yaygın emisyonlara genellikle ikincil çıkış gazları denir.

Yukarıda listelenen kaynaklardan çıkan demir-çelik fabrikası yaygın toz emisyonlarını en aza indirmeye yönelik temel teknikler aşağıda verilmiştir.

Genel teknikler şunları içermelidir:

- çelik fabrikalarının bir çevre yönetim sistemine (ÇYS) göre işletilmesi. Çelik fabrikalarının ÇYS'si içinde, yaygın toz emisyonlarına ilişkin bir eylem planı oluşturulmalıdır
- ortam havasında yüksek okuma değerlerine neden olan PM₁₀ kaynağı olarak tanımlanan belirli işlemlerin geçici olarak durdurulmasının değerlendirilmesi. Bunu yapabilmek için, temel ince toz kaynaklarını üçgenlemek ve tanımlayabilmek için ilgili rüzgâr yönü ve gücü izleme ile birlikte yeterli sayıda PM₁₀ izleyicisine sahip olmak gerekecektir.

Dökme ham maddelerin taşınması ve nakliyesi sırasında toz emisyonlarının önlenmesine yönelik teknikler şunları içerir:

- Uzun stok sahalarının hakim rüzgâr yönünde yönlendirilmesi
- Rüzgârdan koruma sağlamak için rüzgâr bariyerleri kurulması veya doğal araziden faydalanılması
- Teslim edilen malzemenin nem içeriğinin kontrol edilmesi

- Malzemelerin gereksiz yere taşınmasından ve kapalı olmayan uzun bırakma noktalarından kaçınmaya yönelik prosedürlere dikkat edilmesi
- konveyörlerde ve haznelere vb. yeterli muhafaza
- uygun olduğunda lateks gibi katkı maddeleri ile birlikte toz önleyici su sprejlerinin kullanılması
- ekipmanlar için sıkı bakım standartlarının uygulanması
- özellikle yolların temizlenmesi ve ıslatılmasını içeren yüksek temizlik standartlarının uygulanması
- mobil ve sabit elektrikli süpürge ekipmanlarının kullanılması
- toz bastırma veya toz çekme ve önemli ölçüde toz oluşumuna neden olan kaynaklarda emisyon azaltmak için bir torba filtre temizleme tesisinin kullanılması
- sert yüzeyli yolların rutin temizliğini gerçekleştirmek için emisyonu azaltılmış süpürme arabalarının kullanılması.

Malzeme teslimi, depolama ve ıslah faaliyetleri için uygulanan teknikler şunları içerir:

- Tozlu malzemeler için filtreli hava çekme ekipmanları ile donatılmış bir binadaki boşaltma hunilerinin tamamen kapatılması veya hunilerin toz yönlendiriciler ile donatılması ve boşaltma ızgaralarının bir toz çekme ve temizleme sistemine bağlanması
- Düşme yüksekliklerinin mümkünse maksimum 0,5 m ile sınırlandırılması
- Toz bastırma için su sprejlerinin kullanılması (tercihen geri dönüştürülmüş su kullanılarak)
- Gerektiğinde, tozu kontrol etmek için filtre üniteli depolama kutularının takılması
- Kutulardan geri kazanım için tamamen kapalı cihazların kullanılması
- Gerektiğinde, zeminde kontaminasyon riskini azaltmak için hurdanın kapalı ve sert yüzeyli alanlarda depolanması (sahanın boyutunu ve dolayısıyla emisyonları en aza indirmek için tam zamanında teslimat yapılarak)
- Stoklarda bozulmaların en aza indirilmesi
- Yüksekliğin sınırlandırılması ve stokların genel şeklinin kontrol edilmesi
- Depolama ölçeği uygunsa, harici depolama yerine bina içi veya kap içi depolamanın kullanılması
- Açık alanlarda doğal arazi, toprak setleri veya uzun otların ve yaprak dökmeyen ağaçların dikilmesiyle rüzgâr kıranların oluşturulması. Bu sadece estetik açıdan yarar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu bitki örtüsü, uzun vadede zarar görmeden tozu yakalayabilir ve emebilir
- Atık ve cüruf yığınlarının hidro-tohumlanması
- Kullanılmayan alanları üst toprakla kaplayarak ve bu alanlardan tozun kalkmasını en aza indirecek şekilde çimen, çalı ve diğer zemin kaplayıcı bitkiler ekerek/dikerek sahanın yeşillendirilmesi
- Dayanıklı toz bağlayıcı maddeler kullanılarak yüzeyin nemlendirilmesi
- Tozun kalkmasını en aza indirmek için yüzeyin muşamba ile örtülmesi veya stoklanan malzemelerin kaplanması (örneğin lateks)
- Açıkta kalan yüzeyi azaltmak için istinat duvarlı depolama uygulanması
- Gerektiğinde, betonla kaplı ve drenajlı geçirimsiz yüzeylerin kullanılması bir önlem olabilir.

Yakıt ve ham maddelerin deniz yoluyla taşındığı ve toz salımının önemli düzeyde olabileceği durumlarda uygulanabilecek teknikler şunları içerir:

- İşletmeciler tarafından kendi kendini boşaltan kapların veya kapalı sürekli boşaltıcıların kullanılması. Aksi takdirde, kepçe tipi gemi boşaltıcılar tarafından üretilen toz, malzemenin yeterli nem içeriğinin sağlanması, düşme yüksekliklerinin en aza indirilmesi ve gemi boşaltıcı hunisinin ağzında su sprejleri veya ince su sisleri kullanılması yoluyla en aza indirilmelidir.
- Sinter tesisi elektrostatik filtrelerinin sodyum klorürle kirlenmesine yol açacağından, cevherlere veya eritken maddelere su püskürtülmesinde deniz suyu kullanılmaması. Ham maddelerdeki ek klor girdisi de emisyonların (örneğin PCDD/F) artmasına yol açabilir ve filtre tozu devridaimini engelleyebilir

- Toz halindeki karbon, kireç ve kalsiyum karbürün sızdırmaz silolarda depolanması ve pnömatik olarak taşınması veya kolayca sürüklenebileceklerinden ve kuru tutulmaları gerektiğinden sızdırmaz torbalarda depolanıp transfer edilmesi.

Tren veya kamyon boşaltma teknikleri şunları içerir:

- gerekirse (toz emisyonu), genel olarak kapalı bir tasarıma sahip özel boşaltma ekipmanlarının kullanılması

Önemli ölçüde toz salımına yol açabilecek kolayca sürüklenbilir malzemeler için bazı teknikler şunları içerir:

- Tamamen kapatılabilen ve bir torba filtre tesisine çekim yapabilecek transfer noktaları, titreşimli elekler, kırıcılar, huniler ve benzer ekipmanların kullanılması
- Etkiler tek bir ortamla sınırlı olduğundan ve dökülen malzemenin geri dönüşümü basitleştirildiğinden, dökülen malzemenin temizlenmesi için yıkama yerine merkezi veya yerel vakumlu temizleme sistemlerinin kullanılması.

Cürufların taşınması ve işlenmesine yönelik teknikler şunları içerir:

- Kurutulmuş yüksek fırın cürufu ve çelik cürufları toza neden olabileceğinden, cüruf taşıma ve işleme için taneli cüruf stoklarının nemli tutulması
- Toz emisyonlarını verimli şekilde çekecek sistemler ve torba filtreler ile donatılmış kapalı cüruf kırma ekipmanlarının kullanılması.

Hurda taşıma teknikleri şunları içerir:

- Araç hareketlerinden kaynaklanan tozun kalkmasını en aza indirmek için hurdaların örtü altında ve/veya beton zeminlerde depolanması

Malzeme taşıma sırasında dikkate alınması gereken teknikler şunları içerir:

- Halka açık kara yollarından erişim noktalarının en aza indirilmesi
- Çamur ve tozun halka açık yollara taşınmasını önlemek için tekerlek temizleme ekipmanlarının kullanılması
- Malzeme nakliyesi ve yolların temizlenmesi sırasında toz bulutu oluşumunu en aza indirmek için ulaşım yollarına beton veya asfalt gibi sert yüzeylerin uygulanması
- Araçların belirlenen rotalara girişinin çitler, hendekler veya geri dönüştürülmüş cüruf yığınları ile sınırlandırılması
- Tozlu yolların su püskürtülerek ıslatılması (örneğin cüruf taşınırken)
- Dökülmeleri önlemek için nakliye araçlarının aşırı doldurulmaması
- Nakliye araçlarının taşınan malzemeyi kaplayacak şekilde örtülmesinin sağlanması
- Aktarım sayısının en aza indirilmesi
- Kapalı veya muhafazalı konveyörlerin kullanılması
- Mümkün olduğunda, genellikle malzemelerin bir banttı diğerine boşaltılmasıyla sağlanan sahalar genelinde yön değişiklikleriyle malzeme kayıplarını en aza indirmek için boru şeklindeki konveyörlerin kullanılması
- Eriyik metal aktarımı ve pota taşıma için iyi uygulama teknikleri
- Konveyör aktarım noktalarının tozsuzlaştırılması.

Elde edilen çevresel faydalar

Malzemelerin depolanması, taşınması, aktarılması ve harmanlanmasından kaynaklanan yaygın toz emisyonlarını azaltmaya yönelik tekniklerin kullanılmasının çevresel faydası, toz emisyonlarının önlenmesidir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Birleşik Krallık'taki tüm demir-çelik fabrikaları.

Referans literatür

[31, Caughlin, R. 2009] [165, VDI/DIN 1999] [240, UKEA 2004] [283, EC 2006]

2.5.4.3 Ham maddelerin kullanılması, harmanlanması ve karıştırılmasından kaynaklanan suya salımları kontrol etme teknikleri

Açıklama

Başta cevher, kömür ve ham madde stoklama alanları olmak üzere tüm açık alanlardan gelen yağmur suyu yüzey akışı, askıda katı maddeler içerir. Bu yağmur suyu yüzey akışı durdurulmalı ve askıda katı maddeler çöktürme veya diğer tekniklerle uzaklaştırılmalıdır. Depolama ve harmanlama alanlarından deşarj edilen suyun potansiyel olarak hassas alıcıların yakınında olduğu durumlarda suyun kalitesinin izlenmesi için düzenlemeler yapılmalıdır.

Satın alınan hurdanın taşındığı ve depolandığı alanlar, yağmur suyunun yağ ve kimyasalların sızması nedeniyle potansiyel olarak kontamine olmuş atık su kaynaklarıdır. Çevresel riskin ihmal edilebilir olduğu gösterilmediği sürece (örneğin temiz hurda depolama), hurdalar geçirimsiz bir yüzeye sahip sert yüzeyli alanlarda ve deşarjdan önce bir kesici tuzak gibi uygun bir drenaj sistemi ile depolanmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Suya salınan emisyonların azaltılması, bu tekniğin çevresel faydalarından biridir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Birleşik Krallık'taki tüm demir-çelik fabrikaları.

Referans literatür

[240, UKEA 2004]

2.5.4.4 Demir açısından zengin kalıntılar için özel geri dönüşüm tesisleri**2.5.4.4.1 OxyCup® şaft fırını****Açıklama**

Entegre OxyCup® tesisi, üç modüler çalışma parçasından oluşur: Tuğla üretimi, yükleme tesisleri ve OxyCup® şaft fırını. Süreç tuğla yapımı ile başlar ve çelik tesisine sıcak metal tedariki ile sona erer. Tuğla üretimi için, karbon, demir ve demir oksit içeren toz giderme tesislerinden çıkan çamur ve toz, demir içeren diğer topaklı malzemeler ve kok ile birlikte yuvarlak kütleler halinde bir araya getirilmelidir. Briketleme, ince tanelere bir bağlayıcı ve su ile kok mıcırının eklenerek bu kütlelerin briket haline getirilmek üzere preslendiği, kurutulduğu ve sertleştirildiği soğuk bir prodestir. Soğuk bağlamalı, kendiliğinden indirgenen tuğlalar şaft fırınının tepesinden yüklenir, indirgenerek ergitilir ve sıvı demire dönüştürülür. Sıcak metal ve cüruf, son ürün olarak fırından çıkarılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir OxyCup® şaft fırınında entegre geri dönüşüm ile harici arıtma veya düzenli depolama ihtiyacı büyük oranda ortadan kaldırılacaktır. Bu yöntemin bir diğer avantajı da, orijinal üretim tesislerine benzer olması ve bu nedenle proses gazlarının ve cürufun entegre bir tesisin altyapısına entegre edilmesine olanak tanımasıdır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Almanya, Duisburg-Hamborn'daki OxyCup® şaft fırını yılda 170.000 ton sıcak metal üretmektedir.

Uygulanabilirlik

OxyCup® şaft fırınları özellikle entegre demir-çelik fabrikaları için uygundur. Bu yeni proses, topaklı pota dibi gibi tüm malzemelerin yanı sıra karbon ve demir içerikleri açısından yeterli geri dönüştürülebilirlik potansiyeline sahip ince taneli tozlar ve çamurlar için de uygundur.

Ekonomik boyut

OxyCup® tesisi, çevre koruma ile maliyet etkinliğini optimum şekilde birleştirir ve kaynak verimliliğini artırmak için sürdürülebilir kalkınmaya değerli bir katkı sağlar.

Uygulamanın gerekçesi

Ham madde, harici arıtma ve atık bertarafı fiyatlarındaki keskin artışlar nedeniyle daha yüksek ekolojik ve ekonomik verimlilik, uygulamanın gerekçeleri arasındadır.

Örnek tesisler

Thyssen Krupp Stahl, Duisburg-Hamborn/Almanya

Referans literatür

[6, Volkhausen, W. 2008] [10, Kessler, K. 2005] [12, VDEh 2006]

2.5.4.4.2 DK prosesi**Açıklama**

DK prosesi, bir sinter tesisi ve bir yüksek fırından oluşur. Bu proses, ham maddelerin kalitesinde tipik demir üretim proseslerinden farklıdır; bu nedenle farklı bir ön işlem gerektirir. DK prosesinde kullanılan ham maddelerin

%80'inden fazlası, yüksek fırınlardan ve BOF'tan kaynaklanan tozlar ve çamurların yanı sıra hadde tufalinden oluşur. Ayrıca, demir açısından zengin başka birçok artık kullanılabilir ve kullanılmaktadır.

Ham maddelerin hazırlanmasındaki ilk adım, sinterlemedir. Bu proseste tozlar, çamurlar ve hadde tufali yüksek fırına yükleme için hazırlık olarak yuvarlak kütleler halinde bir araya getirilir (aglomerasyon). Bu aglomerasyonda, ince malzeme kireç ve kok mıcırı ile karıştırılır ve dönen bir palet bandı üzerine bir tabaka koyulur. Bir ateşleme fırınındaki bir gaz brülörü, üst tabakadaki kok mıcırını ateşler. Ateşlemenin ardından, yanma cephesi (1300 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta), bandın altından bir emme basıncı ile tabaka içinden aşağı doğru çekilir. Yanma cephesi, bandın sonundaki tabakanın tabanına ulaştığında aglomerasyon prosesi sona erer. Daha sonra aglomeralar çıkarılır ve bir soğutucuya gönderilir.

Bundan sonra sinter, indirgeyici olarak kok ile birlikte yüksek fırında işlenerek özel dökümhane pik demirine dönüştürülür. Sıvı demir, bir pik döküm makinesinde dökülür ve dünya genelindeki dökümhanelere satılır. DK prosesinde kullanılan ham maddelerdeki yüksek çinko içeriği (ortalama %2 – 3) nedeniyle, yüksek fırın gazından temizlenen çamur, çinko endüstrisinde kullanılan saf çinko konsantresi olarak geri kazanılır.

Elde edilen çevresel faydalar

DK prosesi, tesislerin çelik fabrikası kalıntılarının işlenmesine uyarlandığı 1980'lerin başından beri kullanılmaktadır. O zamandan beri 5 milyon tondan fazla atık malzeme işlenerek çevrenin korunmasına ve kaynak verimliliğine önemli katkı sağlanmıştır. Prosesin yüksek değere sahip olduğunun kanıtı, kullanılan atık malzemelerin %4'ünden daha azının düzenli depolamaya gönderilmesi gereken atık olarak sonuçlanmasıdır.

Çapraz ortam etkileri

Agglomerasyon adımının metalürjik koşulları, atık gazda PCDD/F emisyonlarına neden olabilir. Dolayısıyla, atık gaz birkaç adımda arıtılır.

Çinko, alkaliler ve kurşun, yüksek fırın operasyonlarını olumsuz etkiler ve bu nedenle bunlara özel dikkat gösterilmelidir. Daha yüksek kok tüketimine, tortu oluşumuna ve refrakter malzemenin daha fazla aşınmasına yol açarlar.

İşletim verileri

- Atık kalıntı işleme: 500000 ton/yıl
- Pik demir üretimi: 300000 ton/yıl
- Yüksek fırın cürufu üretimi: 120000 ton/yıl
- Çinko konsantresi üretimi: 20000 ton/yıl

Uygulanabilirlik

DK prosesi, BOF ve yüksek fırınlardan çıkan toz ve çamurları işlemek için kullanılabilir. Ayrıca, hadde tufali ve demir açısından zengin diğer artıklar kullanılabilir. Çinko içeriği %10'a kadar çıkabilir (ortalama %2 – 3).

Ekonomik boyut

Döküm endüstrisinde pik demirin yanı sıra çinko endüstrisinde çinko konsantresi kullanımı, üretilen ürünlerin niteliksel olarak yüksek bir değere sahip olmasını ve uzun ömürlü kullanımını garanti eder. DK prosesinde düzenli depolamanın yerini geri dönüşüm alır.

Uygulamanın gerekçesi

Atık malzemelerin birikmesinin önlenmesi ve demir ve çinko kalıntılarının geri dönüştürülmesi uygulamanın gerekçeleri arasındadır.

Örnek tesisler

DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg/Almanya

Referans literatür

[8, Endemann, G. 2008] [12, VDEh 2006] [17, Hillman, C. ve Sassen, K.-J. 2006]

2.5.4.4.3 İzabe indirgeme prosesleri

Açıklama

Genel olarak, oksidik kalıntılardan metallerin pirometalürjik izabe indirgemesi, ilgili oksitlerin indirgenmesini (normalde indirgeyici olarak karbon kullanılarak) ve ardından metalleri diğer cüruf oluşturan bileşenlerden ayırmak için ergitme yapılmasını gerektirir.

Aşağıda açıklanan iki farklı proses türü (Primus® tekniği ve Redsmelt® prosesi) vardır.

İki aşamalı bir proses içeren Primus® tekniği, kurutma, ısıtma ve indirgemeyi başlatma amacıyla çok hazneli fırın (CHF) (Primus® Ön İndirgeme Ünitesi) ve ardından bir elektrik ark fırınının (EAF) (Primus® Ergitme Ünitesi) kullanımından oluşur ve demirin tamamen indirgenmesini ve sıcak metal, cüruf oluşumu ve çinko indirgeme işleminin tamamlanmasını sağlar. Bu teknik, EAF tozu, YF çamuru, çelik fabrikası çamuru ve yağlı hadde tufali çamuru gibi mevcut tesiste normalde geri dönüştürülemeyen tüm tipik demir-çelik üretimi artıklarının artırılmasına olanak tanır.

CHF'de artıklar (çok inceyse önceden peletlenmiş) ve kömür karışımı üstten yüklenir. Döner kollar, karşı akımlı bir gaz akışıyla kurutulan, ön ısıtmaya ve ön indirgemeye tabi tutulan yükü karıştırır ve taşır ve yük bir hazneden diğerine düşer.

İndirgeme için gereken karbon ve proses için gereken enerji tamamen uçucu kömür tarafından sağlanır.

Sonraki ergitme ünitesi (özel olarak tasarlanmış bir EAF), elektrotlar arasındaki bir oluk aracılığıyla sürekli olarak sıcak yüklemeye yüklenir. Bu elektrikli izabe tesisinde tam indirgeme, demir ve cüruf ergitme ve tam çinko giderme sağlanır. Çinko ve kurşun, çıkış gazı sistemine aktarılır ve pazarlanabilir bir çinko oksit konsantresi olarak geri kazanılır. Besleme malzemesinin demir içeriği, sıvı pik demir olarak geri kazanılır veya bir pik döküm makinesine akıtılır. Elde edilen yüksek fırın cürufuna benzer cüruf, yol yapımında kullanılabilir.

Redsmelt® prosesinde kalıntılar, karbon indirgeyici (antrasit veya düşük uçucu kömür) ile birlikte peletlenir, tek bir döner hazneli fırında (DHF) ön indirgemeye tabi tutulur ve ardından ergitme için elektrikli bir fırına sıcak yüklemeye yüklenir.

Peletler, döner haznenin üzerine ince bir tabaka halinde eşit şekilde yayılır ve enerji temini için gaz brülörleri kullanılarak tek bir fırın devrinde işlenir. Bu ön indirgeme fırını adını ayrıca bir elektrikli izabe tesisi takip eder.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu proses, demir, çinko ve kurşunun ve yol yapımında kullanılabilecek cürufun tamamen geri kazanılmasını sağlar ve böylece bu proses kalıntılarının düzenli depolama sahasına gönderilmesi ihtiyacını ortadan kaldırır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

İki tip ön indirgeme fırını (CHF ve DHF) farklı yeteneklere sahiptir.

CHF, ıslak ve yağlı malzemelerin yanı sıra yüksek çinko içeriğine sahip malzemeleri işleyebilir, daha basit malzeme hazırlığı gerektirir ve daha az yakıt tüketir. CHF yoluyla aktarım sırasında, girdi malzemelerinin yoğun şekilde karıştırılması, hızla ısınmalarını sağlar ve dolayısıyla proses verimliliğini en üst düzeye çıkarır. Metal oksitler, CO ve H₂ ile ön indirgemeye tabi tutulur. İndirgeme öncesi proses için enerji gereksinimi temel olarak uçucu kömürlerin yakılması ve ön indirgeme sırasında meydana gelen CO'nun sonradan yakılması ile karşılanır. Tablo 2.13'te, Lüksemburg'un Differdange şehrindeki Primus® tesisinin bazı işletim verileri yer almaktadır.

Tablo 2.13: Saatte 10 tonluk nominal üretim için tasarlanmış Differdange'deki Primus® tesisinin işletim verileri

	Veri	Birim
Çok hazneli fırın (Ön indirgeme ünitesi)		
Hazne iç çapı	7,7	m
Hazne sayısı	8	–
Çalışma sıcaklığı aralığı	800 - 1000	°C
Kömür tüketimi	300	kg/t
Elektrik ark fırını (Ergitme ünitesi)		
Kap iç çapı	3,5	m
Elektrik enerjisi	10	MW _e
İşletim sıcaklığı	1500	°C
Elektrik tüketimi	800 - 900	kWh/t
Kaynak: [140, Eurofer 2009].		

Lüksemburg'un Differdange şehrindeki Primorec S.A, Primus® tesisi, sekiz hazneli bir CHF ve çinko geri kazanımı için tam bir çıkış gazı arıtma sistemi ile donatılmış üç fazlı alternatif akımlı ergitme fırınından oluşur. CHF ve EAF'nin çıkış gazları birleştirilir ve bir torba filtre ile tozdan arındırılır. Ergitme ve ön indirgeme ünitelerinden uçucu metaller çıkarılarak torba filtrede geri kazanılır. Kireç ve aktif karbon enjeksiyonundan sonra, emisyonlar baca yoluyla salınmadan önce ikinci bir temizleme adımı gerçekleştirilir. Tablo 2.14'te, ana yönlendirilmiş çıkış gazı akışı için elde edilen temiz gaz konsantrasyonları gösterilmektedir.

Tablo 2.14: Yönlendirilmiş Primus® proses çıkış gazı için elde edilen temiz gaz konsantrasyonları (CHF ve EAF)

Parametre	Birim (¹)	Ortalama (²)
Debi	m ³ /s	113000
HCl	mg/m ³	1,30
HF	mg/m ³	0,09
CO	mg/m ³	295
NO ₂ olarak NO _x	mg/m ³	85
SO ₂	mg/m ³	10
TOC	mg/m ³	6
Toz	mg/m ³	0,3
As	mg/m ³	<0,0027
Pb	mg/m ³	<0,0064
Cd	mg/m ³	<0,0008
Cr	mg/m ³	<0,0047
Co	mg/m ³	<0,0017
Cu	mg/m ³	<0,0108
Mn	mg/m ³	<0,0035
Ni	mg/m ³	<0,0019
Hg	mg/m ³	0,0621
V	mg/m ³	<0,0021
Zn	mg/m ³	<0,0567
Ağır metallerin toplamı	mg/m ³	0,1534
PCDD/F (I-TEQ)	ng/m ³	0,0001
PAH (EPA)	µg/m ³	0,829
Toplam PCB (³)	µg/m ³	0,07
(1) Standart koşullar altında (273 K, 1013 mbar) atık gaz hacmi ile ilgili.		
(2) Üç yarım saatlik ortalama değerin ortalaması.		
(3) PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180 toplamı.		
Not: Kasım 2007'de yapılan ölçümler.		
Kaynak: [139, GfA Münster-Roxel 2008].		

Tablo 2.15'te, çıkarılan MHF ve EAF köpek kulübesi çıkış gazı emisyonları için bir torba filtre ile temizlendikten sonra elde edilen temiz gaz emisyon konsantrasyonları gösterilmektedir. Temizlenen çıkış gazı, temizlenen yönlendirilmiş çıkış gazı ile birlikte bacadan salınır.

Tablo 2.15: Köpek kulübesi Primus® proses çıkış gazı için elde edilen temiz gaz konsantrasyonları (CHF ve EAF)

Parametre	Birim (¹)	Ortalama (²)
Debi	m ³ /s	50 000
HCl	mg/m ³	1,06
HF	mg/m ³	0,02
CO	mg/m ³	37
NO ₂ olarak NO _x	mg/m ³	<4
SO ₂	mg/m ³	9
TOC	mg/m ³	6
Toz	mg/m ³	<0,1
As	mg/m ³	<0,0060
Pb	mg/m ³	<0,0074
Cd	mg/m ³	<0,0007
Cr	mg/m ³	<0,0040
Co	mg/m ³	<0,0018
Cu	mg/m ³	<0,0111
Mn	mg/m ³	<0,24
Ni	mg/m ³	<0,0028
Hg	mg/m ³	0,0005
V	mg/m ³	<0,0028
Zn	mg/m ³	<0,044
Ağır metallerin toplamı	mg/m ³	0,32
PCDD/F (I-TEQ)	ng/m ³	<0,00013
PAH (EPA)	µg/m ³	43,8
Toplam PCB (³)	µg/m ³	<0,07

(1) Standart koşullar altında (273 K, 1013 mbar) atık gaz hacmi ile ilgili.
(2) Üç yarım saatlik ortalama değerin ortalaması.
(3) PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153, PCB138, PCB180 toplamı.
Not: Kasım 2007'de yapılan ölçümler.
Kaynak: [139, GfA Münster-Roxel 2008].

Bir DHF daha yüksek bir sıcaklıkta çalışabilir (çünkü malzeme yapışması, karıştırılmayan malzemelerde olduğu kadar sorun teşkil etmez); bu nedenle onunla daha yüksek bir metalleşme derecesi elde edilebilir. Ayrıca çok büyük çaplarda üretilmediği için tek bir ünitenin kapasitesi çok daha fazla olabilmektedir.

Uygulanabilirlik

Primus® Prosesi, tüm tipik demir-çelik üretim kalıntılarının ve ayrıca demir dışı metal kalıntılarının işlenmesine olanak tanır. Atık bertaraf maliyetlerini azaltmak ve kalıntıları verimli bir şekilde geri dönüştürmek isteyen bir mini haddehane ve entegre çelik fabrikası işletmecileri tarafından uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Atık malzemelerin birikmesinin önlenmesi ve demir ve çinko kalıntılarının geri dönüştürülmesi, bu tekniği uygulamanın gerekçeleri arasındadır.

Örnek tesisler

- Lüksemburg'un Differdange şehrinde bulunan ve yılda 60.000 ton EAF tozu ve 15.000 ton haddehane çamuru işleyen Primorec S.A Primus® tesisi
- Tayvan'daki Dragon Steel Corporation, EAF tozunu, yüksek fırın çamurunu ve ayrıca hadde tufalini arıtmak üzere yılda 100.000 ton kapasiteli bir Primus® tesisi kurmaya karar verdi. Tesis Nisan 2009'da faaliyete geçti.
- Japonya'da birkaç DHF tesisi faaliyet gösteriyor.
- Avrupa'daki ilk tesis, İtalya'nın Piombino kentindeki Lucchini çelik fabrikasında işletiliyor ve yılda 60.000 ton entegre çelik üretim çamuru işliyor. Tesis 2009 yazında faaliyete başlayacak. Bu durumda, ergitme aşaması Lucchini fabrikasının yüksek fırınında yapılacaktır.

[139, GfA Münster-Roxel 2008] [140, Eurofer 2009]

Referans literatür

[12, VDEh 2006] [15, Both, I. ve diğ. 2008] [139, GfA Münster-Roxel 2008] [140, Eurofer 2009]

2.5.4.4.4 Soğuk bağlamalı peletler/briketler

Açıklama

Avrupa'daki bazı entegre çelik fabrikalarında, yüksek fırın yükü çoğunlukla fabrikaların dışından tedarik edilen peletlerden oluşmakta ve sinter kullanılmamaktadır. Bu koşullar altında, taşıma ve eleme operasyonlarında, topaklanmaları halinde demir üretim prosesine geri döndürülebilecek cevher tozları üretilebilir. Bu cevher tozlarını, fabrikada ortaya çıkan Fe ve/veya karbon içeren diğer malzemelerle birlikte demir üretim operasyonuna geri döndürmenin bir yolu, bunları soğuk bağlama teknikleri kullanarak topaklaştırmaktır (aglomerasyon).

Genellikle bir soğuk peletleme/briketleme tesisi aşağıdaki ünitelerden oluşur:

- Girdi malzemesi taşıma, silolarda ve kutularda depolama ve koruyucu eleme
- Filtre keklerinin ön kurutması
- Bağlayıcıların karıştırılması ve dozlanması
- Peletleme/briketleme için bir pres veya blok yapma makinesi
- Tozların elenmesi
- Dahili kullanım için bir kütleme odası ve briket deposu.

Briket yapımında kontrollü bir karışım elde edilebilmesi için demir-çelik fabrikalarından alınan çeşitli artıklar ayrı ayrı depolanmalıdır.

Yapılan soğuk bağlamalı aglomeraların türlerine bağlı olarak farklı kalıntılar kullanılır. Bir durumda, soğuk bağlamalı aglomeralar, YF çıkış gazı tozu ve kok mıcırı gibi karbon içeren malzemelerden yapılır. Diğer briket türleri, pelet tozları, ince hurda, hadde tufalı gibi ağırlıklı olarak demir içeren malzemelerle ve BOF çamuru, BOF/YF tozları ve BOF cürufu tozları gibi diğer artıklarla yapılır.

Artıklar karıştırılır, alaşım elementleri eklenebilir ve bağlayıcı olarak çimento, sönmüş kireç ve melas kullanılabilir. Homojenize edilen karışım briket presine veya blok yapma makinesine beslenir ve üretilen briketler titreşimli elek kullanılarak elenir. Daha sonra briketler kütleme odasına aktarılır. 24 saat kürlendikten sonra briketlerin sertleşmesi tamamlanır. Briketler, yüksek mukavemetli briketler elde etmek için sertleştirilmek üzere korunaklı bir alanda örtü (çatı) altında üç haftadan fazla saklanmalıdır.

Çimentolu briketlerin üretimi ve kullanımı 1975 civarında başlamış ve 1993'ten beri bu briketler YF yükünün (2004'te İsveç'te yaklaşık 40 – 50 kg/t sıcak metal) önemli bir bileşeni

haline gelmiştir. Kullanılan briket miktarı büyük ölçüde sahadaki malzemelerin mevcudiyetine bağlıdır, ancak yükte 100 kg/t sıcak metal düzeyinin üzerinde miktarların olduğu durumlar olmuştur. Blok yapma makinesi tekniği 1993 yılında SSAB Tunnpłát'ta ve 1996 yılında SSAB Oxelösund'da hayata geçirilmiştir [208, Lindfors ve diğ. 2006].

Elde edilen çevresel faydalar

Demir içeren malzemeler geri dönüştürülür ve böylece düzenli depolama sahasına gönderilen malzeme miktarı azaltılarak birincil ham maddeden tasarruf sağlanır ve çöp atma veya atık işleme maliyetlerinden kaçınılır. Soğuk bağlamalı peletler/briketler, sinter veya pelet aglomeralarının yerini tamamen alamaz.

Soğuk bağlama teknikleri SO_x veya NO_x yaymaz.

Çapraz ortam etkileri

Saha içinde tozların geri döndürülmesi, düzenli depolama sahasında atık depolama gereksinimini ve işlenmemiş malzeme kullanımını azaltır. Briketleme sırasında ayrılan tozlar, briketleme tesisine geri döndürülür.

İşletim verileri

İtalya'nın Taranto şehrindeki ILVA Steelworks, Rivagroup örneğinde, briketlemeden kaynaklanan emisyonlar bir torba filtre ile tozdan arındırılır. Azaltma sonrasında atık gazda 10 – 20 mg/Nm³'lük bir toz konsantrasyonu elde edilebilir.

Uygulanabilirlik

Soğuk briketleme hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Bu teknikler herhangi bir entegre tesiste uygulanabilir ancak sinter tesisleri olmayan fabrikalar için en uygundur. Briket üretimi geleneksel bir tekniktir ve briketlerin YF yükünde veya BOF'de kullanımı güvenilir ve iyi bilinen bir uygulamadır.

Ekonomik boyut

Değerli demir birimlerinin geri kazanılması ve bertaraf ile ilgili maliyetlerden kaçınılması, önemli gerekçelerdir.

İtalya'nın Taranto şehrinde bulunan ILVA Steelworks, Rivagroup'un BOF için 150.000 ton/yıl kapasiteli soğuk briketleme tesisine yönelik toplam yatırımı yaklaşık 7 – 8 milyon EUR'dır.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçeleri, çevresel faydalar, alandan tasarruf ve katı atık depolama maliyetinin yanı sıra bir sinter tesisinin maliyetinden tasarruftur.

Örnek tesisler

Şu anda, aşağıdaki üç fabrika, malzemeleri yüksek fırına veya İtalya'nın Taranto şehrinde bulunan ILVA Steelworks, Rivagroup örneğinde BOF'ye döndürmek için soğuk bağlamalı briket üretimi yapmaktadır:

- SSAB Tunnpłát AB, Luleå/İsveç
- SSAB Oxelösund AB, İsveç
- ILVA Steelworks, Rivagroup, Taranto/İtalya

Referans literatür

[29, EC Sinter/BF 1995] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [276, İtalya 2007] [319, Eurofer 2007] [363, Eurofer 2007]

2.5.5 Demir-çelik fabrikalarında izleme

[277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.1 Parametre ve hava emisyonlarının sürekli izlenmesi**Açıklama**

Modern çelik fabrikalarında, çoğu proses modern ve bilgisayar tabanlı sistemler aracılığıyla kontrol odalarından izlenir ve kontrol edilir. Prosesleri optimize etmek, enerji verimliliğini artırmak ve verimi en üst düzeye çıkarmak için ilgili parametrelerin çevrim içi olarak sürekli olarak belirlenmesi ve ayarlanması gerekir.

İlgili kaynakların emisyonlarının ek olarak sürekli izlenmesi, emisyonların doğru bir şekilde ölçülmesine ve azaltma sistemlerinin düşük performans göstermesi durumunda derhal harekete geçilmesine olanak tanır.

Demir-çelik üretim proseslerinin ilgili kaynaklarında sürekli olarak ölçülmesi gereken önemli parametreler şunları içerir:

- Basınç
- Sıcaklık
- O₂ içeriği
- CO
- Girdi malzemesi akışları
- Çıktı malzemesi akışları.

Sürekli izleme sistemlerine ilişkin ek bilgiler Genel İzleme İlkeleri Referans Belgesinde (MON) bulunabilir [42, EC 2003].

Elde edilen çevresel faydalar

Azaltma sistemlerinin düşük performans göstermesi durumunda, derhal harekete geçilebilir. Toplam emisyon azaltılabilir. Sürekli ölçümler, ilgili kaynaklardan yayılan emisyonların doğru bir şekilde ölçülmesini sağlar.

Çapraz ortam etkileri

Sürekli ölçüm, enerji gereksinimini en aza indirmek ve verimi en üst düzeye çıkarmak için üretim süreçlerinin optimize edilmesine olanak tanır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Demir-çelik fabrikalarındaki ilgili emisyon kaynaklarında ana kirleticiler genellikle sürekli olarak izlenir. İlgili bir emisyon kaynağı ile ne kastedilebileceğini belirlemek için, Bölüm 13.4'teki Ek IV'te kütleli debi eşik değerlerine ilişkin bir örnek verilmiştir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'de sürekli olarak ölçülen hava emisyonlarına ilişkin örnekler Tablo 2.16'da sunulmaktadır. Bu örnekte veriler çevrim içi olarak yerel makamlara aktarılmaktadır [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004]. Ayrıca Almanya'da demir-çelik fabrikalarında, ilgili tüm emisyon parametreleri sürekli olarak izlenir ve ölçüm sonuçları (izinde öngörüldüğü şekilde günlük veya yarım saatlik ortalamalar) genellikle çevrim içi olarak yetkili yerel makamlara aktarılır [175, Eurofer 2009].

Tablo 2.16: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da sürekli olarak ölçülen hava emisyonları için örnekler

Tesis	Potansiyel emisyon kaynağı	İlgili kirleticiler						Referans O ₂
		Toz	NO _x	SO ₂	CO	H ₂ S	HF	
		mg/Nm ³						
Kok fırını	Kok fırını gazındaki H ₂ S					X ⁽¹⁾		
	Sülfürik asit tesisi			X				
Sinter tesisi (²)	Sinter bandı	X	X	X			X	
	Binanın tozdan arındırılması	X						
Yüksek fırınlar	YF 5 & 6 döküm holü tozsuzlaştırma	X						
	YF A döküm holü tozsuzlaştırma	X						
BOF tesisi	Tozsuzlaştırma ünitesi 1	X		X ⁽³⁾				
	İkincil tozsuzlaştırma 2.1	X						
	İkincil tozsuzlaştırma 2.2	X						
Enerji santrali	Ünite 3		X	X	X		%3	
	Ünite 4		X	X	X		%3	
	Ünite 5		X	X	X		%3	
	Gaz ve buhar türbini		X	X	X		%15	
	Ünite 6		X	X			%3	

(1) Saatlik ortalama değer.

(2) İzne göre, yerel hususlar (cevherdeki yüksek Hg içeriği) nedeniyle Hg'nin referans tesiste sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Denemeler halen devam etmektedir.

(3) 06/2007 tarihi itibarıyla mevcut emisyon sınır değeri revize edilmektedir. SO₂ emisyonları için sürekli ölçümler yapılmalıdır.

Not: — 06/2007 itibarıyla durum. Süreksiz olarak ölçülen emisyonlar tabloya dahil edilmemiştir. İzın koşulları, "Voestalpine L6" fiili çevresel etki değerlendirmesi sırasında değişebilir.

— Sınır değerlerin belirlendiği parametreler X ile işaretlenmiştir (yarım saatlik ortalama değerlere göre).

Birleşik Krallık'ta kok fırınları, düşük seviyede çalıştırmadan kaynaklanan toz emisyonları için sürekli olarak kararına ölçerlerle izlenir ve sinter tesislerinde toz emisyonları sürekli olarak izlenir. Yüksek fırınlarda, soğutma suyu akışının izlenmesi önemlidir. Yüksek fırın sobasında SO_x, NO_x, toz ve CO emisyonları izlenir. Döküm holünden çıkan toz emisyonları izlenir.

Referans literatür

[26, Oberösterreichische Landesregierung 2004] [242, Caughlin 2007] [277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.2 Kanalize olarak havaya salınan emisyonlarının sürekli izlenmesine ilişkin örnekler

2.5.5.2.1 Bazık oksijen fırınlarında ikincil toz giderme sistemlerinden kaynaklanan toz emisyonlarının sürekli ölçümü

Açıklama

İsveç'teki SSAB Oxelösund AB'de bulunan izleme sistemi, torba filtre performansının sürekli olarak kontrol edilmesini sağlar. Ölçüm sonuçları günlük, haftalık ve aylık olarak raporlanır. BOF işlemleri (yükleme, üfleme, akıtma) çok yakından kontrol edilir.

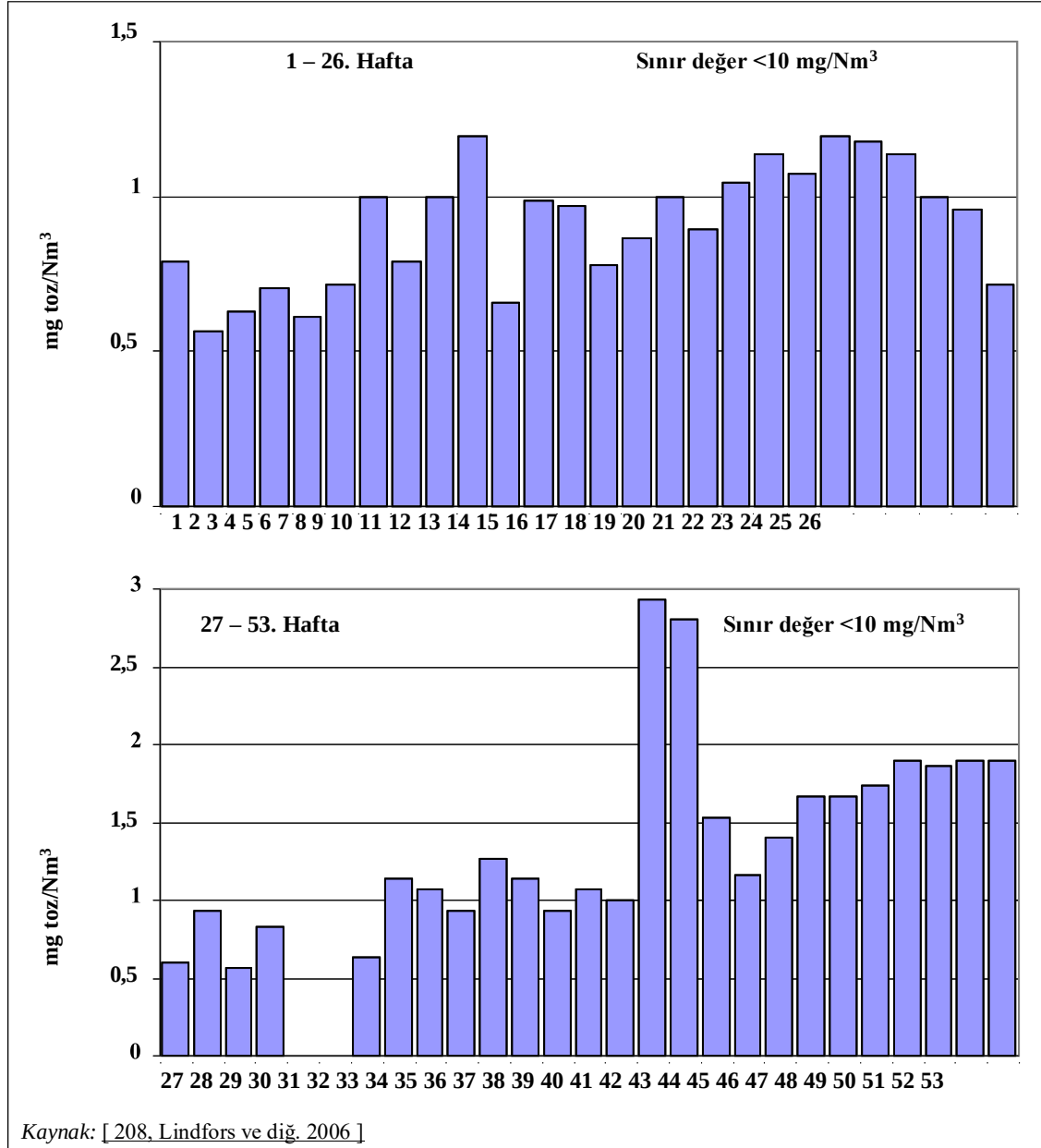
İkincil toz giderme filtresinden sonra egzoz gazı sistemine sürekli bir toz ölçüm sistemi kurulmuştur. İkincil tozsuzlaştırma filtresini takip eden kanallarda toz emisyonlarını ölçmek için iki alet ve çatı açıklıklarında da iki tane daha alet vardır. Ölçüm prensibi gravimetrik (mg/Nm³). Ekipmanlar yılda bir kez

dışarıdan bir uzman tarafından kalibre edilir. Toplanan veriler SSAB'nin kendi veri tabanına kaydedilir. Torba filtre işlevinin kontrolü, SSAB'nin kendi operatörleri tarafından yapılır. Yılda bir kez revizyon yapılır. Sızıntıları tespit etmek için floresan yöntemi kullanılır.

LD fırınından (BOF) çıkan toz emisyonları da (birincil çıkış gazı hariç) yakından izlenir. Emisyonlar, üç ayrı proses aşamasında raporlanır: Yükleme, üfleme ve diğer zamanlar.

Elde edilen çevresel faydalar

İkincil tozsuzlaştırma sisteminin performansının düşük olması durumunda, derhal harekete geçilebilir. Toplam emisyon azaltılabilir. Şekil 2.17'de, yukarıda belirtilen izleme sistemiyle bir yıllık bir süre boyunca elde edilen haftalık ortalamalar gösterilmektedir.



Şekil 2.17: İkincil toz giderme sistemlerinden çıkan ve haftalık ortalamalar olarak sunulan toz miktarları

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Ölçülen değerlere göre sistem kalibrasyonu yılda bir kez yapılır. Kalibrasyon iki gün sürer.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, hem yeni hem de mevcut çelik fabrikalarında uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

SSAB Oxelösund AB, İsveç.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

2.5.5.2.2 EAF tesislerinde akış yönündeki torba filtrelerin sürekli izlenmesi

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

Açıklama

Finlandiya'da bulunan Ovako Imatra'daki EAF çelik fabrikası, tüm bina tahliye sistemi ve EAF'nin kendisinden ayrı bir toz emme sisteminden oluşur. Filtre tesisi, tozun (>5 mikron, toplam miktarın %30'u) hurda ile birlikte EAF'ye geri yüklendiği etkili bir kıvılcım önleyici ve siklonlarla donatılmıştır. Ana fanlar (ortalama 620000 Nm³/s) dönüş hızı kontrolüne sahiptir. Torba filtre odası orta derecede (geniş) bir boyuta (9400 m²) sahiptir ve filtre torbaları, PTFE kaplamalı normal iğneli keçe tipindedir. Filtre torbaları darbeli jet sistemi ile temizlenir.

Torba filtre odasının sürekli izlenmesi ve dikkatli bir şekilde bakımının yapılması aşağıdaki gibi gerçekleştirilir:

- Herhangi bir gerçek kalibrasyon olmaksızın toz emisyonları izlenir. Emisyon seviyesindeki herhangi bir değişikliği tespit etmek önemlidir (bir torbadaki sızıntı anında tespit edilebilir).
- İki ayrı alet aracılığıyla sürekli olarak izleme yapılır:
 - bir tribometrik ölçüm sistemi – SINTROL®
 - bir optik ölçüm sistemi – SICK® [360, Sick-Maihak 2006]
- Kıvılcım delikleri ve yoğunluğu tüm torbalarda görsel olarak kontrol edilir: Her iki haftada bir, üç saat boyunca bir işçi tarafından. Torbaların temiz tarafı tamamen temiz tutulmalıdır. 1 mm çapındaki delikler zorlanmadan tespit edilebilir, bu nedenle floresan yöntemine gerek yoktur.

Elde edilen çevresel faydalar

Filtre sistemlerinin düşük performans göstermesi durumunda, derhal harekete geçilebilir. Toplam emisyon azaltılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Bu önlem aynı zamanda çelik fabrikasının içinde ve dışında temiz bir ortam sağlar.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

İzleme sistemi hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir ve büyük EAF tesislerinde uygulanmalıdır. Önemli bir emisyon kaynağı olarak "büyük EAF" tanımını belirlemek için, Ek IV'te kütesel debi eşik değerlerine ilişkin bir örnek verilmiştir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçeleri, teknikle ilişkili çevresel faydalardır.

Örnek tesisler

Ovako Imatra, Finlandiya.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [242, Caughlin 2007]

2.5.5.3 Proses gazlarının izlenmesi**Açıklama**

Avusturya'nın Linz şehrindeki Voest Alpine Stahl GmbH'de, çevresel etki değerlendirmesinin iznine göre proses gazlarının izlenmesi gerekir. Tablo 2.17'de izin koşulları gösterilmektedir. Veriler düzenli olarak yerel makamlara aktarılır.

Tablo 2.17: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voest Alpine Stahl'da proses gazlarının izlenmesi için örnek izin koşulları

Ölçüm	Yüksek fırın gazı (1)		Kok fırını gazı ⁽¹⁾		BOF gazı ⁽¹⁾	
	Sürekli ⁽²⁾	Süreksiz	Sürekli ⁽²⁾	Süreksiz	Sürekli ⁽²⁾	Süreksiz
H ₂	x		x		x	
CO	x		x		x	
CO ₂	x		x		x	
Hidrokarbonlar			x ⁽³⁾			
N (kimyasal bağ)			x ⁽³⁾			
Cl (toplam)	x ⁽³⁾					
S (toplam)	x ⁽³⁾		x ⁽³⁾		x ⁽³⁾	
Hg		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾		
Pb		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾
Cr		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾
Cd		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾
Ni		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾
F (toplam)		x ⁽⁴⁾				
Toz (toplam)		x ^{(1) (5)}		x ⁽⁴⁾		x ⁽⁴⁾
(1) Sınır değerleri belirlenmemiştir (06/2007 itibarıyla durum). (2) Sürekli ölçümler, piyasada onaylı cihazların bulunması koşuluyla yapılmalıdır (06/2007 itibarıyla durum) [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004]. (3) 06/2007 itibarıyla, sürekli Cl (toplam) ve N (kimyasal bağ) ölçümü için bir alet bulunmamaktadır. Hidrokarbonlarla ilgili olarak, CH₄ ve daha yüksek hidrokarbonlar süreksiz olarak ölçülmüştür. S'nin (toplam) sürekli ölçümlerine yönelik yöntemler halen değerlendirme aşamasındadır. Süreksiz ölçümler için aralıklar, genellikle aylık olmak üzere parametreye bağlı olarak belirlenir; Voest Alpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004] (4) Ağır metal (Hg, Pb, Cr, Cd, Ni), toz ve florür içerikleri süreksiz olarak, genellikle yılda dört kez ölçülmelidir (06/2007 itibarıyla durum). (5) Bir YF'de gerçekleştirilen plastik enjeksiyon durumunda, toz sürekli olarak ölçülmelidir. Denemeler halen devam etmektedir. Kaynak: [26, Oberösterreichische Landesregierung 2004] [277, Wiesenberger 2007].						

Elde edilen çevresel faydalar

Proses gazlarının izlenmesi, proses gazlarının bileşimi ve proses gazlarının yanmasından kaynaklanan toz, ağır metal ve SO₂ emisyonları gibi dolaylı emisyonlar hakkında bilgi sağlar.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Farklı proses gazlarının kalitesi (ısıl değer ve temizlik) ve miktarı önemli ölçüde farklılık gösterir ve bu faktörler, yakıtların nerede yararlı bir şekilde kullanılabileceğini etkiler. Enerji verimliliğini optimize etmek için her yakıt gazı türünün en uygun tesiste tüketilmesi gerekir. Bu nedenle gazlar sürekli olarak analiz edilmelidir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik genel olarak uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya

Referans literatür

[277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.4 Kanalize olarak havaya salınan emisyonlarının süreksiz olarak izlenmesi**Açıklama**

Aşağıdaki kirleticiler için ilgili kanalize kaynaklarda düzenli ve periyodik süreksiz ölçümler yapılır (bazıları toplam olarak ve bunların ilgili kimyasal oksidasyon durumları):

- Toz
- SO₂
- NO_x
- CO
- Hg, Tl, Cd, As, Co, Ni, Se, Te, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn gibi ağır metaller
- TOC
- VOC
- MOVOC
- BTX
- H₂S
- HCl
- HF
- CN
- NH₃
- PCDD/F
- PAH (örneğin EPA 16, Borneff 6)
- PCB (örneğin Ballschmitter PCB, WHO-TEF, toplam PCB).

Ancak, 1 ila 30 günlük sürelerle sürekli TOC, NH₃, HCL ve HF ölçümü ve izlemesi ve PCDD/F ile PCB analizleri için sürekli numune alınması mümkündür.

Ölçüm sıklığı, Üye Devletler arasında büyük farklılıklar gösterir. Ortaya çıkan emisyon değeri, normalde en az yarım saat olan numune alma periyodunun ortalaması olarak kabul edilmelidir. PCDD/F için numune alma süresi genellikle 6 ila 8 saat arasındadır.

Tablo 2.18’de süreksiz emisyon izleme için örnek ölçüm yöntemlerine örnekler verilmiştir.

Tablo 2.18: Süreksiz emisyon izleme için örnek ölçüm yöntemleri

Baca gazındaki bileşen	Ölçüm yöntemi
Toz	EN 13284-1 (<50 mg/m ³) veya ISO 9096 (>20 mg/m ³) Düşük ve yüksek konsantrasyonlar için VDI 2066 bölüm 1 Ö-NORM M 5861 NF X 44-052
SO ₂	VDI 2462 bölüm 3 ile özdeş EN 14791 VDI 2462 bölüm 1
NO ₂ olarak NO _x	EN 14972 VDI 2456, manuel yöntem
CO	EN 15058 VDI 2459, manuel yöntem
Metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn)	VDI 3868 bölüm 1 ile özdeş EN 14385
TOC	Düşük konsantrasyonlar için EN 12619, yüksek konsantrasyonlar için EN 13526, VDI 3481 bölüm 1, manuel yöntem
Hg	EN 13211
H ₂ S	VDI 3486 US EPA Yöntem 11
HCl	EN 1911
HF	VDI 2470 bölüm 1 ISO 15713
NH ₃	EN 14791'e dayalı VDI 3496
PCDD/F ve PCB	EN 1948 VDI 3499, daha yüksek konsantrasyonlar için ek olarak
PAH	VDI 3873 bölüm 1 ISO 11338
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [277, Wiesenberger 2007].	

Elde edilen çevresel faydalar

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Süreksiz ölçüm ve ilgili ölçüm yöntemlerinin genel olarak uygulanabilir olduğu kabul edilmektedir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'de ve Almanya'daki demir-çelik fabrikaları gibi birçok tesiste uygulanmaktadır.

Birleşik Krallık'ta sinter tesislerinde NO_x ve SO_x üç ayda bir izlenir. Dioksin izleme yılda iki ila dört kez yapılır.

Referans literatür

[242, Caughlin 2007] [277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.5 PCDD/F'nin izlenmesi

Açıklama

[209, EC 2005]

Baca gazındaki dioksin ve dioksin benzeri PCB yüklerinin belirlenmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Numune alma koşulları ve kullanılacak analiz yöntemi, mevcut prosese ve baca gazı parametrelerine bağlıdır. Önemli parametreler şunlardır:

- Dioksin konsantrasyon aralığı
- Baca gazının toz yükü
- Sıcaklık aralığı
- Baca gazındaki karbon partiküllerinin miktarı
- Değişen proses koşulları, örneğin sürekli veya kesikli proses, kararsız çalışma
- Hafıza etkileri potansiyeli.

Manuel numune alma için EN 1948, Avrupa'nın standart yönergesidir. Bu yönergede, sabit kaynaklardan çıkan dioksinlerin ve dioksin benzeri PCB'lerin kütle konsantrasyonunun belirlenmesi açıklanmaktadır. Bu yönerge, atık yakma tesislerinde 0,1 ng I-TEQ/Nm³ emisyon sınır değerine uygunluğu kontrol etmek üzere geliştirilmiş ve onaylanmıştır. Birçok Avrupa ülkesinde EN 1948, dioksin emisyonlarının belirlenmesine yönelik ulusal standart yönergelerinin temelini oluşturur (örneğin CSN EN 1948; DIN EN 1948 ve VDI 3499 vb.). VDI 3499 bölüm 1 – 3, sabit kaynaklardan yayılan dioksin emisyonlarının belirlenmesi için Almanya'nın standart yönergesidir. Bu yönergede, iki ölçüm prosedürü açıklanmaktadır:

- Bölüm A, yaklaşık 0,1 ng I-TEQ/Nm³ seviyelerinde PCDD/F emisyonları için DIN EN 1948 uygulamasına bir örnektir.
- Bölüm B'de, ölçüm yöntemi 0,1 ng I-TEQ/Nm³'ü aşan PCDD/F konsantrasyonları için değiştirilmiştir. Yalnızca baca gazlarının PCDD/F içeriğinin belirlenmesi onaylanmıştır. Diğer organik kirleticilerin (örneğin PCB) tespiti de mümkündür, ancak henüz onaylanmamıştır.

EN 1948'in yanı sıra, AB'de kullanılan başka standart numune alma yöntemleri de vardır. Örneğin ABD'de geçerli bir manuel numune alma yöntemi olan EPA 23 A, atık yakma tesislerinin sabit kaynaklarından yayılan dioksin emisyonlarının belirlenmesi için geliştirilmiştir.

Elde edilen çevresel faydalar

Emisyonların artması veya hatta belirtilen emisyon sınır değerinin aşılması durumunda, nedenlerin belirlenmesi ve böylece emisyon seviyesinin düşürülmesi için derhal harekete geçilebilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

PCDD/F için numune alma süresi genellikle 6 ila 8 saat arasındadır.

Uygulanabilirlik

Bölüm 2

Uygulamada, manuel (sürekli) standartlaştırılmış ve onaylanmış ölçüm yöntemleri (örneğin EN 1948) kullanılır. Atık yakma tesisleri için geliştirilen bu ölçüm yöntemleri metalürji endüstrisine aktarılabilir ve halihazırda orada kullanılmaktadır.

İlgili kaynaklarda düzenli, periyodik sürekli ölçümler genellikle uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Tablo 2.19'da, PCDD/F ve dioksin benzeri PCB için numune alma ve analiz etme maliyetleri verilmiştir.

Tablo 2.19: EN 1948'e göre bir PCDD/F ölçümü için toplam maliyet

Yöntem	Maliyet aralığı (EUR)
EN 1948'e göre manuel numune alma – bir numune (bir günde) dahil Seyahat maliyeti olmadan PCDD/F analizi	1800 - 3500
EN 1948'e göre manuel numune alma – üç numune (üç günde) dahil Seyahat maliyeti olmadan PCDD/F analizi	4000 - 6500
PCDD/F – analiz (EN 1948)	450 – 800
Dioksin benzeri PCB – WHO PCB (EN 1948)	110 - 600

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçeleri, demir-çelik imalat endüstrisindeki mevcut dioksin emisyon verileri üzerindeki belirsizliği azaltmak ve ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde yetkili makamlar tarafından dioksin emisyonlarının uygun bir şekilde belirlenmesini ve izlenmesini sağlamaktır.

Örnek tesisler

Tablo 2.20'de, çeşitli Üye Devletlerdeki dioksin izleme gereklilikleri sunulmaktadır [209, EC 2005].

Tablo 2.20: Çeşitli Üye Devletlerde metalürji endüstrisinde PCDD/F için izleme sıklığı

ÜD	İzleme sıklığı
Avusturya	Demir-çelik fabrikaları için üç yılda bir, yeni sinter tesisleri için üç yılda bir (çok düşükse altı yılda bir); mevcut sinter tesisleri için duruma göre
Belçika	Yasaya göre yılda üç defa, sinter tesislerinde ayda bir, EAF için yılda altı kez
Fransa	Yılda en az bir kez
Almanya	Yılda bir ila üç yılda bir
Lüksemburg	Yılda bir ila iki kez ve bir veya iki ek ölçüm
Hollanda	Bilgi yok; kriter: ham gaz >2 g I-TEQ/yıl
Slovenya	Yılda bir
Birleşik Krallık	Dioksin için izleme yılda iki ila dört kez yapılır
Kaynak: [209, EC 2005] [242, Caughlin 2007] [277, Wiesenberger 2007].	

Referans literatür

[209, EC 2005] [242, Caughlin 2007] [277, Wiesenberger 2007]

2.5.5.6 Yaygın ve kaçak emisyonların izlenmesi

[252, Fransa 2007]

Yaygın emisyonlar [56, Dr. Gaertner, A. 2004] aşağıda belirtilen yöntemlerle tahmin edilebilir:

- Emisyonların kaynağında ölçüldüğü doğrudan ölçüm yöntemleri. Bu durumda, konsantrasyon ve kütle akışları ölçülebilir veya belirlenebilir.
- Emisyon belirlemesinin kaynaktan belirli bir mesafede yapıldığı dolaylı ölçüm yöntemleri. Kütle akışının ve konsantrasyonun doğrudan ölçümü mümkün değildir.
- Emisyon faktörleri ile hesaplama.

2.5.5.6.1 Doğrudan veya yarı doğrudan ölçüm

Doğrudan ölçümler, rüzgar tünellerinde, davlumbazlarla veya yarı emisyon ölçümü gibi diğer yöntemlerle (örneğin bir endüstriyel tesisin çatısında) yapılan ölçümlerdir. Bu durumda, rüzgâr hızı ve çatı hattı havalandırmasının alanı ölçülür ve bir debi hesaplanır. Çatı hattı havalandırmasının ölçüm düzleminin enine kesiti, aynı yüzey alanına sahip bölümlere ayrılır (ızgara ölçümü). Kullanılan numune alma ekipmanları, sonsuz değişken bir emme kontrolü için tasarlanmalıdır. Farklı numune alma çubuğu çapları seçilerek, numune debi geçerli çıkış gazı debisine uyarlanabilir. Gaz akışlarındaki toz, bir filtre ortamı üzerinde toplanır ve gravimetrik yöntemlerle belirlenir. Çıkış gazı değerlendirmesiyle birlikte, bir toz konsantrasyonu ve bir toz kütle akışı elde edilebilir [56, Dr. Gaertner, A. 2004]. Kademeli ayrıştırıcı kullanılırsa, farklı boyut fraksiyonları belirlenebilir. Mümkünse, doğrudan ölçümler dolaylı ölçümlere tercih edilir.

İki elektrik ark fırını tesisinde hem torba filtre odası hem de bina tahliye sistemi boyunca salınan yaygın emisyonları ölçmek için dört özel yöntem uygulanmıştır:

- Atalet sınıflandırmasına dayalı olarak dekatı® kademeli ayrıştırıcı
- Difüzyon ve atalet sınıflandırmasına dayalı olarak dsı® spektrometresi
- Optik sınıflandırmaya dayalı olarak bir lazer difraktometre
- Elektrik ve atalet sınıflandırmasına dayalı olarak elpı® (elektrikli düşük basınçlı ayrıştırıcı).

Bu yöntemlerden herhangi biri, boyut dağılımını ve toz konsantrasyonunu ($PM_{0,1}$, PM_1 , $PM_{2,5}$ ve PM_{10}) verir ve bu nedenle hava kalitesinin ölçülmesinde kullanılır. Bu yöntemlerden birinin dolaylı olarak uygulanması, yaygın emisyonlar üzerinde daha iyi bir kontrol sağlar [252, Fransa 2007].

[56, Dr. Gaertner, A. 2004]'te, bir paslanmaz çelik üretim tesisinde aşağıdaki özelliklere sahip bir dönüştürücüde emisyon toplama sisteminden önce ve sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir:

- Yeni tasarlanmış
- Büyütülmüş davlumbazlarla daha fazla egzoz gazı miktarı için optimize edilmiş
- Venturi yıkayıcısı bir torba filtre ile değiştirilmiş.

Toz ölçümleri, VDI 2463 Bölüm 1 'Partikül madde ölçümü - ortam havasında asılı partikül maddenin kütle konsantrasyonunun gravimetrik olarak belirlenmesi - genel prensipler' uyarınca gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, yaygın toz emisyonlarının %50 oranında azaldığını göstermiştir. Toplam tozdaki PM_{10} oranı yaklaşık %70'tir. Cr ve Ni buna göre azaltılmıştır. Metal dumanları eskisinden çok daha iyi bir şekilde toplanmaktadır.

2.5.5.6.2 Dolaylı ölçümler

Dolaylı ölçüm örnekleri arasında izleyici gazların kullanımı, ters yayılım modelleme (RDM) yöntemleri ve kütle denkliği yöntemi yer alır.

İzleyici gazların kullanıldığı yöntemler şunları içerir:

- İncelenecek kaynak tarafından yayılmayan bilinen miktarda bir gazın salınması
- Kaynağın rüzgar yönünde konsantrasyon ölçümleri

- Kaynağın geometrisinin iyi bir gösterimi.

Ters yayılım modelleme (RDM) yöntemi şunları içerir:

- Bütün veya seçici konsantrasyon ölçümleri
- Hayali bir kaynak gücü ile yayılma hesaplamasının gerçekleştirilmesi
- Ölçüm sırasında gerekli olan meteorolojik parametrelerin ölçümü
- Geri hesaplamanın gerçekleştirilmesi
- Gaz salma emisyon testleri yardımıyla RDM'nin doğrulanması.

Hem izleyici gaz yöntemi hem de RDM yönteminde izleyici gaz olarak genellikle SF6 kullanılır. Konsantrasyon ölçümü, örneğin Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile yere yakın bir konumda uzaktan yapılan atmosferik ölçümlerle gerçekleştirilebilir.

[56, Dr. Gaertner, A. 2004]'te, bir kok tesisinden salınan benzo(a)piren (BaP) emisyonlarını değerlendirmek için RDM yönteminin kullanıldığı iki örnek verilmiştir. Örneklerden birinde, değerlendirme 750 m mesafede yapılan BaP konsantrasyonu ölçümlerine dayanmaktadır. RDM, yayılım modellemesinde binaların ve tesis geometrisinin etkisi dikkate alınmadan oluşturulan bir Gauss-Lagrange modeline dayanmaktadır. Diğer örnekte, değerlendirme 200 m mesafede yapılan BaP konsantrasyonu ölçümlerine dayanmaktadır. RDM, yayılım modellemesinde binaların ve tesis geometrisinin etkisi dikkate alınarak oluşturulan bir Euler modeline dayanmaktadır. Her iki durumda da, emisyon oranı için ortalama günlük değerin 5 – 35 mg BaP/t kok aralığında olduğu tahmin edilmiştir. Standart emisyon faktörlerinin kullanılmasıyla, emisyon oranı 10 – 25 mg BaP/t kok aralığında olacak şekilde hesaplanabilir (bkz. Bölüm 5.2.2.1).

Kütle denkliği yöntemi şunları içerir:

- Ölçüm yapılacak tesis için rüzgarın geldiği ve estiği yönde bir referans alanı ve ölçüm alanının belirlenmesi
- Bu alanlardaki birkaç katmanda konsantrasyonların ölçümü
- Ölçüm yerlerinde rüzgâr hızlarının ve rüzgâr yönlerinin hesaplanması ve/veya ölçülmesi
- Konsantrasyon değerlerinin ve ölçüm düzlemlerine dik hız katkılarının çarpılmasıyla yerel kütle akışlarının hesaplanması
- Referans alanı ve ölçüm alanı üzerindeki kütle akışlarının entegre edilmesi
- Entegre kütle akışlarının farkını hesaplayarak emisyon oranının hesaplanması.

Işık algılama ve menzil belirleme (LIDAR), uzaktaki bir hedefin menzilini ve/veya diğer bilgilerini bulmak için saçılan ışığın özelliklerini ölçen bir optik uzaktan algılama teknolojisidir.

Kısa lazer atımları atmosfere gönderilir ve saçılan geri radyasyon kaydedilir ve değerlendirilir. Yatay ve dikey yönlerde yapılan ölçümler, hem bir kirlenici bulutun genişlemesini hem de buluttaki maddelerin konsantrasyon dağılımını belirlemeye olanak tanır. LIDAR ile uzaktan ölçüm genellikle farklı katmanlardaki konsantrasyon ölçümleri için kullanılır (bkz. ikinci madde).

Bir alan kaynağından ve daha küçük üç boyutlu kaynaklardan salınan gaz emisyonlarının kaynak güçleri, optik uzaktan ölçüm prosedürleri kullanılarak yaklaşık %30'luk bir hata payıyla belirlenebilir. İzleyici gaz yöntemi ve ters yayılım modelleme yöntemi benzer sonuçlar göstermektedir. Büyük 3 boyutlu kaynaklardan yayılan emisyonlar, LIDAR ile uzaktan ölçüm ve kütle denkliği yöntemi kullanılarak ölçülebilir.

Referans literatür

[20, VDI/DIN 1999] [25, VDI/DIN 2005] [56, Dr. Gaertner, A. 2004] [96, VDI/DIN 2000]

2.5.5.6.3 Emisyon faktörleri ile emisyonların hesaplanması

Dökme malzeme depolama, taşıma ve aktarmadan kaynaklanan yaygın toz emisyonları için tahmin yöntemleri

VDI 3790 bölüm 1'de, 'Yaygın kaynaklardan salınan gaz, koku ve toz emisyonlarına ilişkin temel bilgiler' açıklanmaktadır. Bu standart, emisyon faktörlerinin kullanıldığı hesaplamalara dayanmaktadır. Yaygın emisyon kaynaklarının karakterizasyonunu, yaygın emisyon oluşumunu, kaynak güçlerinin ve olağan emisyon faktörlerinin tanımını, teknik ölçümü ve dökme malzemelerin depolanması ve aktarımından kaynaklanan yaygın toz emisyonlarının belirlenmesini içerir [18, VDI/DIN 2005].

VDI 3790 Bölüm 3 Çevresel meteoroloji – 'Yaygın kaynaklardan salınan gaz, koku ve toz emisyonları – dökme malzemelerin depolanması, aktarılması ve taşınması' [165, VDI/DIN 1999], yaygın kaynakların karakterizasyonunu, emisyon oranı ve emisyon faktörü gibi terimlerin tanımını içerir. Bu yönergenin ana bölümünde, yükleme ve boşaltma cihazları, rüzgar hızı, taşınan malzemelerin sürüklenme hassasiyeti vb. gibi sahaya özgü özellikler dikkate alınarak, dökme malzemelerin depolanması ve taşınması ve trafik hareketlerinden kaynaklanan tozun yollardan havaya kalkması için toz emisyon faktörlerinin nasıl değerlendirilebileceği açıklanmaktadır. Yönergede ayrıca depolama ve taşıma için genel emisyon faktörleri verilmiştir.

Entegre çelik fabrikaları için kullanılan başka bir yöntem, US EPA tarafından önerilen bir yöntemdir [176, EPA 2009]. Bu yöntem, emisyon faktörlerine dayalıdır ve rüzgar sürtünme hızını temsil eden bir yüzey hızı kullanarak rüzgara maruz kalma durumunu uygun şekilde hesaba katabilir. Yöntem, Fransa tarafından uyarlanmıştır ve açık hava kaynaklarından yayılan toz emisyonlarının iyi bir şekilde ölçülmesine olanak tanır. Özellikle hava, nem ve yığınların rüzgara maruz kalma etkilerini dikkate alır [175, Eurofer 2009] [393, Turpin ve diğ. 2009] [395, Badr ve diğ. 2007].

Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara İlişkin MET Referans Belgesinde (EFS) [283, EC 2006] ek bilgi bulunabilir ve okuyucunun bu belgeyi dikkate alması önemle tavsiye edilir.

Kok fırınlarından yayılan emisyonlar için tahmin yöntemi

Koklaştırma sırasında yükselme borusu ve yükleme deliği sızdırmazlık malzemelerinden ve fırın kapıları ve kasaların sızdırmazlık malzemelerinden kaçak emisyonlar yayılır. Kok fırınlarından çıkan bu kaçak emisyonları tahmin etmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır ve bu yöntemlerin hepsinin ortak bir noktası vardır: Emisyonlar, deneyimli veya sertifikalı gözlemciler tarafından görsel olarak belirlenir.

Bu sonuçlardan, elde edilen emisyon seviyeleri, izleme yöntemine bağlı olarak gözle görülür sızıntılar olan yükselme boruları ve yükleme deliklerinin toplam sayısı içinde sızıntı olanların oranı veya kütle/zaman olarak ifade edilir. Örneğin, EPA (<http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method303.html>) yöntemi, gözlem prosedüründen elde edilen sonuçların sızıntı yüzdeleri olarak ifade edilmesini sağlar.

Ancak, EPA yöntemiyle büyük ölçüde tutarlı olan DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH) metodolojisi, emisyonlara dört farklı güç derecesi atanarak ve gözlem sırasında görünür emisyonların süresi dikkate alınarak, temel ölçümlere göre günlük emisyonların hesaplanmasına olanak tanır. Başka bir yöntem BCRA (İngiliz Karbonizasyon Araştırmaları Birliği) tarafından geliştirilmiştir. DMT yönteminden farklı olarak, görünür emisyonlara beş farklı güç derecesi atanır. Hollanda'da Corus IJmuiden'de kullanılan başka bir yöntem Bölüm 5.3.3'te anlatılmaktadır.

Uçucu organik bileşiklerin kaçak emisyonlarının ölçümüne yönelik prosedürleri açıklayan bir yöntem, EPA yöntem 21'dir. Sızıntıların kapsamlı bir envanteri ve kaçak emisyonların daha ek yönetimi için eksiksiz bir metodoloji [216, Sniffers ve diğ. 2006]'da açıklanmaktadır.

2.5.5.7 Atık su deşarjının izlenmesi

Atık su deşarjının izlenmesi, atık sudan temsili numunelerin alınmasını ve bunların analiz edilmesini içerir. Su ve atık sudan numune almak ve bunları analiz etmek için çok çeşitli standartlaştırılmış prosedürler mevcuttur.

Numune alımı şu şekilde gerçekleştirilebilir:

- Atık su akışından alınan tek bir numuneyi ifade eden rastgele bir numune
- Belirli bir süre boyunca sürekli olarak alınan bir numuneyi veya belirli bir süre boyunca sürekli veya süresiz olarak alınan ve harmanlanan birkaç numuneden oluşan bir numuneyi ifade eden kompozit numune
- En az iki dakika aralıklarla en fazla iki saatlik bir süre içinde alınıp harmanlanan ve en az beş rastgele numuneden oluşan bir kompozit numuneyi ifade eden nitelikli rastgele numune.

Bu belgede ilgili prosesler için bildirilen atık sudaki emisyon konsantrasyonu, nitelikli rastgele numuneleri ya da 24 saatlik kompozit numuneleri ifade eder. Dolayısıyla ilgili MET-İES'ler de rastgele numuneleri veya 24 saatlik kompozit numuneleri ifade eder.

2.5.6 Gürültünün azaltılması

Demir-çelik üretimindeki birçok proses önemli miktarda gürültü emisyonu üretir. Tesislerin komşu alanlarındaki gürültü emisyonlarını önlemeye veya en aza indirmeye yönelik genel inşaat ve işletme teknikleri aşağıdakileri içerir:

- Bir gürültü azaltma stratejisinin uygulanması
- Gürültülü işlemlerin/ünitelerin kapatılarak yalıtılması
- İşlemlerin/ünitelerin titreşim yalıtımının yapılması
- Darbe emici malzemeden yapılmış iç ve dış astarın kullanımı
- Malzeme dönüştürme teçhizatını ilgilendiren işlemlerin gerçekleştirildiği binaların ses geçirmez hale getirilmesi
- Gürültü koruma duvarlarının inşa edilmesi (örneğin korunan alan ile gürültülü faaliyet arasında büyüyen ağaçlar ve çalılar gibi doğal engellerin yerleştirilmesi veya binaların inşa edilmesi)
- Egzoz bacalarında susturucuların kullanılması
- Ses yalıtımlı binalarda yer alan kanalların ve son üfleyicilerin yalıtılması
- Kapalı alanların kapı ve pencerelerinin kapatılması.

3 SINTER TESİSLERİ

3.1 Uygulanan proses ve teknikler

3.1.1 Sinter prosesinin amacı

Modern, yüksek performanslı yüksek fırınlar, yükün önceden fiziksel ve metalürjik olarak hazırlanmasıyla (geçirgenliği ve indirgenebilirliği iyileştiren) daha yüksek performans sağlar. Bu hazırlık, fırın yükünün sinterleme ya da peletleme yoluyla topaklaştırılmasını (aglomerasyon) gerektirir (bkz. Bölüm 4). Bir sinter prosesinin yükü, toz cevherlerin, katkı maddelerinin (örneğin kireç, olivin) ve akış yönündeki işlemlerden elde edilen geri dönüştürülmüş demir içeren malzemelerin (YF gazıyla temizlemeden kaynaklanan kaba toz ve çamur, hadde tufali dâhil) bir karışımından oluşur ve toplam yükün ateşlenmesine olanak tanımak için bu karışıma kok mıcırı eklenir. Avrupa'da, sürekli hareket eden ızgaralarda aşağı çekişli sinterleme özel olarak kullanılmaktadır (bkz. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Kaynak: [200, Komisyon 2001]

Şekil 3.1: Yükleme tesisi (tamburlar veya oluklar) ve başlangıç ucunda ateşleme kanopisi ile birlikte bir sinter bandının fotoğrafı

3.1.2 Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması

[267, Kawaguchi ve diğ. 2002] [300, Eurofer 2007]

Ham maddelerin sinterleme işleminden önce harmanlanması gerekir. Bu genellikle hazırlanmış alanlarda malzemelerin sinterleme işleminin gerektirdiği kesin miktarlarda katmanlar halinde yayılmasını içerir. Yukarıda bahsedilen akış yönü işlemlerinden geri dönüştürülmüş malzemeler eklenebileceği gibi, bir miktar eritken malzeme de bu aşamada eklenebilir. Cevher yatakları genellikle rüzgâr nedeniyle savrulmayı önlemek için kaba bir malzeme tabakasıyla kaplanır. Sinterleme işleminin başlangıcında, cevher harmanı sinter tesisinin başlangıcında yataklardan depolama bunkerlerine aktarılır.

Yukarıda bahsedildiği gibi, kireç, olivin, toplanan toz ve hadde tufali, yüksek fırınlarda gaz temizlemeden kaynaklanan tozlar (ve çok daha düşük oranda çamurlar) ve sinter elemesinden geri dönüştürülmüş sinter (<5 mm aralığındaki parçacıklar) gibi diğer katkı maddeleri (bkz. Şekil 3.2), karıştırma aşamasında cevher harmanına eklenebilir. Belirtilenler dışındaki katkı maddeleri, eritken maddeler ve kalıntılar da sinter karışımına eklenebilir.

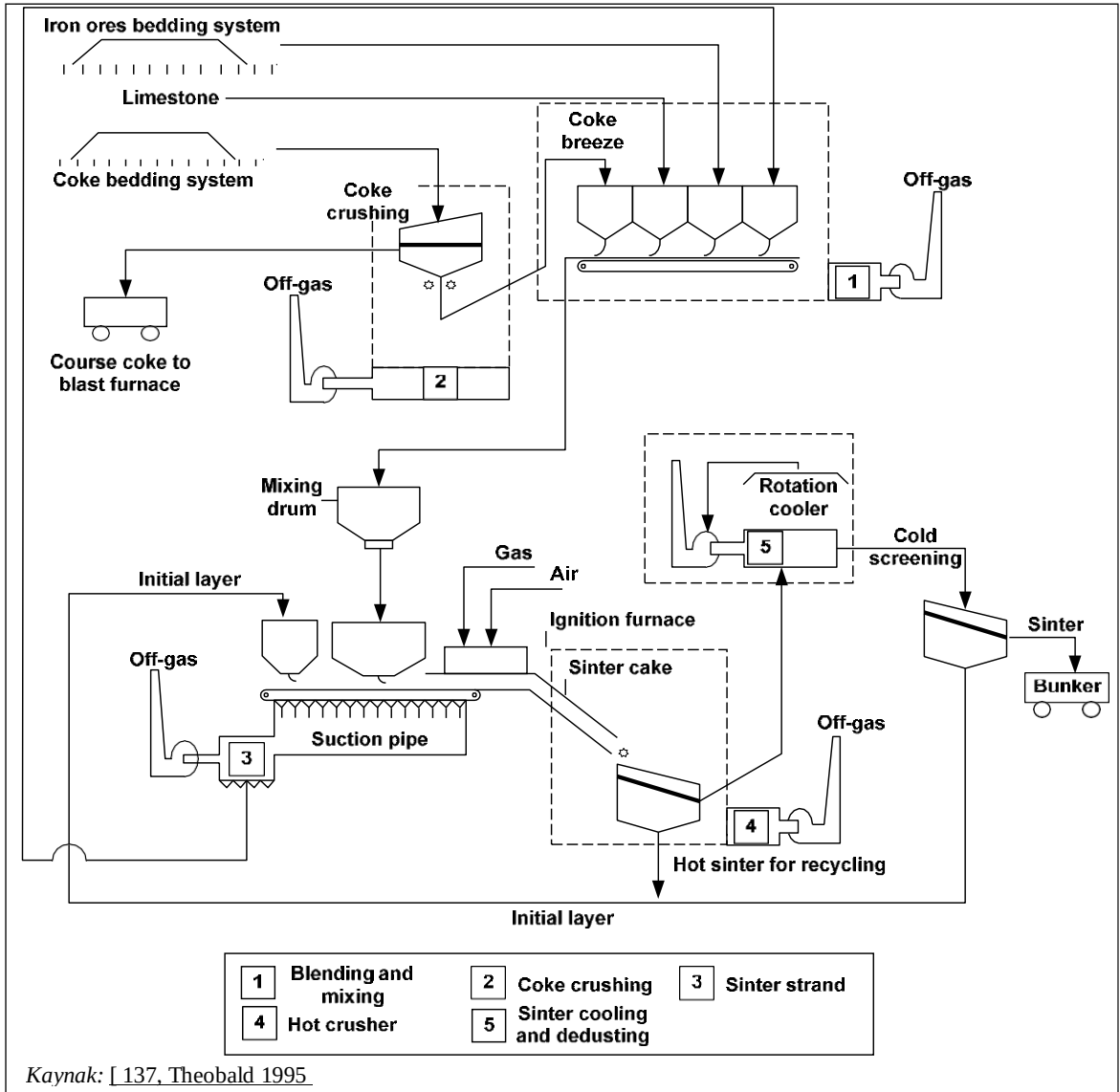
Kok mıcırı (parçacık boyutları <5 mm olan küçük kok) sinterleme prosesi için en yaygın olarak kullanılan yakıttır. Genellikle saha içi bir kok fırın tesisinden doğrudan mıcır olarak veya başka bir yerden alınan kokun kırılmasıyla elde edilir. Yetersiz kok kapasitesine sahip entegre çelik fabrikaları, sinter tesislerinin ihtiyaçlarını karşılamak için dış tedarikçilerden uygun yakıt malzemeleri satın alır. Bu durumda antrasit, kok tozuna ekonomik bir alternatif olabilir ve hidrokarbon emisyonlarının artmasını önlemek için uçucu madde içeriği düşük malzeme seçimine özen gösterildiği takdirde başarılı bir şekilde kullanılabilir. Tablo 3.1’de bazı sinter tesislerinde kullanılan kok mıcırının bazı özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Sinter tesislerinde kullanılan kok mıcırının örnek özellikleri

Parametre		% ağı.
<0,25 mm parçacık		0,1 – 7,2
Sabit karbon		81,3 – 86,6
Uçucu madde		0,8 – 2,4
Element analizi	C	82,0 – 88,1
	H	0,55 – 1,03
	S	0,42 – 1
	N	1,06 – 1,23
	Cl	0,0050 – 0,0235
	Kül	10 – 15
Kül bileşimi	SiO ₂	44,3 – 55,5
	Al ₂ O ₃	22,1 – 27,7
	Fe ₂ O ₃	4,0 – 17,4
	CaO	1,28 – 3,27
	TiO ₂	0,93 – 1,31
	P ₂ O ₅	0,87 – 1,51
	K	0,56 – 1,12
	Na	0,27 – 0,52
	S	0,05 – 0,09
	Cu	0,008 – 0,020
Kaynak: [220, Eurofer 2008] [267, Kawaguchi ve diğ. 2002].		

Cevher harmanı ve kok mıcırı konveyör bantlarında tartılır ve bir karıştırma tamburuna yüklenir. Burada tamamen harmanlanırlar ve sinter yatağının geçirgenliğini iyileştiren mikro peletlerin oluşumunu artırmak için karışım nemlendirilir (bkz. Şekil 3.2).

Bunkerde harmanlama ve karıştırma uygulanan tesislerde, emisyonlar tozun tahliyesi ve ardından toplanan gazın saflaştırılmasıyla azaltılır.



Şekil 3.2: Bir sinter tesisinin ana emisyon noktalarını gösteren şematik diyagramı

Başka tasarımlar da kullanılır. Şekil 3.2'de gösterilen tesiste kok kırma ve bunker harmanlama uygulanmaktadır. Şekildeki bacalar emisyon kaynaklarını göstermektedir; her bacada birden fazla çıkış gazı akışı birlikte çıkabileceğinden, gerçekte daha az baca olacaktır.

3.1.3 Sinter bandının çalıştırılması

[7, Bothe 1993] [29, EC Sinter/YF 1995] [93, Matzke 1987] [145, UBA Açıklamaları 1997]

Sinter tesisi esas olarak ısıya dayanıklı dökme demirden yapılmış büyük bir hareketli ızgaradan oluşur (bkz. Şekil 3.1). Sinterlenecek malzeme, 30 – 50 mm derinliğindeki geri dönüştürülmüş sinter tabakasının üzerine yerleştirilir. Bu alt tabaka, karışımın ızgara yarıklarından geçmesini engeller ve ızgarayı yanan karışımın doğrudan ısısından korur.

Modern sinter fabrikalarında, sinterlenecek malzeme tabakası yaklaşık 400 – 600 mm derinliğindedir, ancak daha eski tesislerde daha sık yataklar yaygındır. Izgaranın başlangıcında, gaz brülörleri kanopisi, karışımındaki kok mıcırını ateşler. Aşağı çekiş prosesinde, güçlü bir fan, proses havasını sinter yatağının tüm uzunluğu boyunca emiş kasaları olarak bilinen ve ızgaranın altında bulunan dağıtım odalarına çeker. Bir sinter tesisinden çıkan atık gaz debisi, tesisin büyüklüğüne ve çalışma koşullarına bağlı olarak 333.000 ile 1.600.000 Nm³/saat arasında değişmektedir. Tipik olarak

özellik atık gaz debisi 1.500 ile 2.500 Nm³/t derecelendirilmiş sinter arasındadır. Büyük emiş alanlarına (250 m²'den fazla ve/veya ızgara genişliği 3 m'den fazla) sahip sinter tesislerinin çoğunda, gelişmiş emisyon azaltma önlemleri için uygun olabilecek ayrı fanlar ve toz giderme cihazları bulunan iki çıkış gazı toplama şebekesi bulunur.

Sinter karışımı ızgara boyunca ilerlerken, yanma cephesi karışımın içinden aşağıya doğru çekilir. Bu, ince parçacıkları birlikte sinter olarak adlandırılan gözenekli klinker haline getirmek için yeterli ısıyı (1300 – 1480 °C) sağlar.

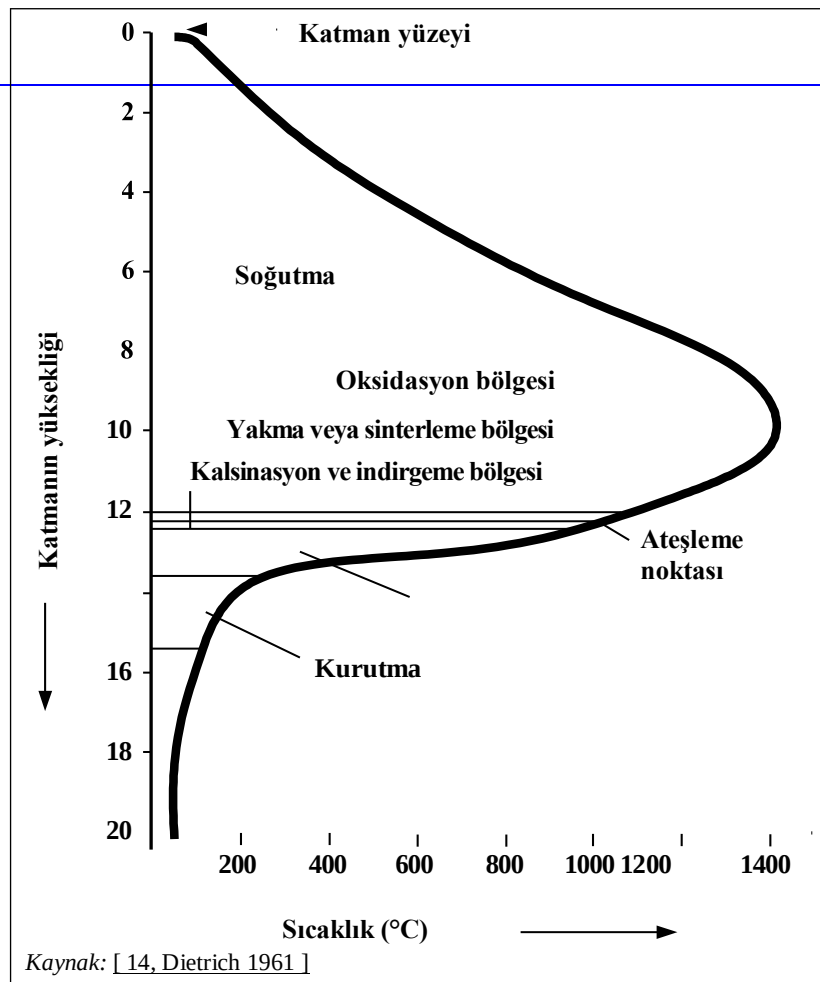
Sinterleme prosesi sırasında çeşitli kimyasal ve metalürjik reaksiyonlar gerçekleşir. Bunlar hem sinterin kendisini hem de toz ve gaz emisyonları üretir. Reaksiyonlar çakışarak ve birbirini etkileyerek sinterleme bölgesinde bulunan eriyik, katılar ve gaz fazları arasında heterojen reaksiyonlar ve katı hal şeklinde meydana gelir. Aşağıdaki proses ve reaksiyonlar gerçekleşir:

- Nemin buharlaşması
- Temel bileşiklerin önceden ısıtılması ve kalsinasyonu, kok mıcırının tutuşması ve karbon, pirit, klorür ve florür bileşikleriyle havadaki oksijen arasındaki reaksiyonlar
- Hidratların ayrışması ve karbonatların parçalanması
- Kalsiyum oksit ve hematit arasında bir reaksiyon
- Silikat fazı ile kalsiyum oksit ve demir oksit fazları arasında bir silikat eriyiği üretmek ve eriyik fazların oranını artırmak için bir reaksiyon
- Kalsiyum-kükürt bileşiklerinin ve florür ile birlikte alkali klorürler ve metal klorürler içeren bileşiklerin oluşumu
- Yüksek sıcaklık bölgesinde demir oksitlerin metalik demire indirgenmesi
- Kok yanması ve nem buharlaşması ile boşluk ve kanal oluşturma etkileri
- Sinter soğutması sırasında büzülme, dişlenme ve sertleşme etkileri ile yeniden oksidasyon ve yeniden kristalleşme prosesleri
- Sinter soğutması sırasında termal zorlanma nedeniyle çatlak oluşumu ve sinter mikro yapısındaki kusurlar.

Şekil 3.3'te, ateşlemeden altı dakika sonra bir sinter tabakasının sıcaklığı ve reaksiyon bölgeleri gösterilmektedir.

Sinter bantlarından çıkan gaz, başta demir bileşikleriyle olmak üzere ağır metaller gibi partikülleri ve ayrıca özellikle kurşun bileşikleriyle, alkali klorürler, kükürt oksitler, azot oksitler, hidrojen klorür, hidrojen florür, hidrokarbonlar, karbonmonoksit ve ayrıca eser miktarda PAH ve PCDD/F ve PCB gibi aromatik organohalojen bileşikler içerir. Çeşitli parametrelerin (H₂O, O₂) emisyon profilleri Şekil 3.5'te, kirleticilerin (CO₂, CO, SO₂, NO_x ve PCDD/F) emisyon profilleri ise Şekil 3.5 ve Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Sinter tesisinden çıkan gaz emisyonları, entegre bir çelik fabrikasından kaynaklanan genel emisyonlara önemli katkıda bulunur. Kirleticiler için oluşum yolları, emisyon miktarları ve sinter bandı profilleri hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 3.2'de verilmektedir.

Kok mıcırı, ızgaranın sonuna ulaşmadan tamamen yakılır ve son bir veya iki emiş kasası, soğutma prosesini başlatmak için kullanılır. Soğutucu, sinter bandı içine entegre edilebilir, ancak ayrı bir soğutucu (örneğin, bir döner soğutucu) kullanımı daha yaygındır. Bandın sonunda sinter keki, bir çarpma platformuna düşer ve orada bir kırıcı kullanılarak kırılır. Pek çok tesiste sinter daha sonra, yaklaşık 5 mm'den daha küçük ince tanelerin ayrıldığı ve besleme karışımına geri döndürüldüğü bir sıcak eleme prosesinden geçer (bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.3: Ateşlemeden altı dakika sonra bir sinterleme prosesinde sıcaklık ve reaksiyon bölgelerinin şematik diyagramı

3.1.4 Sıcak sinter eleme ve soğutma

[29, EC Sinter/YF 1995]

Çoğu durumda (yani, soğutmanın sinter bandına entegre olmadığı durumlarda), sinter boşaltma, kırma ve sıcak elemeden sonra, sinterlenmiş malzeme bir soğutucuya doğru ilerler. Soğutucu tipik olarak, sinterin 1 m'den daha kalın bir tabakaya yerleştirildiği yaklaşık 20-30 m çapında dönen bir yapıdır. Sinter, katman içinden yukarı veya aşağı doğru itilen hava ile soğutulur. Sinter soğutma gazının akışı yüksektir ve kullanılan sistemin türüne ve yaşına bağlıdır. Tipik özgül akış 1000 ve 1500 Nm³/t sinter arasındadır. Sinter soğutma atık gazındaki (300 °C'ye kadar sıcaklığa sahip olabilen) duyulur ısı, sinter ızgarası ateşleme davlumbazlarında yanma havasını önceden ısıtmak için sıcak gazları devridaim ederek ve sinter ham karışımını ön ısıtmaya tabi tutarak bir atık ısı kazanında veya sinter prosesinde kullanılabilir. Başka soğutucu tasarımlarının da var olduğu bilinmektedir.

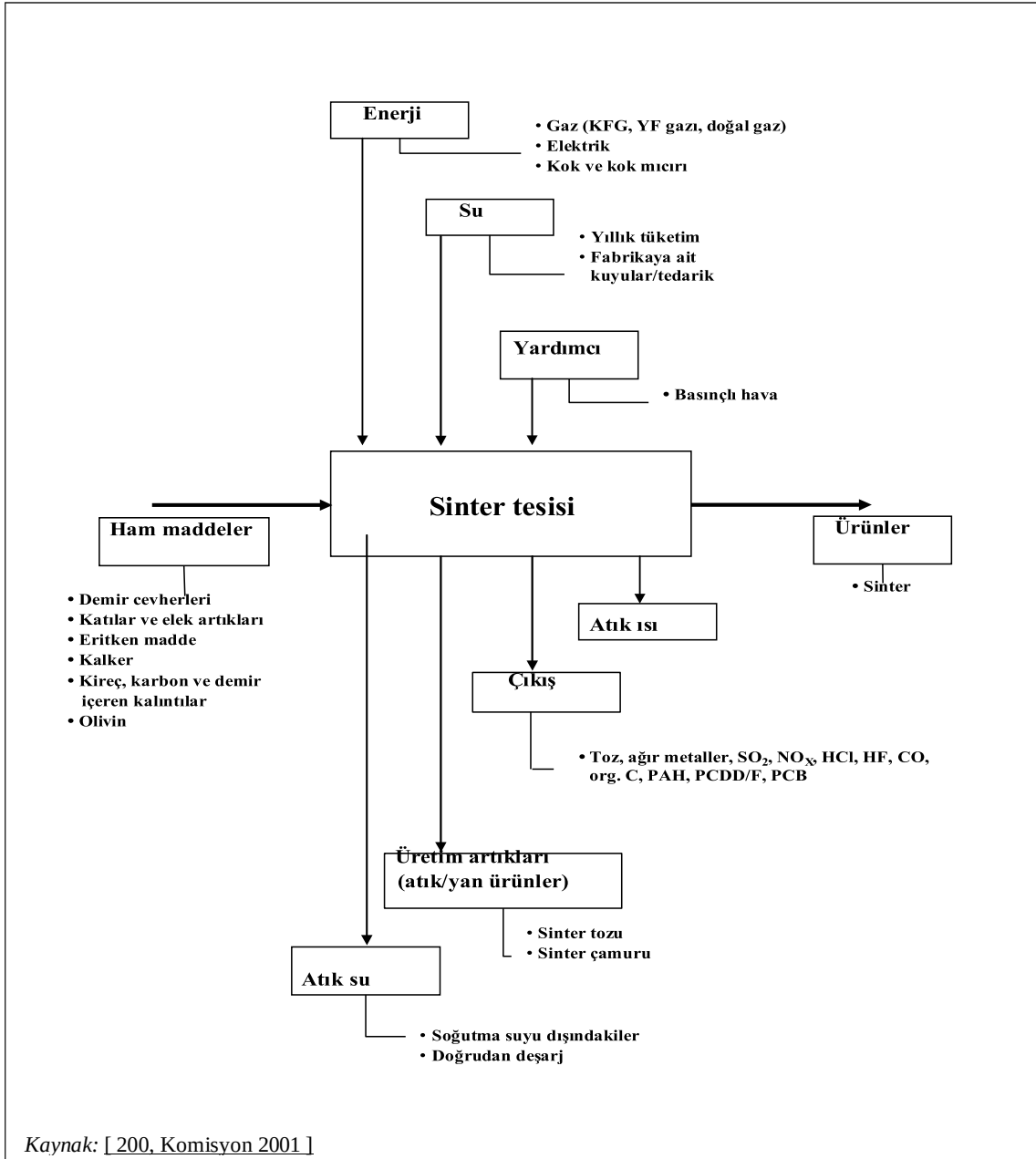
Soğutulan sinter, yüksek fırında kullanılacak parçaları (4 – 50 mm) sinter prosesine geri gönderilecek parçalardan (0 – 5 mm 'dönüş tozları' olarak ve 10 – 20 mm 'hazne katmanı' olarak) ayıran eleklerle aktarılır.

3.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

3.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri

[30, Roederer ve diğ. 1996] [300, Eurofer 2007]

Şekil 3.4, bir sinter tesisinin girdi ve çıktı kütle akışlarının genel bir görünümünü göstermektedir. Bu genel bakış, sinter tesislerinden veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 3.4: Bir sinter tesisinin kütle akışına genel bakış

Sinter tesisleri için özgül girdi faktörleri ve özgül emisyon faktörleri belirlenmiştir. Tablo 3.2, Avrupa'da 2004'te 91,13 milyon ton sinter üretimi gerçekleştiren önemli sayıda sinter tesisi için bu verileri göstermektedir.

Tablo 3.2: 2004 yılında AB-25'te sinter üretimi için girdi ham maddeleri

Derecelendirilmiş sinter üretimi		Birimler	Ortalama girdi		
Ham maddeler					
Demir cevheri		kg/t sinter	813,1		
Dahili dönüş tozları ⁽¹⁾			250,7		
Kireçtaşı/dolomit			131,1		
YF dönüş tozları ⁽²⁾			63,0		
Geri döndürülen malzemeler ⁽³⁾			51,8		
Diğer ⁽⁴⁾			31,4		
Katkı maddeleri			26,4		
YF gazı tozu ⁽⁵⁾			12,7		
Kireç			10,2		
Toplam ham karışım			1390,4		
Enerji					
		Birimler	Maksimum	Minimum	Ortalama girdi
Yakıtlar:	Katı yakıt ⁽⁶⁾	MJ/t sinter	1834	1254	1276,6
	KFG/YF gazı/doğal gaz		185	35	67,0
Elektrik:	Fanlar için		91	30	39,4
	Toplam elektrik		155	92	– ⁽⁷⁾
(1) Sinter prosesinde toplanan küçük boyutlu sinter ürünü. (2) Küçük boyutlu sinter, yüksek fırına yüklenmeden önce elenir. (3) Geri kazanılan eritken maddeler de dahil olmak üzere farklı demir-çelik üretim faaliyetlerinden elde edilen malzemeler. (4) Peletler ve doğrudan yüklenen parça cevher eleme artıklarını, diğer bantlardan elde edilen küçük boyutlu sinter vb. dahildir. (5) Yüksek fırın gazı arıtımından elde edilen kaba toz. (6) Örneğin kok mıcırı, antrasit, ancak YF gazı tozunun enerji katkısı hariç. (7) Elektrik için makul bir ortalama girdi verisi sağlanmamıştır. Not: Rakamların dayandığı toplam tonaj = 91,13 milyon ton; bu da 2004 yılı için AB-25'teki tüm sinter üretiminin tahmini %79 ila 82'sine karşılık gelmektedir. Verilerin tümü özgül, yıllık ortalama bazında sunulmuştur (örneğin g/t sinter). Kaynak: Yüksek fırınlar ve sinter tesislerine ilişkin Eurofer teknik bilgi alışverişi 2004 ve mümkün olan durumlarda ek tesislerden alınan veriler [177, Eurofer 2009] [299, Eurofer 2007].					

Tablo 3.3, Avrupa'da 1999'da 52,6 milyon ton sinter üretimi gerçekleştiren beş sinter tesisi için diğer girdi verilerini göstermektedir.

Tablo 3.3: Dört farklı AB Üye Devletindeki (Avusturya, Belçika, Almanya ve Hollanda) beş sinter tesisinden 1999 yılına ait girdi verileri

Derecelendirilmiş sinter üretimi	Birimler	Maksimum	Minimum
Diğer girdiler			
Su	m ³ /t sinter	0,35	0,01
Basınçlı hava	Nm ³ /t sinter	3	1,2
Kaynak: [200, Komisyon 2001].			

Tablo 3.4, sinter bandından kaynaklanan ve ana atık gaz bacasından çıkan emisyonları göstermektedir (Şekil 3.2'deki emisyon noktası 3). Bu veriler özgül yıllık bazda ifade edilir (örneğin g/t derecelendirilmiş sinter).

Tablo 3.4: 2004 yılında AB-25'te sinter üretimi için azaltma sonrasında sinter bandı atık gazındaki ortalama maksimum ve minimum emisyon konsantrasyonları

Parametre	Birimler	Maks. değer	Min. değer	Değer sayısı	Verilerin kapsadığı sinter üretimi (kt)
Havaya salınan emisyonlar					
Gaz akışı ⁽¹⁾	Nm ³ /t sinter	2500	1500		
Tozlar ⁽²⁾	g/t sinter	559,4	40,7	21	94 321
PM ₁₀ ⁽²⁾		177,13	66,30 ⁽³⁾	13	60 385
As	mg/t sinter	15,0	0,6	15	66 358
Cd		276,7	0,2	18	77 731
Cr		125,1	3,6	16	69 140
Cu		600,5	1,9	16	69 140
Hg		207,0	0,1	17	72 693
Mn		539,4	3,4	13	56 612
Ni		175,6	1,3	17	65 492
Pb		5661,2	26,1	16	69 140
Se		120,5	21,8	8	40 598
Tl		86,6	0,5	12	56 612
V		158,5	0,6	12	47 156
Zn		1931,3	2,1	17	75 197
HCl	g/t sinter	847,6	1,4	18	63 579
HF		8,2	0,4	17	59 129
NO _x ⁽⁴⁾		1031,2	302,1	21	94 321
SO ₂		973,3	219,9	21	94 321
CO		37 000	8 783	19	81 284
CO ₂ ⁽⁵⁾		368 000	161533	15	81 326
Metan		412,5	35,5	12	48 835
MOVOC		260,9	1,5	15	56 901
Toplam PAH ⁽⁶⁾	mg/t sinter	591,7	0,2	10	40 441
BaP	mg/t sinter	41,5	0,1	11	41 243
PCDD/F ⁽⁷⁾	µg I-TEQ/t sinter	16	0,15	18	74 249
PCB ⁽⁸⁾	ng TEQ/t sinter	178,0	24,5	5	13 008
PCB ⁽⁹⁾	mg/t LS	13	1	2	–
Üretim artıkları (atık/yan ürünler)					
Tozlar	g/t sinter	3641,29	171,05	5	23 021
Çamur	g/t sinter	4492,18	472,73	3	11 341
Atık su	m ³ /t sinter	0,06	0,03	2	7 028
(1) Gaz akış ortalaması 2100 Nm³/t sinterdir. (2) Değerler ana baca emisyonlarını ifade eder (Şekil 3.2'deki 3 numaralı emisyon noktası). Sinter tesislerinden kaynaklanan diğer toz emisyonları Tablo 3.5'te sunulmaktadır. (3) PM₁₀ minimum değerinin minimum toz değerinden yüksek olması anormal görünmektedir. Bu, bazı tesislerin eksik bir veri seti sağlamasından kaynaklanmaktadır ve dolayısıyla PM değeri en düşük olan tesis PM₁₀ verisi sağlamamıştır. (4) NO₂ olarak ifade edilen azot oksitler. (5) Karbonatlı demir cevherlerinin kullanıldığı tesislerde, atık gazdaki CO₂ konsantrasyonu artırılarak EOS uygulamasının sinter prosesini güçlü bir şekilde engellemesi sağlanır. Karbonatlı cevher kullanılmayan tesislerde CO₂ emisyonları ortalama 161 ila 368 kg/t sinter arasında iken, karbonat cevheri kullanılan tesislerde ortalama bunun iki katına kadar çıkabilir. (6) Toplam PAH (Borneff 6). (7) I-TEQ olarak ifade edilen PCDD. (8) WHO (12) TEQ olarak ifade edilen PCB (PCB 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189, 77, 81, 126, 169). Daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 13.3'te Ek III. (9) (PCB 28+52+101+153+138+180) ile hesaplanan tüm PCB'lerin toplamı × 5 ([155, UN-ECE Pops 1997]’ye göre 5 faktörü) ve 2100 m³ çıkış gazı/t sinter. Not: Verilerin tümü özgül, yıllık ortalama bazında sunulmuştur (örneğin g/t sinter). Kaynak: [209, EC 2005] [244, Plickert 2007] [262, Pütz ve diğ. 1996] [299, Eurofer 2007] [300, Eurofer 2007] [372, Çek TÇG üyesi 2008].					

Tablo 3.6, bir "ikincil veya oda tozsuzlaştırma sistemi" tarafından verimli bir şekilde yakalanmadığı ve tozdan arındırılmadığı takdirde yaygın emisyonlara katkıda bulunabilecek ikincil emisyonlar üretebilen işlemlerden havaya yayılan partikül emisyon aralıklarını gösterdiğinden Tablo 3.4'ü tamamlayıcı niteliktedir. Yakalanmayan yaygın emisyonlar hariçtir.

İkincil tozsuzlaştırma sistemleri genellikle ana tozsuzlaştırma sistemine ek olarak verimli bir toplama ve ayrı bir tozsuzlaştırma ünitesinden oluşur. Bu, hazne katmanını, sinter kırma ve eleme yapılan bant boşaltma bölgesini ve sinter konveyörünün aktarma noktalarını içerebilir. Mevcut verilerin doğrulanması, farklı ikincil kaynakların tahsisinin her zaman belirli bir şekilde yapılmadığını göstermiştir; soğutucunun tozdan arındırılması bazen ayrıca sunulurken bazen de ikincil emisyonlara dâhil edilir.

Elektrostatik filtreler veya torba filtreler burada kullanılır ve toz ham sinter karışımına döndürülür.

Tablo 3.5: Bir sinter tesisinin (ana atık gaz bacası hariç) başlıca operasyonlarına ilişkin partikül emisyonları için noktasal kaynaklı hava emisyonları aralıkları

Emisyon noktası ⁽¹⁾	Sinter faaliyeti	Toz	PM ₁₀	Toz	PM ₁₀
		g/t sinter		mg/Nm ³	
1	Harmanlama ve karıştırma	0,5 – 37,7	5,6 – 18,9	MD	MD
4	İkincil tozsuzlaştırma: • Bant boşaltma bölgesi • Sıcak kırma/eleme • Konveyör aktarma noktaları	14,5 – 40 ⁽²⁾	7,7 – 25,1 ⁽²⁾	7 – 50 ⁽²⁾	4 – 43 ⁽²⁾
5	Sinter soğutma	14 – 212	1,3 – 42,8	0,6 – 85 ⁽³⁾	0,6 – 36

(1) Şekil 3.2'deki emisyon noktalarının sayısı.

(2) Bu veriler aynı zamanda sinter soğutucu emisyonlarını da içerebilir.

(3) Tek bir tesisin 390 mg/Nm³ değeri hariç.

Not: MD = Mevcut değil veya çok az veri var. Veriler 2004 yılına aittir.

Kaynak: [300, Eurofer 2007]

Sinterin soğutulması (bkz. Şekil 3.2'deki 5 numaralı emisyon noktası) çok büyük miktarda soğutma havası ile gerçekleştirilir. Soğutucuların üzeri genellikle tamamen kapatılmadığından yaygın emisyonlar oluşur.

Tablo 3.6'da, AB'deki üç sinter tesisinde ikincil tozsuzlaştırmadan kaynaklanan toz emisyonlarına ilişkin veriler yer almaktadır.

Tablo 3.6: Üç AB sinter tesisinde ikincil toz gidermeden kaynaklanan toz emisyonları

Kirleticisi	Emisyon seviyesi ⁽¹⁾	Yüzdelik dilim		Birim	Referans süre
		%5	%95		
Sinter odası tozsuzlaştırma (emisyon noktası 4) ⁽²⁾					
Toz	3 – 21	5	25	mg/Nm³	YSOD (c) ⁽³⁾
Sinter boşaltma bölgesi, sıcak kırıcı ve konveyör aktarma noktalarında toz giderme (emisyon noktası 4) ⁽²⁾					
Toz	19	9,5	32	mg/Nm³	GOD ⁽⁴⁾
Sinter odası tozsuzlaştırma (emisyon noktası 5) ⁽²⁾					
Toz	17,6	7	24,5	mg/Nm³	YSOD (s) ⁽³⁾

(1) Yıllık ortalama.

(2) Şekil 3.2'deki emisyon noktalarının sayısı.

(3) YSOD (s) = sürekli ölçülen yarım saatlik ortalama değer.

(4) GOD = günlük ortalama değer.

Not: Tablo sadece üç AB sinter tesisine ait verileri içermektedir.

Kaynak: [244, Plickert 2007].

3.2.2 Sinter üretim sürecine ilişkin çevre sorunları

Daha önce belirtildiği gibi, sinter tesislerinden, özellikle de sinter bandından havaya salınan emisyonlar çevre açısından önemlidir. Bir diğer önemli konu da enerji ile ilgilidir. Aşağıda 3.2.2.1 ila 3.2.2.5 arasındaki bölümlerde, sinter tesisleriyle ilişkili en önemli çevresel sorunlar açıklanmaktadır.

3.2.2.1 Havaya salınan emisyonlar

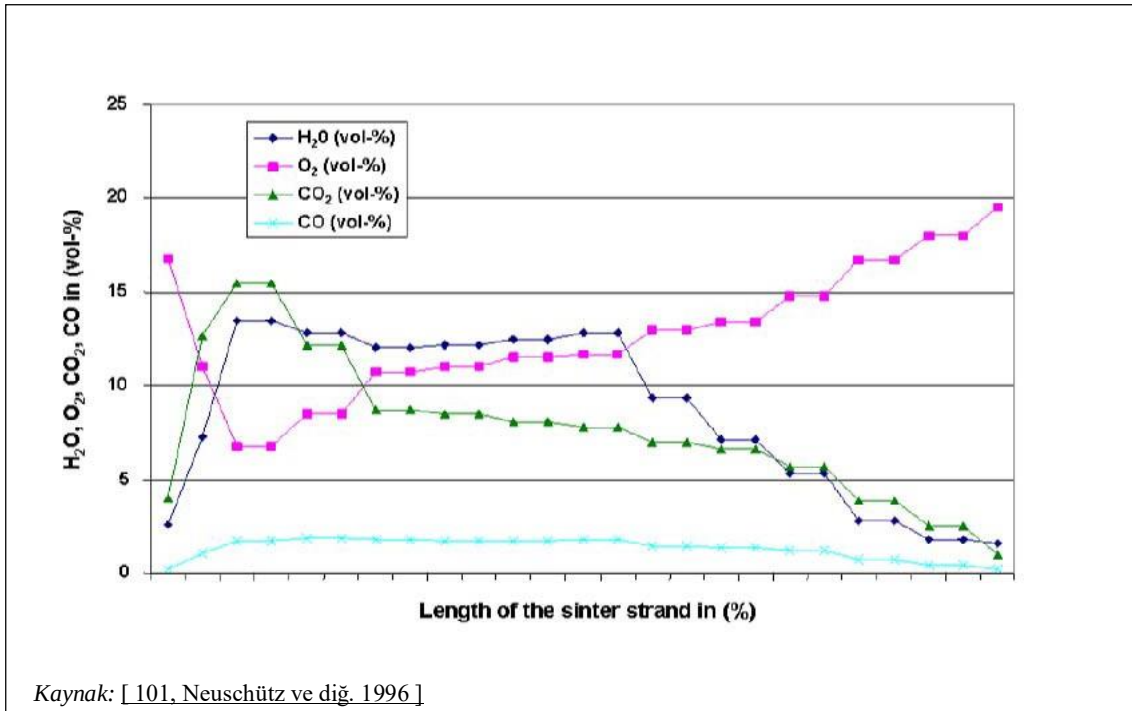
3.2.2.1.1 Sinter ham madde ve ürünlerinin kullanılması, kırılması, elekten geçirilmesi ve taşınmasından kaynaklanan toz emisyonları

Ham maddeler veya sinter taşınırken, kırılırken, elenirken veya taşınırken toz emisyonları (ikincil emisyonlar) meydana gelir. Bu toz emisyonları, uygun bastırma veya çekme ve azaltma yoluyla azaltılabilir.

3.2.2.1.2 Sinter bandından yayılan çıkış gazı emisyonları

[101, Neuschütz ve diğ. 1996] [215, BSS 2007]

Bölüm 3.1.3 ve Tablo 3.4'te bahsedildiği gibi, atık gazın özgül akışı nispeten yüksektir (1500 – 2500 Nm³/t sinter). Şekil 3.5, bir bütün olarak banttan yayılan karışık atık gazla ilgili bilgileri göstermektedir. Emiş kasalarından çıkarılan atık gazın bileşimi önemli ölçüde değişmekle birlikte, belirli karakteristik özellikler göstermektedir. Şekil 3.5 sinter bandı boyunca atık gazdaki CO₂, CO, O₂ ve H₂O'nun tipik emisyon profillerini göstermektedir. Bu parametreler ayrıca çeşitli reaksiyon dengelerini bozar. Sıcaklık, HCl, SO₂, NO_x ve PCDD/F içeriği için karakteristik eğriler de mevcuttur (bkz. Şekil 3.7 ve Bölüm 3.1.4) ve başka kirlenimler için de mevcut olabilir. CO, CO₂, H₂O, O₂, NO_x ve SO₂ gibi bazı parametreler uygun modeller ile hesaplanabilir.



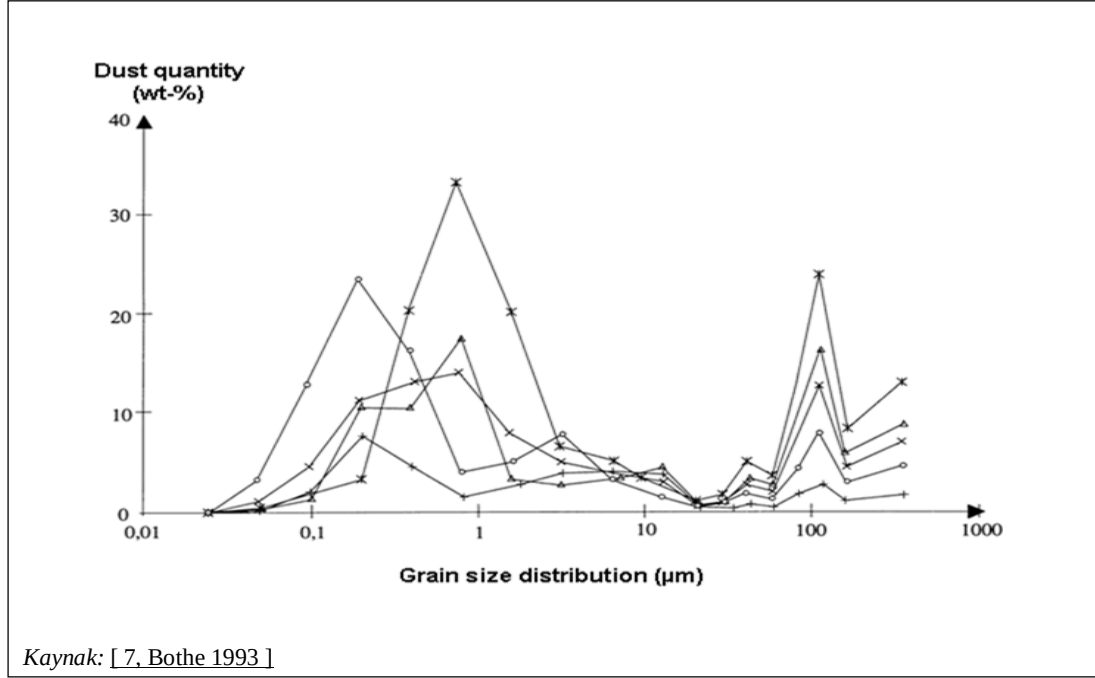
Şekil 3.5: Sinter bandı boyunca atık gazdaki (tekli emiş kasaları) CO₂, CO, O₂ ve H₂O'nun tipik emisyon profilleri

3.2.2.1.2.1

Toz

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [300, Eurofer 2007]

Azaltmadan önce bir sinter bandından yayılan tozun tane boyutu dağılımının nicel analizi iki maksimum değer gösterir: Biri kaba toz için (tane boyutu yaklaşık 100 μm olan) ve diğeri PM_{10} için (0,1 – 1 μm) (bkz. Şekil 3.6). Bu karakteristik 'iki bileşenli toz karışımı', toz oluşturan iki prosesin varlığıyla açıklanabilir.



Şekil 3.6: Çeşitli sinter bantlarından kaynaklanan tozun tane boyutu ve ağırlık dağılımı

Kaba toz, bandın baş kısmından çıkar ve sinter beslemesinden ve alt tabakadan kaynaklanır, ancak ince toz, karışımdan suyun tamamen buharlaşmasından sonra sinterleme bölgesinde oluşur. Kaba tozun bileşimi, sinter beslemesinin bileşimi ile ilişkilidir ve elektrostatik filtrelerde (ESF'ler) yüksek verimlilikle ayrılabilir. Ancak ince toz, sinterleme süreci sırasında oluşan alkali ve kurşun klorürlerden oluşur (bkz. Bölüm 3.1.3). Alkali klorürler yüksek özgül toz direncine sahiptir (1012 and 1013 c cm) arasında) ve bu nedenle elektrotlar üzerinde bir yalıtkan tabaka oluşturur. Bu tabaka ESF'lerin verimini düşürdüğü için tozun uzaklaştırılmasında ciddi sorunlara neden olur. [7, Bothe 1993]'e göre, alkali klorürler yalnızca yaklaşık %60'lık bir ortalama verimlilikle giderilebilir. Tozda bu ince parçacıkların varlığı, iyi bir şekilde tasarlanmış ve düzgün bir şekilde çalıştırılan geleneksel ESF'lerin normalde 100 – 150 mg/Nm^3 'ün altındaki toz konsantrasyonları sağlayamayacağı anlamına gelir. Tozdaki bu ince parçacıkların varlığı, 50 mg/Nm^3 'lük toz konsantrasyonlarının elde edilebildiği atım ayırma veya benzer gelişmiş kontrol teknikleriyle torba filtreler veya bakımlı ESF'lerin kullanılmasını gerekli kılar. Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Filtreler (HEEF) ile günlük ortalama <50 mg/Nm^3 değerlerine ulaşılmaktadır. Yüksek fırın gazı temizliğinden kaynaklanan tozun ve ESF'nin üçüncü ve dördüncü alanlarından kaynaklanan klorür bakımından zengin ayrılmış tozların sinter bandına geri döndürülmemesi koşuluyla, <30 mg/Nm^3 düzeyinde günlük ortalama değerler elde edilebilir [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008].

Kurşun klorürler, alkali klorürlere benzer şekilde davranır; bu nedenle, bir sinter tesisinin ana atık gaz bacalarından çıkan nispeten yüksek kurşun emisyonları, tozun azaltılmasını daha zor hale getirebilir. Tablo 3.7, sinter tozunun element analizinde bulunan aralıkları göstermektedir.

Tablo 3.7: Sinter tozunun element analizinde bulunan aralıklar

Parametre	% ağı.
Fe (toplam)	43,7 – 49,9
Cl	2,9 – 25,8
S	0,22 – 4,07
Si	2,73 – 3,62
C	2,9 – 6,12
P	0,01 – 0,24
K	3 – 9,07
Ca	7,55 – 7,83
Al	0,43 – 2,17
Mg	1,01 – 1,04
Zn	0,03 – 0,34
Mn	0,10 – 0,31
Cu	0,005 – 0,17
Cr	0,04 – 0,15
Pb	0,09 – 5,98
Na ₂ O	0,58 – 31,6
Ni	0,003
Cd	0,0009
TiO ₂	0,099
Not: 120 – 130 °C'de çalışan ve üç alan içeren bir sinter tesisinin ESF'sinden kullanılan toz. Veriler, üçüncü alandan çıkan toza ilişkindir. X-floresan ve TOC ile analiz. Kaynak: [224, Xhrouet 2002] [231, Xhrouet ve diğ. 2002] [234, Polonya 2007] [387, Fisher ve diğ. 2005].	

3.2.2.1.2.2 Ağır metaller

[7, Bothe 1993] [9, Fisher ve diğ. 1998] [87, Medinger ve diğ. 1996] [93, Matzke 1987] [143, UA-OÖ 1998] [299, Eurofer 2007] [300, Eurofer 2007]

Sinter tesislerinden kaynaklanan ağır metal emisyonları, özellikle kurşun bakımından çok önemli olabilir.

Kurşun

Sinterleme prosesi sırasında kurşun reaksiyona girerek PbO-PbCl₂, PbCl₂ ve muhtemelen ayrıca PbCl₄ oluşturur. Bu kurşun bileşikler nispeten uçucudur ve gaz fazına girer. Özellikleri (uçuculuk, tane boyutunun daha fazla artmaması, çok ince PbCl₂ kristalleri), ham atık gazda 10 g/t sinter düzeyine varan yıllık ortalama emisyon oranlarına neden olur (bu, 2100 Nm³/t sinter atık gaz debisine göre atık gazda yaklaşık 3 mg Pb/Nm³ ortalama emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir). Sinter tozunun kendine özgü özelliklerinden (yüksek alkali klorür içeriği) dolayı, iyi tasarlanmış bir geleneksel ESF'nin de toz giderme etkinliği çok ince parçacıklar için yüksek değildir. Yapraklarda birikme analizinden, sinter tesislerinin etki alanındaki ortam havası konsantrasyonlarının, genel seviyeye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olabileceği bilinmektedir.

Kurşun klorür oluşumundaki en önemli faktör, sinter beslemesindeki kurşun konsantrasyonu (normalde 40 – 100 g Pb/t sinter beslemesi) değil, klorür konsantrasyonudur (normalde 200 – 700 g Cl/t sinter beslemesi). Klorür içeriği için, daha düşük kurşun emisyonları ile ilişkili olabilecek on kat daha düşük rakamlar da bildirilmektedir.

Sinter bandı boyunca kurşun bileşiklerinin emisyon profili, kurşunun buharlaşmasının bandın ilk üçte ikilik kısmında meydana geldiğini göstermektedir.

Avrupa'daki sinter tesislerinin çoğu, kapalı filtreli toz döngüleri kullanılarak işletilmektedir. Bu, ESF'den çıkan tüm çöktürülmüş filtre tozunun banda geri döndürüldüğü anlamına gelir. Kısmen açık filtreli toz döngülerine (esas olarak alkali ve metal klorürlerden oluşan ESF'nin son alanından çıkan toz düzenli depolamaya gönderilir) kıyasla, kapalı döngü tesisleri daha yüksek alkali ve metal klorür emisyonlarına sahiptir. Bu bağlamda ayrıca, [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008]'den alınan Bölüm 3.2.2.1.2.1'deki ölçüm sonuçlarına (toz geri dönüşümlü ve dönüşümsüz) bakınız. Sinter beslemesinin florür içeriğine bağlı olarak kurşun florürler de oluşabilir. Bunlar daha da uçucudur ve ayrıca genel kurşun emisyonlarına katkıda bulunur.

Cıva

Cıva, sinterleme prosesi sırasında doğrudan gaz fazına geçer. Emisyon seviyeleri, sinter beslemesinin cıva içeriğine bağlıdır, ancak normalde çok düşüktür. Belirli demir cevheri türleri için (örneğin FeCO_3) ilgili cıva emisyonları önemli düzeyde olabilir. Böyle bir durumda, azaltma teknikleri olarak iyi tasarlanmış ve düzgün bir şekilde çalıştırılan ESF'ler ile birlikte ince ıslak yıkama sistemleri uygulandığında yaklaşık 15 – 82 $\mu\text{g Hg/Nm}^3$ veya 0,1 – 207 mg Hg/t sinter emisyonları bildirilmektedir. Bu tür salımlar, bir sinter tesisinin etki alanında önemli ölçüde daha yüksek çevresel konsantrasyonlara (örneğin ağaç yaprakları üzerindeki birikintilerden belirlenir) yol açabilir [299, Eurofer 2007].

Çinko

Beslemedeki çinko içeriği normalde 70-200 g Zn/t sinter beslemesi aralığındadır. Yakma/kalsinasyon/oksidasyon bölgesindeki yüksek sıcaklıklarda (bkz. Şekil 3.3), çinko buharlaşır ancak reaksiyona girerek çinko ferrit oluşturur. Bu çinko ferrit sinterde kalır veya iyi tasarlanmış ve yüksek verimlilikle çalışan bir EF kullanılarak giderilebilir. Esas olarak karışımın kok içeriğinden etkilenen sinterleme prosesi sırasındaki sıcaklık, çinkonun buharlaşması üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir.

Ham gazda çinko, 50 mg Zn/ Nm^3 veya 100 g Zn/t sinter seviyelerine kadar mevcut olabilir. Arıtılmış atık gaz, 2 ila 1930 mg Zn/t sinter içerir; bu da 0,001 ila 0,92 mg/m^3 arasında bir ortalama emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir.

3.2.2.1.2.3 Alkali klorürler [93, Matzke 1987]

Sinter beslemesinin alkali içeriği normalde 600 – 1000 g $\text{K}_2\text{O/t}$ sinter beslemesi ve 250 – 500 g $\text{Na}_2\text{O/t}$ sinter beslemesi arasında değişir. Bazı durumlarda, cevher kalitesine bağlı olarak 3000 g $\text{K}_2\text{O/t}$ sinter beslemesine kadar alkali içeriği bildirilmektedir. Sinterleme prosesi sırasında alkali klorürlerin oluşumu ve bunların ESF'de giderim verimliliği üzerindeki olumsuz etkileri yukarıda açıklanmıştır (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.1). Tablo 3.8'de bazı sinter besleme malzemelerindeki çözünür klorür içerikleri hakkındaki bazı bilgiler yer almaktadır.

Tablo 3.8: Sinter besleme malzemelerinde çözünür klorür içeriği

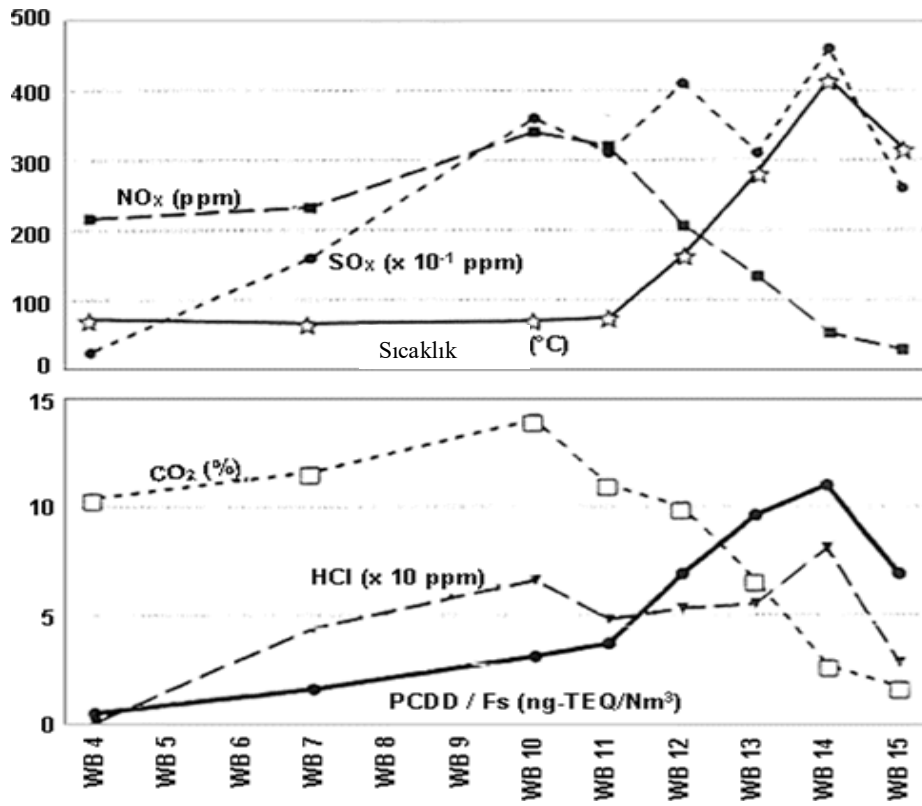
Malzeme	Çözünür klorür içeriği (mg/kg)
Demir cevherleri	27 – 159
Eritken maddeler	51 – 125
Geri döndürülen malzemeler	22 – 3 800
ESF tozu	2 500 – 34074
Yakıtlar	78 – 629
Kaynak: [387, Fisher ve diğ. 2005].	

3.2.2.1.2.4

Kükürt oksitler (SO_x)

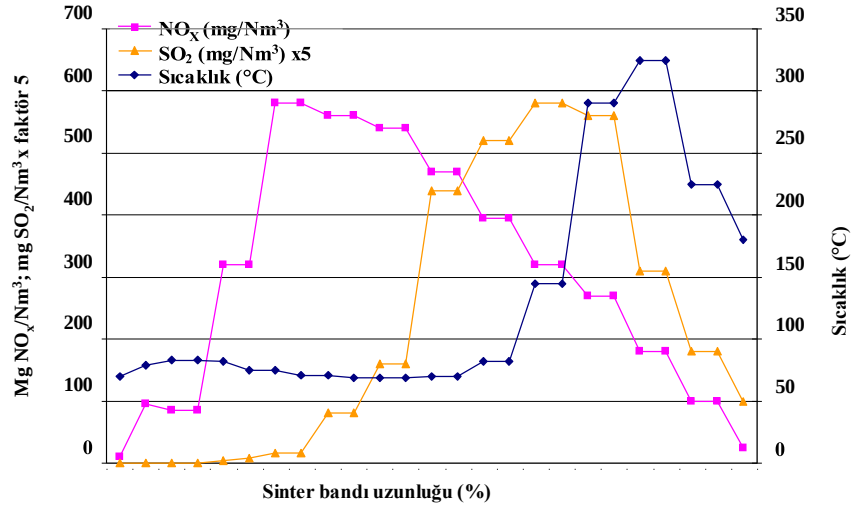
[4, Beer ve diğ. 1991] [7, Bothe 1993] [65, InfoMil 1997] [200, Komisyon 2001] [256, Kasai ve diğ. 2001] [263, Kasai ve diğ. 2001] [300, Eurofer 2007]

Atık gazdaki kükürt oksitler (esas olarak SO₂), sinter beslemesindeki kükürt bileşiklerinin yanmasından kaynaklanır. Bu kükürt bileşikleri öncelikle kok mıcırı yoluyla verilir. Demir cevherinden gelen katkı normalde yaklaşık on kat daha azdır. Toplam kükürt girdisi 0,28 ile 0,81 kg/t sinter arasında değişir. SO₂ emisyon konsantrasyonları normalde 200 ve 1000 g SO₂/t sinter arasındadır (bu, 2100 Nm³/t sinter atık gaz debisine göre 95 ila 480 mg/Nm³'lük ortalama atık gaz emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir). Sinter bandı boyunca emisyon profili açıkça farklılık gösterir ve ayrı emiş kasalarındaki SO₂ konsantrasyonlarında önemli farklılıklar görülür (bkz. Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Daha yeni araştırmalarda emisyonların benzer davranışları bulunmuştur [200, Komisyon 2001] [256, Kasai ve diğ. 2001] [263, Kasai ve diğ. 2001].



Kaynak: [256, Kasai ve diğ. 2001]

Şekil 3.7: Emiş kasalarından çıkan egzoz gazındaki gaz bileşiklerinin sıcaklığının ve konsantrasyonunun dağılımı

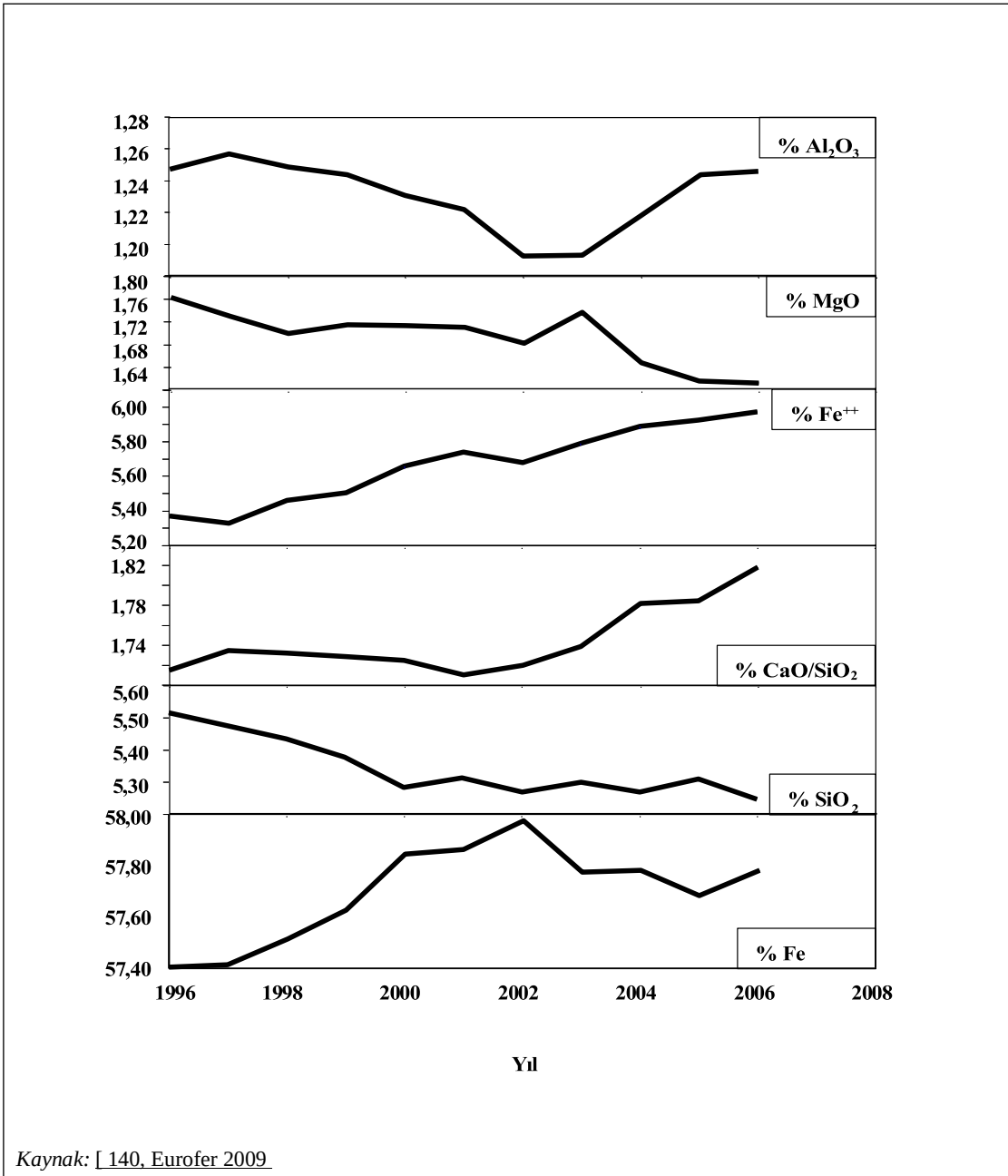


Kaynak: [101, Neuschütz ve diğ.

Şekil 3.8: Atık gazdaki (ayrı emiş kutuları) tipik SO₂ ve NO_x emisyon profili ve sinter bandı boyunca sıcaklık profili

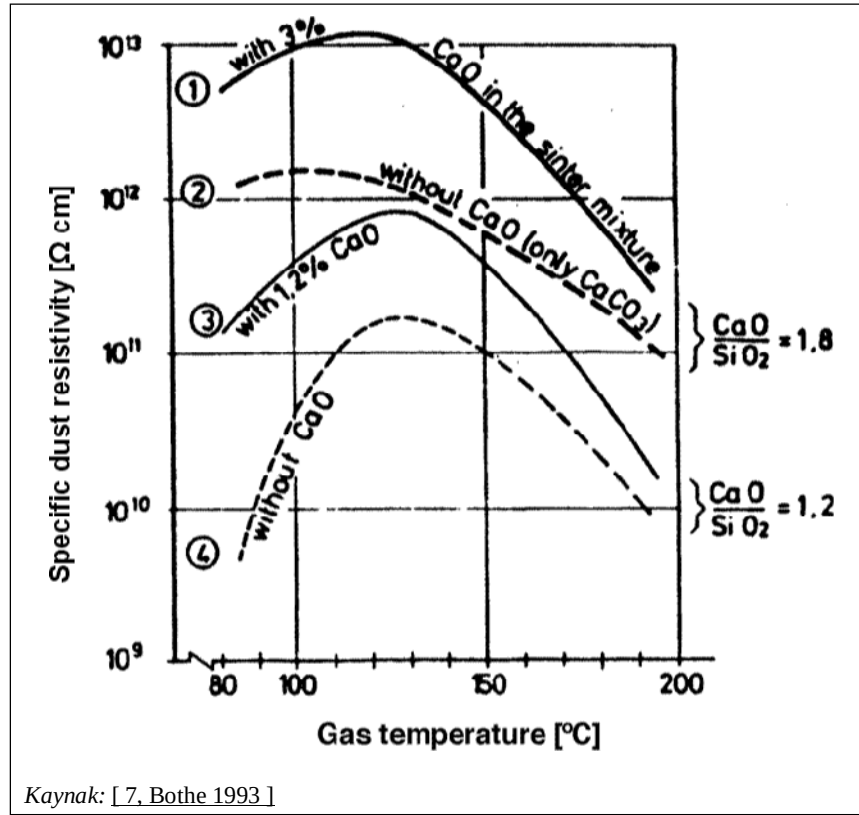
Bandın başlangıcında SO₂ içeriği düşüktür. Sadece sinter yatağının alt katmanlarında daha yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında emisyonlar belirgin şekilde artar. En yüksek konsantrasyonlar, bandın sonunda yanma noktasından hemen önce meydana gelir. Bu emisyon profili, gerekirse, atık gazın yalnızca bir kısmının artırılması imkanı sunabilir (örneğin bkz. Bölüm 3.3.5.2'de kısmi atık gaz geri dönüşümü olarak anılan entegre teknik).

Yukarıda belirtilen SO₂ emisyonları, düşük kükürt içeriğine sahip ham maddeler kullanılarak ve sinter bantları için yakıt olarak kok mıcırı tüketimini azaltmak için yapılan iyileştirmelerle elde edilmektedir. 1980'lerin başında yaklaşık 80 kg/t sinter düzeyinde bir kok mıcırı girdisi yaygınken, 2009'da tüketim 39 – 64 kg/t sinter düzeyine inmiştir (bkz. Tablo 3.3). Ham maddelerle kükürt girdisinin dışında, salınan SO₂ miktarını etkileyen başka faktörler de vardır. Bunlardan biri sinterdeki kükürt alma derecesidir. Bu, sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır. 1'e kadar olan baziklik düzeylerinde, kükürdün %90'dan fazlası uçar. Bu yüzde, 1,5'in üzerindeki bazikliklerde azalır. Baziklik 2 olduğunda, kükürdün %80-90'ı salınır. Şekil 3.9, yılda yaklaşık 100 milyon ton sinter üretimini temsil eden Avrupa Yüksek Fırın Komitesi veri alışverişine katılan tesisler için ağırlıklı ortalama sinter bileşimini göstermektedir. 2000 yılından itibaren sinter bazikliği ortalama 1,8'e çıkarılarak kendi kendine eritken yük elde edilmiştir ve bu bir bütün olarak Avrupa'yı temsil etmektedir. Bu, az da olsa SO₂ emisyonlarının azalmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, yüksek düzeyde bazik sinter tarafından kükürt alımı, alkali olarak MgCO₃ ile değil yalnızca CaCO₃ kullanıldığında mümkündür.



Şekil 3.9: Avrupa Yüksek Fırın Komitesi veri alışverişine katılan tesisler için ağırlıklı ortalama sinter bileşimi

CaCO_3 'ün SO_2 emisyonları üzerindeki hafif pozitif etkisi, daha yüksek bazikliğin neden olduğu artan özgül toz direncinden kaynaklanan ve ESF'de toz giderme etkinliğinin azalmasına yol açan olumsuz etkisi ile dengelenir (bkz. Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Sinter bazikliğinin (CaO/SiO_2) özgül toz direnci üzerindeki etkisi

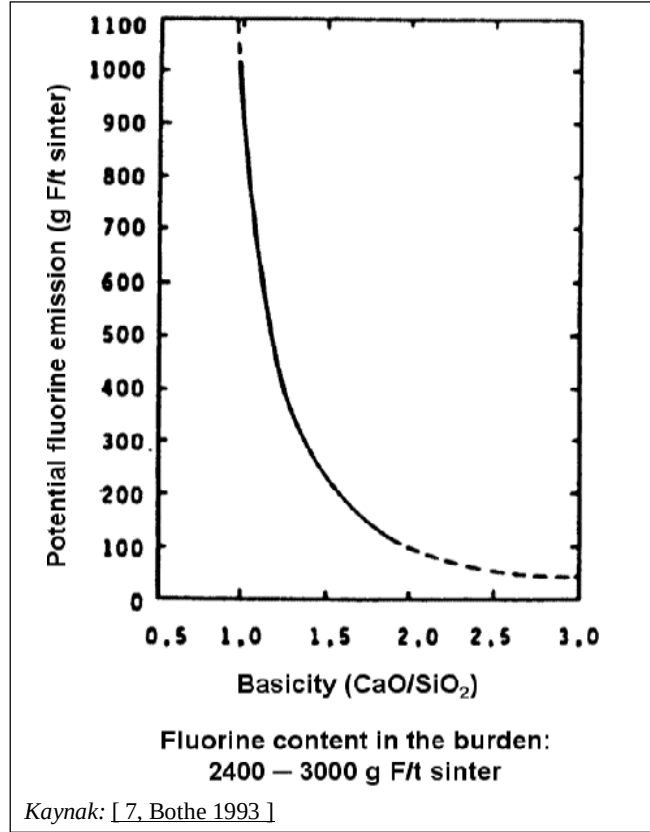
Kok mıcırının tane boyutu dağılımının SO_2 emisyonları üzerinde önemli bir etkisi vardır. Normal tane boyutları ($<3\text{mm}$) yerine daha iri kok mıcırı ($5 - 6\text{ mm}$) kullanılması SO_2 emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Öte yandan, daha büyük taneli kok mıcırı kullanımı verimliliği bozabilir ve dolayısıyla yakıt tüketimini artırabilir; bu da SO_2 emisyonları üzerindeki olumlu etkiyi ortadan kaldırır. İnce taneli mıcır (1 mm) kullanılarak yaklaşık $800\text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ olan SO_2 emisyonlarının, daha büyük taneli bir kok mıcırına (6 mm) geçildikten sonra $500\text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ 'e düşürüldüğü bir örnek bildirilmiştir.

3.2.2.1.2.5

Florürler

[300, Eurofer 2007]

Florür emisyonları esas olarak cevherin florür içeriğine ve sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır. Fosfor bakımından zengin cevherler önemli miktarda florür içerir ($1900 - 2400\text{ ppm}$). Avrupa'da, bu cevher türleri özellikle İsveç'te çıkarılıp dünyaya ihraç edilmektedir. Şekil 3.11'de görülebileceği gibi, florür emisyonları büyük ölçüde sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır. Sinter beslemesinin bazikliğindeki artış, önemli ölçüde daha düşük florür emisyonlarına yol açmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, daha yüksek bazikliğe sahip sinter beslemesinin bir dezavantajı, daha yüksek özgül toz direncine sahip toz oluşumudur (bkz. Şekil 3.11). Tablo 3.4'e göre, hidrojen florür emisyonları yıllık ortalama bazda $0,4 - 8,2\text{ g F/t}$ sinter veya yıllık ortalama bazda $2100\text{ Nm}^3/\text{t}$ sinter ile $0,2 - 4,3\text{ mg F/Nm}^3$ aralığındadır.



Şekil 3.11: Sinter besleme bazikliği ve florür emisyonları arasındaki ilişki

3.2.2.1.2.6

Azot oksitler (NO_x)

[7, Bothe 1993] [65, InfoMil 1997] [387, Fisher ve diğ. 2005]

Sinter yatağında alev cephesindeki sıcaklıklar doğal olarak NO_x oluşumuna neden olur. Bu NO_x üç şekilde oluşabilir: Sinter beslemesindeki organik azot bileşiklerinin yanması ('yakıt NO_x'); ayrışan bileşenlerin yanma bölgesinde moleküler azot (N₂) ile reaksiyonu ('hızlı NO_x') ve moleküler oksijenin (O₂) yanma havasındaki moleküler azot (N₂) ile reaksiyonu ('termal NO_x'). Toplam NO_x'in yaklaşık %80'ini temsil eden yakıt NO_x en önemlisi olabilir, ancak termal NO_x de %60 – 70 oranında baskın olabilir. Tablo 3.4'te emisyon faktörleri 302 – 1031 g NO_x/t sinter aralığında bildirilmiştir; bu da 2100 Nm³/t sinter ile 143 – 491 mg NO_x/Nm³ konsantrasyonu anlamına gelmektedir. 700 mg NO_x/Nm³'e kadar olan emisyon konsantrasyonları bildirilmiştir ve bunlar, esas olarak yakıtlardaki azot içeriği ile ilgilidir.

Ayrı emiş kasalarındaki NO_x konsantrasyonları belirlendiğinde, NO_x emisyonlarının sinter bandı boyunca eşit olarak dağılmadığı görülebilir. Ancak, SO₂ ile karşılaştırıldığında, farklar o kadar önemli değildir (bkz. Şekil 3.7).

Sinter bandı deneylerinde, atık gazdaki azot oksitlerin esas olarak NO'dan oluştuğu gösterilmiştir. Ayrıca sinter yatağının geçirgenliğinin azaldığı durumlarda hava ile yatak arasındaki temas süresinin artmasının NO_x oluşumunu kolaylaştırdığı tespit edilmiştir.

3.2.2.1.2.7 Diğer inorganik bileşikler
[229, Green 2004]

Sinter tesisleri için HCN emisyonlarının oldukça yüksek olabileceği bildirilmiştir. Antrasitin yakıt olarak kullanıldığı Belçika'daki bir sinter tesisinde, yaklaşık 1646 kg/yıl HCN emisyonu gözlemlenmiştir. Avustralya'da 5 Mt/yıl ham çelik üreten bir demir-çelik fabrikasında, sinter tesisinin HCN emisyonları 2004 – 2005'te 1500 kg/yıl ve 2006 – 2007'de 2375 kg/yıl olarak bildirilmiştir. Bunlar, yaklaşık 0,4 g/t sinter düzeyinde özgül emisyonlar sağlar. Bu değerlere karşılık gelen kütle konsantrasyonları 0,17 ve 0,2 mg/Nm³tür. HCN üretimi üzerindeki olası etkisi net olmasa bile, her iki tesisin de antrasiti esasen yakıt olarak veya NO_x emisyonlarını azaltmak için kullandığını belirtmekte fayda vardır.

Öte yandan, bir Avusturya ve bir Alman sinter tesisinde yapılan iki ölçüm tamamen zıt sonuçlar vermiştir. Kütle konsantrasyonu her iki tesiste de <0,02 mg/Nm³ olup, bu da saptama limitinin altında olduğu anlamına gelir. Ayrıca, önemli miktarlarda antrasit kullanılan Hollanda'daki bir tesiste ve Belçika'daki bir sinter tesisinde HCN kütle konsantrasyonlarının her zaman saptama limitinin altında olduğu bildirilmiştir.

Bu sonuçlar çelişkili görünmektedir. Hakim oksidatif koşullar altında sinterleme sırasında HCN'nin nasıl oluşabileceği belirsizliğini koruduğu için keşif amaçlı analiz ve araştırma önerilir [128, Sporenberg 2006] [380, Voestalpine Linz 2008].

3.2.2.1.2.8 Hidrokarbonlar
[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [112, Pütz 1997] [300, Eurofer 2007]

Hidrokarbon emisyonları esas olarak pirolizden ve karbon içeren ham maddelerin eksik yanmasından oluşan ürünler içerir. Yağ içeren kalıntılar, sinter bantlarından kaynaklanan hidrokarbon emisyonlarının ana kaynağıdır. Örneğin, istisnai durumlarda, hadde tufalı %10'a kadar yağ içerebilir [45, Gebert 1995]. Bu nedenle, sinter prosesine geri döndürülmeden önce, fabrika içi standartlara uymak için bir ön arıtma yapılması gerekir. Entegre çelik fabrikalarının çoğu, ESF ile ilgili çalışma sorunlarından (tufal oluşumu, parlak ateş) kaçınmak ve ayrıca emisyonları en aza indirmek için sinter bandına geri döndürülen kalıntıların yağ içeriği (bazıları <%0,1, bazıları <%0,5 ve bazıları <%1) için fabrika içi standartları uygulamaya koymuştur. Bu şekilde, sinter bandı için ham karışımda yağ içeriğinin <%0,1 olması sağlanmalıdır.

Oksidasyon/yakma bölgesinden önce buharlaşma sonucu oluşan hidrokarbon emisyonları, alt sinter yatağı katmanlarına ulaşır (bkz. Şekil 3.3). Bu emisyonlar metan, alifatik bileşikler, fenoller, olefinler ve aromatikler içerir. Tablo 3.4'te özetlenen verilerden, metan olmayan uçucu organik bileşiklerin (MOVOC) emisyon aralığının, yıllık ortalama olarak ifade edilen 1,5 ila 260 g C/t sinter arasında olduğu görülebilir (bu, 2100 Nm³/t sinter atık gaz debisine göre atık gazda yaklaşık 0,7 – 120 mg/Nm³ emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir). Metan emisyonları aralığı, yıllık ortalama olarak ifade edilen 35 ila 420 g/t sinter arasındadır (bu, 2100 Nm³/t sinter düzeyinde bir atık gaz debisine göre atık gazda yaklaşık 17 – 200 mg/Nm³lük ortalama emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir).

Belçika'da 3,186 Mt sinter/yıl üretime sahip bir sinter tesisinde, yaklaşık 28176 kg/yıl benzen emisyonu ölçülmüştür. Bu, yaklaşık 8,84 g/t sinter düzeyinde özgül emisyonlar ve buna karşılık gelen 2,91 mg/Nm³lük bir kütle konsantrasyonu sağlar. Bu tesiste yakıt olarak antrasit kullanılmaktadır. Avustralya'da NO_x emisyonlarını azaltmak için antrasit kullanılan bir tesiste, 2004 – 2005 yılları arasında 3600 kg/yıl benzen emisyonu tespit edilmiştir ve bu, yılda 5 Mt ham çelik üreten bir demir-çelik fabrikası için 0,35 mg/Nm³ konsantrasyona karşılık gelmektedir. Benzen emisyonlarını etkileyen faktörler net değildir ancak ham karışımdaki yüksek uçuculuğa sahip maddelerle ilişkili olmaları muhtemeldir. Daha fazla araştırma yapılması gerekli olabilir.

3.2.2.1.2.9 Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F)
[224, Xhrouet 2002] [230, Brouhon ve diğ. 2001] [258, Kuzuhara ve diğ. 2003] [259, Kasama ve diğ. 2006] [300, Eurofer 2007]

Tablo 3.4'te, sinter tesislerinden kaynaklanan PCDD/F emisyonlarının (0,15 – 14,64 Jg I-TEQ/t sinter) yıllık ortalama olarak ifade edilen bir aralığı gösterilmektedir ve çoğu tesis 0,2 ila 6.0 µg I-TEQ/t sinter aralığındadır. Bu emisyon oranları, atık gazda 0,07 – 2,86 ng I-TEQ/Nm³'lük tipik emisyon konsantrasyonlarına eşittir (2100 Nm³/t sinter düzeyinde atık gaz debisine göre).

Bu, entegre çelik fabrikalarında PCDD/F emisyonlarının ana kaynağının sinterleme olduğuna dair net kanıtlar sunar. Bu nedenle, sinterleme, PCDD/F emisyonlarının prosesin neresinde ve hangi koşullar altında üretildiğini değerlendirmek için yürütülen çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Araştırmanın amacı, PCDD/F emisyonlarının oluşumunun nasıl önlenebileceğini ve/veya ne tür nihai azaltma tekniklerinin kullanılması gerektiğini ve tekniği uygulamak için en etkili aşamanın hangisi olduğunu daha iyi anlamaktır. Başka bir konu da, PCDD/F emisyonları ile birlikte hangi PCDD/F emisyonu türdeşlerinin ortaya çıktığını değerlendirmektir.

Sinter prosesinde PCDD/F oluşumunun genel mekanizması karmaşıktır ve muhtemelen prosesteki dikey ve boylamsal sıcaklık dağılımları nedeniyle yatak içinde farklı konumlarda meydana gelen çeşitli oluşum süreçlerinin katkılarını içerir.

Bu oluşum süreçlerinin öncül moleküllerin yoğunlaşmasını ve de novo sentezini içermesi muhtemeldir. Öncül molekül müdahalesini öngörmek kolaydır; PCDD için potansiyel öncüller klorofenoller veya klorodifenil eterler iken ve PCDF için öncül PCB'dir.

'De novo' sentezi, nispeten düşük sıcaklıklarda oksitleyici bir atmosferde makro yapıli karbon üzerinde meydana gelir. Egzoz gazı ve metalik klorürler üzerinde asılı kalan az miktarda artık karbon partiküllerinin veya "kurumun" özelliklerinin PCDD/F oluşumu üzerinde büyük bir etkisi olduğu görülmektedir.

PCDD/F oluşumu farklı bileşenler gerektirir. [224, Xhrouet 2002], [255, Kasai ve diğ. 2001], [263, Kasai ve diğ. 2001], [266, Kawaguchi ve diğ. 2002], [300, Eurofer 2007] ve [387, Fisher ve diğ. 2005]'te farklı bileşiklerin öncül olarak işlev görerek PCDD/F oluşumuna nasıl katkıda bulunduğ hakkında daha fazla bilgi verilmektedir. Öncüllerin oluşum süreçlerini ve gerekliliklerini ve ardından uygun azaltma tekniklerini açıklamak için, aşağıdaki listede önemli sonuçları verilen birçok araştırma yapılmıştır:

- (Hidro)karbon: cevherler genellikle az miktarda organik madde içerir. Ana organik madde kaynağı geri döndürülen maddelerdir (örneğin yağ içerebilen hadde tufali) [257, Kawaguchi ve diğ. 2002]. Bildirildiği ve anlaşıldığı üzere, kokun, mevcut genel PCDD/F miktarları üzerinde çok az etkisi vardır. Sadece izomer dağılımları üzerinde bir etkisi var gibi görünmektedir. Genel olarak, organik madde miktarının doğrudan korelasyonunun VOC'nin görünümü ile bağlantılı olduğu ve bunun yine PCDD/F konsantrasyonu ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu belirtilmelidir.
- Klor: uçucu Cl içeriği (örneğin NaCl, KCl, CaCl₂) ve organik içerik PCDD/F oluşumlarının etkili faktörleridir [257, Kawaguchi ve diğ. 2002]. Klor kaynakları, klorür ve organik klorürler içeren cevherlerdir, (örneğin plastiklerde). Demir cevherlerindeki toplam klorür içeriği 12 – 720 ppm olarak verilmektedir [266, Kawaguchi ve diğ. 2002]. Kireçtaşı ve diğer eritken maddelerin klorür içeriği aynı aralıktadır. Geri döndürülen malzemeler, klorür içeriğinde en büyük farklılıklar gösteren malzemeler olup baca tozlarında 1000 ila 5000 ppm klorür bulunmaktadır. Kok mıcıri genellikle nispeten düşük klorür içeriğine sahiptir. Korelasyonlar [255, Kasai ve diğ. 2001], [263, Kasai ve diğ. 2001], [387, Fisher ve diğ. 2005]'te açıklanmaktadır.
- Metalik katalizörler: Cu veya Fe gibi metalik katalizörler minerallerde ve kokta bulunabilir. Demir cevherlerinin farklı bileşimleri [266, Kawaguchi ve diğ. 2002]'de verilmiştir.

Bu nedenle, bakır için on farklı demir cevheri aralığı 10 ila 70 ppm arasındadır ve bu aralık demir için ağırlıkça %57,2 ila 67,9'dur.

- Klorofenoller ve PCB: bunlar esas olarak PCDD/F oluşumu için öncüllerdir ve bu bileşikler sinter tesisi emisyonlarında (ve diğer yanma kaynaklarından kaynaklanan emisyonlarda) baskın olma eğilimindedir. Nispeten uçucudurlar ve sinter yatağı gaz halindeki yanma ürünleri tarafından ısıtılırken yanma bölgesinden önce uçup gidebilirler. Bazı çalışmalar, kok tozu ve demir cevherlerindeki toplam PCB konsantrasyonlarının 1 ila 1,6 mg/kg civarında olduğunu göstermiş ve bir sinter tesisi için yapılan hesaplamalarda, potansiyel olarak 0,85 mg/kg sinter ürünü düzeyinde PCB girdisi tespit edilmiştir; bu dolayısıyla potansiyel olarak, doğal kaynaklar olarak kabul edilebilecek kaynaklardan önemli bir öncül molekül kaynağıdır.
- Kurum: bu, atık gazda asılı kalabilir, kusurlu bir kristal yapıya sahip olabilir ve hem klorürler hem de katalitik elementler içerebilir
- Geri döndürülen malzemelerdeki PCDD/F, atık gazda PCDD/F oluşumuna da katkıda bulunabilir. Bazı ham maddelerin, karışık malzemelerin ve üretilen sinterin PCDD/F içerikleri Tablo 3.9'da gösterilmiştir. Ayrışma sırasında sinter bandında yok edilseler bile, ortaya çıkan bileşikler de novo sentezine öncüller olarak katkıda bulunabilir.

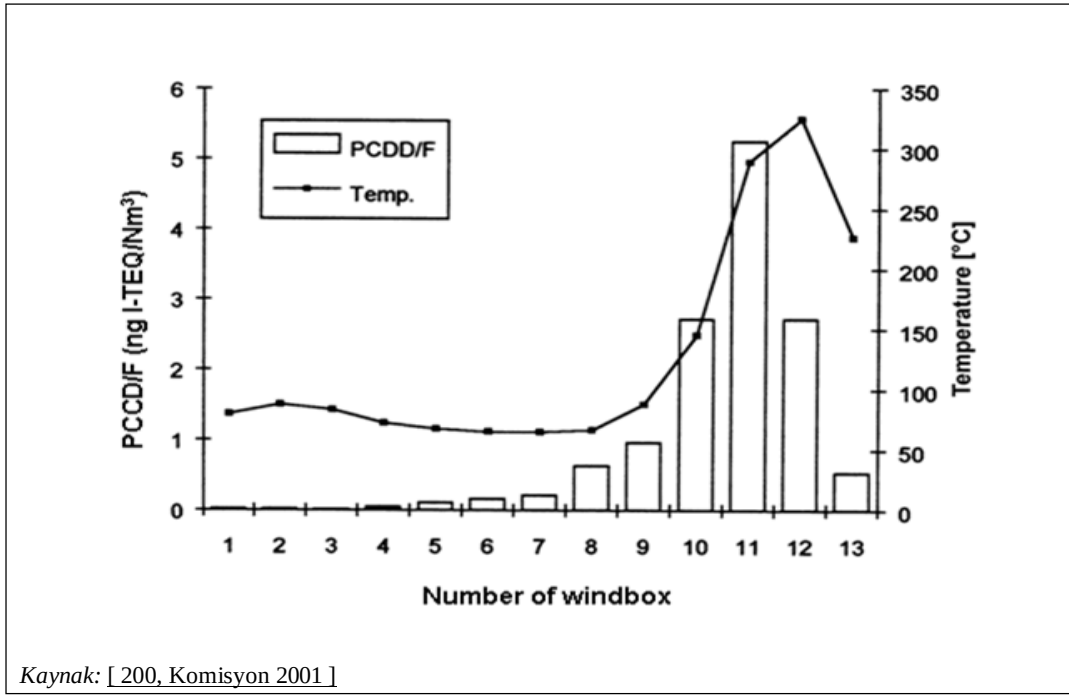
Tablo 3.9: Ham maddelerin, karışık malzemelerin ve üretilen sinterin PCDD/F konsantrasyonları

Malzeme	PCDD		PCDF		PCDD/F	
	(ng/g)	(ng-TEQ/g)	(ng/g)	(ng-TEQ/g)	(ng/g)	(ng-TEQ/g)
Kuru ESF tozu	4,0 – 45,1 ⁽¹⁾	1,90	24 – 87,2 ⁽¹⁾	14,4	28 – 52	16,3 ⁽¹⁾
YF tozu	0,2		0,18		0,37	
Hadde tufali	0,064		0,084		0,15	
Kok	0,04		0,07		0,11	
Geri döndürülen cevher	0,027		0,016		0,043	
Karışım	0,033		0,12		0,15	
Üretilen sinter	0,004		0,0008		0,005	
Granül karışım ⁽²⁾	0,053		0,082		0,13	

(1) 120 – 130 °C'de çalışan ve üç alan içeren bir sinter tesisinin ESF'sinden çıkan toz.
(2) Sinter tesisi özellikleri: 10 000 t/gün kuru sinter üretimi; 330 m² etkin sinterleme alanı; 670 mm yatak kalınlığı; emiş kasaları: 21. Yaş ham maddeler (t/gün): demir cevherleri 7660; kireçtaşı 1090; yanmış kireç: 170; kok: 410; geri döndürülen sinter: 1770; toz: 390; hadde tufali: 470; serpantin: 310; diğer: 1300.
Not: Sinter tesisi özellikleri: 9600 t/gün kuru sinter üretimi, ıslak harmanlanmış cevher (%4 toz, %4 LD cürufu, %2 hadde tufali, %4 diğer): 10200 t/gün, ıslak kireçtaşı: 560 t/gün, ıslak yanmış kireç: 120 t/gün, ıslak kok: 310 t/gün, kuru geri döndürülen sinter: 620 t/gün, Ni cürufu: 70 t sinter/gün, karışım suyu: 230 m³/gün). Etkili sinterleme alanı: 210 m², yatak kalınlığı: 660 mm, emik kasası sayısı: 15.
Kaynak: [224, Xhrouet 2002] [256, Kasai ve diğ. 2001] [263, Kasai ve diğ. 2001].

Emme borularındaki sıcaklıklar de novo sentezi için idealdir. Emme borularının belirli bölümleri yeterli sıcaklığa sahiptir (250 ve 450 °C ölçülmüştür; bkz. Şekil 3.12). Parçacıklar üzerinde veya temizleme sisteminin emme borularının veya sinter hava borularının iç kısmında hareketsiz kalan parçacıklarda 'de novo' reaksiyonları görülebilir.

PCDD/F'nin de novo sentezi için gerekli olan temel kriterler şunları içerir: Kusurlu veya dejenere bir grafitik yapıya sahip katı bir karbon yapısı, inorganik klor, bakır veya demir metal iyonları, oksitleyici bir atmosfer ve 250-450 °C sıcaklık aralığı. Sinter yatağı ve emiş kasaları içinde bu kriterlerin çoğu karşılanabilir. Bu nedenle, PCDD/F'nin önemli bir oranı de novo senteziyle sinterleme prosesinde üretilir. 2009 yılına kadar yapılan çalışmalar, PCDD/F oluşumunun esasen, kentsel atık yakma tesislerinde genellikle bulunan atık gaz sisteminden ziyade sinter yatağının kendisinde meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 3.12: Sinter bandı boyunca atık gazdaki PCDD/F ve sıcaklık profili

Sinter yatağında PCDD/F oluşumu için destekleyici kanıtlar şu şekildedir: Sinter bandının altında, emiş kanalları ile emiş şebekesine bağlanan emiş kasaları bulunur. Emiş kasaları ve emiş kanallarının kütle emisyon profili, bant üzerindeki yanma noktasında veya civarında zirve yapma eğilimindedir (Şekil 3.7).

Bu, atık gaz sıcaklıklarının da benzer bir eğilim izlemesine ve emiş kasalarında ve emiş kanallarında de novo sentezinin meydana gelme potansiyelinin banttaki bu konumda maksimum düzeyde olmasına bağlanabilir. Ancak, de novo sentezinin meydana gelmesi için sıcaklıkların optimum aralığın altında olduğu önceki emiş kasalarında ve emiş kanallarında PCDD/F mevcuttur. Bu nedenle, emiş kasaları ve emiş kanalları profilinin yaygın olarak kabul edilen açıklaması, PCDD/F'nin yatakta oluşması ve daha sonra yoğunlaşma nedeniyle yatağın alt noktalarında soğutucu yükü üzerinde tutulmasıdır. Alev cephesi aşağı doğru hareket ettikçe, tutulan PCDD/F yeniden uçucu hale gelir ve tutmanın meydana gelmesi için soğuk yükün kalmadığı bir noktaya ulaşılan kadar sıkı bir bölge olarak yatak içinden aşağı doğru süpürülür. Bu ikinci mekanizma, PCDD/F'nin sinter yatağının daha soğuk kısımlarında yoğunlaştığının gösterildiği Fransa'da gerçekleştirilen kesintili sinter kabı deneyleri ile de desteklenmektedir.

Sinterleme prosesinde, PCDD/F esas olarak sinter yatağı içinde oluştuğundan, bir bütün olarak prosesi etkilemeden yatağın sıcaklık profilini değiştirmek için çok az şey yapılabilir. Bu nedenle, PCDD/F oluşumunu engellemeye veya en aza indirmeye yönelik girişimlerin, PCDD/F'nin ve herhangi bir potansiyel öncülün de novo oluşumunu önlemek için yataktaki koşulları değiştirmeye yönelik olması gerekir.

Bununla birlikte, yaklaşık 300 °C'de bir emiş kasası boyunca iki konumda (ızgaradan pratik olarak ulaşılabilir en yakın nokta ve akış yönünde yaklaşık 3 m mesafede) gerçekleştirilen ölçümler, PCDD/F konsantrasyonlarının iki numune alma noktası arasında 10 kat arttığını göstermiştir [230, Brouhon ve diğ. 2001]. Ayrıca, ızgaraya doğru emiş kasalarına enjekte edilen karşı akım inhibitörlerinin kullanıldığı azaltma çalışmalarında, PCDD/F konsantrasyonlarında, yalnızca PCDD/F'nin bu sıcaklıkta emiş kasalarında en azından bir dereceye kadar oluşması durumunda mümkün olan düşüşler gösterilmiştir.

İkinci aşamada salınan PCDD/F'nin dağılımına bakıldığında, PCDD/F oluşum mekanizmasının birinci aşamada oluşan PCDD/F'nin oluşum mekanizmasından farklı olduğu düşünülmektedir. İkinci

aşamada tamamlanmamış sinter alanlarından sağlanan organik maddeler ve klorla veya emiş kasalarındaki gres ve tozla, PCDD/F emiş kasalarında üretilmiş olabilir.

17 adet hedeflenen PCDD/F homolog grubunun konsantrasyon profilleri, ham madde bileşimindeki farklılıklara rağmen Birleşik Krallık'taki tüm Corus sinter tesisleri için büyük ölçüde aynı olabilir. Avrupa genelindeki sinter tesislerinde yürütülen PCDD/F oluşum çalışmalarında, sinter tesisi atık gaz emisyonlarının türdeş profillerinin, atık gazdaki gerçek PCDD/F konsantrasyonundan bağımsız olarak tüm sinter tesisleri için hemen hemen aynı olduğu bulunmuştur. Bu gözlemler, türdeş profilinin prosesin bir özelliği olduğunu ve I-TEQ değeri ile doğrudan ilişkili görünmediğini göstermektedir. Bu bulgular aynı zamanda PCDD/F oluşumunun termodinamik kontrole tabi olduğunu ve sinter tesislerinin hepsinde olmasa da çoğunda ortak bir oluşum mekanizmasının geçerli olduğunu göstermektedir. Tablo 3.11, poliklorlu kirletici emisyonlarında, tam olarak klorlanmamış dibenzo-dioksin ve dibenzo-furan türdeşlerinin baskın olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.10: Emiş kanalı numunelerinde PCDD ve PCDF homolog gruplarının toplam konsantrasyonları

Türdeş	Emiş kanalı no.					
	4	6	8	10	12	14
	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)	(ng/Nm ³)
TetraCDD	0,14	1,49	0,91	2,45	0,59	0,85
PentaCDD	0,42	2,50	1,61	3,15	2,03	1,74
HeksaCDD	0,63	2,53	1,31	2,40	2,49	2,68
HeptaCDD	0,51	1,37	0,79	1,20	1,51	1,39
OktaCDD	0,90	1,40	0,88	0,94	0,93	0,70
TetraCDF	22,86	132,48	73,16	169,17	184,50	109,87
PentaCDF	18,45	89,75	52,65	90,53	95,16	62,76
HeksaCDF	13,72	51,09	25,92	41,06	42,35	31,05
HeptaCDF	4,20	13,87	6,36	9,29	8,65	8,18
OktaCDF	1,14	3,06	1,42	2,11	2,01	1,55

Kaynak: [157, Thompson, P. ve diğ. 2003].

3.2.2.1.2.10

Poliklorlu Bifeniller (PCB)

[9, Fisher ve diğ. 1998] [122, Scholz ve diğ. 1997] [300, Eurofer 2007] [387, Fisher ve diğ. 2005]

PCB, yukarıda PCDD/F için açıklananlarla aynı koşullar altında oluşabilir. Ancak, oluşum yolu sırasında, fenil halkalarında karışma meydana gelmez. Ek bir reaksiyonda, üretilen PCB, bir halka kapanmasına maruz kalabilir ve PCDD değil, PCDF oluşumuna neden olur. Dolayısıyla, PCDF'de olduğu gibi, bunun oluşması için hiçbir aromatik öncül gerekli değildir.

Ham maddelerde de PCB bulunabilir. Kok mıcırı ve demir cevherlerindeki PCB konsantrasyonlarının 1 – 1,6 mg/t civarında olduğu bildirilmektedir ve bir sinter tesisi için yapılan sınırlı hesaplamalar, 850 µg/t derecelendirilmiş sinter düzeyinde potansiyel girdisi göstermiştir. Açıkça, PCB'nin yakma bölgesinde yok olma olasılığı vardır (bkz. Şekil 3.3), ancak yakma prosesinin, örneğin atık yakma fırınlarındaki kadar yoğun olmadığı unutulmamalıdır ve proses havasındaki PCB'nin tamamının yanma bölgesinde yok edilmesinin pek muhtemel olmadığı düşünülmektedir.

Ayrıca, PCB nispeten uçucudur ve yanma bölgesinden önce yük, gaz halindeki yanma ürünleri tarafından ısıtılırken uçup gidebilir.

Tablo 3.11, sinter tesislerinden yayılan PCB emisyonlarına ilişkin bazı sınırlı veriler gösterilmektedir.

Tablo 3.11: Sinter tesislerinin PCB emisyonları

Kirletici	Aralık	Birimler
PCB ⁽¹⁾	1 – 13	mg `PCB/t sinter
PCB ⁽²⁾	24,5 – 178	ng/t sinter
PCB ⁽²⁾	0,01 – 0,09 ⁽³⁾	ng/Nm ³
(1) (PCB 28+52+101+153+138+180) ile hesaplanan tüm PCB'lerin toplamı × 5 ([155, UN-ECE Pops 1997]'ye göre 5 faktörü). İki sinter tesisinden alınan veriler. (2) WHO-12 PCB (I-TEQ değerleri cinsinden ifade edilen dioksin benzeri türdeşler), (bkz. Bölüm 13.3). (3) 2100 Nm³/t sinter ortalama özgül gaz debisi kullanarak hesaplanan yıllık ortalama emisyon konsantrasyonları aralığı. Kaynak: [300, Eurofer 2007]		

Tablo 3.12, sinter atık gazının analizi sırasında bulunan PCB türdeşlerini göstermektedir.

Tablo 3.12: Sinter tesislerinden çıkan atık gazlarda bulunan PCB türdeşleri

PCB türdeşleri (IUPAC numarası)	Kimyasal ad
77	3,3',4,4' – TCB
118	2,3',4,4',5 – PCB
105	2,3,3',4,4' – PCB
126 ⁽¹⁾	3,3',4,4',5 – PCB
⁽¹⁾ Ancak, toksisite için, bu türdeşin katkısı oldukça büyüktür. Not: Eş düzlemlili poliklorlu bifeniller (co-PCB), PCDD/F'nin toplam toksisitesinin %5 – 10'unu oluşturur.	

PCDD/F ve WHO-12 PCB (I-TEQ değerleri cinsinden ifade edilir) konsantrasyonları arasında güçlü bir korelasyon vardır. WHO-12 PCB'nin genel I-TEQ konsantrasyonuna katkısı genellikle PCDD/F'nin %9-10'u düzeyindedir. PCDD/F ve PCB konsantrasyonları arasında bulunan yakın ilişki, bu bileşiklerin oluşumu arasında ortak bir bağlantı olduğunu göstermektedir (bkz. Bölüm 13.3).

3.2.2.1.2.11 Diğer organohalojen bileşikleri
[133, Stieglitz ve diğ. 1997] [300, Eurofer 2007]

PCDD/F ve PCB'nin varlığı, klorobenzenler, klorofenoller, kloronaftalenler vb. gibi organohalojen bileşiklerinin oluşumu için göstergeler olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, bugüne kadar bu konuda yapılmış herhangi bir araştırma bilinmemesine rağmen, sinter tesislerinin atık gazında bu bileşiklerin olması beklenebilir.

3.2.2.1.2.12 Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)
[300, Eurofer 2007] [387, Fisher ve diğ. 2005]

Bölüm 3.1.3'te bahsedildiği gibi, sinter yatağında meydana gelen reaksiyonlar karmaşıktır. Yanma prosesi homojen olmadığından ve tamamlanmadığından önemli miktarlarda polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) üretilmesine neden olur. Tablo 3.4'te sunulan veriler, yıllık ortalama emisyon faktörlerinin 0,2 – 592 mg Borneff 6/t sinter aralığında olduğunu göstermektedir (bu, 0,1 – 282 µg Borneff 6/Nm³ aralığında yıllık emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir).

PCDD/F ve PAH konsantrasyonları arasında korelasyon bulunmamıştır. Sinter tesislerinin emisyonlarında mevcut en önemli PAH bileşiklerinin hangileri olduğuna dair hiçbir veri mevcut değildir.

3.2.2.1.2.13 Duman sütunları

[261, Kasama ve diğ. 2006]

Demir cevheri sinterleme tesislerinde bazen görünür egzoz gazı dumanı oluşur. Buna ilişkin olarak aşağıdaki nedenler öne sürülmektedir:

- ESF'den geçen toz ince tozdur ve bunların en az %40'ı 10 µm veya daha küçük partikül boyutundadır ve çoğunlukla sinter karışımı partikülü ve mikron altı KCI partikülü içerir.
- Sinterleme tesisinden çıkan egzoz gazlarında çok az miktarda (yaklaşık 0,1 ppm'lik bir konsantrasyonda) SO₃ bulunur ve muhtemelen H₂SO₄'ün yoğunlaşmasından kaynaklanan asit çiy oluşumu, gazlar soğutulduğunda buğu ve görünür duman oluşumuna neden olabilir. Sinterleme tesislerinden çıkan egzoz gazlarının karakteristik bir özelliği olan uzun bir yatay duman izi olgusu, sisteki sülfürik asit tarafından buharlaşmanın engellenmesinin etkisinden kaynaklanıyor olabilir.
- Bir ESF tarafından yalnızca tozun uzaklaştırılması, sinterleme tesislerinden çıkan egzoz gazlarında görünür dumanın olmasını önlemek için genellikle yeterli olmaz; bunun için kükürt giderme ekipmanlarına da ihtiyaç duyulur.
- Olağan dışı işletme koşullarında (örneğin, bir SO_x işleme tesisi düzgün çalışmadığında), egzoz gazındaki SO_x konsantrasyonu artar.

3.2.2.1.3 Sinter soğutmadan kaynaklanan toz emisyonları

[300, Eurofer 2007]

Boşaltma bölgesi olarak bilinen sinter ızgarasının sonundan düşen sinter ürünü kırılır, elenir, taşınır ve soğutulur. Bu işlemler, önemli toz emisyonları yayma potansiyeline sahiptir.

Sinterin soğutulması, büyük miktarda soğutma havası ile gerçekleştirilir. Soğutucuların üzeri genellikle tamamen kapatılmadığından yaygın emisyonlar oluşur. Üstü kapalı kısımlardan emisyonlar toplanabilir ve ek arıtmaya tabi tutulabilir. Azaltma, ana atık gazların toplanması, filtrelenmesi (torba filtreler veya ESF'ler kullanılarak) ve sinter bandına geri döndürülmesiyle gerçekleştirilir. Sinter soğutmadan ve sinter elemenden gelen sıcak gazlar duyulur ısıyı kullanmak için prosese geri gönderilmeden önce ön toz giderme yapılabilir veya yapılmayabilir. Soğutucudan çıkan atık gaz genellikle, boşaltma bölgesinden çekilen atık gazla birlikte artılır. Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilen sınırlı veriler, sinter soğutma aşamasında 1 – 85 mg/Nm³'lük yıllık ortalama emisyon konsantrasyonları aralığını göstermektedir (14-212 g/t sinter düzeyine karşılık gelir).

Boşaltma bölgesindeki ve soğutmadan kaynaklanan tozun bileşimi (ikincil emisyonlar), sinter bandından yayılan tozun (birincil emisyonlar) bileşiminden farklıdır. Özellikle, çok düşük (veya bazen hiç) alkali klorür ve organik mikro kirletici emisyonları meydana gelir ve toz genellikle sinter prosesine geri döndürülebilir.

3.2.2.2 Atık su

[24, EC Haskoning 1993] [65, InfoMil 1997]

Durulama suyu

Bir demir-çelik tesisindeki prosesler doğal olarak tesislerde toz birikmesine neden olur. Tozlar, yüzey sularına akmalarını önlemek için tercihen kuru tekniklerle giderilmelidir. Ancak, birkaç tesiste durulama suyuyla temizleme teknikleri uygulanmaktadır. Ortaya çıkan

atık su, askıda katı maddeler (ağır metaller dahil) içerir ve genellikle deşarjdan önce arıtılır. Örneğin günde yaklaşık 11000 ton sinter üretimi yapılan bir sinter tesisinde, durulama suyu debisi yaklaşık 460 m³/gün düzeyindedir. Bu atık su, devridaim devresinde çöktürme ve deşarjdan önce gelişmiş çöktürme yoluyla arıtılır. Diğer tesislere ait veriler mevcut değildir.

Soğutma suyu

Sinter tesisinde soğutma suyu sinter makinelerinin yanı sıra ateşleme davlumbazlarının ve fanların soğutulması için de kullanılabilir. Yılda 4 Mt çelik üreten entegre bir çelik fabrikasında, sinter tesisi soğutması saatte yaklaşık 600 m³ su akışı gerektirir. Soğutma suyu normalde tamamen geri dönüştürülür/devridaim yapılır. Bazı ülkelerdeki yerel makamların hukuki kısıtlamaları, yeniden soğutma kulelerinde kış döneminde duman bulutlarının veya endüstriyel kar ve buz oluşumunun önlenmesini gerektirir ve bu, ek soğutma suyu geri dönüşümünü önleyebilir.

Atık gaz arıtımından kaynaklanan atık su

Yalnızca bir ıslak azaltma sistemi kullanılıyorsa atık gaz arıtımında atık su üretilir. Su akışı askıda katı maddeler (ağır metaller dâhil), PCDD/F ve PCB, PAH gibi kalıcı organik kirletici bileşikler, kükürt bileşikler, florürler ve klorürler içerir. Genellikle deşarjdan önce arıtılır. Bu atık suların miktarı ve kalitesi Bölüm 3.3.2.4'te açıklanmıştır.

3.2.2.3 Atık ve yan ürünler gibi proses kalıntıları

[7, Bothe 1993]

Sinter tesisinden kaynaklanan atık ve yan ürünler (tozsuzlaştırma cihazlarından kaynaklanan tozlar ve eleme kısımları) gibi tüm katı proses artıkları, normalde banda geri döndürülür. Ancak, bunun dört istisnası olabilir:

- İlki, düzenli depolama sahasına koyulabilen veya bazen sinter tesisine geri gönderilebilen ıslak atık gaz arıtma sistemlerinden kaynaklanan çamurla ilgilidir. Avrupa'da böyle bir sistemle çalışan ve orta vadede kapatılabilecek tek bir tesis vardır.
- İkinci istisna, elektrostatik filtrelerin (ESF) son alanından çıkan filtre tozudur. Bölüm 3.2.2.1.2.2'de bahsedildiği gibi, Avrupa'daki çoğu sinter tesisi tamamen kapalı toz döngüleriyle çalıştırılır [7, Bothe 1993]. Ancak, bazı tesisler ESF'nin son alanından çıkan ince tozu bu döngülere eklemeyebilir. Bu toz esas olarak alkali ve metal klorürlerden oluşur. Bu "kısmen açık filtre tozu döngüsü", ESF'nin veya (bir örnekte olduğu gibi) torba filtrenin çalışmasını iyileştirmek veya alkali ve metal klorür emisyonlarını azaltmak için gerçekleştirilir.
- Üçüncü istisna, ESF'lerin azaltma etkinliğini bozabilecek yüksek alkali, klorür ve kükürt içerikli tozlar ile ilgilidir (bkz. Bölüm 3.3.2.1)
- Dördüncüsü, geri dönüşüm için katı ulusal yasal kriterlerden kaynaklanan kısıtlamalarla ilgilidir.

3.2.2.4 Enerji tüketimi

Avrupa Yüksek Fırın Komitesinin sinter tesisleri için işletim verilerine ilişkin araştırması (2004), sinter tesislerinin ortalama 1344 MJ/t sinter tüketimle 1290-1910 MJ/t sinter termal enerji (baca tozu ve ateşleme yakıtı dahil katı yakıtlar) kullandığını göstermiştir. Bunlar ortalama 50 kg olmak üzere 39 – 64 kg kok mıcırı eşdeğeri/t sinterdir. Toplam elektrik tüketimi 92 ila 155 MJ/t sinter aralığındadır [299, Eurofer 2007]. Ateşleme için ısı tüketimi 70 ile 85 MJ/t sinter arasındadır [241, Polonya 2007]. Düşük derecede bazik sinter (<1,7 CaO/SiO₂) ile daha yüksek derecede bazik sinter (≥1,7 CaO/SiO₂) arasında yakıt tüketimi açısından çok az bir fark vardır [200, Komisyon 2001].

Tablo 3.2, Avrupa'daki 20 sinter tesisine ait verileri göstermektedir. Kok, başlıca sinter tesisi enerji girdisidir (yaklaşık %88) ve kalan enerji girdileri elektrik ve gazdır (KFG ve/veya YF gazı ve/veya doğal

gaz). Ana enerji çıktıları, atık gaz, su buharlaşması, gereken reaksiyon enerjisi ve sinterin kendisi aracılığıyla çıkar. Sinter soğutma genellikle duyulur ısının geri kazanımı ile birleştirilir [300, Eurofer 2007].

3.2.2.5 Gürültü

[242, Caughlin 2007]

Sinterleme tesislerinde aşağıdaki gürültü kaynakları hakimdir:

- Sinter Atık Gaz Fanları
- Sinter Soğutma Fanları
- Sinter Kırma.

Bazı tesislerde gürültü önemli bir sorun olabilir. Bu tesislerden yayılan gürültü, düşük frekanslı yüksek enerjili gürültüdür. Bu gürültüye fan ucu frekansı (hızı) ve sinter yataklarından geçen akışların azaltılması neden olur.

3.3 Sinter tesisleri için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Prosele entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 3.13'te gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 3.13: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dâhil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkânı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dâhil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

3.3.1 Proses optimizasyonu**Açıklama**

Planlı ve dikkatli bir şekilde gerçekleştirilen bir bakım uygulaması, sinter tesisinin sürekli olarak ve sinter üretiminde önemli bir aksam olmaksızın çalıştırılmasını sağlayabilir. Bu, sinter tesislerinden kaynaklanan emisyonları azaltmak için prosese entegre önlemlerin en önemlilerinden biridir. Bandın planlanmamış duruşları alev cephesinin sinter yatağından sorunsuz bir şekilde ilerlemesinin kesintiye uğramasına neden olur. Bu, tozların ve bazı organik türlerin oluşumu üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.

Sinterleme prosesinde PCDD/F emisyonlarının oluşumuna yönelik araştırma bir araştırma [9, Fisher ve diğ. 1998] PCDD/F'nin sinter yatağının içinde, sıcak gazlar yatağın içinden ve bir dereceye kadar emiş kasalarına ve emiş kanallarına çekilirken muhtemelen alev cephesinin hemen önünde oluştuğunu göstermiştir (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.9). Ayrıca, alev cephesi yayılımındaki kesintilerin (yani kararlı olmayan durum işlemleri), daha yüksek PCDD/F emisyonlarına yol açtığı da gösterilmiştir. Bu nedenle çözüm, sinterleme prosesini bant hızı açısından mümkün olduğu kadar tutarlı bir şekilde çalıştırmak ve buna ek olarak yatak bileşimindeki (özellikle geri döndürülen malzemelerin tutarlı bir şekilde harmanlanması ve klorür girdisinin en aza indirilmesi) ve yatak yüksekliğindeki değişiklikleri azaltmaktır. Ayrıca, yanmış kireç gibi sabit bir ekleme oranını korumak, hadde tufalindeki yağ içeriğini tutarlı olarak <%0,5'lik bir seviyede kontrol etmek (bu <%0,1'lik bir ham karışım yağ konsantrasyonu sağlayabilir) ve bant, kanal sistemi ve toz giderme cihazlarının hava sızdırmazlığını sağlayarak işleme giren hava miktarını mümkün olduğu kadar düşük bir seviyeye indirmek, sinter bandından yayılan emisyonlar üzerinde yararlı etkilere sahip olabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Yatağın kurumasının ve ön cephenin dağılmasının bir sonucu olarak kısa bir duraklamadan sonra bir sinter bandının çalıştırılması sırasında normalden daha yüksek partikül emisyon seviyeleri oluşabilir. Daha uzun duraklamalardan sonra, boru sonu azaltma ekipmanlarının bir kısmı çalıştırılmadan işletimin başlatılması gerekebilir (örneğin ekipmanları yüksek nem seviyelerinden korumak için bir ESF ve/veya torba filtrenin atlanması gerekebilir). Bu nedenle, bandın sorunsuz bir şekilde çalışması için duraklamaların ve kısa süreli dalgalanmaların en aza indirilmesi, partiküllerin tepe emisyonlarında bir azalma sağlar ve tesis işlemlerinin görsel etkisini azaltır. Havaya salınan diğer emisyonlar da tutarlı işlemlerle azaltılır.

Nispeten düşük PCDD/F oluşumunu mümkün kılan tek bir teknik tanımlanamaz. Bunun yerine, yukarıda belirtilen birkaç tekniğin birlikte kullanılması ve özellikle de bandın sürekli olarak çalıştırılmasına dikkat edilmelidir.

Çapraz ortam etkileri

İşlemlerin tutarlılığı sayesinde enerji kullanımı en aza indirilir. Olumsuz çapraz ortam etkileri yoktur. Yukarıda bahsedilen tekniklerin uygulanmasına göre, verimliliğin artması, enerji gereksiniminin azalması ve tutarlı sinter kalitesi elde edilmesi gibi işletim performansı açısından ek avantajlar söz konusudur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Açıklanan teknikler yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Kurulum maliyeti yoktur. Bakım ve işçilikle ilgili işletme maliyetleri, daha yüksek verimlilik ve tutarlı sinter kalitesinin faydaları ile dengelenir. Ayrıca, bakımlı ve sorunsuz çalışan bir tesis yakıt ve enerji tüketimini azaltır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Yukarıda bahsedilen teknikler genellikle Avrupa'daki fabrikalarda uygulanmaktadır. Tüm işletmeciler, yüksek bakım standartlarının sürdürülmesini sağlayarak, sinter tesislerini mümkün olduğunca sorunsuz çalıştırmaya ve duruşları en aza indirmeye çalışırlar.

Referans literatür

[9, Fisher ve diğ. 1998] [301, Eurofer 2007]

3.3.2 Sinter tesislerinden havaya salınan emisyonlar için azaltma teknikleri

3.3.2.1 Gelişmiş elektrostatik filtre (ESF)

Açıklama

AB'deki sinter tesislerinde büyük hacimli atık gazları arıtmak için en yaygın olarak kullanılan azaltma cihazları, seri halinde düzenlenmiş üç veya dört alana sahip kuru elektrostatik filtrelerdir. Bunlar, hava akımındaki tozun yolu boyunca bir elektrostatik alan oluşturarak çalışır. Partiküller negatif yüklü hale gelip pozitif yüklü toplama plakalarına doğru hareketlenirler. Kuru elektrostatik filtrelerde, toplanan malzeme, toplama plakalarına periyodik olarak çarpan veya plakaları titreştiren ve malzemeyi yerinden çıkararak toplama haznelerine düşmesini sağlayan "silkeleyiciler" tarafından uzaklaştırılır.

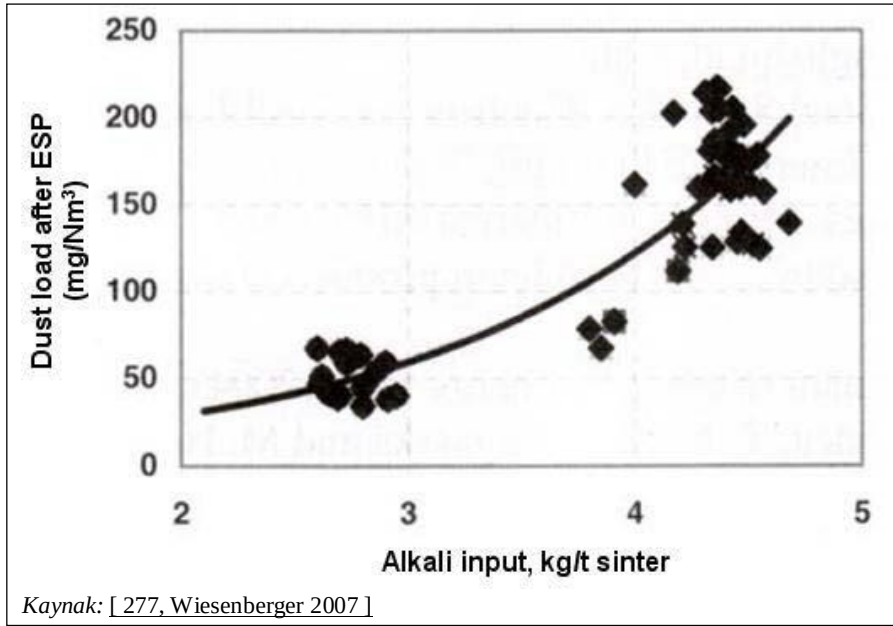
Islak elektrostatik filtrelerde toplanan malzeme, toplanan ve daha sonra arıtılan sabit bir su akışıyla uzaklaştırılır.

Yeterli ayırma yapmak için partiküllerin özgül direnci $10^4 - 10^9 \Omega\text{m}$ aralığında olmalıdır. Genellikle, sinterleme prosesinden çıkan atık gazdaki partiküllerin çoğu bu aralık içindedir, ancak alkali klorürler, ağır metal klorürler ve kalsiyum oksitler (bkz. Şekil 3.10) gibi daha yüksek özgül dirence sahip bileşikler de meydana gelir ve bunların yüksek verimlilikle uzaklaştırılması zordur.

Verimliliği etkileyen diğer faktörler şunlardır: Atık gaz debisi, elektrik alanın gücü, partikül yükleme hızı, SO_3 konsantrasyonu, nem içeriği ve elektrotların şekli ve alanı.

Daha yüksek veya değişken darbeli voltajlar ve hızlı reaksiyon voltajı ve akımı kontrolleri kullanılarak ESF'lerde performans iyileştirmeleri yapılmıştır. Silkeleme kuvvetlerini 200'lük bir yer çekimi sabitine kadar çıkarmak için sistemlerin uygulanması, yüksek enerji darbesi üst üste bindirme ve daha büyük plaka aralığıyla yenileme yapılarak işlemler daha da geliştirilmiştir. SO_3 ve/veya su buharı ile koşullandırma da tozsuzlaştırma verimini artırabilir. Dezavantaj olarak HCl emisyonları artabilir.

Şekil 3.13'te Avusturya'nın Donawitz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'deki sinter tesisinde bir torba filtre kurulmadan önce sinter prosesine alkali girişinin ESF'den sonraki toz emisyonları üzerindeki etkisi sunulmaktadır. Bu diyagram, 50 mg/Nm^3 'ün altındaki toz emisyonlarının yalnızca her bir ton sinter başına 2,5 kg'nin altındaki alkali girdileriyle elde edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 3.13: Avusturya'nın Donawitz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'deki sinter tesisinde sinter prosesine alkali girişinin ESF'den sonraki toz emisyonları üzerindeki etkisi

İyi bir performansa sahip üç tür ESF aşağıda açıklanmıştır:

1. Enerji darbesinin üst üste binmesinin kullanımı: Darbe sistemi, negatif polariteye sahip filtrelenmiş bir voltaj üzerine bindirilmiş negatif dar darbelerden oluşan bir voltaj sağlar. Bu yüksek voltaj darbeleri 140 μ s genişliğe sahiptir ve saniyede 200 darbeye kadar bir sıklıkla tekrarlanabilir. Tepe voltajı, darbe enerjilendirmede daha yüksektir ve filtrede daha iyi bir parçacık yüklemesi ve akım dağılımı sağlar. Darbeli enerjilendirmenin en önemli özelliklerinden biri, yüksek dirençli tozla başa çıkabilmesidir (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.1).
2. Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Filtre (HEEF): HEEF'de, birkaç elektrot plakası grubu palet zincirleri üzerinde hareket eder. Dönen fırçalar bu plakaları sürekli olarak temizler. Böylece, güçlü bir şekilde yapışan tozlar plakalardan kolaylıkla uzaklaştırılır ve toz tabakasının yalıtkan etkisinin önüne geçilir.
3. Elektrostatik Alan Temizleyici Süper (EATS). EATS daha yüksek bir voltajla (70 – 200 kV) çalıştırılır. Elektrot plakaları arasındaki mesafenin genişletilmesi, daha yüksek voltajların kullanılmasına olanak tanır.

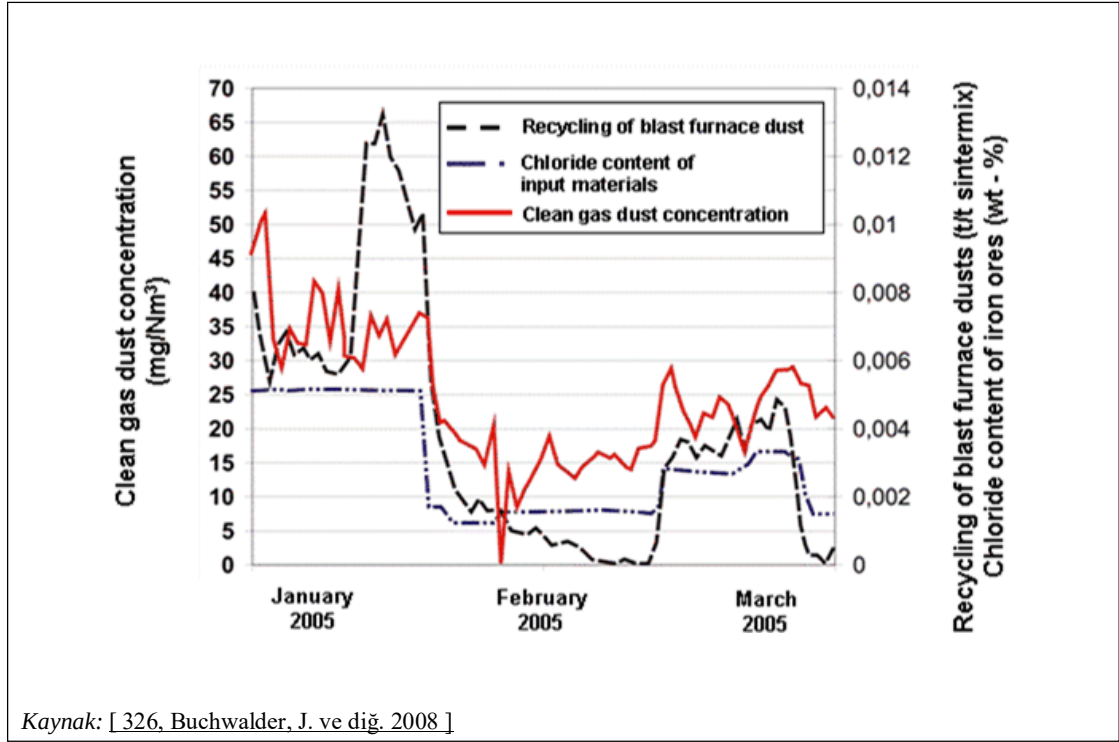
ESF'nin performansını iyileştirmeye yönelik diğer teknikler, programlanabilir mantıkla ve beş adede kadar alanın kullanımıyla kontrol edilir.

Elde edilen çevresel faydalar

ESF'ler >%95 verimlilikle toz emisyonlarını azaltır. Bazı durumlarda, %99'un üzerinde bir verimlilik elde edilebilir. Yıllık ortalama bazda, HEEF alanlarına sahip ESF'ler, başlatma ve kapatmalar hariç, yalnızca normal çalışma sürelerini hesaba katarak 20 ila 50 mg/Nm^3 aralığında toz konsantrasyonları sağlayabilir. 2005 yılında bir fabrikanın ölçüm sonuçlarında, HEEF ile 30 mg/m^3 'ün altında günlük ortalama değerlerin elde edilebildiği görülmektedir [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008] (bkz. Şekil 3.14). Aynı tesis için 2005 ile 2007 yılları arasındaki günlük ortalama toz konsantrasyonları 24,6 ile 29,4 mg/Nm^3 arasında gerçekleşmiştir.

ESF ile donatılmış Almanya'daki iki sinter tesisi için 36 mg/Nm^3 toz emisyon seviyesi bildirilmiştir (sürekli ölçülen yarım saatlik ortalama değerlere dayalı yıllık ortalamalar; bir tesiste 5. ve 95. yüzdelik dilimlerle 25 ve 65 mg/Nm^3 olarak kaydedilmiştir) [244, Plickert 2007]. Enerji darbesi üst üste bindirmeli ESF'ler yıllık ortalama bazda 43 ila 77 mg/Nm^3 arasında toz konsantrasyonları sağlayabilir, ancak benzersiz cevherler kullanılan bazı tesislerde bu aralık bir 140 mg/Nm^3 'e kadar

çıkabilir. AB içinde kullanılsa da, EATS'nin $<40 \text{ mg/Nm}^3$ düzeyinde emisyonlar sağlayabileceği bildirilmektedir, ancak bu seviyenin nasıl hesaplandığı açık değildir.



Şekil 3.14: Sinter bandı çıkış gazı için bir ESF ile elde edilen temiz gaz tozu konsantrasyonları ve klorür girdisinin azaltılmasının etkisi

ESF'de zeolit ve linyit kok enjeksiyonunun yapıldığı Almanya'daki sinter tesislerinde 36 mg/Nm^3 (yıllık ortalama değerler) düzeyinde toz emisyonları elde edilmiştir. Tesislerden birinde kısmi atık gaz devridaimi uygulanmaktadır.

2008 yılında Belçika'nın Ghent şehrindeki ArcelorMittal'in iki sinter tesisinde $20\text{--}42,7 \text{ mg/Nm}^3$ arasında toz emisyonları elde edilmiştir. Bu ESF'ler mikro darbe ayırma sistemi ile donatılmıştır. Bu rakamların yıllık ortalama değerler olduğu dikkate alınmalıdır. Tablo 3.14'te Belçika'nın Ghent şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki iki sinter tesisinde 2008 yılı için ESF'lerin toz emisyonu performansı verilmiştir.

Tablo 3.14: 2008 yılında Belçika'nın Ghent şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki iki sinter tesisinde ESF'lerin performansı

Parametre	Sinter tesisi 1	Sinter tesisi 2	Birimler
	Toz	Toz	mg/Nm^3
Yıllık ortalama	20,01	42,72	mg/Nm^3
Standart sapma	9,64	9,72	mg/Nm^3
Minimum	6	25,6	mg/Nm^3
Maksimum	67,3	100,6	mg/Nm^3
Medyan	17,1	40,5	mg/Nm^3
95. yüzdilik dilim	37,6	61	mg/Nm^3

Kaynak: [177, Eurofer 2009]

Tablo 3.15, istatistiksel bilgiler ve bunlara ilişkin referans süreler dahil olmak üzere Almanya'daki üç sinter tesisinde bir ESF ile sinter bandı tozsuzlaştırmada elde edilen emisyon konsantrasyonu değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.15: Üç Alman sinter tesisinde bir ESF ile sinter bandı toz giderme için elde edilen emisyon konsantrasyonu değerleri

Parametre	Emisyon seviyesi	Yüzdelik dilim		Birim	Referans süre
		%5	%95		
Toz	36			mg/Nm ³	YOD
	36	25	65		YSOD (s)
	29,4	15	40		YSOD (s)
NO _x	384			mg/Nm ³	YOD
	400	320	520		YSOD (s)
	272	200	350		YSOD (s)
SO _x	250	200	550	mg/Nm ³	YSOD (s)
	311				YOD
	425	300	550		YSOD (s)
HF	0,6			mg/Nm ³	YOD
	0,7				YOD
	1,4				YSOD
HCl	0,72	MD	3	mg/Nm ³	YOD
	17,4				YSOD
	20,4				YSOD
Cd, Tl	0,0067			mg/Nm ³	YOD
Cd	0,04			mg/Nm ³	YSOD
Hg	0,025				YSOD
As, Co, Ni, Se, Te	0,02			mg/Nm ³	YOD
	0,018				
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,87			mg/Nm ³	YOD
Cu, Mn, V	0,47			mg/Nm ³	YSOD
Pb	1,98			mg/Nm ³	YOD
	0,64				
Cr	0,008			mg/Nm ³	YSOD
BaP	0,001			mg/Nm ³	YSOD
Benzen	0,38			mg/Nm ³	YSOD
TOC	58,2			mg/Nm ³	YSOD
PCDD/F	0,4 ⁽¹⁾			ng/Nm ³	YOD
	0,166 ⁽²⁾ (³)				8SOD
	0,152 ⁽²⁾ (³)				8SOD
	0,22 ⁽²⁾ (³)				8SOD
	0,129 ⁽⁴⁾				8SOD
	0,25 ⁽⁵⁾				8SOD

(1) Gaz devridaimi, zeolit/linyit kok enjeksiyonu.

(2) Zeolit/linyit kok enjeksiyonu.

(3) 8 ölçümün ortalama değeri.

(4) Ölçüm belirsizliği hariç olmak üzere, Ocak 2006'da 4 noktasal ölçümünden elde edilen ortalama değer.

(5) Ölçüm belirsizliği hariç olmak üzere, Nisan 2006'da 3 noktasal ölçümünden elde edilen ortalama değer.

Not: — MD = Mevcut değil.

— YSOD = Yarım saatlik ortalama değer.

— YOD = Yıllık ortalama değer.

— 8SOD = Her sekiz saatte bir ortalama değer.

Kaynak: [128, Sporenberg 2006] [187, TÜV SÜD 2007] [244, Plickert 2007].

Çapraz ortam etkileri

Bir katı atık akışı oluşturulur. Bazı durumlarda, bu atık akışı sinterleme prosesine geri döndürülebilir. Ağır metallerin ve/veya alkali bileşiklerin konsantrasyonu çok yüksek olduğunda, geri döndürme mümkün olmayabilir.

Yaklaşık 1 milyon Nm³/s atık gaz akışına sahip bir sinter tesisi için enerji tüketimi 300 ila 400 kW'dır. 4 Mt/yıl sinter üretim hızında bu, 2 ila 3 MJ/t sinter enerji tüketimi anlamına gelir (veya toplam sinter enerji tüketiminin %0,1 ila 0,15'i).

İşletim verileri

ESF, sinter tesisi atık gazını temizlemek için en yaygın olarak kullanılan toz azaltma cihazıdır ve sorunsuz bir şekilde kullanılabilir. Yangın riskini önlemek için atık gazdaki hidrokarbon miktarına dikkat edilmelidir. İşletmeciler, atık gazdaki hidrokarbonları önlemek için hadde tufali girdisini kontrol ederler.

Gelişmiş ESF tekniklerinin modifikasyonu ve uygulanmasının yanı sıra, ESF'nin maksimum tozsuzlaştırma verimini sağlamak için sıklıkla aşağıdaki teknikler uygulanır:

- Kritik olmayan geri dönüşüm malzemelerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi
- Klorür ve alkali tozları ve çamurları içeren, yağla kirlenmiş hadde tufali gibi kritik geri dönüşüm malzemelerinin sınırlandırılması
- Geri dönüşüm malzemelerinin ön harmanlama ve homojenleştirmeye tabi tutulması
- Alkali ve klorürün çoğunun bulunabileceği ESF'nin son odasındaki tozun biriktirilmesi
- Sinter verimliliğindeki değişim, yatak yüksekliğinde değişiklik ve ESF'nin temizlenmesi için yapılan durdurmalar gibi sinter işleminin uyarlanması.

Tablo 3.16'da, sinter tesislerinde kullanılan elektrostatik filtrelerle ilişkin bazı işletim ve ekonomi verileri yer almaktadır. Bu veriler, bildirilen emisyon seviyeleridir ve hangi zaman periyotlarının (örneğin günlük ortalama, anlık değer) kullanıldığı hiçbir örnekte açık değildir.

Uygulanabilirlik

Elektrostatik filtreler hem yeni hem de mevcut tesislere kurulabilir. HEEF, mevcut bir elektrostatik filtrenin son alanı olarak veya kendi muhafazası içinde ayrı bir ünite olarak kurulabilir, ancak her iki kurulum tipinin yerleşimi ve mümkün olup olmama durumu sahaya özel olacaktır.

Ekonomik boyut

Belirleyici maliyet faktörü, atık gaz akışındır. Mevcut iki ESF'yi değiştirerek son nesil elektrostatik filtrelerle sahip olmak için yapılan yatırımın 2002'de 1,4 milyon Nm³/s gaz akışına sahip bir sinter tesisi için 10 – 15 milyon EUR olduğu tahmin edilmiştir (örnek tesisler: ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa).

Bir ESF için 1996'da aşağıdaki maliyetler bildirilmiştir:

- Yatırım: 5 ila 7,5 EUR/Nm³/s
- İşletme: 0,05 ila 0,08 EUR/1000 Nm³ arıtılan çıkış gazı
- 4 Mt/yıl kapasiteli, 1 milyon Nm³/saat atık gaz akışına sahip ve yılda 8640 saat çalışan bir sinter tesisi için aşağıdaki maliyetler söz konusu olur:
 - Yatırım: 5 ila 7,5 milyon EUR
 - İşletme: 0,11 ila 0,16 EUR/t sinter.

Tüm örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

500 000 Nm³/s'yi artırmak için mevcut ESF'ye eklenen tek bir HEEF için 1997'de yaklaşık 1,1 milyon EUR düzeyinde bir maliyet bildirilmiştir.

Uygulamanın gerekçesi

Açıklanan tekniklerin uygulanmasının başlıca gerekçesi, katı emisyon standartları veya diğer yasal gerekliliklerdir.

Örnek tesisler

Enerji darbesi üst üste bindirme, birçok sinter tesisinde kurulmuştur: Örneğin Gwangyang Works, Posco/Güney Kore'de dört bant üzerinde, Thyssen Krupp Stahl, Duisburg./Almanya'da iki bant üzerinde ve ArcelorMittal, Dunkirk ve Fos sur Mer/ Fransa'da iki bant üzerinde ve ArcelorMittal Ghent/Belçika'da iki bant üzerinde. Corus UK'nin bazı tesislerinde tepe modülasyonu ve darbeli tip sistemler bulunmaktadır.

Japonya'daki iki sinter tesisinde, İtalya'nın Taranto şehrindeki Riva'da iki bant üzerinde ve Almanya'nın Eisenhüttenstadt şehrinde bulunan ArcelorMittal'deki bir sinter tesisinde bir HEEF kurulmuştur.

Nippon Steel Corporation'ın Japonya'daki Yawata Works sinter tesisinde bir EATS kurulmuştur.

Referans literatür

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [61, Hodges 1995] [65, InfoMil 1997] [71, Kim ve diğ. 1998] [145, UBA Açıklamaları 1997] [209, EC 2005] [241, Polonya 2007] [242, Caughlin 2007] [244, Plickert 2007] [247, Hollanda 2007] [252, Fransa 2007] [254, Eurofer 2007] [276, İtalya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig ve diğ. 2006] [308, Eurofer 2007] [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008]

Tablo 3.16: Sinter tesisi atık gazını arıtmak için sinter tesislerinde çalıştırılan HEEF ve EATS elektrostatik filtreler için operasyonel ve ekonomik veriler

		Birim	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata Works Japonya	ArcelorMittal Eisenhüttenstadt Almanya	Kobe Steel Ltd. Kakogawa Works Japonya	Sumitomo Metal Ind., Ltd. Wakayama Japonya
Sinter üretimi:	Tasarım	t/s	1000	MD	560	MD
	Gerçekleşen		600	350	375	185
Toplam atık gaz akışı:	Tasarım	10 ⁶ Nm ³ /s	2	0,53	1	MD
	Gerçekleşen		1	0,52	0,7	0,4
Sinter bazıklığı:		CaO/SiO ₂	1,92	1,97	1,8	2,2
ESF:	Tür		EATS ⁽¹⁾	HEEF ⁽²⁾	MD	Kuru ESF
	Adet		İki paralel	Bir	Üç paralel	Bir
	ESF başına akış	10 ⁶ Nm ³ /s	0,5	0,53	0,25 – 0,33	0,4
Toz giriş konsantrasyonu:	Tasarım	mg/Nm ³	1000	Maks. 1000	1000	MD
	Gerçekleşen	mg/Nm ³	MD		1000	1100
Toz çıkış konsantrasyonu:	Tasarım	mg/Nm ³	50	35	50	MD
	Gerçekleşen	mg/Nm ³	20 – 37	25 – 30	30 – 50	40
ESF verimliliği:	Tasarım	%	95	MD	95	MD
	Gerçekleşen	%	MD		95 – 97	96
Koşullandırılmış ESF ve/veya ön arıtma sinter beslemesi:			Koşullandırılmamış ESF; Ham maddelerdeki yağ içeriği düzenlenir (yağ giderme yok)	Koşullandırılmamış ESF, kireç ve linyit kok enjeksiyonu, yangın tehlikesini önlemek için özel önlem yok	Koşullandırılmamış ESF; ESF çökeltisinde maks. HC ⁴ : %1; beslemede maks. %3 hadde tufali ile sağlanır	Koşullandırılmamış
Yan ürün (toz):	Miktar	kg/t sinter	1 – 2		1 – 2	2
	İşleme		Sinter prosesine geri döndürülür	Üçüncü ve dördüncü alandan çıkan filtre tozu hariç	MD	MD
Enerji gereksinimi:		GJ/t sinter	0,00036		MD	MD
Yatırım ⁽³⁾ :		EUR x10 ⁶	MD		MD	1975'te 4,2
İşletme maliyetleri ⁽³⁾ :		EUR/t sinter	1986'da 0,0018 - 0,0024 (sadece bakım)		MD	1986'da 0,11 (bakım ve amortisman hariç)
Oksijen içeriği:				%13,6		
(1) EATS: Elektrostatik Alan Temizleyici Süper. (2) HEEF: Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Filtre. (3) Tüm örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür. (4) Hidrokarbonlar. Not: MD = Mevcut değil. Kaynak: [65, InfoMil 1997] [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008].						

3.3.2.1.1 ESF'ler ve katkı maddeleri aracılığıyla PCDD/F'nin azaltılması**Açıklama**

Bu teknik, özellikle PCDD/F'yi yakalamak için ESF'den önce aktif karbon enjeksiyonunu içerir. Belçika'nın Ghent şehrindeki ArcelorMittal'da bu teknik 2000 yılından beri sinter tesisleri 1 ve 2'de endüstriyel kullanımdadır. Karbon kaynağı olarak aktif kömür, inert malzeme olarak kireçtaşı kullanılmaktadır.

Sinter tesislerinin atık gazlarındaki çeşitli türlerin soğurulması amacıyla geçmişte farklı karbon kaynakları denenmiştir. Bunlar arasında aktif kömürler, seçilmiş koklar, odun kömürleri ve özel olarak hazırlanmış karbon emiciler yer almaktadır. Sistemin gelecekteki gelişimi, adsorbandaki iyileştirmelerle sağlanabilir. Elektrostatik filtrelerde parlak yangın riskini en aza indirmek ve yakalanan tozların karbon içeriğini sınırlandırmak için bazı inert malzemeler (örneğin ince kırılmış kireç taşı, sönmüş kireç, vb.) de enjekte edilebilir. (ArcelorMittal, Ghent/Belçika örneğinde, ESF tozlarının karbon içeriği %25'ten az olmalıdır, ancak fabrika <%20'yi hedeflemektedir.)

Karbon ve inert malzeme, atık gaz kanallarına giden bir boruda ayrı ayrı dozlanır ve her kanalın kendi dozaj sistemi vardır. Atık gaz kanalında emiş olduğundan, karbon ve inert malzeme kanaldaki statik bir karıştırıcı (eğimli bir plaka) tarafından oluşturulan türbülanslı gaz akımı içine emilir ve enjekte edilen malzemeler atık gaz içinde hızla dağılır. Kanallarda karbon, PCDD/F'nin (ve diğer türlerin) bir kısmını adsorbe eder. ESF'lerde karbon, inert malzeme ve tozlar toplanır ve sinterleme bölgesinde PCDD/F'nin parçalandığı sinter bandına geri döndürülür.

ESF'nin performansını iyileştirmeye yönelik diğer teknikler, programlanabilir mantıkla ve beş adede kadar alanın kullanımıyla kontrol edilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Belçika'nın Ghent şehrinde bulunan ArcelorMittal'da ESF'den önce aktif karbon enjekte etme deneyimi, katı bir şekilde sınırlı seviyelerde gres, yağ ve klorürün, geri dönen malzemelerde ham karışıma ve optimum durumda ESF'lere eklenmesini sağlamak için titizlikle kontrol edilen koşullar altında yıllık ortalama 0,5 ng I-TEQ/Nm³ PCDD/F konsantrasyonu sağlanabileceğini göstermiştir. Bu sonuçları elde etmek için, aktif kömürün tipik dozlama oranı 80 mg/Nm³ kireçtaşının ise 200 mg/Nm³'tür. Kireç taşı ekleme gerekliliği ve gereken dozlama seviyesi, ESF girişi gazı toz yüküne bağlıdır.

Soğurma katkı maddelerinin enjeksiyonuna ilişkin diğer örnekler, her ikisi de Almanya'da bulunan Eisenhüttenstadt'taki ArcelorMittal ve Duisburg-Schwelgern'deki Thyssen Krupp'tur. Eisenhüttenstadt'taki ArcelorMittal'da her bir m³ atık gaz başına 80 mg toz haline getirilmiş linyit kok enjekte edilir (toplamda: 32 kg/s) [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008]. 2006'da buna karşılık gelen PCDD/F konsantrasyonları, ölçüm belirsizliği de dikkate alındığında dikkate alındığında, 0,115 ile 0,255 ng I-TEQ/Nm³ arasındaydı (sabit durum koşulları altında dört noktasal ölçüm) [128, Sporenberg 2006]. Thyssen Krupp, Duisburg- Schwelgern/Almanya'da zeolit ve linyit kok enjekte edilmektedir. Ocak ve Mart 2007 arasında, üç bandın her birinde sekiz noktasal ölçüm gerçekleştirilmiştir. Üç bant için ortalama PCDD/F konsantrasyonu 0,152, 0,166 ve 0,22 ng I-TEQ/Nm³ idi.

Çapraz ortam etkileri

Bir ESF'den önce atık gaz şebekesine karbon enjeksiyonundan kaynaklanan çok az çapraz ortam etkisi vardır. Sinterleme prosesi sırasında kömür ve kireçtaşının kullanıldığı sinter tesislerinde sistemde oluşan ek tozlar geri dönüştürülebildiği için ilave kalıntı oluşmaz; PCDD/F sinterleme bölgesinde parçalanır. Yatak geçirgenliğini iyileştirmek için sinter karışımından ince tozlar çıkarılırsa, artırılması gereken ilave toz olabilir ve böylece PCDD/F'nin üretilme olasılığı azalır. ESF'de toplanan tozların tamamının yeniden sirküle edilmediği tesislerde, artıma gerektiren ilave tozlar olabilir. Çıkış gazı sisteminde ek basınç değişimi olmadığı için enerji tüketiminde önemli bir artış olmaz.

İşletim verileri

Karbon enjeksiyonu kullanıldığında, yangın riskini en aza indirmek için çıkış gazı sıcaklığı 180 °C olmalıdır. Enjeksiyon noktası ile gaz temizleme cihazı arasında kalma süresi hassas bir parametredir. Belçika'nın Ghent şehrindeki ArcelorMittal'da 150 – 180 °C'de en az üç saniye kalma süresi gereklidir. Yukarıdaki açıklamada belirtildiği gibi kendi kendine tutuşmayı önlemek için, toplanan tozun karbon içeriği sınırlandırılmalıdır. Atık gazda karbon bulunması, toz parçacıklarının öz direncinde pozitif bir değişikliğe yol açarak, ESF toz toplama sisteminin verimliliğini artırır ve partikül emisyonlarının azalmasına neden olabilir. Ancak, bu teknik, sıcaklık şartları nedeniyle tesis çalıştırma ve durdurma işlemlerinde uygulanamaz.

Uygulanabilirlik

ESF öncesinde karbon enjeksiyonu, mevcut sinter tesislerinde uygulanabilen bir boru sonu tekniğidir. Ancak, düşük partikül emisyonlarını (darbe sistemli büyük ESF'ler) sağlamak için iyi ve bakımlı bir gaz temizleme sistemi gereklidir.

Ekonomik boyut

Belçika'nın Ghent şehrindeki ArcelorMittal'da toplam 1 600 000 Nm³/s'lik iki sinter tesisi yatırımı 2000 yılında ~2 500 000 EUR idi (çelik yapı, kutular, dozaj ekipmanı, pnömatik taşıma ve statik karıştırıcı). 2005 yılında aktif kömür, kireçtaşı ve ek enerji tüketimi için değişken maliyet yaklaşık 0,15 EUR/t sinter idi.

Uygulamanın gerekçesi

Açıklanan tekniğin uygulanmasının başlıca gerekçesi, katı emisyon standartları veya diğer yasal gerekliliklerdir.

Örnek tesisler

Bir ESF'den önce atık gaz şebekesine karbon enjeksiyonu, 2000'den beri Belçika'nın Ghent kentindeki ArcelorMittal'da, 2003'ten beri Almanya'nın Duisburg kentindeki Thyssen Krupp Stahl'da, Şubat 2006'dan beri Almanya'nın Eisenhüttenstadt şehrindeki ArcelorMittal'da ve Aralık 2001'den beri Almanya'nın Duisburg şehrindeki Hüttenwerke Krupp Mannesmann'da 'düşük emisyonlu ve enerji açısından optimize edilmiş sinterleme proses sistemi' (LEEP) ile birlikte kullanılmaktadır.

Referans literatür

[7, Bothe 1993] [45, Gebert 1995] [61, Hodges 1995] [65, InfoMil 1997] [71, Kim ve diğ. 1998] [128, Sporenberg 2006] [145, UBA Açıklamaları 1997] [187, TÜV SÜD 2007] [209, EC 2005] [241, Polonya2007] [242, Caughlin 2007] [244, Plickert 2007] [247, Hollanda 2007] [252, Fransa2007] [254, Eurofer 2007] [276, İtalya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig ve diğ. 2006] [308, Eurofer 2007] [326, Buchwalder, J. ve diğ. 2008]

3.3.2.2

Torba filtre – katı ve gaz kirleticilerin birleşik veya entegre azaltımı

Açıklama

Sinter tesislerinde kullanılan torba filtreler genellikle mevcut bir ESF veya siklondan sonra akış yönünde uygulanır ancak bağımsız bir cihaz olarak da çalıştırılabilir. Genellikle, tozun uzaklaştırılması, sönmüş kireç veya sodyum bikarbonat çözeltilerinin enjeksiyonu yoluyla HCl, HF ve SO_x gibi asidik atık gaz bileşiklerinin uzaklaştırılması ve adsorbanların (esas olarak toz haline getirilmiş linyit kok veya aktif karbon ve/veya bazen zeolitler) enjeksiyonu yoluyla PCDD/F, PCB, HCB veya PAH gibi kalıcı organik kirleticilerin uzaklaştırılması ile birlikte uygulanır (bkz. Şekil 3.15). Tüm toz, karbon/kok ve reaksiyona girmemiş kükürt giderme reaktiflerinin yanı sıra reaksiyon ürünleri (alçıtaşı ve sodyum sülfat) torba filtre vasıtasıyla filtrelendir. Uzaklaştırılan tozun önemli bir kısmı, adsorpsiyon etkinliğini artırmak ve böylece sarf malzemesi maliyetlerini azaltmak için atık gaza geri döndürülür. Geri kalanı bertaraf edilmek üzere sistemden tahliye edilir. Bazı durumlarda, tahliye edilen toz ve katkı maddeleri PCDD/F'nin alev cephesinde parçalandığı sinter bandına geri gönderilir. Kombine kükürt giderme uygulandığında, torba filtreden gelen katı artıklar, SO₂'nin salınması nedeniyle genellikle sinter bandına geri döndürülmez.

Bu teknik kombinasyonunun birkaç adımı aşağıdaki gibidir:

- Tehlikeli bileşiklerin emisyonlarını azaltmak için baca gazı kanalındaki torba filtrenin kaynak yönünde adsorbanların (toz linyit kok veya aktif karbon ve/veya zeolitler) enjeksiyonu
- Asidik emisyonları (örneğin SO_x , HCl, HF) azaltmak için baca gazı kanalına sodyum bikarbonat veya sönmüş kireç enjeksiyonu ile birlikte nemlendirme ve sıcaklık ayarı (90 – 100 °C) yapılarak atık gazın yeterli bir şekilde koşullandırılması
- Otomatik toz giderme sistemli (örneğin darbeli jet tipi) kimyasallara dayanıklı torba filtrede toz yakalama
- Torba filtrenin kaynak yönünde tozun baca gazına geri döndürülmesi. Bazı durumlarda, büyük miktarda partikül yeniden sirküle edilir
- Baca gazlarının fan ile sistemden çekilmesi.

Genellikle kireç olmak üzere alkali bileşiklerin enjeksiyonu, filtre malzemesinin ince partiküller veya organik bileşikler ile tıkanmasını ve korozyonu önlemeye yardımcı olur. Kireç, torbanın yüzeyinde bir tabaka oluşturarak (torbayı önceden kaplayarak) geçirimsiz bir tabakanın oluşmasını engeller ve sonuç olarak filtre malzemesini tıkar.

Aşağıdaki paragraflarda, teknikler hakkında daha fazla ayrıntı verilmektedir.

Sinter bantlarından çıkan atık gazdaki asidik bileşiklerin artırılması için genellikle "yarı kuru soğurma/tutma prosesi" kullanılır. Bu, etkili bir kükürt giderme için çıkış gazı sıcaklığını 90 – 100 °C'ye soğutmak ve ayrıca akış yönündeki kumaş filtre torbalarının olası hasarını önlemek için ek su uygulandığı anlamına gelir. Su doğrudan atık gaz akışına püskürtülebilir.

Toz devridaimli torba filtre sistemlerinde (bkz. Şekil 3.15) genellikle devridaim yapılan tozlar ve taze katkı maddeleri (sönmüş kireç ve/veya karbon) için bir karıştırıcı bulunur. Atık gazda kükürt gidermeyi kolaylaştırmak için karıştırıcıdaki toza nem eklenir. Eklenen su miktarı, atık gaz sıcaklığına bağlıdır ve bu, elde edilen kükürt giderme derecesini etkileyebilir. Kükürt giderme oranını, eklenen kireç miktarı, toplanan tozların devridaim oranı ve devridaim edilen tozun nem içeriği belirler. Kükürt giderme ayrıca sönmüş kirecin kalitesine de bağlıdır.

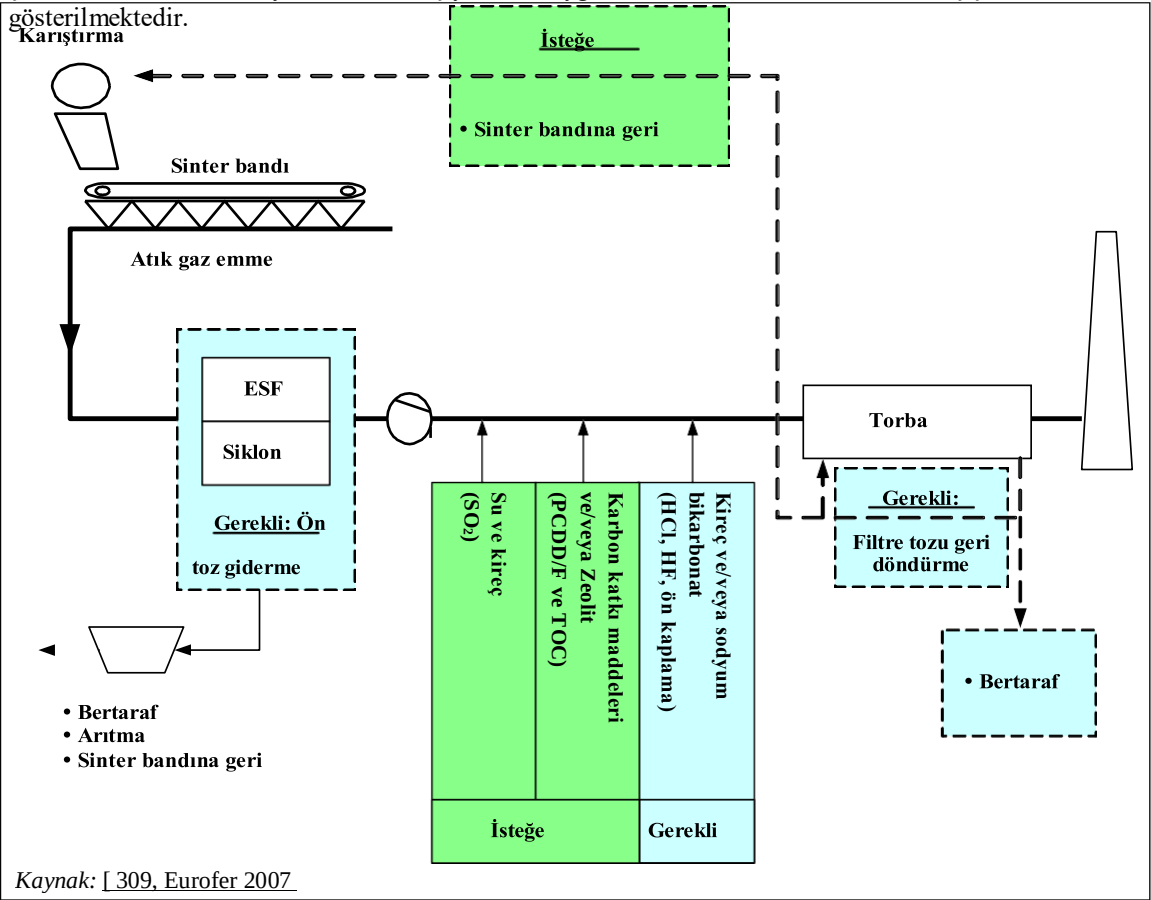
Genellikle filtre, benzer tasarıma sahip birkaç filtre hattına bölünür ve bunların her biri de birkaç hazneye bölünür. Önceden tozdan arındırılmış atık gaz akışı, filtre hatlarının her birinin üstüne eşit olarak dağıtılır ve her haznenin dibine emilir. Hazne içinde, atık gaz filtre borusunun dışından girer ve gaz torbadan geçerken kumaş üzerinde toz toplanır. Torbalar kafeslerle desteklenir ve dikey (daha uzun torbalar) veya yatay (daha kısa torbalar) olarak takılabilir. Atık gaz temizliği sırasında, torbanın dış yüzeyinde bir filtre keki oluşur ve bu da torba boyunca basınç düşüşünün artmasına neden olur. Basınç düşüşü bir ayar noktasına (filtre ile temiz gaz haznesi arasındaki 10 ila 20 mbar'lık olağan fark basıncı) ulaştığında, oda basınçlı havanın ters darbesiyle temizlik için devre dışı bırakılır. Uzaklaştırılan toz, filtre haznelerinin altındaki konik kutularda toplanır ve spiral konveyörlerle boşaltılır. Bu tozun yaklaşık %98'i bir katkı maddesi olarak atık gaz akışına geri döndürülebilir; geri kalanı ise bertaraf edilmek üzere sistemden tahliye edilir veya isteğe bağlı olarak sinter bandına geri gönderilir.

Torba filtre kullanılarak katı ve gaz halindeki kirleticilerin birlikte azaltılmasına örnek olarak, MEROS® prosesi (Sinterlemede Maksimum Emisyon Azaltılma) gösterilebilir. Tam boyutlu tesis, Avusturya'nın Linz şehrindeki Voestalpine Stahl GmbH'de AIRFINE sisteminin yerini almış olup Ağustos 2007'den 222 m²'lik bir sinter makinesinde çalışmaktadır.

Torba filtre ile katı ve gaz halindeki kirleticilerin birlikte azaltılmasına yönelik diğer örnekler arasında, Fransa'nın Fos sur Mer şehrindeki ArcelorMittal'da kullanılan TFA prosesi (Treatment des Fumes d'Agglomération) veya Almanya'nın Dillingen şehrindeki Rogesa'da uygulanan EFA sinterleme teknolojisi yer alır. Ancak Fos sur Mer'deki

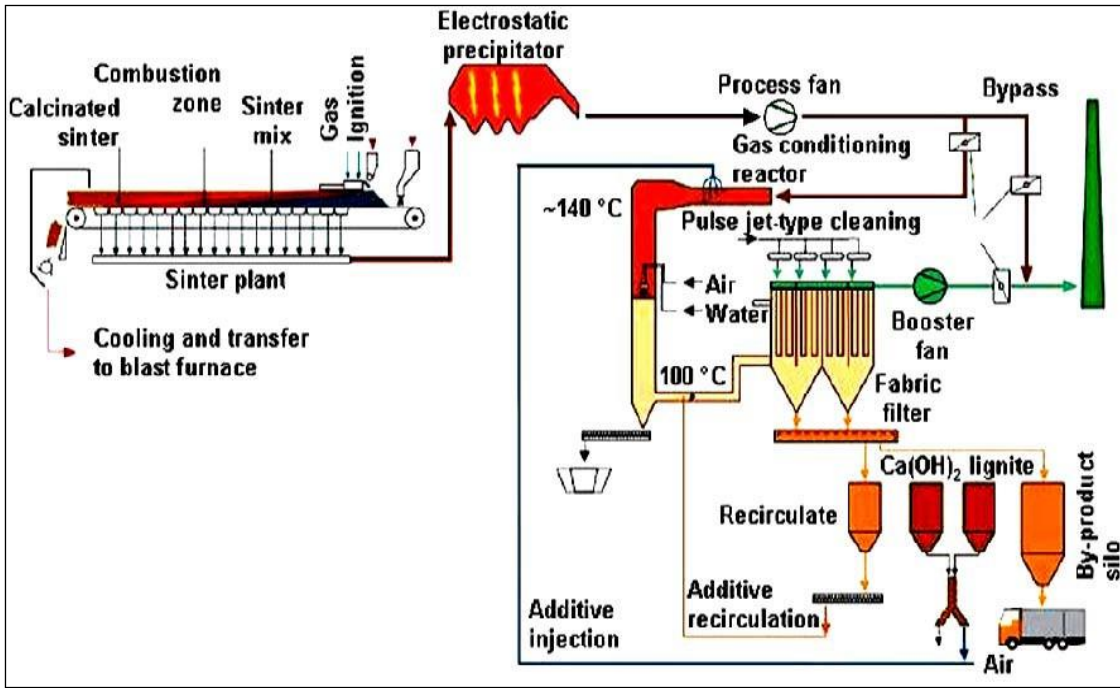
TFA prosesi 2006'dan beri faaliyettedirken, Dillingen'deki 2 numaralı sinter tesisinde EFA prosesi henüz deneme aşamasındadır.

Şekil 3.15'te, bir ESF veya siklonun akış yönünde uygulanan bir torba filtrenin temel akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.15: Mevcut bir ESF veya siklonun akış aşağısında yer alan bir torba filtrenin temel akış şeması

Şekil 3.16'da, SIMETAL MEROS® sistemi eklenmiş bir sinter tesisinin tipik bir akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.16: SIMETAL MEROS® sistemi eklenmiş bir sinter tesisinin akış şeması

Bu teknik, proses düzeni bakımından farklı olsa da, yukarıda belirtilen proseslerin ortak noktası, ağır metal ve PCDD/F giderimi için aktif karbon veya aktif linyit kok gibi katkı maddelerinin geleneksel kullanımına, ek kireç ve su injeksiyonu yapılması halinde toz geri dönüşümü ve SO_x azaltımının eşlik etmesidir [127, Dr. Fleischanderl, Alexander 2006].

Azaltılan toz, birincil toz, karbon/kok ve reaksiyona girmemiş kükürt giderme reaktiflerinden oluşur. Katkı maddesi maliyetlerini azaltmak için, torba filtrede ayrılan tozun büyük bir kısmı gaz akışına geri döndürülerek reaksiyona girmemiş bu katkı maddelerinin tekrar çıkış gazı ile temas etmesini sağlar ve böylelikle katkı maddesi maliyetlerini düşürülür.

Diğer bir avantaj ise, yüksek oranda devridaim edilen toz konsantrasyonunun (teknığe bağlı olarak 1 ile 1000 g/Nm³ arasında), torba filtre üzerinde hızlı bir şekilde toz toplanmasına yol açarak ağır metallerin ve PCDD/F'nin daha fazla uzaklaştırılmasına destek olmasıdır. Sodyum bikarbonat da uygulanabilmesine rağmen, bahsedilen tüm tekniklerde SO_x sönmüş kireç ile azaltılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir torba filtre, bir atık gaz akışındaki tozu ve aynı anda ağır metal emisyonlarını azaltmada oldukça etkilidir. Katkı maddeleriyle zenginleştirilmiş torba filtreler ayrıca PCDD/F, hidroklorik asit (HCl), hidroflorik asit (HF) ve daha az ölçüde kükürt dioksit (SO_2) emisyonlarını azaltır. Özellikle, PCDD/F emisyonları önemli ölçüde azaltılabilir. VOC'lerin ve PAH'nin önemli ölçüde uzaklaştırıldığı da bildirilmektedir.

Torba filtreler kullanılan Avrupa'daki sinter tesisleri için işletim verileri genellikle 1 ila 10 mg/Nm³ partikül aralığındadır (zirve dönemleri de içeren günlük ortalama bazında). Uçucu olmayan ağır metaller tozla eş zamanlı olarak azaltılır.

Kireç ve karbon ilavesi, dioksin emisyonlarının <0,1 ng I-TEQ/Nm³'e düşürülmesini sağlar.

Uçucu ağır metaller ve VOC'ler, karbon içeren katkı maddeleri ve zeolitlerin uygulanmasıyla eş zamanlı olarak azaltılır. Örneğin cıva %80 – 95 oranında azaltılır.

SO_2 sönmüş kireç ile yaklaşık %30 – 80 ve sodyum bikarbonat ile %90'a kadar azaltılabilir. Bu, enjekte edilen kireç veya sodyum bikarbonat miktarına bağlı olarak 100 ve 500 mg/Nm³ arasında SO_2

emisy onları sağlar. Uygulamadaki SO₂ girdisine bağlı olarak, 350 mg/Nm³'ün altında günlük SO_x ortalamaları elde edilmektedir.

Kireç ilavesi ile 0,2 – 1 mg/Nm³ düzeyinde HF emisyonu konsantrasyonları ve 1 – 10 mg/Nm³ (günlük ortalama) düzeyinde HCl emisyonu konsantrasyonları elde edilebilir.

Torba filtre sistemlerinde temiz gaz için bildirilen çevresel seviyeler Tablo 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.17: Torba filtre sistemli  sinter bandı tesisinin performansı

Parametre	Girdi (ham gaz)	ıktılar (¹)	Birimler
Toz	80 – <500	0,73 – 15	mg/Nm ³
SO ₂	450 – <800	225 – <500 (²)	mg/Nm ³
HCl	<60	0,31 – 30 (³)	mg/Nm ³
HF		0,34 – 1 (³)	mg/Nm ³
PCDD/F		<0,1	ng/Nm ³
Pb		0,17	mg/Nm ³
Hg, Tl, Cd'nin toplamı		0,007	mg/Nm ³
Sıcaklık	145	100	°C
(1) Bazı değerler garantili performanslardır. (2) SO₂ giderimi büyük ölçüde filtre sistemindeki partikül devridaimine ve su ilavesine bağlıdır. Kireç/aktif kok enjeksiyonu ile elde edilen değerler. (3) Aralığın alt sınırı kireç enjeksiyonu ile elde edilir. Kaynak: [190, Eurofer 2010] [194, Leroy ve diğ. 2007] [211, Remus, Rainer 2008] [287, MVAE 2005] [296, Leroy ve diğ. 2007] [244, Plickert 2007].			

Tablo 3.18, istatistiksel bilgiler ve bunlara ilişkin referans süreler dahil olmak üzere bir ESF ve bir torba filtre ile toz gidermeden sonra sinter bandı emisyonları için elde edilen emisyon konsantrasyonu değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.18: Beş AB sinter tesisinde sinter bandı toz giderme için elde edilen emisyon konsantrasyon değerleri

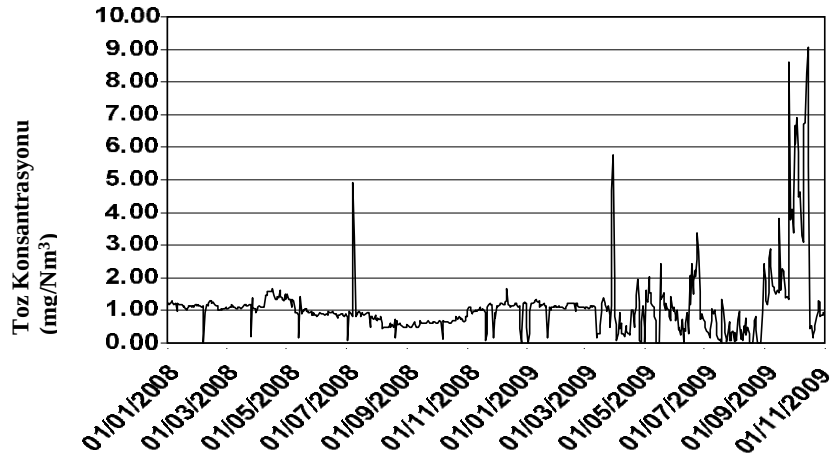
Parametre	Emisyon seviyesi	Yüzdelik dilim		Birim	Referans süre
		%5	%95		
Toz	0,73 – 15			mg/Nm ³	GOD
	0,9 (1)	0,8	1,4		GOD
CO	21000			mg/Nm ³	YOD
NO _x	48 – 290			mg/Nm ³	GOD
	240 (1)	230	260		GOD
SO _x	495			mg/Nm ³	MD
	455	399	498		GOD
	263 (1)				GOD
HF	0,34			mg/Nm ³	YOD
	0,2 (1)				GOD
HCl			3	mg/Nm ³	YSOD
	0,31 – 3				MD
	2 (1)	<1	2,4		YSOD
Cd	0,0003			mg/Nm ³	YOD
	0,013				YOD
	<0,002 (1)				YSOD
As	<0,001			mg/Nm ³	YOD
As, Ni Ni	0,0006			mg/Nm ³	YOD
	<0,002 (1)				YSOD
Hg	0,01 – 0,075 (1) (2)			mg/Nm ³	GOD/ YSOD
Cr V	<0,002 (1)			mg/Nm ³	YSOD
	0,007 (1)				YSOD
Pb	<0,001			mg/Nm ³	YOD
	<0,002 (1)				YOD
Pb, Cr, Cu, Mn	0,05			mg/Nm ³	YOD
MOVOC	47 – 50			mg/Nm ³	YOD
	30 (1)	22	33		YSOD
CH ₄	18,5 (1)	15	21	mg/Nm ³	YSOD
PCDD/F	0,08 – 0,18			ng/Nm ³	YOD
	0,05 (1)	0,044	0,057		8 SOD
BaP	0,1 (1)			µg/Nm ³	8 SOD

(1) MEROS tekniği (tam boyutlu tesis) kullanılarak bir sinter bandında elde edilen performans verileri.
(2) Yerli cevherlerdeki cıva içeriğine bağlı olarak değerler 0,075'e kadar çıkabilmektedir.

Not: — MD = Mevcut değil.
— YOD = Yıllık ortalama değer.
— GOD = Günlük ortalama değer.
— YSOD = Yarım saatlik ortalama değer.
— 8 SOD = Her sekiz saatte bir ortalama değer.

Kaynak: [190, Eurofer 2010] [193, Voestalpine Linz 2010] [244, Plickert 2007] [382, Linz 2008].

Şekil 3.17, 23 ay boyunca (Ocak 2008'den Ekim 2009'a kadar) bir torba filtre tekniği uygulanan bir sinter bandından kaynaklanan toz için günlük ortalama değerleri göstermektedir.



Kaynak: [380, Voestalpine Linz 2008]

Şekil 3.17: Torba filtre tekniği uygulanan bir sinter bandından kaynaklanan toz emisyonları için Ocak 2008'den Ekim 2009'a kadar günlük ortalamalar

Torba filtrelerin uygulanması, dioksin ve ağır metal içeren kalıntıların daha fazla geri döndürülmesini kolaylaştırır. Bir örnekte, yüksek fırın gazından geri döndürülen toz miktarı yılda 6000 tondan 39000 tona çıkarılmıştır [183, Weiss 1998].

Çapraz ortam etkileri

Torba filtreler, tercihen sinterleme prosesine geri döndürülen bir katı proses kalıntısı akışı (0,5 ila 1 kg/t sinter) üretir. Bazı durumlarda, yakalanan toz, yeniden kullanım için engel teşkil eden istenmeyen bileşikler (örneğin çinko, kurşun, alkaliler) içerir. Bu durumda, katı proses kalıntılarının bir kısmı veya tamamı, daha sonraki artırmak veya bertaraf edilmek üzere atık olarak atılmalıdır.

Almanya'nın Bremen şehrindeki ArcelorMittal'da kükürt giderme olmadan çalışan sinter tesisinde, torba filtreden ayrılan toz ve katkı maddeleri, PCDD/F'nin alev cephesinde parçalandığı sinter bandına tamamen geri döndürülür. Avusturya'nın Donawitz şehrindeki Voestalpine Stahl GmbH'de filtreden ayrılan tozlar önemli miktarda kükürt, klorür, florür ve alkali içerdiğinden bertaraf edilmelidir. ESF'de (yalnızca ön toz giderme cihazı olarak kullanılır) ayrılan toz, sinter bandına geri döndürüldüğünde artıran atık gazdaki artık toz içeriğini artırabilecek alkali klorür içeriğine bağlı olarak geri döndürülür veya bertaraf edilir.

Bir torba filtrenin kullanılması, yeni destek fanlarının kurulumunu gerektirir. Fanlar, ısıtma cihazları, motorlar ve yardımcı tesisatlar dâhil olmak üzere ek elektrik enerjisi gereksinimi, yalnızca ESF içeren bir sistemde 1,0 kWh/1000 Nm³/s değerine kıyasla yaklaşık 1,5 kWh/1000 Nm³/s'dir.

İşletim verileri

Torbaların yüzeyinde bir ön kaplama tabakası oluşturmak için partiküllerin sistem içinde devridaimi, toz giderme verimliliğini artırmak ve torbaların ömrünü uzatmak amacıyla kullanılır.

Dayanıklı torba filtre malzemesi bu tekniğin önemli bir şartıdır. Azaltma verimliliği, kullanım ömrü ve maliyetler arasında bir denge sağlamak için belirli niteliklere sahip farklı türlerde filtre kumaşı malzemeleri kullanılabilir (bkz. Tablo 3.22).

Aktif karbon veya linyit kok kullanımı, tane boyutuna ve etkili adsorpsiyon yüzey alanına ve dolayısıyla gerekli enjeksiyon miktarına göre farklılık gösterir. Aktif kömür en yüksek özgül serbest yüzeye sahiptir ve çok iyi bir adsorpsiyon etkisi gösterir. Aktif linyit kok, aktif koka göre daha ekonomik bir alternatiftir ve 0,024 mm çapa sahip süper öğütülmüş linyit kok da çok iyi bir adsorpsiyon etkinliği

göstererek standart linyit kok uygulamasına kıyasla gerekli dozaj oranlarının yarı yarıya azaltılmasını sağlar [367, Prüm ve diğ. 2005]. Bazen tutuşmayı önlemek için enjekte edilen karbon bazlı malzemelere inert malzemelerin eklenmesi gerekir. Tablo 3.19, farklı adsorbanların ve soğurucu malzemelerin özelliklerini göstermektedir.

Tablo 3.19: Farklı adsorban ve soğurma malzemelerinin özellikleri

Adsorpsiyon ve soğurma malzemeleri		Tane boyutu (mm)	Yüzey alanı BET ⁽¹⁾ (m ² /g)	Çökelen Kirleticiler
Kireç	CaO	12	1 – 3	HCl, HF, SO ₂
Sönmüş kireç	Ca (OH) ₂	<8	15 – 45	
Sodyum bikarbonat	NaHCO ₃		MD	
Standart toz aktif linyit kok	Karbon	0,063	300 – 400	Organik maddeler, ağır metaller
Süper öğütülmüş toz aktif linyit kok	Karbon	0,024	1200	
Toz aktif (odun kömürü) karbon	Karbon		500 – 1600	
Zeolit	Z		4 – 90	

(¹) BET – Gaz moleküllerinin katı bir yüzey üzerinde fiziksel adsorpsiyonu için bir kural olarak bu teoriyi geliştiren kişilerin soyadlarının baş harflerinden oluşturulmuştur.

Not: MD = Mevcut değil.

Kaynak: [59, Nethe 2005].

PCDD/F'nin etkili adsorpsiyonunu sağlamak için, karbon katkı maddesinin kanal bölümü boyunca hızla dağılmasının sağlanması gerekir. Enjeksiyondan sonra kanallarda soğurma ve adsorpsiyon prosesi başlar ve filtre kekinde devam eder. Karbon katkı maddeleri tozla birlikte torba filtrede tutulur ve olağan şekilde filtreden uzaklaştırılır. Toz ve katkı maddelerinin önemli bir kısmı atık gaz akışına geri döndürülür; geri kalanı bertaraf edilmek üzere sistemden tahliye edilir. Bazı durumlarda, tahliye edilen toz ve katkı maddeleri PCDD/F'nin alev cephesinde parçalandığı sinter bandına tamamen geri gönderilir.

Tablo 3.20, sodyum bikarbonat ve sönmüş kireç kullanımı arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir.

Tablo 3.20: Katkı maddesi olarak sodyum bikarbonat ve sönmüş kireç kullanıldığında tipik operasyonel değerler

Parametre	Sodyum bikarbonat	Sönmüş kireç
Stokiyometrik katsayı	1,1 – 1,4	2 – 4
Artıklar (¹)	%60 – 70	%100
Reaktan maliyeti (¹)	%140 – 210	%100
DeNO _x (gerekirse)	Gaz ısıtma için daha az yakıt	Gaz ısıtma için daha fazla yakıt
Çıktıdaki gaz sıcaklığı	Girişteki ile aynı	90 – 100 °C
⁽¹⁾ Nispi değerler, sönmüş kireç kullanılan durumdaki miktarları ifade eder. Kaynak: [277, Wiesenberger 2007] [294, Fleischanderl 2006].		

Su enjeksiyonu ile atık gazın sıcaklığı düşürülür ve asit kirleticileri azaltma etkinliği artırılır. Modern torba filtre teknikleri, baca gazı sıcaklığını 120 °C'ye ve hatta 80 °C'ye kadar doğrudan veya reaktör odasına su püskürtürerek veya devridaim edilen partikülleri su ile koşullandırarak dolaylı olarak azaltan sistemlere sahiptir. Taze öğütülmüş sodyum bikarbonat, 140 °C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta baca gazı kanalına enjekte edilir. Sönmüş kireç kullanımı, gazı yeniden ısıtmak için daha fazla enerji gerektirir.

Çevresel ihtiyaçlara bağlı olarak katkı maddelerinin (örneğin sönmüş kireç, linyit kok, sodyum bikarbonat) kullanımında esneklik vardır. Daha yüksek kükürt giderme veya bir NO_x giderme sistemi gerektiğinde sodyum bikarbonat kullanılır. Katkı maddeleri silolarda depolanır ve enjeksiyon öncesi sodyum bikarbonat öğütülür.

Gaz temizleme verimliliğini artırmak ve ek maliyetleri önemli ölçüde azaltmak için torba filtrede ayrılan tozun çoğu, koşullandırma reaktöründen sonra çıkış gazı akışına geri döndürülür. Reaksiyona girmeyen adsorbanlar tekrar çıkış gazı ile temas ettirilerek adsorban verimliliği artırılır ve sarf malzemesi maliyetleri azaltılır. Reaksiyon ürünleri ve toz, ince tane boyutlarından dolayı genellikle yer altında biriktirilir.

PCDD/F emisyonlarında daha fazla azalma sağlamak için karbon kullanılırsa, filtre yangını riskine özel olarak dikkat edilmelidir. Kıvılcım algılama ekipmanı kurulabilir ve gerektiğinde filtre atlanabilir. Filtreler genellikle sinter bandının çalıştırılması/kapatılması sırasında atlanır.

Torba filtreler hatlara ayrılmıştır ve farklı haznelere bölünmüştür. Bir torba filtre elemanı bozulduğunda, bu filtre elemanını değiştirmek için sadece ilgili haznenin kapatılması gerekir.

Uygulanabilirlik

Torba filtre hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilen bir boru sonu tekniği olarak kabul edilebilir. Mevcut tesisler için, ESF'nin akış yönünde kurulum için alan gereksinimi söz konusu olabilir. Mevcut ESF'nin yaşına ve performansına özellikle dikkat edilmelidir.

Ekonomik boyut

Akış enjeksiyon üniteli torba filtrenin maliyeti hesaplanırken, bu sistemlerin sadece toz ayrıştırma için değil, aynı zamanda PCDD/F, ağır metaller ve HF, HCl ve SO₂ gibi asit gazlarını azaltmak için de kullanıldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Yatırım maliyeti 16 ila 35 EUR/Nm³/s aralığındadır (yeni ve mevcut tesisler için).

Belirleyici maliyet faktörleri basınç düşüşü, atık gaz akışı, kumaş malzemesi ve filtre yüküdür. İşletme maliyeti 0,3 – 0,6 EUR/t sinter civarındadır ve çoğunlukla aktif karbon ve kireçtaşı tedarik maliyetlerine ve ekstra enerji maliyetine bağlıdır. Maliyet örnekleri Tablo 3.21'de gösterilmektedir.

Uygulamanın gerekçesi

Sinter tesisleri, entegre çelik fabrikalarından kaynaklanan toz ve dioksin/furan emisyonlarının ana kaynağıdır. Uygulamanın gerekçeleri, toz, ağır metaller ve PCDD/F için öngörülen emisyon sınır değerlerini karşılamak, ulusal ve uluslararası düzenlemelere ve kurumun çevre koruma açısından itibarına uygun olarak ve Avusturya'nın Linz şehrindeki Voestalpine Stahl GmbH özelinde AIRFINE sistemine kıyasla daha iyi ekonomik veriler sağlamak amacıyla ulusal azaltma hedeflerini karşılamak için ulusal emisyonları düşürmektir.

Basel Sözleşmesi ve (EC) 304/09/EC sayılı Yönetmelik ile tadil edilmiş kalıcı organik kirleticiler içeren atık malzemelerin arıtılmasına ilişkin (EC) 850/2004 sayılı Yönetmelik uyarınca, geri dönüşüm amacıyla demir içeren filtre tozu veya çamurları gibi atıkların sınır ötesi nakliyelerine yalnızca alıcı tesisin PCDD/F için 0,1 ng I-TEQ/m³lük bir emisyon sınır değerine uygunluğu sağlaması durumunda izin verilir.

Tablo 3.21: Sinter tesislerinde kullanılan torba filtrelerin örnek maliyeti

Sinter tesisi	Ekonomik özellikler	Maliyet (EUR)	Açıklamalar
ArcelorMittal, Bremen/Almanya	Yatırım maliyetleri	1992'de 6,5 milyon EUR (1992'de 3,6 EUR/ton sinter) 16,25 EUR/Nm ³ /saat	Ek karbon enjeksiyonu; atık gaz hacmi: 0,4 milyon Nm ³ /saat
Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz/Avusturya	Yatırım maliyetleri	2002'de 9,3 milyon EUR (= 2002'de 6 EUR/ton sinter) Torba filtre 6,5 milyon EUR (= 4,17 EUR/ton sinter) 2002'de 29 EUR/Nm ³ /saat	ESF'den sonra torba filtre; atık gaz hacmi: 2008'de 0,32 milyon Nm ³ /saat
	İşletme maliyetleri, örneğin:	2008'de 1,6 – 1,8 EUR/t sinter 2008'de 0,5 – 0,7 EUR/t sinter 2008'de 0,4 EUR/t sinter 2008'de 0,3 EUR/t sinter	
ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa	Yatırım maliyetleri	2008'de 1,6 – 1,8 EUR/t sinter 2008'de 0,5 – 0,7 EUR/t sinter 2008'de 0,4 EUR/t sinter 2008'de 0,3 EUR/t sinter	
		Toplam 16 milyon EUR (= toplam üretim dikkate alındığında 2,4 EUR/t sinter; sistemin boyutu dikkate alındığında 4,8 EUR/t sinter = akışın %50'si) 21 EUR/Nm ³ /saat Tüm veriler 2005 yılına aittir.	Projede birbirine paralel üç torba filtre odası bulunmaktadır. Atık gaz hacmi: 1,4 milyon Nm ³ /saat. Ancak atık gazın sadece %50'si torba filtre ile arıtılır (700 000 Nm ³ /saat)
Rogesa, Dillingen/Almanya (Dillingen'deki 2 numaralı sinter tesisindeki sinter atık gaz temizleme sistemi EFA, halen deneme aşamasındadır)	Yatırım maliyetleri	Yaklaşık 22 million EUR 20/Nm ³ /saat Veriler 2006 yılına aittir ve modifikasyonlar ve optimizasyonlar için gerekli müteakip maliyetlerin bazılarını kapsamamaktadır.	Kireç ve aktif linyit kok devridaim enjeksiyonlu torba filtre; atık gaz hacmi: 0,6 million Nm ³ /saat
Not: AB ülkelerinde sinterlemeden kaynaklanan filtre tozlarının bertaraf edilmesi önemli ek maliyetlere neden olabilir. Kaynak: [200, Komisyon 2001] [249, Hollanda 2007] [252, Fransa 2007] [260, Almanya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [296, Leroy ve diğ. 2007] [309, Eurofer 2007].			

Dillingen'deki 2 numaralı sinter tesisindeki sinter atık gaz temizleme sistemi EFA, halen deneme aşamasındadır.

Örnek tesisler

Torba filtreler, 1990'lı yılların başından beri atık gazların tozsuzlaştırılması için sinter prosesinde uygulanmaktadır. Avrupa'da, atık gazları torba filtrelerle arıtan sinter tesislerinin sayısı 2002 yılından bu yana artmıştır ve şu anda bu tesisler aşağıdakileri içermektedir:

- 1992'den beri ArcelorMittal, Bremen/Almanya
- DK Recycling, Duisburg/Almanya
- Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz/Avusturya Bu sinter çıkış gazı temizleme tesisi, 2002'den beri 400.000 Nm³/s kapasite ile faaliyettedir.
- Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya MEROS tam boyutlu sistemi Ağustos 2007'den beri faaliyettedir ve AIRFINE sisteminin yerini almıştır.
- ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa. Endüstriyel faaliyetler 2006 yılından beri devam etmektedir. Sinter üretimi 21000 t/gün seviyesindedir. Torba filtre sistemi, 700000 m³/h sinter çıkış gazı (toplam sinter çıkış gazının %50'si) kapasite ile adsorban olarak sönmüş kireç ile çalıştırılmaktadır.
- Rogesa, Dillingen/Almanya 600.000 Nm³/saat kapasiteli ve ESF'nin akış yönünde torba filtre bulunan bir sinter çıkış gazı temizleme sistemi 2009'dan beri deneme amaçlı olarak işletilmektedir. Sistem ayrıca torba filtreden önce sönmüş kireç ve aktif linyit kok enjekte

etmektedir. İkinci sinter bandı için 900000 Nm³/h kapasite sağlamak üzere başka bir tesis devreye alınmıştır.

ABD'de en az üç sinter tesisi, sinter bantlarından yayılan çıkış gazlarını torba filtrelerde arıtır:

- Inland Steel, Doğu Chicago/ABD.
- Warren Consolidated Industries (WCI), Youngstown Sinter Company, Warren, Ohio/ABD.
- US Steel, Gary Works, Gary, Indiana/ABD.

Aşağıdaki üç sinter tesisi için torba filtrelerin kurulumu planlanmış veya gerçekleştirilmiştir:

- Thyssen Krupp Stahl, Duisburg/Almanya, 2011 yılına kadar üç sinter tesisini de mevcut ESF'lerden sonra torba filtrelerle donatacağını duyurmuştur.
- Salzgitter AG, Salzgitter/Almanya. 680 000 Nm³/saat kapasiteli ve ESF'nin akış yönünde torba filtre bulunan bir sinter çıkış gazı temizleme sistemi işletmeye alınmıştır. Tesisin Mart 2010'da tam olarak faaliyete geçmesi planlanmaktadır.
- Corus, IJmuiden/Hollanda'da torba filtre denemeleri 2009'da gerçekleştirilecektir. Sonuçlara göre 2010 yılında üç sinter bandından biri tam ölçekli torba filtre ile donatılacak ve diğer iki sinter bandı 2013 yılında torba filtre ile güçlendirilecektir.

Referans literatür

[217, Siemens-vai 2006] [294, Fleischanderl 2006] [295, Hartig ve diğ. 2006] [298, Fleischanderl 2006] [244, Plickert 2007] [252, Fransa 2007] [277, Wiesenberger 2007] [382, Linz 2008]

Tablo 3.22: Sinter tesislerinde torba filtrelerin operasyonel verileri ve ekonomik boyutu

		Birim	ArcelorMittal, Bremen/Almanya	Voest Alpine, Donawitz/Avusturya	Voest Alpine, Linz/Avusturya	DK Recycling, Duisburg/Almanya ⁽¹⁾	ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
Sektör kapasitesi	Tasarım	t sinter/saat		MD			21000 t/gün
	Gerçekleşen		325	177		59	
Atık gaz akışı	Tasarım	1 x 10 ⁶ Nm ³ /saat	0,58	MD			
	Gerçekleşen		0,49	0,32		0,28	
Ön toz giderme			Kuru ESF (iki alan)	Kuru ESF (üç alan)		ESF ile ön toz giderme, sönmüş kireç ve linyit kok enjeksiyonu, torba filtre	
Toz	Giriş	mg/Nm ³	Yaklaşık 211 – 267	150 – 250			80
	Çıkış	mg/Nm ³	1 – 15	<3	<2	<0,5	<10
	Verimlilik	%	>98,5	>98,5			
Dioksin giderme	Giriş	ng I-TEQ/Nm ³	0,64 – 0,91	Yaklaşık 0,4			
	Çıkış	ng I-TEQ/Nm ³	0,07 – 0,11	<0,1	<0,05	0,23	<0,1
	Verimlilik	%	90	>90			
HCl giderimi	Giriş	mg/Nm ³		Maks. 100			
	Çıkış	mg/Nm ³	2,6 – 3,6	10	<1	<0,4 – 1,4	
	Verimlilik	%		Yaklaşık 90			
HF giderimi	Giriş	mg/Nm ³		7,4			
	Çıkış	mg/Nm ³	0,57 – 0,60	<0,2	<0,2	<0,40	
	Verimlilik	%		Yaklaşık 95			
SO ₂ giderimi	Giriş	mg/Nm ³		700			450
	Çıkış	mg/Nm ³	500	380	263	399,8	<225
	Verimlilik	%		45			

		Birim	ArcelorMittal, Bremen/Almanya		Voest Alpine, Donawitz/Avusturya	Voest Alpine, Linz/Avusturya	DK Recycling, Duisburg/Almanya ⁽¹⁾	ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
Ağır metal giderimi	Verimlilik	mg/Nm ³	ESF'den sonra: Al: 0,2 As: 0,009 Cd: 0,076 Cr: 0,01 Cu: 0,93 Hg: 0,013 Ni: 0,01 Pb: 13,4 Zn: 0,41	Torba filtreden sonra: Al: 0,04 As: 0,0003 Cd: 0,001 Cr: 0,003 Cu: 0,003 Hg: 0,0013 Ni: 0,006 Pb: 0,02 Zn: 0,12	MD	Cd: <0,002 Ni: <0,002 Pb: <0,002	Cd: <0,001 Ni: <0,002 Pb, Cr, Cu, Mn: <0,02 – <0,05	
Katkı maddeleri		mg/Nm ³	Sönmüş kireç (Ca(OH) ₂): yaklaşık 450 Linyit kok tozu: yaklaşık 100		Ca(OH) ₂ yaklaşık 1500 Aktif linyit kok yaklaşık 100		Ca(OH) ₂ Linyit kok	Aktif karbon
Atık ürün	Üretim	kg/t sinter	Yaklaşık 1		Yaklaşık 2,5		9,7	
	Yeniden kullanım		Sinter tesisine geri döndürülür		MD		kısmen	
Kumaş türü			Nomex [®] , Rastex [®]		Nomex [®]		PTFE	Aramid
Temizlik türü			Darbeli jet		Darbeli jet		Darbeli hava	
Basınç düşmesi		mm su sütunu	150		Yaklaşık 150		170	
Yatırımlar ⁽²⁾		EUR × 10 ⁶	Torba filtre: 7,3 (1993'te) Katkı maddesi dozaj cihazı: 1,1		Torba filtre: 6,5 (2002'de) Tüm sistem: 9,3		10,5	
İşletme maliyetleri ²		EUR/t sinter	Enerji: 0,11 (1996'da) Diğer: büyük ölçüde torba filtrenin tipine ve çalışma süresine bağlıdır		1,6 – 1,8 (bkz. Tablo 3.22)		3,32	
(1) 2008 verileri. (2) Tüm örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür. Not: MD = Mevcut değil. Kaynak: [65, InfoMil 1997] [99, DK Recycling 2009] [107, N.N. 2009] [164, Weiss 1996] [211, Remus, Rainer 2008] [244, Plickert 2007] [309, Eurofer 2007] [342, GWAA Bremen 2005] [382, Linz 2008].								

3.3.2.3 Siklonlar**Açıklama**

Siklonlar yalnızca ön arıtma cihazlarıdır veya hassas akış yönü ekipmanları için koruma sağlamak amacıyla kullanılır (örneğin kıvılcım ayırma için), ancak Avrupa'da sinter prosesinde bağımsız azaltma teknikleri olarak asla kullanılmazlar. Siklonlar, santrifüj hareketiyle tozu ayırır. Çalışma prensibi ataletle dayalı olduğu için, yalnızca toz nispeten kaba olduğunda siklonlar etkili azaltma cihazlarıdır. Bir multisiklon, paralel birkaç siklon aracılığıyla aynı prensibi uygulayarak daha fazla verimlilik sağlar. Siklonlar bazen sinter tesislerinde ekipmanları (örneğin kanallar ve fanlar) atık gazda bulunan tozun aşındırıcı etkisinden korumak için bir ara gaz temizleme cihazı olarak kullanılır.

Elde edilen çevresel faydalar

>10 µm partiküller için, multisiklon kullanımıyla %90 – 95'lik bir uzaklaştırma verimliliğinin sağlandığı bildirilmiştir. Ancak, sinter tesisi atık gazındaki tozun nispeten küçük boyutlu olması nedeniyle, burada %60 ila %80 arasında uzaklaştırma verimliliği varsayılmaktadır. Böylece sinter tesislerinin çıkış konsantrasyonları, giriş konsantrasyonuna ve partikül boyutu dağılımına bağlı olarak 300 ve 600 mg/Nm³ arasındadır.

Çapraz ortam etkileri

Hafif bir basınç düşüşü (0,5 kPa), atık gaz akışı 1 milyon Nm³/s olan ve yılda 4 milyon ton sinter üreten bir sinter tesisi için atık gaz emme pompalarının enerji tüketimini yaklaşık 200 kW artırır. Bu, 1 MJ/t sinter düzeyine veya sinter tesisinin enerji tüketiminin %0,1'inden daha azına tekabül eder. Ayrıca, tamamen sinter prosesine geri döndürülen bir katı atık akışı üretilir.

İşletim verileri

Siklonlar, aşındırıcı ve nemli koşullar altında sorunsuz bir şekilde çalışarak sinter tesislerinde toz konsantrasyonlarını, tozun özgül ağırlığına bağlı olarak yaklaşık %60 ila %80 düzeyinde bir verimlilikle azaltır. Corus, IJmuiden/Hollanda'da bir multisiklon ile 300 mg/Nm³'lük bir çıkış konsantrasyonu elde edilmiştir.

Uygulanabilirlik

Siklonlar hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yatırım maliyetinin 1000 Nm³/saat başına 500 ila 750 EUR olduğu tahmin edilmiştir. 1 milyon Nm³/s atık gaz akışına sahip bir sinter tesisi için bu, 0,5 milyon ila 0,75 milyon EUR tutarındadır. İşletme maliyetleri basınç düşüşüne ve dolayısıyla enerji maliyetlerine bağlıdır. Artırılan 1000 Nm³ başına 0,007 ila 0,015 EUR tutarında bir rakamdan bahsedilmiştir. Yukarıda bahsedilen sinter tesisi için bu, yılda 60000 ila 127000 EUR tutarına ve bu da 0,02 ila 0,04 EUR/t sinter düzeyine karşılık gelmektedir. Tüm örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Dünya genelinde birçok sinter tesisi, kaba toz azaltma cihazı olarak siklonları kullanmaktadır. Örneğin: Corus, IJmuiden/Hollanda; Wakamatsu/Yawata Works, Japonya.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [310, Eurofer 2007]

3.3.2.4 İnce ıslak yıkayıcılar

Açıklama

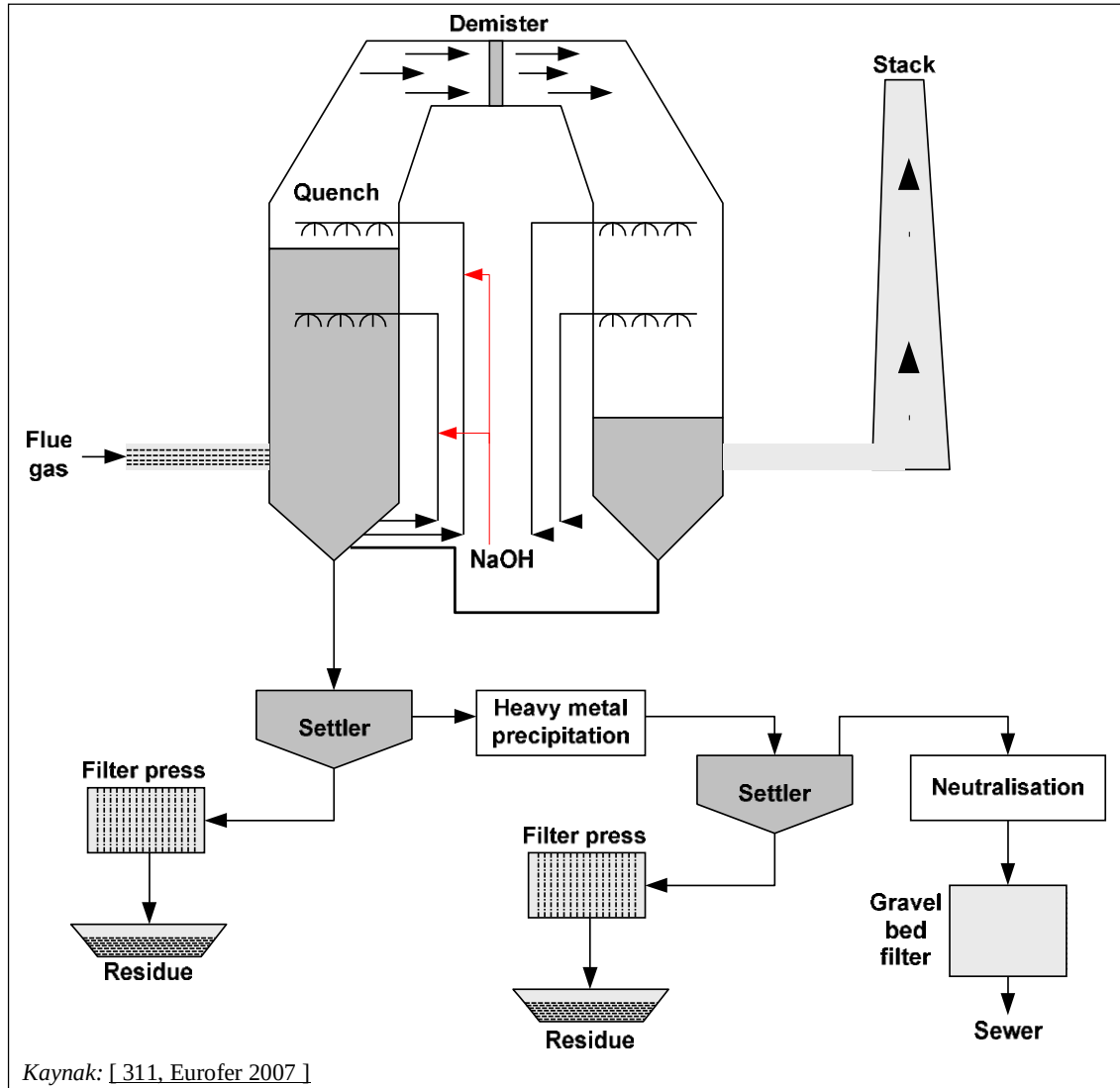
Bir gaz yıkayıcıda, atık gazdaki toz bir sıvı kullanılarak azaltılır. Kontamine olan sıvı sistemden uzaklaştırılır ve genellikle arıtmadan sonra geri döndürülür. Çamurda tutulan katı madde de ek arıtmaya tabi tutulur.

Geleneksel yıkayıcılar (örneğin Venturi tip yıkayıcılar, püskürtme kolonlu yıkayıcılar), tozun nispeten ince olması ve yüksek hidrokarbon konsantrasyonu nedeniyle sinter tesisi atık gazlarına uygulandığında etkisizdir. Avrupa'daki sinter tesislerinde geleneksel yıkayıcılar kullanılmamaktadır.

Avrupa'da 1993'ten beri yüksek performanslı bir gaz yıkayıcı kullanılmaktadır (AIRFINE adı altında üretilir).

Gaz temizleme sisteminin ana bileşenleri şunları içerir:

- Tamamı sinter bandına geri döndürülebilen kaba tozun giderilmesi için bir siklon veya bir elektrostatik filtre (ESF)
- Atık gazın soğutulması, kaba toz partiküllerinin uzaklaştırılması ve NaOH ilavesi yoluyla asit bileşenlerinin uzaklaştırılması için bir söndürmeli yıkayıcı
- İnce toz ayırma ve eş zamanlı olarak gaz temizleme için ince yıkayıcı sistem
- Kalıntı/atık işleme için bir su arıtma tesisi.



Şekil 3.18: Sinter tesisinden çıkan atık gazın AIRFINE sistemi kullanılarak arıtılması

Söndürme işleminde, yıkayıcının yüzeyine NaOH eklenmiş su püskürtülür. İnce yıkayıcı sisteminde, çift akışlı ağızlıklar, soğutulmuş atık gaz akışına yüksek basınçlı buğu olarak su ve basınçlı hava püskürtür.

AIRFINE yıkayıcı, en ince toz parçacıklarının (alkali ve ağır metal klorürler içeren - bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.1) ve atık gazın diğer zararlı bileşenlerinin aynı anda uzaklaştırılmasına olanak tanır. İkincisi (örneğin PCDD/F, ağır metaller) esas olarak ince tozla ilişkilidir. Kuru azaltma teknikleriyle karşılaştırıldığında bu teknik, alkali klorürler (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.1) ve ağır metal klorürler (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.2) gibi suda çözünür bileşikler de uzaklaştırabilir. Yıkama suyuna NaOH gibi alkaliler eklendiğinde, HF, HCl ve SO₂ gibi asidik bileşenlerin önemli ölçüde uzaklaştırılması sağlanabilir. Sonuç olarak, alkali ve ağır metal tuzları içeren sulu çözelti, çöktürme/topaklaştırma ile artırılır. Corus, IJmuiden/Hollanda'da, katılar 2008 yılına kadar sinter tesisine geri döndürülüyordu. 2008'den bu yana, katıların çoğu güvenli bir düzenli depolama sahasında bertaraf edilmektedir. Taşma nötralize edilir ve deşarjdan önce birkaç çakıl yatağından geçirilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Islak gaz yıkayıcı kullanılan Avrupa'daki sinter tesisleri için işletim verileri, yıllık ortalama olarak ifade edilen 40 ila 80 mg/Nm³ aralığındadır. Ünitelerin durumuna bağlı olarak, bundan daha düşük toz emisyonu seviyeleri anlık olarak elde edilebilir. Tablo 3.23, AIRFINE sistemini kullanan Corus, IJmuiden/Hollanda'daki sistem için yıllık ortalama bazında ifade edilmiş gerçekleşen işletme performansı verilerini göstermektedir.

Tablo 3.23: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta AIRFINE sistemi kullanılarak elde edilen havaya salınan emisyon parametreleri

Bileşen	Emisyon konsantrasyonları (mg/Nm ³) ⁽¹⁾
toz	32,3 ⁽²⁾
As	0,0003
Cd	0,09
Cr	0,025
Cu	0,032
Hg	0,0156
Ni	0,0065
Pb	3,75
Zn	0,64
HCl	0,48
HF	0,27
SO ₂	170
VOC	50
PCDD/F	0,18 ng I-TEQ/Nm ³
(1) Bu emisyon verileri, atık gaz arıtımından kaynaklanan katıların sinter beslemesine geri gönderildiği bir tesise aittir. (2) Bu rakam, yalnızca AIRFINE yıkayıcı için geçerli olduğundan, metinde verilen aralıktan daha düşüktür. Tablonun üzerindeki metinde yer alan şekil, sinter tesisinin toplam çalışmasını ifade eder (AIRFINE yıkayıcı mevcut tüm zamanın %95'inde çalıştırıldığında). Tüm ölçümler sürekli olarak izlenir. Kaynak: [200, Komisyon 2001] [247, Hollanda 2007] [311, Eurofer 2007].	

Bu teknik ayrıca PCDD/F'nin uzaklaştırılmasında etkilidir. Normal çalışma koşullarında 0,4 ng I-TEQ/Nm³ garanti edilir, 0,18 ng I-TEQ/Nm³ elde edilebilir ve bu da 2,5 – 3,0 ng I-TEQ/Nm³ giriş konsantrasyonu için >%90 verimliliğe karşılık gelir. Bu teknik, ince tozun verimli bir şekilde uzaklaştırılması nedeniyle PCDD/F gibi organik kirleticilerin emisyonlarını azaltabilir (çalışma sıcaklıklarında, dioksin benzeri bileşikler yoğunlaşarak toz üzerinde birikir).

Bu değeri elde etmek için hiçbir katkı maddesi (aktif karbon) dahil edilmemiştir. Ayrıca, HCl ve HF'nin %80 ila 95'i uzaklaştırılır. Katkı maddesi enjeksiyonu yapılan bir tesis kurulursa SO₂ emisyonları yüksek verimlilikle uzaklaştırılabilir (bkz. Bölüm 3.3.2.7.2). Ağır metal konsantrasyonları da suda çözünürlüklerinin bir sonucu olarak verimli bir şekilde (>%90) azaltılır. PAH gibi polar olmayan kirleticiler de ince tozun verimli bir şekilde uzaklaştırılması nedeniyle azaltılır.

Çapraz ortam etkileri

Corus, IJmuiden/Hollanda'da, katılar 2008 yılına kadar sinter tesisine geri döndürülüyordu. 2008'den beri, katılar güvenli bir düzenli depolama sahasında bertaraf edilmektedir.

Atık gazdaki kurşun tuzları, ıslak yıkayıcıların (özellikle ince yıkayıcı kısmında) performansı üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu genellikle bakım prosedürleriyle önlenir.

Corus, IJmuiden/Hollanda'da soğutma suyu akışı 800 m³/saat ve atık su akışı 50 m³/saattir. Bu kirli atık su akışının arıtılması gerekir.

Corus, IJmuiden/Hollanda'da ince yıkayıcı ve toz ön filtresiyle (ESF) ve arıtma sonrasında (çökeltme/topaklaştırma) elde edilen atık su emisyon konsantrasyonları ve emisyon faktörleri

Tablo 3.24'te verilmiştir (2007 verileri için bkz. Tablo 5.22).

Tablo 3.24: 2004 yılında Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta atık gaz yıkama ve ESF toz giderme işleminden kaynaklanan arıtılmış atık suyun emisyon konsantrasyonları ve emisyon faktörleri

Bileşen	Konsantrasyon (mg/l)
Arıtılmış atık su akışı	50 m ³ /s ⁽¹⁾
pH	9 – 12
Askıda katı maddeler	30
As	0,002 – 0,005
Cd	0,005 – 0,01
Cr	0,02 – 0,05
Cu	0,05 – 0,1
Hg	0,0001 – 0,0002
Ni	0,05 – 0,1
Pb	0,2 – 0,5
Zn	0,05 – 0,1
KOI	250 – 350
Kjeldahl-N	250 – 350
⁽¹⁾ Yıllık ortalama. Not: 2004 yılı verileri. Kaynak: [200, Komisyon 2001] [311, Eurofer 2007].	

Atık su bir biyolojik arıtma tesisinde ayrıca arıtılır (bkz. Tablo 5.25, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24)

İşletim verileri

Fiili uzaklaştırma verimliliği, enerji girişi (atomizasyon için basınçlı hava) ve söndürme kısmının çalışma verimliliği ile ilgilidir.

Tablo 3.25'te, elektrik tüketimi ve kaba toz ayırma ile ilgili veriler yer almaktadır.

Tablo 3.25: IJmuiden'deki Corus tesisinin operasyonel verileri

Parametre	Corus, IJmuiden (2005)	Birimler
Elektrik tüketimi	43 12	MJ/t kWh _e /t
Kaba toz ayırma ⁽¹⁾	250 – 350 (siklonlarla)	mg/Nm ³
⁽¹⁾ Kaba toz ayırma çıkışında ve yıkayıcılardan önce elde edilen değerler. Kaynak: [200, Komisyon 2001] [311, Eurofer 2007].		

Corus, IJmuiden/Hollanda'daki sinter tesisinde, kurulu yüksek basınçlı ıslak yıkayıcı ile emisyon azaltımı sağlanmaktadır. Örneğin, PCDD/F ve toz emisyonları yaklaşık %90 ve SO₂ emisyonları yaklaşık %85 oranında azaltılır.

Ancak, bakım, aksamalar ve çalıştırma/kapatma dönemleri nedeniyle yüksek basınçlı yıkama sisteminde teknik olarak kaçınılmaz kesintiler, aksamalar veya arızalar meydana gelir. Bu kesintilerin sebeplerinden biri de su ve basınçlı havanın doğru dağılımı için takılan ağızlıkların kurşun sülfat ile tıkanmasıdır. Bu tıkanma, sistemin verimliliğini olumsuz etkileyeceğinden ağızlıkların durulanması gerekir. Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı, yıkama sistemi yılda yaklaşık 500 saat atlama (baypas) modunda kalmıştır. Yapılan bir analiz, bu sürenin yaklaşık %50'sinin bakım işlemleriyle ilgili olduğunu, %50'sinin de proses kesintilerinden kaynaklandığını göstermiştir. Dolayısıyla, atlama işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar, sistemin yıllık emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturur (toz için yaklaşık %50, SO₂ için yaklaşık %15).

Yılda tam olarak ne kadar azalma sağlanacağını tahmin etmek zor veya imkansızdır. Ancak, toplam atlama modu süresinde 200 saatlik bir azalmanın, çelik fabrikasının toplam yıllık emisyonlarına göre yaklaşık 30 t/yıl toz ve 125 t/yıl SO₂ ve ayrıca önemli miktarlarda PCDD/F ve HF emisyon azaltımı sağlayabileceği tahmin edilmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Ancak, uygulanabilirliğin sahaya özgü olduğu belirtilmelidir. Atık su temizleme artığı, su arıtma ünitelerinden çıkarılmalıdır. Dolayısıyla, bu sistemlerin uygulanması genellikle artık suyun idaresine ve sinter tesisinin konumuna bağlıdır.

Ekonomik boyut

Corus, IJmuiden/Hollanda'da yatırımlar ve altyapı maliyetleri 1997'de yaklaşık 40 milyon EUR idi. Tesis, Mayıs 1998'den beri faaliyettir ve o zamandan beri üç sinter bandından çıkan toplam 630.000 Nm³/s atık gaz arıtılmıştır. Bu örnekte para birimi 1997'de ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Gerçekleşen maliyetler, tesise ve atık su arıtma hizmetleri için yerel gereksinimlere bağlı olarak büyük ölçüde farklılık gösterecektir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avrupa'da AIRFINE yıkayıcı tekniği iki sinter tesisinde uygulanıyordu: 1993'te faaliyete geçen Voestalpine, Linz/Avusturya ve 1998'de faaliyete geçen Corus, IJmuiden/Hollanda. Voestalpine, Linz/Avusturya'daki AIRFINE yıkayıcı, Ağustos 2007'de bir torba filtre ile değiştirilmiştir. Üçüncü bir ünite BHP, Whyalla/Avustralya'da bir peletleme tesisinde işletilmektedir.

Lahey'deki Devlet Konseyinde (En Yüksek İdari Mahkeme), yetkili makam (Kuzey Hollanda eyaleti), Corus ve (Devlet) Çevre Müfettişliği arasında kumaş filtreler hakkında bir anlaşma yapılmıştır. Bu anlaşmaya göre, üç sinter bandından ilkinin akış yönünde bir kumaş filtrenin kurulmasına Aralık 2010'dan önce başlanacaktır. Bu, sistemin performansını test etmek, uyarlamak ve iyileştirmek için tam ölçekli bir pilot tesis olacaktır. 2015 yılına kadar her üç hat da kumaş filtre ile donatılacaktır.

Referans literatür

[45, Gebert 1995] [247, Hollanda 2007] [248, Eurofer 2007] [249, Hollanda 2007] [295, Hartig ve diğ. 2006] [311, Eurofer 2007]

3.3.2.5 VOC emisyonlarının azaltılması

3.3.2.5.1 Sinter beslemesindeki uçucu hidrokarbon içeriğinin azaltılması

Açıklama

Hidrokarbon girişi, özellikle yağ girişinin azaltılmasıyla en aza indirilebilir. Yağ, sinter beslemesine esas olarak hadde tufalinin eklenmesiyle girer. Hadde tufalinin yağ içeriği, kaynağına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir. Bazen %10'a varan yağ içeriği bulunur, ancak bunlar normalde sinter tesislerinde ön arıtmadan geçirilmeden kullanılmazlar.

Yağ hidrokarbonlarının çoğu, 100 ila 800 °C aralığındaki sıcaklıklarda sinter karışımından uçar ve sinter tesisinden atık gaz yoluyla yayılır.

Tozlar ve hadde tufali yoluyla yağ girişini en aza indirmek için çeşitli teknikler uygulanabilir. Bu tekniklerden bazıları şunlardır:

1. Sadece düşük yağ içeriğine sahip tozları ve hadde tufalini ayırıp seçerek yağ girişinin sınırlandırılması
2. Haddehanelerde "iyi temizlik" tekniklerinin kullanılması, hadde tufalinin kirletici yağ içeriğinde önemli bir azalma sağlayabilir
3. Hadde tufalinin aşağıdaki yöntemlerle yağdan arındırılması:
 - a) Hadde tufalinin yaklaşık 800 °C'ye ısıtılmasıyla yağ hidrokarbonları buharlaşır ve temiz hadde tufali elde edilir. Uçucu hidrokarbonlar yakılabilir.
 - b) Bir çözücü kullanarak hadde tufalinden yağın çıkarılması.

Elde edilen çevresel faydalar

<20 mg/Nm³ metan olmayan uçucu organik bileşikler (MOVOC) elde edilebilir (yıllık ortalama olarak ifade edilmiştir). Sinter besleme malzemelerinin yağ içeriğini azaltmak için önlem alınmazsa veya kullanılan yakıt nedeniyle emisyonlar önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Bu daha yüksek emisyon seviyeleri, ana boru sonu azaltma sistemi olarak yalnızca ESF'lerin çalıştırıldığı tesisler içindir.

Çapraz ortam etkileri

Demir içeren bazı kalıntılar/atıklar uygun sinter tesisi ham maddesi olarak reddedildiklerinde başka bir şekilde işlenirler ya da atık akışına girerek bertaraf edilirler. Böylece, emisyonlar aslında başka bir sahaya aktarılabilir.

Hadde tufali yağının termal olarak giderilmesi için enerji tüketilir. Uçucu hale gelen hidrokarbonlar uygun şekilde yakılmalıdır (temel kural: >%6 O₂'de >2 saniye boyunca >850 °C sıcaklıklar).

İşletim verileri

Sinter tesisinde kullanılan tozlar ve tufal kalıntılarında çeşitli nedenlerle düşük yağ oranı tercih edilmektedir (örneğin ESF'de yangın ve tufal oluşumunun veya torba filtrede tıkanmanın önlenmesi için).

Yüksek yağ içeriği PCDD/F oluşumu için de daha yüksek bir potansiyele yol açabilir (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.8). Daha düşük yağ içeriği tipik olarak daha düşük VOC emisyonlarına yol açar.

Uygulanabilirlik

VOC emisyonlarının azaltılması hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yağdan arındırma ile ilgili veri yoktur.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Başta ESF'li veya torba filtreli olanlar olmak üzere pek çok tesis, demir içeren atıklar aracılığıyla sinter tesisine yağ girişini düzenler.

1990'ların sonlarında Almanya'da hadde tufallerinin yağdan arındırılmasına yönelik birkaç tesis deneme amaçlı olarak çalıştırılmış, ancak bunların tümünün faaliyetine son verilmiştir. Bu nedenle, arıtma teknikleri (yukarıda "Açıklama" bölümünde yer alan 3a ve 3b) şu anda AB çelik endüstrisinde ticari olarak kullanılmamaktadır.

Referans literatür

[45, Gebert 1995] [65, InfoMil 1997] [145, UBA Açıklamaları 1997] [242, Caughlin 2007]
[303, Eurofer 2007] [387, Fisher ve diğ. 2005]

3.3.2.5.2 Üst katman sinterleme

Açıklama

Bölüm 3.3.4'te demir içeren malzemelerin sinter bandına geri döndürülmesi açıklanmaktadır. Bölüm 3.3.2.5.1'de başta yağ olmak üzere hidrokarbonlar içeren geri dönüştürülmüş malzemelerle ilgili olarak, yağ/hidrokarbon girişini azaltmaya yönelik teknikler açıklanmaktadır. Toplam karışımdaki yağ içeriğinin %3'ü geçmemesini sağlayarak, daha yüksek yağ içeriğine sahip bu tür malzemeleri geri döndürmek için başka bir olasılık daha vardır. "Üst katman sinterleme" olarak adlandırılan bu tekniğin, yağ giderme tekniklerine kıyasla çok daha ucuz olduğu öne sürülmektedir. Üst katman sinterleme, yağ/hidrokarbon içeren belirli bir yan ürün/kalıntı karışımının su içeriğinin yaklaşık %7 seviyesine getirilmesi ve daha sonra ana sinter katmanı üzerinde bir besleme tamburu ile biriktirilmesi anlamına gelir. Bu ikinci katmanı ateşlemek için ana brülörün enerji çıkışının %25 ila 35'i kadar bir enerji çıkışına sahip ikinci bir ateşleme davlumbazı kullanılır. Yağ içeren yan ürünlerin/kalıntıların ikinci sinter katmanından yüksek bir sinter kalitesi elde etmek için, su ve yağ buharlaşması için entalpi gerekliliklerini karşılamak, doğal organik bileşenlerin parçalanmasını ve ayrıca bu katmanın tamamen sinterlenmesini sağlamak için bu katman içinde dengeli bir enerji taşıyıcısı seçiminin bulunması önemlidir. Sinter beslemesi bileşenlerinin bu dikkatlice ayarlanan oranına ek olarak, ikinci sinterleme katmanının tam olarak konumlandırılması ve ateşleme zamanlaması da kritik öneme sahiptir.

Elde edilen çevresel faydalar

Sinter katmanlarında hidrokarbonların (esas olarak geri dönüştürülmüş malzemelerin yağ içeriğinden gelen) yanması, ESF'yi (yangından) korumak ve (eksik yanmış organik bileşiklere işaret eden) mavi püstan kaçınmak için optimize edilir. Ayrıca PCDD/F emisyonları azaltılabilir; çanak ızgara testleri %60 – 65'lik bir azalma sağlandığını göstermiştir, ancak sinter bantlarından veriler mevcut değildir.

Çapraz ortam etkileri

İkinci katmanın ateşlenmesi için ek yakıtın mevcut olması gerekir.

İşletim verileri

Avusturya'daki Voest Alpine Stahl Donawitz GmbH'nin sinter bandı 120 m² emiş alanına ve 35 t/m²/gün verimliliğe sahiptir. Ocak 1995'te üst katman sinterlemenin kullanılmaya başlamasından sonra verimlilikte bir değişiklik olmamıştır. Demir içeren üretim artıklarını geri dönüştürme kapasitesi 18 t/s'dir.

Uygulanabilirlik

Ek depolama tesisleri ve ikinci bir besleme sistemi için yer olmaması nedeniyle mevcut tesislerde uygulanabilirlik sınırlıdır. Yeni tesislerde normalde geri dönüştürülmüş yan ürünlerin/kalıntıların hidrokarbon/yağ girdisini en aza indiren teknikler uygulanır. Ham madde seçiminde esneklik çok sınırlıdır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avrupa'da bu teknik, Voest Alpine, Donawitz/Avusturya'daki sinter tesisinde kurulu durumdadır, ancak bu yazının yazıldığı sırada (2010) kullanımda değildir.

Referans literatür

[159, VAI 1997]

3.3.2.6 PCDD/F'nin azaltılması

3.3.2.6.1 Sinter karışımına azot bileşiklerinin eklenmesiyle PCDD/F oluşumunun baskılanması

Açıklama

PCDD/F oluşumu, esas olarak sinterin kendisinde gerçekleştiği varsayılarak, inhibe edici etkiye sahip olan maddelerin eklenmesiyle baskılanabilir. Bu durumda, PCDD/F'yi azaltmak için etkili bir yöntem, ilgili yüzeylerde katalitik reaksiyonları engellemek için katı sinter karışımına azot bileşiklerinin eklenmesidir. Bu nedenle farklı sinter tesislerinde trietanolamin (TEA), monoetanolamin (MEA) veya üre ilavesi içeren testler yapılmıştır. Karıştırıcının ve/veya peletleyicinin kaynak yönündeki sinter beslemesine üre prillerinin eklenmesi, birkaç tesiste tam endüstriyel ölçekte uygulanmaktadır. Böylece üre prilleri, bant üzerine beslenmeden önce ham sinter karışımı boyunca homojen bir şekilde dağıtılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Birleşik Krallık'ta Port Talbot'taki Corus sinter tesisinde, üre ilavesi yapılarak elde edilen PCDD/F performansı, optimum koşullar altında %17 artış oksijende yaklaşık 1 ng I-TEQ/m³ idi. Tipik olarak, boru sonu azaltma sistemi olarak yalnızca ESF'lerin kullanıldığı sinter tesislerinde dioksin emisyon konsantrasyonu %40-60 oranında azaltılır; bu nedenle PCDD/F emisyonlarının nihai seviyesi, giriş PCDD/F konsantrasyonuna bağlıdır. Üre kullanımı ayrıca hidrojen klorür ve hidrojen florür emisyonlarını da en aza indirir.

Çapraz ortam etkileri

Üre ilavesinin bazı belirgin dezavantajları vardır:

- ESF'nin toz azaltma performansı üzerinde zararlı bir etki yaratma potansiyeli.
- Sinter tesisinden çıkan egzoz dumanı oldukça görünür hale gelir ve bu da halktan şikayetlere yol açar.
- Üre kullanımı amonyak salımına yol açar.

- Toz ve mikro kirlenici emisyonları, yukarıda belirtilen birkaç faktörün birleşimi nedeniyle fiilen artar.

İşletim verileri

Üre prillerinin taşınması ve yayılması, malzemeye özgü bazı problemler ortaya çıkarabilir (hidroskopik yapıda olduğundan). Bir örnekte, 0,12 kg/t derecelendirilmiş sinter karşılık gelen 40 kg üre/saat eklenmiştir.

Uygulanabilirlik

Teknik, mevcut tesislerde uygulanabilir ve yeni bir tesisin tasarımlarına aynı şekilde dahil edilebilir.

Ekonomik boyut

Bu tekniğin uygulanması için nispeten düşük yatırım maliyeti ve düşük işletme maliyeti vardır. 4 milyon ton/yıl kapasiteli bir sinter tesisinin yatırım maliyeti yaklaşık 700 000 EUR'dır (tuğla barınak, nem kontrollü depolama silosu, dozajlama ve kontrol ekipmanı). İşletme maliyetleri yaklaşık 0,08 ila 0,14 EUR/ton sinter düzeyindedir (1 GBP = 1,44 EUR kuru üzerinden 2004'te Birleşik Krallık'taki fiyatlara göre).

Benzer büyüklükteki bir tesis için alternatif daha basit bir sistem de yaklaşık 145.000 EUR maliyetle kurulmuştur ve buradaki işletme maliyetlerinin yaklaşık 0,05 ila 0,07 EUR/ton sinter olması beklenmektedir (1 GBP = 1,45 EUR kuru üzerinden 2007'de Birleşik Krallık'taki fiyatlara göre).

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanmasının gerekçesi, dioksin emisyonlarının azaltılmasıdır.

Örnek tesisler

1996-98 yılları arasında Birleşik Krallık'ta Llanwern'deki eski Corus sinter tesisinde geçici bir dozajlama sistemi ile yapılan ön denemeler, 1998'de bir patent başvurusuyla sonuçlanmıştır. Teknolojinin aktarılabilirliği, 2000 – 2001 döneminde Birleşik Krallık'ta Scunthorpe'taki Corus sinter tesisinde yapılan diğer denemelerle gösterilmiştir. Daha uzun süreli sürekli dozajlama denemeleri için 2003 – 2004 yılları arasında Birleşik Krallık'ta Port Talbot'taki Corus sinter tesisinde sürekli bir dozajlama sistemi kurulmuştur. Bu teknik, 2007 yılında Birleşik Krallık'ta Scunthorpe ve Teesside'daki her iki Corus sinter tesisinde de kalıcı olarak kurulmuştur.

Üre, MEA ve TEA ilavesiyle yapılan testler, 1999 ve 2001'de ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da ve 2009'da bir üre depolama ve dozajlama sisteminin kurulduğu İtalya'nın Taranto şehrindeki Rivagroup'ta 2008'de gerçekleştirilmiştir.

Referans literatür

[140, Eurofer 2009] [230, Brouhon ve diğ. 2001] [265, Tan diğ. 2004] [306, Eurofer 2007]

3.3.2.7 SO₂'nin azaltılması

3.3.2.7.1 Sinter prosesinden kaynaklanan SO₂ emisyonlarının azaltılması için birincil önlemler

Açıklama

Sinterlemekten kaynaklanan SO₂ emisyonları dört şekilde azaltılabilir:

- Düşük kükürt içeriğine sahip ham maddelerin kullanılması
- Başta kok mıcırı olmak üzere yakıt tüketiminin en aza indirilmesi
- Sinterde kükürt alımının arttırılması
- Daha kaba kok mıcırı kullanımı.

Kükürt bileşikleri sinterleme prosesine esas olarak kok mıcırı ile ve daha az ölçüde cevherlerle girer. Düşük kükürt içeriğine sahip ham maddeler kullanılarak SO₂ emisyonları azaltılabilir. Kok mıcırında □ %0,8 S ve demir cevherlerinde □ %0,08 S kükürt içeriği düşük olarak kabul edilebilir ve doğrudan daha düşük SO₂ emisyonları sağlar.

Özgül kok tozu tüketimi, son 30 yılda AB sinter tesislerinde yaklaşık %50 oranında azaltılarak mevcut tüketim 39 – 64 kg/t sinter düzeyine düşürülmüştür.

Diğer bir önemli faktör ise sinterdeki kükürt alma derecesidir. Kükürt, sinter bazikliğine bağlı olarak kısmen sinter ürününde kalır (%13 – 25 mertebesinde). Ayrıca, daha kaba kok mıcırı kullanımı SO₂ emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.4).

Elde edilen çevresel faydalar

Günlük ortalama olarak <500 mg SO₂/Nm³ emisyon konsantrasyonlarına ulaşılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Sinterde ek kükürt tutulması, düşük kükürtlü bir demir gerektiğinde yüksek fırının çalışması üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir.

İşletim verileri

Bilinen belirli bir sorun yoktur. Tesisler sorunsuz çalışmaktadır.

Uygulanabilirlik

Sinter beslemesine kükürt girişinin en aza indirilmesi (düşük kükürtlü kok mıcırı ve demir cevheri kullanımı ve özgül kok mıcırı tüketiminin en aza indirilmesi) hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Ancak, düşük kükürtlü mıcır ve cevhere erişimin bir kısıtlılık olabileceği unutulmamalıdır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

ArcelorMittal, Ghent/Belçika; Corus sinter fabrikaları, Birleşik Krallık; Thyssen Krupp Stahl, Duisburg/Almanya ve Rivagroup, Taranto/İtalya. AB dışında da örnekleri vardır.

Referans literatür

[7, Bothe 1993] [304, Eurofer 2007]

3.3.2.7.2 Islak kükürt giderme**Açıklama**

Islak ve kuru kükürt giderme prosesleri vardır ancak burada sadece ıslak sistem dikkate alınmaktadır. Atık gazlar soğutulduktan sonra SO₂, kalsiyum (Ca) veya magnezyum (Mg) içeren bir çözelti ile bir püskürtme kulesinde soğurulur. Bu, kolondan bir bulamaç olarak uzaklaştırılan alçıtaşı (CaSO₄) veya magnezyum sülfat (MgSO₄) oluşturur. Birkaç reaksiyon maddesi kullanılabilir:

- Çelik cürufu (çelik cürufu kükürt giderme (ÇCKG) prosesi). %30 – 40 CaO içeren çelik cürufu toz haline getirilir, su ile karıştırılır ve Ca(OH)₂ içeren bir bulamaç olarak eklenir.
- Sönmüş kireç (Ca(OH)₂)
- Kalsiyum klorür (CaCl₂) ve sönmüş kireç (Ca(OH)₂)
- Sönmüş kireç (Ca(OH)₂) ve tebeşir (CaCO₃)
- Magnezyum hidroksit (Mg(OH)₂).

Alçıtaşı susuzlaştırılır. Kalitesi büyük ölçüde önceden kurulmuş toz azaltma cihazının verimliliğine bağlıdır. Bazı ülkelerde bu alçıtaşı, çimento imalat fabrikalarına satılabilir.

Su, alçıtaşı bulamacından ayrılır ve çoğu yeniden sirküle edilir. Klorür birikmesi nedeniyle, yıkama suyu tahliyesi olacaktır. Böylece hem katı (alçıtaşı) hem de atık su oluşur.

Bir reaksiyon maddesi olarak amonyum hidroksit (NH₄OH) kullanıldığında, bir amonyum hidrojen sülfat (NH₄HSO₃) çözeltisi üretilir. Bu çözelti, amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) üreten kok fırınının gaz arıtma tesisinde ıslak oksidasyonla işlenir.

Islak kükürt giderme ayrıca ince yıkayıcı sistemlerle de gerçekleştirilebilir (bkz. Bölüm 3.3.2.4).

PCDD/F adsorpsiyonu için baca gazına aktif linyit kok da enjekte edilebilir. Bu reaksiyondan sonra aktif linyit kok bir torba filtre ile ayrıştırılır.

Elde edilen çevresel faydalar

% 95 – 99'luk verimlilikler bildirilmiş olmasına rağmen, % 85 – 90 düzeyinde kükürt giderme verimlilikleri elde edilebilir. Bu performans değerleriyle, 1,5 g/Nm³'ün altındaki girdi değerleri için 200 mg/Nm³'ten daha az SO_x bildirilmiştir. Ayrıca atık gazdaki HCl, HF ve toz yıkanır. Sistem NO_x'i uzaklaştırmaz.

Çapraz ortam etkileri

Alçıtaşı içeren bir bulamaç üretilir. Alçıtaşının bertaraf edilmesi önemli sorunlar yaratabilir. Alçıtaşı pazarının olmadığı ülkelerde, suyu alınmış malzeme aktif bir atık olarak bertaraf edilmelidir. Bu da çöpe atılmadan önce daha fazla stabilizasyon yapılmasını gerektirir ve böylece daha yüksek bertaraf maliyetleri oluşturur. Alçıtaşı pazarının olduğu yerlerde bile, ürünün tozla kirlenmesi ürünü daha az cazip hale getirir ve ürünün bertaraf edilmesi gerekebilir. Ayrıca, ünite tozu eş zamanlı olarak giderdiğinde ek atık su arıtımı yapılması gerekir.

Bir örnekte, alçıtaşı, bertaraf edilecek kontamine bir kısma (%10) ve satılacak 'temiz' bir kısma (%90) ayrılmıştır. Ama bu sistem artık faaliyette değildir.

Özellikle kükürt giderme ünitesinden önce bir toz azaltma cihazı kullanıldığında, yıkama suyunun çoğu yeniden sirküle edilebilir. Klorür birikmesini önlemek için genellikle tahliye yapılması gerekir. 5 ila 20 m³/s aralığında tahliyeler bildirilmiştir. Ancak bazı durumlarda tahliye yapılmaz ve su takviyesi yapılır.

Elektrik tüketiminin 6,1 – 7,2 MJ/t sinter olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, temizlenmiş atık gaz, yeterli bir duman bulutu yükselmesi sağlamak için salınmadan önce yeniden ısıtılmalıdır. Bazı durumlarda

kok fırını gazı bu amaçla kullanılmakta ve bazen de sinter tesisi atık gazında bulunan CO katalitik olarak yakılmaktadır.

Sönmüş kireç tüketimi, SO₂ giriş konsantrasyonuna, arıtılan atık gaz miktarına ve istenen verimliliğe bağlıdır. Wakamatsu Works, NSC/Japonya'da bildirilen tüketim her bir m³ SO₂ başına 3 – 4 kg sönmüş kireçtir (Ca(OH)₂).

İşletim verileri

Tablo 3.28'de, üç kükürt giderme ünitesinden alınan işletim ve ekonomi verilerine genel bir bakış sunulmaktadır. Tüm bu üniteler, yerel makamlar tarafından belirlenen çevresel düzenlemelere uygunluğu sağlamak için kurulmuştur. Belirli operasyonel zorluklardan bahsedilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, alan gereksinimleri önemli olsa da, hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Ancak, bu MET-Refnin (2010) yazıldığı sırada, Avrupa'daki hiçbir sinter tesisinde ıslak kükürt gidermenin uygulandığı bir örnek yoktur. Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri ve bulamaç üretimi ve bertarafı ve ek atık su arıtma önlemleri gibi önemli çapraz ortam etkileri nedeniyle, ıslak kükürt giderme prosesi Avrupa'da uygulanmamaktadır, ancak çevresel kalite standartlarının karşılanması pek mümkün olmadığı durumlarda bir seçenek olabilir.

Ekonomik boyut

Tablo 3.28'de verilen kükürt giderme verimliliği rakamlarında tesisin çalışmama süresi hesaba katılmamıştır ve tesisin günde 24 saat çalıştığı varsayılmıştır; bu nedenle, uygulamada, genel verimlilik rakamları önemli ölçüde daha düşük olacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi, elde edilen alçıtaşının bazı Avrupa ülkelerinde satışı mümkün olmayabilir ve bu nedenle bertaraf sorunu ortaya çıkabilir.

Islak kükürt giderme ekipmanları için aşağıdaki maliyetler bildirilmiştir:

Bu örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

- Yatırım: 50 – 80 EUR/Nm³/saat
- İşletme: Giderilen her bir kg SO₂ başına 0,5 – 1,0 EUR.

4 Mt/yıl kapasiteli, 1 milyon Nm³/s atık gaz akışına sahip, yılda 8640 çalışan, arıtılmamış SO₂ emisyonları 1200 g/t sinter olan ve %90 kükürt giderme verimliliğine sahip bir sinter tesisi için, aşağıdakilere maliyetler tipik olacaktır:

- Yatırım: 50 – 80 milyon EUR
- İşletme: 0,5 – 1,1 EUR/t sinter.

Yatırımlar nispeten yüksek olduğundan (yeni bir sinter tesisinin maliyetinden daha fazla) ve büyük ölçüde atık gaz akışına bağlı olduğundan, kükürt gidermenin en yüksek kükürt konsantrasyonuna (bkz. Şekil 3.7) sahip atık gaz bölümleriyle sınırlandırılması ve çalışmaların prosese kükürt girişini düşürme üzerine yoğunlaştırılması yararlı olabilir (bkz. Bölüm 3.3.2.7.1).

Tablo 3.26, iki farklı örnek için eş zamanlı NO_x azaltımı yapılan bir ıslak kükürt giderme sisteminin toplam yatırım ve işletme maliyetlerini göstermektedir. Yalnızca sinter tesisleri için kuru ve ıslak kükürt giderme prosesleri arasında gerçekleştirilen niteliksel bir karşılaştırmadır (bkz. Tablo 3.31).

Tablo 3.26: Bir SCR sistemi ile birlikte ıslak prosesin maliyet tahmini

Gereken azaltma verimliliği	deSO _x : %95 deNO _x : %40	deSO _x : %95 deNO _x : %80
İlk maliyet:	110 (1)	147
• Ana tesis	85,4	122,6
• Su arıtma tesisi	7,3	5,9
• Diğer (boru tesisatı, elektrik ve aletler, sivil tesisler, mühendislik)	17,3	18,5
İşletme maliyeti (8476 saat/yıl):	154,4	197,5
• Elektrik enerjisi	51,0	56,8
• Kok fırını gazı	54,5	77,6
• Mg(OH) ₂	29,9	29,9
• Diğer (katalizör, NH ₃ , AAT için kimyasallar, yardımcı tesisler, buhar)	19,0	33,2
(1) Örnek 1'deki ıslak sistemin toplam maliyeti %110'dur (bu değer, Bölüm 3.3.2.7.3, Tablo 3.31'de gösterilen %100 referans alınarak hesaplanmıştır). Not: — Gaz akış hızı 1,5 milyon NNm³/s; gaz sıcaklığı 120 °C, S₂ girişi: 373 mg/Nm³, NO_x girişi: 454 mg/Nm³. — Mg(OH)₂ ve SCR ile ıslak proses. — Islak kükürt giderme ayrıca ince yıkayıcı sistemlerle de gerçekleştirilebilir (bkz. Bölüm 3.3.2.4). Kaynak: [268, SHI 2006].		

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Tablo 3.27'de, ıslak kükürt giderme uygulayan birkaç sinter tesisi hakkında ayrıntılar verilmektedir.

Tablo 3.27: Sinter tesislerinde ıslak kükürt giderme üniteleri

Şirket	Fabrika	Tesis	Arıtılan gaz miktarı (tasarım) (1 x10 ⁶ Nm ³ /sh)	Reaksiyon maddesi
Nippon Kokan KK	Fukuyama		0,76	Amonyum hidroksit
	Keihin		1,2 – 1,3	
Kawasaki Steel Corporation	Chiba	Sinter tesisi no. 4	0,62 – 0,75	Sönmüş kireç
	Chiba	Sinter tesisi no. 3	0,32	
	Mizushima	Üç sinter tesisi	0,75; 0,75; 0,9	
Kobe Steel Ltd.	Kakogawa		1	CAL (*)
	Kobe		0,35	
Sumitomo Metal Industries	Wakayama	Sinter tesisi no. 5	0,4	Sönmüş kireç ve tebeşir
	Kashima	İki sinter tesisi	0,88; 0,2	Sönmüş kireç ve tebeşir
	Kokura		0,32	Magnezyum hidroksit
(*) CAL: Kalsiyum klorür ve sönmüş kireç.				
Not: Bir tesiste bu teknik, tesis kapatılana kadar AB’de faaliyettedir. Bunun nedeni, teknolojinin atık su ve katı atık gibi çapraz ortam etkilerini önleyen prosese entegre bir önlemle değiştirilmiş olmasıdır.				
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [313, Eurofer 2007].				

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [249, Hollanda 2007] [251, Eurofer 2007] [268, SHI 2006] [295, Hartig ve diğ. 2006] [313, Eurofer 2007]

Tablo 3.28: Üç sinter tesisi ıslak kükürt giderme ünitesinin operasyonel verileri ve ekonomik boyutu

		Birim	Nippon Kokan KK-Keihin	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata	Sumitomo Metal Ind. Wakayama
Sinter üretimi	Tasarım	t/s	500	1000	MD
	Gerçekleşen		MD	600	185
Toplam atık gaz akışı	Tasarım	10 ⁶ Nm ³ /s	1,2 – 1,3	2	MD
	Gerçekleşen		MD	1	0,4
Sinter bazıklığı		CaO/SiO ₂	1,8	1,92	2,2
Kükürt giderme kapasitesi	Tasarım	10 ⁶ Nm ³ /s	1,2 – 1,3	1 (kısmi deSO _x)	MD (kısmi deSO _x)
	Gerçekleşen		MD	0,45 – 0,51 (kısmi deSO _x)	0,2 (kısmi deSO _x)
Önceden kurulmuş toz giderme	Tip	mg/Nm ³	Kuru ESF	Siklon	Kuru ESF
	Temiz gaz		50	MD	40
Reaksiyon maddesi			NH ₄ OH	Sönmüş kireç	Sönmüş kireç ve tebeşir (50:50)
SO ₂ giriş konsantrasyonu	Tasarım	mg/Nm ³	MD	1140	1830
	Gerçekleşen		560 – 840	513 – 684	730 – 940
SO ₂ çıkış konsantrasyonu	Tasarım	mg/Nm ³	MD	<110	370
	Gerçekleşen		3 – 9	6 – 29	MD
Kükürt giderme verimliliği	Tasarım	%	MD	90	80
	Gerçekleşen		>99	95 – 98	MD
Yan ürün	Tip	kg/t sinter	Amonyum sülfat	Alçıtaşı	Alçıtaşı
	Miktar		MD	1,0 – 1,34	4,5
	İşleme		Satış	Satış	Ağırlıklı olarak bertaraf
Enerji talebi		GJ/t sinter	MD	0,0061 – 0,0072 (elektrik) (toplam enerji tüketiminin < %0,3'ü)	MD
Yatırım (¹)		EUR 10 ⁶	MD	MD	19,4 (1976'da)
İşletme maliyetleri (¹)		EUR/t sinter	MD	0,016 (1986'da) Sadece bakım	0,62 (1986'da); Bakımsız amortismansız
(¹) Bu örnekte para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür. Not: MD = Mevcut değil. Kaynak: [65, InfoMil 1997].					

3.3.2.7.3 Kükürt giderme ve NO_x'in azaltılması için rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi**Açıklama**

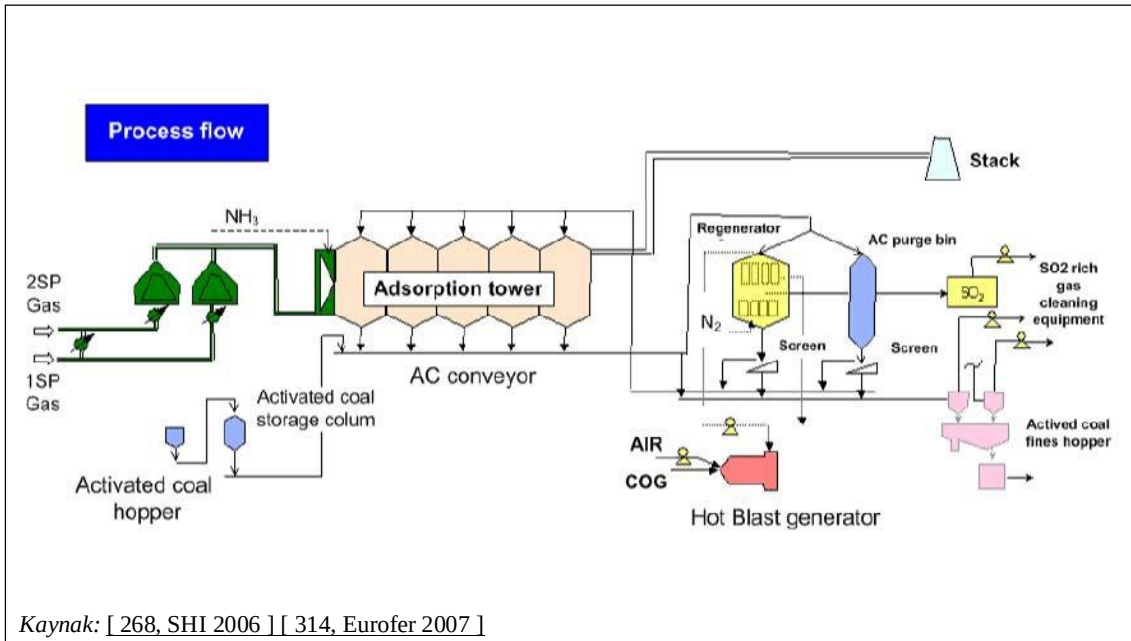
Kuru kükürt giderme teknikleri, SO₂'nin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonuna dayanır. SO₂ yüklü aktif karbon rejenere edildiğinde, bu prosese rejeneratif aktif karbon (RAC) adı verilir. Bu durumda yüksek kaliteli ve pahalı bir aktif karbon türü kullanılabilir ve yan ürün olarak sülfürik asit (H₂SO₄) elde edilir. Yatak su ile veya termal olarak rejenere edilir. Bu teknik kentsel atık yakma tesislerinde, rafinerilerde, enerji santrallerinde ve sinter tesislerinde uygulanmaktadır.

Bazı durumlarda linyit bazlı aktif karbon kullanılmaktadır. Bu durumda, SO₂ yüklü aktif karbon genellikle kontrollü koşullar altında yakılır. Bu teknik genellikle sadece mevcut bir kükürt giderme ünitesinin akış yönünde 'ince ayar' için uygulanır.

RAC prosesi (Şekil 3.19'da gösterilmektedir) atık gazdan birkaç bileşenin uzaklaştırılmasına olanak tanır: SO₂, HCl, HF, cıva (Hg), toz, PCDD/F ve isteğe bağlı olarak NO_x. Sistem tek aşamalı veya iki aşamalı bir proses olarak geliştirilebilir. Tek aşamalı proseste, atık gazlar bir aktif karbon yatağından geçirilir ve kirleticiler aktif karbon tarafından adsorbe edilir. NO_x giderimi yalnızca, katalizör yatağından önce gaz akışına amonyak (NH₃) enjekte edildiğinde gerçekleşir.

İki aşamalı proseste, atık gazlar iki aktif karbon yatağından geçirilir. NO_x emisyonlarını azaltmak için yataktan önce amonyak enjekte edilebilir.

Rejeneratörde PCDD/F, 400 ila 450 °C arasındaki sıcaklıklarda ayrıştırılır.



Şekil 3.19: Rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi

Elde edilen çevresel faydalar

Yüksek verimli kükürt giderme mümkündür (>%95). NO_x giderme verimliliği, çalışma sıcaklıklarına, NH₃ ilavesine ve tasarıma bağlı olarak %80 – 90'a kadar çıkabilir. Bu verimlilik rakamlarında, tesisin kapalı kalma süresi dikkate alınmaz ve tesisin günde 24 saat çalıştığı varsayılır. Bu yüzden, gerçek verimlilik rakamları önemli ölçüde daha düşük olacaktır.

Tablo 3.29: Atık gaz bileşenlerinin konsantrasyonu

Parametre	Birimler	Değerler
Atık gaz debisi	Nm ³ /dak.	14 200
Sıcaklık	K	414 – 415
Nem	% hac.	6,9
O ₂	% hac.	14,7
CO ₂	% hac.	7,9
CO	% hac.	1,2
NO _x	mg/Nm ³	266 – 322
SO _x	ppm	7 – 127
SO ₃	ppm	0,1
Toz	mg/Nm ³	6 – 10
Not: SO _x işleme tesisinde magnezyum hidroksilasyon ekipmanları bulunur. Bu sistem çalışmıyorsa 168 ppm'e kadar emisyonlar meydana gelebilir. Sistem bir siklon, bir ESF ve bir kuru kükürt giderme sisteminden oluşur. Kaynak: [261, Kasama ve diğ. 2006].		

Tablo 3.30: Aktif odun kömürü uygulanan bir sinter tesisinde elde edilebilir performans

Kirletici	Ulaşılabilir performanslar	Birimler	Açıklamalar
SO ₂	95 – >98 ⁽¹⁾	%	
	Giriş: 572 – 858	mg/Nm ³	
	Çıkış: 20 – 30	mg/Nm ³	
NO _x	>40 veya 60 ⁽²⁾	%	%60'tan fazla azaltmanın gerekli olduğu durumlarda, iki aşamalı bir proses gerekir
	Giriş: 300 – 520	mg/Nm ³	
	Çıkış: 120 – 200	mg/Nm ³	
PCDD/F	Giriş: 0,03 – 3	ng I-TEQ/Nm ³ -kuru	Giriş 1 – 2
	Çıkış: 0,000001 – 0,1		
Toz	Giriş: 10 – 140	mg/Nm ³	Giriş <100. Daha düşük performanslar partikül boyutu dağılımına bağlıdır
	Çıkış: 2 – 20		
Hg	95 – >99	%	Performans garanti edilmez
	Giriş: 20 – 30	µg/Nm ³	
(1) Mevcut iki tesiste bir ay boyunca sürekli izlemeye dayalı veriler, yüksek sabit verimlilikler göstermektedir.			
(2) Mevcut üç tesiste bir ay boyunca sürekli izlemeye dayalı veriler, tek kademeli sistem için %40 ila %60 ve iki kademeli sistem için %62 ila %75 arasında verimlilik dalgalanmaları göstermektedir.			
Kaynak: [268, SHI 2006].			

RAC prosesi, toz seviyelerini 80 – 100 mg/Nm³'ten 20 mg/Nm³'ün altına düşürür. Dioksin emisyonları 3 ng/Nm³'ten 0,3 ng/Nm³'ün altına düşürülür.

Çapraz ortam etkileri

RAC prosesi uygulandığında her bir ton sinter başına toplam enerji tüketimi artar ve küçük bir su akışı oluşur. Entegre bir demir-çelik fabrikasında, su akışı, uygun bir şekilde konumlandırılmış mevcut bir atık su arıtma tesisinde arıtılabilir. Aksi takdirde, uygun bir atık su arıtımı için ek maliyetler ortaya çıkacaktır. Yan ürün olarak sülfürik asit üretilir.

Aktif karbon rejenere edildiği ve kısmen yakıldığı için RAC prosesinde katı atık oluşmaz. Elektrik tüketimi 1200 kW veya 8,6 MJ/t sinterdir (toplam sinter enerji tüketiminin yaklaşık %0,4'ü).

Rejeneratif olmayan proses uygulandığında her bir ton sinter başına toplam enerji tüketimi artar ve uygun şekilde artırılması gereken kontamine katı atık ortaya çıkar. Gaz temizleme prosesinden çıkan toz çok incedir ve ağır metaller içerir (radyoaktif maddeler de olabilir). Dolayısıyla toz, demir içeren diğer tozlarla aynı şekilde demir üretim sürecine kolayca geri döndürülemez.

İşletim verileri

Nippon Steel Corporation'ın Nagoya Works'teki sinter tesisi no. 3, 900.000 Nm³/saat atık gaz akışıyla günde 12.000 ton sinter üretme kapasitesine sahiptir. Sinter bazıklığı 1991'de 1,72 – 2,1 idi. RAC prosesi, her biri 450.000 Nm³/s kapasiteli iki adet paralel tek kademeli soğurma kulesi olarak tasarlanmıştır. Kükürt gidermeden önce, bir siklonla ve ardından bir ESF ile toz giderilir (temiz gaz konsantrasyonu: 20 – 30 mg/Nm³). Yapılan ölçümler, 360 mg/Nm³'lük SO₂ giriş konsantrasyonları ve %97'lik bir kükürt giderme verimliliği göstermiştir. Çıkış konsantrasyonu ise 11 mg/Nm³ olarak ölçülmüştür. Toz çıkış konsantrasyonları 15 – 20 mg/Nm³ (partikül boyutu 2 – 4 µm; %60 karbon) olarak ölçülmüştür.

RAC ile NO_x azaltma, NH₃ enjeksiyonu ile iki adsorpsiyon kulesinden yalnızca birinde uygulanır. Genel NO_x giderme verimliliği %15 ile oldukça düşüktür (veya NH₃ enjeksiyonu ile bir adsorpsiyon kulesinde %30).

SO₂ yüklü aktif karbon, 380 – 430 °C'de ısıtılıp işleme rejeneri edilir. Karbon, kok fırını gazıyla çalışan bir ısıtıcıyla dolaylı olarak ısıtılır. Azot (N₂) karıştırılır (500 m³/s). Suya doymuş SO₂ bakımından zengin (%15) gaz, kok fırını gazı arıtımının sülfürik asit tesisine gönderilir. Rejeneri edilen karbon elenir ve adsorpsiyon yataklarına geri beslenir. Küçük boyutlu partiküller, sinter tesisi ham maddesi olarak kullanılır. Bu özellikler, değerlendirilen tesise özgüdür ve genel olarak diğer tesisler için geçerli değildir. Aktif karbon tüketimi 150 kg/s'dir. Buhar tüketimi (40 bar) 600 kg/s ve su tüketimi 0,08 m³/s düzeyindedir.

Atık gazın giriş sıcaklığına (<140 °C) ve toz giriş konsantrasyonuna (maks. 50 mg/Nm³) özel dikkat gösterilmelidir. Giriş toz konsantrasyonunu azaltmak için RAC prosesinden önce toz azaltma sistemi (örneğin ESF veya yüksek performanslı çoklu siklonlar) kurulmalıdır.

Uygulanabilirlik

RAC prosesi, hem yeni hem de mevcut tesislerde bir boru sonu tekniği olarak uygulanabilir. Proses genellikle çıkış gazından birkaç bileşenin (örneğin SO₂, HF, HCl, NO_x ve aynı zamanda toz ve PCDD/F) aynı anda uzaklaştırılması için uygulanır. Genel olarak, özellikle birden fazla sinter bandı olan bir saha için bu teknik dikkate alınırken tesis yerleşimi ve alan gereksinimleri önemli faktörlerdir.

Ancak, bu belgenin yazıldığı sırada (2010), RAC prosesinin Avrupa'daki bir sinter tesisinde uygulandığı hiçbir örnek yoktu. Özellikle yüksek kaliteli ve pahalı aktif karbon türlerinin kullanılabileceği ve sülfürik asit tesisine ihtiyaç duyulan durumlarda, yüksek yatırım ve işletme maliyetleri nedeniyle RAC prosesi Avrupa'da uygulanmamaktadır. Bununla birlikte, aynı anda SO_x, NO_x, toz ve PCDD/F'yi hedef alan yeni tesislerde veya çevresel kalite standartlarının karşılanması muhtemel olmadığı durumlarda bir seçenek olabilir.

Ekonomik boyut

1987'deki yatırımlar (sülfürik asit tesisi ve atık su arıtma tesisi hariç) yaklaşık 21 milyon EUR idi. 1991 yılında, Voestalpine, Linz/Avusturya'daki yatırım maliyetlerinin bir RAC tesisi için yaklaşık 73 milyon EUR olduğu bildirilmiştir.

İşletme maliyetleri (bakım ve amortisman hariç) 1991'de 0,75 EUR/ton sinter idi. Bakım maliyetlerinin 0,17 EUR/t sinter (yılı 750.000 EUR) olduğu tahmin edilmektedir. Bu veriler, SO₂ ve NO_x'in birlikte uzaklaştırılmasına yönelik bir RAC tesisi için geçerlidir.

(1) Tüm örnekler için para birimi 1996/1997'de ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür. Tablo 3.31, iki farklı örnek için eş zamanlı NO_x azaltımı yapılan bir kuru kükürt giderme sisteminin toplam yatırım ve işletme maliyetlerini göstermektedir. Yalnızca sinter tesisleri için kuru ve ıslak kükürt giderme prosesleri arasında gerçekleştirilen niteliksel bir karşılaştırmadır (bkz. Tablo 3.26).

Tablo 3.31: Aktif kömür sisteminin maliyet tahmini

Gereken azaltma verimliliği	deSO _x : %95 deNO _x : %40	deSO _x : %95 deNO _x : %80
İlk maliyet:	110 ⁽¹⁾	136,1
• Ana tesis	60,8	86,2
• Aktif odun kömürünün ilk dolumu	8,8	16,2
• Yan ürün tesisi (H ₂ SO ₄)	8,5	8,5
• Diğer (boru tesisatı, AAT elektrik ve aletler, sivil tesisler, mühendislik)	21,9	25,2
İşletme maliyeti (8476 saat/yıl):	100	166,8
• Aktif odun kömürü	57,7	115,4
• Elektrik enerjisi	29,8	35,3
• NH ₃ (NO _x giderme için)	10,4	14,0
• Diğer (KFG, yardımcı şebeke hizmetleri, buhar, naoh)	13,6	13,6
• H ₂ SO ₄ (piyasada) ⁽²⁾	-11,5	-11,5
(1) Kuru sistemin toplam maliyeti %100'dür (bu değer, Bölüm 3.3.2.7.2'deki Tablo 3.26'da gösterilen %110 referans alınarak hesaplanmıştır).		
(2) Sülfürik asit üretimi.		
Not: Gaz debisi: 1,5 milyon Nm ³ /s; gaz sıcaklığı: 120 °C; SO ₂ girişi: 373 mg/Nm ³ ; NO _x girişi: 454 mg/Nm ³ .		
Kaynak: [268, SHI 2006].		

500 – 600 m² sinter bandına sahip bir sinter tesisinde rejeneratif aktif karbon yatırımlarının 60 milyon EUR civarında olduğu ve işletme maliyetlerinin yaklaşık 1 EUR/t olduğu tahmin edilmektedir (Arcelor).

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Japonya, Kore ve Avustralya'da aktif kömür kullanılan en az sekiz sinter tesisinde bu teknik uygulanmaktadır. SO_x'i hedef alan RAC prosesi, Ağustos 1987'den beri Japonya'daki Nippon Steel Corporation, Nagoya Steelworks, sinter tesisi no. 3'te işletilmektedir. 1999'da Nagoya Steelworks'teki sinter makineleri 1 ve 2, 1,3 milyon Nm³/saat atık gaz için SO_x, NO_x ve tozu hedef alacak şekilde donatılmıştır. Bu sistemi kurduğu veya proseste bir değişiklik yaptığı bildirilen diğer tesisler şunlardır:

- 1552000 Nm³/s atık gazda toz ve PCDD/F giderimi için Avustralya'daki BlueScope Steel, Port Kembla Works, sinter makinesi no. 3 (Haziran 2003'te devreye alınmıştır)
- 1300000 Nm³/s atık gazda SO_x, NO_x, toz ve PCDD/F giderimi için Japonya'daki Nippon Steel Corporation, Oita Works, sinter tesisi no. 1 (2003'te devreye alınmıştır)
- 1350000 Nm³/s atık gazda SO_x, NO_x, toz ve PCDD/F giderimi için Kore'deki POSCO, Pohang Steelworks, 3 ve 4 numaralı sinter makineleri (Kasım 2004'te devreye alınmıştır)
- 1700000 Nm³/s atık gazda SO_x, NO_x ve toz giderimi için Japonya'daki Nippon Steel Corporation, Kimitsu Steelworks, sinter tesisi no. 3 (2004'te devreye alınmıştır)
- 1500000 Nm³/s atık gazda SO_x, NO_x, toz ve PCDD/F giderimi için Japonya'daki Kobe Steel Corporation, Kakogawa Steelworks, sinter tesisi no. 1 (2007'de planlama aşamasındadır).

Karbon dolgulu yatak filtre teknolojisi, Avustralya'daki bir pilot tesiste (BHP Steel) test edilmiştir ve Japonya'daki bazı sinter tesislerinde kullanılmaktadır. Avrupa'da hiçbir sinter tesisi rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi ile çalışmamaktadır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [215, BSS 2007] [252, Fransa 2007] [254, Eurofer 2007] [261, Kasama ve diğ. 2006] [268, SHI 2006] [314, Eurofer 2007]

3.3.2.8 NO_x'in azaltılması

3.3.2.8.1 NO_x emisyonlarının azaltılması için birincil önlemler

Antrasit kullanımı NO_x emisyonlarını azaltabilir ve kok mıcırına kıyasla daha düşük N içeriğine sahip antrasitlerin mevcudiyetine bağlıdır.

Daha az önemli kabul edilebilecek ek bir önlem, ateşleme için düşük NO_x brülörlerinin kullanılmasıdır.

Toplam NO_x emisyonlarını azaltmak için başka bir seçenek, Bölüm 3.3.5.2'de açıklanan atık gaz geri dönüşüm tekniklerinden birini uygulamaktır.

3.3.2.8.2 Seçici katalitik indirgeme (SCR)

Açıklama

Bu proste atık gazdaki NO_x, amonyak (NH₃) veya üre ile katalitik olarak N₂ ve H₂O'ya indirgenir. Bir titanyum oksit (TiO₂) taşıyıcı üzerinde vanadyum pentoksit (V₂O₅) veya tungsten oksit (WO₃) genellikle katalizör olarak kullanılır. Diğer olası katalizörler demir oksit ve platindir. Optimum çalışma sıcaklıkları 300 ila 400 °C arasındadır.

SCR, yüksek tozlu sistem, düşük tozlu sistem ve temiz gaz sistemi olarak uygulanabilir ve her birinin kendi özellikleri vardır. Sinter tesislerinde bugüne kadar sadece temiz gaz sistemleri uygulanmıştır.

Katalizörün devre dışı bırakılmasına, patlayıcı amonyum nitratın (NH₄NO₃) birikmesine, amonyak geçişine ve aşındırıcı SO₃ oluşumuna özel dikkat gösterilmelidir. Genellikle, gerekli çalışma sıcaklığına ulaşmak için çıkış gazları SCR cihazına girmeden önce yeniden ısıtılmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Kullanılan katalizör tipine, çalışma sıcaklığına ve NH₃ ilavesine bağlı olarak sinter tesislerinde yaklaşık %80'lik bir NO_x indirgeme verimliliği elde edilmektedir. 56 – 120 mg/Nm³ (referans O₂: %15) arasında çıkış konsantrasyonu değerleri bildirilmiştir (giriş değerleri 180 – 600 mg/Nm³ arasındadır).

Çapraz ortam etkileri

SCR kuru bir teknik olduğu için suya salınan emisyon yoktur. Üretilen tek atık, üretici tarafından yeniden işlenebilen devre dışı bırakılmış katalizördür. Bu teknik, amonyakın depolanmasını ve kullanılmasını gerektirir, ancak sıvı amonyak olarak depolama ve kullanım zorunlu değildir. Üre veya amonyak çözeltileri de kullanılabilir.

Çıkış gazlarının katalizörle temasa geçmeden önce yeniden ısıtılması gerektiğinden genel enerji tüketimi artar. Bu, sinter prosesinden duyulur ısıyı geri kazanma imkanını azaltır. Ayrıca SCR cihazı elektrik enerjisi tüketmektedir.

SCR kullanımı için, 8 ppm'den düşük N₂O emisyonları bildirilmiştir. NH₃ geçişinin iki sinter tesisinde <1 – 3 ppm arasında olduğu bildirilmiştir.

İşletim verileri

Japonya'daki Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, sinter tesisinde, NO_x emisyonlarını azaltmak için 1975 yılında bir SCR kurulmuştur. Sinter tesisi 7000 t sinter/gün kapasiteye ve 620.000 ila 750.000 Nm³/s atık gaz akışına sahiptir. NO_x emisyonları bir platin (Pt) katalizörü üzerinde 450 mg/Nm³'ten 37 mg/Nm³'e düşürülerek >%90'luk bir indirgeme verimliliği sağlanmıştır. SCR, temiz gaz sistemi olarak çalıştırılır; bu, SCR'nin toz giderme ve kükürt giderme sisteminden sonra kurulduğu anlamına gelir.

SCR, 260 °C veya 400 °C'de çalıştırılabilir. 260 °C'de, katalizör ısıl işlemle yılda birkaç kez rejenere edilmelidir. Bu sıcaklıkta, %90 verimlilik ancak NH₃'ün stokiyometrik oranın 1,2 katı kadar eklenmesiyle elde edilir. Bu durumda NH₃ geçişi oluşur. 260 °C'de üç yıllık çalışmanın ardından, SCR cihazının kaynak yönüne bir CO dönüştürücü yerleştirilmiştir. Dönüştürücüde atık gazdaki CO katalitik olarak yakılır ve ısı üretilir. CO dönüştürücü, gaz sıcaklığını yaklaşık 400 °C'den 480 °C'ye yükseltir. 0,9 stokiyometrik oranda NH₃ ilavesi yapılarak yaklaşık %90 verimlilikle NO_x giderimi sağlanmaktadır. NH₃ geçişi olmaz. Katalizör yatağı (1 m) üzerindeki basınç düşüşü 140 mm'dir (su sütunu).

Japonya'daki Nippon Kokan, Keihin Works'ün sinter tesisinde, 1979'da bir SCR cihazı kurulmuştur. Bu sistem, toz giderme ve kükürt giderme sisteminden sonra temiz gaz sistemi olarak çalıştırılır. Sinter tesisi günde 12.000 ton sinter işleme kapasitesine ve 1,2 milyon ila 1,3 milyon Nm³/s atık gaz akışına sahiptir.

SCR'de, katalizör olarak parça cevher (Asya'dan limonit ve gazit cevherleri) kullanılır. Kullanılan katalizör elenir ve yüksek fırında veya sinter tesisinde ham madde olarak kullanılır.

Gazlar, 410 mg/Nm³'lük bir NO_x konsantrasyonuyla 340 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra SCR'ye girer. Temiz gaz konsantrasyonu 100 – 120 mg/Nm³ olup, bu %70 – 75'lik bir SCR verimliliğine eş değerdir.

Katalizör yatağı (60 m) üzerindeki basınç düşüşü 70 mm'dir (su sütunu). Isı eşanjörünün 80 mm'lik bir basınç düşüşü vardır (su sütunu).

NH₃ tüketimi 120 g/t sinterdir. Elektrik tüketimi 0,014 GJ/t sinter veya toplam sinter enerji tüketiminin %1'inden azdır.

SCR herhangi bir sorun olmadan çalıştırılmıştır.

Tayvan'da China Steel'in 1, 3 ve 4 numaralı sinter tesislerindeki NO_x giderme sisteminin işletilmesinde yeniden ısıtma için KFG kullanılır. Haziran 1997'de sinter tesisleri no. 3 ve 4 için SCR cihazları ve Haziran 1999'da sinter tesisi no. 1 için bir SCR cihazı kurulmuştur. NO_x emisyonları 52 – 100 mg/Nm³'e düşürülmüştür (referans O₂: %15). Azalma oranları %80 civarındadır. KFG, NO_x giderme tesisinin işletiminde yeniden ısıtma için kullanılır. Bu tesisler için atık gaz miktarları:

- 1 numaralı sinter tesisi: Atık gaz miktarı yaklaşık 464.000 Nm³/s
- 3 numaralı sinter tesisi: Atık gaz miktarı yaklaşık 850.000 Nm³/s; katalizör hacmi 193,2 m³
- 4 numaralı sinter tesisi: Yaklaşık 1.164.000 Nm³/s (19.400 Nm³/dak).

1 ve 3 numaralı sinter tesisleri için NH₃ geçişi <1 ppm'dir ve 4 numaralı sinter tesisi için bu değer 1,5 ile 3 ppm arasındadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde boru sonu tekniği olarak uygulanabilir. Sinter fabrikalarında tozsuzlaştırma ve kükürt giderme sistemlerinden sonra sadece temiz gaz sistemleri devreye alınmıştır. Gazda toz (<40 mg toz/Nm³) ve ağır metallerin miktarının düşük olması şarttır

çünkü bu türler katalizör yüzeyini etkisiz hale getirebilir. Ayrıca, katalizörden önce kükürt giderme gerekli olabilir. Diğer bir ön koşul, yaklaşık 300 °C'lik minimum çıkış gazı sıcaklığıdır. Bu bir enerji girişi gerektirir.

Ancak, bu belgenin yazıldığı sırada (2010), SCR tekniğinin Avrupa'daki bir sinter tesisinde uygulandığı hiçbir örnek yoktu. Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri ve katalizör rejenerasyon ihtiyacı, NH₃ tüketimi ve geçişi, sinter prosesinden duyulur ısınin geri kazanılması olanaklarını azaltabilen yeniden ısıtma için gereken ek enerji nedeniyle, SCR tekniği Avrupa'da uygulanmamaktadır. Ancak, çevresel kalite standartlarının karşılanması muhtemel olmadığı durumlarda bir seçenek olabilir.

Ekonomik boyut

Japonya'daki Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works sinter tesisinin maliyetleri şunları içerir:

- Yatırımlar: 1975'te 27,3 x10⁶ EUR
- Bakım maliyetleri: 1992'de 0,08 EUR/t sinter (200.000 EUR/yıl)
- İşletme maliyetleri: 1992'de 0,40 EUR/t sinter (1.000.000 EUR/yıl); ön ısıtma maliyetleri dahil.

Japonya'daki Nippon Kokan, Keihin Works sinter tesisinin maliyetleri şunları içerir:

- Yatırımlar: 1979'da 50 EUR × 10⁶
- Bakım maliyetleri: 1992'de 0,57 EUR/t sinter (900.000 EUR/yıl)
- İşletme maliyetleri: 1992'de 0,75 EUR/t sinter.

[65, InfoMil 1997]'de SCR için aşağıdaki maliyetler bildirilmiştir:

- Yatırım: 25 – 45 EUR/Nm³/saat
- İşletme: 0,7 – 0,9 EUR/1000 Nm³ arıtma.

4 milyon t/yıl kapasiteli, 1 milyon Nm³/saat atık gaz akışına sahip ve yılda 8640 saat çalışan bir sinter tesisi için bu, aşağıdaki maliyetlere karşılık gelir:

- Yatırım: 25 ila 45 milyon EUR
- İşletme: 1,5 ila 2,0 EUR/t sinter.

Bu örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

1997'de, Corus, IJmuiden/Hollanda'da 630.000 Nm³/saat atık gaz akışı için yeniden ısıtma sistemi içeren bir SCR ünitesi için yaklaşık 30 milyon EUR düzeyinde tahmini bir maliyet bildirilmiştir.

Belirleyici maliyet faktörleri, katalizör kullanımı, amonyak tüketimi ve uygun durumlarda atık gazın ön ısıtma maliyetleridir.

Bu belgenin yazıldığı tarihte (2010) Avrupa'daki hiçbir sinter tesisi bu türde bir NO_x giderme sistemi çalıştırmamaktadır.

Uygulamanın gerekçesi

Araştırmalar, ne kok mıcırının demir açısından zengin cüruf, propan, DİD ve petrol koku ile kısmen değiştirilmesi şeklinde NO_x önleme tekniklerinin ne de karışım katkı maddeleri olarak amonyak çözeltisi veya amonyum karbonat kullanımının sinter tesislerinden yayılan NO_x emisyonlarını azaltmak için pratik bir çözüm sunduğunu göstermiştir.

Örnek tesisler

1. Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, Japonya
2. Nippon Kokan, Keihin Works, Japonya
3. Sinter tesisleri no. 3 ve 4, China Steel, Tayvan (Haziran 1999 ve Haziran 1997'de kurulmuştur).

Yeni tesisler Tayvan ve Kore'de bulunmaktadır. 1997'den beri Japonya'da yeni bir SCR tesisi kurulmamıştır.

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'da en az bir SCR tesisi planlanmaktadır; ancak, 2008 itibarıyla, AB'de hiçbir SCR tesisi faaliyete geçmemiştir. 2008 – 2009'da bir gösterim tesisinde atık gazın 1/10'u için bir SCR kurulmuştur. Gösterim tesisinin sonuçları, 2011'de yapılması planlanan genişletme çalışmaları için kullanılacaktır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [387, Fisher ve diğ. 2005] [277, Wiesenberger 2007]

3.3.3 İkincil kaynaklardan çıkan toz emisyonlarının toplanması ve azaltılması

Açıklama

İkincil emisyonlar, ikincil tozsuzlaştırma sistemleri tarafından yakalanabilir (sinter tesislerinde "oda tozsuzlaştırma" terimi de kullanılır). Bu teknik, hazne katmanı, sinter kırma ve eleme yapılan bant boşaltma bölgesi ve sinter konveyörünün aktarma noktaları gibi farklı kaynakları içerir. Tahliye edilen gazlar genellikle ESF veya torba filtre gibi bir tozsuzlaştırma cihazında arıtılır. Yaygın/kaçak emisyonların toplanmasına daha fazla yardımcı olmak için operasyonlar kapalı bir binada gerçekleştirilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir sinter tesisinde, bu sinter tesisi işlemlerinden ve transfer noktalarından tahliye edilen bu gaz akışlarının çoğu birleştirilir ve üç paralel ESF'de tozdan arındırılır. Toz emisyonları sürekli olarak ölçülür ve yaklaşık 815.000 m³/s'lik bir kombine gaz akışı için yıllık 270 t düzeyindedir. Toz konsantrasyonu yaklaşık 35 mg/Nm³'tür.

Almanya'daki bir tesiste, torba filtrelerle yıllık ortalama olarak <4 mg toz/Nm³ değerinde sinter odası tozsuzlaştırma emisyonları elde edilmektedir [342, GWAA Bremen 2005]. Almanya'daki başka bir tesiste, oda tozsuzlaştırma için <21 mg toz/Nm³ ve sinter soğutucu tozsuzlaştırma için <18 mg toz/Nm³ düzeyinde emisyonlar sağlanmaktadır. Her iki örnekte de ESF'ler kullanılmaktadır ve değerler sürekli ölçülen yarım saatlik ortalamalardır. Üçüncü bir Alman sinter tesisi, bir ESF ile sıcak kırıcının ve devretme noktalarının tozdan arındırılmasında <19 mg toz/Nm³ emisyon değeri sağlamaktadır (günlük ortalama değer). Almanya'daki başka bir tesiste, odanın tozdan arındırılması bir ESF ile ve sinter soğutmadan çıkan çıkış gazlarının bir kısmı için kumaş filtre (KF) ile gerçekleştirilir. Elde edilen emisyon konsantrasyonları ESF için 25 ve KF için <15 mg toz/Nm³ düzeyindedir [244, Plickert 2007].

Avusturya'daki bir tesiste sinter boşaltma, kırma, eleme ve taşıma dahil olmak üzere oda tozsuzlaştırma bir ESF ve bir KF ile gerçekleştirilir. Çıkış gazları birleştirilir ve elde edilen emisyon konsantrasyonu <16 mg toz/Nm³ düzeyindedir (yarım saatlik ortalama). Avusturya'daki başka bir sinter tesisi 3 mg toz/Nm³ emisyon değeri elde etmektedir [211, Remus, Rainer 2008].

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

İkincil toz giderme, aktarma noktaları, karışım veya sinter yükleme ve sinter soğutma, harmanlama, eleme ve kırma işlemleri dahil olmak üzere havaya salınan kirlilik emisyonlarına neden olan hazırlık ve destek proseslerinin tüm unsurları için kullanılır.

Ekonomik boyut

815.000 m³/s gaz debisinin olduğu söz konusu örnek için torba filtrelerin yatırım maliyeti 12 milyon EUR, yıllık işletme maliyeti ise 3,25 milyon EUR'dir.

Uygulamanın gerekçesi

Harmanlama, kırma, soğutma ve eleme gibi çeşitli sinter tesisi işlemlerinin yanı sıra bu farklı işlemler arasında sinterin taşınması (özellikle taşıma bantları arasındaki aktarma noktalarında) ve geri döndürülmesi toz emisyonlarına neden olur. Toz, %75 PM₁₀ ve %35 PM_{2,5}'ten oluşur.

Örnek tesisler

Avusturya'nın Linz şehrindeki Voestalpine Stahl'da bulunan sinter tesisinde, ESF'lerle baca gazının bir kısmının (370.000 m³/s) toplanması ve temizlenmesi gerçekleştirilir. Baca gazının diğer bir kısmı (160.000 m³/s) bir torba filtrede tozdan arındırılır.

Hollanda'daki bir sinter fabrikasında yükleme bölgesinden çıkan çıkış gazı, bir torba filtre aracılığıyla tozdan arındırılır. Boşaltma, kırma ve eleme bölgelerinden, konveyörlerden ve soğutucunun bölümlerinden kaynaklanan emisyonlar, ESF'ler aracılığıyla çekilir ve tozdan arındırılır [114, Remus, Rainer 2008].

ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt/Almanya'da soğutma hattı ve diğer ikincil kaynakların emisyonlarının tozdan arındırılması ESF ile gerçekleştirilir.

Almanya'nın Duisburg şehrindeki Thyssen Krupp Stahl, sinter soğutucunun demir-çelik fabrikasının sınırına yakın bir yerde konumlandırılması gibi özel bir özelliğe sahiptir. Ölçümler, bu emisyonların tesis sınırlarının ötesindeki alanda toz birikmesine önemli bir katkı yaptığını göstermiştir. Bu nedenle Nisan 2003'te soğutucu tozsuzlaştırma sistemi kurulmuş ve devreye alınmıştır. Sinterin nakliyesi, taşınması ve soğutulması sırasında oluşan toz toplanır. Soğutucu, sıcak elekler ve diğer bazı tesis alanlarından gelen toz yüklü hava, mevcut toz giderme tesisinden ayrılarak yeni bir ESF'ye beslenir. Çeşitli çekim noktalarındaki toz giderme sisteminde hava akış hızlarını optimize ederek ve bant boşaltma alanında nispeten yüksek bir akış (300.000 Nm³/s) sağlayarak daha soğuk alandan yayılan emisyonlar önemli ölçüde azaltılır. Kurulu bir ESF, yaklaşık 1.400 .000 Nm³/s'lik bir toplam atık hava akışını artırır ve boşaltma sırasında yarım saatlik ortalama değer olarak ölçülen 30 mg/Nm³'lük bir partikül içeriği elde etmek üzere tasarlanmıştır. ESF'de toplanan toz, zincirli konveyör ile bir dengeleme kutusuna gönderilir. Daha sonra ısıtılarak konveyör bantlarla ince cevher yataklarına gönderilir.

Referans literatür

[128, Sporenberg 2006] [241, Polonya 2007] [249, Hollanda 2007] [342, GWAA Bremen 2005]

3.3.4 Sinter tesisinde atık ve yan ürünler gibi üretim artıklarının kullanılması

Açıklama

Artıkların kullanımı, entegre bir çelik fabrikasında sinter tesisinin önemli bir işlevidir. Üretilen artıklar, esas olarak haddehanelerden gelen demir tufalinden ve atık gaz arıtma cihazlarından gelenler de dahil olmak üzere çok çeşitli tozlar ve çamurlardan oluşur. Bu tozlar, çamurlar ve hadde tufali yeterince yüksek bir demir veya karbon içeriğine (veya kireç, magnezyum oksit gibi başka bir mineral içeriğine) sahip olduğunda, sinter tesisinde bir ham madde olarak kullanılması

düşünülebilir. Pek çok çelik cürufunda olduğu gibi yüksek kireç içeriğine sahip malzemeler de kabul edilebilir; bu da ek kireç ve kireçtaşı girişini azaltır. Sinter tesisinde artık malzemelerin kullanımına ilişkin olarak, aşağıda belirtilen çapraz ortam etkileri dışında proses kısıtlamaları olabilir. Bu kısıtlamalar, bazı unsurların yüksek fırının sorunsuz çalışması üzerindeki olumsuz etkisiyle ilgilidir. Bu nedenle, yüksek fırın yükünün niteliğine bağlı olarak, sinterin çinko, kurşun ve klorür içeriğine kısıtlamalar uygulanabilir ve böylece sinter tesisinde artık kullanımının kapsamı sınırlanır. Bu belgenin yazıldığı tarihte (2010), dünyadaki neredeyse tüm sinter tesislerinde bazı tozlar, çamurlar ve hadde tufali kullanılmaktadır. AB'deki çoğu tesiste bunlar sinter beslemesinin %5 – 6'sını oluşturur, ancak %10 – 20'ye varan oranlar bulunabilir. En az iki tesiste toz, çamur, cüruf ve katkı maddelerinin %100'ü kullanılmaktadır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tasarruf edilen ham madde miktarı kullanılan çamur, toz ve tufal miktarına eşittir. Ayrıca, bu artıkların bertaraf edilmesinden kaçınılmış olur.

Çapraz ortam etkileri

Bazı proses artıkları, bazı uçucu organik bileşiklerin (örneğin hidrokarbonlar, PCDD/F) daha yüksek emisyonlarına yol açabilen önemli bir yağ içeriğine sahiptir. Önemli miktarda uçucu ağır metal (örneğin Hg, Cd) içeren artıkların kullanılması bu metallerin emisyonlarında artışa neden olabilir. Bazı artıkların yeniden sirküle edilmesi (tekrar kullanılması) bu metallerin atık gazdaki artışına katkıda bulunabilir. Ayrıca, sinter prosesinde alkaliler ve klorürler gibi istenmeyen bileşenler birikebilir ve sonuç olarak atık gaz emisyonlarını artırabilir (örneğin azaltma ekipmanlarındaki partikül yüklerini artırabilir). Bu sorunlardan kaçınmak amacıyla, gerekli miktarda atık/artık malzeme kullanımıyla başa çıkmak için bazen azaltma ekipmanlarında iyileştirme yapılır (örneğin torba filtre veya iyileştirilmiş/gelişmiş ESF teknikleri) [247, Hollanda 2007] [248, Eurofer 2007] [302, Eurofer 2007].

Çöken sinter tozunun geri dönüşümü, dioksin de novo katalizörlerinin ve klorun geri dönüşümü nedeniyle havaya salınan PCDD/F emisyonlarını artırma etkisine sahip olabilir [224, Xhrouet 2002] [255, Kasai ve diğ. 2001]. Sinter yatağına geri döndürülen PCDD/F ile kontamine olmuş torba filtre/ESF tozu, sonradan çöktürülen torba filtre/ESF tozundaki PCDD/F konsantrasyonunu artırmaz [255, Kasai ve diğ. 2001].

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Burada açıklanan teknikte, ham madde maliyetlerinden tasarruf edilir ve bertaraf maliyetlerinden (ön arıtma dahil) kaçınılır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanması için en önemli gerekçeler, sürdürülebilir tüketim adına artık kullanımının en üst düzeye çıkarılması, böylece işlenmemiş ham maddelerin kullanımının en aza indirilmesi ve çoğu durumda bertaraf seçeneklerinin sınırlı ve/veya maliyetli olmasıdır [302, Eurofer 2007].

Örnek tesisler

Dünyadaki hemen hemen tüm sinter tesisleri, entegre çelik fabrikalarında ortaya çıkan çamurları, tozları ve hadde tufalini kullanır. DK Recycling, Duisburg/Almanya'daki sinter tesisi, demir-çelik üretim işlemlerinden kaynaklanan üretim artıklarını arıtmak için özel olarak tasarlanmıştır ve çinko ve kurşun açısından zengin tozlar ve demir dışı metal endüstrisinde kullanılabilecek çamurlarla birlikte değerli demir birimlerini geri kazanmak için bir yüksek fırın rotasına entegre edilmiştir.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [116, Rentz ve diğ. 1996] [224, Xhrouet 2002] [247, Hollanda 2007]
[248, Eurofer 2007] [255, Kasai ve diğ. 2001] [302, Eurofer 2007] [317, Endemann, G. ve diğ.
2006]

3.3.5 Sinter prosesinde ısı geri kazanımı

3.3.5.1 Sinterleme ve sinter soğutmadan ısı geri kazanımı

Açıklama

Sinter tesislerinden potansiyel olarak yeniden kullanılabilir iki tür atık enerji boşaltılır:

- Sinterleme makinelerinin ana egzoz gazındaki duyulur ısı
- Sinter soğutucudan gelen soğutma havasının duyulur ısısı.

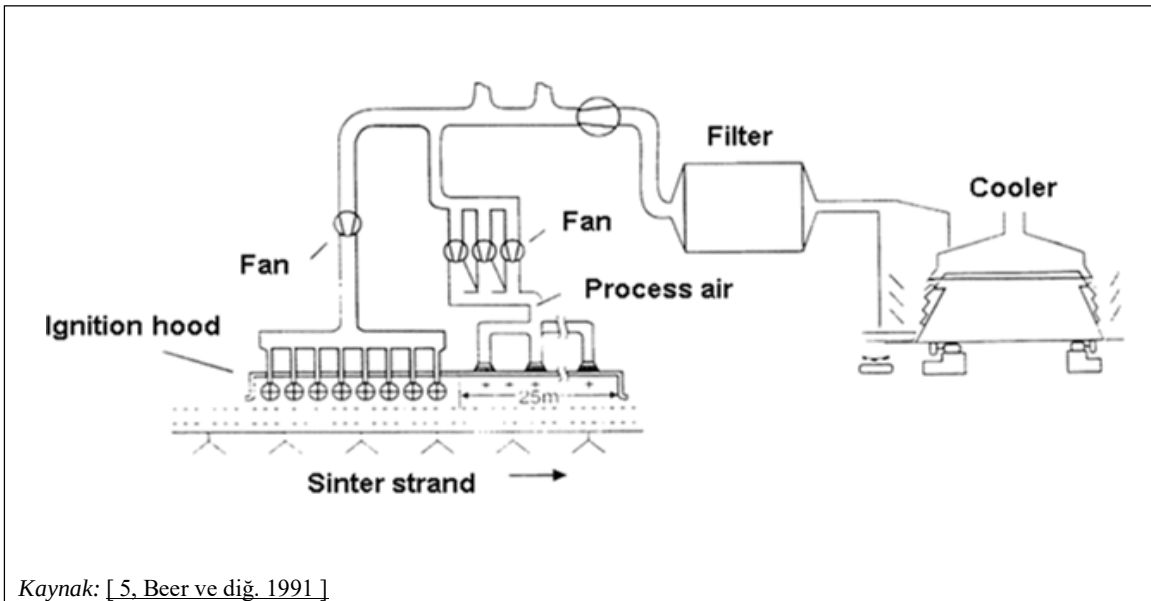
Madde a) ile ilgili olarak, normal çalışma koşulları altında, atık proses gazlarından ısıyı geri kazanmak için bir ısı eşanjörünün kullanılması, kabul edilemez yoğunlaşma ve korozyon sorunlarına yol açar. Bu kısıtlamalar, bir ısı eşanjörü vasıtasıyla atık gazlardan ısısın geri kazanılmasının uygulanmadığı anlamına gelir.

Kısmi atık gaz devridaimi, ısı geri kazanımının özel bir örneğidir ve Bölüm 3.3.5.2'de ele alınmaktadır. Duyulur ısı, devridaim edilen sıcak gazlar tarafından doğrudan sinter yatağına geri aktarılır. Bu belgenin yazıldığı dönem itibarıyla (2010) bu, atık gazlardan ısıyı geri kazanmanın tek pratik yöntemidir.

Madde b) ile ilgili olarak, sinter soğutucudan gelen sıcak havadaki duyulur ısı, aşağıdaki yollardan biri veya birkaçı ile geri kazanılabilir:

- Demir-çelik fabrikalarında kullanılmak üzere bir atık ısı kazanında buhar üretimi
- Bölgesel ısıtma için sıcak su üretimi
- Sinter tesisinin ateşleme davlumbazındaki yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması (bkz. Şekil 3.20)
- Sinter ham karışımının ön ısıtmaya tabi tutulması
- Sinter soğutucu gazların bir atık gaz devridaim sisteminde kullanılması.

Geri kazanılan atık ısı miktarı, sinter tesisinin tasarımından ve ısı geri kazanım sisteminden etkilenebilir.



Şekil 3.20: Sinter soğutucudan çıkan soğutma havasından ısı geri kazanımı

Aşağıda beş farklı ısı geri kazanımı örneği verilmiştir:

1. Geleneksel sinterlemede sinter soğutucu atık ısı geri kazanımı

Sinter soğutucunun sıcak hava gazının duyulur ısısı, bir atık ısı kazanında buhar üretmek ve ateşleme davlumbazlarında yanma havasını önceden ısıtmak için kullanılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bildirilen enerji geri kazanımı, atık ısı kazanı için toplam enerji girişinin %18'i ve ateşleme davlumbazlarına devridaim için toplam enerji girişinin %2,2'si kadardır [65, InfoMil 1997].

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

2. Bölmeli atık gaz devridaimi ile sinter soğutucu ve atık gaz ısı geri kazanımı

Sumitomo Heavy Industries, Kokura/Japonya'daki 3 numaralı sinter tesisinde bölmeli atık gaz devridaimi uygulanmaktadır. Devridaimden önce, atık gazlar bir atık ısı kazanından geçirilir. Sinter soğutucudan çıkan gazlar da bir atık ısı kazanından geçirilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu tesiste bu sistem aracılığıyla gerçekleştirildiği bildirilen enerji geri kazanımı, enerji girdisinin %23,1'idir.

İşletim verileri

273 °C sıcaklıkta ve 9 bar basınçta 120 kg buhar/t sinter üretilmiştir [123, SHI 1987].

3. Atık gaz devridaimi ile sinter yatağına sinter soğutucu atık ısısının geri kazanımı

Voestalpine, Linz/Avusturya'daki 5 numaralı sinter tesisinde, sinter soğutucudan atık ısısının geri kazanımı EPOSINT prosesi ile sağlanır (bkz. Bölüm 3.3.5.2.1). Bir atık gaz devridaim sistemi kullanıldığında, sinter yatağına geri döndürülen gazların oksijen içeriğini yükseltmek için taze hava ilavesi yerine soğutucudan gelen sıcak hava kullanılabilir. Bu koşullar altında sinter soğutucu gazlarında bulunan ısı sinterleme prosesinde geri kazanılır. Soğutucudan gelen sıcak havanın küçük bir kısmı da ateşleme davlumbazındaki ateşleme havasını önceden ısıtmak için kullanılabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Voestalpine Linz/Avusturya'da 2 – 5 kg kok/ton sinter düzeyinde bir azalma sağlanmıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

4. Kısmi atık gaz devridaimi ile bant soğutma ve atık ısı geri kazanımı

Japonya, Wakayama'daki Sumitomo Heavy Industries'in 4 numaralı sinter tesisinde, sinter soğutucu sinter bandına entegre edilmiştir (bant soğutma). Bu tesiste, ızgara üzerindeki hem sinterleme hem de soğutma bölgesinden çıkan atık gazlar, atık ısı kazanlarından geçirilir ve daha sonra banda yeniden verilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Geri kazanılan ısı, ısı girdisinin %30'u kadardır.

İşletim verileri

25 bar basınçta ve 375 °C sıcaklıkta yaklaşık 120 kg buhar/t sinter üretilir. Tesis, 10.000 ton/gün sinter üretimi için tasarlanmıştır ve 360 m² sinter alanına sahiptir [123, SHI 1987], ancak sistem maksimum üretimde veya buna yakın çalışan mevcut bir tesise uygulanırsa verimlilik olumsuz etkilenebilir.

5. Bölgesel ısıtma için sinter soğutucudan ısı geri kazanımı

ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa'daki 3 numaralı sinter tesisinde, sinter soğutucunun sıcak havası toplanır ve ısıyı, boru hatlarıyla bölgesel ısıtma için şehre iletilen sıcak suya (105 °C) dönüştüren bir ortağa satılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Yaklaşık 15 kW/t sinter düzeyinde enerji geri kazanılır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bölgesel ısıtma enerjisi üretimi için daha soğuk olan atık gazların kullanıldığı yerlerde fosil yakıtların değiştirilmesiyle CO₂ emisyonları önlenebilir.

Çapraz ortam etkileri

Bazı durumlarda, önceden kurulmuş kaba toz ayırıcılar sayesinde toz emisyonları azaltılır. Sinter soğutucu atık gazlarının bir atık gaz devridaim sisteminde kullanılması, sinter soğutucudan yayılan toz emisyonlarında bir azalma sağlar.

Uygulanabilirlik

Bacadan veya sinter soğutmadan atık ısı geri kazanımı hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Ancak, ısı geri kazanım sistemleri içeren yeni bir tesis için planlama aşamasından itibaren yatırımların daha düşük olduğu, bazı mevcut tesislerde ise, mevcut konfigürasyonun maliyetleri çok yüksek hale getirebileceği kabul edilmektedir. 1995 yılında, Japonya'daki sinter tesislerinin %64'ünün sinter soğutmadan ısı geri kazanımı sağladığı ve %43'ünün bacadan atık ısı geri kazanımı uyguladığı bildirilmiştir.

Ekonomik boyut

Yatırımlar sahaya özel olacaktır. Ancak atık ısı geri kazanımının uygulanması işletme maliyetlerini düşürür.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Sinter soğutmadan ısı geri kazanımı AB'de sıklıkla uygulanmaktadır (örneğin Corus, IJmuiden/Hollanda; Riva, Taranto/İtalya; Thyssen Krupp Stahl, Duisburg/Almanya).

Sinter soğutucunun sıcak havasından ısı geri kazanımı, 1991'den beri ArcelorMittal Dunkirk/Fransa'daki 3 numaralı sinter tesisinde uygulanmaktadır. Birleşik Krallık'taki Corus'ta bulunan üç sinter bandı, sinter soğutucu sıcak havasından ısıyı geri kazanır.

Voestalpine, Linz/Avusturya'daki 5 numaralı sinter tesisinde, sinter soğutucudan atık ısının geri kazanımı, Nisan 2005'ten beri EPOSINT prosesinin bir parçası olarak uygulanmaktadır.

Referans literatür

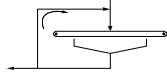
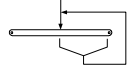
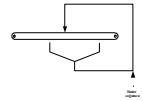
[1, Arimitsu 1995] [65, InfoMil 1997] [103, OECD 1988] [123, SHI 1987] [305, Eurofer 2007] [241, Polonya 2007]

3.3.5.2 Atık gazın kısmi geri dönüşümü

Atık gazın kısmi geri dönüşümünde, sinter atık gazının bazı kısımları sinterleme prosesine geri gönderilir. Banda geri gönderilen atık gaz kısmı, sıcak sinterden ve alev cephesinden geçer (bkz. Şekil 3.3). Kısmi atık gaz devridaimini

endüstriyel ölçekte uygulamak için çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Tablo 3.32'de yer alan aşağıdaki teknikler bu bölümde ele alınmaktadır:

Tablo 3.32: Bu bölümde yer alan kısmi atık gaz devridaim teknikleri

Bölüm	Teknolojinin ticari adı	Tesis örneği	Şematik diyagram (oklar gaz akışlarını gösterir)
3.3.5.2.1 Tüm banttan çıkan atık gazın kısmi geri dönüşümü	Emisyon optimizasyonlu sinterleme (EOS)	Corus IJmuiden/Hollanda	
3.3.5.2.2 Uç sinter bandından çıkan atık gazın ısı değişimiyle geri dönüşümü	Düşük emisyonlu ve enerji açısından optimize edilmiş sinterleme prosesi (LEEP)	HKM, Almanya	
3.3.5.2.3 Uç sinter bandının bir kısmından atık gazın geri dönüştürülmesi ve sinter soğutucudan çıkan atık gazın kullanılması	Çevresel proses optimizasyonlu sinterleme (EPOSINT)	Voestalpine, Linz/Avusturya	
3.3.5.2.4 Atık gaz kısımlarının sinter bandının diğer bölümlerine geri döndürülmesi		Japonya'daki NSC, Tobata sinter tesisi no. 2	
Kaynak: [307, Eurofer 2007].			

Uygulanabilirlikle ilgili genel hususlar

Bu tekniğin uygulanabilirliği sahaya özeldir. Sinter kalitesinin ve bant verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için birlikte uygulanacak önlemler (soğuk mekanik mukavemet), duruma göre değerlendirilmelidir. Yerel koşullara bağlı olarak, bunlar nispeten küçük ve uygulanması kolay önlemler olabilir veya tam tersine, daha temel nitelikte olabilir ve uygulanmaları maliyetli ve zor olabilir. Her halükarda, bu teknik uygulamaya koyulacağı zaman bandın çalışma koşulları gözden geçirilmelidir.

Bu tekniğin uygulanabilirliğinin belirlenmesi açısından önemli hususlar şunları içerir:

- Bandın ilk konfigürasyonu (örneğin ikili veya tekli emiş kasası kanalları, yeni ekipman için uygun alan ve gerektiğinde bandın uzatılması);
- Mevcut ekipmanların ilk tasarımı (örneğin fanlar, gaz temizleme ve sinter eleme ve soğutma cihazları);
- Başlangıçtaki çalışma koşulları (örneğin ham maddeler, katman yüksekliği, emme basıncı, karışımdaki sönmemiş kireç oranı, özgül debi, beslemede geri döndürülen tesis içi malzemelerin oranı);
- Verimlilik ve katı yakıt tüketimi açısından mevcut performans;
- Sinterin baziklik endeksi ve yüksek fırındaki yükün bileşimi (örneğin, yükteki sinter ve pelet oranları, bu bileşenlerin demir içeriği).

Bu tekniğin uygulamaya koyulması, bandın operasyonel esnekliğini azaltabilir. Aslında, ham karışım veya çalışma koşullarındaki önemli bir değişiklik, bant boyunca emisyonların profillerini büyük ölçüde değiştirebilir ve sonuç olarak gaz devridaimi için sağlanan dengeyi bozabilir. Bu teknik, sinter tesisinin kütle emisyon ayak izinin (kirlilik yükleri açısından) azaltılmasına katkıda bulunabilirken, devridaim edilen gazlarda ve

egzoz gazlarında belirli maddelerin konsantrasyonu (örneğin asidik bileşikler) artabilir. Asidik bileşiklerle ilgili olarak, aşırı korozyonu önlemek için sıcaklık, nem ve asit çiy noktalarının sıkı kontrolü şarttır.

Bahsedilen tüm hususlar üç şirketin deneyimlerine dayanmaktadır. Aşağıda açıklanan atık gaz devridaim uygulamasına ilişkin bu örneklerde, tesisler karşı önlemler olarak yukarıda belirtilen kısıtlamaların üstesinden gelmeyi başarmıştır.

3.3.5.2.1 Tüm banttın çıkan atık gazın kısmi geri dönüşümü

Açıklama

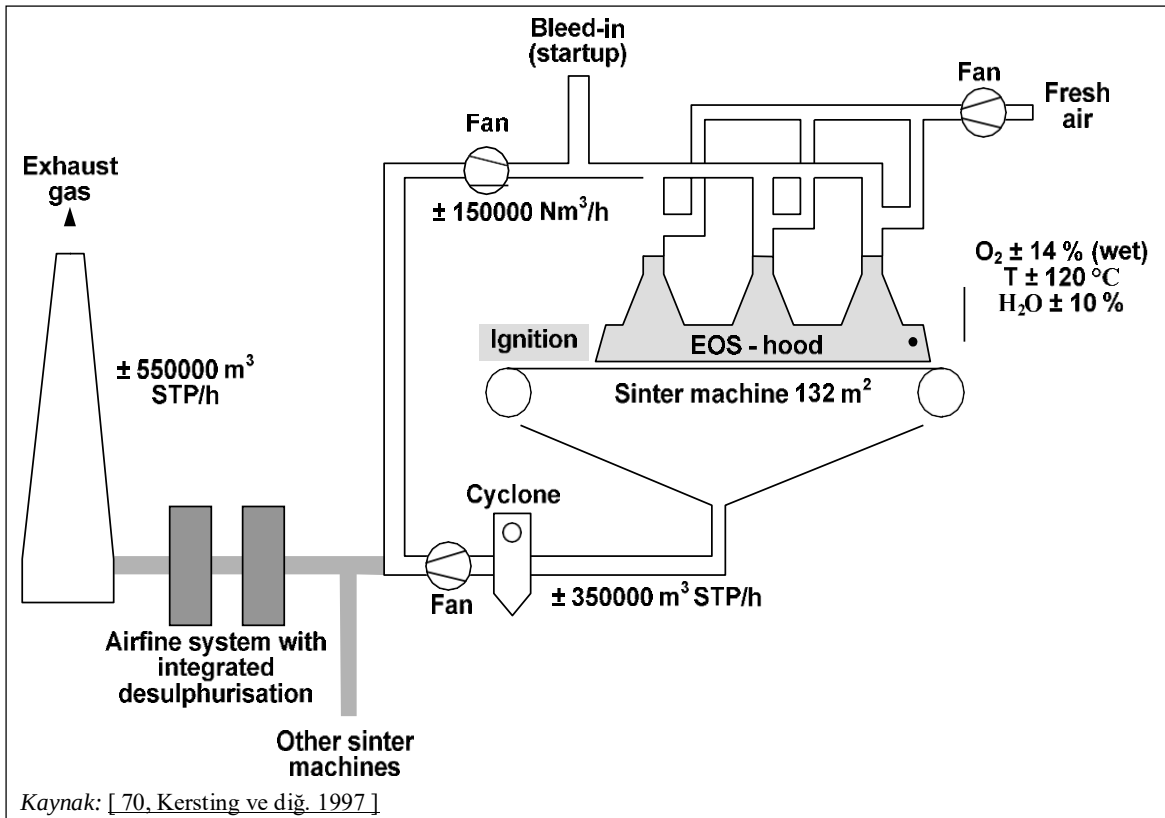
Bu tekniğin konsepti, tüm banttın çıkan karışık atık gazın bir kısmını bant yüzeyinin tamamına geri döndürmektir (bkz. Şekil 3.21). Sinterleme atık gazının geri dönüşüm oranı, %40-45 civarındadır ve bu, davlumbazdaki ıslak gaz/hava karışımında %14-15'lik bir oksijen konsantrasyonuna karşılık gelir ve atmosfere salınan atık gaz akışında %45-50'lik bir düşüşe neden olur.



Kaynak: [104, te Lindert ve diğ. 1997]

Şekil 3.21: EOS prosesine uygun kaplı sinter bandı

Atık gaz, ek bir fan aracılığıyla bant üzerindeki davlumbaza geri döndürülmeden önce bir siklonda tozdan arındırılır. Bu koşullar altında, bant verimliliği değişmez ve kok mıcırı tüketimi, Hollanda'da bulunan Corus IJmuiden'deki geleneksel uygulamaya kıyasla %10-15 oranında azaltılır. İndirgeme parçalanması olarak tanımlanan sinter kalitesi sabittir, sinterdeki FeO %1,5 artar, indirgenebilirlik artar, soğuk mukavemet bir miktar düşer ve ortalama çap yaklaşık 17 mm kalır. Yüksek fırında üretilen sinterin kullanımı herhangi bir olumsuz etki göstermez ancak Hollanda'da yer alan Corus IJmuiden'deki yüksek fırınlarda kullanılan pelet oranının yüksek olması nedeniyle bu sinterin, yükün yalnızca yaklaşık %50'sini oluşturduğu belirtilmelidir. Başka yerlerde, yüksek fırın yükünde kullanılan sinter seviyesi çok daha yüksek olabilir (%95'e kadar).



Şekil 3.22: Emisyon optimizasyonlu sinterleme (EOS) prosesinin şematik diyagramı

Elde edilen çevresel faydalar

Tüm banttan çıkan atık gazın kısmen geri dönüştürülmesi, öncelikle atık gaz akışını ve dolayısıyla kütsel toz ve PCDD/F emisyonlarını azaltmak için geliştirilmiştir. Bunun avantajı, atmosfere deşarj edilmeden önce atık gazı daha fazla arıtmak için kullanılan ek azaltma ekipmanlarının daha az miktarlarda gaz arıtmak zorunda kalması ve böylelikle sermaye ve işletme maliyetlerinden tasarruf edilmesidir. Bu sistemin Hollanda'daki tesise kurulumundan önce, kullanılan boru sonu azaltma tekniğı bir siklonda ve ek azaltma ekipmanlarının da gerekli olması kaçınılmazdı (bkz. Bölüm 3.3.2.4). Yüksek bazikliğe sahip sinter (d 1,7 CaO/SiO₂) için bu özel ticari tesisten elde edilen sonuçlar, bu tekniğın başarılı bir şekilde uygulanmasının mümkün olduğunu göstermektedir (bkz. Tablo 3.33). Düşük bazikliğe sahip sinter için de sonuçlar benzerdir.

Tablo 3.33: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki bir sinter bandında geleneksel sinterleme ve emisyon optimizasyonlu sinterlemenin özelliklerinin ve emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Bileşen	Birim	Geleneksel sinterleme		Emisyon optimizasyonlu sinterleme (EOS)	
		Temmuz 1994	Ekim 1994	Temmuz 1994	Ekim 1994
Toplam gaz akışı	Nm ³ /s	394000	372000	328000	328000
Devridaim akışı	Nm ³ /s	0	0	153000	120000
Salınan atık gaz akışı	Nm ³ /s	394000	372000	175000	208000
Sıcaklık	°C	164	114	155	149
Nem oranı	%	10	11	16	19
Asit çiy noktası	°C	46±5	VY	71±5	VY
Toz ⁽¹⁾	g/t sinter	500	VY	170	VY
O ₂	%	15	15	11,5	12,1
CO ₂	%	7,5	7	11,7	11,2
CO	%	1	1,2	1	1
SO ₂	g/t sinter	1430	890	840	680
NO _x	g/t sinter	630	570	300	410
C _x H _y	g/t sinter	200	145	95	83
PCDD/F	µg I-TEQ/t sinter	2	VY	0,6	VY

⁽¹⁾ 1994'te partikül emisyonları yalnızca siklonlar ile azaltılıyordu.
Not: — 132 m² emiş alanı ve 4700 t yüksek baziklikte sinter/gün düzeyinde üretim.
— VY = Veri yok.
Kaynak: [104, te Lindert ve diğ. 1997].

Corus IJmuiden'de bu tekniğin uygulanmasından kaynaklanan emisyon azaltımları (kütlesel) Tablo 3.34'te verilmiştir.

Tablo 3.34: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'ta emisyon optimizasyonlu sinterlemenin (EOS) bildirilen emisyon azaltımı (kütlesel)

Parametre	Emisyon azaltımı ⁽¹⁾ (% ağırlık)	
	Düşük baziklikte sinter	Yüksek baziklikte sinter
Atık gaz akışı	40	40 – 50
Toz	50	60
Karbonmonoksit (CO)	45	50
SO ₂	MD	15 – 20
NO _x	35	30 – 45
Hidrokarbonlar (C _x H _y)	MD	50
PCDD/F	70	65

⁽¹⁾ Emisyon azaltımı, bileşenin kütlesel akışındaki azalma olarak ifade edilmiştir.
Bu, konsantrasyonda bir azalma olduğu anlamına gelmez.
Not: MD = Mevcut değil.
Kaynak: [104, te Lindert ve diğ. 1997].

Bu teknik, kok mıcırı tüketiminin 60 kg/t sinter düzeyinden 48 kg/t sinter düzeyine düşürülmesine olanak tanır. Yukarıda açıklanan Hollanda tesisinde termal enerjiden sağlanan bu önemli tasarruf, diğer tesislere aktarılabilir değildir çünkü proses optimizasyon önlemlerinin uygulanmasının bir sonucu olarak bu tesisler halihazırda katı yakıtlardan elde edilen düşük termal enerji girdileriyle çalışıyor olabilir. Avrupa Yüksek Fırın Komitesinin sinter tesisleri için işletme verileri anketinden (1996) elde edilen veriler, Avrupa'daki birçok tesisin halihazırda önemli ölçüde daha düşük seviyelerde çalıştığını açıkça göstermektedir.

EOS'un uygulanması için ekstra emiş fanlarının kurulması gerekir. Bu, 200 - 400 kW düzeyinde ek kurulu elektrik kapasitesi ve enerji tüketiminde 3 – 8 MJ/t sinter düzeyinde bir artışa tekabül eder. Bu değer, toplam potansiyel tasarrufla karşılaştırıldığında düşüktür.

Çapraz ortam etkileri

Bu teknik hem havaya salınan emisyonları hem de sinterleme prosesinin enerji tüketimini azaltır. Ek emiş fanları elektrik tüketimini artırır, ancak bu artış kok mıcırından tasarrufla karşılaştırıldığında ihmal edilebilir düzeydedir. Çalışanların karbonmonoksit zehirlenmesini önlemek için devridaim atık gazındaki karbonmonoksit (CO) özel dikkat gösterilmelidir.

İşletim verileri

Bu teknik AB'de ilk olarak Mayıs 1994'te Corus, IJmuiden/ Hollanda'daki sinter tesisinin 31 numaralı sinter bandında uygulamaya koyulmuştur. Şu anda EOS, tesisteki üç sinter bandında da kullanılmaktadır. Bugüne kadar, sistemin kullanılabilirliği >%95 olmuştur. Arıza durumunda, sistem otomatik olarak geleneksel sinterlemeye geçer.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak planlama aşamasından itibaren sistemi içeren yeni tesislerde yatırım maliyetlerinin, tesis tasarımı nedeniyle önemli ölçüde daha yüksek maliyetlere sahip olabilecek bazı mevcut tesislere göre daha düşük olduğu kabul edilmektedir. Mevcut tesislerde, alan kısıtlamaları nedeniyle atık gazın kısmi geri dönüşümü mümkün olmayabilir. Atık gaz devridaiminin uygulanması, sinter kalitesinin ve verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için özel çaba gerektirir (bkz. Bölüm 3.3.5.2).

Ekonomik boyut

Üç sinter bandında yaklaşık 1,2 milyon Nm³/saat toplam geleneksel atık gaz akışına sahip Corus, IJmuiden/Hollanda'daki sinter tesisinde bu tekniği uygulamak için gereken yatırım 17 milyon EUR idi. Kok mıcırı girdisinin azalması nedeniyle geleneksel sinterlemeye kıyasla işletme maliyetleri azalmıştır. İşletme maliyetlerinden tasarrufların yılda 2,5 milyon EUR olduğu tahmin edilmektedir. Bu rakam, 100 EUR/ton kok mıcırı fiyatıyla ve 4,2 Mt/yıl sinter üretimiyle 6 kg/t sinter azaltılmış kok mıcırı tüketimine dayanmaktadır. Bu rakamlar istisnai olabilir ve başta Corus, IJmuiden/Hollanda (bkz. yukarı) için belirtilenlerden önemli ölçüde daha düşük katı yakıt girdileriyle çalışan tesisler olmak üzere AB'deki diğer birçok sinter tesisinde bu rakamların elde edilmesi mümkün olmayabilir. AB'deki diğer sinter tesislerinde kullanılan kok mıcırının tahmini ortalama fiyatının yaklaşık %40 daha ucuz olduğu ve bunun, olası kok mıcırı tasarruflarını ekonomik açıdan daha az cazip hale getirdiği de vurgulanmalıdır. Ancak, atık gaz devridaim uygulamasının ardından sinter bandından yayılan daha az miktarda atık gaz, boru sonu azaltma maliyetinin azaltılacağı anlamına gelir.

Tüm örnekler için para birimleri 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulama için en önemli gerekçeler, yetkili kurumlar tarafından uygulanan katı gereklilikler ve emisyon standartları olmuştur.

Örnek tesisler

Corus, IJmuiden/Hollanda. Bu tesisteki tüm sinter üretimi, bu belgenin yazıldığı tarihte (2010) bu teknikle gerçekleştiriliyordu. AB dışındaki diğer örnekler de (ABD gibi) bu tekniği uygulamaktadır.

Referans literatür

[49, Goverde ve diğ. 1995] [104, te Lindert ve diğ. 1997] [252, Fransa 2007] [254, Eurofer 2007] [307, Eurofer 2007]

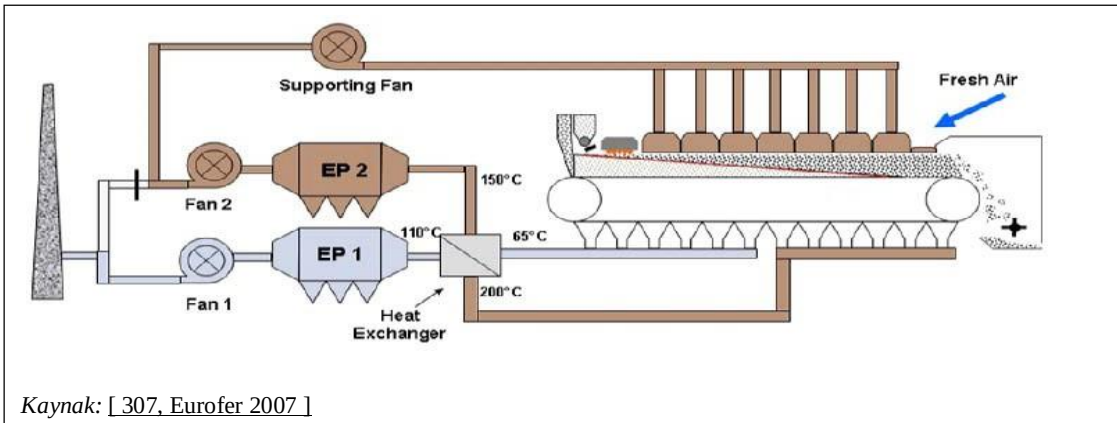
3.3.5.2.2 Uç sinter bandından çıkan atık gazın ısı değişimiyle geri dönüşümü

Açıklama

Sinterleme prosesinin doğası gereği, çeşitli atık gaz bileşenlerinin konsantrasyonları sinter bandının uzunluğu boyunca homojen bir dağılım göstermez (bkz. Şekil 3.5, Şekil 3.7 ve Şekil 3.12). Prosesin ilk yarısında esas olarak cevher karışımından su içeriği çıkarılır. İkinci yarısında, daha yüksek konsantrasyonlarda kükürt oksitler, klor bileşikler ve PCDD/F bulunur. Karbonmonoksit ve karbondioksitin yanı sıra azot oksitlerin miktarları, sinter bandının iki yarısı arasında eşit olarak dağıtılır. Su, sinter bandının yarısında uzaklaştırıldıktan sonra, atık gazın sıcaklığı, bandın ikinci yarısında artarak sıcak bölge yanma noktası alanında maksimum seviyesine ulaşır.

Atık gazın geri dönüştürülmesine yönelik diğer tekniklerin aksine, bu teknikte bandın ikinci yarısındaki tüm atık gazlar toplanır. Bu gazlar, sinter bandının tüm uzunluğu boyunca sisteme yeniden verilir. Geri döndürülen gazda kalan oksijen, yakıtı yakmak için gereken oksijenin çoğunu sağlar. Atık gaz geri döndürüldüğünde, toz içeriği sinterleme yatağında filtrelenir, PCDD/F kısmen yok edilir ve kükürt oksitler ve klor bileşikler adsorbe edilir. Alev cephesinde devridaim gazındaki karbonmonoksitin oksidasyonu sisteme ısı sağlar ve bu ısı, katı yakıt ilavesinden elde edilecek ısıнын bir kısmının yerini alarak katı yakıt oranının düşmesini sağlar.

Sinter bandının ikinci bölümünden gelen atık gazın devridaimi nedeniyle, yalnızca ilk bölümden gelen ve daha düşük konsantrasyonlara sahip olan atık gaz bacadan çıkarak prosesi terk eder. Bu, atık gaz miktarını ve emisyonları önemli ölçüde azaltır. Emisyon konsantrasyonlarını belirleyici faktörler, sinter yatağındaki tozun asimilasyon verimliliği, klorürler ve kükürt oksitler gibi türlerin adsorpsiyonu ve devridaim edilen gaz alev cephesinden geçerken bazı türlerin (örneğin CO, PCDD/F) oksidasyonudur.



Şekil 3.23: Hüttenwerke Krupp Mannesmann tarafından geliştirilen düşük emisyonlu ve enerji optimizasyonlu sinterleme prosesi (LEEP)

İki gaz akışı ESF'lerden birine girmeden önce, bir gaz/gaz ısı eşanjöründen geçerler. Gaz akışının sıcaklıklarının dengelenmesi (ısı eşanjöründen önce: 200/65 °C, ısı eşanjöründen sonra: 150/110 °C), mevcut egzoz fanlarının geleneksel sinterleme prosesinde olduğu gibi aynı çalışma noktalarında çalışmasına olanak tanır. Ayrıca, bandın birinci bölümünün daha soğuk gazının çiy noktasına ulaştığı alan, ısı eşanjöründen önceki gaz boruları ile sınırlıdır. Tüm ek gaz borularındaki sıcaklık seviyeleri asit çiy noktasını aşar. Yaklaşık 150 °C sıcaklıkta dolaşan sıcak gazların soğutulması da sinterin kalite özelliklerinin korunmasını sağlar.

Atık gazlar ESF'lerden ve egzoz fanlarından geçtikten sonra, devridaim yapan proses gazı, hız kontrollü ek bir destek fanı aracılığıyla sinter bandına geri üflenir. Bandın birinci bölümünden çıkan egzoz gazı, bacadan atmosfere salınır.

Elde edilen çevresel faydalar

LEEP tekniği ile, geleneksel bir sinterleme prosesine kıyasla Tablo 3.35'te gösterilen özgül kütle emisyonlarının azaltılması sağlanabilir.

Tablo 3.35: Geleneksel bir sinterleme prosesine kıyasla LEEP ile elde edilen bazı çevresel faydalar

Parametre	Azaltma
Ton sinter başına özgül atık gaz hacmi	Bacada yaklaşık %50
Sinter bandından kaynaklanan toz emisyonları	%50 – 55
SO ₂ emisyonları	%27 – 35
NO _x emisyonları	%25 – 50
CO emisyonları	%50 – 55
HF emisyonları	%50
HCl emisyonları	%50
PCDD/F emisyonları	Yaklaşık %75 – 85
Katı yakıt	Yaklaşık 5 – 7 kg/t sinter, CO ve CO ₂ azaltımı sağlar
Not: Tasarruf edilen kok mıcırının içerdiği enerji, geri dönüştürülen gazın enerji içeriğine eş değerdir. Destekleyici fanı çalıştırmak için 10 MJ/t sinter elektrik enerjisi gereklidir, bu da enerji gereksiniminde toplam 213 MJ/t sinter veya %12,5 azalma sağlar. Kaynak: [307, Eurofer 2007] [374, Eisen, H.-P. ve diğ. 2004].	

Çapraz ortam etkileri

Ek fandan dolayı elektrik enerjisi kullanımında bir miktar artış olur. Çalışanların karbonmonoksit zehirlenmesini önlemek için devridaim atık gazındaki karbonmonoksit özel dikkat gösterilmelidir.

İşletim verileri

Bu teknik ilk birkaç kez kullanıldığında verimlilikte azalma gözlemlenmiştir. Bu belgenin yazıldığı tarihte (2010), geleneksel sinterleme ile karşılaştırıldığında aynı verimlilik düzeyine ulaşılmıştır. Gelecekte, ateşleme fırınındaki değişiklikler, O₂ ilavesi, sinter bazıklığındaki artış ve yanlış hava (sisteme giren istenmeyen hava) miktarının azaltılması ile daha yüksek verimlilik beklenmektedir. Geleneksel olarak üretilen sinter ile karşılaştırıldığında, LEEP ile sinter kalitesi, aynı seviyede tane boyutu ve mukavemeti ve indirgenebilirlik ve düşük sıcaklıkta parçalanma bakımından daha iyi bir performans gösterir.

Hüttenwerke Krupp Mannesmann'ın sinter tesisi 420 m² emiş alanına sahiptir. Bantta, banda paralel olarak uzanan iki atık gaz hattı mevcuttur. İki egzoz bölgesini ayırmak amacıyla, bir atık gaz hattını sinter bandının arka alanından tamamen ayırmak için bir bölme yerleştirilerek bu hattın, bandın sadece ilk yarısındaki havayı emmesi sağlanmıştır. Kepenkler, ön bant bölümünün emiş kasalarını ikinci egzoz hattından ayırarak bu hattın yalnızca bandın arka bölümünden gelen egzozu toplamasını sağlar. Çalışma koşulları değişebileceğinden, sinter bandının orta bölümündeki dört emiş kasası (toplamda 29 kasa vardır) isteğe bağlı olarak devridaim veya egzoz gazı devresine entegre edilebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut sinter tesislerinde uygulanabilir. Mevcut tesislerde, alan kısıtlamaları nedeniyle atık gazın kısmi geri dönüşümü mümkün olmayabilir. Mevcut sinter tesisinin iki ayrı atık gaz hattı varsa, Hüttenwerke Krupp Mannesmann'ın gösterdiği gibi, orijinal ana üfleyicilerin ve ESF'lerin muhafaza edilebilmesi bakımından bir avantaj

vardır. Atık gaz devridaiminin uygulanması, sinter kalitesinin ve verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için özel çaba gerektirir (bkz. Bölüm 3.3.5.2).

Ekonomik boyut

14 milyon EUR'lık bir yatırımla, katı yakıt tüketimi 5 – 7 kg katı yakıt/t sinter (yakıt talebinin %12,5'i) oranında azaltılır ve buna bağlı olarak işletme maliyetlerinden tasarruf sağlanır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Bu teknik, Almanya'da Duisburg-Huckingen'de bulunan Hüttenwerke Krupp Mannesmann'da Aralık 2001'den beri kullanılmaktadır.

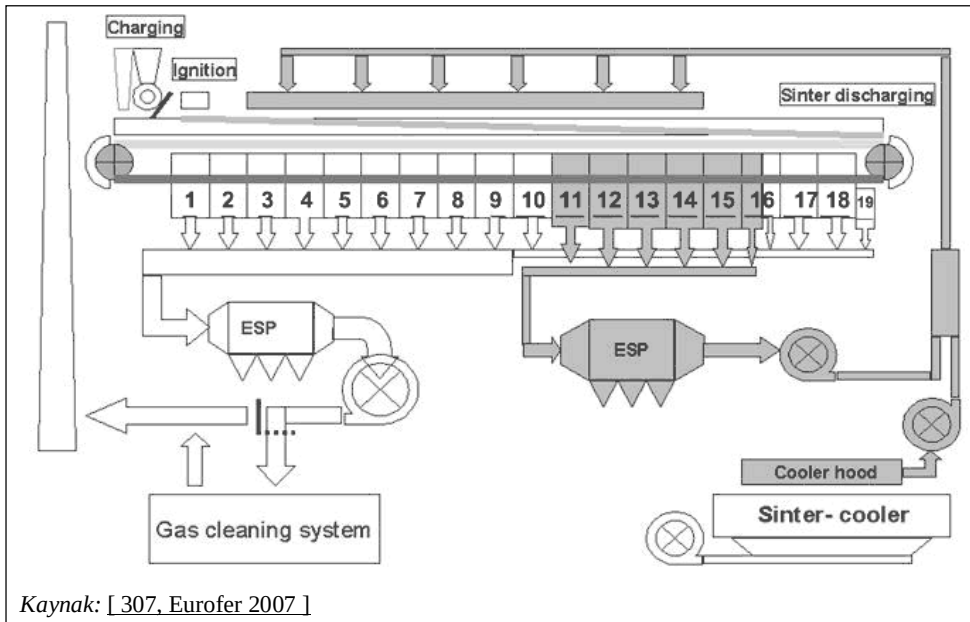
Referans literatür

[277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig ve diğ. 2006] [307, Eurofer 2007]

3.3.5.2.3 Uç sinter bandının bir kısmından atık gazın geri dönüştürülmesi ve sinter soğutucudan çıkan atık gazın kullanılması

Açıklama

EPOSINT prosesinde (çevresel olarak optimize edilmiş sinterleme) seçici atık gaz devridaimi, partikül ve diğer türlerin sinter yatağından salımının, atık gaz sıcaklığının hızlı bir şekilde arttığı sinter bandının boşaltma ucunda yer alan emiş kasalarında daha fazla yoğunlaşma eğiliminde olmasından yararlanır (örneğin bkz. Şekil 3.7). Bu emiş kasaları, yanma noktasının yatağın dibinde veya yakın bir yerde olduğu durumlarda atık gaz geri dönüşümü için seçilir. Asit çiy noktasının altındaki sıcaklıklarda ortaya çıkan gazlarda korozyon problemlerini önlemek için, geri dönüştürülen gazın sıcaklığının atık gaz bacasına giden gazla aynı olması gerektiği belirlenmiştir. Avusturya'da Linz'deki Voestalpine Stahl sinter tesisinde, yeni genişletilen banttaki emiş kasaları no. 11 ile 16 arasındaki kasaların atık gaz geri dönüşümü için en uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu, Şekil 3.24'te şematik olarak gösterilmiştir. Sinterleme için emme basıncının korunabilmesini sağlamak amacıyla mevcut proses fanına paralel olarak ikinci bir emiş fanı kurulmuştur. Bu fan, seçilen emiş kasalarından atık gazları almak ve bir ESF aracılığıyla devridaim gazı davlumbazına geri döndürmek için tasarlanmıştır.



Kaynak: [307, Eurofer 2007]

Şekil 3.24: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine'in 5 No'lu sinter bandında uygulanan EPOSINT gaz geri dönüşüm tekniğinin şematik diyagramı

Sıcaklığın arttığı alan, sinter karışımına ve diğer operasyonel hususlara bağlı olarak bant uzunluğu boyunca değişiklik gösterebilir. Bu prosesin bir özelliği, atık gazları 11 ila 16 aralığındaki emiş kasalarından bağımsız olarak bacaya veya devridaim davlumbazına yönlendirebilme imkanındır. Bu özellik prosese yüksek derecede esneklik sağlar.

Devridaim edilen gazlardaki oksijen eksikliği sorununun üstesinden gelmek için sinter soğutucudan çıkan sıcak egzoz gazları başka bir fan, bir gaz karıştırma odası ve devridaim davlumbazı aracılığıyla sisteme geri döndürülür. Bu sadece sinter kalitesinin korunmasını sağlamaya yardımcı olmak için devridaim davlumbazındaki oksijen seviyesini artırma etkisine sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda gaz sıcaklığını artırarak ve soğutucudan kaynaklanan yaygın partikül emisyonlarını azaltarak kok oranını düşürme potansiyelini de artırır.

Davlumbaz yapısı, bandın tüm genişliğini kaplar ve devridaim edilen gaz ve toz parçacıklarının istenmeden salınmasını önleyen temassız ve dar aralıklı bir labirent contayla palet yan duvarlarına monte edilir. Palet yapısının tamamı kapalı olmadığından palet tekerlekleri vb. temiz bir atmosferde çalışarak yataklara toz girmesinden kaynaklanabilecek aşınmayı/arızaları önler. Sızdırmazlık, CO içeren devridaim gazının kaçmasına karşı güvenlik sağlar ve tesis veya alet arızalarından kaynaklanan kaçakları önlemek için özel önlemler alınır. Davlumbaz yapısı, bandın tüm uzunluğu boyunca uzanmaz (bkz. Şekil 3.24) ve son birkaç emiş kasasında soğuk havanın sinter yatağı içinden çekilmesine olanak tanır. Bu, sinterin soğutucudan önce bant üzerinde yeterince soğutulmasını sağlamaya yardımcı olur ve bakım amacıyla gerektiğinde paletlerin çıkarılmasını kolaylaştırır.

EPOSINT uygulamasının bazı özellikleri şunlardır:

- Atık gazın bir kısmının devridaimi, tüm ilgili emisyonların ortalama değerlerden daha yüksek olduğu yükselen sıcaklık alanında seçicidir.
- Devridaim, kok mıcırı tüketiminde ve atık gaz hacminde azalmaya yol açar.
- Gaz geri dönüşüm davlumbazı sinter bandı genişliğini kaplar.
- Gaz geri dönüşüm davlumbazı tüm emiş alanını kaplamaz.
- Devridaim edilen atık gazdaki düşük O₂ konsantrasyonu nedeniyle, yanlış havayı en aza indirmek için davlumbazın yüksek verimli sızdırmazlık sistemi ile birlikte, sinter soğutucudan gelen ek hava kullanılır. Sinter üretimi ve sinter kalitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etki olmamasını sağlamak için devridaim gazındaki (yani proses yanma havasındaki) minimum O₂ konsantrasyonu %13'tür.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu tekniğin çevresel avantajları arasında, enerji tüketiminde azalma, çıkış gazı hacminde %40'a varan azalma ve kok tüketiminde azalma yer alır. Sinter atık gazının devridaimi (Bölüm 3.3.5.2.1 ve 3.3.5.2.4'te açıklanan tekniklerde de kullanılır), sinter yatağında bozunmalarından dolayı NO_x ve PCDD/F emisyonlarını azaltır. SO_x ayrıca sinter tabakası tarafından soğurulur veya filtrelendir ve CO yakıt olarak kullanılır. Bu gaz devridaim tekniği ile sadece atık gaz hacminde önemli bir azalma sağlanmaz, aynı zamanda partikül ve gaz emisyonlarında ve sinter soğutucunun yaygın toz emisyonlarında da azalma sağlanır. Tablo 3.36, seçici atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasının faydasını belirli parametreler için oransal olarak göstermektedir.

Tablo 3.36: Bölümlü atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasının temel çevresel faydaları

Parametre	Azaltma
Ton sinter başına atık gaz hacmi	Bacada yaklaşık %25 – 28 azalma
Toz emisyonları ⁽¹⁾	% 30 – 35 azalma
Sinter soğutucudan kaynaklanan toz emisyonları	%85 – 90
Partikül ağır metaller	Yaklaşık %30 – 35 ⁽⁵⁾
SO ₂ emisyonları	Yaklaşık %25 – 30
NO _x emisyonları ⁽²⁾	Yaklaşık %25 – 30
PCDD/F emisyonları ⁽³⁾	Yaklaşık %30 oranında azaltılabilir
CO emisyonları	Yaklaşık %30 oranında azaltılabilir
Kok mıcırı tüketimi ⁽⁴⁾	Ton sinter başına yaklaşık 2 – 5 kg
(1) Çok yüksek toz konsantrasyonuna sahip bir gaz akışının devridaimi ve bu gaz akışının bir ESF ile temizlenmesi nedeniyle toz emisyonları azaltımı gaz hacmi azalmasından daha yüksektir. (2) Devridaim edilen gaz akışı nispeten yüksek bir NO_x konsantrasyonuna sahipken, sinter bandının ucundaki yüksek O₂ ve düşük NO_x konsantrasyonuna sahip gaz bacaya iletilir. (3) Sinter bandının son çeyreğinde bulunan atık gazdaki (bacaya giden gaz akışının bir kısmı) konsantrasyon düşüktür. (4) Verimlilik ve kalite değerlerinde bozulma olmadan. (5) Toz emisyonu azaltımına karşılık gelen. Kaynak: [307, Eurofer 2007].	

Tablo 3.37’de, Avusturya’daki bir tesis için bölümlü atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasından önceki ve sonraki emisyon konsantrasyonları ve emisyon faktörlerine ilişkin bazı işletim verileri yer almaktadır.

Tablo 3.37: Sinter tesisinin bölümlü atık gaz devridaim tekniğinin uygulanmasından önceki ve sonraki işletim verileri (2007, atık gazın azaltılması için Airfine uygulaması)

Parametre	Birimler	Sistem genişletmeden önce	Genişletmeden sonra (seçici atık gaz geri dönüşüm sistemi dahil)
Sinter üretimi	t/gün	6350	8300 (8500 maks.)
Yakıt oranı	kg/t sinter	45	41
Ateşleme gazı	MJ/t sinter	50	40
Toplam elektrik tüketimi (atık gaz arıtma dahil)	kWh/t sinter	40	40
Atık gaz arıtımından sonraki emisyonlar			
Toz emisyonları	mg/m ³	46	38
	g/t sinter	104	66
SO ₂ emisyonları	mg/m ³	420	390
	g/t sinter	952	677
NO _x	mg/m ³	240	240
	g/t sinter	544	416
HF	mg/m ³	1	0,6
	g/t sinter	2,3	1
Kaynak: [277, Wiesenberger 2007].			

Çapraz ortam etkileri

Ek fandan kaynaklanan ek elektrik enerjisi, daha yüksek üretim ve katı yakıt gereksiniminde 2 – 5 kg kok/t sinter düzeyinde azalma yoluyla telafi edilir. Çalışanların karbonmonoksit zehirlenmesini önlemek için devridaim atık gazındaki karbonmonoksit (CO) özel dikkat gösterilmelidir.

İşletim verileri

Avusturya'da Linz'deki Voestalpine Stahl'ın 5 numaralı sinter bandı Nisan 2005'ten beri bu teknikle faaliyet göstermektedir. Sinter için kalite parametreleri, bu tekniğin kurulumundan sonra değişmemiştir. Kok mıcırı tüketimindeki azalma 2 – 5 kg/t sinter olarak bildirilmiştir (45 kg/t sinter ila 40 kg/t sinter). Özellikle prosesle ilgili olarak bildirilen herhangi bir sorun olmamıştır. Bu tekniğin operasyonel avantajları arasında, her bir Nm³ çıkış gazı başına daha fazla sinter üretimi, istikrarlı sinter kalitesi ve sinter çıkış gazı miktarında herhangi bir artış olmaksızın mevcut sinter tesislerinin kapasitesinin yaklaşık %40 artırılabilmesidir (örneğin sinter makinesini uzatarak).

Uygulanabilirlik

Bu teknikle atık gaz devridaimi, yeni ve mevcut sinter tesislerinde uygulanabilir. Mevcut tesislerde, alan kısıtlamaları nedeniyle atık gazın kısmi geri dönüşümü mümkün olmayabilir. Linz tesisinde, mevcut atık gaz sistemini (yani toplama hattı, gaz temizleme sistemi, ana fan ve baca) aynen koruyarak sistemi tasarlamak mümkün olmuştur. Atık gaz devridaiminin uygulanması, sinter kalitesinin ve verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için özel çaba gerektirir (bkz. Bölüm 3.3.5.2).

Ekonomik boyut

250 m² emiş alanı için yatırım maliyeti yaklaşık 15 milyon EUR'dır. Bahsedilen tesiste sistem özellikle ekonomiktir çünkü mevcut atık gaz sisteminde herhangi bir değişiklik yapılması gerekmemiştir. İşletme maliyetlerindeki azalma, yakıt tüketiminde yaklaşık 2 – 5 kg kok/t sinter düzeyinde azalmadan ve özellikle ince ıslak yıkayıcılar veya adsorbe edici maddelerin eklenmesiyle torba filtreler gibi pahalı gaz temizleme sistemleri kullanıldığında daha az gaz miktarı nedeniyle atık gaz temizleme maliyetlerinin en aza indirilmesinden kaynaklanır.

Bu tekniğin uygulanması, modern atık gaz temizleme tesisleri için yatırım ve işletme maliyetlerini düşürür.

2007'de ArcelorMittal, Ghent/Belçika'daki sinter tesisleri için seçici bir gaz devridaim sisteminin maliyetinin sinter tesisi 1 (175 m²) için 14 milyon EUR ve sinter tesisi 2 (498 m²) için 27,3 milyon EUR olduğu tahmin edilmiştir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Bu teknik, Mayıs 2005'ten beri Linz/Avusturya'daki Voestalpine'de 5 numaralı sinter bant üzerinde kullanılmaktadır ve 56 m'den 74 m'ye yükseltilmiştir.

Referans literatür

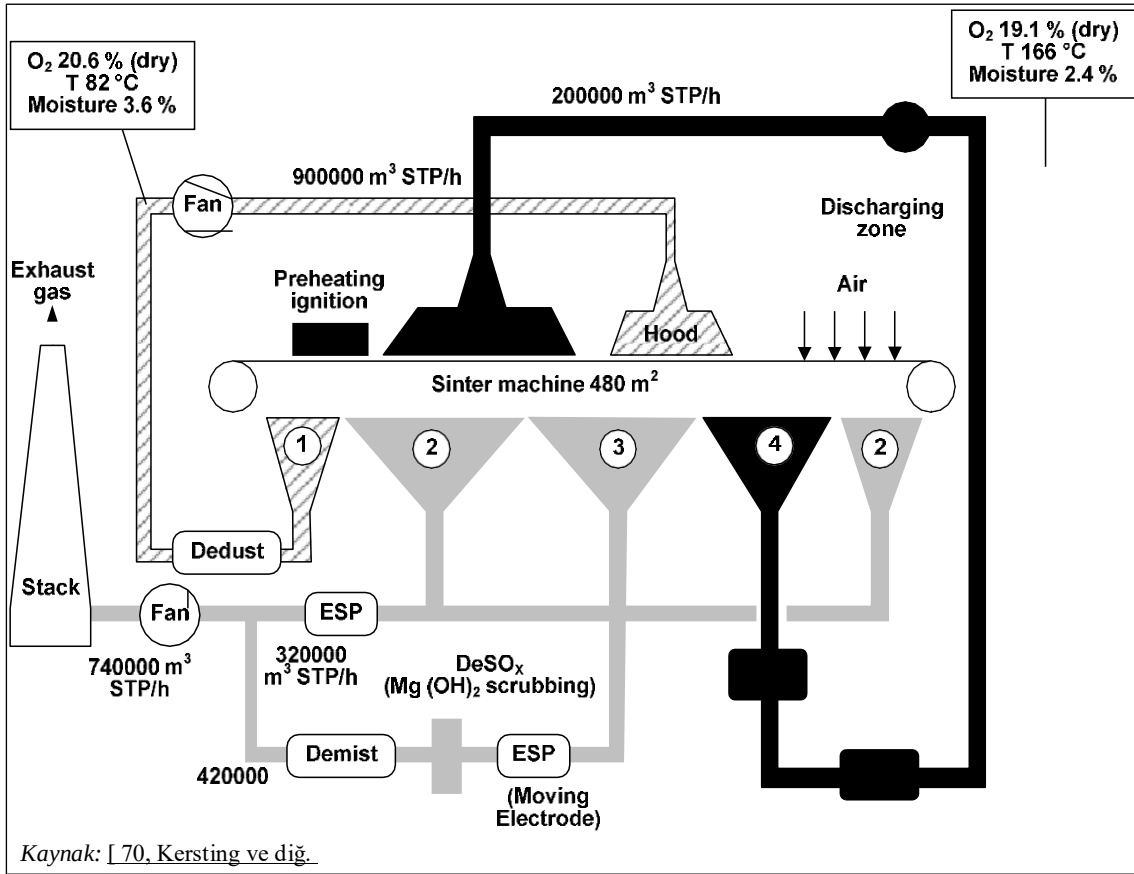
[217, Siemens-vai 2006] [277, Wiesenberger 2007] [295, Hartig ve diğ. 2006] [307, Eurofer 2007]

3.3.5.2.4

Atık gaz kısımlarının sinter bandının diğer bölümlerine geri döndürülmesi

Açıklama

Seçici geri dönüşüm tekniği kavramı, sinterleme atık gazının bant altında yerel olarak emilmesine ve sinter yatağı üzerinde yerel olarak geri döndürülmesine dayanır. Bu seçici emiş ve geri döndürme, bununla emisyon optimizasyonlu sinterleme (EOS) prosesi arasındaki temel farktır. Şekil 3.25'te, Japonya'daki bir sinter tesisinde uygulanan bu tür bir bölümlü atık gaz devridaiminin şematik bir diyagramı yer almaktadır.



Şekil 3.25: Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Works'teki 3 No'lu sinter tesisinde seçici atık gaz devridaiminin şematik diyagramı

Bu örnekte 480 m² sinterleme yüzeyi dört farklı bölgeye ayrılmıştır (bkz. Şekil 3.5 ve Şekil 3.7 ve Tablo 3.38):

- Bölge 1: Ham karışımın ön ısıtma bölümünde yer alan ve bandın ortasında geri döndürülen gaz (yüksek O₂, düşük H₂O, düşük sıcaklık)
- Bölge 2: Tozsuzlaştırmadan sonra bacadan tahliye edilen düşük SO₂ içerikli gaz (düşük O₂, yüksek H₂O, düşük sıcaklık)
- Bölge 3: Tozsuzlaştırmadan ve kükürt gidermeden sonra bacadan tahliye edilen SO₂ açısından zengin gaz (bu örnekte bir magnezyum hidroksit çözeltisiyle yıkama) (düşük O₂, yüksek H₂O, düşük sıcaklık)
- Bölge 4: Alev cephesi etrafındaki sıcak bölüme karşılık gelen, tutuşma bölgesinden hemen sonra bandın ilk yarısında geri döndürülen SO₂ açısından zengin gaz (yüksek O₂, düşük H₂O, çok yüksek sıcaklık).

Bu prosedürde, geri dönüştürülen atık gazın O₂ konsantrasyonu yüksek (%19) ve nem oranı düşük (%3,6) kalır. Sinter kalitesi üzerinde olumsuz bir etki olmaksızın %25'lik bir geri dönüşüm oranı elde edilir (RDI uygulamada sabit kalır ve SI (parçalanma indeksi) %0,5 artar). %6 katı yakıt tasarrufu da bildirilmiştir.

Geleneksel sinterlemeye kıyasla bu sistemin iki avantajı vardır:

1. Atık gazdaki kullanılmayan oksijen devridaim ile etkin bir şekilde kullanılabilir.
2. Farklı bölümlerden gelen atık gaz, gazın bileşimine bağlı olarak ayrı ayrı artırılabilir. Bu yüzden, atık gaz arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetleri geleneksel sinterlemeye ve hatta EOS sistemine kıyasla önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Tablo 3.38'de Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Works'teki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaimi kullanımıyla atık gaz akışlarının özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 3.38: Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Works'teki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaimi kullanımıyla atık gaz akışlarının özellikleri

Atık gaz akışı bölümü	Atık gaz bileşimi					Atık gaz arıtma
	Akış (Nm ³ /s)	Sıcaklık (°C)	O ₂ (hac-%)	H ₂ O (hac-%)	SO ₂ (mg/Nm ³)	
Emiş kasaları 1 – 3	62 000	82	20,6	3,6	0	Sinter bandma geri döndürülür
Emiş kasaları 4 – 13 + 32	290 000	99	11,4	13,2	21	ESF'den sonra bacaya yönlendirilir
Emiş kasaları 14 – 25	382000	125	14,0	13,0	1 000	ESF ve kükürt gidermeden sonra bacaya yönlendirilir
Emiş kasaları 26 – 31	142 000	166	19,1	2,4	900	Sinter bandma geri döndürülür
Baca	672000	95	12,9	13,0	15	Havaya salınan emisyonlar

Kaynak: [119, Sakuragi ve diğ. 1995].

Elde edilen çevresel faydalar

Kirliliğin azaltılması açısından şu iyileştirmeler sağlanmıştır: Atmosfere salınan atık gazda (yaklaşık %28), toz emisyonlarında (yaklaşık %56; bu rakam, hareketli elektrotlarla donatılmış olan ESF'nin yenilenmesinin etkisini de içerir) ve SO₂ deşarjında (Bölge 3'ten kaynaklanan gazın boru sonu kükürt gidermesi dahil yaklaşık %63) önemli bir azalma. NO_x emisyonlarında da hafif bir düşüş (yaklaşık %3) bildirilmiştir. Tablo 3.39'da, bölgesel atık gaz devridaiminin uygulanmasından önceki ve sonraki emisyonlar karşılaştırılmaktadır.

Tablo 3.39'da Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Works'teki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaiminin uygulanmasından önce ve sonra nihai atık gaz bileşiminin karşılaştırması yer almaktadır.

Tablo 3.39: Japonya'nın Tobata şehrinde bulunan Nippon Steel Corporation, Yawata Works'teki 3 No'lu sinter tesisinde bölümlü atık gaz devridaiminin uygulanmasından önce ve sonra nihai atık gaz bileşiminin karşılaştırılması

Özellik/ bileşen	Birim	Geleneksel sinterleme (kükürt giderme tesisi ile)	Kısmi atık gaz devridaimi ile sinterleme	İyileştirme
Atık gaz akışı	Nm ³ /s	925000	665000	%28
Toz ⁽¹⁾	mg/Nm ³	50	30 ⁽²⁾	kütlece %56
SO _x ⁽³⁾	mg/Nm ³	26	14	kütlece %63
NO _x	mg/Nm ³	408	559	kütlece %3
Net enerji tüketimi	GJ/t sinter	1,662	1,570	%6 ⁽⁴⁾

(1) Elektrostatik filtre ile arıtılan atık gaz.
(2) Kısmen ESF'nin onarılmasıyla elde edilen toz emisyonlarında azalma.
(3) Kükürt giderme ünitesinde arıtılan atık gazın bir kısmı.
(4) Net enerji tüketimindeki bu azalma, Japonya ve AB'deki sinter tesislerinin nispi verimlilik ve kalite gereklilikleri ile ilişkili olarak değerlendirilmelidir.

Kaynak: [119, Sakuragi ve diğ. 1995].

Çapraz ortam etkileri

Ek fanların takılması daha fazla elektrik tüketilmesine neden olur. Ancak, bu artan enerji gereksinimi, azalan kok mıcırı tüketimine kıyasla ihmal edilebilir düzeydedir.

İşletim verileri

Ekim 1992'de Nippon Steel Corporation'ın Yawata Fabrikalarındaki Tobata sinter tesisi No 3'e bölümlü atık gaz devridaimi kullanılan bir sistem kurulmuştur. Atık gaz, her biri ayrı ayrı arıtılan dört bölüme ayrılmıştır. Sistem sorunsuz çalışmakta ve atık gaz geri dönüşümü sinter kalitesini etkilememektedir. Ancak, bu son nokta, AB'deki birçok sinter tesisi ile karşılaştırıldığında, söz konusu Japon tesisinin daha düşük verimliliği ile ilgili olarak dikkate alınmalıdır.

Uygulanabilirlik

Bölümlü atık gaz devridaimi hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak planlama aşamasından itibaren sistemi içeren yeni tesislerde yatırım maliyetlerinin, tesis tasarımı nedeniyle önemli ölçüde daha yüksek maliyetlere sahip olabilecek bazı mevcut tesislere göre daha düşük olduğu kabul edilmektedir. Mevcut tesislerde, alan kısıtlamaları nedeniyle atık gazın kısmi geri dönüşümü mümkün olmayabilir. Atık gaz devridaiminin uygulanması, sinter kalitesinin ve verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için özel çaba gerektirir (bkz. Bölüm 3.3.5.2).

Ekonomik boyut

Gaz geri dönüşüm sistemi için Avrupa'da yatırım maliyetleri, NO_x giderme, SO_x giderme ve diğer azaltma ekipmanları hariç olmak üzere, 1997'de 8 milyon – 10 milyon EUR olarak bildirilmiştir. İşletme maliyetlerinin gizli olduğu belirtilmiştir. Kok tüketiminde %6'lık bir azalma bildirilmiştir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Japonya'da bu tekniği uygulayan beş tesis vardır. Burada yer alan veriler, Nippon Steel Corporation'ın Yawata Fabrikasındaki Tobata sinter tesisi No. 3'e aittir.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [119, Sakuragi ve diğ. 1995]

4 PELETLEME TESİSLERİ

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [318, Eurofer 2007]

Bölüm 3.1.1'de bahsedildiği gibi, demir cevherinin peletlenmesi ve sinterlenmesi, birincil demir ve çelik üretimi için demir oksit ham maddelerinin hazırlanmasına yönelik tamamlayıcı proses yollarıdır. Her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Bunlar, ham maddelerin mevcudiyeti ve türü gibi yerel koşullardan büyük ölçüde etkilenir. katı atıklarının geri dönüştürülebilmesi, kok mıcırının fabrikada yakıt olarak kullanılabilmesi ve sinterin nakliye ve taşıma sırasında bozulmaya meyilli olması gibi çeşitli nedenlerden dolayı, sinter uygulamada her zaman çelik fabrikası sahasında üretilmektedir. Peletler, içlerinde 0,05 mm'den küçük ince cevher ve katkı maddeleri bulunduran ham maddelerle çok yüksek sıcaklıklar kullanılarak 9-16 mm çaplarındaki küreler şeklinde üretilmektedir ve bu üretim, çoğunlukla maden sahasında veya madenin yükleme limanında gerçekleştirilir. AB'de, bir peletleme tesisi içeren yalnızca bir entegre çelik fabrikası bulunmaktadır (Hollanda'da). 2007'de İsveç'te beş bağımsız peletleme tesisi vardı. 2007 yılında bu altı tesisteki pelet üretimi yaklaşık 27 milyon ton/yıl idi. AB-25'te pelet tüketimi yaklaşık 43 milyon tondur.

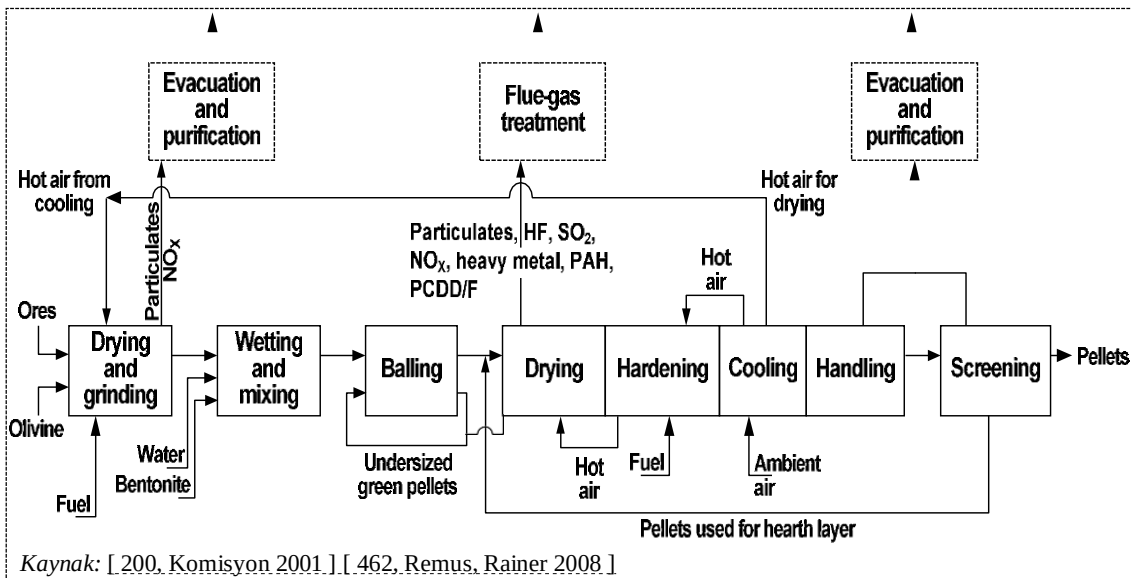
4.1 Uygulanan proses ve teknikler

Peletler, 9 – 16 mm boyutunda küçük, kristalize demir cevheri toparlarıdır. Şekil 4.1, bir peletleme tesisinin parçası olan topaklaştırma tamburunu göstermektedir.



Şekil 4.1: Yeşil peletlerin oluşturulduğu bir peletleme tesisinin parçası olarak topaklaştırma tamburu

Peletleme prosesi, öğütme ve kurutma veya susuzlaştırma, ıslatma ve karıştırma, topaklaştırma ve sertleştirme ve ardından eleme ve taşıma adımlarından oluşur (bkz. Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Hollanda'daki peletleme tesisinin şematik görünümü

4.1.1 Öğütme ve kurutma/susuzlaştırma

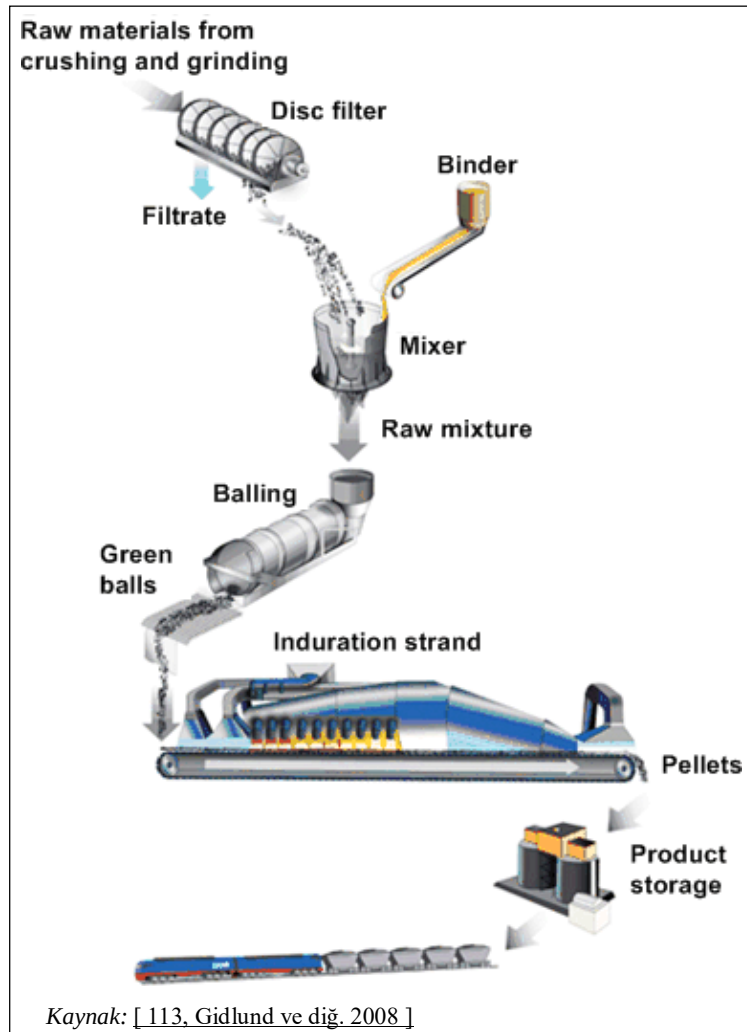
[208, Lindfors ve diğ. 2006]

İsveç'teki pelet tesisleri genellikle maden sahasında bulunur ve manyetik ayırma da dahil olmak üzere cevher zenginleştirme, peletleme prosesinden önce yapılır. Bu prosesler ıslak olarak gerçekleştirildiğinden, topaklaştırmadan önceki son öğütme de ıslak olarak gerçekleştirilir (bkz. Şekil 4.3). Katkı maddeleri (nihai ürüne bağlı olarak olivin, dolomit, kuvarsit ve/veya kireçtaşı) öğütülür ve ardından

susuzlaştırmadan önce tipik olarak %3 ila 3,5 seviyesinde cevher bulamacına eklenir. Bağlayıcı, topaklaştırma prosesinden önce bir karıştırma aşamasında eklenir.

Buna karşılık, Hollanda'daki tesis, öğütme işleminden önce harmanlanan ithal cevherlerle çalışmaktadır (cevher zaten öğütme aşamasını atlayabileceği ve ıslatma ve karıştırma aşamasında akışa katılabileceği kadar ince değilse) (bkz. Şekil 4.2). Cevherler, olivin gibi uyumlu eritken madde ilaveleriyle birlikte eş zamanlı olarak kurutulur ve öğütülür. Kurutma ısısı çoğunlukla bir doğal gaz veya BOF gazı ve oksijen brülörü tarafından sağlanır ve destekleyici ısı pelet soğutma aşamasından temin edilir. Sıcaklıklar yaklaşık 100 °C'dir.

Corus IJmuiden'deki kuru öğütme değirmenleri, bir hava sınıflandırıcı sistemi ile donatılmış kapalı bir devrede çalıştırılır. Değirmenlerden boşaltılan öğütülmüş cevher hava sınıflandırıcı tarafından iki kısma ayrılır. Büyük boyutlu kısım ek işlem için değirmene geri gönderilirken, ince ve doğru boyutlandırılmış parçacıklar ıslatma ve karıştırma aşamasına gönderilir. Çok ince parçacıklar bir elektrostatik filtrede yakalanır ve ürün akışına geri gönderilir. ESF, sınıflandırma sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır.



Şekil 4.3: Islak öğütme yapılan bir peletleme tesisinin şematik görünümü

4.1.2 Yeşil top hazırlama

[318, Eurofer 2007]

Sıcak öğütme işleminden sonra malzeme, ayrı bir ıslatma aşamasında tekrar ıslatılmadan önce katkı maddeleri ile birleştirilir ve bir bağlayıcı (pelet tipine bağlı olarak bentonit veya organik bağlayıcı) ile karıştırılır. Hollanda'daki tesiste karıştırma ve ıslatma aşamasında, bentonit bağlayıcı ile birlikte dikkatlice boyutlandırılmış katı yakıt (kok mıcırı ve/veya antrasit) ilave edilir.

Hem İsveç hem de Hollanda'daki tesislerde, topaklaştırma aşamasına giden pelet karışımının nem seviyesi %7 – 9 arasındadır.

Nemi ayarlanmış pelet beslemesi (ham karışım) daha sonra (yeşil) top hazırlama tesisinde işlenir. Bu, tipik olarak bir besleme silosu, topaklaştırma tamburu, makaralı elekler ve malzemeleri dolaştırmak için konveyörlerden oluşan dört ila yedi topaklama devresi ile donatılmıştır. Topaklaştırma tamburu yatay düzleme göre 6 ila 8° eğimlidir. Tipik olarak 9 ila 16 mm aralığında hatları belli bir yeşil top boyutu elde etmek için, küçük ve büyük boyutlu parçalar elenir ve top haline getirme aşamasına geri döndürülür.

4.1.3 Sertleştirme

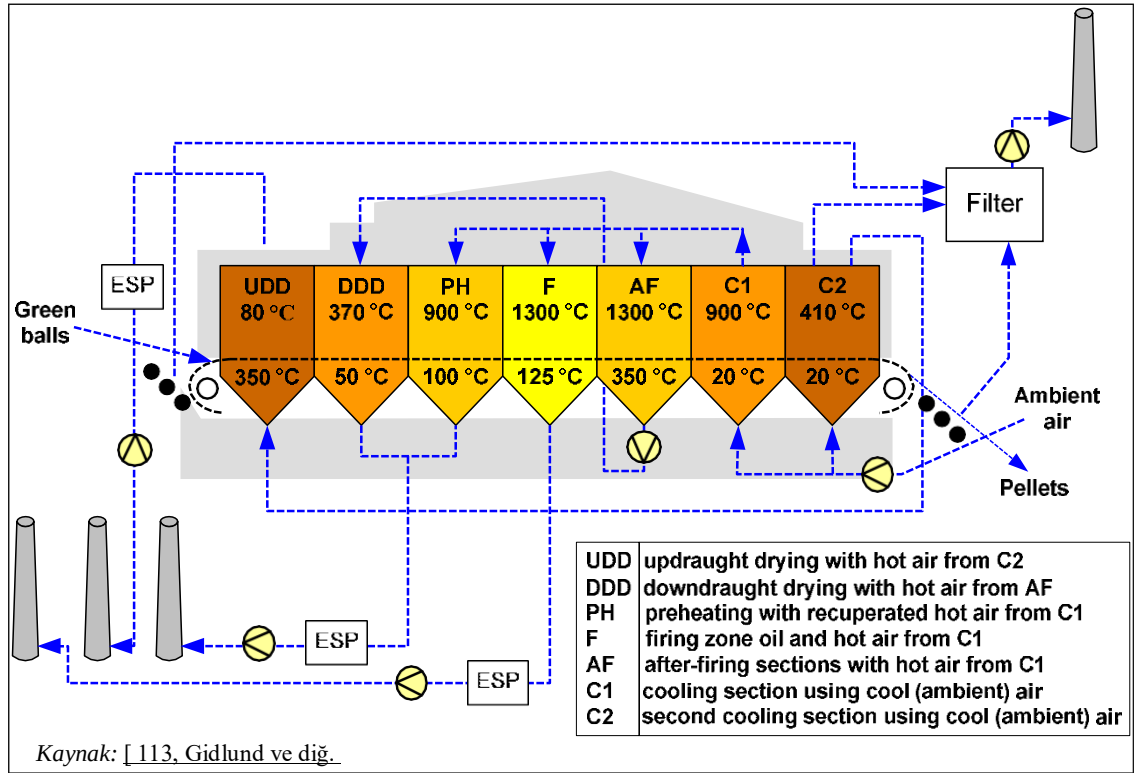
[208, Lindfors ve diğ. 2006]

Kurutma, ısıtma ve soğutmadan oluşan ısı işlem anlamına gelen sertleştirme, 'düz ızgara' veya 'ızgara fırın' sistemleri olmak üzere iki farklı sistemde gerçekleştirilebilir. Isıl işlem sırasında, manyetit neredeyse tamamen oksitlenerek hematite dönüşür. İsveç cevherleri çok yüksek manyetit içeriğine sahiptir. Manyetitin oksidasyonu ekzotermik olduğundan, bu reaksiyon pelet sertleşmesi için gereken enerjinin %60'ını sağlayabilir. Hollanda'daki tesiste işlenen cevher karışımı daha düşük bir manyetit içeriğine (maksimum %25) sahiptir; gerçek miktar, mevcut manyetit cevherlerin kıt olduğu dünya pazarındaki koşullara bağlıdır. İsveç'teki duruma kıyasla daha düşük manyetit içeriğini telafi etmek için Hollanda'da peletlere kok mıcırı ve/veya antrasit ilavesi yapılır (enerji ve yakıt gereksinimi hakkında bilgi için bkz. Tablo 4.1).

4.1.3.1 Düz ızgara prosesi

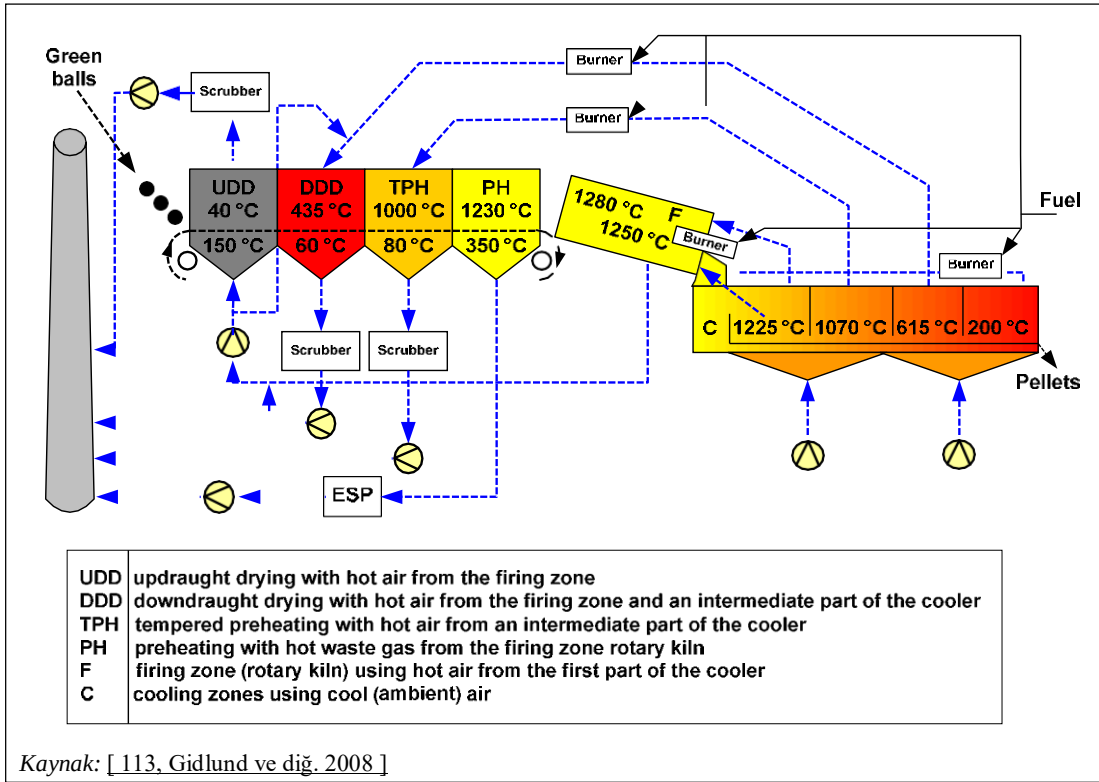
[114, Remus, Rainer 2008] [318, Eurofer 2007]

Düz ızgara prosesi, yeşil topların kurutulması, ön ısıtmaya tabi tutulması, ateşlenmesi ve soğutulması için birkaç farklı bölüme ayrılmış hareketli bir ızgaradan oluşur (bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Düz ızgara prosesinin şematik görünümü

Yeşil toprak ızgara çubuklarına beslenmeden önce, çubuklar 5 ila 10 cm kalınlığında yanan peletlerden oluşan bir ocak katmanıyla kaplanır. Yeşil toprak daha sonra toplam derinliği 40 – 55 cm olan gaz geçirgen bir yatak oluşturmak için ocak katmanının üstüne yüklenir. Yüksek mukavemetli peletler elde etmek için yeşil toprak oksidasyon ve sinterleme sırasında yaklaşık 1300 – 1350 °C'ye ısıtılmalıdır. Bu, genellikle yağ veya gazla yakılan, hareketli ızgaranın her iki yanında bulunan brülör dizisiyle elde edilebilir. Hollanda'daki çelik fabrikasında, brülörleri ateşlemek için KFG kullanılırken, peletlere eklenen kok mıcı/anthrasit ek dahili ısıtma sağlar (İsveç pelet uygulamasında manyetit oksidasyonunda olduğu gibi). Sertleştirme bandının sonunda, sertleştirilmiş peletlerin bir kısmı, ocak katmanı olarak kullanılmak üzere geri döndürülür.



Şekil 4.5: Izgaralı fırın prosesinin şematik görünümü

4.1.3.2 Izgaralı fırın prosesi

[318, Eurofer 2007]

Izgaralı fırın prosesi, düz ızgara prosesine benzer bir hareketli ızgaradan oluşur. Yanma döner bir fırında gerçekleşir ve soğutma ayrı bir dairesel soğutucuda gerçekleştirilir.

Hareketli ızgara, gaz geçirmez bir şekilde emiş kasalarına bağlanan sonsuz bir ızgara plakaları zincirinden oluşur. Yeşil topraklar, yaklaşık 20 – 25 cm derinliğinde bir yatak oluşturmak için doğrudan ızgara plakalarına beslenir. ızgara üzerinde ön işlemden geçirilen peletler bir oluk aracılığıyla döner fırına yüklenir. Fırın, tahliye ucunda tek bir sıvı yakıtlı veya kömür yakıtlı brülöre sahiptir ve yaklaşık 1250 °C'lık bir sıcaklıkta çalışır. Dairesel soğutucu, soğuk havanın pelet tabakasına nüfuz etmesine izin veren bir ızgara tabanına sahiptir. Duvarlar, önceki proses adımlarına sıcak hava sağlamak için soğutucuyu bölümlere ayırır.

Manyetit cevherlerini işlerken, oksidasyonla hematite dönüşüm ve sinterleme, hareketli ızgaranın ön ısıtma aşamasının akış yönünde, fırınlama bölgesinde ve soğutma bölgelerinde gerçekleşir.

4.1.4 Eleme ve taşıma

[318, Eurofer 2007]

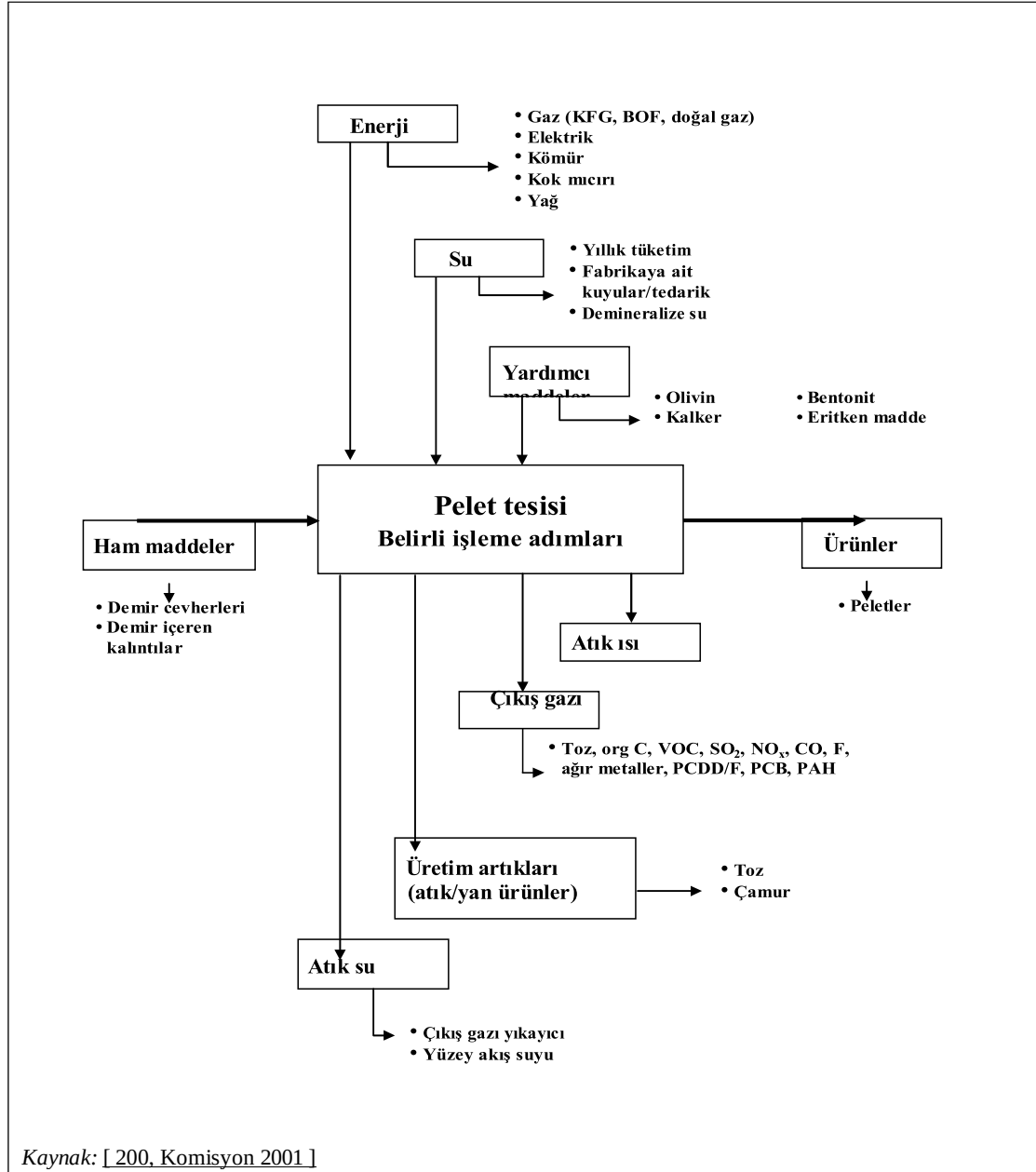
Sertleştirme bandının sonunda peletler toplanır ve elenir. Gereğinden küçük veya kırılmış peletler örneğin ocak katmanı olarak geri dönüştürülebilir (bkz. Şekil 4.2). Önemli toz emisyonları oluşabilir.

İsveç'teki bağımsız tesisler için, ısıtım işlem gören peletler, Narvik ve Luleå limanlarına taşınmak üzere açık demir yolu vagonlarına yüklenmeden önce kapalı ürün kutularında tutulur. Gemi yükleme ile bağlantılı olarak malzemenin % 2 – 3'ü küçük ebatlı olduğundan elenir ve sinter beslemesi olarak satılır. Tüm yüksek fırın malzemeleri (kok, sinter, peletler ve parça cevher) için yüksek fırın sahasında son bir eleme yapılır.

4.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

4.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri

Şekil 4.6’da, bir peletleme tesisinin girdi ve çıktı kütle akışlarının genel bir görünümü verilmiştir. Bu genel görünüm, tekli peletleme tesislerinden veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 4.6: Bir peletleme tesisinin kütle akışına genel bakış

Pelet tesisleri için özgül girdi faktörleri ve emisyon faktörleri belirlenmiştir. AB'deki üç peletleme tesisinden alınan bu faktörlerin değerleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: AB-25'teki üç pelet tesisi sahasından girdi/çıkış verileri

Girdi			Çıktı		
Ham maddeler			Ürün		
Demir cevheri	kg/t	935 – 965	Peletler	kg/t	1000,00
Bentonit	kg/t	4,1 – 6,8	Emisyonlar		
Olivin ⁽¹⁾	kg/t	0 – 27,6			
Kalker	kg/t	0 – 5	Atık gaz akışı	Nm ³ /t	1940 – 2400
Dolomit ⁽²⁾	kg/t	0 – 13,5	Toz	g/t	14 – 150
Kuvarsit	kg/t	0 – 20	Toz	mg/Nm ³	7 – 70
Enerji			Cd	mg/t	0,02 – 2,2
KGF/BOF ⁽³⁾	MJ/t	306	Cr	mg/t	5,1 – 22,4
Doğal gaz ⁽³⁾	MJ/t	14	Cu	mg/t	1,5 – 6,7
Kola mıcırı ⁽³⁾	MJ/t	342	Hg ⁽⁴⁾	mg/t	0,4 – 24,2
Kömür ⁽⁵⁾	MJ/t	223	Mn	mg/t	5,1 – 64,3
Yağ ⁽⁵⁾	MJ/t	43 – 186	Ni	mg/t	6,5 – 12,7
Elektrik	MJ/t	54 – 99	Pb	mg/t	15,6 – 70,8
Su			Tl	mg/t	0,6 – 3,0
	m ³ /t	0,11 – 1,25	V	mg/t	13,4 – 15,1
Basınçlı hava			Zn	mg/t	3 – 1300
	Nm ³ /t	6,2 – 12,8	HF ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	g/t	1,8 – 5,8
			HCl ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	g/t	2,4 – 41
			SO _x ⁽⁸⁾ ⁽⁷⁾	g/t	11 – 213
			NO _x	g/t	150 – 550
			NO _x	mg/Nm ³	73 – 283
			CO	g/t	<10 ⁽⁵⁾ – 410
			CO ₂	kg/t	17 – 193
			VOC ⁽⁹⁾	g/t	<5 ⁽⁵⁾ – 40 ⁽³⁾
			PAH ⁽¹⁰⁾	mg/t	0,7 – 1,1
			PCDD/F ⁽⁴⁾	ng I-TEQ/t	8,2 – 196
			PCDD/F ⁽⁴⁾	ng I-TEQ/Nm ³	0,005 – 0,1
			Üretim artıkları (atık/yan ürünler)		
			Tozlar	kg/t	–

(1) Yüksek fırınlar için pelet üretimi durumunda.
(2) Doğrudan indirgeme için pelet üretimi durumunda.
(3) Peletleme tesisi entegre bir çelik fabrikasının (Hollanda) parçası olduğunda. Veriler [200, Komisyon 2001]'den alınmıştır.
(4) Cıva ağırlıklı olarak element biçimindedir. Yük, işlenen cevherlere bağlıdır.
(5) İsveç'teki bağımsız peletleme tesisleri (manyetit cevherleri) örneğinde. Veriler [200, Commission 2001]'den alınmıştır.
(6) Asidik atık gaz bileşenlerinin uzaklaştırılmasına yönelik teknikler uygulandığında daha düşük değer.
(7) Kütle denkliliğinden hesaplanmıştır.
(8) Kükürt giderme teknikleri uygulanırsa daha düşük değer.
(9) Ölçüm tekniği bilinmemektedir.
(10) Borneff 6, EPA 16 veya benzo(a)piren olup olmadığına dair bilgi mevcut değildir.
Not: Veriler 2004 yılına aittir ve 2004 yılında yaklaşık 13 milyon ton pelet üreten ve AB-25'teki üretimin yaklaşık %63'ünü temsil eden üç pelet tesisi sahasıyla ilgilidir.
Kaynak: [208, Lindfors ve diğ. 2006] [318, Eurofer 2007].

4.2.2 Pelet üretim prosesine ilişkin çevre sorunları

Peletleme tesisi öncelikle havaya salınan partikül ve gaz emisyonları kaynağıdır. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkar. Bölüm 4.2.2.1

4.2.2.1 ile 4.2.2.5 arasındaki bölümlerde peletleme tesisleri için en önemli çevresel sorunlar açıklanmaktadır.

4.2.2.1 Havaya salınan emisyonlar

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [300, Eurofer 2007]

Öğütmeden kaynaklanan toz emisyonları

Hava sınıflandırıcı adımıından sonra proses tahliye gazı büyük miktarlarda toz içerir. Bu toz esas olarak demirden oluşur ve ham maddenin bileşimini yansıtır. Emisyonlar elektrostatik filtreyle azaltılabilir.

Eleme ve taşımadan kaynaklanan toz

Eleme ve taşıma, malzemelerin tamamen nemli olduğu prosesin başlangıcında topaklaştırma aşamasında gerçekleşir. Bazı toz emisyonları meydana gelebilir, ancak bunlar önemli düzeyde değildir ve çoğunlukla tesisin topaklaştırma alanı içinde yer alır. Sertleştirme bandının sonunda peletler toplanır ve elenir. Gereğinden küçük veya kırılmış peletler geri dönüştürülebilir. Çeşitli önlemler uygulanarak bu alanlarda önemli miktarda toz emisyonu önlenmektedir. İlmuiden tesisinde, toz emisyonlarını önlemek için peletler ıslatılır (%3 nem) ve bazı aktarma noktalarında yerel olarak toz giderme yapılır.

Sertleştirme bandından kaynaklanan toz ve gaz emisyonları

Sertleştirme bandının fırınlama bölgesinden gaz ve toz emisyonları yayılır. Sürekli olarak yayılan bu emisyonlar verimli ESF'ler, torba filtreler veya gaz yıkama ile giderilmelidir.

Sertleştirme ve kurutmadan kaynaklanan NO_x emisyonları

NO_x emisyonları yanma sırasında iki mekanizma ile oluşur. Hidrokarbon yakıttaki azot bileşiklerinin oksidasyonu "yakıt NO_x" üretir. Diğer ve en önemli mekanizma, peletleme prosesinde söz konusu yüksek sıcaklıkların bir sonucu olarak NO_x oluşumudur. Bunlar, havadaki azot ve oksijenin ayrışmasına ve reaksiyona girip 'termal NO_x' oluşturmaya neden olur. Tablo 4.1'de gösterilen veriler, NO_x oluşumundaki önemli farklılıkları yansıtmaktadır. Bazen kok mıcırı yerine antrasit kullanılır ve bu da NO_x emisyonlarının %25'e kadar azalmasına yol açabilir. NO_x emisyonlarını azaltmanın bir diğer yolu, tepe sıcaklıklarını düşürmek için su enjekte etmektir.

Sertleştirmeden kaynaklanan SO₂ emisyonları

Sertleştirme prosesi sırasında kükürt dioksit (SO₂) oluşur. Kükürt öncelikle kömür ve yağmdan ve biraz da cevherlerden ve kok mıcırı ve/veya antrasit ilavelerinden kaynaklanır. Tablo 4.1, azaltma teknikleri uygulanmadığında SO₂ emisyonlarının yaklaşık on kat daha yüksek olduğunu göstermektedir.

HCl ve HF emisyonları

Peletleme tesisi aynı zamanda bir hidroflorik asit (HF) ve hidroklorik asit (HCl) kaynağıdır. Bu bileşenler, cevherde bulunan florür ve klorür içeren minerallerin (apatit) sertleştirilmesi sırasında oluşur. Tablo 4.1, azaltma teknikleri uygulanmadığında HF ve HCl emisyonlarının yaklaşık on kat daha yüksek olduğunu göstermektedir.

İsveç cevherlerinin yüksek oranda florür içerdiği bilinmektedir (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.5)

Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve dibenzofuranlar (PCDD/F)

[318, Eurofer 2007]

Yüksek sıcaklıklı prosesler sırasında PCDD ve PCDF oluşumu genellikle iki farklı mekanizma ile açıklanır:

1. Ham maddede/yakıtta bulunan PCDD/F'nin eksik imhası.
2. karbon ve klor kaynaklarından de novo sentezi.

Peletleme tesislerinde yakma sırasında, halka yapılı hidrokarbon türleri (öncüller) kısmen ara yanma ürünleri olarak oluşur. Klor varlığında bunlar reaksiyona girerek PCDD/F oluşturabilir. Öncüller, eksik yanma yoluyla oluşan dibenzofuranları veya polisiklik aromatik bileşikler (PAH) içerir. Oksidasyon klorür olmayan öncüllerin oluşumuna katkıda bulunabileceğinden kurum, başka bir dioksin oluşumu kaynağıdır. Reaksiyonlar, muhtemelen 300 ila 400 °C arasında soğutma bölgelerinde gerçekleşir.

Tablo 4.1, dioksin oluşumundaki önemli farklılıkları göstermektedir. Doğrudan ölçümlerden elde edilen sonuçlar 8,2 ila 196 ng I-TEQ/t pelet aralığındadır. Bu aralığın nedenleri, PCDD/F emisyonlarının aşağıda listelenen maddelerle ilişkili olmasıyla açıklanabilir:

- Oluşum: ne kadar az öncül varsa, o kadar az dioksin oluşacaktır. Baca gazlarının yüksek oksijen içeriği, karbon öncüllerinin bulunma olasılığını azaltır, bu nedenle daha az PCDD/F bileşiği oluşur
- azaltma teknikleri: baca gazı söndürülüp düşük sıcaklıklara (<80 °C) kadar indirilirse, oluşan PCDD/F bileşikler toz partikülleri üzerinde yoğunlaşır, böylece PCDD/F emisyonları toz emisyonlarıyla uyumlu hale gelir
- Düşük sıcaklıklarda etkili toz azaltma, PCDD/F'yi etkili bir şekilde uzaklaştırır.

4.2.2.2 Su akışları

Kirleticileri uzaklaştırmak için yıkayıcılar kullanıldığında, bir atık su akışı oluşur. HF'nin varlığından dolayı bu atık sudan tahliye yapılmalıdır. Atık su geri dönüşümü ve NaOH ilavesi uygulandığında bu tahliye edilen miktar nispeten küçüktür. Bazı durumlarda, bu tahliye suyu bir arsenik giderme tesisinde arıtılır.

Ayrıca tesis ve ekipmanların ıslak durulanmasından da atık su üretilip deşarj edilmektedir. Hollanda'da Corus IJmuiden tesisinde bu su %100 geri dönüştürülür ve bu akış yaklaşık 0,04 m³/t pelet düzeyindedir. Soğutma suyu, öğütme ve kurutma bölümünden olduğu kadar sertleştirme bandından da gelebilir. Bahsedilen Hollanda tesisi için özgül akış değerleri, öğütme ve kurutmada 0,16 m³/t pelet ve sertleştirmede 0,05 m³/t pelet düzeyindedir.

İsveç'teki tesis için durum bir dereceye kadar özeldir. Maden suyunun bir kısmı, arındırma aşamalarında yıkayıcılar ve ıslak ESF'ler için proses suyu olarak kullanılmaktadır. Proses atık suyu, yüzey akış suyu ve maden suyu, suların ön çökeltmenin yapıldığı bir atık havuzuna iletildiği bir koyulaştırıcıdan geçer. Oradan su, ek çökeltmenin yapıldığı bir çökeltim havuzuna yönlendirilir.

Malmberget'teki (İsveç) yeni MK3 pelet tesisinde su kirliliği sürekli olarak ölçülmektedir. Tablo 4.2 İsveç'te Kiruna ve Malmberget'de bulunan tesisler için elde edilebilir konsantrasyon değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.2: Malmberget ve Kiruna'da (İsveç) su arıtımının operasyonel verileri

	Malmberget 2006	Malmberget 2007	Kiruna 2006	Kiruna 2007	Birimler
Parametre	Konsantrasyon				
Askıda katı maddeler	9,12	10,9	4,13	2,33	mg/l
Toplam N	39,5	41	19,8	17,5	mg/l
Fosfor	41,4	48,7	0,039	0,028	µg/l
Kadmiyum	0,018	0,011	0,025	0,014	µg/l
Kobalt	3,63	6,23	0,35	0,37	µg/l
Krom	0,70	0,35	0,05	0,1	µg/l
Bakır	2,30	3,73	2,68	4,03	µg/l
Cıva	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	µg/l
Kurşun	0,20	0,14	0,13	0,24	µg/l
Çinko	6,87	5,95	0,63	4,56	µg/l
Nikel	13,7	16	1,83	2,39	µg/l
Arsenik	3,34	1,47	3,56	0,7	µg/l
Kaynak: [113, Gidlund ve diğ. 2008] [166, Lundqvist, A. 2009].					

4.2.2.3 Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları

Peletleme tesisinin kendisi birincil katı atık kaynağı değildir, ancak ham maddenin ayrıştırılması ve zenginleştirilmesi katı atıklara neden olur. Ayrıca, toz emisyonlarının azaltılması katı atık oluşumuna neden olur. Çökelen tozlar, atık su arıtma tesisinde çamur haline gelir.

4.2.2.4 Enerji tüketimi

[318, Eurofer 2007]

Özgül enerji tüketimi yıllar içinde giderek azalmaktadır. Bu, proseste yapılan sistematik iyileştirmeler ile mümkün olmuştur. 2005 yılında özgül enerji tüketimi 186 ila 662 MJ/t pelet aralığındaydı.

Hem kullanılan enerji türü hem de tüketilen enerji türü bakımından çeşitli tesis türleri arasında bazı farklılıklar vardır. Izgaralı fırın prosesinde ağırlıklı olarak kömür kullanılırken, hareketli ızgara prosesinde yağ veya gaz kullanılır.

Hollanda'da olduğu gibi dünyadaki çoğu peletleme tesisinde, peletlere karbon içeren katkı maddelerinin eklenmesi sinterleme için gereken ısının bir kısmını sağlar. Bu durum, yukarıda bahsedildiği gibi, harici enerji tüketimi aralığının üst sınırını ifade eder.

İsveç'teki bağımsız tesislerde ağırlıklı olarak, manyetit oksidasyonu ile büyük avantajlar sağlayan manyetit yataklarından elde edilen cevherler kullanılır. Aslında, gerekli termal enerjinin yaklaşık %60'ı manyetit oksidasyonu ile sağlanır; dolayısıyla yukarıda belirtilen aralığın alt sınırında harici termal enerji tüketimine neden olur.

Enerjiden tasarruf etmek için, manyetit oksidasyonundan ve yakıttan sağlanan ısı, peletleme prosesinde geri kazanılır. Makinelerin soğutma bölümlerinden çıkan fazla ısının büyük bir kısmı sıcak bölgelere tekrar verilerek dışarıdan enerji girişi ihtiyacı azaltılmaktadır. Bazı endüstriyel sahalarda, atık ısı geri kazanılarak dahili ısıtma sistemine verilir. Uygulamada mümkün olduğu durumlarda, atık ısı kentsel ısıtma şebekelerine de aktarılır.

4.2.2.5 Gürültü

Corus IJmuiden'deki kuru öğütme değirmenleri 150 ton demir bilyeyle doldurulur ve saniyede iki devir hızında döndürülür (dönme hızı, optimum öğütme verimi elde edecek şekilde ayarlanır). Bu değirmenler yaklaşık 85 dBA'lık gürültü emisyonları üretebilir ve bu nedenle tamamen akustik kabinlerle kapatılır. Islak öğütme değirmenleri aynı seviyede gürültü üretmezler ve genellikle bu değirmenleri akustik muhafazalara yerleştirmeye gerek yoktur.

4.3 Peletleme tesisleri için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Proses entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 4.3'te gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 4.3: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilgi türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüşümüne imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dahil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

4.3.1 Öğütme değirmenlerinde elektrostatik çökeltme (kuru öğütme)

Açıklama

Öğütme işleminden sonra partiküller hava sınıflandırması ile ayrılır. Kaba taneler öğütme değirmenlerine geri döndürülür ve ince, doğru boyuttaki taneler karıştırma aşamasına gönderilir. Hava sınıflandırması için kullanılan hava, yakalanması gereken büyük miktarda toz içerir. Tozun özellikleri bir ESF kullanılarak etkili bir şekilde yakalanmasını sağlar. Yakalanan malzeme, ham madde ile aynı bileşime sahip olduğundan (ağırlıkça yaklaşık %1,1 kok mıcırı, ağırlıkça yaklaşık %1,3 Olivin (FeO , MgO , SiO_2) ve geri kalanı manyetit (FeO) ve hematit (Fe_2O_3) şeklinde cevherler) doğrudan karıştırma aşamasına gönderilebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

ESF, temelde hava sınıflandırma sisteminin entegre bir parçası olarak çalışır. Elde edilen emisyon konsantrasyonları $<20 \text{ mg/Nm}^3$ düzeyindedir. Modern tasarımı ESF'ler daha düşük emisyonlar sağlayabilir ve dolayısıyla ham maddeleri de geri kazanabilir.

Çapraz ortam etkileri

ESF'den gelen çökeltinin tamamı, topaklaştırma değirmeninde ham madde olarak kullanılır. ESF'nin çalışması enerji tüketir. $300000 \text{ Nm}^3/\text{s}$ atık gaz akışında ve 4 Mt/yıl üretimde, enerji tüketimi yaklaşık 1 MJ/t pelet düzeyindedir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

ESF'ler yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

ESF, tesis tasarımının entegre bir parçasıdır; hava sınıflandırma adımından gelen ham maddenin bir kısmı ESF tarafından geri kazanılır. Ancak, 300.000 Nm³/s'lik bir atık gaz akışının artırılması için bir kuru ESF'nin yaklaşık 2 milyon EUR bir yatırım gerektireceği hesaplanabilir (1996 fiyatlarıyla). Yıllık üretimi 4 Mt olan bir peletleme tesisi ve 300.000 Nm³/s'lik bir kurutma değirmeni atık gaz akışı olan bir peletleme tesisi için işletme maliyetleri 0,03 ila 0,05/t pelet (1996 fiyatlarıyla) olarak hesaplanabilir.

Uygulamanın gerekçesi

Bu teknolojinin uygulanmasının gerekçeleri, ham maddelerin tamamen geri kazanılması ve dolayısıyla kaynak tasarrufudur.

Örnek tesisler

Peletleme tesisi, Corus IJmuiden, Hollanda.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [318, Eurofer 2007] [247, Hollanda 2007]

4.3.2 Kurutma ve sertleştirme bölgesinden çıkan katı ve gaz halindeki kirleticilerin ayrı ayrı veya birlikte azaltılması

Açıklama

Peletleme tesislerinde toz giderme için çeşitli teknikler kullanılır. Kullanılan ana teknikler, mekanik toplayıcılar (kaba partiküller için), multi-siklonlar, ıslak yıkayıcılar, torba filtreler ve elektrostatik filtrelerdir (ESF). ESF'ler ve torba filtreler, yüksek bir temizleme verimliliği sağlar, ancak yalnızca sınırlı bir sıcaklık ve nem aralığında çalışabilir. Bu nedenle, peletleme tesislerinde tozu gidermek için ıslak yıkayıcılar da kullanılır. Yıkayıcılar, oldukça verimli toz gidericiler olabilir. Yıkama suyu toplanır ve çöktürmeyle (durultucu) artırılır. Katı madde, prosese geri döndürülür.

Elde edilen çevresel faydalar

Yukarıda listelenen teknikler için toz giderme verimliliği normalde %95'in üzerindedir ve bazı durumlarda %99'un üzerindedir. Toz emisyonları <10 mg/Nm³ olabilir (bkz. Tablo 4.1). Örneğin, İsveç'te Kiruna'daki en son tesis olan KK3'te, kurutma ve sertleştirme bölgesinden yayılan atık gazdaki toz konsantrasyonları 10 mg/Nm³'ün altındadır ve bir bütün olarak tesisin toplam toz emisyonları 100 g/t pelet düzeyinin altındadır. Bu değerler, kurutma bölgesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için bir yıkayıcı ve sertleştirme bölgesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için bir ESF uygulanarak elde edilmektedir.

Islak yıkayıcıların bir avantajı, SO_x, HF ve HCl'nin de giderilebilmesidir. SO₂ için elde edilebilecek havaya salınan emisyon konsantrasyonları (NaOH ilaveli ıslak yıkayıcı) <30 – 50 mg/Nm³ ve hem HF hem de HCL için <1–3 mg/Nm³'tür. Ayrıca dumanlar ve aerosoller de yakalanır. Yıkayıcılarla, 1995 yılında LKAB Kiruna pelet tesisinde SO₂ emisyonları %95'in üzerinde verimlilikle azaltılmıştır [114, Remus, Rainer 2008].

Çapraz ortam etkileri

Normalde toplanan toz, peletleme prosesin geri döndürülür. Yıkayıcılarda, fazla suyun bir kısmı uygun arıtmadan sonra boşaltılmalıdır.

Torba filtrelerin ıslak yıkayıcıdan sonra uygulanması, atık gaz akışlarının yıkayıcılardan sonra yeniden ısıtılmasını gerektirir.

İşletim verileri

Bilinen belirli bir sorun yoktur.

Uygulanabilirlik

Açıklanan boru sonu teknikleri hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yıkayıcının akış yönünde bir torba filtre sisteminde bir çalışma yapılmıştır. Yıkayıcılardan sonra atık gaz akışlarının yeniden ısıtılması gerektiğinden, yatırım ve işletme maliyetleri kapsamında ısıtma maliyetleri de yer alır. Yeniden ısıtma ekipmanları dahil olmak üzere torba filtre yatırımının 25 milyon EUR olduğu tahmin edilmektedir. İşletme maliyetleri, esas olarak yeniden ısıtma maliyeti nedeniyle yılda 8 milyon EUR gibi yüksek bir düzeydedir [249, Hollanda 2007].

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

KK3 ve LKAB peletleme tesisi, Kiruna/ İsveç; Corus IJmuiden, Hollanda.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [114, Remus, Rainer 2008] [169, LKAB 2004] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [249, Hollanda 2007] [251, Eurofer 2007] [318, Eurofer 2007]

4.3.3 Gaz süspansiyonu emici (GSE)**Açıklama**

GSE yarı kuru bir prosestir. Akışkan yataklı bir reaktörde atık gaza ıslak bir kireç bulamacı püskürtülür. Kireç bulamacındaki su buharlaşır ve sönmüş kireç safsızlıklarla (HF, HCl ve SO₂) reaksiyona girer. Atık gazdaki yüksek toz konsantrasyonu, GSA'nın performansını artırır ve reaksiyon yüzeyini artırdıkça toz, sönmüş kireç çözeltisi ile kaplanır.

Akışkan yataklı reaktörden sonra atık gazlar siklonlardan geçirilir. Kuru ürünün bir kısmı (reaksiyona giren kireç ve toz) burada uzaklaştırılır ve reaktörde yüksek bir toz konsantrasyonu sağlamak için reaktöre yeniden verilir. Atık gazın son temizliği elektrostatik filtreyle gerçekleştirilir.

Sönmüş kirecin enjeksiyon hızı, atık gazdaki SO₂ konsantrasyonu ile orantılıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bir peletleme tesisindeki bir GSE'nin performans verileri Tablo 4.4'te özetlenmiştir. Bu veriler, KK3 peletleme tesislerinde sertleştirme hattından çıkan atık gazı arıtmak için bir GSE işleten İsveçli şirket LKAB tarafından sağlanmıştır. Sertleştirme bandının kurutma bölgesinden çıkan atık gaz, havaya yayılmadan önce tozu gidermek için Venturi yıkayıcılardan geçirilir.

Tablo 4.4'teki değerler, bu tesisten kaynaklanan düşük genel emisyonları göstermektedir.

Tablo 4.4: Bir gaz süspansiyonu emicisinin (GSE) performans verileri

Bileşen	GSE'den önce (mg/Nm ³)	GSE'den sonra (mg/Nm ³)	Giderme verimliliği (%)
Kükürt oksitler (SO ₂)	300	9,6	96,8
Hidroflorik asit (HF)	78	<0,1	99,9
Hidroklorik asit (HCl)	133	0,6	99,5
Toz	1400	2	99,9
Not: LKAB'nin KK3 peletleme tesisi, Kiruna/İsveç, 1995. Kaynak: [200, Komisyon 2001].			

Bu tesis için şu veriler verilebilir: Tesis Ocak 1995'te devreye alınmış olup yıllık 4,5 Mt üretim kapasitesine sahiptir. 1995 yılında gerçekleşen üretim 2,8 Mt pelet idi. Tesis iki brülörle donatılmıştır: Sertleştirme hattının fırınlama bölgesinde bir brülör ve

birinci ön ısıtma bölgesinde ön ısıtma havası olarak kullanılan ikinci soğutma bölümünden çıkan gazın sıcaklığını artırmak için bir brülör.

Çapraz ortam etkileri

Bir GSE, son temizleme aşaması olarak bir elektrostatik filtreye (ESF) sahip yarı kuru bir cihazdır. ESF'den çıkan kuru çökeltide toz, CaSO_3 , CaCl_2 ve CaF_2 ve bir miktar reaksiyona girmemiş kireç (CaO) bulunur. Kuru çökelti biriktirilir.

Sönmüş kireç tüketimi 264 kg/saat (tasarım) ve su tüketimi 10,6 m³/saattir (tasarım). Ayrıca basınçlı hava (7 bar) kullanılır: 690 kg/saat (tasarım). Enerji tüketimi yaklaşık 0,64 MJ/t pelettir (tasarım).

İşletim verileri

Bilinen belirli bir sorun yoktur.

Uygulanabilirlik

GSA, hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilen bir boru sonu tedbiridir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

LKAB'nin KK3 peletleme tesisi, Kiruna/İsveç.

Referans literatür

[200, Komisyon 2001] [247, Hollanda 2007] [248, Eurofer 2007]

4.3.4 Prosese entegre NO_x azaltma

Açıklama

Bir peletleme tesisinde NO_x oluşumunun birincil kaynakları "termal", "yakıt" ve "hızlı" NO_x'tir. Pelet yatağında oluşan NO_x esas olarak "yakıt" NO_x'ten ve "hızlı" NO_x'ten oluşur. Her ikisi de kok mıcırındaki hidrokarbonlar, kok mıcırındaki azot ve havadaki oksijen ve azot (Hollanda'daki tesiste kok mıcırı ilavesi yapılır) arasındaki reaksiyonlarla oluşur. "Termal" NO_x oluşumu için ana faktörler, sertleştirme bandındaki yüksek sıcaklıklar (1300 – 1400 °C) ve brülör bölgesindeki yüksek oksijen varlığıdır. Oluştuktan sonra NO_x'in çeşitli biçimleri arasında ayırım yapmak mümkün değildir çünkü kimyasal bileşimlerinde hiçbir fark yoktur. Peletleme tesisleri için, genel NO_x emisyonlarında "termal" NO_x'in baskın olduğu varsayılabilir.

En önemli önlem, termal NO_x oluşumunu azaltmaya yöneliktir. Bu, brülörlerdeki (tepe) sıcaklığını düşürerek ve yanma havasındaki fazla oksijeni azaltarak başarılabılır. Ayrıca, düşük enerji kullanımı, yakıtta (kömür ve yağ) düşük azot içeriği ve fazla oksijenin sınırlandırılmasıyla daha düşük NO_x emisyonları elde edilebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

LKAB şirketinin Kiruna'da (İsveç) bulunan KK3 peletleme tesisinde, fırınlama bölgesinden çıkan NO_x emisyonları 175 – 196 g/t pelet düzeyindedir veya 2400 Nm³/t pelet düzeyinde bir özgül çıkış gazı akışıyla ilişkili olarak 73 – 82 mg/Nm³ düzeyindedir. Bu tesis Ocak 1996'da devreye alınmıştır ve NO_x emisyonlarını azaltmak için hiçbir boru sonu tekniği kullanılmamaktadır. Düşük enerji kullanımı, yakıtta (kömür ve yağ) düşük azot içeriği ve fazla oksijenin sınırlandırılmasıyla daha düşük NO_x emisyonları sağlanmıştır. Tesisin sertleştirme hattında iki büyük brülör kullanılmaktadır.

LKAB şirketinin İsveç'in Kiruna kentinde bulunan KK2 peletleme tesisinde dolaylı kömür yakma tekniği uygulanmaktadır. Bu tesisten çıkan NO_x emisyonları 150 g/t pelet düzeyindedir. 'Dolaylı kömür', kömürün brülörde kullanılmadan önce öğütülmesi, filtrelenmesi ve depolanması anlamına gelir. Bu teknik, enerji kullanımının hassas bir şekilde ayarlanmasını mümkün kılar ve taşıma havası miktarı küçüktür; bu da termal NO_x oluşumu için gerekliliklerden birinin en aza indirildiği anlamına gelir.

Hollanda'da Corus IJmuiden'in peletleme tesisinin durumu biraz farklıdır. Tesiste 56 adet uzun brülör kullanılmaktadır (bunlardan 44'ü aynı anda çalıştırılmaktadır). Sertleştirme bandından kaynaklanan NO_x emisyonları yaklaşık 550 g/t pelet veya (1940 Nm³/t pelet ile) 283 mg/Nm³tür. Bu tesisteki prosese entegre önlemler karmaşıktır ve tesis için özel olarak tasarlanmıştır.

İsveç'in Malmberget kentindeki yeni MK3 pelet tesisi, brülör davlumbazlarında daha düşük alev sıcaklıklarını mümkün kılmak için geri kazanım davlumbazında ekstra brülörler ile donatılmıştır. Bu tekniği kullanırken, NO_x oluşumunun azaltılması beklenebilir. Ayrıca, brülör odaları, alevin geometrisini şekillendirmeyi ve değiştirmeyi mümkün kılacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, peletleme tesislerinde NO_x'i azaltmak için yeni brülör tekniklerinin geliştirilmesine yönelik uzun vadeli çalışmalar yakın zamanda başlamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Çapraz ortam etkileri yoktur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Yeni bir tesis inşa edilirken, NO_x oluşumunu azaltmak için tasarım aşamasında prosese entegre edilmiş önlemler dikkate alınabilir. Mevcut tesislerde prosese entegre edilmiş NO_x azaltma teknikleri tercih edilir. Tasarımla ilgili olmayan önlemler hem yeni hem de mevcut tesisler için düşünülebilir.

Ekonomik boyut

Yeni tesisler için maliyetler, güçlendirme ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşüktür.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçesi, ulusal ve uluslararası düzenlemelere, çevresel itibara ve iyileştirilmiş ekonomiye uygun olarak ulusal azaltma hedeflerini karşılamak için ulusal emisyonları azaltmaktır.

Örnek tesisler

KK2 ve KK3 peletleme tesisleri, LKAB, Kiruna/İsveç; MK3 tesisi, Malmberget/İsveç ve Corus IJmuiden, Hollanda.

Referans literatür

[114, Remus, Rainer 2008] [200, Komisyon 2001] [208, Lindforsve diğ. 2006] [318, Eurofer 2007]

4.3.5 Seçici katalitik indirgeme (SCR)

Açıklama

Bkz. Bölüm 3.3.2.8.2.

Elde edilen çevresel faydalar

NO_x emisyonlarının azaltılması

Çapraz ortam etkileri

Bkz. Bölüm 3.3.2.8.2.

İşletim verileri

SCR'nin yeni bir pelet tesisine başarılı bir şekilde kurulabilmesi, sistemin mevcut tesislerde makul maliyetlerle gerekli etkileri sağlayacağı anlamına gelmez. LKAB, mevcut tesisler için boru sonu tekniklerinin olanaklarını zaten araştırmıştır. Genel olarak, sıcaklıklar NO_x 'in azaltılmasını optimize etmek için çok düşüktür. Dolayısıyla, artan yakıt kullanımı ve sonuç olarak daha yüksek emisyonlar ve maliyetler gibi olumsuz etkilere neden olan bu tür bir sistemde gaz akışının önceden ısıtılması gerekir.

Uygulanabilirlik

Hem düz ızgaralı hem de ızgaralı fırın sistemleri olan mevcut tesisler için, bir SCR reaktörüne uygun gerekli çalışma koşullarını sağlamak zordur. Ancak, yeni bir peletleme tesisi için, tesis ve SCR sistemi, gerekli reaktör sıcaklığına ve orta düzeyde gaz akışlarına göre doğru bir şekilde tasarlanabilir. Yüksek maliyetler nedeniyle, atık gazın boru sonu azot oksit azaltımı, yalnızca çevresel kalite standartlarının başka türlü karşılanmasının muhtemel olmadığı durumlarda düşünülmelidir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçesi, ulusal ve uluslararası düzenlemelere, göre ulusal azaltma hedeflerini karşılamak için ulusal emisyonları azaltmaktır.

Örnek tesisler

LKAB, 2010 yılına kadar NO_x azaltımı konusunda kapsamlı bir araştırma programına dahil olacaktır. Bu kapsamda İsveç'in Kiruna şehrinde bulunan yeni pelet tesisi KK4'ün NO_x giderme tesisi ile donatılmasına karar verilmiştir.

Alstom seçici katalitik indirgeme (SCR) reaktörü, tam ölçekli bir pilot test için KK4'te kurulmuştur. Test 2008 baharında başlamış olup sonuç 2009'un sonuna kadar açıklanacaktır. Bu sistem, dünyada ızgaralı fırınla çalışan bir peletleme tesisinde kurulan ilk sistem olacaktır ve amaç, bu teknik için çalışma koşullarının optimize edilebileceği koşullar altında yeni bir tesiste bir SCR reaktörünü değerlendirmektir.

Bir SCR'nin ömrü ile ilgili laboratuvar testleri küçük ölçekte gerçekleştirilmiş ve şu ana kadar olumlu sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, peletleme tesislerinde bir SCR reaktörünün işleyişine ilişkin pek çok belirsizlik devam etmektedir.

Referans literatür

[318, Eurofer 2007]

4.3.6 Pelet tesisi su arıtma**Açıklama**

Yıkayıcılardan çıkan atık su, dolaşım havuzuna girmeden önce nötralizasyona tabi tutulur. Oradan çöktürme tanklarına gönderilir. Çamurun çökelme özellikleri çoğu zaman, topaklaştırma maddeleri uygulanarak iyileştirilir. Çöktürücüden gelen atık suyun bir kısmı yıkama suyu olarak yeniden kullanılır. Hollanda'da Corus IJmuiden'de atık suyun başka bir kısmı, tahliye edilerek ek çökeltme için arsenik giderme tesisine yönlendirilir (bkz. Bölüm 4.3.7).

Elde edilen çevresel faydalar

Proses suyunun ön temizliği ve çamurun ayrılması, yıkayıcıdaki suyun geri dönüştürülmesine olanak tanır.

Çapraz ortam etkileri

Çamur Ni, Cr ve Cd gibi ağır metaller içerebilir ve geri dönüştürülmeli veya bertaraf edilmelidir.

İşletim verileri

Bilinen belirli bir sorun yoktur.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Corus, IJmuiden/Hollanda.

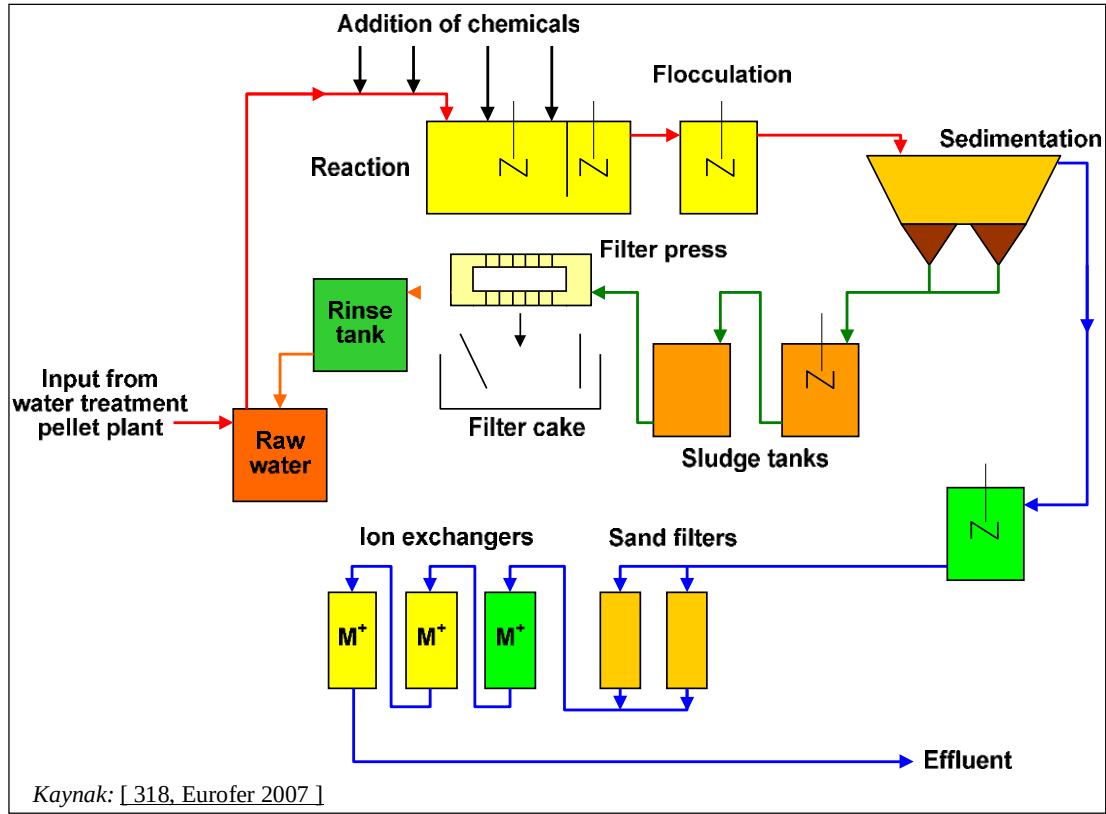
Referans literatür

[114, Remus, Rainer 2008]

4.3.7 Arsenik giderme tesisi

Açıklama

Hollanda’da Corus IJmuiden pelet tesisinin su arıtma tesisinden çıkan atık su, çözünmüş arsenat (As^{5+}) ve arsenit (As^{3+}) içerir. Bazı demir cevherlerinde arsenik bileşikleri bulunur. Arsenit, pH 7’de Fenton reaktifi ($Fe(II)$ klorür ve peroksit kombinasyonu) vasıtasıyla arsenata dönüştürülür ve ardından arsenat çökeltilir. Susuzlaştırmadan sonra arsenik içeren filtre keki geri dönüştürülebilir veya bertaraf edilebilir. Çöktürmeden sonra atık su, artık askıda katı maddeleri uzaklaştırmak için kum filtrelerinden ve diğer ağır metallerin (örneğin Cd, Cr, Cu, Ni) seviyesini kontrol etmek için üç iyon değiştiriciden geçirilir (bkz. Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Bir arsenik giderme tesisinin proses akış diyagramı

Elde edilen çevresel faydalar

Arsenik arıtma tesisinden alınan işletim verileri Tablo 4.5’te gösterilmektedir.

Tablo 4.5: Arsenik giderme tesisinin operasyonel verileri (2007)

Parametre	Aralık	Birimler
Askıda katı maddeler	<10 – 95	mg/l
KOİ	56 – 81	mg/l
Kjeldahl-N	8,1 – 15	mg/l
Florürler	1300 – 2000	mg/l
Cd	1 – 1,7	$\mu g/l$
Hg	0,25 – 2	$\mu g/l$
As	10 – 27	$\mu g/l$
Cr	13 – 18	$\mu g/l$
Pb	10 – 83	$\mu g/l$
Zn	43 – 95	$\mu g/l$
Ni	44 – 64	$\mu g/l$
Cu	<1 – 19	$\mu g/l$

Kaynak: [163, Infomil 2009].

Çapraz ortam etkileri

Arsenik çamuru Ni, Cr ve Cd gibi ağır metaller içerebilir ve geri dönüştürülmeli veya bertaraf edilmelidir.

İşletim verileri

Bilinen belirli bir sorun yoktur. Kimyasal tüketimi bildirilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Arsenit ve arsenatın giderilmesi, tüm yeni ve mevcut su arıtma tesislerinde boru sonu çözümü olarak uygulanabilir.

Ekonomik boyut

2004 yılında 55 m³/s kapasiteli bir arsenik giderme tesisinin yatırım maliyeti 2,6 milyon EUR düzeyindeydi. Bu maliyetler aynı zamanda arsenik ve ağır metallerin çıkış suyu sınır değerlerine de bağlıdır.

Uygulamanın gerekçesi

Hollanda IJmuiden'deki Corus tesisi, yasal sınırlara uymak ve işletme maliyetlerini azaltmak için optimize edilmektedir.

Örnek tesisler

Corus, IJmuiden/Hollanda'da arsenik giderme tesisi Ağustos 2004'ten beri faaliyettedir.

Referans literatür

[318, Eurofer 2007]

4.3.8 Sertleştirme bandından duyulur ısının geri kazanımı

Açıklama

Bir peletleme tesisi, sertleştirme bandının baca gazlarının duyulur ısısının verimli bir şekilde kullanılabilmesi şeklinde tasarlanmıştır. Örneğin, birincil soğutma bölümünden gelen sıcak hava, fırınlama bölümünde ikincil yanma havası olarak kullanılır. Buna karşılık, fırınlama bölümünden gelen ısı, sertleştirme bandının kurutma bölümünde kullanılır. İkincil soğutma bölümünden gelen ısı da kurutma bölümünde kullanılır.

Hollanda'daki entegre bir çelik fabrikasında yer alan peletleme tesisinde soğutma bölümü, sertleştirme bandında kullanılacak olandan daha fazla duyulur ısı üretir. Eskiden bu ısı kullanılmazken 1980'li yılların ortalarından beri kurutma ve öğütme ünitesinin kurutma odalarında bu duyulur ısı kullanılmaktadır. Sıcak hava, 'sıcak hava devridaim kanalı' adı verilen yalıtılmış bir boru hattı aracılığıyla taşınır.

'Sıcak hava devridaim kanalı', sertleştirme bandının soğutma bölümünden yaklaşık 150.000 m³/s sıcak havayı (250 °C) kurutma ve öğütme bölümündeki değirmenlere taşır. Kurutma bölümünde öğütme öncesi konsantreleri ve ince taneleri kurutmak için sıcak hava (600 – 800 °C) kullanılır. Soğutma bölümünden gelen sıcak hava kullanılarak, kurutma odasında önemli ölçüde daha az fırınlamaya ihtiyaç duyulur.

Elde edilen çevresel faydalar

Yukarıda belirtilen peletleme tesisinin brüt enerji tüketimi yaklaşık 1,4 GJ/t pelettir (İsveç'te ham madde olarak konsantr e manyetit ile çalışan bağımsız tesislerle karşılaştırıldığında, bu tüketim önemli ölçüde daha yüksektir – bkz. Tablo 4.1 ve Bölüm 4.2.2.4). Isı geri kazanımı yoluyla yaklaşık 0,7 GJ/t pelet enerji sağlanırken, yakıt yoluyla yaklaşık 0,7 GJ/t pelet enerji verilir. 'Sıcak hava devridaim kanalı' bu hesaplamaya dahildir ve yaklaşık 67,5 MJ/t pelet (brüt enerji tüketiminin yaklaşık %4'ü) kadar bir enerji geri kazanımı sağlar.

Çapraz ortam etkileri

Soğutma bölgesinden gelen sıcak havanın sertleştirme bandının fırınlama bölgesinde kullanılması, brülör(ler)de daha yüksek alev sıcaklıklarına ve dolayısıyla daha yüksek NO_x emisyonlarına neden olabilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Duyulur ısının geri kazanılması, peletleme tesislerinin prosese entegre bir parçasıdır. Yeni tesislerin mevcut olanlardan daha verimli bir tasarıma sahip olması beklenebilir. 'Sıcak hava devridaim kanalı', karşılaştırılabilir bir tasarıma ve yeterli bir duyulur ısı kaynağına sahip mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Sertleştirme bandındaki ısı geri kazanımı, tesis tasarımının entegre bir parçasıdır ve ek yatırım gerektirmez. 1984 yılında 'sıcak hava devridaim kanalı' devreye alınmıştır. Tahmini yatırım 5 milyon EUR düzeyindeydi. Enerji maliyetlerinden tasarruf yılda toplam 2,8 milyon EUR düzeyindedir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Peletleme tesisi, Corus IJmuiden, Hollanda.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [318, Eurofer 2007]

5 KOK FIRINI TESİSLERİ

[320, Eurofer 2007]

Kömür pirolizi, kok (katı), gazlar ve sıvılar üretmek için kömürün oksijensiz bir atmosferde ısıtılması anlamına gelir. Kömürün yüksek sıcaklıkta pirolizine karbonizasyon denir. Bu proseste, fırının düşük düzeyde çalıştırılmasından kaynaklanan baca gazlarının sıcaklığı normalde 1150 – 1350 °C'dir ve dolaylı olarak kömürü 14 – 28 saat boyunca 1000 – 1100 °C'ye kadar ısıtır. Süre, örneğin fırının genişliğine (yandan ısıtma durumunda), kömürün yoğunluğuna ve istenen kokun kalitesine (örneğin dökümhanelerde veya yüksek fırınlarda kullanım) bağlıdır. Sıcak metal üretimindeki en önemli indirgeyici madde, karbondioksit oluşturarak dolaylı olarak ya da doğal karbon içeriğini kullanarak doğrudan oksijeni uzaklaştıran koktur. Kokun gazlaştırılması aynı zamanda indirgeme prosesi için gerekli olan ısının sağlanmasına da hizmet eder. Kok, hem bir destek malzemesi hem de stok sütununda gazın içinde dolaştığı bir matris işlevi görür. Kokun yerini tamamıyla kömür veya diğer yakıtlar alamaz.

Yalnızca doğru plastik özelliklere sahip belirli kömürler (örneğin koklaşabilir veya bitümlü kömürler), kok kömürüne dönüştürülebilir ve cevherlerde olduğu gibi, yüksek fırın verimliliğini artırmak ve kok bataryasının ömrünü uzatmak için çeşitli türler harmanlanabilir. Karbon içeren diğer malzemeler de çevre üzerinde herhangi bir olumsuz etki olmaması koşuluyla küçük miktarlarda uygulanabilir (örneğin petrol koku, parçalanmış kullanılmış kauçuk lastikler). Kömürün daha iyi sıkıştırılması için yağ veya yağ artıkları eklenir.

5.1 Uygulanan proses ve teknikler

[204, Neuwirth ve diğ. 2003] [207, Ameling ve diğ. 2004] [320, Eurofer 2007]

Modern kok fırınlarının temel tasarımı 1940'larda geliştirilmiştir. Fırınlara yaklaşık 12 m uzunluğunda, 4 m yüksekliğinde ve 0,5 m genişliğindeydi ve her iki yanında kapılar vardı. Hava beslemesi, sıcak çıkış gazı tarafından önceden ısıtılıyordu; atık ısı geri kazanımı, daha yüksek sıcaklıklar ve daha yüksek koklaşma oranları sağlıyordu. 1940'lardan bu yana proses mekanize edilmektedir ve fırınların yapımında kullanılan malzemeler, önemli tasarım değişiklikleri olmaksızın iyileştirilmiştir. Bataryalar, 14 m uzunluğunda ve 6 m yüksekliğinde 70 adede kadar fırın içerebilir. Isı transferi gereksinimleri nedeniyle, genişlikler 0,3 ila 0,6 m arasında kalmıştır. Bataryadaki her fırın 30 tona kadar kömür alabilir. Yakın zamanda inşa edilen bazı kok fırını tesislerinin boyutları daha da büyütülmüştür. Örneğin, 2003 yılında faaliyete geçen Almanya'nın Duisburg-Schwegern kentinde kullanılan kok fırını tesisinin (bkz. Şekil 5.1) odaları yaklaşık 20 m uzunluğunda, 8,3 m yüksekliğinde ve 0,59 m genişliğindedir ve her bir odanın kömür kapasitesi yaklaşık 70 tondur. Şekil 5.1'de Duisburg-Schwegern/Almanya'daki kok fırını tesisinin fotoğrafı gösterilmektedir.



Kaynak: [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008]

Şekil 5.1: Duisburg-Schwegern/Almanya'daki kok fırını tesisinin fotoğrafı

Son yıllardaki gelişmeler de özellikle proseslerden kaynaklanan emisyonların en aza indirilmesine ve operatörler için çalışma koşullarının iyileştirilmesine yöneliktir.

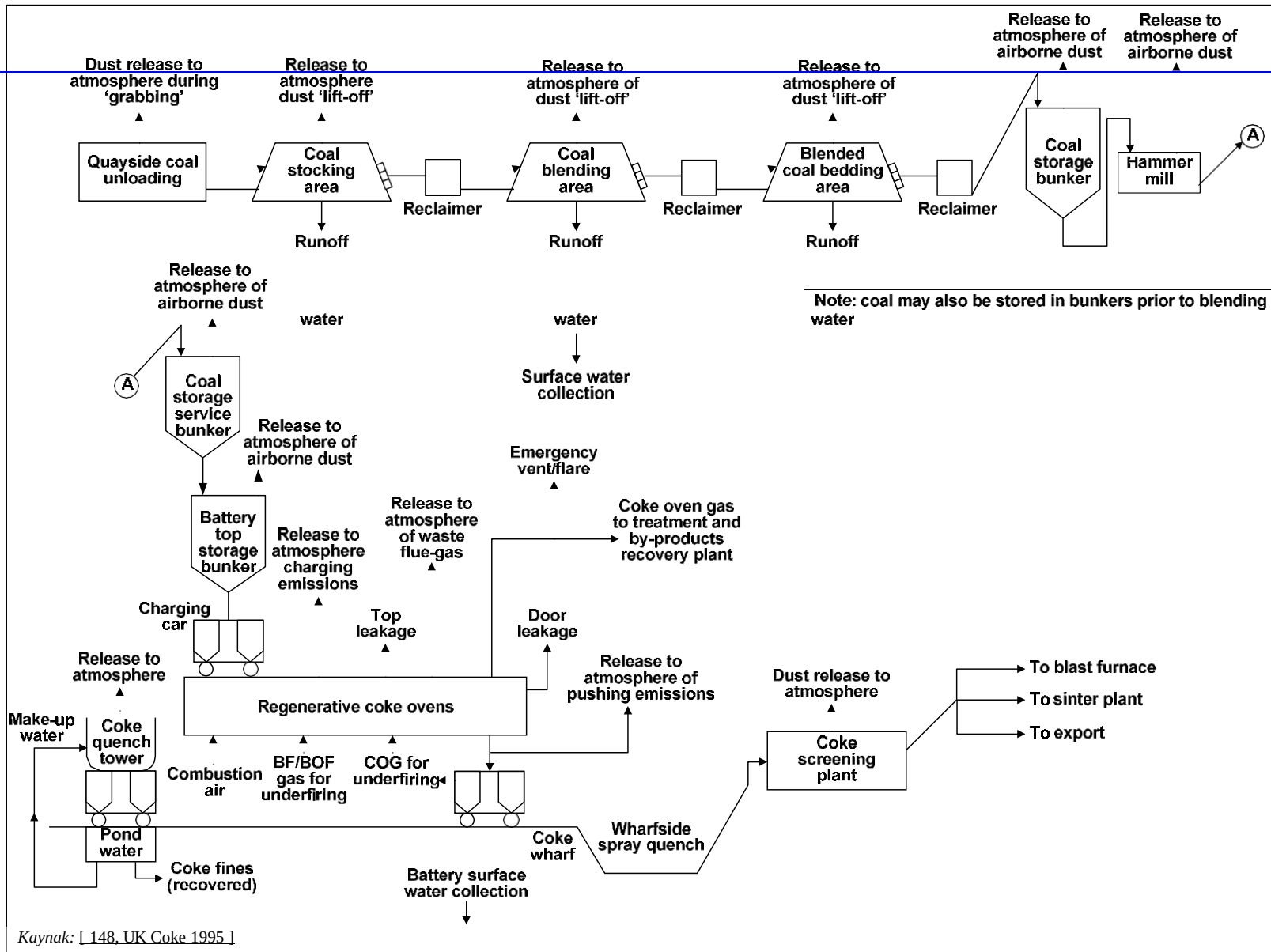
Daha önce açıklanan yatay odada koklaştırmanın yanı sıra, 'ısı geri kazanımıyla' (geri kazanım olmadan) kok yapımı son yıllarda önem kazanmıştır, ancak bu teknik bugüne kadar Avrupa'da uygulanmamıştır. Isı geri kazanımlı kok yapımı, geleneksel yatay odalı sistemlerle kıyaslandığında tasarım açısından açıkça farklılık gösteren fırın sistemlerinin kullanılmasını gerektirir.

Kok yapma prosesi alt bölümlere ayrılabilir:

- Kömür taşıma ve hazırlama
- Bataryanın çalıştırılması (kömür yükleme, ısıtma/fırınlama, koklaştırma, kok itme, kok söndürme)
- Kok taşıma (boşaltma, depolama, aktarma) ve hazırlama
- Geleneksel bir kok tesisinde geri kazanım ve yan ürünlerin arıtılmasıyla kok fırını gazı (KFG) arıtımı

- Bir ısı geri kazanım kok tesisinde pişirme ısısının geri kazanılması ve baca gazının arıtılması. Atık su (KFG arıtımından gelen) arıtma tanımını netleştirmek için, geleneksel koklaştırma prosesindeki su akışları da burada açıklanmaktadır.

Şekil 5.2’de, kok üretmek için gerekli tüm işlem ve proseslerin basitleştirilmiş bir şeması gösterilmektedir (emisyon kaynakları gösterilmektedir). Yukarıda belirtilen ana adımlar aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 5.2: Emisyon kaynaklarını gösteren bir kok fırını tesisinin tipik akış diyagramı

5.1.1 Kömür taşıma ve hazırlama

[223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007]

Kömür taşıma ve hazırlama aşağıdaki adımlardan oluşur:

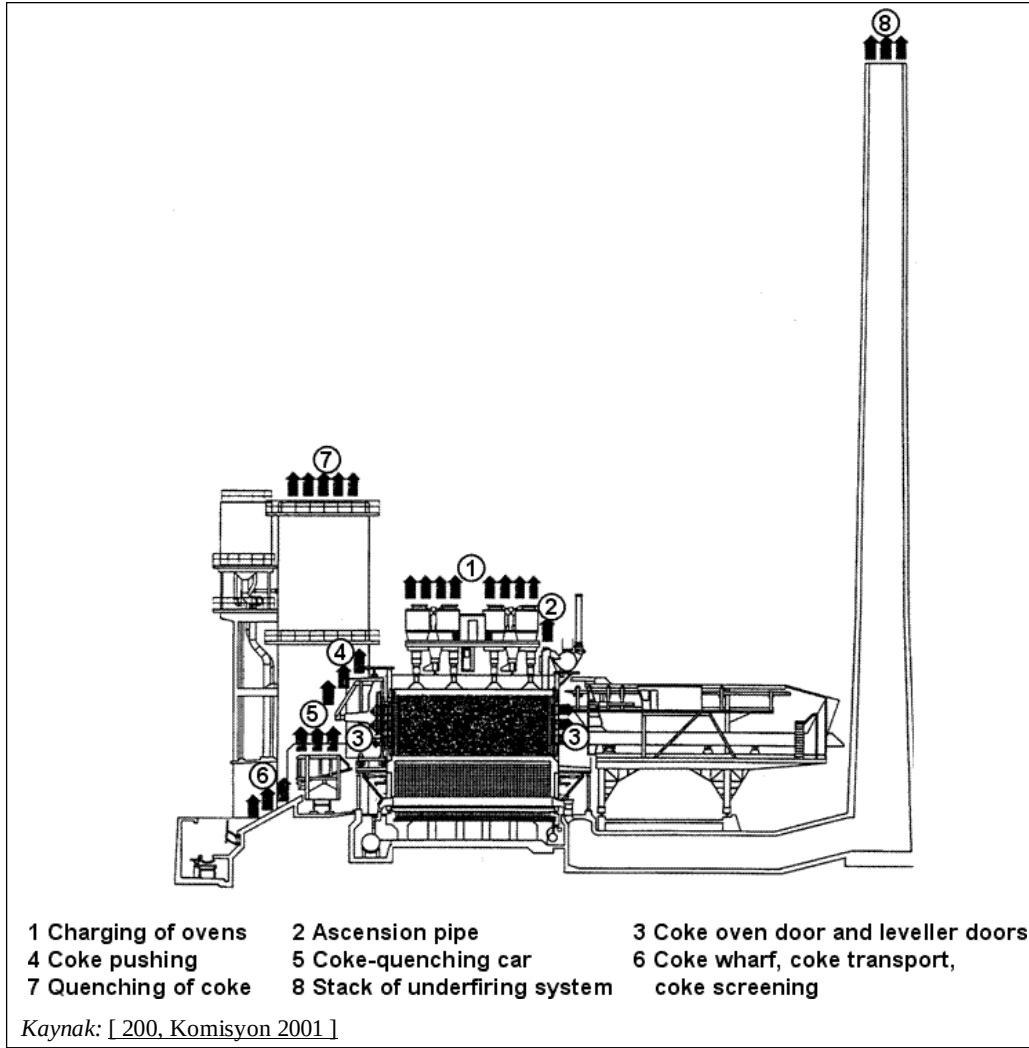
- Kömürün boşaltılması: Kömür, gemilerden veya trenlerden bir taşıma sistemine yüklenmek veya depolanmak üzere boşaltılır. Bu iş için genellikle kepçeli büyük vinçler kullanılır. Rüzgar ve taşıma işlemleri kömür tozu emisyonlarına neden olabilir.
- Kömür depolama: Kok fırını tesisleri normalde büyük kömür stoklama alanlarıyla ilişkilendirilir. Rüzgar, kömür tozu emisyonlarına neden olabilir. Yağmur ve su püskürtmeden kaynaklanan yüzey akışı sularının arıtılmasına (çökeltme) dikkat edilmelidir.
- Kömür nakliyesi: Konveyör ile kömür nakliyesi; binalar dışındaki olası aktarma noktaları ve kara yolu ile nakliye dikkate alınmalıdır.
- Kömür hazırlama: Bu, toz emisyonlarına yol açabilen kırma ve yatak veya bunkerde harmanlamayı içerir. Kömür, %80-90'ı 3,2 mm'lik elekten geçecek şekilde toz haline getirilerek koklaştırmaya hazırlanır. Harmanlama sırasında katran gibi geri dönüştürülmüş maddeler eklenebilir ve bu da uçucu bileşiklerin emisyonlarına yol açabilir.
- Kömür kulesinin yüklenmesi (kömür tozu emisyonları oluşabilir)
- Yükleme arabasının yüklenmesi (kömür tozu emisyonları oluşabilir)
- Alternatif olarak doldurulabilen ve boşaltılabilen iki harmanlama yatağının çalıştırılması. Bir yatak doldurulurken, diğeri kazıma cihazları ile kömürü kömür kulesine iletir. Su püskürtücüler toz emisyonunu engeller ve su püskürtme ile besleyicinin yükseklik kontrolü sürekli olarak gerçekleştirilir.

5.1.2 Kok fırını batarya işlemleri

Bir kok fırını bataryasının çalışması şunları içerir:

- Kömür yükleme
- Odaların ısıtılması/ateşlenmesi
- Koklaştırma
- Kok itme
- Kok söndürme.

Bu işlemler, bir kok fırını tesisinden çıkan emisyonların büyük kısmından sorumludur. Bu nedenle, emisyon kaynakları hakkındaki bilgilerle birlikte burada daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Şekil 5.3, bataryanın yerleşimini ve ana emisyon kaynaklarını göstermektedir.



Şekil 5.3: Bir kok fırını bataryasının ana emisyon kaynaklarını gösteren şematik diyagramı

5.1.2.1 Kömür yükleme

[320, Eurofer 2007] [102, Eurofer 2008]

Kok fırınlarını toz haline getirilmiş kömürle (toz haline getirilmiş kömürün %80 – 90'ı <3,2 mm'dir) yükleme deliklerinden doldurmak için çeşitli teknikler vardır. En yaygın teknik, arabaları yükleyerek gerçekleştirilen yer çekimiyle yüklemedir (bkz. Şekil 5.4). Yükleme işlemi, ilk yükleme deliği kapağının kaldırılmasıyla başlar ve son yükleme deliğinin kapatılmasıyla sona erer. Tüm işlem yaklaşık 2 ila 3 dakika sürerken yükleme prosesinin kendisi odanın boyutuna bağlı olarak yaklaşık 45 ila 60 saniye sürer. Bu, hız kontrollü yatay spiral besleyiciler veya döner tablalarla eş zamanlı, sıralı veya kademeli yükleme şeklinde olabilir. Boru hattıyla yükleme veya presli yükleme gibi diğer sistemler de uygulanmaktadır.

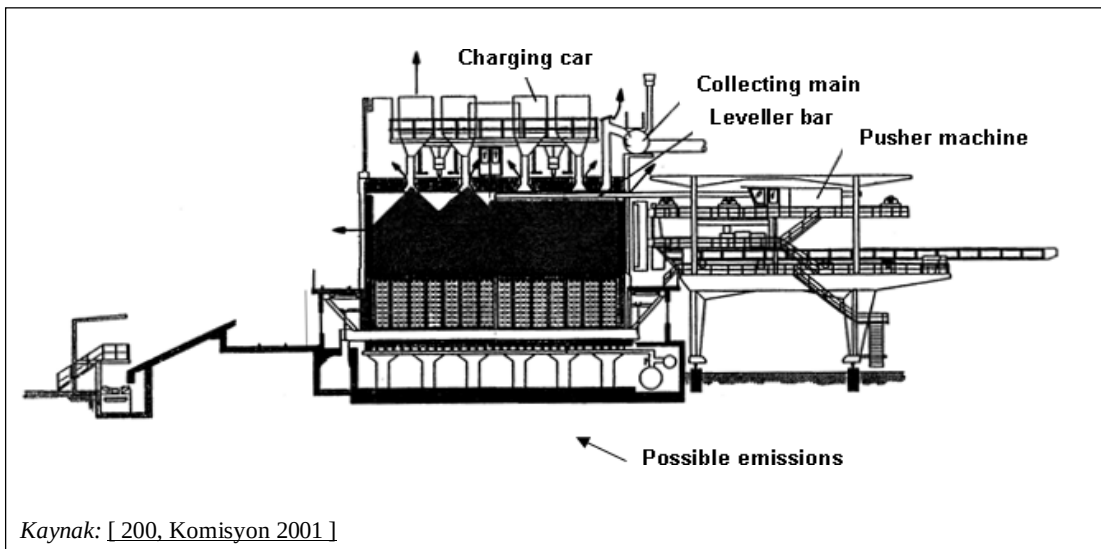
Presli yükleme sisteminde, makine tarafında kok fırını bataryasının kapı açıklığından yükleme gerçekleştirilir. Kok fırını tesislerinde presli yükleme tekniğinin iki sistemi şu şekilde uygulanmaktadır:

- Klasik presli yükleme tekniğinde yükleme makinesi, bir kömür bunkerinden ve her yüklemeden sonra hareket eden bir yükleme kutusundan oluşur. Bir kok fırın odasının doldurulması için gerekli olan kömür harmanı, besleyiciden yükleme kutusuna yüklenir. Yükleme kutusunda karışım sıkıştırılır ve daha sonra kok fırını odasına yüklenir.

- Kömür preslemenin yeni bir yolu, "sabit preslemedir". Kömür kulesinin altında yer alan tokmak üniteleri yükü sıkıştırarak yükleme makinesinin yükleme kutusuna iletir. Yükleme makinesi hareketli bir elemandır ve ana görevi sıkıştırılmış yükü kok fırını odasına yüklemektir.

Presli yüklemenin avantajı, düşük kaliteli kömürle bile yüksek kaliteli kokun üretilmesidir. Kömürün yükleme makinesinde preslenmesi 4 ila 17 dakika sürer. Yükün yoğunluğu, yer çekimi yüklemeli sistemlerdeki kömürün yoğunluğundan %20 – 50 daha fazladır. Ayrıca 'sabit presleme', tokmak ünitesinin daha verimli çalışmasını sağlar ve yükleme makinesi, klasik yükleme makinelerine kıyasla daha küçük ve daha hafiftir.

Kullanılan sistemden bağımsız olarak, kömürün akışı kontrol altında tutulmalıdır. Tüm bu sistemler için genel önlemler verilmiştir. Bu önlemlerin amacı, "dumansız" yükleme (düşük emisyonlu yükleme) sağlamaktır.



Şekil 5.4: Bir yükleme arabası kullanılarak bir kok fırını odasına kömürün yüklenmesini ve emisyon noktalarını gösteren diyagram

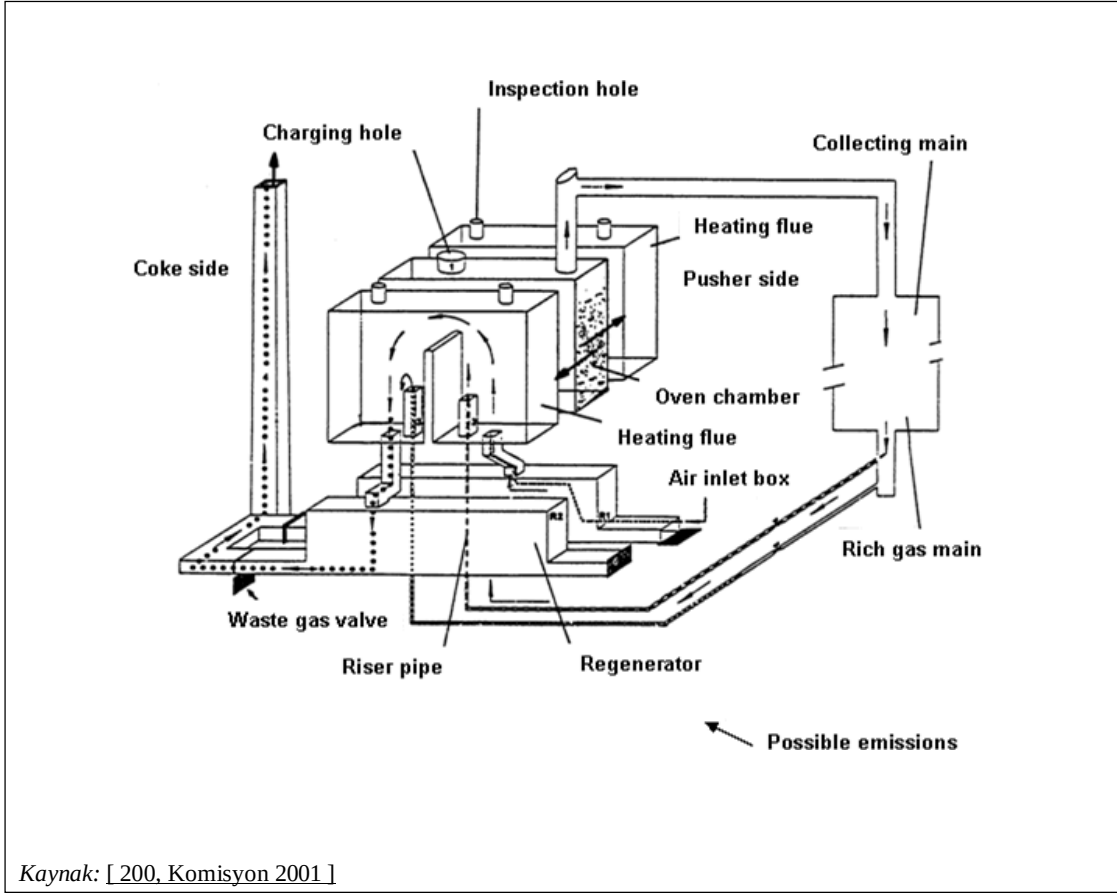
5.1.2.2 Odaların ısıtılması/ateşlenmesi

[223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007]

Kok fırını odaları, ısıtma duvarlarıyla ayrılmıştır. Tüm odalar ısıya dayanıklı (silika) tuğlalarla kaplanmıştır. Bu ısıtma duvarları, kok fırını duvarının yüksekliğine bağlı olarak, yakıt beslemesi için ağızlıkları ve bir veya daha fazla hava giriş kutusu bulunan bir dizi ısıtma bacasından oluşur. Isıtma bacasının çalışması için gerekli ortalama ağızlık tuğlası sıcaklığı genellikle 1150 ila 1350 °C arasında ayarlanır. Yakıt olarak genellikle temizlenmiş kok gazı kullanılır, ancak (zenginleştirilmiş) yüksek fırın gazı gibi başka gazlar da kullanılabilir. Temizlenmiş kok fırını gazı yaklaşık 17540 kJ/m³'lük bir ısı değere sahipken karışık yakıt gazları için bu değer yaklaşık 4200 kJ/m³ düzeyindedir.

Enerji verimliliğini artırmak için, baca gazlarından gelen ısıyı yanma havası ve/veya proses gazları ile değiştiren rejeneratörler doğrudan fırınların altında yer almaktadır. Şekil 5.5, bir kok fırını ısıtma sisteminin emisyon noktalarıyla birlikte şematik bir diyagramını göstermektedir. Isıtma duvarları çatlaklar nedeniyle tamamen gaz geçirmez değilse, koklaştırma sırasında üretilen kok fırını gazı baca gazına ulaşacak ve eksik yanmaya ve bacada emisyonlarla neden olacaktır.

Benzenin eksik yanmasından kaynaklanan kurum oluşma mekanizmaları ve ürünleri için bkz. [213, Bittner ve diğ. 1983] ve [214, Richter ve diğ. 2000].



Şekil 5.5: Bir kok fırını ısıtma sisteminin emisyon noktalarını gösteren şematik diyagramı

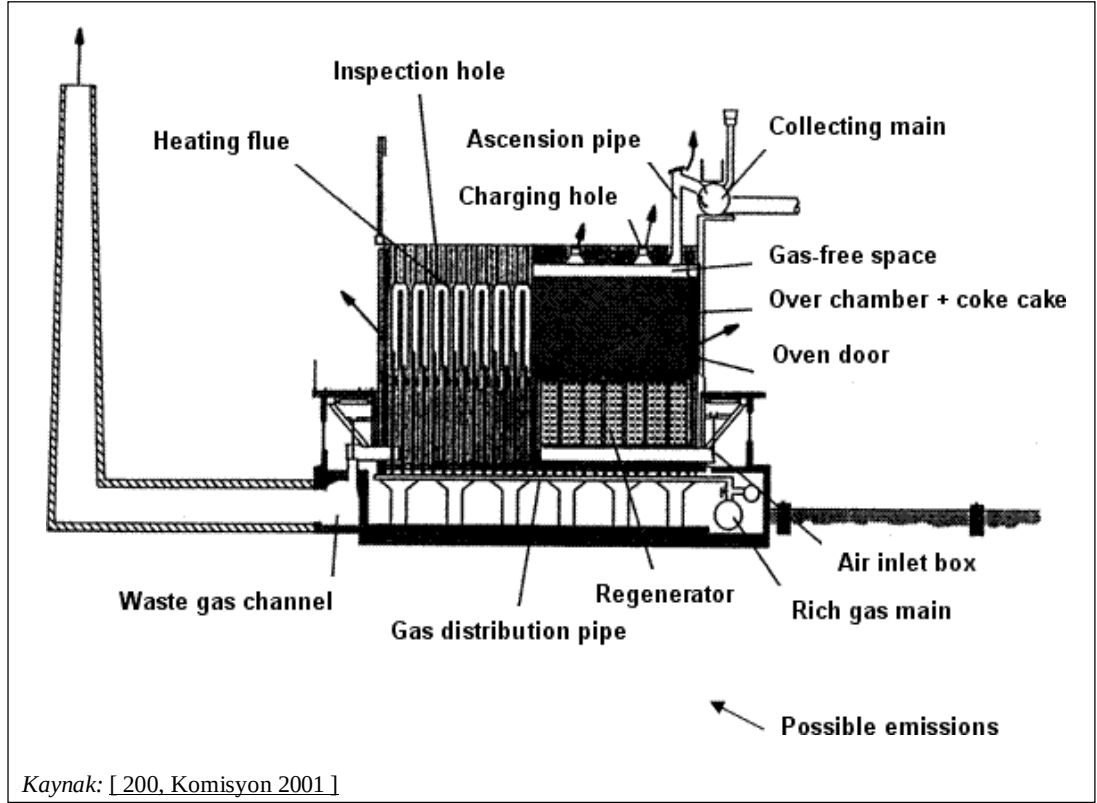
Şekil 5.5'te gösterilen tasarım, tek aşamalı bir yanma içindir, ancak bugün çoğu modern tesiste çok aşamalı yanma uygulanmaktadır. Yakıt olarak kullanılan ham kok fırını gazı (KFG) normalde önceden kükürttten arındırılır.

5.1.2.3 Koklaştırma

Koklaştırma prosesi, kömür yüklemenden hemen sonra başlar. Uzaklaştırılan nem, yüklenen kömürün yaklaşık %8-15'ini oluşturur. Neme ek olarak, karbonizasyon gazı üretilir. Uçucuların toplam miktarı yaklaşık %25'tir [320, Eurofer 2007]. Bu ham kok fırını gazı (KFG), yükselme boruları vasıtasıyla toplama hattına boşaltılır. Bu gazın yüksek ısı değeri, arındırmadan sonra yakıt olarak kullanılabileceği anlamına gelir (örneğin, batarya ısıtması için). Kömür, yukarıda açıklanan ısıtma/fırınlama sistemi ile ısıtılır ve kömürün merkezi 1000 – 1100 °C sıcaklığa ulaşana kadar kok fırınında kalır.

Tam koklaştırma prosesi, örneğin fırının genişliğine (yandan ısıtma durumunda), kömürün yoğunluğuna ve istenen kok kalitesine (örneğin dökümhanelerde veya yüksek fırınlarda kullanım) bağlı olarak yaklaşık 14 – 28 saat sürer [207, Ameling ve diğ. 2004] [223, USEPA 2001]. Koklaştırma süresi, kömür karışımına, nem içeriğine, düşük seviyede çalıştırma oranına ve kokun istenen özelliklerine (örneğin, dökümhane koku, yüksek fırın kokundan daha fazla süre gerektirir) göre belirlenir. Koklaştırma süresi doğru ayarlanmadığında "yeşil" kok üretilir. Yeşil kok, kok üreticileri tarafından tercih edilmeyen kalitesiz bir koktur [223, USEPA 2001].

Şekil 5.6, koklaştırma sırasındaki ana emisyon kaynaklarını göstermektedir. Kok fırını odalarında pozitif basınç (5 – 7 m yüksekliğindeki fırınlarda 10 – 15 mm H₂O kolonu) nedeniyle kapı emisyonları, yükleme deliklerinden ve yükselme borularından kaynaklanan emisyonlar ve ayrıca duvar çatlaklarının olduğu yerlerde eksik yanmış KFG emisyonları olabilir (bkz. Bölüm 5.1.2.2) [320, Eurofer 2007].

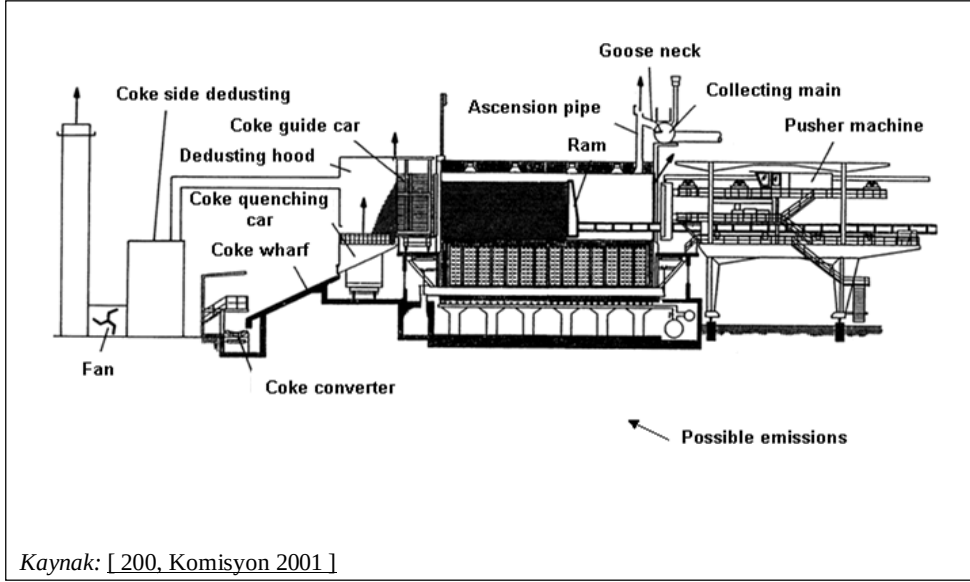


Şekil 5.6: Koklaştırma sırasında olası emisyon noktalarını gösteren bir kok fırını odasının şematik diyagramı (oklarla gösterilmiştir)

Genel olarak, kok verimi 700 ila 800 kg kuru kok/t kuru kömür arasında ve gaz üretimi 140 ila 200 kg KFG/t kuru kömür arasında değişir. Ancak, kok veriminin ve KFG üretiminin ve bileşiminin, büyük ölçüde kömür bileşimine ve koklaştırma süresine bağlı olduğuna dikkat edilmelidir.

5.1.2.4 Kok itme

Tamamen karbonize edilmiş kok, genellikle bir dakikadan kısa bir sürede (bkz. Şekil 5.7) [223, USEPA 2001] itme makinesinin tokmağı tarafından fırının dışındaki bir konteynere ve bir kok kılavuz arabasıyla (aktarma makinesi) ‘kok söndürme arabasına’ itilir. Havadaki oksijenle temas, kokun anında yanmaya başlamasına neden olur.



Şekil 5.7: Kok fırınından bir söndürme arabasına karbonize kokun itilmesini ve emisyon noktalarını gösteren diyagram

5.1.2.5 Kok söndürme

Temelde, kok fırınından çıkan kırmızı sıcak koku söndürmenin iki yolu vardır: Islak söndürme ve kuru söndürme [320, Eurofer 2007] [334, Eurofer 2007]. Islak söndürme uygulandığında, söndürme arabası koku söndürme kulesine taşır. Islak söndürme, büyük miktarda su tüketimine neden olur. Yanmayı önlemek için kokun sıcaklığı 1100 °C'den 80 °C'ye düşürülür [223, USEPA 2001]. Buharlaşmayan su toplanabilir ve bir sonraki partide kullanılabilir, böylece su tüketimi azalır [320, Eurofer 2007].

Kuru söndürme uygulanırken, söndürme arabası sıcak koku dikey bir söndürme odasına götürür. İnert söndürme gazı, atmosferden izole edilmiş odanın etrafında dolaşır ve böylece kok soğutulurken yanmayı önler. Gaz, termal enerjiyi geri kazanmak için bir ısı eşanjörü tarafından soğutulur.

5.1.3 Kok taşıma ve hazırlama

Söndürmeden sonra kok, konveyörlerle (aktarma noktaları olan), kara yoluyla, demir yoluyla veya bunların herhangi bir kombinasyonu ile kırma ve eleme için ayrı bir binaya taşınmadan önce depolama alanlarında depolanabilir. Islak söndürme kulesinin dibinde, küçük bir kısım kok (kok mıcırı) çöker ve doğrudan sinter bandına iletilir veya sinter prosesi için kenara ayrılır [227, WB 1998].

Büyük taneli kısım (20 – 70 mm) yüksek fırında kullanılır veya piyasaya satılır [320, Eurofer 2007] [321, Eurofer 2007]. Küçük taneli kısım (<20 mm) sinter prosesi için ve çelik fabrikasında kullanılır. Çelik fabrikasında kullanılacaksa daha yüksek oranda hurda ilavesi mümkündür.

Sinter prosesi ve yüksek fırın prosesi için özel gerekliliklere göre, bu kısımlar gerekli boyutu karşılamak için ek kırma işlemine tabi tutulur.

5.1.4 Kok fırını gazının arıtılması

[206, Diemer ve diğ. 2004] [223, USEPA 2001]

Prensipite, büyük miktarda üretilen kok fırını gazının kullanımı için iki seçenek vardır:

- İlkinde, kok fırını gazı tamamen toplanır ve yan ürünlerin temizlenmesi ve geri kazanılması için ek işleme tabi tutulur. Temizlenen kok fırını gazı (ekonomik açıdan değerli yan ürünlerin çıkarılmasından sonra), saha içinde ya da dışarıdaki diğer çelik fabrikası tüketicileri tarafından kok fırını bataryalarında, yüksek fırın sobalarında, yüksek fırınlarda, sinter tesislerindeki ateşleme fırınlarının ısıtılması için, haddehanelerdeki itmeli tip ısıtma fırınlarında ve enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretimi için kullanılır.
- İkinci kullanım seçeneğinde, ısı geri kazanım prosesinde, ham kok fırını gazı, doğrudan koklaştırma reaktöründeki kaynağında ihtiyatlı bir hava beslemesi ile yakılır ve başka bir geri kazanım adımına ihtiyaç duyulmaz. Üretilen ısı kısmen koklaştırma prosesi için kullanılır. Fazla enerji daha sonra buhara ve/veya elektriğe dönüştürülür. Isı geri kazanımlı koklaştırma işlemi, ABD'de 1998'den beri başarıyla uygulanmaktadır.

İlk kullanım seçeneği, Avrupa'da yaygın olarak uygulanan teknik olduğu için aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Diğer bir olasılık ise, temizlenmiş kok gazının, metanolün kimyasal sentezinde veya hidrojen ayrıştırmada ham madde olarak kullanılmasıdır. Çin'de her biri 70 – 200.000 ton/yıl kapasiteli yaklaşık 10 metanol üretim tesisi kullanımdadır. Bunlardan biri, Shaanxi Hancheng Heima Coking Company'nin tesisidir. Sabit yataklı bir reaktör ile tek adımda derin kükürt gidermeden sonra kok fırını gazından metanol sentezi, 2006 yılından beri faaliyette olan Second Design Institute of Chemical Industry (SEDIN) tarafından geliştirilen bir tekniktir.

5.1.4.1 Yan ürünlerin geri kazanılmasıyla kok fırını gazının (KFG) toplanması ve arıtılması

Ham KFG, hidrojen, metan, karbonmonoksit ve hidrokarbonların varlığı nedeniyle nispeten yüksek bir ısı değere sahiptir. Ayrıca ham kok fırını gazı katran, hafif yağ (esas olarak BTX (benzen, toluen ve ksilen) içerir), kükürt ve amonyak gibi değerli ürünler içerir. Tablo 5.1 ham kok fırını gazının bileşimini göstermektedir. Birkaç nedenden dolayı, kok fırını gazı yakıt olarak kullanılmadan önce arıtılmalıdır.

Tablo 5.1: Ham kok fırını gaz üretimi ve bileşimi

Ham gaz	Değerler	Birimler
Verim	280 – 450	m ³ /t kömür
Yoğunluk	0,42 – 0,65	kg/Nm ³
Alt ısı değeri	17,4 – 20	MJ/Nm ³
H ₂	39 – 65	% hac.
CH ₄	20 – 42	% hac.
C _x H _y ⁽¹⁾	2,0 – 8,5	% hac.
CO	4,0 – 7,0	% hac.
H ₂ S	4 – 12	g/Nm ³
CO ₂	1 – 3	% hac.
BTX	20 – 30	g/Nm ³
NH ₃	6 – 8	g/Nm ³
PAH	MD	mg/Nm ³

⁽¹⁾ C_xH_y esas olarak etilen ve etandır. Diğerleri siklopentadien, propan, propilen, bütan, asetilen ve pentendir. Katran yağı, katran asitleri (C_xH_yOH), katran bazları (C_xH_yN), ağır hidrokarbonlar ve ham hafif yağ, soğutma sırasında sıvı ürünler olarak uzaklaştırılır. Ham kok fırın gazının bileşiminde oksijen, azot ve su buharı da bulunur. PAH (örneğin naftalin, fenantren, benzopirenler), azot bileşikleri (örneğin. piridin, HCN, (CN)₂ ve NO₂) ve diğer kükürt bileşikleri (örneğin COS, CS₂, tiyofenler) de görülür.

Not: — Verilen tüm rakamlar kuru kömür girdisine dayanmaktadır.
— MD = Mevcut değil.

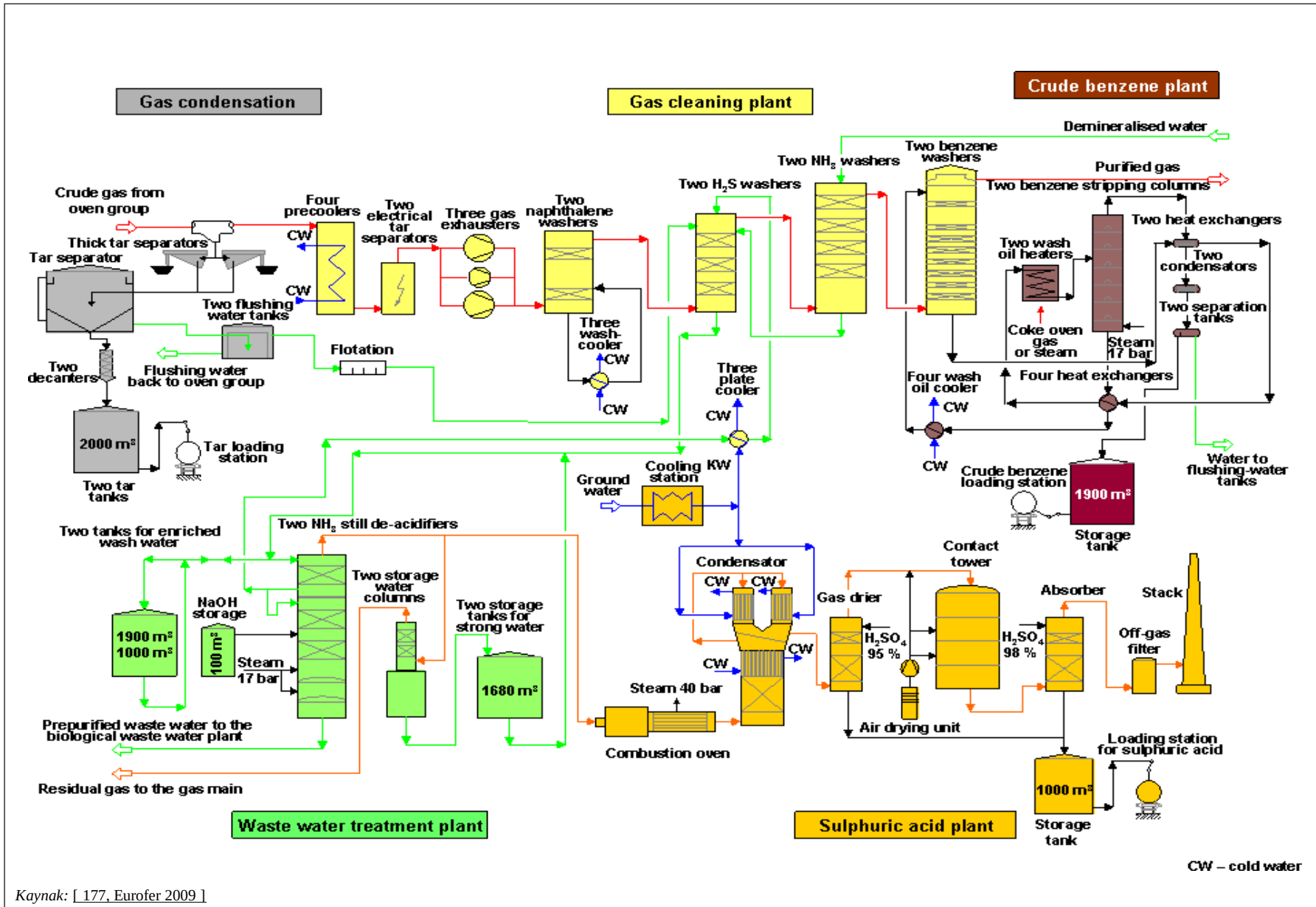
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [206, Diemer ve diğ. 2004] [223, USEPA 2001] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007] [322, Eurofer 2007].

Kok fırını gazının bileşimi koklaştırma süresine ve kömür bileşimine bağlıdır. Verilen veriler susuz ve külsüz kömür içindir. Ham gazdaki katran ve naftalin, boruları ve ekipmanları kirletebilir ve ilk olarak uzaklaştırılması gereken unsurlardır. Üretilen her bir ton kok için yaklaşık 25 ila 45 kg katran geri kazanılabilir [223, USEPA 2001]. Katrandan çeşitli ürünler geri kazanılabilir (örneğin zift, antrasen yağı, yıkama yağı, naftalin yağı, karbolik yağ (fenol) ve hafif yağ) [320, Eurofer 2007].

Yakıt olarak ham temizlenmemiş KFG kullanılırsa, kükürt bileşikleri de SO₂ emisyonlarına, kükürt bileşikleriyle birlikte amonyak da boruların ve ekipmanların aşınmasına neden olur. Üretilen her bir ton kok için yaklaşık 3 kg amonyak ve 2,5 kg H₂S üretilir.

Bazı durumlarda BTX ham KFG'den değerli bir yan ürün olarak geri kazanılır. Üretilen her bir ton kok başına 15 kg'ye kadar hafif yağ geri kazanılabilir. Bu yağ benzen, toluen, ksilenler, aromatik olmayanlar, homolog aromatikler, fenol, piridin bazları ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi diğer organik bileşikler içerir.

Şekil 5.8: Yan ürünlerin geri kazanıldığı bir KFG arıtma tesisinin tipik şeması, tipik bir KFG arıtma tesisini göstermektedir. Prosesin ana adımları aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 5.8: Yan ürünlerin geri kazanıldığı bir KFG arıtma tesisinin tipik şeması

5.1.4.2 Gaz soğutma

Sıcak ham fırın gazı yükselme borularına yaklaşık 1000 °C sıcaklıkta girer. Gaz soğutma, farklı sıvılar aracılığıyla gerçekleştirilir. Şekil 5.9'da, bir kok fırın tesisindeki örnek su akışlarının şematik bir diyagramı yer almaktadır. Ancak, başka birçok alternatif düzen de mevcuttur.

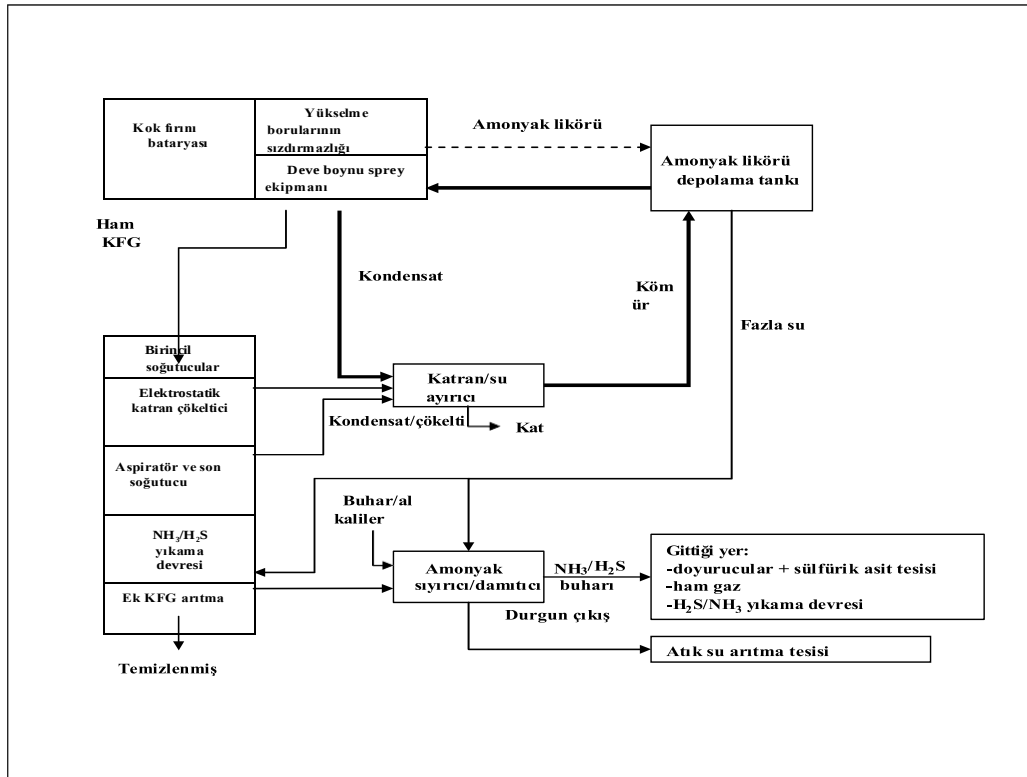
Deve boynunda, bir amonyak likörü spreyi ile yaklaşık 80 °C'lik bir buhar doyma sıcaklığına gelecek şekilde doğrudan soğutulur. Bu, karbonize edilen her bir ton kömür için 2 – 4 m³ amonyak likörü gerektirir.

Kullanılan amonyak likörü ile kimyasal su ve kömür nemi kondensatı tarafından oluşturulan sıvı faz, katran/su ayırıcıya beslenirken, gaz fazı birincil soğutuculara yönlendirilir. Eskiden birincil soğutucuların açık sistem olarak çalıştırılması yaygındı. Günümüzde kapalı soğutma sistemleri ile dolaylı soğutma daha sık kullanılmaktadır. Doğru sıcaklıkta yeterli soğutma suyu mevcut olduğunda, ortalama bir ortam sıcaklığında gaz 20 °C'nin altına soğutulabilir. Bu koşullar altında, daha yüksek kaynama noktalı bileşiklerin çoğu ve gazın buhar kısmından gelen su yoğunlaşacaktır [320, Eurofer 2007].

Damlacıklar ve partiküller, gazın aspiratörler (emme fanları) tarafından yıkama tesislerine çekilmesinden önce, akış yönündeki elektrostatik katran çökticilerde çökeltirilir. Nadiren, elektrostatik katran çökticiler, egzozların akış yönünde kurulur. Elektrostatik katran çökticiden çıkan çökelti de katran/su ayırıcıya yönlendirilir.

Emme fanları gazın sıkıştırılmasına neden olur ve fanlar bu sıkıştırmanın çok az olacağı şekilde ayarlanmış olsa bile, akış yönündeki proses koşulları göz önüne alındığında ilgili sıcaklık artışı tolere edilemez. Bu, 'son soğutucuların' kullanılmasını zorunlu kılar.

Son soğutucular dolaylı veya doğrudan soğutma uygulayabilir. Doğrudan soğutma uygulandığında, soğutma suyu KFG'deki safsızlıkları soğurur. Daha sonra, soğutma döngüsünün sonunda, doğal çekişli veya fanlı soğutucular kullanılarak geri akışlı soğutma sırasında kaçınılmaz olarak emisyonlar üretilir. Bu nedenle, bazı tesislerde hala açık devreler çalıştırılrsa da, genellikle son soğutma için kapalı sistemler tercih edilir [320, Eurofer 2007].



Şekil 5.9: Bir kok fırın tesisindeki örnek su akışlarının şematik diyagramı

5.1.4.3 Kok fırını gazından katran geri kazanımı

Suyun çoğu ve yüksek kaynama noktalı hidrokarbonlar, kok fırını gazının soğutulması sırasında yoğunlaşır. Borulardan ve elektrostatik katran çöktürücüden çıkan kondensat, katranın geri kazanıldığı katran/su ayırıcıya yönlendirilir. Su fazı 'kömür suyu' olarak ayrılır ve amonyak likörü depolama tankına yönlendirilir. Fazla su oradan amonyak sıyrıcıya/damıtıcıya veya H₂S yıkayıcılara gider.

Bazen kömür katranı kalıntılarını (kalın katran) kondensattan çıkarmak için kazıyıcılar kurulur. Bu kömür katranı makul miktarlarda PAH içerir ve genellikle kömür beslemesine geri beslenir [320, Eurofer 2007].

5.1.4.4 Kok fırını gazının kükürt giderimi

Kok fırını gazı, hidrojen sülfür (H₂S) ve çeşitli organosülfür bileşikleri (karbon disülfür (CS₂), karbon oksisülfür (COS), merkaptanlar vb.) içerir. Kullanımdaki tüm ıslak kükürt giderme teknikleri, H₂S'nin giderilmesinde oldukça etkilidir. Organosülfür bileşiklerini uzaklaştırmada daha az verimlidirler. Ticari kok fırını gazı kükürt giderme işlemleri iki kategoriye ayrılabilir:

- Element halindeki kükürt (S₀) üretmek için ıslak oksidasyon kullanılan prosesler
- Daha sonra sülfürik asit (H₂SO₄) veya element halindeki kükürde dönüştürülmek üzere hidrojen sülfürün (H₂S) soğurulduğu ve sıyrıldığı prosesler.

Tüm ıslak oksidasyon proseslerinde, hidrojen sülfürün ıslak oksidasyonla element halindeki kükürt veya sülfata dönüştürülmesini kolaylaştırmak için bir indirgeme oksidasyon katalizörü kullanılır. Tüm bu proseslerde, hidrojen sülfür çok verimli bir şekilde uzaklaştırılır (giriş konsantrasyonuna bağlı olarak 1 – 10 mg/Nm³ kadar düşük artık H₂S konsantrasyonlarına ulaşmak için >%99,9 verimlilik), ancak yüksek oranda kontamine olmuş atık su ve/veya hava üretme dezavantajına sahiptir; bu nedenle kapsamlı arıtma tesisleri prosesin gerekli bir parçasıdır [153, UN-ECE 1990] [320, Eurofer 2007].

Soğurma/sıyırma proseslerinde, genellikle daha düşük H₂S giderimi gerçekleşir (giriş konsantrasyonuna bağlı olarak <1000 mg/Nm³ kadar düşük artık H₂S konsantrasyonlarına ulaşılır), ancak rejenerasyon sistemine hava dahil edilmediğinden ve toksik katalizörler kullanılmadığından, prosesle ilgili kimyasalların havaya veya suya salınan emisyonları en aza indirilir veya ortadan kaldırılır. Prosesler, sülfürik asit (sülfürik asit tesisleri) veya çok yüksek saflıkta element halindeki kükürt (Claus tesisleri) üretmek için çalıştırılabilir. Optimize edilmiş OxyClaus® prosesi veya bir amonyum sülfür yıkama devresi olan ASK (amonyum sülfür Kreislaufwäscher) prosesi gibi daha gelişmiş soğurma prosesleri, kok fırını gazında genellikle 50 – 500 mg/Nm³ arasında H₂S konsantrasyonları ile >%95 kükürt giderme verimliliğine ulaşır.

Yaygın olarak kullanılan bir proses kombinasyonu, düşük basınç aşamasında NH₃/H₂S devre yıkama ve yüksek basınç aşamasında potasyum karbonat yıkama (vakum karbonat prosesi) ile birlikte düşük veya artırılmış basınçta bir BTX yıkayıcının kullanımıdır. Her iki basınç aşamasında da bir BTX yıkayıcı ile birleştirilmiş potasyum karbonat yıkama prosesi de yaygındır.

5.1.4.5 Kok fırını gazından amonyak geri kazanımı

Koklaştırma sırasında oluşan amonyak, hem kok fırını gazında hem de gazdan kaynaklanan kondensatta (zayıf likör) görülür. Amonyakın tipik olarak %20-30'u zayıf likörde bulunur.

Aşağıda açıklanan prosesler, amonyağı kok fırını gazından uzaklaştırmak için ticari olarak uygulanır:

- $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{S}$ yıkama devresi: Bu proste amonyak, yıkama sıvısı olarak su veya seyreltik likör kullanılarak bir amonyak yıkayıcıda kok fırını gazından temizlenir. Amonyak yıkayıcının çıkış suyu, H_2S yıkayıcıda yıkama sıvısı olarak kullanılır. H_2S yıkayıcının çıkış suyu, H_2S ve NH_3 içerir ve amonyak sıyrıcıya ve damıtıcıya yönlendirilir. Bu proses aynı zamanda bir amonyum sülfat yıkama devresi olan Carl Still, Diamex veya ASK prosesi olarak da bilinir. Bazı yıkayıcılarda, yıkama sistemi için dolgu sütunlar kullanılır [204, Neuwirth ve diğ. 2003] [320, Eurofer 2007]
- Amonyum sülfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ olarak doğrudan geri kazanım: Bu prosesin iki türü kullanılabilir:
 - Otto tipi soğurucu ve Wilputte düşük diferansiyel kontrollü kristalizasyon prosesi. Her iki sistemde de KFG'ye seyreltik bir sülfürik asit çözeltisi püskürtülür ve amonyum sülfat elde edilir.
 - Susuz amonyak (NH_3) olarak doğrudan geri kazanım: Amonyağın gazdan susuz amonyak olarak geri kazanımı, United States Steel Corporation tarafından USS PHOSAM adı altında geliştirilmiştir. Bu proste amonyak, amonyak bakımından fakir bir fosfat çözeltisi (fosforik asit) kullanılarak ters akım temasıyla KFG'den temizlenir. Amonyak giderme verimliliği %98 – 99'dur [153, UN-ECE 1990].

5.1.4.6 Kok fırını gazından hafif yağ geri kazanımı

Amonyak soğuruculardan çıkan gaz, özgül ağırlığı 0,88 olan açık sarı-kahverengi hafif yağ içerir. Hafif yağ, kaynama noktaları çoğunlukla 0 ile 200 °C arasında olan ve yüzden fazla bileşen içeren KFG ürünlerinin bir karışımıdır. Bunların çoğu o kadar düşük konsantrasyonlarda bulunur ki geri kazanımları nadiren uygulanabilir. Hafif yağ genellikle BTX olarak adlandırılır. Kullanılabilir başlıca bileşenler benzen (%60 – 80), toluen (%6 – 17), ksilen (%1 – 7) ve solvent naftadır (%0,5 – 3). Hafif yağın geri kazanılması için dört ana yöntem kullanılır [153, UN-ECE 1990]:

- -70 °C'nin altındaki sıcaklıklara ve 10 hPa basınca kadar soğutma ve sıkıştırma.
- Katı adsorbanlarla adsorpsiyon; burada gaz, aktif karbon yatağından geçirilerek ve dolaylı veya doğrudan buharla ısıtma ile karbondan hafif yağ geri kazanılarak hafif yağ gazdan uzaklaştırılır [320, Eurofer 2007].
- KFG'nin bir petrol yıkama yağı, bir kömür katranı fraksiyonu veya başka bir soğurucu ile yıkanmasını ve ardından hafif yağın geri kazanılması için zenginleştirilmiş soğurucunun buharla damıtılmasını içeren solvent kullanımıyla soğurma.

5.1.5 Kok fırını ve yan ürün tesislerinden su akışları

Şekil 5.9'da, bir kok fırın tesisindeki olası su akışlarının bir örneği gösterilmektedir. Ancak, başka birçok alternatif düzen de mevcuttur.

Kok fırınından tahliye edilecek ana su akışları, yükleme gazlarının emilmesi ve doğrudan soğutulması için kaz boyunlarında kullanılan buhar veya amonyak likörü, kömür nemi ve 'kimyasal sudan' (koklaştırma işlemi sırasında oluşan) kaynaklanır.

Doğrudan soğutma durumunda, yan ürün tesisinde kok fırını gazı arıtımından elektrostatik çökticide ve yıkama ünitelerinde ek kondensatlar oluşur.

Toplama hattından (deve boyununun akış yönünde), soğutuculardan ve elektrostatik çökticiden gelen yoğunlaşmış su ve katran, katran/su ayırıcıya yönlendirilir.

Birincil soğutma, doğrudan veya daha sıklıkla dolaylı soğutma ile gerçekleştirilebilir. Dolaylı soğutma durumunda, su kapalı bir döngüde dolaştırılır ve atık su miktarı etkilenmez. Doğrudan gazla soğutma durumunda, soğutma suyu bir yıkama sıvısı olarak kabul edilir ve sonunda damıtıcı aracılığıyla boşaltılır.

Soğutma sularının buharlaştırılmasıyla soğutma sularının ve kondensatların yeniden soğutulması sırasında su kayıpları meydana gelir.

'Kömür suyu' olarak adlandırılan katran/su ayırıcısından çıkan su, yüksek konsantrasyonlarda amonyak içerir ve amonyak likörü depolama tankına yönlendirilir.

Amonyak likörü depolama tankı, deve boynu püskürtme ekipmanı için su sağlar. Amonyak likörü depolama tankındaki fazla su, amonyak sıyırıcıya/damıtıcıya [320, Eurofer 2007] veya H_2S yıkayıcılara [102, Eurofer 2008] yönlendirilir. Amonyak sıyırıcı/damıtıcıda kullanılan buhar kısımları ve NH_3/H_2S yıkama devresinden gelen yıkama sıvısı ile birlikte bu sular, Tablo 5.2'de belirtilen atık suyu oluşturur.

Dolaylı soğutma sistemlerinden ve ıslak oksidatif kükürt giderme sistemlerinden gelen su hariç olmak üzere genellikle tüm su akışlarının nihayetinde amonyak damıtıcısından boşaltıldığı ve bir atık su arıtma tesisine yönlendirildiği belirtilmelidir.

Amonyak damıtıcısında yüksek konsantrasyonlarda NH_3 bulunur. Suyu bir atık su arıtma tesisine veya çevreye boşaltmadan önce amonyak konsantrasyonunun düşürülmesinin birkaç nedeni vardır:

- Amonyak değerli bir yan ürün olarak geri kazanılabilir (amonyum sülfat veya susuz amonyak olarak).
- Serbest amonyak, su ekosistemleri için oldukça zehirlidir (biyolojik atık su arıtma tesisleri dahil).
- Amonyak çok yüksek bir özgül oksijen gereksinimine sahiptir (oksidasyonla nitratlara dönüştürülmesi için kendi ağırlığının 4,5 katı oksijen gerektirir). Bu nedenle, atık su arıtma tesisi veya alıcı su kütleinde oksijen tükenmesi riskine neden olur.

Bu sebeplerle, hemen hemen tüm kok fırını tesislerine amonyak sıyırıcıları kurulur. Bu cihaz, buhar ve alkali ilavesiyle sıvıdan H_2S ve NH_3 'ü ayırır. Buharlar daha sonra ham gaz veya NH_3/H_2S yıkama devresine (H_2S yıkama verimliliğini artırmak için) veya NH_3 ve H_2S 'nin birlikte yakıldığı bir sülfürik asit tesisine yönlendirilir. Bazen NH_3 , doyunlaştırıcılarda bu buharlardan uzaklaştırılarak amonyum sülfat üretir [320, Eurofer 2007].

En yaygın kullanılan alkali kostik sodadır ($NaOH$). Eskiden sönmüş kireç ($CaOH_2$) sıklıkla kullanılıyordu.

Şekil 5.9'da gösterilmeyen bazı olası su akışları şunları içerir:

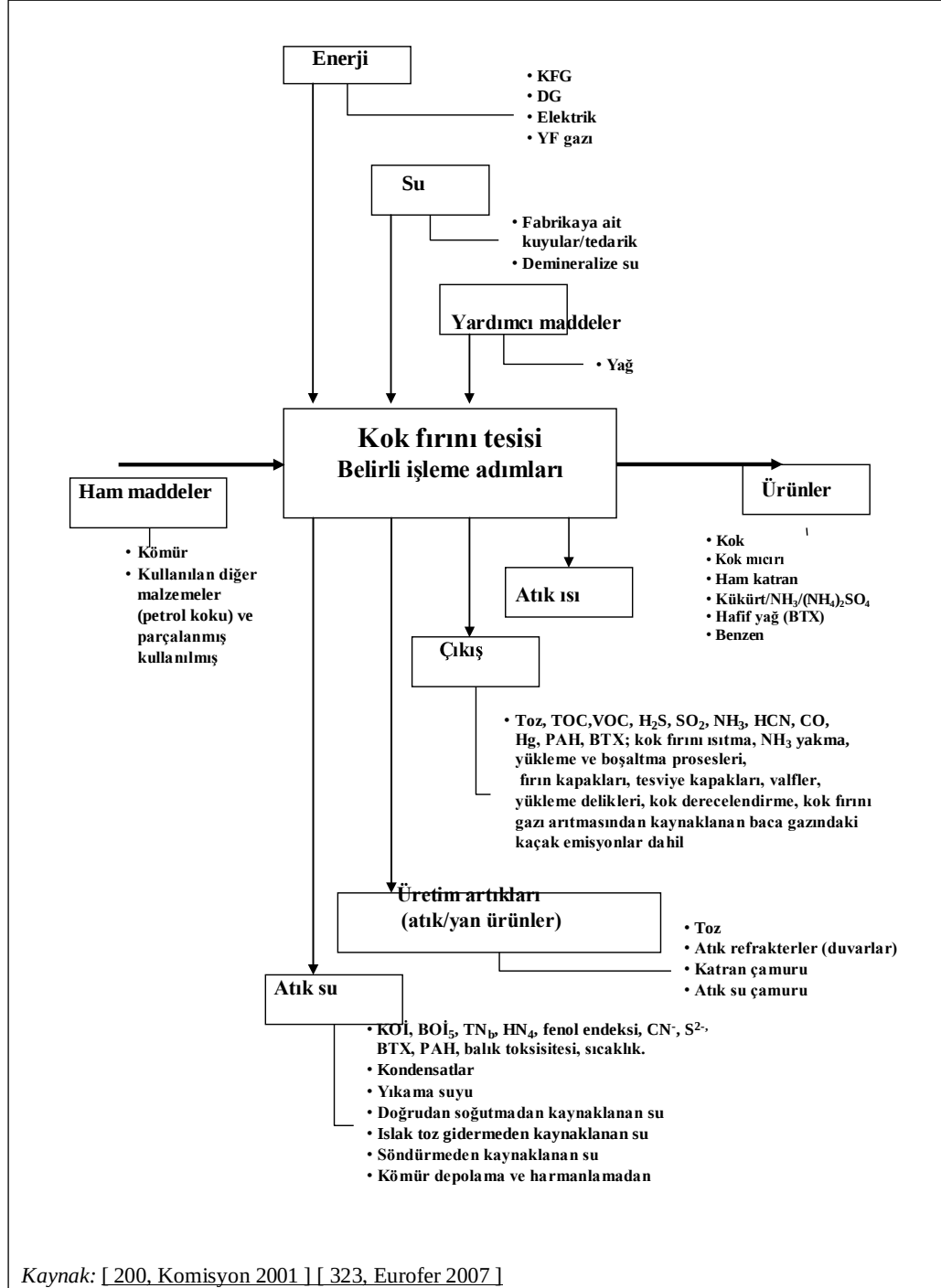
- Katran/su ayırıcıya yönlendirilen BTX geri kazanımından kaynaklanan atık su
- Kömür suyu amonyak likörü depolama tankına yönlendirilmeden önce, bir çözücü ile özütleme prosesiyle kömür suyundan geri kazanılabilecek fenol (konsantrasyon >3 g/l)
- Oksidatif kükürt giderme proseslerinden kaynaklanan ve genellikle ön arıtmadan sonra ayrı olarak deşarj edilen atık su
- Sülfürik asit tesisinden (isteğe bağlı) kaynaklanan ve genellikle damıtıcıya yönlendirilen kimyasal su
- Claus prosesinden (isteğe bağlı) kaynaklanan ve genellikle yoğunlaşmayan ancak bir baca yoluyla atmosfere salınan kimyasal su [21, EC Coke 1996]. Alternatiflerden biri, bu suyun arıtmadan önce ham gaza enjekte edilmesidir.

- Devridaim edilen ve atık su miktarını etkilemeyecek dolaylı gaz soğutma suyu. Doğrudan gazla soğutma durumunda, soğutma suyu bir yıkama sıvısı olarak kabul edilir ve sonunda damıtıcı aracılığıyla boşaltılır.

5.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

5.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri

Şekil 5.10, bir kok fırını arıtma tesisinin girdi ve çıktı kütle akışlarının genel bir görünümünü göstermektedir. Bu genel görünüm, tekli kok fırını tesislerinden veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 5.10: Bir kok fırını tesisinin kütle akışına genel bakış

Kok fırınları için özgül girdi faktörleri ve emisyon faktörleri belirlenmiştir. 2005 yılı için farklı AB Üye Devletlerindeki kok fırını tesislerinin diğer referanslarla tamamlanan girdi ve çıktı verileri Tablo 5.2'de gösterilmektedir.

Tablo 5.2: 2005 yılı için farklı AB Üye Devletlerindeki kok fırını tesislerinin diğer referanslarla tamamlanan girdi ve çıktı verileri

Girdi			Çıktı		
Ham maddeler			Ürünler		
Kömür (kuru)	kg/ton kok	1220 – 1350	Kok (kuru)	kg/t	1000,0
Enerji			KFG	Nm ³ /t kok	360 – 518
YF gazı + KFG	MJ/t kok	3200 – 3900	KFG enerjisinin net	kJ/Nm ³	17000 – 18000
Elektrik	MJ/t kok	20 – 230 ⁽¹⁾	ısı değeri	MJ	7200 – 9000
Buhar			Buhar ⁽²⁾	MJ/t kok	9 – 267/1500 ⁽⁴⁾
Havaya salınan emisyonlar ⁽⁵⁾			Havaya salınan emisyonlar ⁽⁵⁾		
Basınçlı hava			Toz	g/t kok	15,7 – 298 ⁽¹⁾
Oksijen	Nm ³ /t kok	1 – 15	SO _x ⁽⁶⁾	g/t kok	80 – 900 (2820) ⁽⁷⁾
Azot ⁽⁸⁾	Nm ³ /t kok	0,0007	NO _x	g/t kok	336 – 1783 ⁽¹⁾
Asetilen	g/t	0,24	NH ₃	g/t kok	0,5 – 24,7
Su			H ₂ SO ₄	g/t kok	2 ⁽⁹⁾
Proses suyu ⁽¹⁰⁾	m ³ /t kok	0,24 – 1,5	HCN	g/t kok	0,05 – 1,87
Söndürme su ⁽¹¹⁾	m ³ /t kok	0,5 – 1	H ₂ S	g/t kok	12 – 100 ⁽¹⁾
			CO	g/t kok	200 – 4460 ⁽¹⁾
			CO ₂	kg/ton kok	160 – 860 ⁽¹²⁾
			CH ₄	g/t kok	1 – 80 ⁽¹³⁾
			TOC	g/t kok	12 – 24 ⁽²⁾
			Benzen	g/t kok	0,1 ⁽¹⁴⁾ – 45
			PAH ⁽¹⁵⁾	mg/t kok	115 – 1091 ⁽¹⁶⁾
			PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	<0,1 ⁽¹⁷⁾
			Üretim artıkları (atık/yan ürünler)		
			Benzen	kg/ton kok	5,3 – 14
			Hafif yağ (BTX)	kg/ton kok	9,1 – 14
			H ₂ SO ₄ ⁽⁹⁾	kg/ton kok	4,2 – 9
			Katran	kg/ton kok	26 – 48
			SO ₂ - olarak ⁽¹⁸⁾	kg/ton kok	28 – 48
			Kükürt ⁽¹⁹⁾	kg/ton kok	0,9 – 2
			Sodyum fenolat	kg/ton kok	1,4
			Atık su	m ³ /t kok	0,1 – 0,5

- (1) Fırın duvarlarında çatlaklar olan eski tesisler (20 yıldan daha eski) için yüksek değer.
- (2) Üretilen kokun 983 g/t düzeyine varan değerleri bildirilmiştir, ancak bunların AB kok fırınlarını temsil ettiği düşünülmektedir [110, Brouhon 2008].
- (3) Eski tesisler (20 yıldan daha eski) 1200 MJ/t kok düzeyinde buhar tüketimine sahip olabilir.
- (4) Kok kuru söndürme (buhar şeklinde ısı geri kazanımı ile) durumunda yüksek değerler; sırasıyla 14 ve 15 yıldır faaliyette olan iki tesisten 270 MJ/t kok değeri; yaklaşık 7 yıldır faaliyette olan bir tesisten 1500 MJ/t kok değeri.
- (5) Farklı yakıt gazları için yanma havası gereksinimine bağlı olarak, yalnızca bataryanın düşük seviyede çalıştırılmasından kaynaklanan çıkış gazı akışı yaklaşık 1000 – 1700 m³/t kok düzeyindedir.
- (6) Kok fırını gazının H₂S içeriği analiz edilir ve kükürt dengisi gerçekleştirilir. Emisyonlar arasında kok fırını gazıyla ısıtma, ham gaz yakma, söndürme, katalitik parçalayıcının ve Claus tesisinin durdurulması ve eski yanma odalarının çalıştırılmasından kaynaklanan emisyon yer alır.
- (7) Bu aralığın yüksek değerde olması kükürt gidermenin olmadığını veya yetersiz olduğunu gösterir.
- (8) Bir miktar azot şişelerden tüketilir.
- (9) SO₂ soğurma ve nihai yan ürün olarak H₂SO₄ üretimi durumunda.
- (10) Proses suyu, Tablo 5.24'te belirtilen "toplam akışa" karşılık gelir.
- (11) Buharlaşma nedeniyle meydana gelen su kayıpları.
- (12) Yakıt gazlarının türüne bağlı olarak.
- (13) Yalnızca bir tesisten elde edilen veriler mevcuttur.
- (14) Modern bir tesis (yaklaşık 5 yaşında) için düşük değer.
- (15) EPA 16 olarak PAH (aşağıdaki 16 PAH'nin toplamı: (Σ (FLU+PYR+TRI+CPP+BaA+CHR+BNT+BeP+BbF+BkF+BaP+DbahA+BghiP+INP+ANT+COR)))
- İtme, söndürme ve batarya bacasından çıkan emisyonlara ilişkin ölçümlerden hesaplanmıştır.
- (16) Yalnızca üç tesisten elde edilen veriler mevcuttur.
- (17) Almanya'daki bir tesisten elde edilen veriler.
- (18) Amonyak likörü ile SO₂ soğurma durumunda.
- (19) SO₂ soğurma ve element halinde kükürt olarak geri kazanım durumunda.

Kaynak: [110, Brouhon 2008] [177, Eurofer 2009] [206, Diemer ve diğ. 2004] [210, Brouhon 2006] [218, Dong ve diğ. 1988] [223, USEPA 2001] [225, Brouhon 2006] [226, EEA 1999] [227, WB 1998] [228, UNEP 2001] [234, Polonya 2007] [237, USEPA 2003] [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Tablo 5.2'nin uygun hesaplamalar (örneğin karşılaştırma amacıyla) için kullanılmaması gerekir çünkü Avrupa'nın her yerindeki mevcut ve yeni tesislerin performanslarını kapsadığından, çok geniş emisyon faktörü aralıkları söz konusudur. Ayrıca, tüm işletmecilerin bilgi vermediği de belirtilmelidir. Tablo 5.2 sadece bacalardan ve söndürme kulelerinden kaynaklanan emisyonları içermektedir. Baca emisyonları, bataryanın düşük düzeyde çalıştırılmasından ve yükleme ve itme sırasında toplanan emisyonların temizlenmesinden kaynaklanır. Bataryanın çalışmasından veya yan ürünlerden kaynaklanan yakalanmamış yaygın veya kaçak kaynakları içermez. Emisyon verileri, azaltımdan sonraki emisyonları temsil eder; eksik bilgiler nedeniyle kömür ve kok taşımadan kaynaklanan emisyonları içermezler, ancak bu emisyonlar daha düşük öneme sahiptir. Numune alma yöntemleri, analiz yöntemleri, zaman aralıkları, hesaplama yöntemleri ve referans koşullar gibi verilerin belirlenmesine ilişkin bilgiler, bu bölümde verilen tüm veriler için tam olarak mevcut değildir.

Tablo 5.3, belirli bileşikler için emisyon faktörlerini içermektedir ve Tablo 5.2'yi tamamlayıcı niteliktedir.

Tablo 5.3: Polonya'daki bir kok fırınının 2004 çıktı verileri

Konum	Benzo(a) piren	Piridin	Toluen	Ksilen	Fenol	CS ₂
	g/t kok					
Yönlendirilmiş emisyon kaynakları	0,012	2,35	0,74	0,69	5,67	0,30
Kaynak: [234, Polonya 2007].						

5.2.2 Kok üretim prosesine ilişkin çevre sorunları

Kok fırını öncelikle havaya salınan toz ve gaz emisyonları kaynağıdır. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkar. Genel olarak, aşağıdaki Bölüm 5.2.2.1 ila 5.2.2.5 arasında verilen bilgiler, kok fırını tesisleri için en önemli çevresel sorunları açıklamaktadır.

5.2.2.1 Havaya salınan emisyonlar

Kok fırın tesislerinin nispeten fazla sayıda emisyon kaynağına sahip olduğu belirtilmelidir. Ancak, aşağıdaki üç tür emisyon kaynağı arasında ayırım yapılması gerekir:

- Borularla taşınan ve baca yoluyla ayrılan, çeşitli tozsuzlaştırma tesislerinden veya bataryanın ısıtılmasından çıkan çıkış gazı bacaları gibi yönlendirilmiş emisyon kaynakları. Bunlar arıtılabilir ve en aza indirilebilir. Çoğu durumda sorunsuz bir şekilde ölçülebilirler (örneğin, Verein Deutscher Ingenieure (VDI) kurallarına göre).
- Normal çalışma sırasında ortaya çıkan yaygın emisyonlar (örneğin kömür ve kokun taşınması ve nakliyesi, kömür harmanlama yatakları, yükselme boruları, kok itme ve kok söndürme). Bunlar yakalanmazsa, çatıdan, çatı kapağından, pencerelerden veya depolanan malzemelerden salınabilirler. Yalnızca önleme ve/veya bunların kanalizasyon emisyonlarına aktarılmasından (yani, yakalandıktan sonra) sonra ek arıtma ile en aza indirilmeleri mümkündür.
- Düzensiz çalışma sırasında bataryadaki sızıntılardan kaynaklanan kaçak emisyonlar (örneğin kaplardan, fırın kapaklarından, flanşlardan veya yan ürün tesisinden sızıntı nedeniyle). En aza indirme için ilk seçenek iyi bir bakımla emisyonları önlemektir. Benzo(a)piren (BaP) ve benzen gibi PAH bileşikler, kaçak emisyonlar açısından önemli bir rol oynar [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Yaygın ve kaçak emisyonları ölçmek zordur.

Çoğu durumda, farklı kaynaklardan çıkan emisyonlar zaman içinde önemli ölçüde değişiklik gösterir (örneğin, kapılardan, kapaklardan, yükselme borularından kaynaklanan yarı sürekli emisyonlar ve itme ve söndürmeden kaynaklanan süreksiz emisyonlar).

Tesisler arasındaki emisyon faktörlerinin karşılaştırılmasında tesise özgü parametrelerin de dikkate alınması gerekir. Örneğin, özgül kapı emisyonları, kapıların tipine, fırınların boyutuna ve bakım kalitesine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir. Bakım belirleyici bir faktör olabilir. Aslında, bakımlı küçük fırınlarda geleneksel (bıçak sırtı) kapılarla iyi sonuçların ve bakımsız büyük fırınlarda modern esnek sızdırmaz kapılarla kötü sonuçların örnekleri bulunabilir. Tablo 5.4'te verilen emisyon kaynakları hakkındaki bilgileri değerlendirirken bu akıldla tutulmalıdır. Emisyon faktörleri için geniş aralıktaki değerler, öncelikle bakım programı, bakım için gösterilen özen (sorunsuz ve istikrarlı çalışma koşulları sağlayan) ve uygulanan azaltma teknikleri ile açıklanabilir [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Kok fırını sızıntılarından ve açıklıklarından kaynaklanan emisyonları tahmin etme yöntemi

Sızıntı izleme için yüksek harcama yapılması nedeniyle, AB'deki kok tesislerinin durumunun verilen emisyon faktörleriyle açıklandığı Tablo 5.4'te gösterildiği gibi, batarya işletiminden kaynaklanan yakalanmayan emisyonlar için çok az gerçek veri mevcuttur. Sonuçlar, yaş, onarım durumu ve uygulanan emisyon kontrol teknikleri bakımından farklılık gösteren Avrupa'daki çeşitli tesislerden alınmış ölçümlerle desteklenmektedir. Oluşan boşluktan numune alınırken meydana gelen kaçakların etrafının kapatılması ile izleme yapılmıştır. Verilen aralığın alt sınırı, iyi bir onarım durumundaki modern tesislerden kaynaklanan emisyonları temsil ederken, daha yüksek emisyonlar, daha kötü emisyon kontrol teknikleri uygulanan ve/veya daha kötü bir onarım durumundaki eski tesislerle ilgilidir. Tablo 5.4'teki rakamların karşılaştırılması, kapı kaçaklarından kaynaklanan emisyonların bataryadan kaynaklanan tüm kaçak emisyonların en büyük bölümünü oluşturduğunu göstermektedir. Bu emisyon faktörlerinin doğruluğu (özellikle BaP emisyonları) için, ters yayılım hesaplamaları ve yalnızca 10 mg/t'ye (kok) kadar özgül BaP emisyonları veren 7 m'lik kapılarda yapılan tekli emisyon ölçümleri ile doğrulanabilir. Ancak, en modern sızdırmazlık sistemlerine sahip kapılarda yapılan ölçümler, 1 mg/t'nin (kok) altında emisyonlara ulaşılabilceğini göstermiştir [320, Eurofer 2007] [324, Eurofer 2007].

Koklaştırma sırasında yükselme borusu ve yükleme deliği sızdırmazlık malzemelerinden ve fırın kapıları ve kasaların sızdırmazlık malzemelerinden kaçak emisyonlar yayılır. Daha önce açıklanan kaçak emisyonların doğrudan ölçümlerine ek olarak, kok fırınlarından çıkan bu kaçak emisyonları tahmin etmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır ve bu yöntemlerin hepsinin ortak bir noktası vardır: Emisyonlar, deneyimli veya sertifikalı gözlemciler tarafından görsel olarak belirlenir.

Bu sonuçlardan, elde edilen emisyon seviyeleri, izleme yöntemine bağlı olarak gözle görülür sızıntılar olan bataryadaki açıklıkların toplam sayısı içinde sızıntı olanların oranı veya kütle/zaman olarak ifade edilir. Örneğin, EPA 303 yöntemi, gözlem prosedüründen elde edilen sonuçların sızıntı yüzdeleri olarak ifade edilmesini sağlar.

Ancak, EPA yöntemiyle büyük ölçüde tutarlı olan DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH) metodolojisi, emisyonlara dört farklı güç derecesi atanarak ve gözlem sırasında görünür emisyonların süresi dikkate alınarak, temel ölçümlere göre günlük emisyonların hesaplanmasına olanak tanır. Başka bir yöntem BCRA (İngiliz Karbonizasyon Araştırmaları Birliği) tarafından geliştirilmiştir. DMT yönteminden farklı olarak, görünür emisyonlara beş farklı güç derecesi atanır. Hollanda'da Corus IJmuiden'de kullanılan başka bir yöntem Bölüm 5.3.3'te anlatılmaktadır.

Avrupa'da kötü durumda olabilecek daha eski tesisler olduğu için, Avrupa'daki tüm kok tesisleri için emisyon durumu en iyi şekilde Tablo 5.2'de verilen tüm faktörlerle açıklanabilir. Geçici arıza durumunda, gerçekleşen emisyonlar belirtilen aralığı aşabilir.

CO değerlerinin genellikle Tablo 5.5'te belirtilenlerden daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Emisyon konsantrasyonu, yanma odalarının tasarımıyla, yaşıyla ve bakımıyla

yakından ilişkilidir. Yüksek CO değerleri, yüksek CO baca emisyonlarına neden olan eksik yanmaya işaret eder. Genellikle CO için özgül emisyon konsantrasyonları 1000 g/t kok düzeyine yaklaşık veya bunun altındadır.

Kömür taşıma ve hazırlama

Yaygın toz emisyonları, malzeme taşıma işlemleriyle ilişkilidir. Bu işlemler, kömürün boşaltılması, depolanması, kırılması ve elekten geçirilmesinden oluşmaktadır. Bu işlemlerden kaynaklanan emisyonlar hakkında herhangi bir bilgi sunulmamıştır.

Kömür yükleme

Toz haline getirilen kömürün yüklenmesi sırasında, yalnızca belirli toz emisyonları değil, aynı zamanda kömürün ayrışmasından kaynaklanan benzen ve BaP gibi organik bileşikler ve SO₂, H₂S ve NH₃ de salınır [223, USEPA 2001] [320, Eurofer 2007], [324, Eurofer 2007].

Yükleme konsepti ve yükleme deliklerinin ve sistemlerinin geometrisi ve uygun sızdırmazlığı, yükleme emisyonlarının azaltılmasında çok önemli unsurlardır.

Yükleme yapılırken aşağıdakiler arasında bir ayırım yapılabilir:

- Yükleme prosesi sırasında yükleme deliklerinin yakınındaki emisyonlar
- Yükleme gazlarının tahliyesi ve temizlenmesi
- Kömürün tesviye çubuğu ile tesviye edilmesi sırasında salınan tesviye ekipmanı kapısı emisyonları
- Fırın döşemesine dökülen malzemeden yayılan emisyonlar.

Kok fırını tesislerinde bataryanın çalıştırılmasıyla ilişkili olarak havaya salınan yaygın veya kaçak emisyon faktörleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4: Kok fırını tesislerinde bataryanın çalıştırılmasıyla ilişkili olarak havaya salınan yaygın veya kaçak emisyon faktörleri

İşlem	Emisyonlar						
	Toz (g/t)	CO (g/t)	SO ₂ (g/t)	H ₂ S (g/t)	NH ₃ (g/t)	Benzen (mg/t)	BaP (mg/t)
Yükleme	0,3 – 10	0,1 – 71	0,01 – 1		<0,3	10 – 1200	0,02 – 4,5
Koklaştırma:							
Kapılar	0,3 – 6	1,5 – 30	0,1 – 1,5	0,02 – 1	0,1 – 1,5	200 – 14000	4,5 – 45
Kapaklar	0,2 – 1	1,5 – 9	0,1 – 1	<0,01	0,1 – 0,3	800 – 8000	9 – 15
Yükselme boruları (çıkış noktaları)	<0,2	0,003 – 0,3	0,01 – 0,1	<0,01	<0,01	10 – 100	0,3 – 3
Kaynak: [200, Komisyon 2001].							

Kok fırını ızgara altı ısıtma ve ateşleme

Bacalardan salınan yönlendirilmiş emisyonlar, kok fırınlarını ısıtmak için kullanılan yakıt gazlarının yanması sırasında ortaya çıkar. Kok gazı tamamen kükürttten arındırılmamışsa kükürt dioksit emisyonları mevcut olabilir. KFG aromatik bileşenler içerir (Tablo 5.1'de gösterildiği gibi esas olarak BTX). KFG, gaz yıkama yapılmadan kullanılırsa, bu aromatik bileşikler kurum (PAH içeren) oluşturma eğilimindedir [213, Bittner ve diğ. 1983] [214, Richter ve diğ. 2000].

Halk sağlığı sorunlarına neden olabilecek kok fırınlarından çıkan kaçak emisyonların bir kaynağı, kok fırınlarının batarya yakma bacalarından çıkan siyah emisyonlardır. Siyah emisyonlar, fırınları ısıtmak için kullanılan yakıt gazlarının tam olarak yanmaması veya fırınlardan ısıtma duvarlarına sızıntı olması nedeniyle oluşur. Bu durumda, kömür tozları ve koklaştırma bozunma ürünleri kok fırınından yanma kaynaklı egzoz gazlarına sızabilir.

Tablo 5.2'de NO_x için 336 ile 1783 g/t kok arasında emisyon faktörleri gösterilmektedir. Kademeli hava yakma ve atık gaz gaz yeniden devridaimi gibi düşük NO_x tekniklerini halihazırda kullanan

mevcut modern tesisler için, %5 O₂'de 322 – 414 mg/Nm³ NO_x konsantrasyonları bildirilmiştir. Prosese entegre NO_x giderme önlemleri olmayan mevcut tesisler için elde edilebilecek NO_x seviyeleri, %5 O₂'de 1700 mg/Nm³'e kadar konsantrasyonlarla 1783 g/t kok düzeyine kadar daha yüksek aralıktadır.

Tablo 5.5'te Almanya ve Çek Cumhuriyeti'ndeki kok fırını tesislerinden kaynaklanan yönlendirilmiş emisyon konsantrasyonlarına ilişkin veriler yer almaktadır.

Tablo 5.5: Almanya ve Çek Cumhuriyeti'ndeki kok fırını tesislerinden kaynaklanan yönlendirilmiş emisyon konsantrasyonları

Konum	Toz	CO	NO _x	SO _x	PCDD/PCDF
	(mg/Nm ³)				(ng I-TEQ/Nm ³)
Kok fırını ızgara altı ateşleme ⁽¹⁾	0,8 – 4,8	20	322 – 414	111 – 157 ⁽²⁾	0,001
Kok itme	0,9 30 ⁽³⁾				
Kok derecelendirme tesisi	0,5 – 4,5 100 ⁽³⁾				

(1) İki kok fırını tesisinde kanışık gaz, kok gazı veya kökürten arındırılmış kok gazı kullanımına ilişkin veriler.
(2) Kok gazı kökürten giderme işleminden sonraki değerler.
(3) Çek Cumhuriyeti verileri [372, Çek TÇG üyesi 2008].
Not: Tüm veriler yıllık ortalamalardır. Partiküller, NO_x ve SO_x için referans oksijen içeriği %5'tir.
Kaynak: [220, Eurofer 2008] [244, Plickert 2007] [372, Çek TÇG üyesi 2008].

Bacada gaz yakma veya KFG'nin atlanması kaynaklanan emisyonlar

Nadir durumlarda, KFG üretimi talebi aşar. Bu durumlarda, güvenlik nedeniyle, fazla KFG bacada yakılmalıdır. Kok fırını gazının bacada yakılması bazı emisyonlar üretir. Tablo 5.6'da bir örnek tesis için bir tahmin gösterilmektedir [223, USEPA 2001].

Tablo 5.6: KFG alevlenmesinden kaynaklanan emisyonların tahmini

Parametre	Emisyonlar	Birim
CO	2,4	kg/t
CO ₂	390	kg/t
H ₂ S	0,05	kg/t
Ağır hidrokarbonlar	0,85	kg/t
SO ₂	6,5	kg/t

Kaynak: [223, USEPA 2001].

Atlama, sülfürik asit tesisinin bakımı için de gerekli olabilir. Bu dönemlerde ham kok fırını gazı, kok fırınının yakılmasında yakıt olarak kullanılmakta ve bu da SO₂ emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.

Koklaştırma

Koklaştırma prosesi, kömür yüklemeden hemen sonra başlar. Kömür nemine ek olarak, karbonizasyon gazı üretilir. Uçucuların toplam miktarı yaklaşık %25'tir [320, Eurofer 2007]. Bu ham KFG, yükselme boruları vasıtasıyla toplama hattına boşaltılır. Kok fırını odalarında pozitif basınç (5 – 7 m yüksekliğindeki fırınlarda 10 – 15 mm H₂O kolonu) nedeniyle yaygın ve kaçak kapı emisyonları, yükleme deliklerinden ve yükselme borularından kaynaklanan emisyonlar ve ayrıca duvar çatlaklarının olduğu yerlerde ısıtma gazları aracılığıyla eksik yanmış KFG emisyonları olabilir. Şekil 5.6, koklaştırma sırasındaki ana emisyon kaynaklarını göstermektedir. Tablo 5.4'te, koklaştırma prosesi sırasında bazı kirlenmeler için ilgili emisyon faktörlerine ilişkin bazı aralıklar verilmiştir.

Kok itme

İtmeden önce fırın kapıları otomatik olarak kaldırılır. Sonunda tamamen karbonize olan kok, fırından çıkarılarak bir kok kılavuz arabası (kok aktarma makinesi) tarafından bir 'kok söndürme arabasına' itilir. Kok aktarma makinesi davlumbazlarla donatılmıştır. İtme sırasındaki emisyonlar, itme makinesi tarafından yeterli bir çekişle toplanır. Ardından, çıkış gazı bir toz azaltma cihazında arıtılır.

Torba filtrelerin kullanıldığı durumlarda kıvılcımların filtreden önce çökertilmesi gerekir. Bir torba filtreden sonra yıllık ortalama olarak toz emisyon konsantrasyonunun bir tesiste 1 mg/Nm³'ün altında olduğu gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 5.5) [244, Plickert 2007].

Kok söndürme

Sıcak kokun soğuk suyla söndürülmesi termal şok oluşturarak sıcak kok partiküllerinin serbest bırakılmasına neden olur. Sıcak kok ile temas sırasında ısıtılan sudan çıkan su buharı, söndürülmüş koktan yükselir ve kok kütlelerinden tozu çeker. Ayrıca, kuleden yükselen buhar bulutunda söndürme suyundaki çözünmüş katılar da yer alabilir. Söndürme prosesi için emisyonların ana bileşenleri toz, CO, NH₃ ve H₂S'dir. Ayrıca, özellikle kömür tam olarak koklaşmadığında farklı organik bileşiklerden eser miktarda emisyonlar yayılabilir. Söndürmeden kaynaklanan emisyonların Tablo 5.7'de verilen aralıklar içinde olduğu kabul edilmektedir. Söndürme kuleleri, tozun azaltılması için bir püskürtme sistemi ile donatılabilir.

Tablo 5.7: Kok söndürme kulelerinden yönlendirilen emisyonlar için emisyon faktörleri

Konum	Toz	CO	H ₂ S	NH ₃
	(g/t kok)			
Kok söndürme	10 – 50 ⁽¹⁾	100 – 2000	25 – 150	1 – 8
⁽¹⁾ Toz değerleri büyük ölçüde toz için numune alma türüne bağlıdır. İzokinetik numune alımı daha yüksek emisyon değerleri verir.				
Kaynak: [109, Hein, M. ve diğ. 2000] [200, Komisyon 2001].				

Kok taşıma

Genellikle söndürme işleminden sonra kok, kırma ve eleme için ayrı bir binaya taşınır. Bu, çekilmesi gereken partikül emisyonları üretir ve bunun için daha fazla azaltma yapılması gerekir. Siklonların kullanımı emisyonları 3 g/t kok düzeyine indirebilir. Bir torba filtreden sonra yıllık ortalama olarak toz emisyon konsantrasyonunun iki tesiste sırasıyla 0,5 ve 4,5 mg/Nm³ arasında olduğu gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 5.5) [244, Plickert 2007]. Kuru söndürülmüş kokun taşınması, ıslak söndürülmüş kokun taşınmasından daha fazla toz emisyonuna neden olur [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007] [321, Eurofer 2007].

KFG arıtma ve yan ürün işleme

Hafif yağ, katran, naftalin, fenol ve amonyak gibi yan ürün işlemeden kaynaklanan emisyonlar esasen organik bileşiklerdir. Yan ürün tesisleri genellikle kapalı proseslerden oluşmaktadır. Kaçak emisyonlar, örneğin pompalar, valfler, aspiratörler, basınç tahliye cihazlarından sızıntılar ve aktarmalar sırasında meydana gelen kayıplardan oluşur. Ölçümlere dayalı olarak kok fırını yan ürün tesislerinden kaynaklanan kaçak emisyonların tahminlerine ilişkin çok az veri bulunmaktadır (bkz. Tablo 5.8).

Tablo 5.8: Yan ürün tesislerinden kaynaklanan kaçak emisyonlar için emisyon faktörleri

Konum	Benzen	BaP	PAH
	(mg/t kok)		
Yan ürün tesisi	100 – 24 000 ⁽¹⁾ 4000 – 26 000 ⁽²⁾	0,06 – 0,09	1,5 – 4,5
⁽¹⁾ Daha yüksek değerler, gaz dengeleme boru sistemi olmayan tesisler için geçerlidir.			
⁽²⁾ [237, USEPA 2003]'teki C54 – C57 tablolarına atıfta bulunulan ABD'deki yan ürün tesislerinden elde edilen veriler.			
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [237, USEPA 2003].			

Tahminler, maksimum ulaşılabilir kontrol teknolojisi (MACT) kullanılan tesisler için yapılmıştır. Bu tür teknolojilere örnek olarak gaz örtüsü, gaz dengeleme veya buhar geri kazanımı verilebilir. MACT kullanılmayan tesisler için emisyonlar önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Bazı tesisler için bildirilen yıllık benzen emisyonları 200 – 320 ton aralığındadır.

Uçucu organik bileşiklerin kaçak emisyonlarının ölçümüne yönelik prosedürleri açıklayan bir yöntem, EPA yöntem 21'dir. Sızıntıların kapsamlı bir envanteri ve kaçak emisyonların daha ek yönetimi için eksiksiz bir metodoloji [216, Sniffers ve diğ. 2006]'da açıklanmaktadır.

5.2.2.2 Su kullanımı ve atık su

Şekil 5.9'da, bir kok fırın tesisindeki olası su akışlarının bir örneği gösterilmektedir. Ancak, başka birçok alternatif düzen de mevcuttur.

Su kullanımı

[320, Eurofer 2007] [325, Eurofer 2007]

Kok fırını gazının akış yönünde işlenmesi için çok çeşitli prosesler ve varyantlar kullanılmaktadır. Gaz arıtma tesislerinden kaynaklanan atık su miktarı, örneğin buhar, yıkama sıvılarına eklenen tatlı su, seyreltme suyu vb. gibi gereksinimine bağlıdır.

Koklaştırma prosesinden tahliye edilecek suyun önemli bir kısmı, kok fırınından çıkan kömür nemidir. Kömürün ortalama nem içeriği yaklaşık %8 – 15, yani 0,08 – 0,15 m³/t kömür düzeyindedir. Bu yüzden, 780 kg kok/t kömür düzeyinde temsili bir kok verimi, yaklaşık 0,1 ila 0,17 m³/t kok düzeyinde bir su akışı üretir.

Kömürün ısı ayrışması ek su üretir. Kömür kalitesine bağlı olarak, ağırlıkça %3 – 5 “kimyasal su” üretilir ve bu, 0,04 – 0,06 m³/t kok düzeyine ve 0,03 – 0,05 m³/t kömür düzeyine karşılık gelir.

Aspirasyon (yükleme gazlarının soğutulması ve emilmesi) için buhar enjeksiyonu kullanılıyorsa, bu buharın yoğunlaşması birincil soğutucularda daha fazla su üretilmesine neden olur. Kondensat ayrıca kok fırını tesisinden çıkan atık suyun bir parçasıdır.

Toplama hattından (deve boynunun akış yönünde), soğutuculardan ve elektrostatik çökticiden gelen yoğunlaşmış su ve katran, ‘kömür suyunun’ ayrıldığı katran/su ayırıcıya yönlendirilir [21, EC Coke 1996]. Bu su, amonyak likörü depolama tankına yönlendirilir. Amonyak likörü depolama tankı, deve boynu püskürtme ekipmanı için su sağlar. Amonyak likörü depolama tankındaki fazla su, amonyak sıyırıcıya/damıtıcıya [320, Eurofer 2007] veya H₂S yıkayıcılara [102, Eurofer 2008] yönlendirilir. Amonyak sıyırıcıda/damıtıcıda kullanılan buhar kısımlarıyla birlikte bu su, Tablo 5.2'de belirtilen proses suyuna karşılık gelir.

Soğutma suyu

[320, Eurofer 2007]

Su kullanılarak yapılan soğutma şunları içerir:

- Sıcak ham KFG'nin amonyak likörü ile doğrudan soğutulması
- Ham KFG'nin ek birincil soğutmaya tabi tutulması (dolaylı veya doğrudan)
- Ek soğutma (dolaylı)
- Kondensatların veya dolaylı soğutmadan kaynaklanan suların yeniden soğutulması.

Deve boynunda KFG'nin doğrudan soğutulması için normalde 6 ila 10 m³ amonyak likörü/t kok kullanılır ve kapalı devrede tutulur. 100 ila 300 t/s'lik bir kok tesisi kapasitesi için bu, saatte 600 ila 3000 m³ amonyak likörüne eşittir.

Normalde soğutma suyunun çoğu dolaylı soğutma için kullanılır. Kok fırını gazı (KFG) arıtımında dolaylı birincil soğutma durumunda, su kapalı bir döngüde devridaim edilir ve atık su miktarını etkilemez. Doğrudan gazla soğutma durumunda, soğutma suyu bir yıkama sıvısı olarak kabul edilmelidir ve sonunda damıtıcı aracılığıyla boşaltılır.

Soğutma sularının buharlaştırılmasıyla (örneğin soğutma kulelerinde) soğutma sularının ve kondensatların yeniden soğutulması sırasında su kayıpları meydana gelir. Yeniden soğutmadan kaynaklanan buharlaşma ve tahliye kayıplarının yerini alacak tatlı su miktarı yaklaşık 6 – 10 m³/s olup, bu da kullanılan suyun %1 – 2'sine eşittir.

Bir kok fırını tesisinde soğutma suyu yönetimi başta tatlı suyun mevcudiyeti olmak üzere yerel koşullara ve yasal gerekliliklere bağlıdır. Bazı ülkelerdeki yerel makamların hukuki kısıtlamaları, yeniden soğutma kulelerinde kış döneminde duman bulutlarının veya endüstriyel kar ve buz oluşumunun önlenmesini gerektirir ve bu, ek soğutma suyu geri dönüşümünü önler. Tek geçişli soğutma sisteminin kullanıldığı durumlarda, soğutma suyu gereksinimi yaklaşık 17 m³/t kok düzeyindedir.

Kok fırını tesisinden kaynaklanan atık su

[227, WB 1998]

Amonyak likörü depolama tankı, deve boynu püskürtme ekipmanı için su sağlar. Amonyak likörü depolama tankındaki fazla su, amonyak sıyrıcıya/damıtıcıya [320, Eurofer 2007] veya H₂S yıkayıcılara [102, Eurofer 2008] yönlendirilir. Amonyak sıyrıcı/damıtıcıda kullanılan buhar kısımları ve NH₃/H₂S yıkama devresinden gelen yıkama sıvısı ile birlikte bu sular, Tablo 5.2'de belirtilen atık suyu oluşturur. Tablo 5.9'da belirtilen tesisler için özgül atık su miktarı 0,31 ila 0,69 m³/t kok düzeyindedir.

Amonyağın damıtma yoluyla uzaklaştırılmasından sonra (bkz. Şekil 5.9'daki 'damıtıcı çıkış suyu') çıkış suyu çeşitli organik bileşikler (fenoller gibi) ve inorganik bileşikler (artık amonyak ve siyanürler gibi) içerir. Bu bileşikler, doğrudan deşarj edildiğinde alıcı su kütlesi üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Damıtıcı çıkış suyu bu nedenle genellikle deşarjdan önce bir atık su arıtma tesisinde arıtılır.

Arıtma öncesi atık suyun miktarı ve bileşimine ilişkin veriler, hem konsantrasyon hem de üretilen her bir ton kok başına yük açısından bir tesisten diğerine önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Bu farklılığın ana nedeni, her bir kok fırını tesisindeki gaz arıtma sistemleri, yükleme proseslerinin türü ve kullanılan kömür türü ile ilgilidir. Presli yükleme için kullanılan kömürlerde, yükleme öncesi sıkıştırma sırasında daha iyi özellikler gösterdikleri için daha yüksek nem içeriği tercih edilir.

Yükselme borularının su sızdırmazlığının uygulandığı durumlarda buharlaşma kayıplarından dolayı az miktarda su tüketimi oluşur. Gaz sızdırmazlığını garanti etmek için salmastra daima su ile doldurulmalıdır. Salmastraların doldurulması sırasında küçük bir su taşması meydana gelir. Doğrudan soğutmadan elde edilen amonyak likörü ile karşılaştırıldığında, bu su nispeten temizdir ve genellikle ayrı olarak arıtılır. Şekil 5.9, bu suyun doğrudan amonyak likörü depolama tankına yönlendirildiğini göstermektedir.

Amonyak sıyrıcı/damıtıcıdaki yoğunlaşmış buhardan, toplanan yağmur suyundan ve yüzey akış suyundan, soğutma ve yeniden soğutma devrelerinden yapılan tahliyelerden ve filtre geri yıkama suyundan ek atık su akışları üretilebilir ve bu da fazla kömür suyu akışının seyrelmesine yol açabilir.

Tablo 5.9: Ön denitrifikasyon-nitrifikasyon sistemine sahip atık su arıtma sistemlerinin giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları ve bazı özellikleri

Özellik/bileşen		Birim	Veri
Kok üretimi		Mt/yıl	0,63 – 1,25
Kömür suyu akışı (fazla su)		m ³ /s	16 – 80
Diğer atık sularla seyreltme		m ³ /s	0 – 40
Toplam çıkış suyu akışı		m ³ /s	22 – 86
Özgül çıkış suyu akışı (ölgül atık su miktarı)		m ³ /t kok	0,31 – 0,69
Giriş suyu	pH	–	8,5 – 9,5
	Askıda katı maddeler	mg/l	30 – 40
	KOİ (x±s)	mg/l	200 – 6500
	TOC (x±s)	mg/l	835 – 1215
	BOİ ₅	mg/l	800 – 3000
	Fenol	mg/l	500 – 1500
	SCN	mg/l	150 – 380
	Kjeldahl-N	mg/l	300
	Amonyak (x±s)	mg/l	50 – 200
	Nitrit	mg/l	MD
	Nitrat	mg/l	MD
	Yağ ve katran	mg/l	40
	PAH (6 Borneff)	µg/l	200
Çıkış suyu	pH	–	7,6 – 8,0
	Askıda katı maddeler	mg/l	42 – 75
	KOİ (x±s)	mg/l	45 – 800
	TOC (x±s)	mg/l	30 – 60
	BOİ ₅ (x±s)	mg/l	<20
	Fenol	mg/l	0,1 – <2
	SCN	mg/l	<4,0
	Kjeldahl-N	mg/l	3 – 10
	TNb	mg/l	3 – 30
	Amonyak (x±s)	mg/l	0,6 – 80
	Nitrit	mg/l	<1,3
	Nitrat	mg/l	0 (*) – 27
	Yağ ve katran	mg/l	5 – 15
	PAH (6 Borneff)	µg/l	0,2 – <50

(*) Teorik olarak imkansız olsa da, bu değeri Lorfente Serémange'deki kok tesisinden bildirilmiştir ancak yüksek artık amonyak içeriği ve ihmal edilebilir bir nitrat konsantrasyonu, nitrifikasyonun engellenmesine işaret eder.

Not:— Aralıklar, daha az numune ilişkin BOİ, BTX ve PAH hariç olmak üzere, iki yıl boyunca (2004 – 2005) maksimum ve minimum günlük ortalamaları yansıtır.

— TNb = Toplam bağı azot.

— MD = Mevcut değil.

Kaynak: [65, InfoMil 1997] [88, Löhr ve diğ. 1996] [89, Löhr ve diğ. 1997] [260, Almanya 2007] [272, Almanya 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007] [372, Çek TÇG üyesi 2008].

Toplam parametre olarak KOİ, fenol (1000 – 2000 mg/l), azot bileşikleri (Kjeldahl-N: 250 – 500 mg/l) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) (30 mg/l'ye kadar) gibi çok çeşitli organik kimyasal bileşikler içerir. Amonyaka ek olarak, tiyosiyanitler (150 – 350 mg/l) gibi inorganik azot içeren başka bileşikler de mevcuttur [65, InfoMil 1997].

Monosiklik hidrokarbon aromatiklerin konsantrasyon seviyeleri oldukça düşüktür. PAH esas olarak katı parçacıklar üzerinde adsorbe edilmiş halde bulunur. Benzo(a)piren de tespit edilmiştir [201, Colin ve diğ. 2003] [202, USEPA 2002].

Islak oksidasyon ile kükürt giderme proseslerinden kaynaklanan atık su

Islak oksidasyon ile kükürt giderme proseslerinden kaynaklanan atık su, biyolojik atık su arıtma tesisi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olan bileşiklerin varlığı nedeniyle genellikle ayrı olarak arıtılır.

Tablo 5.10, iki ıslak oksidatif kükürt giderme prosesinin atık su bileşimini göstermektedir. Diğer ıslak oksidatif tekniklerden birinin uygulanması, arsenik bileşiklerinin (Thylox prosesi), 1,4-naftokinon-2-sülfonik asit (Takahax prosesi), pikrik asit ve tiyosiyaniürlerin (Fumaks/Rhodacs prosesi) su emisyonlarına yol açabilir.

Tablo 5.10: İki ıslak oksidatif kükürt giderme prosesinin atık suyunun bileşimi

Bileşen	Stretford kükürt giderme (g/l)
NH ₃ (serbest)	0,1
Na ₂ CO ₃	5,7 – 65
SCN ⁻	80 – 300
S ₂ O ₃ ²⁻	50
SO ₄ ²⁻	12,2
Vanadat (VO ⁻) ₃	1,2
Antrakin disülfonat	1,9
Kaynak: [21, EC Coke 1996] [320, Eurofer 2007] [327, Eurofer 2007].	

Islak kok söndürme

Islak söndürmede genellikle atık su oluşmaz. Söndürme suyunun tüketimi, söndürme prosesinin kendisine bağlıdır ve 1 – 3 m³/t kok olarak kabul edilebilir. Söndürme prosesi doğru yapıldığında fazla su toplanır ve tekrar kullanılır. Katılar, bir sonraki söndürme prosedürü için kullanılmadan önce çöktürme odalarında veya kum filtrelerinde ayrılabilir. Buharlaşma kayıpları 0,5 ile 1 m³/t kok arasındadır ve tatlı su ile telafi yapılır.

5.2.2.3 Kok fırını tesislerinden kaynaklanan proses kalıntıları

Kok üretim tesisleri, Tablo 5.11'de gösterildiği gibi kok mıcırı ve biyolojik çamurlar dışında yaklaşık 1 kg/t kok düzeyinde katı proses atıkları üretir.

Tablo 5.11: Kok fırını tesislerinden kaynaklanan başlıca atıklar/kalıntılar

Atık/kalıntı	Miktar (kg/t kok)
Kömür katranı geri kazanımı	0,1
Katran durultucu	0,2
Katran depolama	0,4
Hafif yağ işleme	0,2
Atık su arıtma	0,1
Naftalin toplama ve geri kazanımı	0,02
Katran damıtma	0,01
Biyolojik atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar	–
Toplam	1,03
Kaynak: [227, WB 1998].	

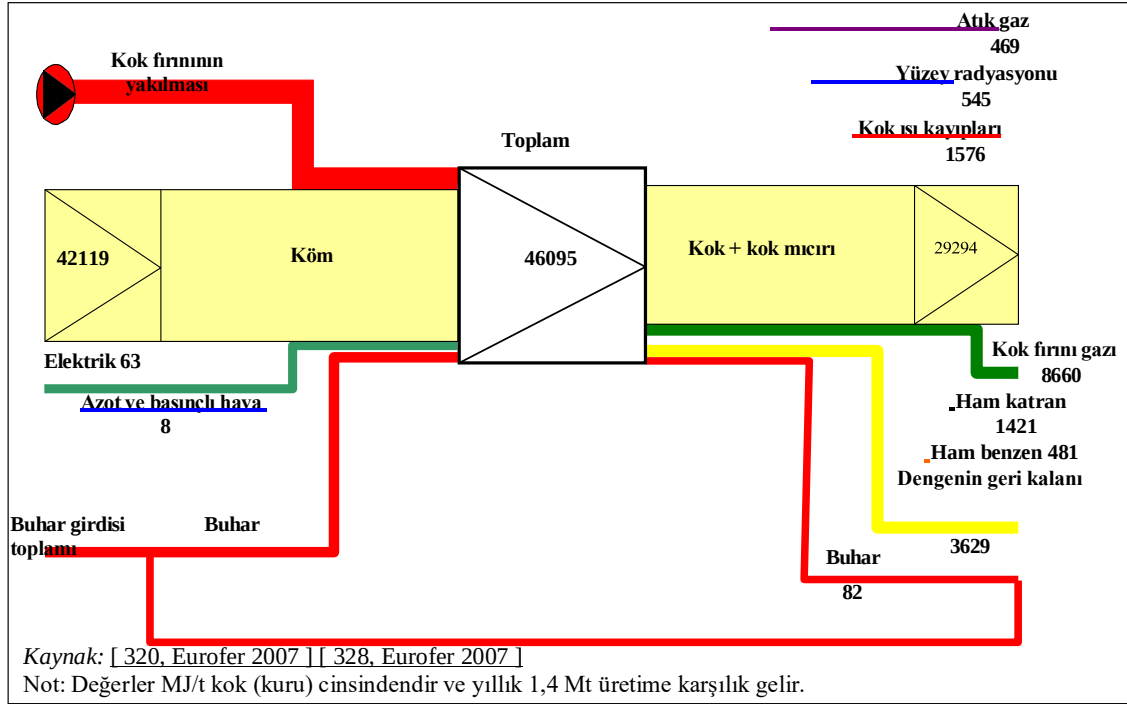
Katı atıkların çoğu benzen ve PAH gibi tehlikeli bileşenler içerir. Tüm proses atıkları genellikle kok fırınlarına geri döndürülür. Atık su çamurları susuzlaştırılmalıdır.

Susuzlaştırılan çamurlar ayrıca kok fırınlarına yüklenebilir veya güvenli bir düzenli depolama sahasında veya uygun bir yakma ünitesinde bertaraf edilebilir.

5.2.2.4 Enerji gereksinimi

Şekil 5.11'de entegre bir demir-çelik fabrikasındaki bir kok fırını tesisinin yıllık enerji gereksinimi/dengesi örneği gösterilmektedir. Kok fırını tesisleri tarafından üretilen KFG, bunun entegre çelik fabrikalarında enerji tedariki ve yönetiminde önemli bir rol oynadığı anlamına gelir (bkz. Bölüm 2.1.1) [320, Eurofer 2007].

'Dengenin geri kalanı' ifadesi kayıpları ifade eder.



Şekil 5.11: Entegre bir demir-çelik fabrikasındaki bir kok fırını tesisinin yıllık enerji gereksinimi/dengesi örneği

5.2.2.5 Toprak kirliliği

Kok fırını gazı arıtma tesisinde katran ve diğer organik bileşikler (örneğin BTX) kok fırını gazından geri kazanılır. Bu bileşiklerin dökülmesi veya sızması, yerel toprak koşullarına bağlı olarak toprak kirliliği tehlikesine neden olabilir. Ayrıca, kömür suyunun dökülmesi veya sızması da toprak kirliliği tehlikesine neden olabilir. Burada olası önlemlerin yalnızca kısa bir açıklaması verilecektir ve bu önlemler şunları içerir:

- Flanşların ve ek yerlerinin sayısının en aza indirilmesi
- Tesisin yaşı ve tasarımı nedeniyle imkansız olmadığı sürece, boruları ve flanşların muayene için mümkün olduğu kadar görünür durumda tutulması (örneğin yer üstüne veya kaplama borularına yerleştirilmeleri)
- Potansiyel olarak toprak kirliliği tehlikesi olan maddelerin, toprağa dökülmelerini önlemek için önlemler alınacak şekilde depolanması ve taşınması
- Gerekirse veya iyileştirme durumunda yer altı suyu çekme (bkz. Tablo 5.22).

5.3 MET'in belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Prosesle entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 5.12'de gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 5.12: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dahil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

5.3.1 Kömür hazırlama**Açıklama**

Bölüm 5.3.4'te açıklandığı gibi bir kok fırını tesisinin iyi çalışması için ön koşullardan biri, optimize edilmiş kömür taşımadır. Satın alınan kömür, zenginleştirme (tercihen kömür madeninde) ve kükürt oksitlerin ve diğer kirletici madde emisyonlarını azaltan ve arzu edilen kalitede kok üretmek için kömür besleme kalitesini artıran harmanlama prosesleriyle ön işleme tabi tutulabilir.

Bir kok fırını tesisinin optimum düzeye çalışması için mümkün olduğunca homojen bir kömür harmanı gerekir. Modern bir kömür ön işlem tesisi, karıştırma hunileri, bir kırma/eleme tesisi, taşıma ekipmanları, toz giderme ekipmanları, kapalı bir binadaki taşıma bantları ve muhtemelen kömür kurutma veya kömür katkı maddelerinin eklenmesi gibi ek proseslerden oluşur.

Bu kırma ve eleme prosesleri genellikle binalarda yapılmaktadır. İlgili tüm cihazlar muhafazaların içine kapatılmalıdır. Bu cihazlardan ve malzeme aktarma noktalarından çıkan emisyonlar, siklonlar, RotoClones®, birincil kömür öğütücülerin bina muhafazaları, bina muhafazalı ikincil kömür öğütücüler, yıkayıcılar, ıslak ESF'ler ve torba filtreler ile uzaklaştırılmalı ve azaltılmalıdır.

Kömürün taşınması için gerektiğinde kapalı veya üstü örtülü konveyörler kullanılabilir. Kömürün depolanmasında toz oluşumunu baskılama için püskürtücüler ve plastik emülsiyonlar kullanılabilir. Rüzgar hızını azaltmak için rüzgar kırıcı çitler veya rüzgarın geldiği yönde oluşturulan setler kullanılabilir. Gerekirse kapalı depolama yapılır. Tesis büyüklüğüne ve yapısına bağlı olarak serbest düşme yüksekliği en aza indirilmelidir. Mümkünse, 0,5 m'den az olmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Yakalanan emisyonlar için $<10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ değerlerine ulaşılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[211, Remus, Rainer 2008] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [283, EC 2006]

5.3.2 Fırın yükleme emisyonlarının en aza indirilmesi**Açıklama**

Fırın yükleme en yaygın olarak yükleme arabaları kullanılarak yer çekimiyle yükleme yoluyla gerçekleştirilir. Bu şekilde yükleme sırasında emisyonları azaltmak için üç temel teknik kullanılır:

1. ‘Dumansız’ yükleme. Bu sistemde, kok fırını ile yükleme arabası arasında gaz geçirmez bağlantılar kullanılır. Odalar, dört veya beş yükleme deliğinden hızla doldurulur. Emme, yükselme borusunun deve boynuna buhar veya su enjeksiyonu ile üretilir.
2. Sıralı yükleme veya kademeli yükleme. Bu proseste yükleme deliklerinden arka arkaya yükleme yapılır. Bu yükleme türü nispeten uzun zaman alır. Emme, fırının her iki tarafında, iki yükselme borusu (mevcutsa) kullanılarak ya da yükselme borusu ve bitişik fırına giren bir atlama borusu kullanılarak üretilir. Yükleme arabası ile fırın arasındaki bağlantılar gaz geçirmez değildir, ancak atmosfere açılan tek bir açıklık olduğunda emiş nedeniyle neredeyse hiç emisyon oluşmaz.
3. ‘Japon tipi yükleme’ olarak da bilinen iç içe geçen borularla yükleme; bu tür yükleme, (genellikle) dört yükleme deliğinden aynı anda yükleme yapılarak gerçekleştirilir. Yükleme arabası ile kok fırını arasındaki bağlantılar gaz geçirmez değildir, ancak gazların çekildiği ve toplama hattı ile yükleme arabası arasındaki bir bağlantı yoluyla bir toplama hattına yönlendirildiği ‘iç içe geçen borularla’ kapatılmıştır. Çekilen gazlar yakılır ve daha sonra zemine yerleştirilmiş bir toz tutma cihazından geçirilir. Bazı durumlarda, yükleme arabaları çekilen gazların arıtılması için tozsuzlaştırma cihazları ile donatılır [227, WB 1998].

Yükleme sırasında tesviye yapılarak, fırının üst kısmında boş bir gaz alanı oluşturulmalı, böylelikle yükleme ve koklaştırma sırasında bozulmayan bir gaz emişi sağlanmalıdır. Böylece yükleme emisyonları azaltılabilir. Bu tekniğin etkisi büyük ölçüde fırın tasarımına ve ardından tesviye ve yükleme yöntemine bağlıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu sistemlerin hepsinde yükleme emisyonları çok düşük olabilir. Ana belirleyici faktör, fırın odasındaki ve yükleme teleskoplarındaki aşırı basınçtır.

Yüklemeden kaynaklanan emisyonları ölçmek zordur, ancak yükleme başına <30 saniyelik görünür emisyonlar genellikle sağlanabilir. Optimum koşullar altında 10 saniyenin altındaki emisyonlar sağlanabilir. Tüm kok fırını yan ürünleri için EPA yöntemi 303’e göre ABD’de yürürlükte olan standart, yükleme başına 12 saniyelik görünür emisyonudur. ABD’deki 51 bataryada 5 saniyenin altında değerler ölçülmüştür [235, Ailor 1999].

Yükleme arabasında bir toz toplama ünitesi bulunan iç içe geçen borularla yapılan yüklemekten kaynaklandığı bildirilen toz emisyonları 5 g/t kok düzeyinin altındadır (konsantrasyon <50 mg/Nm³). Bu örnekte, tahliye edilen gaz deşarj edilmeden önce yakılır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Sistemlerden bazıları, diğerlerine kıyasla işletme sorunlarına daha açıktır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Emisyonları en aza indirilmiş yükleme, dünya genelinde birçok tesiste uygulanmaktadır. Şekil 5.13’te bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 5.13: Emisyonu en aza indirilmiş kok fırını yükleme sistemlerine sahip örnek tesisler

Yükleme tekniği	Örnek tesisler
'Dumansız'	- Kok fırını 2, Corus, IJmuiden/Hollanda - Kok fırını tesisi, ArcelorMittal, Ghent/Belçika - Kok fırını tesisi, ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa - Kok fırını tesisi, ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa - Kok fırını tesisi, Gijón/İspanya - Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya - Rivagroup, Taranto/İtalya
Sıralı/kademeli	- ABD'deki birçok tesis - Kok fırını, Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen/Almanya - Kok fırını Prosper, Bottrop/Almanya
'Japon tipi'	- Kok fırını 1, Kawasaki Steel Corporation, Chiba Works, Japonya - Kok fırını, Nippon Steel Corporation, Kimitsu Works, Japonya - Kok fırını, Sumitomo Metal Industries, Wakayama Works, Japonya - Kok fırını 1, Corus, IJmuiden/Hollanda - Kok fırını tesisi ArcelorMittal, Seremange/Fransa - BHP Steel, Avustralya

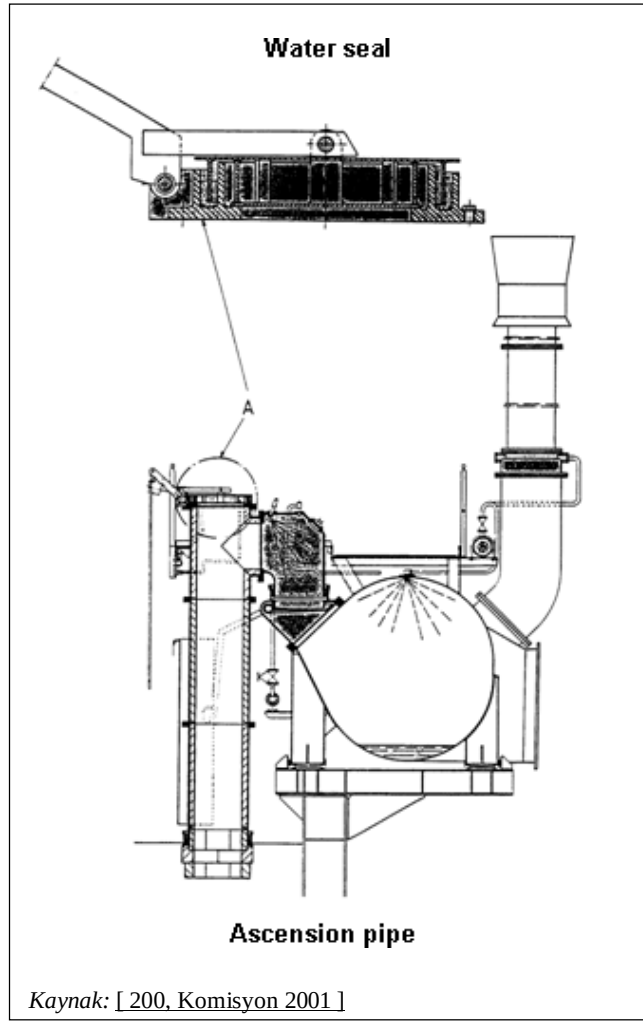
Referans literatür:

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [215, BSS 2007] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [320, Eurofer 2007] [337, Eurofer 2007]

5.3.3 Yükselme borularının ve yükleme deliklerinin sızdırmazlığı**Açıklama**

Koklaştırma döneminde, kok fırını açıklıklarından yayılan emisyonlar, itme ve yükleme işleminden sonra bu açıklıkların etkili bir şekilde kapatılmasıyla en aza indirilebilir. Ancak, bu tür önlemler ancak dikkatli bakım ve temizlik ile birlikte kullanıldığında başarılı olabilir.

Çoğu kok fırını tesisinde su sızdırmaz yükselme boruları standart ekipmandır (bkz. Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Bir kok fırını odasının yükselme borusu

Ayrıca, birçok eski tesis su sızdırmaz yükselme boruları ile donatılmıştır. Su temini ve akış borularında herhangi bir engel bulunmadığı sürece su sızdırmazlığı çok etkili olabilir.

Yükleme deliklerini sızdırmaz tutmanın en iyi yolu, bunları kil tipi bir malzeme veya benzeri bir ürünle dikkatlice kaplamaktır.

Yükselme borusu ve yükleme deliklerinin sızdırmazlık performansı izlenmelidir. Kok fırınlarından kaynaklanan kaçak emisyonları tahmin etmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Gözle görülür sızıntılar olan yükselme boruları ve yükleme deliklerinin toplam sayısı içinde sızıntı olanların oranı veya kütle/zaman olarak ifade edilen elde edilen emisyon seviyeleri, izleme yöntemine bağlıdır. Örneğin EPA 303 yöntemi, gözlem prosedüründen elde edilen sonuçların sızıntı yüzdeleri olarak ifade edilmesini sağlar. Ancak, EPA yöntemine uygun olan DMT metodolojisi, emisyonlara dört farklı güç derecesi atanarak ve gözlem sırasında görünür emisyonların süresi dikkate alınarak, temel ölçümlere göre günlük emisyonların hesaplanmasına olanak tanır.

Bir örnek tesiste izlemeye ilişkin aşağıdaki metodolojik adımlar kullanılmaktadır:

- Yükselme boruları ve yükleme deliklerinden 2 m mesafede fırın döşemesinde yükselme boruları ve yükleme deliklerinden gözle görülür sızıntılar belirlenir. Yükselme borularının görünür sızıntıları toplama hattından da tespit edilir.
- Yükselme boruları ve yükleme delikleri günde bir kez gözlemlenir (rastgele kontrol).

- Normal işlemlerden (kömür yükleme, kok itme) kaynaklanan görünür emisyonlar sızıntı olarak sayılmaz.
- Haftalık ortalama sızıntı sıklığı belirlenir.

Elde edilen çevresel faydalar

Su sızdırmaz yükselme boruları ve macunla sızdırmazlığı sağlanmış yükleme delikleri toz emisyonlarını, CO ve hidrokarbonları önemli ölçüde azaltacaktır (ayrıca bkz. Tablo 5.2).

Macunla sızdırmazlığı sağlanmış kapaklarla, yükleme deliklerinin maksimum %1'inde gözle görülür sızıntılar olması sağlanabilir. Ayrıca, kok fırını bataryasından toplama hattına geçişi sağlayan yükselme borusu, deve boynu ve sabit aktarma borularını içeren aparat için, sızıntı sıklığının haftalık ortalaması olarak belirlenen %1 oranı sağlanabilir.

Çapraz ortam etkileri

Su sızdırmaz yükselme boruları bir atık su akışı oluşturur. Ancak bu atık su, bazı durumlarda amonyak likörü tankına geri döndürülebilir veya amonyak sıyrıcıya/damıtıcıya yönlendirilebilir. Suyu devridaim etmek için pompalar tarafından enerji tüketilir.

Yükleme deliklerinin macunla sızdırmazlığının sağlanması, önemli bir çapraz ortam etkisine neden olmaz.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Yeni tesislerde, kaçak emisyonları azaltmak için yükselme borularının ve yükleme deliklerinin tasarımı optimize edilebilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Dünyadaki birçok tesiste su sızdırmaz yükselme boruları bulunur. Ayrıca, hemen hemen tüm tesislerde yükleme deliklerinin sızdırmazlığı macunla otomatik veya manuel olarak sağlanır.

Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [249, Hollanda 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.4 Kok fırını tesisinin sorunsuz ve kesintisiz çalışması

Açıklama

Bakım rejimi ve temizlik işlemleriyle birlikte, kok fırınının sorunsuz ve kesintisiz çalışması, emisyon kontrolü için prosese entegre en önemli önlemlerden biridir. Bunun yapılmaması, şiddetli sıcaklık dalgalanmalarına neden olur ve itme sırasında kokun yapışma olasılığını artırır. Bunun refrakter ve kok fırınının kendisi üzerinde olumsuz bir etkisi vardır ve sızıntının ve anormal çalışma koşullarının artmasına neden olabilir.

Sorunsuz ve kesintisiz çalışma için bir ön koşul, fırın makinelerinin ve sistemlerinin güvenilirliğinin yüksek olmasıdır. Bu ayrıca daha yüksek verimliliğe yol açar.

Yan ürün tesisinin sorunsuz çalışması, bataryalardan kaynaklanan emisyonlar üzerinde de olumlu bir etkiye sahip olacaktır.

Isıtma yüzeyinin sıcaklığını kontrol ederek (tokmak çubuğundaki ölçüm cihazıyla), odadaki sıcaklık dağılımını belirlemek mümkündür ve bu, ısıtma sisteminin verimliliği hakkında fikir verir.

Bu sonuçlara dayanarak, kok fırını onarmak veya çalışmasını optimize etmek için önlemler alınabilir.

Kok kütlelerinin tamamen koklaştığının kontrol edilmesi ve koklaşmasının sağlanması, VOC emisyonlarını veya kapı açıldığında artık kok gazlarının kendiliğinden yanmasından kaynaklanan emisyonları önleyebilir.

Kok yapımının otomasyonu, bir kok fırın tesisinin optimum verimlilikte çalıştırılmasını sağlar. Bazı kontrol seçenekleri şunlardır:

- İki ısıtma duvarının yüzey sıcaklığının kızılötesi ölçüm sistemi
- Isıtma bacalarında manuel ölçümler yapmak için entegre veri belleğine sahip bir kızılötesi pirometre
- Tüm anormal olayların kaydedilmesine imkan tanıyan bir duman kaydı sistemi (örneğin bir kızılötesi termal kamera sistemi) uygulayarak duman bulutlarının sayısının azaltılması. Kayıtların analiz edilmesi ve duman bulutları için belirlenen ana nedenlerle (örneğin yeşil kok itme, kok keki bileşenleri, mekanik nedenler (tikanma) ve davlumbaz sistemi kalitesi) ilişkilendirilmesi ve son olarak kusurların düzeltilmesi (yükleme yüksekliği ve ısıtma ayarları, yükleme kalitesi modifikasyonları, temizleme işlemleri vb.)
- Kok fırınlarından çıkan hava emisyonlarını izlemek için video kameraların stratejik olarak yerleştirilmesi. Bazıları kok fırını tesisi içine, diğerleri işlemlere genel bir bakış sağlamak için belirli mesafelere yerleştirilebilir. Kameralar görüntüleri kontrol odası operatörlerine iletir ve bu görüntüler analiz amacıyla kaydedilebilir ve arşivlenebilir.
- Her bataryada gereken ısı miktarını hesaplayan bir bilgisayar sistemi
- Operasyon ekiplerine yardımcı olmak için otomatik itme ve yükleme sistemi
- Gaz artma tesislerini kontrol etmek için bir sistem.

Elde edilen çevresel faydalar

Kok fırını tesislerinin emisyonlarının önemli bir kısmı, ısıtma odası ile fırın odası arasındaki çatlaklar ve deforme olmuş kapılar, kapı kasaları, fırın kolonları vb. nedeniyle meydana gelen sızıntılardan kaynaklanır. Bu emisyonlar, kok fırını tesisinin daha sorunsuz ve kesintisiz bir şekilde çalışmasıyla büyük ölçüde önenebilir. Ayrıca, bu teknik, kok fırını tesisinin ömrünü önemli ölçüde artırabilir.

Kaydedilen görüntüler, emisyonları araştırmak ve belirlemek ve tam olarak nereden geldiklerini ve o sırada tesiste neler olduğunu açıklığa kavuşturmak için kullanılabilir. Bu analiz, gelecekteki anormal olayların önlenmesi için değerli bilgiler sağlar.

Dumanlardan kaynaklanan toz emisyonları büyük ölçüde engellenir.

Çapraz ortam etkileri

Önemli bir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Bir kok fırınının modüler tasarımı nedeniyle, kok üretim otomasyon ekipmanlarının tasarımı, müşterinin özel gereksinimlerine göre özel çözümlerin uygulanmasına olanak tanır.

Ekonomik boyut

Genel olarak, yeşil kokun önlenmesi, kok tesisinin verimliliğini artırır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Dünyadaki operatörlerin çoğu, kok fırın tesislerini olabildiğince sorunsuz çalıştıracak şekilde eğitilmiştir. Ancak, ekonomik gerekçeler daha yüksek üretim seviyelerine neden olabilir ve daha az istikrarlı bir tesis işletimi olasılığını artırabilir.

Yukarıdaki üçüncü maddede açıklanan teknik için bir örnek, ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa'daki kok fırını tesisidir.

Dördüncü maddede açıklanan tekniğe örnek olarak, Avustralya'daki BHP Steel gösterilebilir.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [215, BSS 2007] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [252, Fransa 2007] [253, ICSTI 06 2006] [320, Eurofer 2007]

5.3.5 Kok fırınlarının bakımı

Açıklama

Kok fırınlarının bakımı, prosese entegre en önemli önlemlerden biridir ve sorunsuz ve kesintisiz işletim için belirleyici bir faktördür.

Bakımlar, bakım çalışmaları kapsamında veya sürekli olarak yapılabilir. Sabit veya minimum bakım süresi belirlenemez. Bakım, sistematik bir program izlenerek ve özel olarak eğitilmiş bakım personeli tarafından gerçekleştirilmelidir (örneğin iki vardiyada).

ArcelorMittal, Ghent/Belçika'daki bakım programı aşağıda örnek olarak açıklanmıştır. Söz konusu tesiste, her fırın, duruma bağlı olarak ortalama beş yıl sonra tam bir denetimden geçirilir. Bu kapsamda, aşağıdaki işlemler yapılırken fırının bir hafta boş bırakılması gerekir:

- Fırınların periyodik muayenesi (örneğin günde bir fırın)
- Oda içindeki tüm birikintilerin (duvarlar, tavan, yükselme boruları) grafit giderimi ile temizlenmesi
- Refrakter tuğlalardaki çatlakların, deliklerin ve yüzey hasarlarının oksitermik kaynakla onarılması
- Fırın odası tabanının çimento ile doldurularak onarılması
- İnce çatlaklara toz enjeksiyonu
- Kapıların tamamen denetimden geçirilmesi; tüm münferit parçaların tamamen sökülmesi, temizlenmesi ve yeniden takılması; sızdırmazlık elemanlarının yeniden ayarlanması. Hasarlı kapı tuğlalarının değiştirilmesi; çoğu durumda kapının tamamen yeniden tuğlayla kapatılması gerekir.

Bu denetime ek olarak fırınların destek sistemi (yaylar, ankrajlar vb.) düzenli olarak kontrol edilir ve ayarlanır.

Diğer programlar, örneğin şunları içerir:

- Tıkanıklıkları önlemek için kaz boyunlarının ve ana toplama kanallarının sık sık temizlenmesi
- Kapakların temizliği
- Bir kok fırını odası duvar teşhis/onarım aparatının geliştirilmesi.

Elde edilen çevresel faydalar

İyi bakım, refrakter tuğlada çatlakları önler ve sızıntıyı ve dolayısıyla tam olarak yanmamış ham gaz emisyonlarını en aza indirir. Bu, kok fırınının yakılması nedeniyle baca gazı boşaltılan bacalarda siyah dumanın görünmesini engeller. Ayrıca kapıların ve

kasaların bakımı, yeniden ayarlanması ve elden geçirilmesi sızıntıları önler. İyi bakımlı deve boynu ve toplama hatları da yüklemekten kaynaklanan emisyonları önler.

Çapraz ortam etkileri

Önemli bir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Açıklanan bakım programı, genel olarak tüm operatörler (örneğin 1986'dan beri ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da) tarafından büyük bir başarıyla uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde sürekli veya özel bakım programları uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Bakım programını yürüten vasıflı işçiler için personel maliyetleri oldukça yüksektir (ArcelorMittal, Ghent/Belçika örneğinde yaklaşık 2 EUR/ton kok), ancak sorunsuz ve kesintisiz çalışma önlemlerinin bir parçası olarak, daha vasıflı operatörler daha yüksek verimliliğe katkıda bulunarak bu maliyetleri telafi edebilir.

Uygulamanın gerekçesi

Bu teknolojinin uygulanmasının gerekçesi, kok fırını tesisini optimize verimlilik ve minimum emisyonlarla mümkün olduğunca sorunsuz çalıştırma niyetidir.

Örnek tesisler

ArcelorMittal, Ghent/Belçika'daki kok fırını tesisi. Bu, tüm kok operatörleri tarafından uygulanan yaygın bir tekniktir.

Referans literatür

[200, Komisyon 2001] [223, USEPA 2001] [225, Brouhon 2006] [242, Caughlin 2007]
[253, ICSTI' 06 2006] [254, Eurofer 2007] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007] [330, Eurofer 2007]

5.3.6 Daha büyük kok fırını odaları

Açıklama

Daha geniş ve daha uzun kok fırını odalarının geliştirilmesinde iki ana ilkedden ilham alınmıştır:

- Günde itilen fırın sayısını azaltarak çevresel performansı iyileştirmek ve sızdırmazlık yüzeylerinin uzunluğunu azaltmak
- Sadece bir set makineye ihtiyaç duyulduğu için yatırım ve üretim maliyetlerini düşürmek.

Uzun veya geniş odalı kok fırınlarının temel özelliği, geleneksel fırınlara kıyasla geniş fırın hacmidir. Böylece belirli bir üretim miktarı için kapı contasının uzunluğu ve itme sıklığı azaltılır. Ancak bu tür fırınların özellikle üst ve alt uçlarında gaz sızdırmazlığını sağlamak daha zor olduğu için sızdırmazlığa özel dikkat gösterilmelidir.

Elde edilen çevresel faydalar

Düzenli bir şekilde bakım yapıldığında ve benzer çalışma koşullarında yaylı esnek sızdırmaz kapılar kullanıldığında, kapı ve kasa contalarından her bir ton kok başına toplam (kaçak) emisyonların, geleneksel kok fırınlarına kıyasla conta uzunluğunun azaltılmasıyla doğru orantılı olması beklenebilir.

Bölüm 5

Bir ton kok başına daha az itme işlemi gerektiği ve emisyonların itme sayısı ile doğru orantılı olduğu göz önüne alındığında, itme işlemlerinden kaynaklanan emisyonlarda bir azalma beklenebilir. Bununla birlikte, emisyon faktörleri (örneğin kapak başına emisyon, kapı başına emisyon) daha büyük kok fırını odalarının uygulanmasından etkilenmez.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Daha büyük fırın kapıları daha yoğun bakım gerektirir. Tablo 5.14, birkaç kok fırını tipinin özelliklerini göstermektedir.

Tablo 5.14: Birkaç farklı tip kok fırınının özellikleri

Özellik	Birim	Küçük	Orta	Büyük		
• Boyutlar (kullanılabilir):						
• Yükseklik	m	4,5	6,0	7,1	7,85	8,23
• Uzunluk	m	11,7	14,2	15,9	17,2	20,8
• Genişlik	m	0,45	0,45	0,59	0,55	0,59
Kullanılabilir hacim	m ³	22,1	36,4	62,3	70,0	93
Verimlilik	t kok/fırın	12,7	21,3	39,8	43,0	55
Fırın sayısı	#	322	187	142	120	140
Toplam fırın açıklığı	#	2898	1496	1278	1080	380
Sızdırmazlık yüzeylerinin uzunluğu	km	10,5	6,9	6,2	6,0	5,0
Fırın itmeleri	adet/gün	430	257	138	128	135
Toplam açma işlemi	adet/gün	3870	2056	1242	1152	945
Temizlenecek sızdırmazlık yüzeylerinin uzunluğu	km/gün	14,0	9,5	6,0	5,6	4,9
Kaynak: [33, Eisenhut ve diğ. 1988] [204, Neuwirth ve diğ. 2003] [320, Eurofer 2007] [335, Eurofer 2007].						

Geniş ve yüksek odalı tesislerde bilinen özel bir sorun yoktur. Duvar mukavemetine ilişkin daha büyük gereksinimler söz konusudur.

Uygulanabilirlik

Sadece yeni tesislerde uygulanabilir. Bazı durumlarda, tesisin eski temeller üzerine tamamen yeniden inşa edilmesi sırasında daha büyük bir kok fırını odası seçilebilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

- Kok fırını bataryası, Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen/Almanya
- Kok fırın bataryası no. 3, Bottrop/Almanya
- Kok tesisi Schwelgern, KBS, Duisburg-Schwelgern/Almanya
- Kok tesisi, ArcelorMittal, Ghent/Belçika.

Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [129, Stalherm ve diğ. 1990] [204, Neuwirth ve diğ. 2003] [320, Eurofer 2007] [335, Eurofer 2007]

5.3.7 Fırın kapısı ve kasa contalarının iyileştirilmesi

Açıklama

Fırın kapısının gaz sızdırmazlığı önemlidir ve aşağıdaki teknikler uygulanarak elde edilebilir:

- Yaylı, esnek sızdırmaz kapıların kullanılması
- Kapının ve çerçevesinin her kok itmede dikkatli bir şekilde temizlenmesi
- Kapıların içindeki gaz kanalları.

Kapı kasaları ve zırh plakaları çok fazla deforme olmamışsa mevcut bataryalar yeni yaylı sızdırmaz kapılarla donatılabilir. Bu bakımdan, destek kolonlarının mukavemeti önemli bir rol oynar, çünkü (tuğlaları yerinde tutan) zırh plakaları tercihen, destek kolonlarına takılan yaylarla yerinde tutulur.

Küçük ve büyük fırınlar için durumun farklı olduğunun belirtilmesi gerekir. Yüksekliği 5 m'den az olan fırınlar için, iyi bir bakımla birlikte bıçak sırtlı kapılar, kapı emisyonlarını önlemek için yeterli olabilir.

Fırın kapaklarının ve kasalarının sızdırmazlık performansı izlenmelidir (bkz. Bölüm 2.5.5.6.3).

Elde edilen çevresel faydalar

Esnek sızdırmaz kapıların özgül emisyon değerleri, geleneksel kapılarınkinden çok daha düşüktür. Temiz tutulmaları koşuluyla, son teknoloji kapılar, haftalık ortalama olarak belirlenen hem itici hem de kok tarafında batarya başına tüm kok fırın kapılarının görünür emisyonlarının %5'in altında tutulmasını mümkün kılar. EPA 303'e uygun olarak ortalama 30 günlük belirlemeye göre ABD'deki kok fırını bataryalarında %4'ün altında değerler elde edilmektedir. Bununla birlikte, bakımlı küçük fırınlarda geleneksel (bıçak sırtı) kapaklarla iyi sonuçlara ve bakımı yetersiz yapılan büyük fırınlarda esnek contalı kapılarla kötü sonuçlara ilişkin örnekler bulunabilir, ancak genel olarak esnek contalar, özellikle büyük fırınlar için sızdırmazlık açısından çok daha iyi fırsatlar sunar.

Kapı gövdesinin arkasında geniş kesitli gaz kanalları (kapı tapasının arkasını kesilmesiyle veya bir ısı kalkanı ile) veya contaya entegre edilen gaz kanalları, conta kenarının içi ve dışı arasındaki basınç gradyanını azaltır.

Tesviye ekipmanının kapısına uygulanan iyileştirmeler, bu kapıdan kaynaklanan kaçak emisyonlarda %93'lük bir azalma sağlamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Çapraz ortam etkileri yoktur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Yeni tesislerde ve bazı durumlarda mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yılda 1,2 – 1,5 Mt kok üreten yaklaşık yüz fırınlı bir kok fırını tesisinde bir kok fırını bataryasının kapak değişimi yatırımı yaklaşık 6 milyon EUR'dir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Aşağıdaki yeni ve yeniden inşa edilmiş tesislerde, yaylı esnek contalı kapılar uygulanmıştır:

- Kok fırını 1, Corus, IJmuiden/Hollanda
- Kok fırını, Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg- Huckingen/Almanya
- BHP Steel'deki kok fırını, Avustralya
- ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
- ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa
- Rivagroup, Taranto/İtalya

Referans literatür

[161, Vos 1995] [215, BSS 2007] [223, USEPA 2001] [252, Fransa 2007] [320, Eurofer 2007] [331, Eurofer 2007]

5.3.8 Fırın kapılarının ve kasasının sızdırmazlık malzemelerinin temizlenmesi

Açıklama

Avrupa'daki birçok eski kok fırını tesisinde hala orijinal yaysız bıçak sırtı tip kapılar bulunmaktadır. Bu tesislerde özellikle 5 m'den yüksek fırınlarda sızdıran kapaklar ciddi bir sorun olabilir. Ancak, iyi bir bakım ile mevcut kapılardan yayılan görülebilir emisyonlar %10'un altına düşürülebilir. Bakım planının başansı büyük ölçüde, istikrarlı bir koklaştırma prosesine, bakım için devamlı olarak çalışan personele, sürekli izlemeye ve kazanımlarla ilgili geri bildirimlerin verilmesine bağlıdır. Kapılar için bir iç mekan bakım atölyesi önemli tavsiye edilir.

Her döngüde kazıyıcılar kullanan gelişmiş kapı temizleyicileri de iyi sonuçlar verir. Kok fırını kapılarını temizlemenin başka bir yöntemi de yüksek basınçlı su jeti kullanmaktır. Ancak, yüksek basınçlı su jetiyle kok fırını kapısının temizliği her döngüde gerçekleştirilemez.

Kok fırını kapılarına uygulanan bakım programları, örneğin, kapı temizleme ekipmanlarını ve bir kapı servis bakım stratejisini içerir.

Elde edilen çevresel faydalar

Yüksek basınçlı su jeti temizleyici sistemi, görünür emisyonların fiilen ortadan kaldırılmasını mümkün kılarak %95'lik bir azalma elde edilebilir (EPA yöntemine göre). Kazıyıcı bir kapı temizleme sisteminin kullanılması da kapılardan kaynaklanan görünür emisyonların önemli ölçüde azaltılmasına katkıda bulunur.

Çapraz ortam etkileri

Yüksek basınçlı su jeti ile temizleme, kok fırını bataryalarından çıkan atık su ile birlikte arıtılabilen kontamine olmuş bir atık su akışı oluşturur. Bazı tesislerde bu söndürücüye boşaltılır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler:

Kok fırını 2, Corus, IJmuiden/Hollanda BHP Steel, Avustralya

Referans literatür

[97, Murphy ve diğ. 1991] [161, Vos 1995] [215, BSS 2007] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007] [332, Eurofer 2007]

5.3.9 Kok fırınında serbest gaz akışının korunması**Açıklama**

Gazların ve uçucu katranın, tasarıma bağlı olarak, genellikle fırının itme makinesi tarafında veya her iki tarafında bulunan yükselme borusuna doğru akmasına olanak tanımak için fırın odasının üst kısmında boş bir alan tutulur. Yüklenen kömürün fırının tepesine ulaşması ve fırının tepesinin grafitle tıkanması nedeniyle gaz akışı engellenebilir. Fırın içindeki gaz akışı her engellendiğinde, engelin arkasındaki aşırı basınç arttığı için kapı ve yükleme deliğinden sızıntı meydana gelir.

Bu durum, yüklenen kömürün yeterli bir şekilde tesviye edilmesi ile önlenir. Odanın tepesinde ve fırın tavanında grafit birikmesi, fırın duvarları üzerinde yeterli ısı dağılımı sağlanarak ve üst duvar sıcaklığının düşürülmesi ile en aza indirilebilir. Bununla birlikte, grafit birikimi çok fazla olursa, tesviye ekipmanı kok fırını odasında sıkışabilir. Bunu önlemek için, itici, itme sırasında tavanı ve üst oda alanının duvarlarını temizlemek için özel bir kazıma cihazı ile donatılmıştır.

Elde edilen çevresel faydalar

Kok fırını odasında iyi bir basınç dağılımı, yaygın emisyonları ve sızıntıları önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, itme işlemleri sırasında kok yükünün sıkışma riski azaltılır.

Çapraz ortam etkileri

Çapraz ortam etkileri yoktur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Yeni ve mevcut kok fırınlarında uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Uygun bir bakım programı olan ve kapılardan sızıntıları en aza indirmeyi hedefleyen tüm tesisler bu tekniği uygulamaktadır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [320, Eurofer 2007]

5.3.10 Koklaştırma prosesi sırasında fırınların değişken basınç düzenlemesi**Açıklama**

Geleneksel kok fırınları için en zorlu çevresel sorunlardan biri, esas olarak kok fırını kapıları, yükselme borusu kapakları ve yükleme deliği kapakları gibi kok fırını kapatici yüzeylerde ortaya çıkan yaygın gaz emisyonlarının önlenmesidir. Bu emisyonların ana nedeni, karbonizasyon prosesi sırasında oluşan ham gazın fırın odalarında

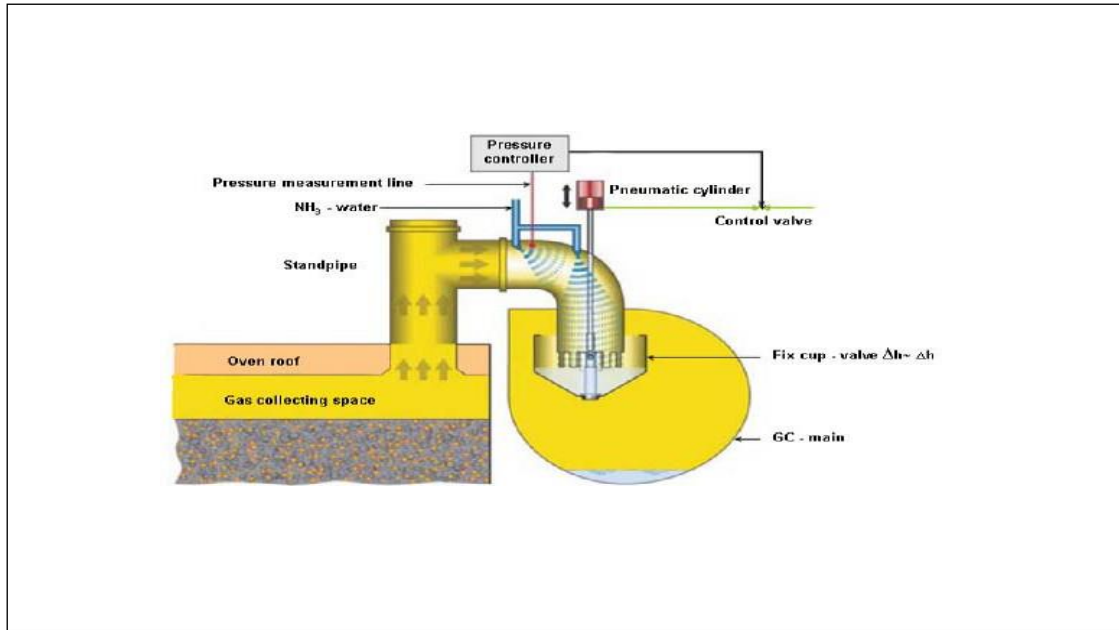
yarattığı basınçtır. Bu basınç tarafından yönlendirilen ham gaz, çeşitli kok fırını kapatıcı yüzeylerinin contalarına nüfuz eder.

Fırın odası genellikle koklaştırma sırasında hafif pozitif basınç altında tutulur. Negatif basınç, havanın fırın odasına girmesine izin verir ve kokun kısmen yanmasına neden olarak fırının tahrip olmasına yol açar. Fırın tabanı atmosferik basınçta olmalıdır. Genel bir kural olarak, toplama hattındaki aşırı basınç (mm su sütunu cinsinden) fırının metre cinsinden yüksekliğinin iki katı seviyesinde tutulur. Dolayısıyla, 7 m yüksekliğindeki modern bir fırın için karşılık gelen aşırı basınç, 14 mm'lik bir su sütunu olacaktır. 4 m yüksekliğindeki daha eski fırınlar için, toplama hattındaki aşırı basınç 8 mm'lik bir su sütunu olacaktır.

Koklaştırma prosesi sırasında KFG basıncı, iki saatlik bir karbonizasyon süresinden sonra maksimum değerine ulaşır. Koklaştırma süresi içinde hem özgül ham gaz oranı hem de oda basıncı düşer.

Basınç düzenlemesi ve emisyon azaltımı için geleneksel yol, yüksek veya düşük basınç ayarını sabitlemektir. Toplama hattını aşırı basınç altında tutmaya yönelik bu teknik, AB-25'teki çoğu kok tesisi tarafından kullanılmaktadır.

Ancak fırın toplama hattına bağlanır bağlanmaz toplama hattındaki basınç fırın odasındaki basıncı belirler. Pozitif toplama hattı basıncı ihtiyacı, fırının kapatıcı yüzeylerinde daha yüksek emisyon oranlarının olmasının ana nedenidir. Toplama hattı basıncını odadan ayırmak için, her bir fırındaki geleneksel mekanik klepenin yerini alan yeni bir toplama hattı valfi (marka adı 'FixCup') geliştirilmiştir. Bu valf, her fırın için ayrı ayrı hareket eden yenilikçi bir basınç düzenleme sisteminin önemli bir bileşenidir ('Basınç Ayarlı Fırın' anlamına gelen PROven® markası). PROven® sisteminin bir şeması Şekil 5.13'te gösterilmektedir. Bu yeni valf, fırındaki gaz basıncının bir fonksiyonu olarak suya daldırılan conta seviyesini kontrol etme imkanı verir. Gaz basıncı yükselme borusunda veya deve boynunda ölçülür. Kok fırını işletiminin zorlu koşullarına uygun sağlam bir kontrol sistemi elde etmek için FixCup valfi, sabit bir kap tipi su sızdırmazlık malzemesi, sürekli bir su akışı ve kontrollü bir çıkış suyu ile donatılır. Böylelikle FixCup'taki su seviyesi değiştirilebilir ve gaz basıncı her bir fırın için serbestçe seçilebilen düşük bir seviyede tutulabilir (genel olarak ilk saatlerde yaklaşık 0 hPa (0 mm su sütunu), koklaştırma süresinin sonunda kademeli olarak yaklaşık 1,3 hPa'ya (13 mm su sütunu)). Böylece bir kok fırınından boşaltılacak olan ham gaza karşı değişken bir akış direnci oluşturulur. Fırındaki basınç seviyesi pozitif aralıkta iken, toplama hattı emiş altında çalıştırılır (tipik basınç: -3 ila -3,5 hPa (-30 ila -35 mm su sütunu)). Bu emiş aynı zamanda yüksek basınçlı likör aspirasyon sistemine ihtiyaç duyulmadan yükleme gazı aktarımlarında da çok etkin bir şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 5.13: PROven® sisteminin şeması

Elde edilen çevresel faydalar

Kok fırını gazındaki toz ve kok partiküllerinin miktarı büyük ölçüde azaltılır. Tablo 5.15, değişken basınç düzenleme tekniğinin kurulumundan önce ve sonra meydana gelen PAH emisyonlarına ilişkin sonuçları göstermektedir.

Tablo 5.15: Değişken basınç kontrollü ölçülen PAH emisyonları

Konum	Yüklemeden sonra koklaştırma süresi (saat)	Değişken basınç kontrolü (%) ile PAH emisyonlarında azalma
İtici tarafı	0 – 2	64
	2 – 5	73
Kok tarafı	0 – 2	69
	2 – 5	73
Kaynak: [203, Liszlo ve diğ. 2004] [225, Brouhon 2006].		

Ayrıca, toplama hattı emiş altında olduğundan, yüksek basınçlı likör aspirasyonu gerekli değildir.

Çapraz ortam etkileri

Önemli bir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Geleneksel tekniğin işletim verileri iyi bilinmektedir. Değişken basınç tekniğinin işletim özelliklerine ilişkin olarak 1999'dan beri deneyim kazanılmaktadır. Özel bir sorun bildirilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Değişken basınç düzenleme tekniği, yeni kok tesislerinde uygulanabilir ve mevcut tesisler için bir seçenek olabilir. Bu tekniğin mevcut tesislere kurulma olasılığı dikkatli bir şekilde belirlenmelidir ve her tesisin özel durumuna bağlıdır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanmasının gerekçesi, emisyonların azaltılmasıdır.

Örnek tesisler

1999 yılında, değişken basınç düzenleme sistemi Almanya'daki eski bir kok tesisinde (52 kok fırını, 6 m yükseklik) test edilmiştir. Kok tesisi sökülmeden önce üç yıldır çalışıyordu. Bu basınç düzenleme sistemi 2003 yılında Duisburg, Duisburg-Schwegern'deki yeni kok tesisinde kurulmuştur (her biri 8,4 m yüksekliğinde 70 fırından oluşan iki batarya). Daha sonra sistem Brezilya, Çin ve Güney Kore'deki kok fırını tesislerinde uygulandı. 2008 yılına kadar PROven® teknolojisine sahip 1200'den fazla fırın inşa edilmiş veya inşası için sözleşme imzalanmıştır.

Referans literatür

[203, Liszlo ve diğ. 2004] [204, Neuwirth ve diğ. 2003] [225, Brouhon 2006] [320, Eurofer 2007] [329, Eurofer 2007]

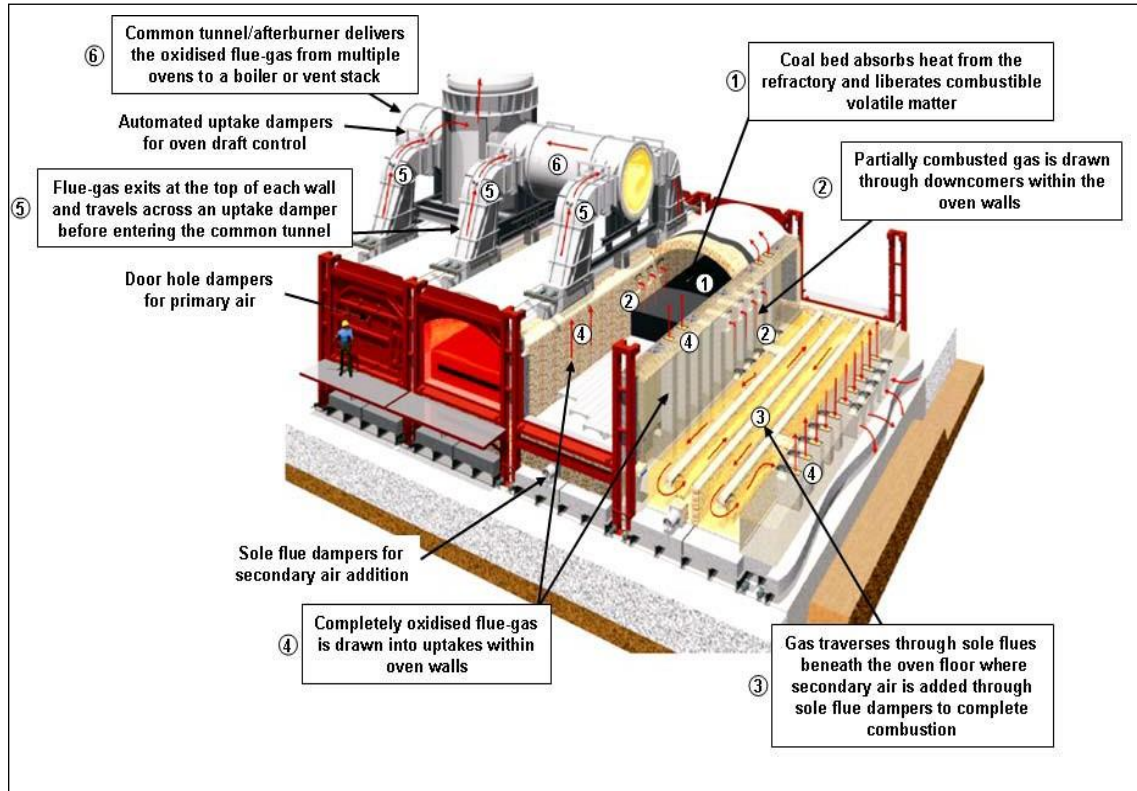
5.3.11 Isı geri kazanımlı koklaştırma

Açıklama

Bu koklaştırma sistemi, geri kazanılmayan gaz ve kömür kimyasalları nedeniyle genellikle "geri kazanımsız koklaştırma" olarak da adlandırılır. Ancak, bu belgenin yazıldığı tarihte (2010), yeni inşaatlar için tipik olduğu gibi, atık ısı kullanıldığında ve çıkış gazında kükürt giderimi yapıldığında 'ısı geri kazanımı' terimi uygulanmaktaydı.

Isı geri kazanımlı koklaştırma prosesinde, esasen koklaştırma prosesinden salınan tüm katran ve gazlar fırın ve taban bacası içinde yakılır. Isı geri kazanımlı koklaştırma prosesi, geleneksel yatay oda sisteminden farklı bir fırın tasarımı gerektirir. Kok fırını gazı arıtma tesisi ve atık su arıtma tesisine ihtiyaç yoktur.

Herhangi bir atık gaz kullanımı ve/veya temizliği olmayan geleneksel ısı geri kazanım tesisleri, Çin'de halen faaliyette olan 'arı kovarı fırınlarıdır'. Isı geri kazanım tesislerinin temeli, birkaç fırının tek bir batarya oluşturmak üzere gruplandırıldığı 'Jewell-Thompson fırınıdır' (bkz. Şekil 5.14).



Şekil 5.14: Jewell-Thompson fırın ve ısı geri kazanımlı kok tesisi

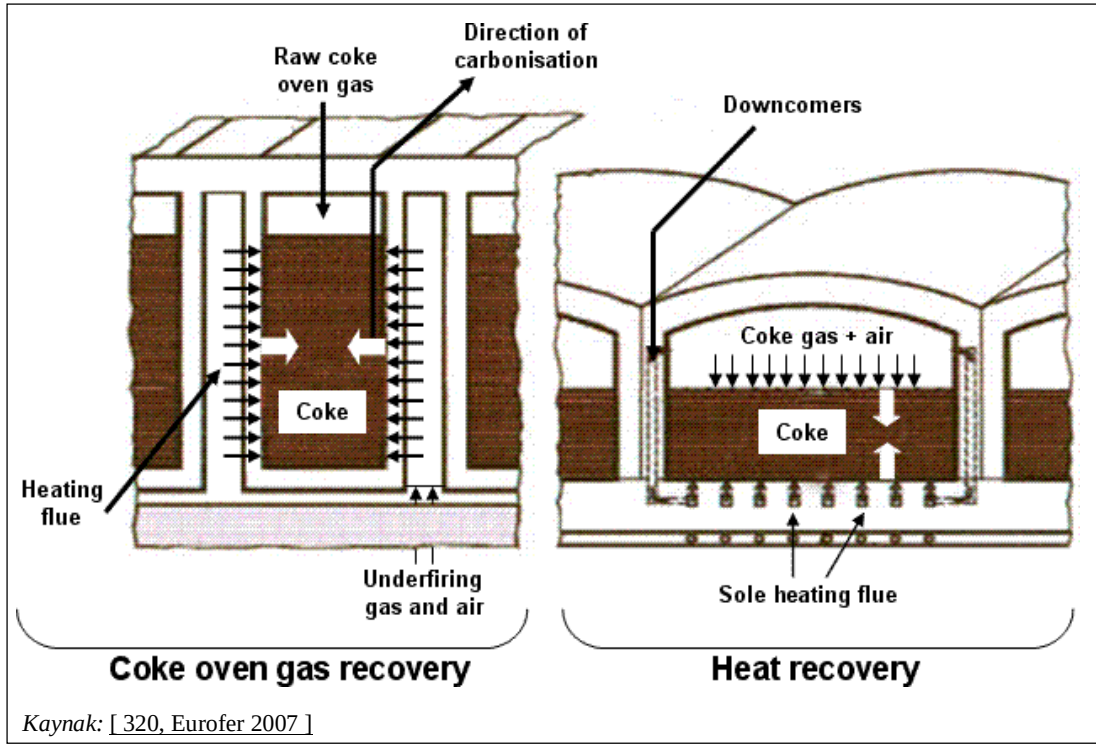
Dikdörtgen bir zemin alanı ve kemerli bir tepe ile şekillendirilmiş, Doğu Chicago'daki (ABD) Indian Harbour Coke Company'de işletilen tesisin odalarının boyutları (bkz. Şekil 5.14) $14 \times 3.5 \times 2.4$ m (b × e × y). Fırın tuğlası astarı refrakter silika malzemeden oluşmaktadır. Fırınların kömür yüklemesi (yükleme başına 40 ila 45 ton), su soğutmalı bir kömür konveyörü yardımıyla açık itici yan kapısından gerçekleştirilir. Tipik yükleme yükseklikleri 1000 mm'dir.

Karbonizasyon prosesi, önceki karbonizasyon döngüsü nedeniyle var olan ısı ile başlatılır. Açığa çıkan kok fırını gazı, fırın kapılarından ortam havasının eklenmesiyle tahta kısmen yakılır ve 'iniş borularından' geçirilerek fırın tabanında bulunan ısıtma bacalarına iletilir. Ek bir ortam havası beslemesi yoluyla, burada 1200 ila 1400 °C arasındaki sıcaklıklarda ham gazın tamamen yanması gerçekleştirilir.

Böylece girdi kömürünün koklaşması, fırın tacından doğrudan ısıtma ve refrakter tabandan dolaylı ısıtma ile gerçekleşir. Tüm sistem atmosfer altı basınçta çalışır. Modern bir tesisin ısı geri kazanımıyla, sıcak atık gaz enerji üretmek için kullanılır ve ardından atmosfere salınmadan önce kükürt giderme işlemine tabi tutulur.

Jewell-Thompson fırınlarında koklaştırma süresi yaklaşık 48 saattir. Bu süreden sonra, kok dışarı itilir ve ıslak söndürmeye tabi tutulur. Isı geri kazanım tekniğini geleneksel kok yapma tekniğinden ayıran en temel özellikler Şekil 5.15'te verilmiştir ve aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Düz yataklı kok yapımı
- Fırınların negatif basınç altında çalıştırılması
- Doğrudan fırın odalarına hava beslemesi
- Her bir fırında ham gazın tamamen yanması
- Sulu atık olmaması
- Yan ürün olarak alçıtaşı üretilir.



Şekil 5.15: KFG geri kazanımına kıyasla ısı geri kazanım tekniğinin en temel özellikleri

2005 yılında tamamıyla kurulmuş olan dünya genelindeki kok üretim tesislerinin yalnızca yaklaşık %6'sı (yılta yaklaşık 556 milyon ton kok üretimi) ısı geri kazanım tesisi olarak işletilmektedir. İlgili tesisler ABD, Güney Amerika, Asya ve Avustralya'da bulunmaktadır. Haverhill Ohio/ABD'deki ısı geri kazanım tesisi 2005 yılında devreye alınmıştır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 5.16'da, geri kazanımsız bir kok tesisinden kaynaklanan emisyonlara ilişkin rakamlar verilmiştir. Değerler, bir emisyon azaltma sistemi uygulanmadan gerçekleşen emisyonları ifade etmektedir. Vansant, Virginia/ABD'de baca gazının bir kısmı bir termal kurutucuda yıkanır, ancak fırınların geri kalanı baca gazı arıtma cihazları olmadan çalışmaktadır.

Kok fırını atmosfer altı basınçta çalıştığı için, koklaştırma işlemi sırasında kapılardan çıkan emisyonlar ihmal edilebilir düzeydedir. Geri kazanımsız kok tesislerinde emisyon azaltımı yapılmayan yükleme ve itme işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar Tablo 5.16'da verilmiştir. Bu bilgilerin ait olduğu mevcut iki bataryada, yükleme ve itme sırasında kullanılan tozsuzlaştırma tesisleri bulunmamaktadır.

Tablo 5.16: Emisyon azaltma olmadan geri kazanımsız koklaştırmada yükleme ve itme kaynaklı emisyonlar

Bileşen	Değer	Yükleme	İtme	Birim
Toz	1960	7,35	276	g/t kok
SO ₂	7000			g/t kok
NO _x	380			g/t kok
CO	77			g/t kok
Benzende çözünür organik maddeler		Tespit edilmedi	0,65	g/t kok
Benzo(a)piren		$1,3 \times 10^{-5}$	Tespit edilmedi	g/t kok

Not: ABD EPA emisyon faktörlerine dayalıdır. 1 ton kömürden 0,78 ton kok elde edildiği varsayımına dayalı olarak g/t kömür cinsinden hesaplanmıştır (bkz. Bölüm 5.1.2.3).

Kaynak: [74, Knoerzer ve diğ. 1991].

Isı geri kazanım tekniğinin çevre dostu bir şekilde uygulanmasının ön koşulu, çıkış gazının temizlenmesi için bir emisyon azaltma sisteminin (kükürt giderme) ve atık gaz ısıısının kullanılmasıdır.

NO_x emisyonları, geleneksel batarya ısıtması sırasında uygulanan kademeli yanmadan kaynaklanan tipik emisyonları aşabilir.

Kok fırını negatif basınç altında çalıştığından, koklaştırma işlemi sırasındaki sızıntılardan kaynaklanan kapılardan yayılan kaçak emisyonlar ihmal edilebilir düzeydedir. Bu yüzden, koklaştırma işlemleri sırasında kanserojen maddeler (örneğin benzo(a)piren) içeren emisyonlar neredeyse tamamen önenebilir. Kömür yükleme sırasında hem partikül hem de benzo(a)piren emisyonları oluşabilir.

Emisyon kontrollerinin iyileştirilmesi, fırın aracılığıyla emişin değiştirilmesi veya bir toz giderme sistemi dahil olmak üzere itici tarafında ek emiş tesislerinin kullanılmasıyla sağlanabilir. Genel olarak, kokun düz yataktan söndürme arabasına daldırıldığı yüksekliğin daha az olması nedeniyle, kok itme işleminden kaynaklanan partikül emisyonları, yatay odada koklaştırma işleminden kaynaklanarlardan daha düşüktür. Kalan partikül emisyonlarını yakalamak için, kok tarafına ilgili emme cihazları ve bir toz giderme sistemi ile birlikte bir davlumbaz kurulur.

Çapraz ortam etkileri

Isı geri kazanımlı koklaştırmanın dezavantajlarından biri, geleneksel kok üretimi sistemlerine kıyasla düz yataklı tasarımları nedeniyle fırınların geniş bir alanı kaplamasıdır.

Koklaştırma sırasında kömürün kısmen yanması, yüksek fırında kok üretiminin daha az olmasına neden olur.

Isı geri kazanım tekniğinde daha düşük kaliteli kömürler kullanılabilir; bu, aynı zamanda, geleneksel bir tesiste üretilene eş değer kalitede kok üretmek için koklaşabilirliği düşük kömürler ve şişen kömürler dahil olmak üzere daha ucuz kömürlerin kullanılabileceği anlamına gelir.

İşletim verileri

Indiana Harbor, Indiana/ABD'deki ısı geri kazanım tesisi 1998'de faaliyete geçmiştir. İşletim deneyimine ilişkin olarak bildirilen veriler yeterlidir ve çevre ile ilgili hususları içerir. Kok gazının yeterince yakılmadığı durumlarda atık gaz kazanlarında kurum birikmesi ile ilgili problemler bildirilmiştir. Karbonizasyon sırasındaki negatif basınç nedeniyle kapılardan yayılan görünür emisyonlar ihmal edilebilir düzeydedir.

Yüksek şişme basıncı üretenler de dahil olmak üzere çok çeşitli kömürlerin kullanıldığı ısı geri kazanım prosesi ile yüksek kaliteli kok üretilebilir. Kok kaliteleri, yatay odalı koklaştırma tekniğiyle üretilen kokun kalitesine benzerdir. Yüklene kömürün sıkıştırılmasıyla kok kalitesinde ek bir iyileşme sağlanabilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, işletme sahasındaki koşullara bağlı olarak yalnızca tamamen yeni bir tesis konsepti olarak uygulanabilir.

Bir ısı geri kazanım tesisi inşa etme kararı da sahaya bağlıdır. Bir ısı geri kazanımlı koklaştırma tesisini mevcut bir çelik fabrikasına entegre ederken, ekonomik açıdan karlı bir enerji bağlantısı sağlamak zor görünmektedir. Bir ısı geri kazanım tesisinde, ısıtma için kullanılabilecek KFG üretilmediğinden, sahada üretilen buhar veya elektrik için tüketiciler mevcut olmalıdır.

Ekonomik boyut

Indiana Harbor, Indiana/ABD'deki ısı geri kazanım tesisine ilişkin bilgilere göre, yılda 1,2 milyon ton kok üreten bir ısı geri kazanım tesisi için sıfırdan yapılan yatırım 1998 yılında, kok fırın tesisleri, kömür taşıma/harmanlama ve elektrik santrali dahil olmak üzere 365 milyon USD idi. Enerji tesisi için 1998 yılında 140 milyon USD yatırım maliyeti bildirilmiştir.

İşletme maliyetleri, KFG geri kazanımlı koklaştırmaya kıyasla genellikle daha düşüktür.

Uygulamanın gerekçesi

Isı geri kazanımlı koklaştırma kullanmanın başlıca avantajları, daha düşük işçilik gereksinimleri ve daha düşük kaliteli ve daha ucuz kömür kullanma imkanındır.

Örnek tesisler

Avrupa'da ısı geri kazanımlı koklaştırma tesisi bulunmamaktadır. ABD ve Çin'de birkaç tesis faaliyet göstermektedir.

Referans literatür

[115, Walker, D.; Barkdoll, M. 2002] [117, Hoffmann, A. ve diğ. 2001] [121, Hein, M. 2002]
[124, Arendt, P. ve diğ. 2006] [200, Komisyon 2001] [320, Eurofer 2007]
[336, Eurofer 2007]

5.3.12 Kok fırınının yakılmasında emisyon azaltma

Isıtma odalarında gaz halindeki bir yakıtın yakılması, koklaştırma prosesi için gerekli ısıyı sağlar. Isı, refrakter tuğla duvardan ısı iletimi ile kok fırını odasına aktarılır. Fırın odasındaki sıcaklık ne kadar yüksek olursa, koklaştırma süresi o kadar kısa olur. Kok fırınının yakılmasında kaynaklanan en önemli kirleticiler NO_x, SO₂ ve tozdur. Kok fırınının yakılmasında emisyon azaltımı, tuğlaların iyi bir şekilde bakımının yapılmasının yanı sıra her bir kirletici için birincil ve ikincil azaltma önlemlerinin alınmasını içerir.

5.3.12.1 Kok fırını odaları ve ısıtma odaları arasındaki sızıntının en aza indirilmesi

Açıklama

Kok fırınının Bölüm 5.3.3'te verilen açıklamaya uygun bir şekilde sistematik ve sürekli bakımı yapılarak, tuğlalardan meydana gelen sızıntılar büyük ölçüde önlenir. Tuğlalardaki çatlaklardan yayılan sızıntılar, ham KFG'nin kok fırınının yakılmasından kaynaklanan baca gazına ulaşmasına neden olur. Bu, ek SO₂, toz ve hidrokarbon emisyonlarına yol açar. Kok fırınının yanması sırasında fırın bacasından çıkan görünür siyah duman emisyonları ile çatlakların varlığı kolaylıkla tespit edilebilir. Ancak hangi kok fırını odasının sızdığını tespit etmek kolay değildir. Çatlakları bulmak için kullanılan en yaygın teknik, itmeden sonra iki ısıtma duvarını gözlemlemek ve yüklemekten hemen sonra ısıtma bacalarının içine bakmaktır. Çatlakların konumu, bacalarda beliren alevler sayesinde anlaşılabilir.

Duvarlardaki çatlaklar nedeniyle partikül emisyonları genellikle çalışma süresiyle birlikte artacak ve 10 mg/Nm³'ü aşacaktır. Kok fırını personeli, bacadan çıkan gazdaki kurum miktarını izleyerek bacalardan çıkan siyah emisyonların örüntüsünü belirleyebilir ve emisyonları yükleme yapılan ilgili fırınlarla ilişkilendirebilir. Fırın ve ısıtma duvarı arasındaki sızıntıyı azaltacak şekilde kok üretim sürecini yönetebilirler.

Sorun belirlendikten sonra, refrakter tuğlanın yüzeyindeki çatlaklar, delikler ve diğer hasarlar, oksitermik kaynak, silikon kaynak ve refrakter çimento ile ıslak veya kuru püskürtme yapılarak etkili bir şekilde onarılabilir. Nadiren de olsa bazı durumlarda tuğlaların yenilenmesi gerekebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Partikül bacası emisyonları genellikle 10 mg/Nm³'ün altındadır. Püskürtme düzgün bir şekilde uygulandığında ve çatlak oluşumu izlendiğinde emisyonlar neredeyse sıfıra indirilebilir. Kok fırını refrakter duvarlarının kalitesi ve durumu da bu açıdan çok önemlidir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik sadece mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

AB'deki birçok tesis.

Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [65, InfoMil 1997] [130, Stalherm ve diğ. 1995] [215, BSS 2007]
[244, Plickert 2007] [320, Eurofer 2007] [338, Eurofer 2007]

5.3.12.2 NO_x'in birincil önlemlerle azaltılması**Açıklama**

Üretilen NO_x neredeyse tamamen alevde N₂ ve O₂ arasındaki reaksiyonla meydana gelen termal NO_x'ten oluşur. Termal NO_x oluşumu, alevdeki tepe sıcaklıklar ve O₂ konsantrasyonları ile yakından ilgilidir. Dolaylı olarak, NO_x emisyonları ayrıca yakıtla (zenginleştirilmiş yüksek fırın gazı veya KFG), kullanılan kömürün türüyle, kömürün özgül yükleme ağırlığıyla, koklaşma süresiyle ve kok fırını odasının boyutlarıyla da ilişkilidir.

NO_x oluşumunu azaltmanın en etkili yolu, ısıtma odasındaki alev sıcaklığını düşürmektir. Bu nedenle amaç soğuk bir alevle yakmaktır. Üç yöntemin etkili olduğu gösterilmiştir:

- Atık gaz devridaimi: Kok fırınından çıkan atık gaz, yakıt ve yanma havası ile karıştırılır. Düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonları alev sıcaklığını düşürür. Ancak, atık gaz devridaiminin ön ısıtma etkisi, sıcaklık düşürme etkisini azaltabilir.
- Aşamalı yanma: Yanma havası birkaç aşamada eklendiğinde, yanma koşulları daha ılımlı hale gelir ve NO_x oluşumu azalır.
- Koklaşma sıcaklıklarının düşürülmesi: Sıcaklığın kok fırınlarının ekonomisi ve enerji verimliliği üzerinde etkisi vardır. Daha düşük bir koklaşma sıcaklığı, daha düşük bir ısıtma odası sıcaklığı gerektirir, bu da daha az NO_x oluşumu sağlar.

Ayrıca, ısıtma odası tarafından kok fırını odası tarafına refrakter tuğla duvar üzerindeki sıcaklık gradyanı düşürülerek normal bir koklaşma sıcaklığı korunurken ısıtma odası sıcaklığı (ve dolayısıyla NO_x oluşumu) azaltılabilir. Bu, daha ince tuğlalar ve daha iyi termal iletkenliğe sahip bir refrakter malzeme kullanılarak gerçekleştirilebilir. Önceden, 1320 °C'lik bir ısıtma odası sıcaklığı, 1180 °C'lik bir kok fırını odası sıcaklığına yol açıyordu. Günümüzde, daha ince tuğlalar sayesinde 1200 °C'lik ısıtma odası sıcaklığında aynı derecede bir kok fırını odası sıcaklığı elde edilmektedir.

Elde edilen çevresel faydalar

Dahili atık gaz devridaimi ile birlikte aşamalı hava ısıtma, atık gazdaki NO_x konsantrasyonlarını en aza indirmek için bir ön koşul olan uzun ve 'soğuk' bir alev üretir.

Prosesle entegre NO_x giderme önlemlerinin uygulandığı tesisler yaklaşık 340 g NO_x/t kok yayar (konsantrasyonlar: %5 O₂'de 322 – 414 mg/Nm³).

Almanya'daki birkaç tesis tarafından gösterilen emisyonlar aşğıdaki aralıklardadır:

- Karışık gazla yakılan: NO_x konsantrasyonu 322 – 358 mg/Nm³
- Kok fırını gazı ile yakılan: NO_x konsantrasyonu 332 – 414 mg/Nm³.

Çapraz ortam etkileri

Kükürt giderme verimliliğini artırmak için ham gaz soğutucularının soğutma kapasitesi artırıldığında, enerji tüketimi ve olası termal emisyonlar da artar. Kok fırınının yakılmasından kaynaklanan NO_x emisyonlarının düşürülmesinin bir sonucu olarak hiçbir çapraz ortam etkisi tespit edilmemiştir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Prosesle entegre NO_x giderme önlemleri yeni tesislerde uygulanabilir. Mevcut bir tesiste sıcaklığın düşürülmesi, daha uzun koklaştırma sürelerine ve işlemlerin nominal kapasitenin altında gerçekleştirilmesine neden olacaktır.

Daha ince tuğla ve daha iyi ısı iletkenliğe sahip refrakter malzeme kullanımı ancak yeni tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Yeni inşa edilmiş veya yenilenmiş tesisler, düşük NO_x emisyonlu yakma sistemleri ile donatılmıştır. Örneğin:

- Kok fırını, Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg- Huckingen/Almanya
- Kok fırını Prosper, Bottrop/Almanya
- Kok fırını tesisi KBS, Schwelgern-Duisburg/Almanya
- Kok tesisi B3, ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
- Kok tesisi ArcelorMittal, Seremange/Fransa
- Kok tesisi 2, Battery ACO, Corus, Scunthorpe/Birleşik Krallık
- Kok fırını Rivagroup, Taranto/İtalya.

Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [130, Stalherm ve diğ. 1995] [253, ICSTI' 06 2006] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007] [333, Eurofer 2007]

5.3.12.3 NO_x'in ikincil önlemlerle azaltılması

Açıklama

Kok fırınının yakılmasından kaynaklanan NO_x emisyonları tercihen prosesle entegre önlemlerle en aza indirilir, ancak boru sonu teknikleri de uygulanabilir.

SCR prosesinde baca gazındaki NO_x, amonyak (NH₃) ile katalitik olarak N₂ ve H₂O'ya indirgenir. Bir titanyum oksit (TiO₂) taşıyıcı üzerinde vanadyum pentoksit (V₂O₅) veya tungsten oksit (WO₃) genellikle katalizör olarak kullanılır. Diğer olası katalizörler demir oksit ve platindir. Optimum çalışma sıcaklıkları 300 ila 400 °C arasındadır. Bu yüksek sıcaklıklar,

kok fırınlarının rejeneratörlerinde (optimum aralık 180 – 250 °C) enerji geri kazanımını azaltmakta veya atık gazın ek olarak ısıtılmasını zorunlu kılmaktadır.

Katalizörün devre dışı bırakılmasına, patlayıcı amonyum nitratin (NH_4NO_3) birikmesine, amonyak geçişine ve aşındırıcı SO_3 oluşumuna özel dikkat gösterilmelidir.

Elde edilen çevresel faydalar

%90'lık bir NO_x giderme verimliliği elde edilebilir. Kok fırını tesislerinde kullanım konusunda sürdürülebilirlik bakımından çok fazla deneyim bulunmamaktadır.

Çapraz ortam etkileri

Enerji tüketiminde ve amonyak tüketiminde artış meydana gelir. Katalizörün bir kısmı artık etkili olmadığına kenara ayrılmalıdır.

İşletim verileri

1976'da, Japonya'daki Kawasaki Steel Chiba Works'te kok fırınının yakılmasından kaynaklanan atık gazı arıtmak için bir SCR devreye alınmıştır. SCR'nin kapasitesi 500 000 Nm^3/s idi. Çalışma sıcaklığı 240 °C idi ve indirgeme ortamı amonyaktı (NH_3). NO_x giderme verimliliği %90 düzeyindeydi. Amonyum sülfat oluşumu ve toz birikmesi, atık gazları >260 °C'ye ısıtarak katalizörün günde bir kez yenilenmesi gerektiği anlamına geliyordu.

1992 yılında, 2 ila 4 numaralı bataryaların kapatılmasıyla SCR kullanım dışı bırakıldı.

Uygulanabilirlik

SCR sadece yeni tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Genel olarak SCR için şu maliyetler bildirilmiştir: Yatırımlar: 1976'da 47 milyon EUR; işletme maliyetlerine dair veriler mevcut değildir.

Genel olarak SCR için şu maliyetler bildirilmiştir: 1996'da yatırım maliyetleri: 50 EUR/(Nm^3/s) $\pm$ %30. Dolayısıyla, 300000 Nm^3/s batarya baca gazı akışına ve yılda 1 Mt kok üretimine sahip bir kok fırını tesisi için maliyet:

- Yatırım: 1996'da 15 milyon EUR $\pm$ 5 milyon EUR
- İşletme: 1996'da 0,17 EUR – 0,51/t kok.

Örnek tesisler

Kok fırınının yakılmasından kaynaklanan atık gazda NO_x 'in giderilmesi için SCR, Kawasaki Steelworks, Chiba/Japonya'daki kok fırını bataryası 2, 3 ve 6'da uygulanmıştır. Bu arada tüm SCR tesisleri kapatılmıştır ve şu anda dünya genelinde kok fırını bataryalarında hiçbir SCR sistemi faaliyette değildir.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [276, İtalya 2007] [339, Eurofer 2007]

5.3.12.4 Kok fırını gazında kükürt giderme yoluyla SO_2 'nin azaltılması

Açıklama

SO_2 emisyonlarının seviyesi, yakıtın kükürt içeriği ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden, yakıtın kükürt içeriği en aza indirilerek SO_2 emisyonları da en aza indirilebilir. Kok fırını yakmak için genellikle (zenginleştirilmiş) yüksek fırın gazı veya kok fırını gazı kullanılır. Kok fırını gazının kükürt içeriği, kok fırını gazı arıtma tesisinin kükürt giderme performansına bağlıdır. Arıtılmış kok fırını gazındaki H_2S içeriği, kullanılan kükürt giderme türüne ve bu işlemin verimine bağlı olarak yaklaşık 1 ila 1000 mg/Nm^3 arasında değişebilir. Kükürt giderme uygulanmazsa (AB'deki bazı fabrikalarda hala durum böyledir) H_2S içeriği 8 – 12 g $\text{H}_2\text{S}/\text{Nm}^3$ kadar yüksek olabilir. Zenginleştirilmiş yüksek fırın gazı daha düşük kükürt içeriğine sahiptir.

Fırın odalarından çıkan ham kok fırını gazı ısıtma duvarlarındaki çatlaklardan sızdığında ve ısıtma yakıtı ile birlikte yandığında, toz emisyonları önemli ölçüde artabilir ve SO₂ emisyonlarında da artış görülebilir. Buna paralel olarak, KFG'nin yanı sıra fırının düşük seviyede çalıştırılması için yakılan gazın eksik yanması nedeniyle toz oluşacaktır. Bu durumda, batarya bacasında partikül emisyonları (siyah duman) görsel olarak tespit edilebilir. Fırının düşük seviyede çalıştırılması için yakılan gaz toz içeriyorsa yine partikül emisyonları oluşacaktır.

Arındırılmamış KFG, H₂S içeriği nedeniyle birçok endüstriyel uygulamada kullanıma uygun değildir. Ancak, gaz kükürttten arındırıldığında, çeşitli uygulamalar için kullanımı uygun hale gelir. Pek çok tesis, kükürt gidermeden sonra KFG'yi satarak kar elde eder. Ticari nedenlerle kükürttten arındırma, çevreyi 'asit yağmuru' etkisinden koruma ihtiyacıyla örtüşür, çünkü kükürttten arındırılmış kok fırını gazı, kok fırını gazının yanma sahasındaki SO₂ emisyonlarını azaltır. Çoğu durumda, kükürt iki aşamada giderilir: Düşük basınçlı aşama ve yüksek basınçlı aşama. KFG'de kükürt giderme, AB-27'de giderek daha yaygın bir uygulama haline gelmektedir.

Kok fırını gazı ayrıca karbon disülfid (CS₂), karbon oksisülfid (COS), merkaptanlar vb. gibi çeşitli organik kükürt bileşiklerini içerir (toplam yaklaşık 0,5 g/Nm³). Ancak, kok fırını gazından organik kükürt bileşiklerinin geri kazanılması hakkında şimdiye kadar sınırlı bilgi bulunmaktadır.

Bölüm 5.1.4.4'te açıklandığı gibi, iki ana tip kok fırını gazı kükürt giderme prosesi vardır: Islak oksidasyon prosesleri ve ardından sıyırma uygulanan soğurucu prosesler. Soğurucu proseslerde, H₂S ve amonyak (NH₃) giderme ve işleme birlikte gerçekleştirilir. Giderilen hidrojen sülfür ve amonyak, asit giderici/NH₃ sıyırıcı kolonlarda buhar olarak geri kazanılır. Asit giderici/NH₃ sıyırıcı için sıyırma buharı doğrudan kolona verilir. H₂S/NH₃ açısından zengin buharlar amonyağın yok edildiği ve hidrojen sülfürün element halinde kükürde dönüştürüldüğü Claus tesisine verilebilir ya da amonyum sülfat üretimi ile birlikte bir sülfürik asit tesisine gönderilebilir.

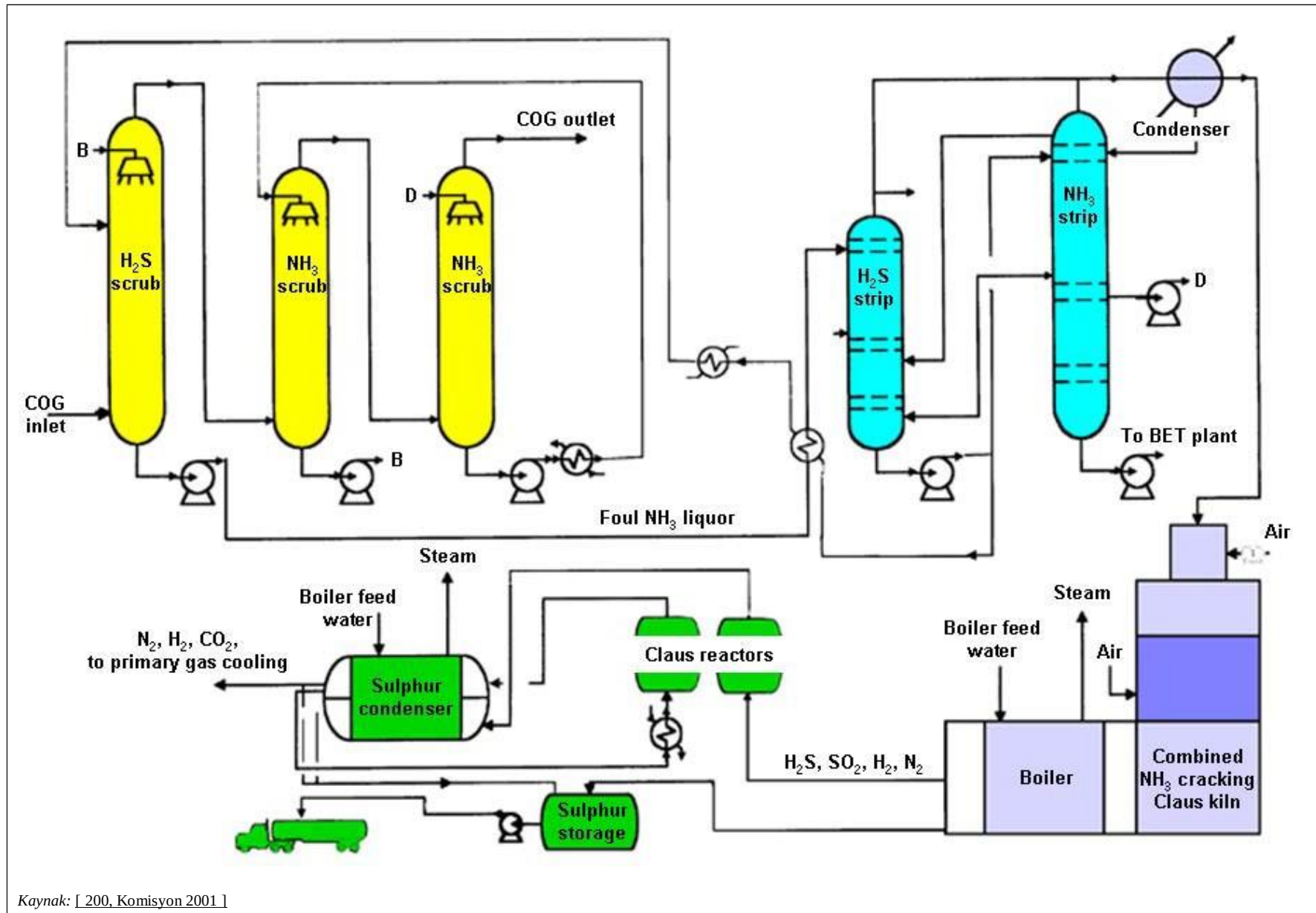
Yıllar içinde, Claus prosesi, kükürt geri kazanım verimliliğini artırmak için sürekli bir evrim geçirmiştir. Bu gelişmelerden biri de OxyClaus® prosesidir. Bu teknik Claus prosesiyle aynıdır ancak hava yerine oksijen kullanılır. NH₃ ilk önce kok fırını amonyak buharlarının ısıyla parçalanmasıyla (1450 °C'de) giderilir. H₂S bir saf oksijen işlemi (OxyClaus) ile giderilir ve sıvı kükürt elde edilir.

Tablo 5.17'de, farklı KFG kükürt giderme prosesleri ve bunların özellikleri verilmiştir.

Tablo 5.17: Kok fırını gazı kükürt giderme prosesleri ve özellikleri

Islak oksidasyon prosesleri		Soğurma/sıyırma prosesleri	
Ad	Açıklama	Ad	Açıklama
Stretford	H ₂ S, kok fırını gazından bir sodyum karbonat çözeltisi (Na ₂ CO ₃) ile yıkanır ve ara madde olarak vanadat (VO ₃) kullanılarak element halinde kükürt (S ⁰) elde edilir. Yıkama sıvısının rejenerasyonu, ara madde olarak antrakinon disülfonik asit (ADA) kullanılarak havalandırma (O ₂) ile gerçekleşir.	Carl Still, Diamex®, Cyclasulf® veya ASK (*)	H ₂ S, kok fırını gazından bir NH ₃ çözeltisi ile yıkanır. NH ₃ çözeltisi, NH ₃ yıkayıcıdan elde edilir. H ₂ S ve NH ₃ , buharla sıyırma yoluyla yıkama sıvısından sıyrılır ve buharlar bir Claus tesisine veya bir sülfürik asit tesisine yönlendirilir.
Takahax®	Rejenerasyon için 1,4-naftokinon-2-sülfonik asidin bir ara madde olarak kullanılması dışında Stretford prosesine benzer	Vacasulf®	Amonyak açısından fakir kok fırını gazı için uygulanan proses. Bir sodyum karbonat çözeltisi veya bir potasyum karbonat çözeltisi (Na ₂ CO ₃ veya K ₂ CO ₃) ile KFG'deki H ₂ S (ve ayrıca HCN ve CO ₂) yıkanır. Potasyum varyantı daha yüksek karbonat konsantrasyonlarına olanak tanır. Yıkama sıvısı, yüksek sıcaklık ve düşük basınç (0,12 – 0,14 bar) kullanılarak bir kolonda rejenere edilir. Asit gazları yıkama sıvısından sıyrılır ve bir Claus tesisi veya bir sülfürik asit tesisinde artırılabilir
Thylox®	Sodyum tiyoarsenat (Na ₄ As ₂ S ₅ O ₂) H ₂ S'yi bağlar ve rejenerasyon oksijen işlemi ile gerçekleştirilir. Element halinde kükürt elde edilir	Sulfiban®	Kok fırını gazı, monoetanolamin (MEA) ile yıkanır. Yıkama sıvısının kirlenmesini önlemek için H ₂ S gideriminden önce NH ₃ giderimi yapılmalıdır. H ₂ S, buhar kullanılarak MEA çözeltisinden sıyrılır ve bir Claus tesisinde veya bir sülfürik asit tesisinde artırılabilir. Çözünmeyen organik S bileşikleri, katı atık olarak MEA çözeltisinden uzaklaştırılır.
Perox®	Gaz, bir amonyak çözeltisi ile yıkanır. Kükürt oksidasyonu için parabenzokinon kullanılır ve yıkama sıvısının rejenerasyonu oksijen ile yapılır.	Desulf®	ASK prosesiyle hemen hemen aynıdır, ancak NH ₃ , doyunlaştırıcılarda NH ₃ /H ₂ S buharından uzaklaştırılarak amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄) üretilir.
Fumaks® Rhodacs®	H ₂ S, Fumaks safhasında pikrik asit ile oksitlenir ve element halinde kükürt elde edilir. Siyanürler Rhodacs safhasında geri kazanılır.		
(*) ASK (Amonyum sülfat Kreislaufwäscher) prosesi. Kaynak: [21, EC Coke 1996] [153, UN-ECE 1990] [186, Sowa ve diğ. 2009] [242, Caughlin 2007] [252, Fransa 2007] [254, Eurofer 2007].			

Avrupa'da en yaygın olarak kullanılan proses, kok fırını gazından H₂S'yi yıkamak için bir amonyak likörü kullanılan soğurma prosesidir (Carl Still, Diamex, ASK veya Cyclasulf prosesleri). Şekil 5.16'da, 1997'de kurulmuş bir ASK prosesinin uygulandığı bir KFG kükürt giderme tesisinin akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 5.16: 1997'de kurulmuş ve ASK prosesi uygulanan bir KFG kükürt giderme tesisinin akış şeması

En yaygın olarak uygulanan ıslak oksidasyon prosesi 'Stretford' prosesidir. Stretford prosesi, çok çeşitli kükürt giderme kapasitelerinde uygulanabilir. Bildirilen kok fırını gazı kükürt giderme tasarım kapasiteleri 400 ila 110000 Nm³/s arasında değişmektedir.

Sülfürik asit tesisleri hakkında daha fazla bilgi Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallara dair MET-Ref'de [168, EC 2007] bulunabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Islak oksidasyon prosesleri, soğurma proseslerinden daha iyi kükürt giderme verimliliği sağlar. Islak oksidasyon prosesleri, %99,9'un üzerinde verimlilikle kok fırını gazında 1 mg/Nm³ kadar düşük artık H₂S konsantrasyonları sağlayabilir. ASK veya Cyclasulf gibi daha gelişmiş soğurma/sıyırma prosesleri, kok fırını gazında genellikle 50 ve 500 mg/Nm³ arasında artık H₂S konsantrasyonları ile >%95 kükürt giderme verimliliği sağlar.

Optimize edilmiş bir OxyClaus prosesinde, %99,9'a yakın bir NH₃ parçalama verimliliği ve H₂S geri kazanım verimliliği elde edilebilir. Bu teknik, geleneksel Claus tekniklerine kıyasla H₂S geri kazanımını önemli ölçüde artırır, ancak daha yüksek sıcaklıklarda çalışır.

Mevcut tekniklerin hiçbiri organik kükürt bileşiklerini yüksek bir verimlilikle uzaklaştırmaz. Gaz temizlemenin düşük basınç aşamasında, organik kükürt bileşikleri 0,5 g/Nm³'ten yalnızca 0,2 – 0,3 g/Nm³'e düşürülür.

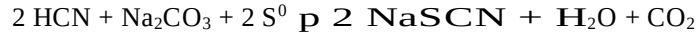
Optimize edilmiş Oxy-Claus prosesinde, %99,9'luk bir NH₃ ve H₂S indirgeme verimliliği elde edilebilir. Bu teknik, kükürt giderimini geleneksel tekniklere göre %50'ye varan oranlarda artırır.

Soğurmayla kok gazı kükürt giderme uygulayan iki Alman tesisi tarafından gösterilen kok fırınının düşük seviyede çalıştırılmasından kaynaklanan emisyonlar aşağıdaki aralıklardadır:

- Karışık gazla yakma + kok gazı kükürt giderme: 111 – 157 mg/Nm³ SO₂ konsantrasyonu
- Kok fırını gazıyla yakma + kok gazı kükürt giderme: 118 – 128 mg/Nm³ SO₂ konsantrasyonu.

Çapraz ortam etkileri

Kok fırını gazını kükürttan arındırmak için kullanılan herhangi bir ıslak oksidasyon prosesi, hidrojen siyanürün çoğunu kok fırını gazından da uzaklaştıracak ve aşağıdaki reaksiyonla sodyum tiyosiyaniür oluşturacaktır:



Yan reaksiyonlarla oluşan sodyum tiyosiyaniat ve az miktarda sodyum sülfat ve tiyosülfat, proses tarafından yeniden üretilmez ve dolaşımdaki sıvıda birikirler.

Bu nedenle, kimyasalların tuzla çökmesini önlemek için sıvı akışının temizlenmesi gerekir. Stretford prosesinde, bu deşarj akışı vanadyum bileşikleri, kinon ve hidrokinon bileşikleri (antrakınon disülfonik asitten), tiyosiyaniür ve tiyosülfat içerir. Bu bileşenlerin deşarjı, çevresel ve ekonomik açıdan (su kirliliği ve pahalı kimyasalların kaybı) istenmeyen bir durumdur. Normalde bu malzeme kömür harmanlama yoluyla geri dönüştürülür.

Kimyasal tüketimini azaltmak için siyanik asit (HCN), bir sodyum polisülfat veya amonyum polisülfat çözeltisi kullanılarak bir ön yıkayıcıda kükürt gidermeden önce giderilebilir. HCN'nin önceden giderimi, üretilen toplam çıkış suyu miktarını azaltmaz.

OxyClaus prosesinde, parçalama için enerjiye ihtiyaç vardır, ancak amonyağı uzaklaştırmak için bir katalizöre gerek yoktur. NO_x emisyonları da azalır.

Nadir durumlarda (örneğin KFG üretimi talebi aştığında), güvenlik gerekçesiyle fazla KFG bacada yakılmalıdır. Kok fırını gazının bacada yakılması bazı emisyonlar üretir. Tablo 5.6'da bir örnek tesis için bir tahmin gösterilmektedir. Bacada yakılan gazın yanma verimi > %95 olmalıdır.

Atlama (baypas) işlemleri önemli emisyonlara neden olabilir. Corus, IJmuiden/Hollanda'daki iki kok fırını tesisinden birinde H₂S, MEA (monoetanolamin) kullanılarak Sulfiban soğurma prosesiyle kok fırını gazından uzaklaştırılır. Bu prosesin kükürt giderme verimliliği yaklaşık %95'tir. H₂S, MEA'dan sıyrılır ve sülfürik aside dönüştürülür. Sülfürik asit tesisi, MEA sıyrıcının (1,5 hafta) ve sülfürik asit tesisinin kendisinin (1,5 hafta) bakımı nedeniyle yılda üç hafta kullanım dışıdır. Bu süre zarfında ham kok fırını gazı, yakıt gazı şebekesine eklenir veya kok fırınlarını yakmak için kullanılır ve bu da yaklaşık 400 ton ek SO₂ emisyonuna yol açar.

İşletim verileri

OxyClaus prosesi, 2002'den beri Fransa'nın Fos sur Mer kentindeki ArcelorMittal'in kok fırını tesisinde işletilmektedir. Bu süre zarfında SO₂ emisyonları yaklaşık 1900 g/t kok düzeyinden 500 g/t kok düzeyinin altına düşmüştür.

Uygulanabilirlik

Hem ıslak oksidasyon hem de soğurma ile kok fırını gazında kükürt giderme yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. Bu seçim, temizlenen kok fırını gazının özelliklerine, çevresel hususlara, gaz temizleme tesisi içindeki entegrasyona vb. bağlıdır.

Ekonomik boyut

Avrupa'da kullanılan iki ana tip kok fırını gazı kükürt giderme tekniğinde (ASK ve Stretford) 6 g/Nm³ H₂S ve 6 Nm³ NH₃ içeren 42000 Nm³/saat kok fırını gazının kükürttan arındırılması için tipik işletme ve sermaye maliyetleri Tablo 5.18'de verilmiştir. Stretford prosesinde kükürt giderme verimliliğinin %95'ten %99,9'a çıkarılmasının yalnızca %10 ekstra maliyet getirdiği bildirilmiştir. Stretford prosesinde, en önemli işletme maliyeti kalemleri sermaye giderleri ve kimyasallardır (bkz. Tablo 5.18). Yüksek HCN konsantrasyonlarına (>2 g/Nm³) sahip kok fırını gazı nispeten büyük miktarlarda kimyasal tüketir. Bu durumda, Stretford ünitesinden önce bir HCN ön yıkama ünitesinin kurulması faydalı olabilir.

Yaklaşık yüz fırınlı (ArcelorMittal) bir kok fırını tesisinde gazda kükürt giderme tekniğini uygulama maliyeti yaklaşık 30 milyon EUR'dir (sermaye maliyeti).

Tablo 5.18: Avrupa'da kullanılan iki ana tip kok fırını gazı kükürt giderme tekniğinde (ASK ve Stretford) 6 g/Nm³ H₂S ve 6 Nm³ NH₃ içeren 42000 Nm³/saat kok fırını gazının kükürtten arındırılması için tipik işletme ve sermaye maliyetleri

Parametre		Birim	Amonyum sülfat/ Stretford Prosesi	ASK Proses/Claus tesisi
Ham KFG	H ₂ S	g/Nm ³	6	6
	NH ₃	g/Nm ³	6	6
Temiz KFG	H ₂ S	mg/Nm ³	2	300
	NH ₃	mg/Nm ³	30	30
Sarf malzemelerinin fiyatı (EUR)	Sarf malzemeleri	Birim	Amonyum sülfat/ Stretford prosesi	ASK Proses/Claus tesisi
11,9 t	Buhar	t/g	154	264
0,34 kWh	Elektrik	kWh/gün	11 900	6 600
128/t	H ₂ SO ₄ (%98)	t/gün	17,5	–
7,7/kg	ADA	kg/gün	24	–
27/kg	Vanadat	kg/gün	10	–
5,5/kg	Tartrat	kg/gün	13	–
370/t	Soda	t/gün	2,6	–
110/t	Kostik soda	t/gün	9,6	9,6
Parametre		Birim	Amonyum sülfat/ Stretford prosesi	ASK Proses/Claus tesisi
Ürünler	Kükürt	t/gün	4,8	5,4
	Amonyum sülfat	t/gün	23,5	–
Gelirler	Kükürt	EUR/t	125 ⁽¹⁾	250 ⁽¹⁾
	Amonyum sülfat	EUR/t	180 ⁽²⁾	–
Sermaye maliyetlerine ilişkin yıllık borç çevirme oranı		%	11	11
Sermaye maliyetlerine ilişkin yıllık koruma oranı		%	4	4
Toplam net maliyetler				
Maliyetli buhar		EUR/1000 Nm ³	9,80	9,20
Maliyetsiz buhar		EUR/1000 Nm ³	8,00	6,10
Not: Kükürt ve amonyak fiyatları yüksek dalgalanma göstermektedir. Bu MET-Ref'nin yazıldığı tarihte (2010) fiyatlar şöyledir: (1) ASK/Claus prosesi için EUR 16 – 21/t kükürt – Stretford prosesinden elde edilen kükürt için daha düşük, hatta sıfır değer. (2) 50 – 70 EUR/t amonyum sülfat. Kaynak: [65, InfoMil 1997] [118, Rothery 1987] [186, Sowa ve diğ. 2009] [320, Eurofer 2007].				

Bir amonyak buharı yakma tesisini bir OxyClaus kükürt giderme tesisiyle değiştirmenin maliyeti, 1.5 Mt/yıl üretime sahip bir kok fırını tesisi için yaklaşık 12 milyon EUR idi.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Tablo 5.19'da, örnek tesislere genel bir bakış sunulmaktadır (kapsamlı değildir).

Tablo 5.19: Kok fırını gazı kükürt giderme prosesleri için örnek tesisler tablosu

Islak oksidasyon	
Stretford	• ArcelorMittal, Hamilton/Kanada • Metarom, Romanya • Erdemir, Türkiye • ArcelorMittal, Lorraine/Fransa • Kobe Steel, Kakogawa Fabrikası/Japonya • Posco, Kore
Takahax	• Nippon Steel, Yawata Fabrikası, Japonya • Nippon Steel, Nagoya Fabrikası, Japonya • Nippon Steel, Hirohata Fabrikası, Japonya • Nippon Steel, Oita Fabrikası, Japonya • Nippon Steel, Muroran Fabrikası, Japonya • Nippon Kokan, Fukuyama Fabrikası, Japonya • Nippon Kokan, Keihin Fabrikası, Japonya
Fumaks Rhodacs	• Nippon Steel, Kimitsu Fabrikası, Japonya • Sumitomo Metal Industries, Wakayama Fabrikası, Japonya • Sumitomo Metal Industries, Kashima Fabrikası, Japonya • Kawasaki Steel, Chiba Fabrikası, Japonya
Thylox	• Mevcut değil
Soğurma prosesleri	
Vacasulf	• Maanshan Iron & Steel Company Ltd., Çin
Carl Still, Diamex, ASK veya Cyclasulf	• Prosper, Bottrop/Almanya • ZKS, Dillingen/Almanya • Kok fırını KBS, Duisburg-Schwegern/Almanya • Kawasaki Steel, Mizushima Fabrikası, Japonya • Kok fırını 2, Corus, IJmuiden/Hollanda • Kok fırını, ArcelorMittal, Ghent/Belçika • Voestalpine, Linz/Avusturya • Rivagroup, Taranto/İtalya • ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa • ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
Sulfiban	• Kok fırını 1, Corus, IJmuiden/Hollanda • Nippon Kokan, Keihin Fabrikası, Japonya
Source: [65, InfoMil 1997] [252, Fransa 2007].	

Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [65, InfoMil 1997] [118, Rothery 1987] [223, USEPA 2001]
 [242, Caughlin 2007] [249, Hollanda 2007] [252, Fransa 2007] [254, Eurofer 2007]
 [277, Wiesenberger 2007] [297, Hekkema ve diğ. 2004] [320, Eurofer 2007]

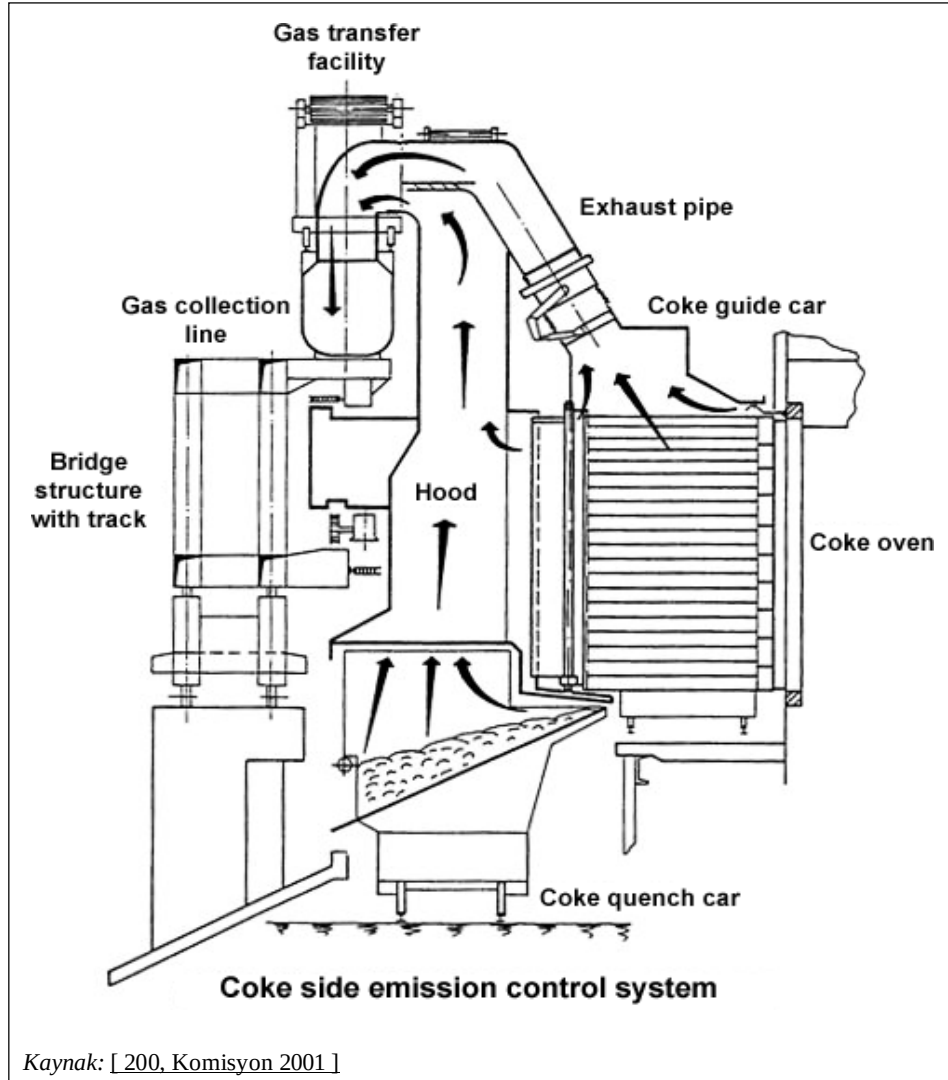
5.3.13 Kok itme sırasında emisyon azaltma

Açıklama

Kok itme kaynaklı kok tarafı toz emisyonlarını en aza indirmek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir ve bu tekniklerden bazıları şunlardır:

- Tahliye ve tozsuzlaştırma dahil olmak üzere kok tarafı barakalarının kullanılması. Toz, bir kok tarafı barakası aracılığıyla tahliye edilir ve bir torba filtrede tozdan arındırılır.
- Bir konteyner arabasının kullanılması. Kok, doğrudan kok fırını odasından bir konteyner arabasına preslenir. Kok oksijenle temas etmez ve az miktarda toz oluşur. Genellikle kok kuru söndürme ile birlikte uygulanır.

- Davlumbazlı (entegre), sabit kanallı ve sabit gaz temizlemeli, tercihen torbalı filtreleme yapılan "Minister Stein Sistemi" olarak adlandırılan bir kok aktarma makinesinin kullanılması. Tüm itme prosesi sırasında, söndürme arabası, tozsuzlaştırma toplama sisteminin toplama alanına yerleştirilmelidir (kok aktarma makinesinde tek noktalı veya entegre davlumbazlı mobil bir söndürme arabasının kullanılması). Kok itmeden kaynaklanan toz için bir toz giderme sistemi örneği Şekil 5.17'de gösterilmektedir.
- 'Yeşil itmelerden' kaçınmak için önemli olan yeterli koklaşma süresi, homojen ısıtma ve optimum yükleme ısısının sağlanması.



Şekil 5.17: Kok itmeden kaynaklanan toz için bir toz giderme sistemi örneği

Elde edilen çevresel faydalar

Azaltma olmaksızın toz emisyonları yaklaşık 500 g/t kok düzeyindedir. Yukarıda bahsedilen dört teknikten, operatörler için iyi çalışma koşullarıyla (kok tarafı barakalarının aksine) birlikte, Minister Stein Sistemi, toplama verimliliği açısından en iyi performansı verir. Mevcut tesislerde > %99'luk bir toz toplama oranı elde edilebilir. Sistem aynı zamanda sabit bir kanaldan tahliyeye dayanmaktadır.

Minister Stein Sisteminin kullanıldığı tesislerde hava çekme kapasitesi genellikle 200 000 Nm³/s mertebesinde, ancak oda boyutuna bağlıdır. Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg/Almanya'da çekme hacmi yaklaşık 400.000 Nm³/s'dir.

Partikül emisyonlarını en aza indirmek için genellikle torba filtreler kullanılır. Bir tesiste kok itme işleminde torba filtre için toz emisyonlarının yıllık ortalama olarak 0,9 mg/Nm³ ve 95. yüzdelik dilim için 1,5 mg/Nm³

olduğu bildirilmiştir (referans süre yarım saatlik ortalamadır). Genel olarak, uygulanan teknik belirtilmeden, egzoz gazındaki toz emisyon konsantrasyonlarının $<30 \text{ mg/Nm}^3$ olduğu bildirilmektedir. Halen uygulanmakta olan ıslak azaltma sistemleri, $<20 \text{ mg/Nm}^3$ toz konsantrasyon değerleri sağlar.

Genel olarak 5 g toz/t kok seviyesinin altında emisyon faktörleri (bacada) elde edilebilir. Yukarıda bahsedilen gaz miktarlarından, $500 - 1000 \text{ m}^3/\text{t}$ kok düzeyinde özgül çekiş miktarı tahmin edilebilir. Bu rakam ve 5 g/t kok emisyon faktörü ile, verimli azaltma teknikleri kullanıldığında $5 - 10 \text{ mg/m}^3$ 'lük bir emisyon konsantrasyonu hesaplanabilir.

Çapraz ortam etkileri

Bir toz giderme cihazının çalıştırılmasında, hava tahliyesi amacıyla fanları çalıştırmak için enerji tüketilir. Toplanan katılar prosese geri döndürülebilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Kok tarafı tozsuzlaştırma hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Mevcut tesislerde sahaya özel bir çözümün tasarlanması gerekebilir. Bazen, tesiste yer olmaması bir kısıtlılıktır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Minister Stein Sistemi aşağıdaki tesislerde kullanılmaktadır:

- US Steel Clairton Works, Pittsburgh, PA/ABD
- ArcelorMittal, Ghent/Belçika
- ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa
- ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
- ArcelorMittal, Seremange/Fransa
- Mannesmann Hüttenwerke Krupp, Duisburg-Huckingen/Almanya
- Prosper, Bottrop/Almanya
- Corus, IJmuiden/Hollanda.
- Kansai Coke and Chemicals, Kakogawa/Japonya
- Voestalpine, Linz/Avusturya
- Rivagroup, Taranto/İtalya

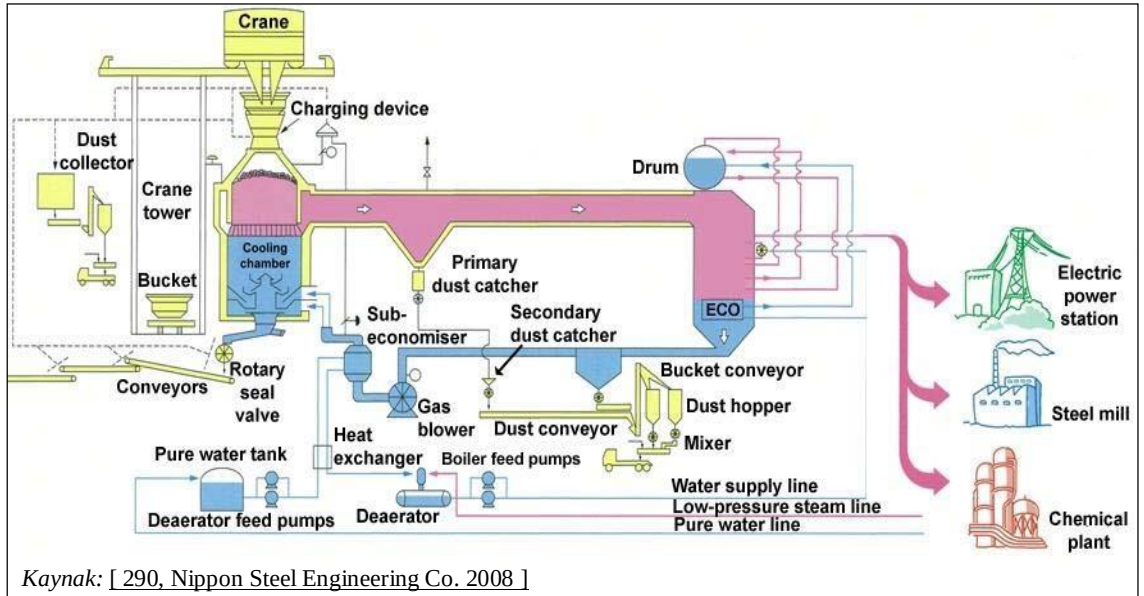
Referans literatür

[33, Eisenhut ve diğ. 1988] [65, InfoMil 1997] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [244, Plickert 2007] [253, ICSTI' 06 2006] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.14 Kok kuru söndürme

Açıklama

Şekil 5.18'de, shaft benzeri soğutma ünitesi, atık ısı kazanı ve gaz geri dönüşüm sisteminden oluşan bir kok kuru söndürme tesisi (KKS tesisi) tasarımının şeması gösterilmektedir.



Şekil 5.18: Bir kok kuru söndürme tesisinin şeması

Bir KKS tesisi, birleşik üniteler olarak iki veya daha fazla söndürme odasından ve bunlarla ilişkili atık ısı kazanlarından ve yükleme vinçlerinden oluşur. Bu odalarda devridaim gazı ile kok soğutulur. Devridaim gazı, esas olarak azot ve diğer inert gazlardan oluşan bir karışımdır. Bu karışım, döngünün başlama aşamasında oksijen yandığında oluşur. Devridaim gazının sıcaklığı odadan sonra yaklaşık 780 °C ve atık ısı kazanından sonra yaklaşık 150 °C'dir. Kuru söndürme odasına yüklenen kokun sıcaklığı yaklaşık 1050 °C ve odadan sonra yaklaşık 180 °C'dir. Kok odadan yaklaşık beş saat içinde akar. Tipik bir KKS tesisinin nominal kapasitesi 100 t/s/oda seviyesinin altındadır. Tam kapasiteyle çalışan bir ünite yaklaşık 25 t/s yüksek basınçlı buhar (93 bar) üretir. Kok, KKS tesisinden yüksek fırın kok eleme istasyonuna bantlı konveyörlerle taşınır.

Elde edilen çevresel faydalar

Modern bir KKS tesisi, yükleme ve boşaltma toz toplama sistemleri ve birincil ve ikincil toz toplayıcılara sahip kazanlarla donatılmıştır. Torba filtrelerle nihai toplama sırasında, 20 mg/Nm³'ten daha düşük bir seviyeye karşılık gelen 3 g/t kok seviyesinden daha düşük toz emisyon faktörleri elde edilebilir. SO₂ emisyonları 200 mg/Nm³ düzeyindedir. Yüzey sularına salınan emisyonlar sıfıra yakındır. Toplanan kok tozu sinter tesisine yakıt olarak verilir.

KKS ile yaklaşık 0,5 ton buhar/ton kok geri kazanılabilir ve bu buhar elektrik üretimi için kullanılabilir. Kuru kokun taşınması ve elekten geçirilmesinden kaynaklanan toz emisyonları, %1'lik bir nem içeriği elde etmek için su kullanılmasını veya ek bir soğutma adımının kurulmasını gerekli kılabilir. Buhar (93 bar) üretimi yaklaşık 470.000 t/yıl ve buhar (8 bar) üretimi yaklaşık 50.000 t/yıl düzeyindedir. Raah Steel Works, Raah/Finlandiya'nın enerji santralinde ağırlıklı olarak 93 bar buhar kullanılmaktadır ve bu da yaklaşık 15 MW elektrik üretimi anlamına gelir.

Suya salınan emisyonlar sıfıra yakındır. PAH ve KOİ değerleri düşüktür. Atmosfere tozlu söndürücü buhar bulutları salınmaz.

Kokun H₂O içeriği, ıslak söndürme ile karşılaştırıldığında daha düşüktür ve bu, yüksek fırında avantajlı olabilir.

Çapraz ortam etkileri

Kuru söndürülmüş kokun taşınması, ıslak söndürülmüş kokun taşınmasından daha fazla toz emisyonuna neden olabilir. Fanların elektrik tüketimi, çeşitli toz giderme cihazlarının çalışması vb. göz ardı edilemez. Ancak, genellikle elektrik üretimi sağlayan atık ısı geri kazanımı nedeniyle net enerji çıkışı pozitif olacaktır.

İşletim verileri

Japonya'daki bir tesiste gerçekleşen işleme ilişkin bir kayda göre, bu sistem yaklaşık %97 gibi yüksek bir kullanılabilirliğe sahiptir. Bakım genellikle kok fırınlarının periyodik bakımları sırasında yapılır. Sadece küçük bir ek bakım süresi gereklidir.

Kokun nem içeriği yaklaşık %0,05'tir (ıslak söndürülmüş kok için bu değer yaklaşık %2 – 5'tir). Bu nedenle, yüksek fırında kullanım için bu kok daha uygundur ve kalitesi daha standarttır ve özellikle kış koşullarında kuru koku taşıma/hazırlama maliyetleri daha düşüktür. Ayrıca, kokun ıslak söndürme ile hızlı bir şekilde soğutulmaması nedeniyle şok çatlakları oluşmadığından, kokun mukavemeti, geleneksel suyla söndürülmüş koka kıyasla, 150/15 tambur endeksi açısından 1,5 ila 2 puan daha yüksektir. Bu, daha iyi bir kok oranı, PCI oranı ve yüksek fırında daha yüksek verimlilik sağlar.

Uygulanabilirlik

KKS yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. KKS tesislerinin sürekli çalışması için iki seçenek vardır. Bunlardan birinde, KKS ünitesi iki ila dört oda içerir. Bir ünite her zaman beklemededir. Bu nedenle, ıslak söndürme gerekli değildir, ancak KKS ünitesinde, kok fırın tesisine göre fazla kapasiteye ihtiyaç duyulur. Bu da yüksek maliyetlere neden olur. Diğer seçenekte, ek bir ıslak söndürme sistemi gereklidir. Islak söndürme tesislerinin güçlendirilmesi için mevcut ıslak söndürme sistemi kullanılabilir. Böyle bir KKS ünitesinin, kok fırını tesisine kıyasla fazla işleme kapasitesi yoktur.

Ekonomik boyut

Yıllık 2 milyon ton kok işleme kapasitesine sahip bir KKS tesisi yatırımı yaklaşık 100 milyon EUR'dir (ekipman maliyetlerinin genellikle 70 milyon EUR olması beklenmektedir), ancak saha koşullarına, kapsamına, teknik özelliklerine ve malzemelerin pazar koşullarına vb. bağlıdır. Elektrik üretiminin verimliliği için yakın zamanda Asya'da inşa edilen KKS tesislerinin en son teknolojilerine dayalı olarak, yıllık 2 milyon ton kok işleme kapasitesine sahip bir KKS tesisi, %100 buhar kullanımıyla yılda yaklaşık 320.000 MWh enerji üretebilir. %5 faiz oranı ve endüstriyel kullanıcılar için AB-27'deki ortalama elektrik fiyatları [http://www.veoe.at/fileadmin/071107_Strompreise_Eurostat_2007.pdf] dikkate alındığında, bu, yatırımın geri ödeme süresinin 4,4 yıl olduğu anlamına gelir. Ancak geri ödeme süresi, elektrik fiyatlarına oldukça duyarlıdır ve AB-27 içinde 3 ila 8 yıl arasında değişebilir. Buna ek olarak, bazı Avrupa ülkelerinde uygulanmakta olan 'Enerji Tasarrufu için Alınip Satılabilen Sertifikalar' (veya 'Beyaz Sertifikalar') gibi bazı Avrupa enerji tasarrufu programları dikkate alındığında, yukarıdaki geri ödeme süresinin çok daha kısa olması beklenmektedir.

Uygulamanın gerekçesi

Çevresel nedenler, geleneksel ıslak söndürme ile karşılaştırıldığında (esas olarak nem içeriği ile ilgili olarak) kok kalitesinin daha stabil olması ve enerji verimliliği, KKS'nin uygulanması için başlıca gerekçelerdir.

Örnek tesisler

Mart 2008 itibarıyla faaliyette olan KKS tesislerinin (odalarının) sayısı: Doğu Asya'da 104, Orta Asya'da 12, Güney Amerika'da 5 ve Avrupa'da 21. Avrupa'dakilerden 5'i Macaristan'da, 3'ü Finlandiya'da, 4'ü Polonya'da, 4'ü Romanya'da ve 5'i Türkiye'dedir.

[290, Nippon Steel Engineering Co. 2008]

Referans literatür

[207, Ameling ve diğ. 2004] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [227, WB 1998] [276, İtalya 2007]
[277, Wiesenberger 2007] [290, Nippon Steel Engineering Co. 2008] [320, Eurofer 2007]
[334, Eurofer 2007]

5.3.15 Kok ıslak söndürme

Kok ıslak söndürme (KIS), geleneksel ıslak söndürme veya daha gelişmiş stabilizasyonlu söndürme ile gerçekleştirilebilir.

5.3.15.1 Geleneksel ıslak söndürme

Açıklama

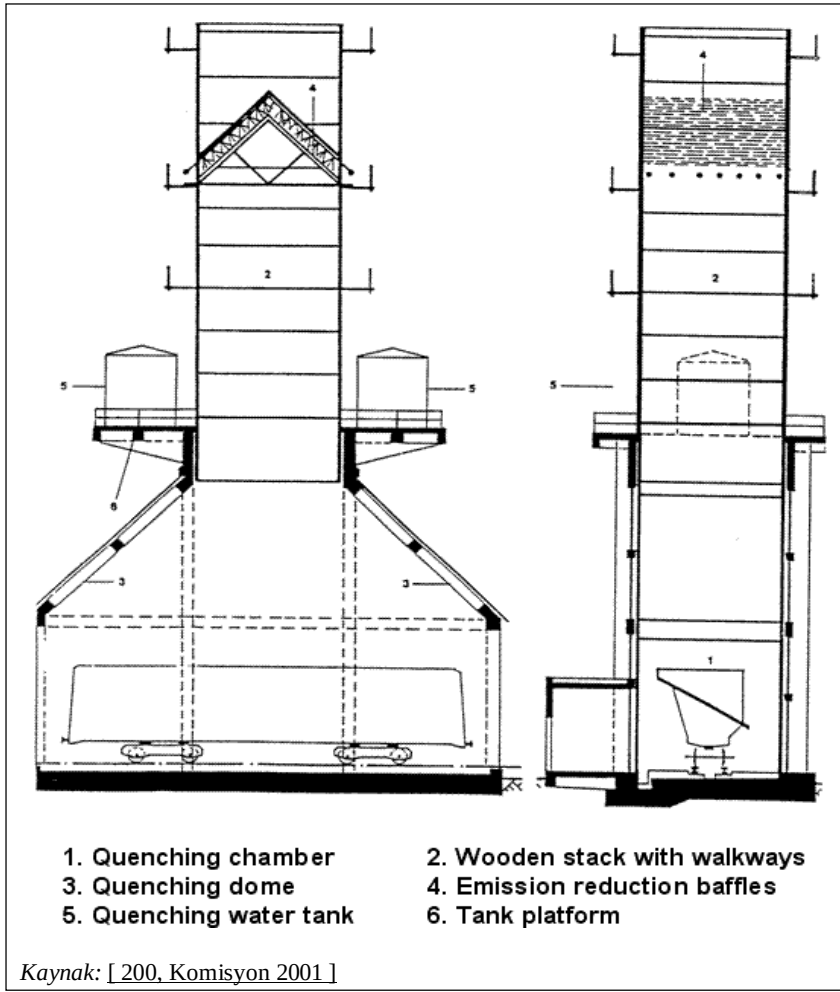
Kok, söndürme kulesinde su ile söndürüldüğünde, söndürme suyunun akkor koktan buharlaşmasıyla toz ve su sisi üretilir ve dumanla birlikte yayılır. Sürüklenen tozun miktarı çalışma koşullarına, kokun özelliklerine ve su ekleme türüne bağlıdır. Yapısal ve diğer önlemler yoluyla toz ve su buharı emisyonlarını azaltmak için girişimlerde bulunmaktadır (örneğin, dumana su püskürterek).

Toz emisyonlarını azaltmak için optimum çözümler, levha baca bölmelerinin kullanımını ve söndürme kulesinin uygun tasarımlarını içerir (bkz. Şekil 5.19).

Ayrıca, kokun su ile söndürülmesi için bir modifikasyon olarak bataklık tepesi söndürme uygulanabilir. Su, kısmen söndürme arabasının dibindeki bir boru sistemi aracılığıyla enjekte edilir (kok boğmak için) ve kısmen kokun üstüne püskürtülür (oysa çoğu ıslak söndürme sisteminde, su yalnızca kokun üstüne püskürtülür). Bununla birlikte, söndürme kulesinin kendisi, aynı toz tutma cihazının kullanımı dahil olmak üzere üstten söndürme ile aynıdır (bkz. Şekil 5.19). Bataklık söndürmenin dezavantajlarından biri, özellikle yüksek kok seviyeleri ile çalışırken, söndürme arabasındaki kok kütlelerinin altında ve içinde anında buhar oluşumu nedeniyle, söndürme arabasından kok parçalarının emisyonudur. Söndürme suyu yeniden kullanılır.

Toz tutma ekipmanı, panjur şeklindeki plastik levhaların takıldığı ayrı çerçevelerden oluşur. Söndürme kuleleri ahşap ve betondan yapılmıştır.

Söndürme kuleleri örneğin her 15 dakikada bir kullanılır. Emisyonları azaltmak amacıyla, bakım için ayda sınırlı bir süre (örneğin 4 saat) planlanır. Bu emisyonları azaltmanın bir başka yolu da yedek (ikinci) bir söndürme kulesine sahip olmaktır.



Şekil 5.19: Emisyon azaltma bölmelerine sahip bir söndürme kulesinin şematik diyagramı

Elde edilen çevresel faydalar

Azaltma önlemleri olmaksızın ıslak söndürme sırasında toz emisyonları yaklaşık 200 – 400 g/t kok seviyesindedir. Açıklanan sistemle, bunlar en az 50 g/t kok seviyesine düşürülebilir (azaltmadan önce maksimum 250 g/t kok emisyon faktörü ve 50 mg/l'nin altında söndürme suyu katı içeriği ile).

Uygulamada, normalde 25 g/t kok seviyesinin altında emisyon elde edilir. Emisyonların büyük ölçüde kullanılan ölçüm yöntemine bağlı olduğu belirtilmelidir. Alınılan emisyon faktörleri, VDI 2303 yöntemiyle belirlenmiştir ('Islak Söndürmeden Kaynaklanan Toz Emisyonları için Numune Alma ve Ölçüm Kılavuzu'). Bu kılavuzda, 'Mohrhauer yöntemi' olarak da bilinen ve ıslak söndürme kulelerindeki koşullara göre ayarlanan bir numune alma yöntemini açıklanmaktadır.

Çapraz ortam etkileri

Su püskürtmede önemli miktarlarda olmasa da ek enerji tüketilir.

İşletim verileri

Dünya genelinde emisyon azaltma bölmeleri ile donatılmış birçok söndürme kulesi vardır. İyi bir işletim performansı bildirilmektedir.

Uygulanabilirlik

Islak söndürme teknikleri hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Mevcut söndürme kuleleri, emisyon azaltma bölmeleri ile donatılabilir. Yeterli çekiş koşullarının sağlanması için minimum kule yüksekliğinin en az 30 m olması gerekir.

Ekonomik boyut

Mevcut bir söndürme kulesinin emisyon azaltma bölmeleri ile donatılmasının maliyeti yaklaşık 200.000 EUR'dir. Ancak sadece söndürme kulesi uygunsa güçlendirme mümkündür. Aksi takdirde yeni bir kulenin kurulması gerekir ve maliyetler çok daha yüksek olur.

Uygulamanın gerekçesi

Normalde yasal gereklilikler ve yerel makamlar tarafından uygulanan yaptırımlar nedeniyle, mevcut söndürme kulelerinde güçlendirme yapılır.

Örnek tesisler

Emisyon azaltma bölmelerine sahip inşa edilmiş veya güçlendirilmiş söndürme kulelerinin örnekleri şunlardır:

- ArcelorMittal, Ghent/Belçika
- Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen/Almanya
- Kok tesisi ArcelorMittal Atlantique, Dunkirk/Fransa
- Kokerei Salzgitter, Salzgitter Flachstahl GmbH, Almanya
- Port Talbot/Birleşik Krallık.

Bu tesislerin tümü, 25 g toz/t kok seviyesinden daha düşük emisyon faktörlerine ulaşmaktadır.

Referans literatür

[100, Nathaus ve diğ. 1997] [223, USEPA 2001] [227, WB 1998] [242, Caughlin 2007]
[320, Eurofer 2007] [334, Eurofer 2007]

5.3.15.2 Kok stabilizasyonlu söndürme

Açıklama

Örnek olarak verilen bir kok stabilizasyonlu söndürme tesisinde (KSS tesisi), söndürme sistemi saatte altı itme ve itme başına 54 ton kok miktarı için tasarlanmıştır. Bu sistem söndürme kulesi, söndürme suyu çökeltme tesisi ve söndürme arabasından oluşur. Bu kuleler, geleneksel söndürme kulelerinden daha büyüktür (örneğin $16 \times 16 \times 70$ m yükseklik). İki emisyon kontrol aşaması, toz emisyonlarını azaltan söndürme buharları için su spreylelerinden ve bölme plakalarından oluşur. Bu tekniğin özelliği, püskürtme ve çukur söndürmenin aynı anda uygulanmasıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Toz emisyonları 6 – 12 g/t kok seviyesindedir. Yüksek söndürme hızı önemli bir proses unsurudur. Kok sıcaklığının hızlı bir şekilde düşürülmesini, daha kısa reaksiyon süresini, daha az su gazı ve hidrojen sülfid oluşumunu, yüksek bir mekanik etkiyi, söndürülmüş kokun stabilizasyonunu, tekdüze tane dağılımını ve dolayısıyla daha iyi kok kalitesini sağlar.

Emisyonların büyük ölçüde kullanılan ölçüm yöntemine bağlı olduğu belirtilmelidir. Toz için daha önce verilen emisyon faktörleri, VDI 2066'nın ön koşullarına uygun bir şekilde izokinetik olarak ölçülmüştür; bu, numune almanın izokinetik olarak gerçekleştirildiği ve genellikle önemli ölçüde daha yüksek emisyon değerlerinin kaydedildiği anlamına gelir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Bu sistem tarafından üretilen kok mıcırı miktarı, geleneksel söndürmeye kıyasla daha yüksektir. Özgül söndürme suyu gereksinimi 2 m³/t kok olup, bunun 1,5 m³'ü devridaim suyu olarak çökeltme havuzuna gider.

Tablo 5.20: Kok stabilizasyonlu söndürme kulesinden kaynaklanan toz emisyonları

	Değerler	Birimler
<i>Kok fırını bataryalarının özellikleri</i>		
Kok fırını sayısı	140	
Kok fırını ısıtma	1300	°C
Koklaşma süresi	25	saat
Kok fırın odası hacmi	93	m ³
İtilen kok kütlesi (ortalama değer)	56,6	fırın başına ton kok
Toplam günlük kok itme prosesi sayısı	135	
Günlük kok üretimi	7600	t
<i>KSS söndürme kulesinin özellikleri</i>		
Söndürme yöntemi: KSS		
Egzoz alanı	256 (16 m × 16 m)	m ²
Kule yüksekliği	70	m
Söndürme suyu kalitesi: Söndürme kulesi geri dönüşüm suyu		
Söndürme partisi başına su tüketimi	Toplam 98	m ³
<i>Toplam ölçüm şebekesi üzerinde yapılan ölçümler:</i>		
Mart - Nisan 2004 arasındaki toz konsantrasyonu ölçümleri	6, 8, 9 ve 12	g/t kok
Ortalama değer	9	g/t kok
Maks. değer	12	g/t kok
Kaynak: [264, Almanya 2007].		

Uygulanabilirlik

Sistem, geleneksel söndürme için gerekli olandan daha büyük olduğu için daha fazla alana ihtiyaç vardır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

KSS ile daha düşük toz emisyonları elde edilebilir.

Örnek tesisler

Kok tesisi KBS, Duisburg-Schwegern/Almanya

Referans literatür

[204, Neuwirth ve diğ. 2003] [207, Ameling ve diğ. 2004] [253, ICSTI' 06 2006] [264, Almanya 2007]

5.3.16 Kok taşımada emisyon azaltımı**Açıklama**

Derecelendirme prosesi kırma, öğütme ve elekten geçirilmeden oluşur ve çıkarılması ve ek azaltma önlemlerine tabi tutulması gereken partikül emisyonları üretir. Bir torba filtreden sonra yıllık ortalama olarak toz emisyon konsantrasyonu iki tesiste 0,5 ve 4,5 mg/Nm³ olarak bildirilmiştir. Kuru söndürülmüş kokun taşınması, ıslak söndürülmüş kokun taşınmasından daha fazla toz emisyonuna neden olur. Derecelendirme tesisi binası kapalı tutulmalıdır.

Kokun taşınması için kapalı veya örtülü konveyörler kullanılır. Kokun depolanması için yüzey nemlendirme ve toz oluşumunu bastırma amaçlı olarak yağmurlama ekipmanları kullanılabilir. Rüzgar hızını azaltmak için rüzgar kırıcı çitler veya rüzgarın geldiği yönde oluşturulan setler kullanılabilir. Malzemelerin serbest düşme yüksekliği 0,5 m'den az olmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Torba filtrelerle, 0,5 – 4,5 mg/Nm³ (yıllık ortalamalar) arasında partikül emisyonu konsantrasyonlarına ulaşılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

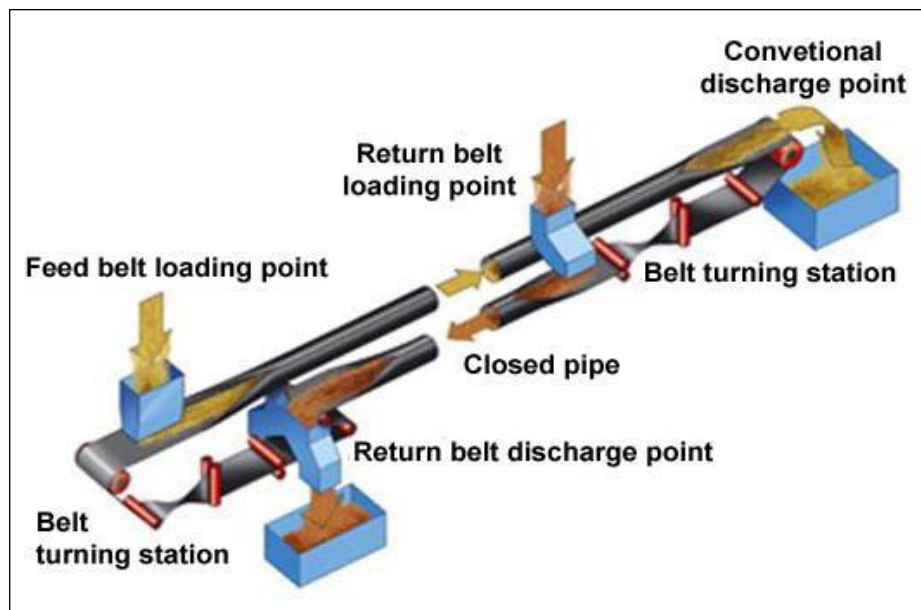
Referans literatür

[227, WB 1998] [244, Plickert 2007]

5.3.17 Kapalı bantlı konveyörler

Açıklama

İnce taneli kömür veya kok gibi malların taşınmasında kullanılan araç, çevreyi tüm malzeme emisyonlarına karşı koruyan kapalı bantlı veya boru konveyördür. Boru konveyörler, sızdırmaz bir boruda özel cihazlarla oluşturulan esnek bir taşıma bandından oluşur. Başlangıçta malzeme yükleme alanında bant açıktır ve normal bir bantlı konveyörde olduğu gibi kömür veya kok banda yüklenir. Bu alan, bant kapalıyken yaklaşık 12 m'dir ve tüm taşıma mesafesi boyunca bir boru oluşturur. Sonunda, boşaltma noktasından yaklaşık 12 m önce bant tekrar açılır. Boşaltma sonrasında bant Şekil 5.20'de görüldüğü gibi tekrar kapatılır.



Şekil 5.20: Bir boru konveyör sisteminin örneği

Elde edilen çevresel faydalar

Taşıma bandının kapalı yapısı, taşıma sırasında kömürün/kokun yaygın ve kaçak emisyonlarını engeller.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Almanya'daki bir kok fırını tesisinde bulunan bir boru konveyörün teknik verileri Tablo 5.21'de verilmiştir.

Tablo 5.21: Almanya'daki bir kok fırını tesisindeki bir boru konveyörün teknik verileri

Parametre	Değer	Birim
Çap	500	mm
Bant genişliği	1900	mm
Maksimum kapasite	800	t/s
Hız	2,09	m/sn
Uzunluk	736	m

Uygulanabilirlik

Boru konveyörler, kok, ince taneli kömür veya sünger demir (DİD) gibi toz oluşturan malların taşınması için yeni ve mevcut tesislerde genellikle uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Almanya'da bir kok fırını tesisi.

Referans literatür

[260, Almanya 2007] [269, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [283, EC 2006]

5.3.18 Gaz arıtma tesisinin gaz sızdırmaz bir şekilde çalışması**Açıklama**

Bir gaz arıtma tesisinde, ham kok fırını gazı daha sonra yakıt olarak kullanılmak üzere birkaç aşamada temizlenir. Ham kok fırını gazı bileşenlerinin nispeten uçucu nitelikte olması, flanşlarda, basınç valflerinde, pompalarda vb. emisyonların meydana gelebileceği anlamına gelir. Olumsuz çevresel etkilerin yanı sıra, bazı KFG bileşikler bilinen kanserojen maddeler olduğundan (örneğin PAH ve benzen) iş güvenliği hususları da önemlidir. Kok gazı arıtma tesisi bünyesinde yer alan BTX tesisi bu açıdan özellikle önemlidir. Bu tesiste, temel olarak benzen, toluen ve ksilenlerden oluşan BTX, kok fırını gazından bir yıkama sıvısı vasıtasıyla temizlenir. Ardından, yüklenen yıkama sıvısı rejenere edilir ve BTX geri kazanılarak satılabilir.

Bir gaz arıtma tesisinin gaz sızdırmaz şekilde işletilmesi temelde bir sağlık ve güvenlik konusudur.

Gaz arıtma tesisinin tamamen gaz sızdırmaz şekilde çalışmasını sağlamak için tüm önlemler alınmalıdır ve bu önlemler aşağıda belirtilen unsurları içermelidir:

- Mümkün olan her yerde boruları kaynakla birleştirerek flanş sayısının en aza indirilmesi

- Gaz sızdırmaz pompaların kullanılması (örneğin manyetik pompalar veya çift yalıtımlı pompalar)
- Depolama tanklarındaki basınç valflerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi. Bu, en yaygın olarak, valf çıkışı kok fırını gaz toplama hattına bağlayarak sağlanır (gazların toplanması ve daha sonra yanma veya gaz örtüsü veya havalandırma yıkayıcıları da kullanılabilir)
- Hava kirliliğini önlemek için flanşlar ve valfler için özel contaların kullanılması ve artık gaz geri dönüşümü ile Claus prosesi veya katran çamuru geri dönüşümü ile katran ve sıvı arıtma gibi emisyonsuz kapalı prosesler kullanılması
- Katran çamuru sisteminin kapatılması. Katran durultucudan çıkan ham katrandaki katı partiküller gaz sızdırmaz bir santrifüjde ayrılır. Santrifüjlenen katran, bir kap kullanılarak katran depolama tanklarına beslenir. Santrifüjün katı çıkışından alınan ayrılmış katran çamuru, yüksek basınçlı katı pompasıyla kömür kulesinin içindeki kömür tartma hunisine pompalanmadan önce bir kapta toplanır. Yükleme, kömürün akışı ile bağlantılı olduğundan katran çamuru ve kömürün mükemmel bir karışımı sağlanır. Gerekirse, katran çamurunun mobil bir konteynere boşaltılması mümkündür.

Elde edilen çevresel faydalar

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Çapraz ortam etkileri yoktur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Yeni tesislerde, gaz geçirmez bir tasarım sağlamak, mevcut tesislere göre muhtemelen daha kolay olacaktır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Voestalpine, Linz/Avusturya; Corus, IJmuiden/Hollanda ve ArcelorMittal, Ghent/Belçika kok fırını gazını arıtmak için tamamen gaz geçirmez arıtma tesisleri işletmektedir.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [204, Neuwirth ve diğ. 2003] [216, sniffers ve diğ. 2006] [320, Eurofer 2007]

5.3.19 Damıtıcı çıkış suyundan katranın (ve PAH'nin) uzaklaştırılması

Açıklama

Amonyak damıtıcı çıkış suyu normalde hiç katran içermez, ancak katran içerdiğinde, bu katran biyolojik atık su arıtımının işleyişi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olur. Özellikle katranda polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) bulunması, PAH'nin aktif çamurdaki mikroorganizmalar üzerinde toksik etkisi nedeniyle sorunlara yol açabilir. Bu PAH'lerin bozunması nispeten zordur. Dolayısıyla, suyun biyolojik olarak arıtılmasından önce kömür suyundan katranın uzaklaştırılması tavsiye edilir.

Katran, pıhtılaştırıcı kimyasallar eklenerek ve ardından aşağıdaki gibi bir teknikle ayrıştırma yapılarak uzaklaştırılabilir:

- Yer çekimi etkisiyle çöktürme ve bazen ardından filtreleme
- Kömür suyunun santrifüjlenmesi
- Yüzdürme
- Kumla filtreleme.

Bu işlem, atık sudaki katranın çoğunu, örneğin kok fırınlarına geri döndürülerek ek arıtmaya tabi tutulması gereken yüksek derecede konsantre filtre keki veya çamuru şeklinde uzaklaştırır.

Elde edilen çevresel faydalar

Kumla filtreleme yapılarak %99'luk bir giderim verimliliğinde 700 – 800 µg/l'den (EPA-PAH) daha düşük çıkış suyu konsantrasyonları elde edilebilir.

Çapraz ortam etkileri

Bu katran giderme tekniklerinin tümü atık üretir. Ancak, katran durultucu çamuru da dahil olmak üzere bu katran yüklü atık, kok fırınlarına geri döndürülebilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Atık su arıtmadan önce katranın uzaklaştırılması hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Çökeltme ve filtreleme: Kok fırını, Corus, IJmuiden/Hollanda.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [320, Eurofer 2007] [340, Eurofer 2007]

5.3.20 Atık sudan amonyağın sıyırılması

Açıklama

Sıyırıcıdaki amonyak konsantrasyonunu ve damıtıcı çıkış suyu miktarını düşük tutmak, biyolojik atık su arıtma tesisinin işletilmesine fayda sağlar. Giderme verimliliği büyük ölçüde alkalın ve buhar ilavesine ve sıyırıcının tasarımına (yani kademe sayısına) bağlıdır. Daha büyük bir NaOH dozu ve kademe sayısının fazla olması çıkış suyundaki amonyak konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltabilir.

Tesis çıkış suyu arıtmayı nitrifikasyon ve ardından denitrifikasyon aşamalarını içeriyorsa, çıkış suyunda amonyak sıyırma daha az kritiktir. Bu durumda, biyolojik atık su arıtma tesisinde amonyak sıyırma ve amonyak giderme arasında ekonomik ve çevresel açıdan bir optimum bulunmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Çıkış suyu amonyak konsantrasyonları, buhar ve alkali dozajına ve sıyırıcı tasarımına bağlı olarak 20 ila 150 mg/l arasında değişebilir. 20 ile 40 mg/l arasındaki değerler elde edilebilir ancak biyolojik arıtmadan önce atık suda uygun bir BOİ₅/P/N oranı dengesinin ayarlanması nedeniyle gerekli olmayabilir.

Çapraz ortam etkileri

Sıyırıcılar enerjiyi buhar şeklinde (0,1 – 0,2 t buhar/m³ atık su) tüketir ve ayrıca alkali (NaOH; 6 – 22 l/m³) tüketimi de olur. Eskiden NaOH yerine kireç kullanılıyordu. Daha yüksek buhar ve alkali dozları, çıkış suyundaki NH₃ konsantrasyonlarının düşmesine neden olur. Ayrıca, örneğin bir sülfürik asit tesisinde, bir Claus tesisinde veya amonyum sülfat kristalleştirme ünitelerinde artırılması gereken amonyak yüklü ve H₂S yüklü bir buhar üretilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Saatte 150 m³ çıkış suyu arıtan bir amonyak sıyırıcı için aşağıdaki maliyetler gereklidir:

- Yatırım: sütunlar için 1993'te 0,75 - 0,9 milyon EUR
- İşletme maliyetleri: 1993'te 0,18 EUR/m³.

Saatte 120 m³ çıkış suyu arıtan bir amonyak sıyırıcı için, İspanya'daki bir tesisin (ArcelorMittal, Avilés/İspanya) bildirdiği gibi yatırım maliyeti 2005 yılında 0,8 milyon EUR idi.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Dünyadaki hemen hemen tüm kok fırını tesisleri bir amonyak sıyırıcı kullanır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [276, İtalya 2007] [320, Eurofer 2007]

5.3.21 Atık su arıtma

Bir kok fırını tesisinden çıkan atık su, nispeten yüksek konsantrasyonlarda hidrokarbonlar, siyanür bileşikleri ve azot bileşikleri içerir. Bu atık suyu arıtmak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Her durumda, atık su ek arıtmadan önce bir amonyak sıyırıcıdan geçer.

Atık su biyolojik ve kimyasal olarak arıtılabilir. Biyolojik arıtma uygulandığında, katran genellikle fiziko-kimyasal bir prosesle giderilir ve atık su, başta nitrifikasyon bakterilerinin engellenmesi olmak üzere mikroorganizmalar üzerinde toksik etkilere sahip olan giriş sularını önlemek için genellikle seyreltilir.

Kok fırını atık sularının arıtılması için en yaygın olarak uygulanan biyolojik teknik, aktif çamurlu aerobik biyolojik sistemdir. Bazı durumlarda, nitrifikasyon ve (anoksik) denitrifikasyona özel önem verilir. Diğer durumlarda, atık suyu arıtmak için akışkan yatak kullanımına dayalı biyolojik bir sistem kullanılır.

Açıklama

Bu bölümde yer alan ve daha ayrıntılı olarak açıklanan teknikler şunlardır:

- a) Aktif çamurlu aerobik sistem
- b) Nitrifikasyon
- c) Nitrifikasyon/denitrifikasyon.

Teknik a) Aktif çamurlu aerobik sistem

Aktif çamur içeren aerobik bir sistemde, biyolojik olarak parçalanabilen kirleticiler biyolojik olarak CO_2 , H_2O ve minerallere ayrışır ve bozunmayan, polar olmayan bileşenler (çoğu PAH ve ağır metaller gibi) su fazından aktif çamura kısmi adsorpsiyonla uzaklaştırılır. Uygulamada fenoller, siyanürler ve aromatik hidrokarbonlar gibi potansiyel olarak tehlikeli kirleticilerin çoğu biyolojik olarak bozunur ve ağır metaller aktif çamura adsorpsiyon yoluyla kısmen giderilir.

Çevresel açıdan, gıda/mikroorganizma oranı (G/M) düşük olan aktif çamur sistemleri tercih edilmektedir. Düşük bir G/M oranı ayrıca, biyolojik olarak büyük ölçüde bozunabilen organik bileşiklerin biyolojik olarak bozunmasını sağlar. G/M oranı, karışık sıvı askıda katı maddeler (KSAKM) olarak organik maddenin aktif çamura oranıdır ve 'kg KOİ/kg KSAKM/gün' olarak ifade edilir (KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı).

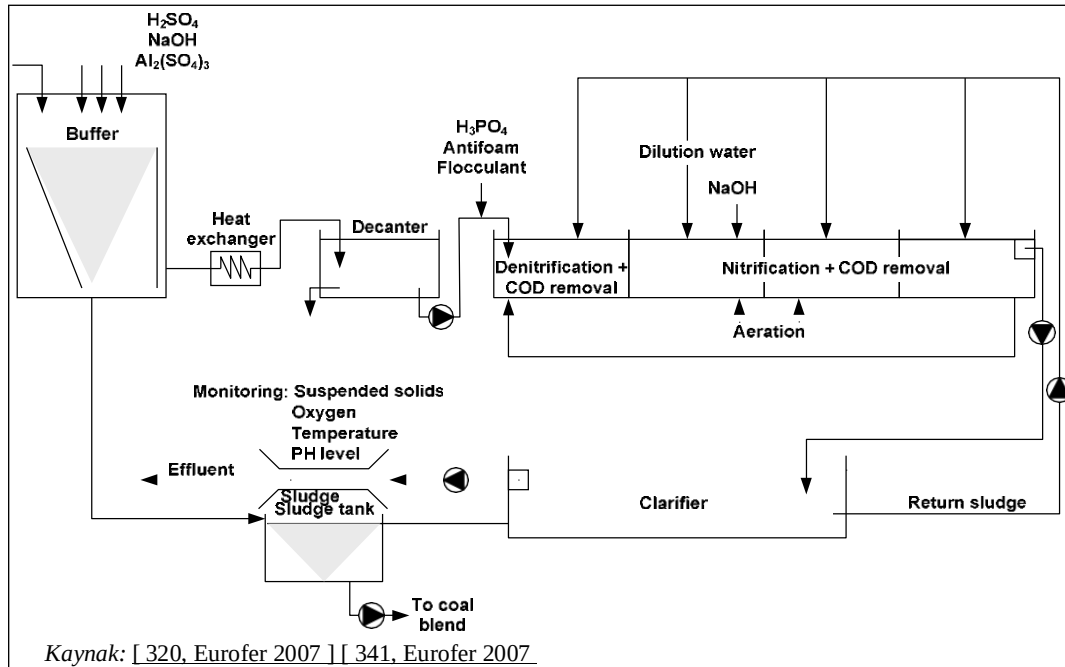
Havalandırmada, ortam havası yerine oksijen kullanılabilir. Bu, proses kontrolünü artırır ve atık sudaki uçucu bileşenlerin "sıyrılması" azaltır. Örneğin, ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da oksijenle havalandırma kullanılmaktadır.

Teknik b) Nitrifikasyon

Bazı atık su arıtma tesisleri amonyumu (NH_4^+) nitrifikasyon yoluyla verimli bir şekilde uzaklaştırmak için tasarlanmıştır. Aerobik olarak aktifleştirilmiş bir çamur sisteminin geleneksel tasarımı, bu tür tesisler için bir başlangıç noktası olarak alınabilir. Yavaş büyüyen nitrifikasyon bakterilerinin yıkanarak yok olmasını önlemek için sistem çok düşük bir G/M oranına ve yüksek bir devridaim oranına sahip olmalıdır. Nitrifikasyon bakterileri amonyumu nitrate (NO_3^-) dönüştürür. Bu koşullar altında, biyolojik olarak büyük ölçüde bozunabilen organik bileşikler de yüksek bir giderme verimliliğiyle mineralize edilebilir.

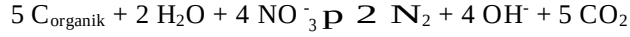
Teknik c) Nitrifikasyon/denitrifikasyon

Bazı durumlarda, yerel yetkili makamlar tüm azot bileşiklerinin (nitratlar dahil) çıkış suyundan düşük düzeyde tahliye edilmesini talep etmektedir. Bu, atık suyun ek oksijensiz arıtmaya tabi tutulmasını gerektirir. Birkaç tesis düzeni mümkündür, ancak ön denitrifikasyon/nitrifikasyon konsepti (ön DN/N) uygulanan atık su arıtma tesislerinde iyi sonuçlar elde edilmektedir. Aşağıda Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'de iki örnek verilmiştir.



Şekil 5.21: Nitrifikasyon/denitrifikasyon adımları uygulanan tipik bir biyolojik atık su arıtma örneği

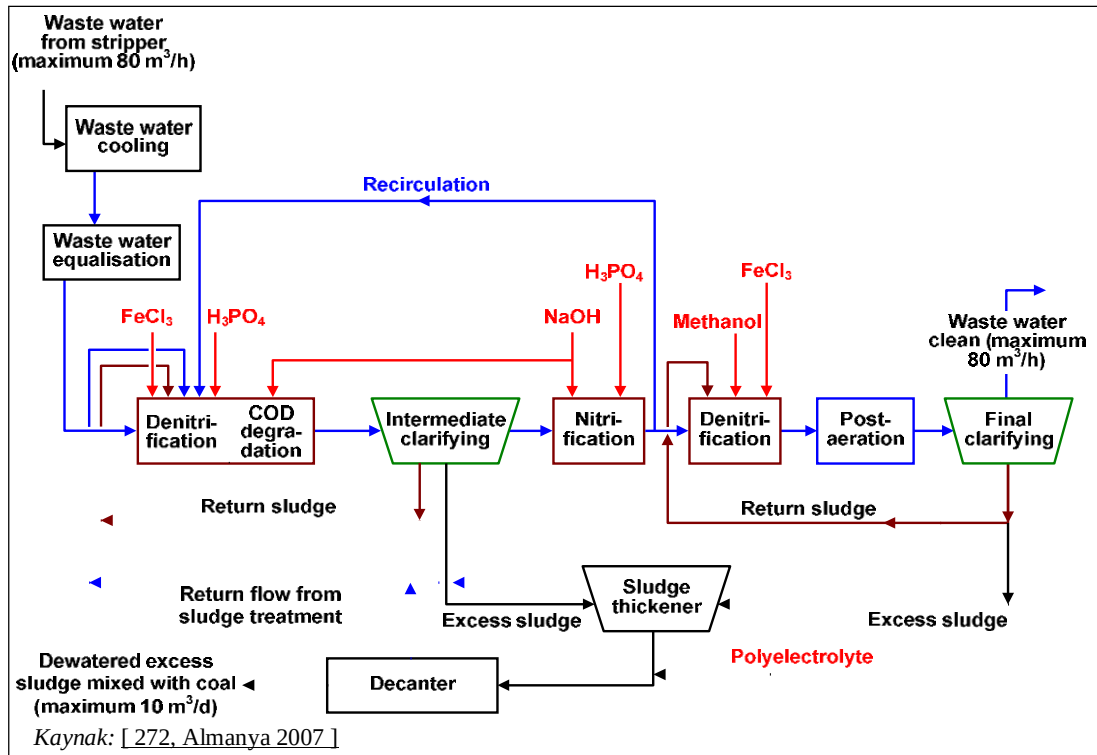
Ön DN/N konseptinde, aerobik olarak aktifleştirilen çamur sistemi de başlangıç noktası olarak kullanılır. Ancak atık su havalandırılmadan önce nitrifikasyon aşamasından gelen nitratça zengin su eklenir. Oksijensiz koşullar altında bakteriler, son elektron alıcısı olarak moleküler oksijen (O₂) yerine nitratı kullanır. Azot, moleküler azot (N₂) olarak yayılır. Genel reaksiyon şu şekildedir:



Almanya'nın Duisburg şehrindeki Hüttenwerke Krupp Mannesmann'ın atık su arıtma tesisi (AAT), aşağıdakilerden oluşan (su akışına göre) çok aşamalı bir biyolojik sistem olarak tasarlanmıştır:

- H₂S/NH₃ sıyırma kolonundan çıkan çıkış suyunu soğutmak için bir ısı eşanjörü
- Bir dengeleme havuzu
- İlk denitrifikasyon adımı olarak önceden kurulmuş bir denitrifikasyon kısmına sahip bir havalandırma havuzu (organik içeriğin bozunması için aktif çamur prosesi)
- Bir ara çökeltim havuzu
- Taşıyıcı biyoloji olarak tasarlanmış bir nitrifikasyon havuzu
- Harici karbon kaynağı olarak metanol beslemesi ile ikinci bir denitrifikasyon adımı
- Aktif çamuru yeniden doyurmak için bir havalandırma sonrası havuz
- Son çökeltim havuzu.

Biyolojik olarak arıtılmış atık suyun kalitesini izlemek için izleme ve kontrol ekipmanları, operatörleri düzensiz koşullar konusunda erkenden uyararak için çevrim içi izleme sistemi içerir.



Şekil 5.22: Ön denitrifikasyon/nitrifikasyon/denitrifikasyon uygulanan bir biyolojik arıtma tesisi örneği

Bu tesis, kok fırını atık sularının çok düşük azot, kükürt ve siyanür bileşikler emisyonu sağlanacak şekilde arıtılmasında çok iyi sonuçlar vermektedir. Giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları Tablo 5.24'te verilmiştir.

‘Ön DN/N’ konseptinin başka bir örneği, 2000 yılından beri Corus, IJmuiden/Hollanda’da başarıyla uygulanmaktadır.

BIO 2000 olarak adlandırılan sistem, KOİ ve azot bileşikleri emisyonlarını en aza indirmek için kok fırını tesisinden, yüksek fırınlardan ve sinter tesisinden kaynaklanan atık suların birlikte bir aktif çamur sisteminde ön denitrifikasyon ve nitrifikasyon ile arıtılmasından oluşur.

Nitrifikasyon ve KOİ giderimi, tesisin aerobik bölümünde eş zamanlı olarak gerçekleşir. Bu dönüşümün son ürünleri CO₂, su ve nitrattır (NO₃-).

Denitrifikasyon, nitratin bakteriler tarafından azot gazına dönüştürüldüğü biyolojik prosestir. Bu proses anaerobik veya oksijensiz koşullar altında gerçekleşir. Bu nedenle, tesiste çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının aşağı yukarı sıfıra eşit olduğu özel bir bölüm olmalıdır. Bununla birlikte, denitrifikasyon bakterilerinde yem olarak bir miktar KOİ’ye de ihtiyaç vardır. Giriş suyunun (kısmen) tesisin oksijensiz kısmına alınması ve nitrifiye atık suyun geri dönüştürülmesi ile KOİ ve nitrat bir araya gelir. Denitrifikasyon tesisin ilk bölümünde gerçekleştiği için buna ön denitrifikasyon denir.

Tablo 5.22: Hollanda’nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus’ta farklı atık su akışlarının bileşimi (2007)

Parametre	Birimler	Yüksek Fırın	Sinter Tesisi	Kok Tesisi	Yer Altı Suyu (1)	Toplam
Debi	m ³ /s	140 – 150	50 – 55	80 – 90	35 – 40	320
Sıcaklık	°C	40 – 44	35 – 40	30 – 35	10 – 12	33
Askıda katı maddeler	mg/l	25 – 35	10 – 25	20 – 50	<10	25
KOİ	mg/l	65 – 120	250 – 450	3000 – 3500	150 – 350	1100
Kjeldahl-N	mg/l	130 – 150	200 – 300	200 – 300	100 – 200	180
CN ⁻ toplam	mg/l	5 – 20	–	20 – 60	20 – 50	15
Çinko	mg/l	2 – 4	–	–	–	–
Metaller	mg/l	1 – 3	1 – 3	–	–	–
Fenoller	mg/l	–	–	500 – 700	–	–
SCN ⁻	mg/l	–	–	200 – 250	–	–

(1) Kok tesisinden kaynaklanan kirli yer altı suyu.

IJmuiden’deki Corus tesisinde yeni su arıtma konfigürasyonunun merkezi, 1999 – 2000 yılları arasında inşa edilen atıklarınca tipi biyolojik arıtma tesisidir (bkz. Şekil 5.23 ve Şekil 5.24). Atıklarınca tipi tesisler, evsel atık suların arıtılması için sıklıkla uygulandıkları Batı Avrupa’da oldukça yaygındır.

Yüzey havalandırıcılara sahip büyük havuzlar ve nispeten yüksek hızlar, tesisi bir boru içinden akış sisteminden ziyade eksiksiz bir karışım reaktörü kılar. Havalandırıcılar, çözünmüş oksijeni sürekli olarak ölçerek ve bunu 1,5 – 2 mg/l ayar noktasıyla karşılaştırarak kontrol edilir. Ayrıca havuzda pH 6,8’in altındayken kostik soda, 7,4’ün üzerindeyken sülfürik asit ilave edilerek pH kontrol edilir.

Biyolojik arıtmanın sonrasına sürekli geri yıkamalı kum filtreleri yerleştirilmiştir. Atık suların birlikte kolayca arıtılabilmesine rağmen, bazen son çökeltme havuzunun taşma suyunda çok ince biyolojik kümeler bulunur.

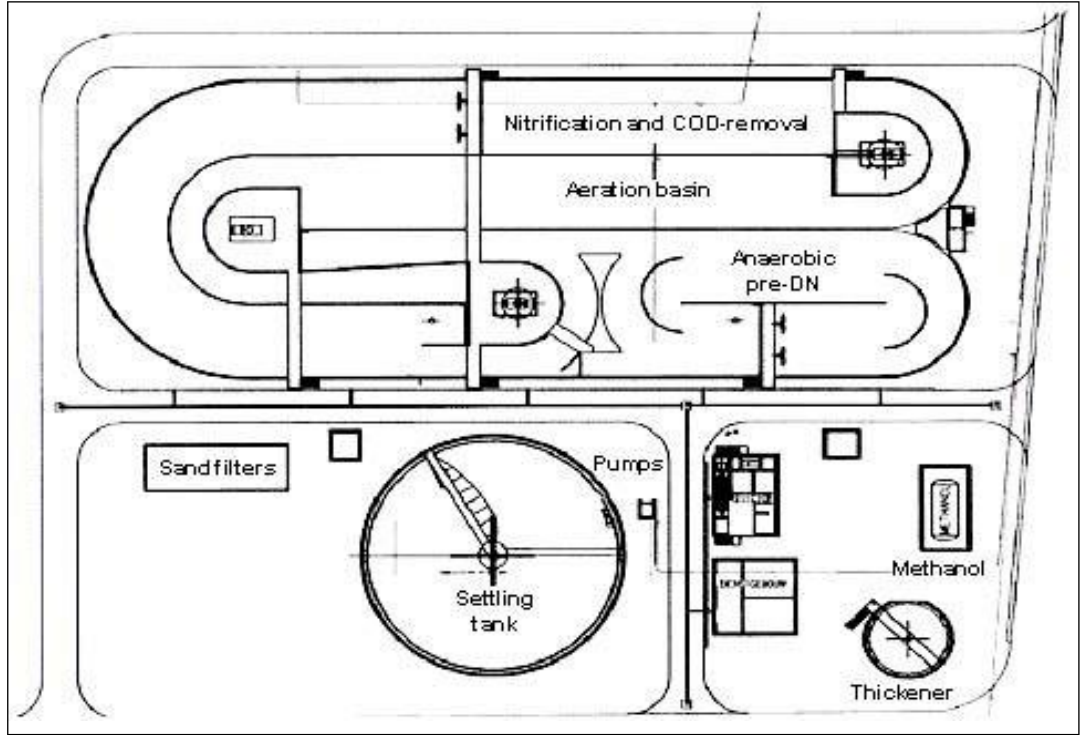
Fazla çamur önce bir yoğunlaştırıcıya pompalanır. Daha sonra çamur susuzlaştırılır ve fırınlarda girdi olarak kullanılan kömürle karıştırılır.

Bölüm 5

Mavi kutuların içine kurulan yüzey havalandırıcılara sahip atıklarınca tipi tesis aşağıda Şekil 5.24'te görülmektedir. Bu kutular, tesisin çevresinde gürültü ile ilgili sorunları önlemek için izole edilmiştir. Öndeki açık mavi sütunlar altı kum filtresidir.

Tesisin boyutları şu şekildedir: Havalandırma hacmi 15.000 m³'tür; bu, 33 saatlik bir hidrolik tutma süresi anlamına gelir. Çökeltme hacmi 1500 m³'tür. Çökeltme havuzunun çapı 29 m'dir. Yüzey yükü 5 m³/m²/s'dir.

Çamur yoğunlaştırıcı 9,5 m çapında ve 250 m³ hacimli bir havuzdur. Ortalama çamur atığı %3 kuru katı madde içeriğiyle 45 m³/gün düzeyindedir. Çamur devridaim akışı maksimum 640 m³/s'dir (giriş suyu miktarının iki katı). Fosforik asit dozajı çıkış suyundaki 2 mg/l fosfata dayalıdır. Bu, yaklaşık 5 l/s hızla %75 fosforik asidin eklenmesi gerektiği anlamına gelir [379, Corus IJmuiden 2009].



Şekil 5.23: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik arıtma tesisinin kat planı



Kaynak: [379, Corus IJmuiden 2009]

Şekil 5.24: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik atık su arıtma tesisinin havadan görünümü

Yüzdürme ve kum filtreleri gibi askıda katı maddeleri gidermeye yönelik diğer teknikler veya evsel atık su ile birlikte atık su arıtımı, ön koşullar sağlanırsa bir alternatif olabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Teknik a) Aktif çamurlu aerobik sistem

Tablo 5.23'te, Avrupa'daki kok fırını tesislerinin aerobik olarak aktifleştirilen çamur sistemleri için performans rakamları verilmiştir.

Tablo 5.23: Aerobik olarak aktive edilmiş çamurlu atık su arıtımı uygulayan Avrupa'daki kok fırını tesislerinin çıkış suyu konsantrasyonları ve özgül emisyonları

Bileşen	Konsantrasyon	Birim	Özgül emisyon değeri	Birim
KOİ	140 – 700	mg/l	0,2 – 1	(kg/t kok)
TOC	37	mg/l		
Kjeldahl-N	20 – 120	mg/l	0,01 – 0,1	(kg/t kok)
NH ₃	<1 – 100	mg/l	0 – 0,1	(kg/t kok)
SCN ⁻	<0,1 – 35	mg/l	0 – 0,05	(kg/t kok)
Siyanürler (kolayca açığa çıkan)	<0,1	mg/l		
Fenol	<0,1 – 10	mg/l	0 – 0,005	(kg/t kok)
PAH	0,003 – 0,2	mg/l	0 – 0,001	(kg/t kok)

Kaynak: [200, Komisyon 2001] [208, Lindfors ve diğ. 2006].

Teknik b) Nitrifikasyon

Genel olarak, düşük özgül yüke sahip sistemler daha iyi performans verir ve nitrifikasyon yoluyla amonyağın bozunmasını sağlar. Düşük bir özgül yük, aynı zamanda,

düşük bozunma oranı olan organik bileşiklerin bozunmasını da artırır. Nitrifikasyon uygulanırsa, çıkış suyuındaki nitrat (NO^-) konsantrasyonları nispeten yüksek olacaktır (200 mg/l mertebesinde).

Teknik c) Nitrifikasyon/denitrifikasyon

Nitrifikasyon/denitrifikasyon sistemleri çok düşük G/M oranına (0,05 – 0,2 kg KOİ/kg KSAKM/gün) sahiptir ve kok fırını atık sularının temizlenmesinde çok iyi sonuçlar vermektedir. Bu sistemlerden kaynaklanan azot emisyonları, yüksek G/M oranlarına sahip veya yalnızca nitrifikasyonlu sistemlere kıyasla özellikle düşüktür. Bu tesislerin dördünde giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları Tablo 5.24'te verilmiştir.

Tablo 5.24: Dört tesiste ön denitrifikasyon-nitrifikasyon sistemine sahip atık su arıtma sistemlerinin giriş ve çıkış suyu konsantrasyonları ve bazı özellikleri

Özellik/parametre	Birim	Tesis A	Tesis B ⁽¹⁾	Tesis C	Tesis D ⁽²⁾
Kok üretimi	Mt/yıl	1,25	0,60	1,03	1,08
Kömür suyu akışı (fazla su)	m ³ /s	42	22	65	80
Diğer atık sularla seyreltme (bkz. Bölüm 5.2.2.2)	m ³ /s	40	5 – 10	20	–
Toplam akış	m ³ /s	86	30,1±3,5	85	80
Özgül çıkış suyu akışı (özellik atık su miktarı)	m ³ /t kok	0,59	0,44	0,69	0,65
Gıda/mikroorganizma (G/M) oranı	kg KOİ/kg KSAKM/gün	f 0,15	MD	0,5 ⁽³⁾	MD
Giriş suyu:	pH	–	MD	9,2±0,33	8,5
	Askıda katı maddeler	mg/l	30 – 40	MD	MD
	KOİ	mg/l	3650±310	3161±1269	3220±590
	TOC	mg/l	MD	MD	1025±190
	BOİ ₅	mg/l	2100	MD	MD
	Fenol	mg/l	964	705±276	650
	SCN ⁻	mg/l	355	MD	350
	Kjeldahl-N	mg/l	MD	MD	300
	Amonyak-N	mg/l	125±25	MD	50±15
	Nitrit-N	mg/l	MD	MD	MD
	Nitrat-N	mg/l	MD	MD	MD
	Yağ ve katran	mg/l	40	MD	MD
	PAH (6 Borneff)	µg/	200	MD	MD
	PAH (6 Borneff)	µg/	200	MD	MD
Çıkış suyu:	pH	–	7,7	8	7,6
	Askıda katı maddeler	mg/l	42	33±21	75
	KOİ	mg/l	189±30	137±43	213±70
	TOC	mg/l	MD	MD	45±16
	BOİ ₅	mg/l	8,1±2,3	MD	15±5
	Fenol	mg/l	0,06	0,02±0,03	<0,1
	SCN ⁻	mg/l	3	MD	1,3
	CN ⁻ (kolayca açığa çıkan)	mg/l	MD	0,01	MD
	Sülfidler (kolayca açığa çıkan)	mg/l	MD	MD	MD
	Kjeldahl-N	mg/l	8,8±4 ⁽⁴⁾	MD	MD
	TNb-N	mg/l	MD	MD	13
	Amonyak-N	mg/l	3±3 ⁽⁴⁾	0,28±0,56	<1
	Nitrit-N	mg/l	0,9±1,5 ⁽⁴⁾	0	1,3
	Nitrat-N	mg/l	22±6,6 ⁽⁴⁾	8,2±6,92	11
	Yağ ve katran	mg/l	5	MD	MD
	PAH (6 Borneff)	µg/l	<50	MD	<20
	Fosfor	mg/l	MD	0,4±0,29	MD
	Fosfor	mg/l	MD	0,4±0,29	MD

- (1) Aralıklar, 2009'da çıkış suyu için yıllık ortalamaları yansıtır.
- (2) Aralıklar, 2004 değerinin kullandığı SCN hariç olmak üzere, 2005 yılında çıkış suyu için günlük ortalamaları yansıtır.
- (3) Üç aşamadan ilkinde.
- (4) Aralıklar, 2006, 2008 ve 2009'da çıkış suyu için yıllık ortalamaları yansıtır.
- (5) BTX.

Not: – TNb: Toplam bağlı azot.

– Tüm değerler, aritmetik ortalamalar $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

– MD = Mevcut değil.

Kaynak: [65, InfoMil 1997] [88, Löhr ve diğ. 1996] [89, Löhr ve diğ. 1997] [173, UBA-Almanya 2005] [196, Josis 2010] [197, Jost 2010] [260, Almanya 2007] [272, Almanya 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007].

Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik atık su arıtma tesisi için kok fırını tesisi, yüksek fırınlar ve sinter tesisinden gelen atık suyun kombine arıtılmasından sonra elde edilen deşarj konsantrasyonları (2007) Tablo 5.25'te gösterilmektedir.

Tablo 5.25: Hollanda'nın IJmuiden şehrinde bulunan Corus'taki biyolojik atık su arıtma tesisi için kok fırını tesisi, yüksek fırınlar ve sinter tesisinden gelen atık suyun kombine arıtılmasından sonra deşarj konsantrasyonları (2007)

Parametre	Birim	Ortalama	Maksimum
Debi	m ³ /s	340	400
Askıda katı maddeler	mg/l	60	80
KOİ	mg/l	135	150
Kjeldahl-N	mg/l	15	30
Fosfat	mg/l	5	10
CN ⁻ toplam	mg/l	11	13
CN ⁻ (kolayca açığa çıkan)	mg/l	0,35	0,45
SCN ⁻	mg/l	2,0	4,0
Fenoller	mg/l	<0,5	1,0
Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn toplamı	mg/l		0,011 – 0,013
Cd	µg/l		10
Hg	µg/l		5
As	µg/l		2,5
Not: Ortalama, kompozit numunelerde 10'luk hareketli ortalama anlamına gelir. Maksimum, rastgele numunelerdeki maksimum anlamına gelir. Kaynak: [379, Corus IJmuiden 2010].			

Çapraz ortam etkileri

Aktif çamur, atık su arıtma tesisinin faaliyeti nedeniyle meydana gelir. Fazla aktif çamur, kok fırını tesisinin kömür beslemesine eklenebilir.

İşletim verileri

Teknik a) *Aktif çamurlu aerobik sistem*

Fosfat ve kostik soda eklenir. Kostik soda pH ayarı için kullanılır. FeCl₃ ve bir polimerin eklenmesiyle çöktürme artırılır. Bazı tesislerde ise bu eklemelerin hiçbirini yapmaya gerek duyulmaz ve iyi sonuçlar elde edilir.

Uygulanabilirlik

Optimum sonuçlar elde etmek için, uygun bir arıtmada yukarıdaki teknik c)'de açıklandığı gibi ön DN/N kullanılır.

Ekonomik boyut

Teknik c) *Nitrifikasyon/denitrifikasyon*

- Yatırım: Bir nitrifikasyon sisteminin genişletilerek ön DN/N sistemine dönüştürülmesi için 1994'te 0,6 milyon EUR. Toplam yatırımlar 4,6 milyon EUR idi.
- İşletme maliyetleri: 1996'da hesaplanan atık su vergileri dahil olmak üzere yıllık 345.000 EUR idi (0,57 EUR/t kok).

Uygulamanın gerekçesi

Azot bileşiklerinin düşük miktarda deşarj edilmesi gereksinimi, uygun bir atık su arıtma sistemi gerektirir.

Örnek tesisler

Teknik a) Aktif çamurlu aerobik sistem

SSAB Tunnpåt AB, Luleå/İsveç.

Teknik c) Nitrifikasyon/denitrifikasyon

Ön DN/N konseptinin kullanıldığı kok fırını atık su arıtma tesisleri ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da; ArcelorMittal, Seremange/Fransa'da; ZKS, Dillingen/Almanya'da; Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg-Huckingen/Almanya'da bulunmaktadır (bkz. Tablo 5.24).

Rivagroup, Taranto/İtalya'da son ek amonyak sıyırma uygulanan bir kok fırını atık su arıtma tesisi kurulmuştur.

Referans literatür

[21, EC Coke 1996] [65, InfoMil 1997] [88, Löhr ve diğ. 1996] [89, Löhr ve diğ. 1997] [201, Colin ve diğ. 2003] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [260, Almanya 2007] [272, Almanya 2007] [320, Eurofer 2007] [341, Eurofer 2007]

6 YÜKSEK FIRINLAR

6.1 Uygulanan prosesler

İlk gerçek kok bazlı yüksek fırın 1735'te hayata geçirilmiştir [152, Ullmann's 1994]. Yüksek fırın, sıcak metal (pik demir) üretimi için hala açık ara farkla en önemli prostestir. Tekniğin orta vadede sıcak metal (SM) üretiminde kullanılan baskın yöntem olmaya devam etmesi muhtemeldir. Şekil 6.1'de, iki yüksek fırının genel bir görünümü verilmiştir [344, Eurofer 2007].



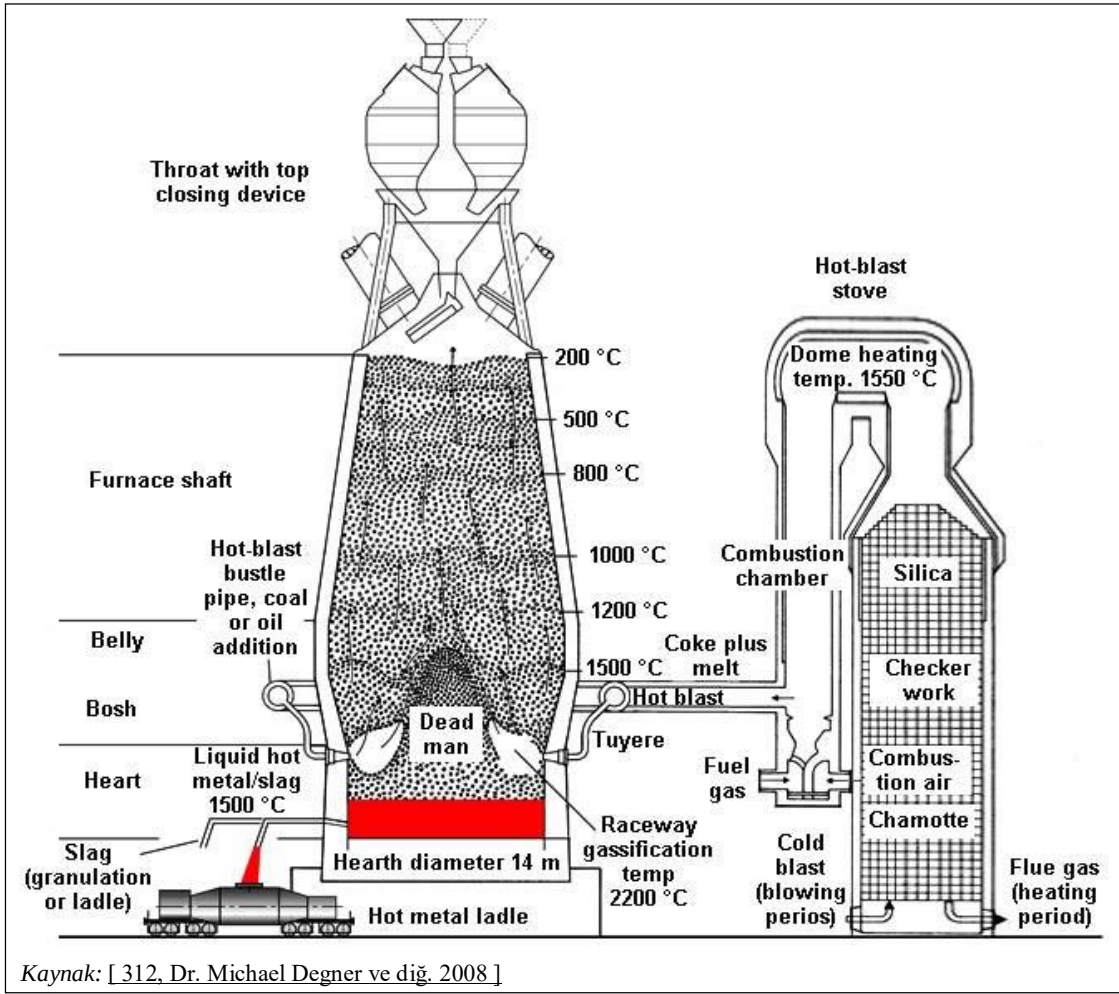
Kaynak:[200, Komisyon 2001]

Şekil 6.1: Her birinde üç soba bulunan iki yüksek fırının ve sobaların atık gazının çıktığı bacanın genel görünümü

Bir yüksek fırın, içine demir içeren malzemelerin (parça demir cevheri, sinter ve/veya peletler), katkı maddelerinin (kireçtaşı gibi cüruf oluşturunucular) ve indirgeyici maddelerin (yani kok) sürekli olarak fırın şaftının tepesinden, yüksek fırın gazının (YF gazı) kaçmasını önleyen bir yükleme sistemi aracılığıyla beslendiği kapalı bir sistemdir. Şekil 6.2, fırının kendisi, döküm holü, sıcak hava sobaları ve YF gazının iki aşamalı arıtımından oluşan bir yüksek fırının basitleştirilmiş bir düzeni gösterilmektedir.

Oksijen ve yardımcı indirgeyici maddelerle zenginleştirilmiş bir sıcak hava, tüyer seviyesine enjekte edilerek indirgeyici gazların karşı akımını sağlar. Sıcak hava indirgeyici maddelerle reaksiyona girerek esas olarak karbonmonoksit (CO) üretir; bu da demir oksitleri metal demire indirger. Sıvı demir, cürufyla birlikte ocakta toplanır ve her ikisi de düzenli olarak dökülür. Sıvı demir, örneğin torpido kaplarında çelik fabrikasına taşınır ve cüruf, yol yapımı ve çimento üretimi için agrega, granül veya pelet üretmek üzere işlenir. Yüksek fırın gazı fırının tepesinden toplanır. Isınma veya elektrik üretimi için yakıt olarak kullanılmak üzere arıtılır ve fabrikada çeşitli konumlara dağıtılır.

Çeşitli indirgeyici maddeler mevcuttur. Taneli veya toz kömür, ağır yakıt yağı, yağ artıkları, kullanılmış yağlar, katı yağlar ve emülsiyonlar, hayvansal yağlar, eko-yağ, doğal gaz, kok fırını gazı, BOF gazı, YF gazı, atık plastikler, kömür katranı vb. biçimindeki karbon/hidrokarbonlar, genellikle makul maliyetlerle yeterli miktarlarda bulunur. Ancak, birkaç indirgeyici madde arasından seçim, yalnızca maliyetlere göre belirlenmez. Kok, bir indirgeyici madde olmasının yanı sıra, yüksek fırında dökme kolonun taşıyıcısı olarak da hizmet eder. Bu taşıma kapasitesi olmadan yüksek fırının işletilmesi mümkün olmaz.



Şekil 6.2: Yüksek fırının basitleştirilmiş şeması

Günümüzde işlenen demir cevheri, büyük miktarda hematit (Fe_2O_3) ve bazen az miktarda manyetit (Fe_3O_4) içerir. Yüksek fırında, bu bileşenler giderek indirgenerek demir oksit (FeO) ve ardından kısmen indirgenmiş ve karbonlanmış bir katı demir formu üretir. Son olarak demir yükü ergir, reaksiyonlar tamamlanır ve dipte sıvı sıcak metal ve cüruf toplanır. İndirgeyici karbonlar reaksiyona girerek CO ve CO_2 oluşturur. Gangın ergime noktasını düşürmek, cüruf tarafından kükürt alımını artırmak, gerekli sıvı sıcak metal kalitesini sağlamak ve cürufun daha fazla işlenmesini mümkün kılmak için eritken maddeler ve katkı maddeleri eklenir.

Yüksek fırın yükü aşağı doğru hareket ettikçe sıcaklığı artar, böylece oksit indirgeme reaksiyonları ve cüruf oluşumu kolaylaşır. Yük, bu sırada bir dizi bileşim değişikliğine uğrar:

- Yükteki demir oksit giderek indirgenir (sünger demir ve sonunda erimiş sıcak metal oluşturur)
- Demir cevherinden gelen oksijen, kok veya karbonmonoksit ile reaksiyona girerek üstte toplanan karbonmonoksit veya karbondioksiti oluşturur.
- Gang bileşenleri, cüruf oluşturmak için eritken maddeler ile birleşir. Bu cüruf, erimiş demirden daha düşük yoğunluğa sahip karmaşık bir silikat karışımıdır.
- Kok öncelikle bir indirgeme maddesi olarak hizmet eder, ancak aynı zamanda yakıt görevi de görür. Sıcak metalde karbonmonoksit, karbondioksit veya karbon olarak fırından çıkar.
- Mevcut herhangi bir hidrojen, su oluşturmak üzere oksijenle reaksiyona girerek bir indirgeyici madde olarak da işlev görür.

Ana işlemler aşağıdaki gibidir:

- Yük hazırlama
- Ham maddelerin yüklenmesi ve taşınması
- Yüksek fırında işleme
- Sıcak hava üretimi
- İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu
- Döküm
- Cüruf soğutma ve işleme.

6.1.1 Yük hazırlama

Sıcak metal üretimi, parça cevher, parça cevher topakları ve peletlerin herhangi bir karışımı, demir-sinter ve yardımcı maddeler gibi büyük miktarlarda dökme malzeme gerektirir.

Gereken tanımlı boyutlarda parçacıklar üretmek için aşırı derecede iri cevher parçalarının kırılması, öğütülmesi ve elenmesi gerekir. Cevherler genellikle belirli hazırlık aşamalarından geçer.

Genellikle ön işleminden geçirilmiş cevherler ve diğer malzemeler gemiler, trenler ve bazen kamyonlar tarafından uygun boşaltma cihazları kullanılarak boşaltılır. Ön koşullara ve özelliklerine (örneğin sürüklenme hassasiyetleri ve ıslatılabilirlikleri) bağlı olarak, açık havada, çatı altında, bunkerde, siloda veya paketlenmiş olarak kısa, orta veya uzun süreli depolamaya tabi tutulurlar. Bir veya birden fazla menşeli cevherlerdeki düzensizlikler karıştırılarak dengelenir. Bu homojenleştirme prosesi harmanlama alanlarında yapılır.

Yük hazırlığının tam olarak neyi kapsadığı konusuyla ilgili olarak farklı görüşler bulunabilir. Genellikle yük hazırlama, cevher hazırlama proseslerini, sinter tesisinden önce harmanlama alanlarındaki harmanlama proseslerini, sinterin ve kokun taşınmasını, parça cevherin olası doğrudan taşınmasını ve YF tepeden yükleme işlemine kadar tüm dozajlama proseslerini içerir. Bazen cevher ve kokun boşaltılması, taşınması ve depolanması da dahil edilirken bazen sadece cevherler dikkate alınır.

Dozajlama sistemi elekler (demir cevheri ve kok için), titreşimli besleyiciler (eritken maddeler için) ve tartım kutuları içerir. Ham madde, tartım kutularından bir bantlı konveyör vasıtasıyla konteynerlere veya YF'nin tepesine taşınır. Parça cevhere ilave olarak sinter ve/veya pelet kullanılması durumunda uygun depolama ve dozajlama sistemleri stokhaneye eklenir.

Çoğu YF için, ham madde dozajlama ve YF üstten yükleme işlemleri, kontrol odasından bir denetim sistemi aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirilir ve yük hazırlama sistemi, bir torba filtre sistemi tarafından tamamen tozdan arındırılır.

6.1.2 Ham maddelerin taşınması ve yüklenmesi

Demir içeren malzemelerin (demir cevheri molozu, sinter ve/veya peletler) ve katkı maddelerinin (eritken maddeler) karışımına birlikte 'yük' denir. Yük ve beraberindeki kok, konteynerler veya mekanik taşıma bantları aracılığıyla fırının tepesine yüklenir. Fırın gazlarını atmosferden izole eden kapalı bir yükleme sistemi aracılığıyla fırına girerler. Yüksek fırın basıncı atmosfer basıncını (0,25 – 2,5 bar (gösterge)) aştığı için bu sistem gereklidir. Birçok yeni büyük yüksek fırın yüksek tepe basıncına (2,5 bara (gösterge) kadar) sahipken, bundan çok daha düşük basınçlarda çalışan modern fırınlar da vardır. Bu basınçlar, fırının yaşına ve mevcut üfleme havası basıncı ve gaz arıtma tesisi yapısından kaynaklanan sınırlamalar gibi diğer kısıtlılıklara bağlı olarak 0,25 bara (gösterge) kadar düşük değerlerde olabilir.

Kapalı yükleme sistemi çanlı veya çansız yükleme sistemi olabilir. Yükleme sırasında bir miktar toz ve YF gazı emisyonları ortaya çıkabilir. Fırının tepesindeki gazın tahliyesi ve YF gaz arıtma sistemine bağlantı, prosesin bu aşamasında emisyonları kontrol etmek için kullanılabilir.

6.1.3 Yüksek fırının çalıştırılması

Bir yüksek fırında ham maddeler üstten girerken ürünler (erimiş demir ve cüruf) alttan (hazne) akıtılır. Katı yük, aşağı doğru hareket ederek yükselen sıcak indirgeyici gaz akımıyla karşılaşır. Artık ısı değeri olan YF gazı arıtma için fırının tepesinden toplanır.

Bir yüksek fırın altı sıcaklık bölgesine ayrılabilir:

- Tepe: En üstte yükün yüklenmesi ve YF gazının tahliyesi gerçekleşir.
- Şaft: Şaftta, sıcak YF gazı ısını katı yüke verir. Yükün sıcaklığı ortam sıcaklığından yaklaşık 950 °C'ye yükselir ve bu bölgede demir oksit kısmen indirgenir.
- Bel: Bel, şaftı karna bağlar. Bu bölümde sıcaklık 950 °C'den yaklaşık 1250 °C'ye yükselir. Demir oksidin ek indirgenmesi gerçekleşir ve kok reaksiyonu başlar.
- Karın: Kok reaksiyonları karın bölgesinde gerçekleşmeye devam eder. Demir erir ve cüruf oluşur.
- Tüyerler: Bu bölgede sıcak hava bir dizi tüyer (42'ye kadar) aracılığıyla fırına verilir. Tüyerler, haznenin üst çevresinde yer alır ve fırını karın yüksekliğinde çevreleyen büyük bir boruyla (hava simidi) beslenir. Buradaki sıcaklıklar 2000 °C'yi geçebilir ve oksitler tamamen indirgenir.
- Hazne: Hazne, erimiş sıcak metali ve cürufu toplar. Haznenin çevresinde bir ila dört akıtma deliği bulunur ve herhangi bir zamanda bunlardan bir veya ikisi çalışır durumda olur.

Şaft, bel, karın ve tüyer kayışı tipik olarak hazne suyu kullanılarak veya yağ ile ya da hava ile soğutulur. Fırın refrakter (ısıya dayanıklı) malzeme ile kaplanmıştır (hazne seviyesinde en az 1,5 m kalınlığa kadar).

Sıcak metal üretimi, küçük yüksek fırınlar için yaklaşık 0,5 Mt/yıl ile büyük yüksek fırınlar için yaklaşık 5,5 Mt/yıl arasında değişir.

Yüksek fırın teknolojisinde yüksek kaliteli cevher kullanılır. Demire eşlik eden herhangi bir element, sıcak metal fazı ve cüruf arasında dağıtılır. Sıcak metale geçenler arasında fosfor, kükürt, manganez ve silikon bulunur. Titanyum, alüminyum, kalsiyum, magnezyum ile silisyum ve kükürdün büyük bir kısmı oksitler veya metaloidler olarak cüruf içine geçer. Çeşitli elementlerin uçucu hale gelip buharlaşması ve yüksek fırının farklı kısımlarında birikmesi de mümkündür. Bu, özellikle demir cevherleri aracılığıyla yüksek fırına ve sinter tesisi aracılığıyla geri dönüştürülen yan ürünlere ulaşan çinko (Zn) ve kurşun (Pb) için geçerlidir.

Yükteki toplam çinko genellikle 100 – 250 g/t üretilen sıcak metal arasında değişir. Genel bir kural olarak, çoğu modern tesis çinkoyu 100 – 150 g/t sıcak metal düzeyinde sınırlandırır. Yüksek çinko veya kurşun içeriğine sahip tozlar ve çamurlar genellikle kabul edilmeyip sinter tesisine geri gönderilir veya yalnızca sınırlı miktarlarda kullanılır [344, Eurofer 2007].

Zn ve Pb'nin fırından uzaklaştırılması, yüksek fırının, merkezindeki sıcaklık 400 °C'nin üzerinde tutulacak şekilde çalıştırılmasıyla yapılır. Çinkonun daha sonra tepe gazıyla birlikte ince ZnO partikülleri olarak uzaklaştırılması daha olasıdır ve partiküller neredeyse tamamen YF gaz işleminde tutulur [105, Pazdej ve diğ. 1995].

Yüksek fırın tepe gazı

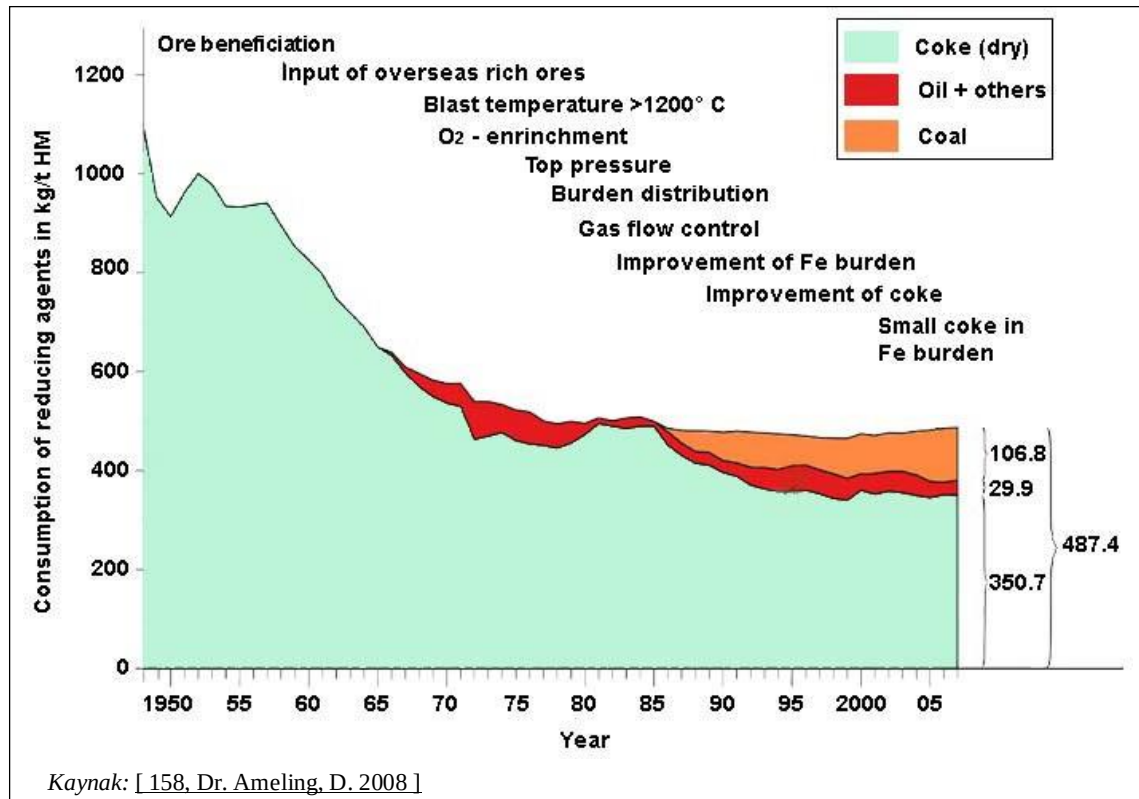
YF gazı yaklaşık %20 – 28 CO, %1 – 5 H₂, inert bileşikler (%50 – 55 N₂, %17 – 25 CO₂), bazı kükürt ve siyanür bileşikler ve büyük miktarda toz içerir. Doğal gaz ve KFG enjeksiyonlu YF'ler, tepe gazında %10'a kadar daha yüksek hidrojen içeriğine sahiptir. Yüksek fırının blöf işlemleri sırasında siyanür miktarı özellikle yüksek olabilir, ancak bu sadece arada sırada meydana gelir ve daha sonra siyanür oluşumunu en aza indirmek için sisteme eklemeler yapılır. YF gazının ısıtma değeri yaklaşık 2,7 – 4,0 MJ/Nm³tür. YF gazı üretimi yaklaşık olarak 1200 – 2000 Nm³/t sıcak metal düzeyindedir.

Temizleme işleminden sonra YF gazı daha yüksek ısıtma değerlerine sahip olan kok fırını gazı, BOF gazı veya doğal gaz ile zenginleştirildikten sonra genellikle yakıt olarak kullanılır. Modern brülörler ve/veya yanma havası ön ısıtma sistemleri uygulanırsa ve uygun güvenlik önlemleri alınırsa YF gazı yükseltme yapılmadan da kullanılabilir (örneğin sıcak hava sobalarında) [145, UBA Açıklamaları 1997].

6.1.3.1 İndirgeyici madde uygulaması

Demir oksitlerin yüksek fırında işlenmesi için kullanılan indirgeyici maddeler kok, kömür, yağ gazı ve diğer hidrokarbon kaynaklarıdır. Bunlar esas olarak indirgeyici gazı üretmek ve böylece demir oksitlerin metalik demire indirgenmesini desteklemek ve ardından demiri karbonlamak için kullanılır. En önemli indirgeyici madde, koklaştırma prosesi tarafından sağlanan koktur (bkz. Bölüm 5).

Yüksek fırındaki kokun bir kısmı, tüyer seviyesinde enjekte edilen kömür, yağ veya gaz ile değiştirilebilir ve buna doğrudan enjeksiyon denir.

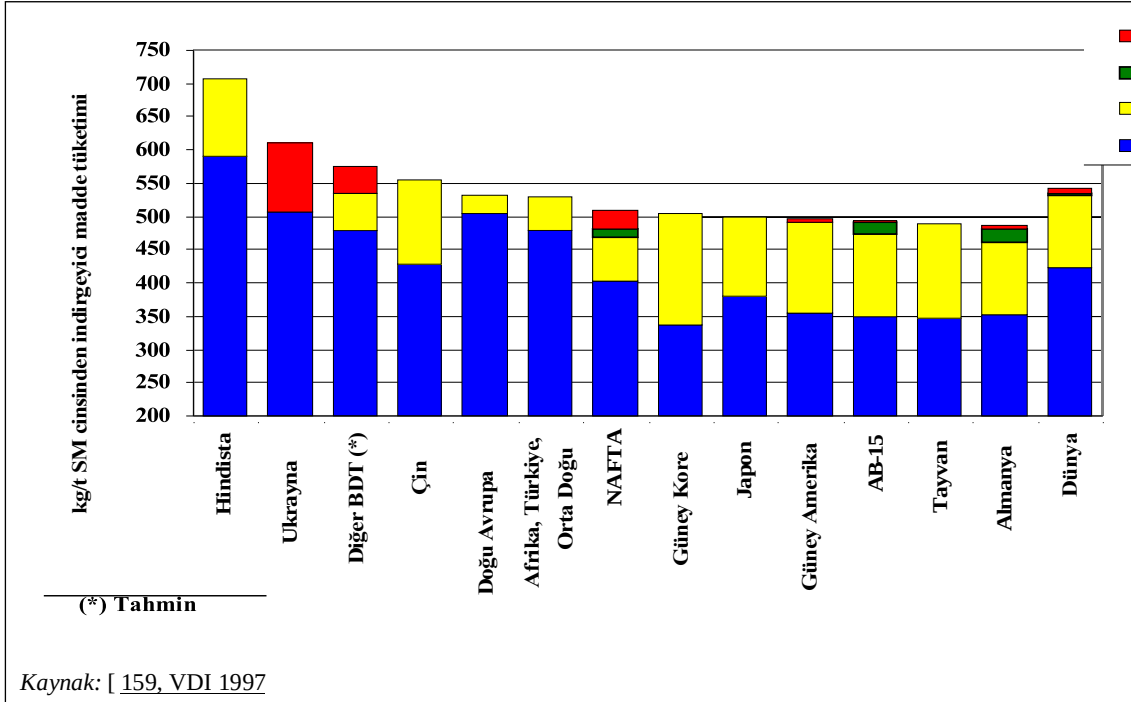


Şekil 6.3: Almanya'daki yüksek fırınların ortalama indirgeyici madde tüketimi

Şekil 6.3'te, Almanya'daki yüksek fırınların indirgeyici maddelerinin ortalama tüketimi ve 1950'den bu yana indirgeyici madde talebi ve türlerinin gelişimi gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, söz konusu önlemlerle toplam talep yıllar içinde önemli ölçüde azalmıştır. Yağların uygulanması

60'ların sonunda başlarken, kömür enjeksiyonu 1985'te ortaya çıkmış ve o zamandan beri artmıştır. Yüksek fırınlara kömür veya yağ enjeksiyonu, şu anda Avrupa'da ve dünya genelinde yaygın olarak uygulanan bir tekniktir. Şekil 6.4'te, 2006 yılında farklı ülkeler veya bölgeler için indirgeyici madde tüketim seviyeleri yer almaktadır. Görüldüğü gibi dünya genelinde kullanılan başlıca indirgeyici maddeler kok ve kömürdür. Kömür enjeksiyonu yoluyla kok ikamesinin kullanılması, verimlilik, kok özellikleri, istenen sıcak metal kalitesi, kömürün türü (örneğin antrasit) ve durumu (nem) vb. gibi faktörlere bağlıdır. [11, Campell ve diğ. 1992] [65, InfoMil 1997].

Ancak, yüksek fırının düzgün çalışmasını sağlamak için yüksek fırında belirli bir miktarda kokun hala gerekli olduğu vurgulanmalıdır. Tüyer seviyesinde kömür enjeksiyonu için teorik maksimum değerin 270 kg/t sıcak metal olduğu düşünülmektedir. Bu sınır, kokun taşıma kapasitesi ve fırındaki termokimyasal koşullar tarafından belirlenir. Kok, yüksek fırın yüklemesini sürdürmek için gerekli taşıma kapasitesini ve yeterli gaz penetrasyonunu sağlar.



Şekil 6.4: 2006 yılında dünyada yüksek fırınların indirgeyici madde tüketimi

İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu, kokun bir kısmının, fırına tüyer seviyesinde enjekte edilen başka bir hidrokarbon kaynağı ile değiştirilmesi anlamına gelir (ayrıca bkz. Bölüm 6.2.2.4). Yukarıda bahsedildiği gibi, kömür ve yağ, tüyere enjekte edilen maddelerden en sık kullanılanlarıdır. Ağır yakıt yağı, yağ kalıntıları, geri kazanılmış atık yağ, kömür katranı, tanecikli malzeme veya daha yaygın olarak toz haline getirilmiş kömür, doğal gaz veya kok fırını gazı ve plastikler gibi diğer hidrokarbonlar da kullanılabilir. Kok ihtiyacını azaltarak, genel kirlilik ve enerji gereksinimi de azaltılır.

Toz haline getirilmiş kömür enjeksiyonu (TKE) veya yağ enjeksiyonu, ekonomi ve işletme açısından önemli faydalar sağlayabilir. Örneğin:

- Pahalı koklaşabilir kömürlerin daha az tüketilmesi ve daha geniş bir kömür yelpazesinin kullanılması
- Kok fırını ömrünün uzaması
- Daha yüksek YF verimliliği
- YF işleminde daha fazla esneklik (tüyer girdisinin ayarlanması, yükün ayarlanmasından çok daha kolaydır)
- Sıcak metal kalitesinde ve silikon içeriğinde daha fazla tutarlılık
- Kok yapımından kaynaklanan daha düşük emisyonlar nedeniyle çelik fabrikasından kaynaklanan toplam emisyonların azalması.

TKE'nin dezavantajları şunlardır:

- Hava zenginleştirme için ek maliyetler. Sürekli olarak yüksek oksijen miktarları sağlamak için bir hava ayırma tesisi gerekir.
- Mevcut tesislerdeki kömür değirmenlerine yönelik ek gereksinim ve enjeksiyon ünitesi bakımı için ek gereklilikler.

Önemli miktarda kömür ve yağ enjeksiyonu, hava oluşu sıcaklıklarını düşürür ve bu, yüksek fırının verimliliğini etkiler. Bu, geleneksel izabe indirgemeli yüksek fırınlarda izin verilen kömür enjeksiyonunun 150 kg/t sıcak metal ile sınırlı olduğu anlamına gelir. Uygun hava oluşu koşullarını sürdürmek ve aynı zamanda daha yüksek kömür ve/veya yağ girdi oranlarına (260 kg/t sıcak metal düzeyine kadar) ulaşmak için farklı seçenekler mevcuttur. Yaygın olarak uygulanan bir seçenek, üfleme havasını zenginleştirmek için oksijen kullanmak veya tüyer seviyesinde oksijenle birlikte kömür veya yağ enjekte etmektir. İkincisi, oksî-kömür veya oksî-yağ enjeksiyonu olarak adlandırılır (bkz. Bölüm 6.3.12).

Bu MET-Ref'nin yazıldığı tarihte (2010), yeni YF'ler veya yükseltilmiş mevcut enjeksiyon sistemleri, 200 kg/t sıcak metal veya daha fazla TKE oranları için tasarlanmıştır.

Referans literatür

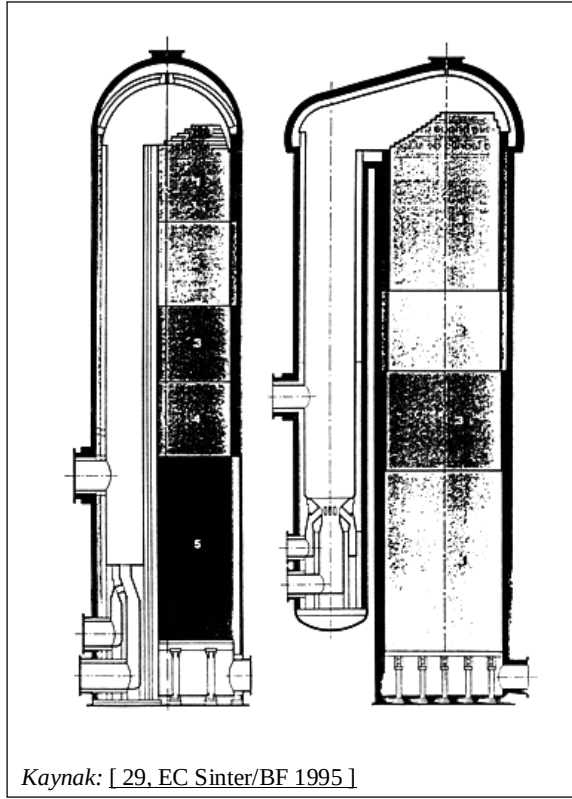
[158, Dr. Ameling, D. 2008] [160, IEA Clean Coal Centre 2006] [208, Lindfors ve diğ. 2006]
[211, Remus, Rainer 2008] [277, Wiesenberger 2007]

6.1.4 Yüksek fırın sobalarının çalışması

Yüksek fırının çalışması için sıcak hava, yüksek fırın sobaları (bazen 'cowper sobası' olarak adlandırılır) tarafından sağlanır. Sobalar, üfleme havasını ısıtmak için kullanılan yardımcı sistemlerdir. Artan üfleme havası sıcaklığı, karbon gereksinimlerinin azalmasına neden olur. Sıcak havanın ana işlevi, kokun gazlaştırılması için gerekli oksijeni sağlamak ve böylece yük ile temas ettiğinde demir oksitleri indirgeyen gazı üretmektir.

Sobalar döngüsel olarak çalışır. Kubbe doğru sıcaklığa (yaklaşık 1100 – 1500 °C) gelene kadar gazların (genellikle zenginleştirilmiş YF gazı) yakılmasıyla ısıtılırlar. Yanma gazı daha sonra kesilir ve soğuk ortam havası sobalardan ters yönde geçirilir. Soğuk hava, sıcak tuğlalar tarafından ısıtılır ve böylece yüksek fırına beslenen sıcak havayı (900 – 1350 °C) oluşturur. Bu işlem, soba artık uygun üfleme gazı sıcaklığını üretemeyecek hale gelene kadar devam eder ve ardından ilk ısıtma döngüsü yeniden başlatılır. Her döngünün süresi, enerji kaynağı, sistem özellikleri ve koruma önlemleri gibi saha koşullarına bağlıdır.

Prensip olarak, yüksek fırın sobaları içten veya dıştan yanma odası tipi olarak sınıflandırılabilir (bkz. Şekil 6.5). Bu ayırım CO emisyonları açısından önemlidir.



Şekil 6.5: İç ve dış yanma odalı yüksek fırın sobalarının ('Cowpers sobaları') kesiti

Her yüksek fırın için üç veya dört soba gereklidir. Sobanın ısıtılması aşamasında havaya salınan emisyonlar oluşur.

6.1.5 Döküm

Yüksek fırın, sıcak metali ve cürufu hazneden çıkarmak için periyodik olarak dökülür. Bu amaçla, hazne yan duvarındaki akıtma deliklerinden biri, bir akıtma deliği burgusu veya ıslatma çubuğu vasıtasıyla açılır. Bazı durumlarda, akıtma deliğini açmak için bir oksijen lansı kullanılır. Genellikle, bir yüksek fırında bir ila dört akıtma deliği bulunur. Akıtma deliklerinin sayısı, yüksek fırının kapasitesine (boyutuna) göre belirlenir.

Modern yüksek fırınlarda, sıcak metal ve cüruf birlikte akıtılır (tipik olarak cüruf, sıcak metalden sonra akmaya başlar). Cüruf ve sıcak metal daha sonra döküm holündeki sıyrıcıda ayrılır ve ardından her biri ayrı bir kanalda devam eder.

Yüksek fırından akıtılan sıcak metal, ısıya dayanıklı bir alümina-karbon veya silis-karbür karışımı ile astarlanmış refrakter veya düşük çimento kaplı kanallar boyunca akar ve potalara dökülür (doğrudan veya eğimli kanallar aracılığıyla). Bu potalar üstü açık veya kapalı tip veya torpido arabaları şeklinde olabilir. Bu erimiş durumda, metal yaklaşık 1440 – 1500 °C sıcaklığa sahiptir.

Fırından akıtılan cüruf, taneleme tesisine giden kanallarda cüruf potalarına veya açık bir çukura bir akar.

Döküm döngüsünün sonunda, bir 'çamur tabancası' veya 'akıtma deliği tabancası' kullanılarak ve ısıya dayanıklı özel bir akıtma deliği kil karışımı enjekte edilerek akıtma deliği mekanik olarak kapatılır.

6.1.6 Cüruf soğutma ve işleme

[174, Euroslag 2006] [347, Eurofer 2007]

Üretilen cüruf miktarı, yüksek fırının gang içeriğine, demir yüküne, kok külüne ve enjeksiyon malzemesinden (örneğin kömür ve gerekli sıcak metal kalitesini elde etmek için gereken eritken madde miktarı) kaynaklanan küle bağlıdır. Yüksek fırın cürufunun demir-çelik fabrikaları dışında kullanım için kabul edilebilir olması için, cürufun kimyasal ve/veya fiziksel özelliklerinin gerektiği gibi olmasını sağlamak amacıyla ek önlemler alınmalıdır. Cüruf, yol yapımı için malzeme, beton agregası, ısı yalıtımı (mineral yün) ve çimento üretiminde klinker ikamesi gibi çeşitli kullanımlara sahiptir. Yüksek fırın cürufundan tamamen faydalanılması birçok durumda zaten karşılanan bir hedeftir [347, Eurofer 2007].

Bu belgenin yazıldığı tarih itibarıyla (2010), sıvı yüksek fırın cürufunu işlemek için üç temel proses kullanılmaktadır:

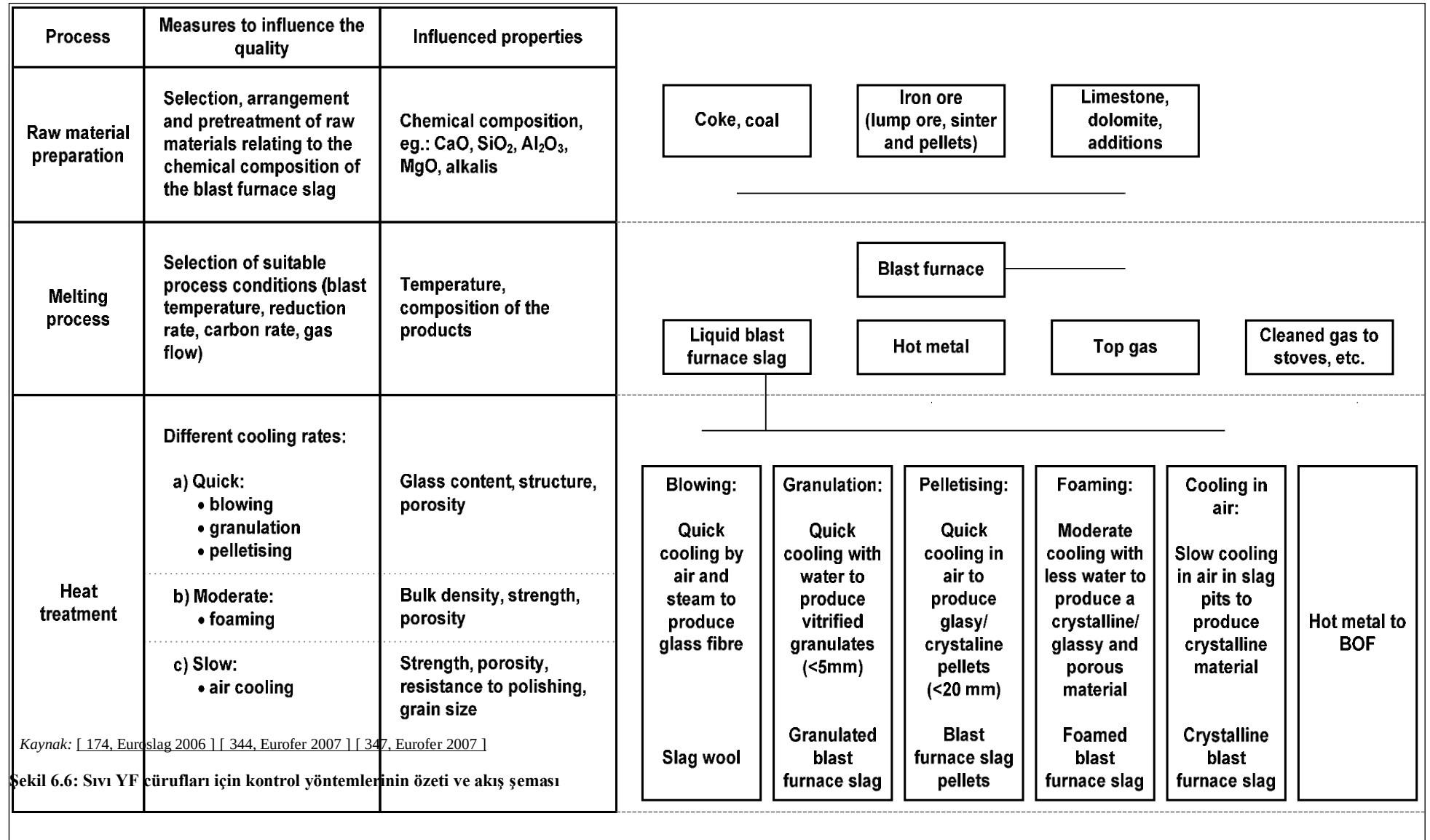
- Su ile cüruf taneleme (%75)
- Cüruf peletleme prosesi (%2)
- Cüruf ocağı prosesi (havada soğutma olarak da adlandırılır) (%23).

Bu cüruf soğutma proseslerinin tümü, kokuya neden olabilen hidrojen sülfid üretebilir.

Hava ile taneleme şu anda bazı endüstriyel ölçekli tesislerde yüksek fırın cüruflarının işlenmesi için kullanılmaktadır. Tüm hava ile taneleme proseslerinde, cüruf yayılır ve parçacıklar çevredeki havanın içinden ilerlerken soğutulur. Daha hızlı bir soğuma sağlamak için genellikle, yayılmış cüruflara ek bir su püskürtme uygulanır. Bazı dezavantajlar nedeniyle (örneğin, yüksek alan gereksinimleri, gürültü, kontrol edilemeyen gaz halindeki kükürt bileşikler emisyonları, PM emisyonları), hava ile taneleme çok az sayıda endüstriyel tesiste uygulanmaktadır.

Cüruf yünü üretmek için üfleme ve köpüklü yüksek fırın cürufu üretmek için köpürtme gibi diğer prosesler daha az sıklıkla kullanılır.

Yüksek fırından akıtılan sıvı cüruf için olası akış hatları ve kaliteyi etkilemeye yönelik önlemler Şekil 6.6'da gösterilmektedir.



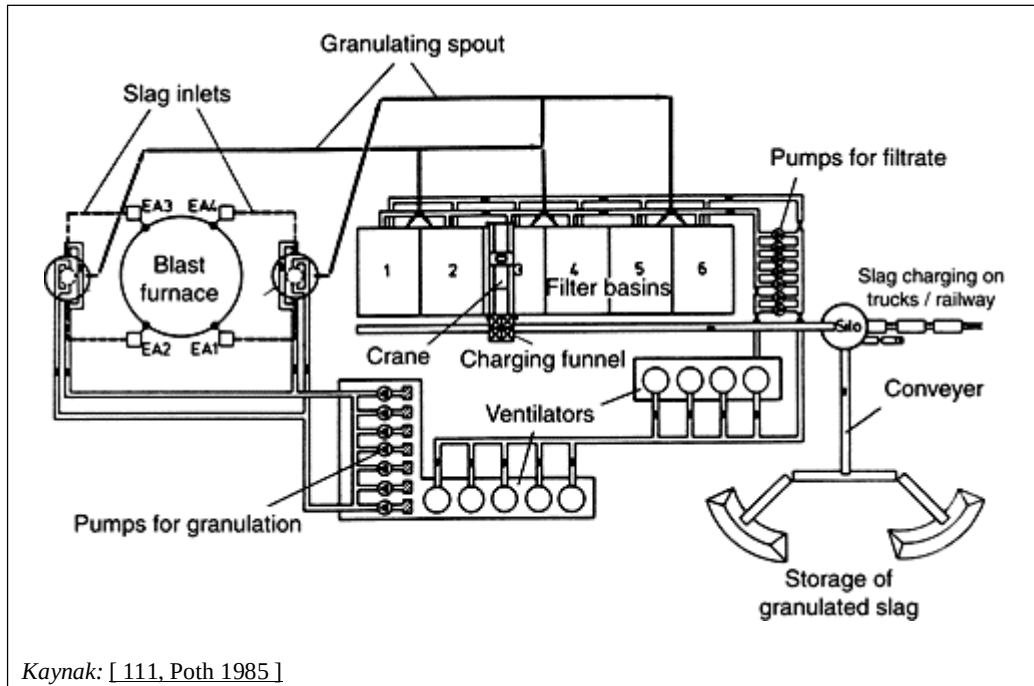
6.1.6.1 Cüruf taneleme prosesi

[241, Polonya 2007] [347, Eurofer 2007] [392, Schmidt ve diğ. 2003]

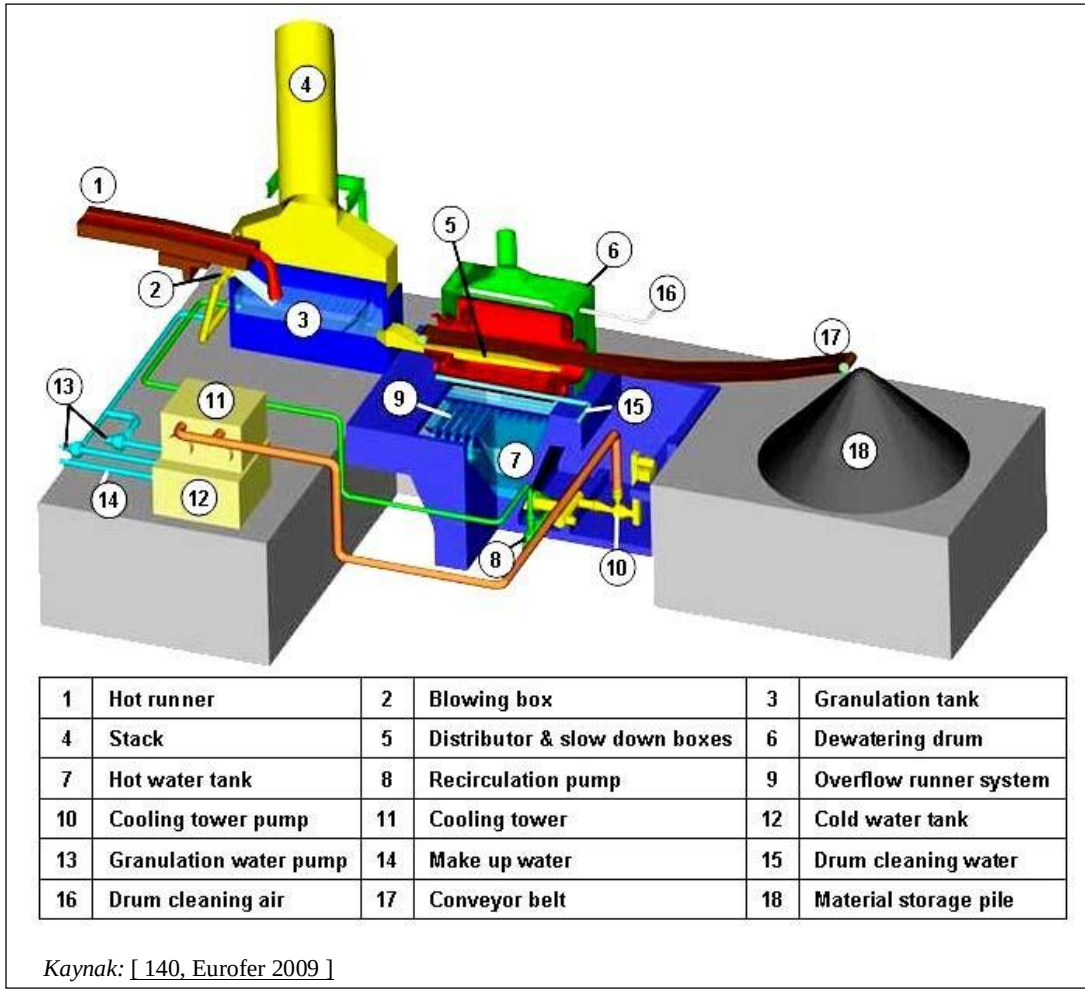
Taneleme, bu belgenin yazıldığı tarihi itibarıyla (2010) AB'de yüksek fırın cürufunu işlemek için kullanılan en yaygın prosestir. Bu proses, erimiş cürufun, yüksek fırına yakın bir yerde bulunan bir taneleme başlığında (bazen taneleme odalarında) yüksek basınçlı su püskürtme yoluyla dökülmesini içerir. Cüruf taneleme için açık/kapalı devrede tatlı su veya bazı durumlarda açık devrede deniz suyu kullanılır.

Tanelemeden sonra, cüruf/su bulamacı tipik olarak, yatay bir filtreleme havuzundan (örneğin açık devre prosesi (ADP)), dikey bir filtreleme hunisinden veya dönen bir susuzlaştırma tamburundan (örneğin INBA® ve RASA® prosesi) oluşan bir tahliye sistemine taşınır. Bazı durumlarda, cüruf/su bulamacı, su tahliyesinden önce bir ayırma tankına taşınır. Bazı durumlarda, su buharı toplanır ve yoğunlaştırılır veya bir baca aracılığıyla atılır.

Susuzlaştırmadan sonra, cüruf kumunun kalan nemi genellikle %10 civarındadır. Filtre yatağı, ince parçacıkları gidermek için periyodik olarak su ve hava ile geri yıkamaya tabi tutulur. Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de taneleme tekniklerinin iki örneği gösterilmektedir: ADP ve INBA prosesi.



Şekil 6.7: Açık devre prosesinde yüksek fırından çıkan cürufun taneleme örneği



Şekil 6.8: INBA prosesinde yüksek fırından çıkan cürufun tanelenmesi

6.1.6.2 Cüruf peletleme prosesi

Peletleme prosesi yalnızca AB'deki birkaç tesiste ve Kanada'daki bazı tesislerde kullanılmaktadır. Erimiş cüruf, bir saptırıcı görevi gören bir plaka üzerinde bir tabaka halinde yayılır. Cüruf tabakası, cürufun şişmesini ve soğumasını başlatan kontrollü su jetleri ile kesilir. Cüruf daha sonra şişirme ve soğutma işlemini tamamlamak için dönen bir tambur üzerinde santrifüjle havaya atılır. Cüruf parçacıkları, kum taneleri ile büyük peletler arasında değişen boyutlarına göre farklı yörüngeler izler [347, Eurofer 2007].

Doğru uygulandığında proses suyunun tamamı buharlaşarak ve üründe nem olarak tüketilir. Özgül su tüketimi, ıslak tanelleme için gerekli olandan daha azdır.

Tanelenmiş cüruf gibi, peletlenmiş cüruf da çimento üretiminde klinker ikamesi olarak kullanılır.

6.1.6.3 Cüruf çukuru prosesi

[392, Schmidt ve diğ. 2003]

Cüruf çukuru prosesi (havada soğutma olarak da adlandırılır), erimiş cürufun ince tabakalarının doğrudan fırınların yanındaki cüruf çukurlarına dökülmesini içerir. Alternatif olarak, cüruf potalarda toplandıktan sonra, erimiş cüruf yavaş yavaş soğutulur ve açık havada kristalleştirilir. Çukurlar dönüşümlü olarak doldurulur ve kazılır ve cüruf toprakları kırılır ve kaba agrega olarak kullanılmak üzere ezilir. Uygulamada, sıcak cürufa kontrollü miktarda su püskürterek soğutma süresi azaltılabilir.

ancak bu koku emisyonları potansiyelini artırır. Doğru uygulandığında, soğutma suyu tamamen buharlaşarak tüketilir.

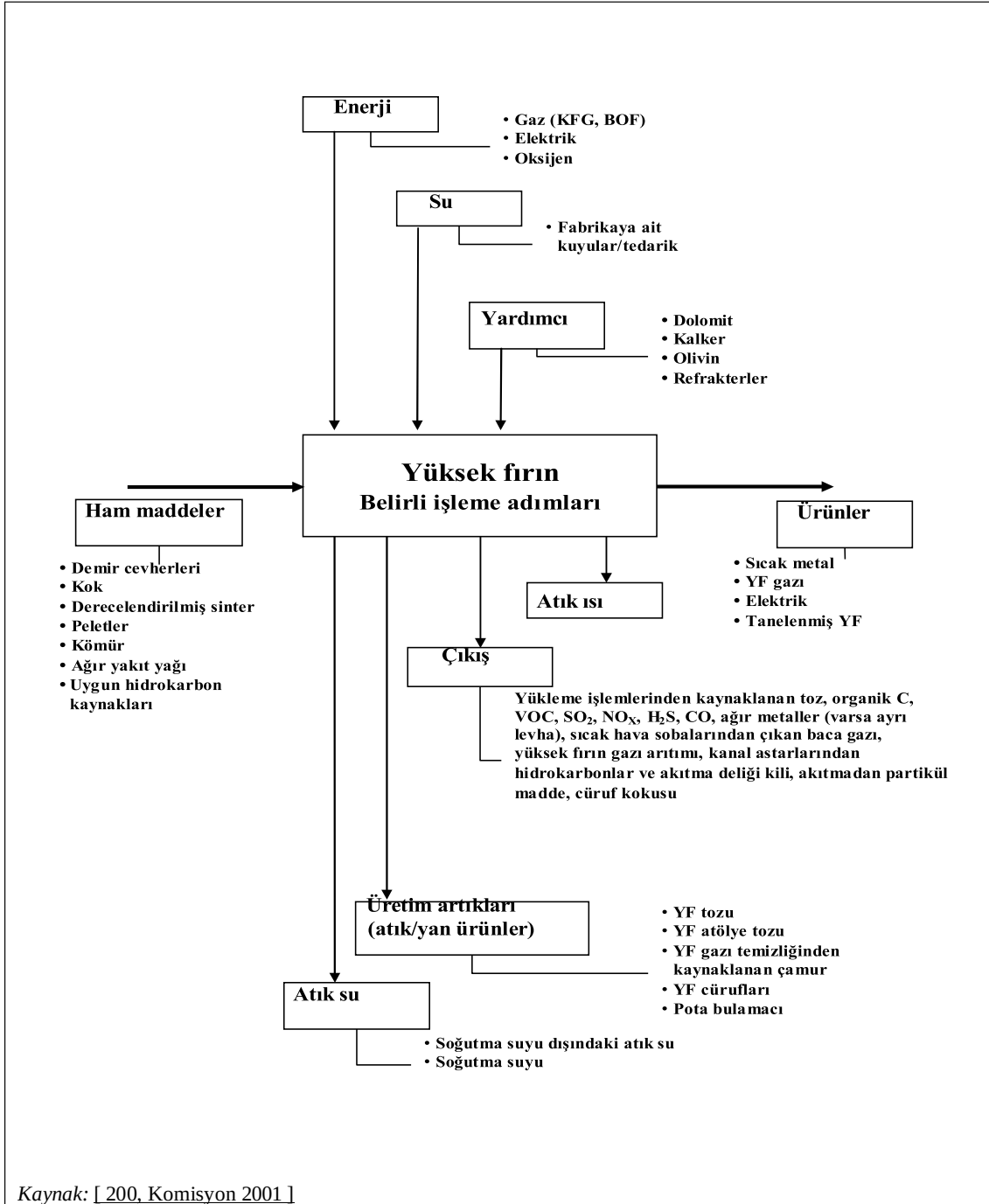
Cüruf çukuru prosesi, inşaat sektöründe arzu edilen bir agrega (yani, yol yapımı için ham madde olan) olan topak halinde kristal cüruf üretir. Soğuma süresi, üretilen topak cürufun kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Suyla soğutma aynı zamanda mikro yapıyı iyileştirerek daha iyi mekanik özellikler sağlar.

Bu prosesin bazı belirlenmiş dezavantajları, bu noktada ürün kalitesinin neredeyse hiç etkilenmemesi ve bunun da sınırlı ürün uygulamalarına yol açması ve sıvı cürufun taşınması ve katı cürufun kırılmasının taneleme ve peletlemeye kıyasla çok fazla çalışma gerektirmesidir.

6.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

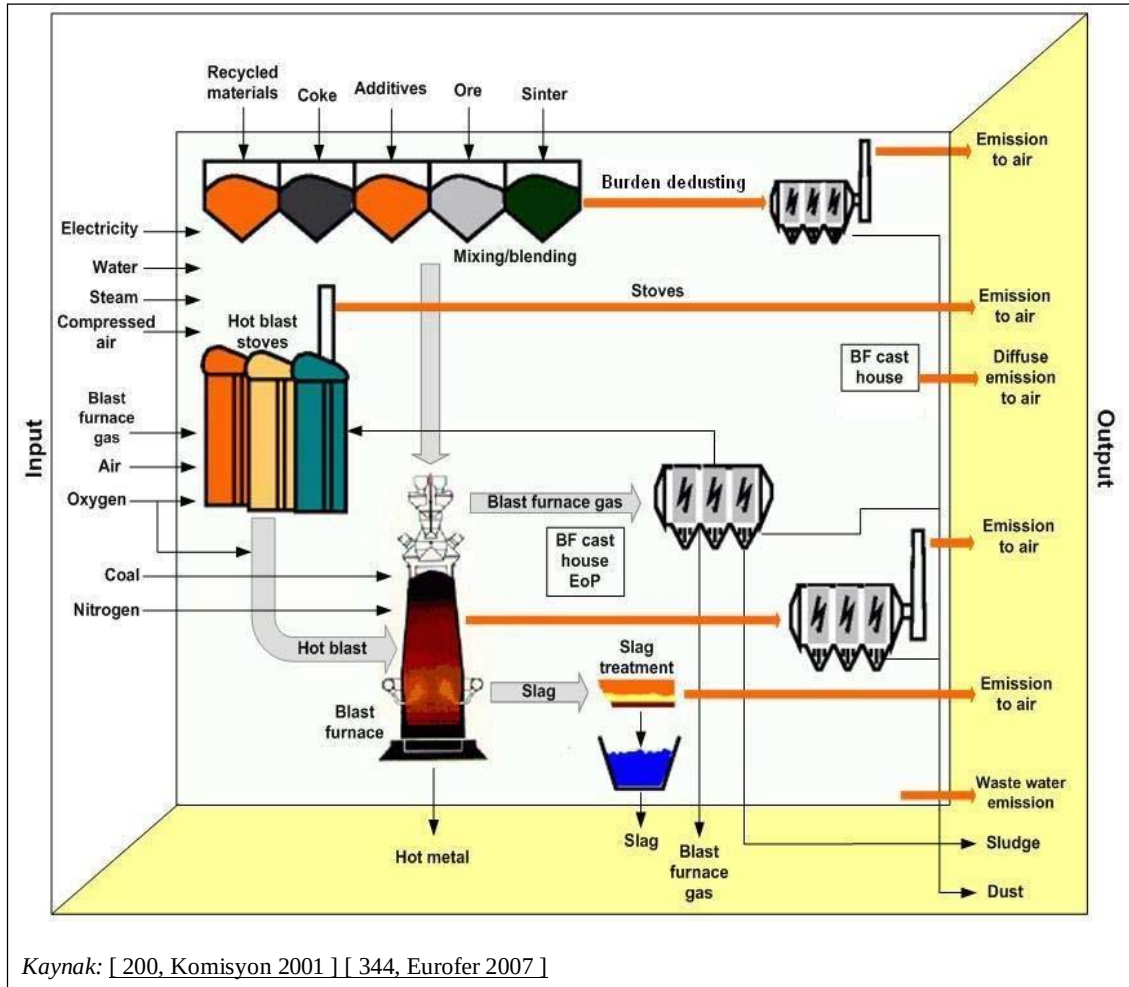
6.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri

Şekil 6.9'da, bir yüksek fırının girdi ve çıktı kütle akışlarının genel bir görünümü verilmiştir. Bu genel görünüm, yüksek fırınlardan veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 6.9: Bir yüksek fırının kütle akışına genel bakış

Şekil 6.10, girdi ve çıktı kütle akışlarıyla birlikte bir yüksek fırının genel proses düzeninin bir örneğini göstermektedir.



Şekil 6.10: Ayrı işlemlerin ve girdi ve çıktı kütle akışlarının gösterildiği bir yüksek fırının genel proses düzeni

Yüksek fırın için özgül girdi faktörleri ve özgül emisyon faktörleri belirlenmiştir. Tablo 6.1, Tablo 6.2 ve Tablo 6.5'te, bu faktörler için birçok yüksek fırından alınan rakamlar ve dolayısıyla modern tesislerin temsili bir resmi verilmiştir.

Girdiler

Tablo 6.1: Farklı AB üye ülkelerindeki yüksek fırınların girdi verileri

Girdiler	Birimler	Maksimum	Minimum	Ağırlıklı ortalama değeri
Ham maddeler				
Sinter	kg/t SM	1621	116	1088
Demir cevheri	kg/t SM	684	0	180
Peletler	kg/t SM	972	0	358
Kok	kg/t SM	515	282	359
Geri döndürülen malzeme	kg/t SM	106	0	20,1
Kireçtaşı/kireç	kg/t SM	80	0	25,7
Tüyer enjeksiyonu				
Yağ	kg/t SM	116	0	30,1
Kömür	kg/t SM	232	0	162
KFG	kg/t SM	46,9	0	1,1
Doğal gaz	kg/t SM	5,6	0	2,2
Oksijen	kg/t SM	85,1	0	54,4
Diğer ⁽¹⁾	kg/t SM	73,5	0	3,6
Sobalara				
YF gazı	MJ/t SM	2287	1,2	1536
KFG	MJ/t SM	817	0,024	284
Doğal gaz	MJ/t SM	819	0	168
BOF gazı	MJ/t SM	259	0,124	213
Enerji				
Elektrik	MJ/t SM	850	107	268
Diğer				
Oksijen	m ³ /t SM	67	4,6	43
Azot	m ³ /t SM	59	33	46
Buhar	MJ/t SM	435	14,8	48
Basınçlı hava	m ³ /t SM	35	0,008	9,1
Soğutma suyu ⁽²⁾	m ³ /t SM	22,9 ⁽⁴⁾	0,37 ⁽⁴⁾	–
Proses suyu ⁽³⁾	m ³ /t SM	13	0,28	3,4
(1) Diğerleri plastik, geri kazanılmış yağlar, katı yağlar, emülsiyonlar vb. içerebilir. (2) Proseste doğrudan teması olmayan su. (3) Proses suyu, prosesin ayrılmaz bir parçasıdır ve tanımlanmış bir soğutma sisteminde tutulmaz (örneğin cüruf çukuru suyu). (4) Farklılıklar tek geçişli sistemleri ve kapalı sistemleri yansıtır. Tek geçişli sistemler kapalı sistemlerle karşılaştırılmaması gerektiğinden ağırlıklı ortalamalar hesaplanmamıştır. Not: — SM: Sıcak metal — 73,4 Mt SM üretimine dayanan 2004 yılı yüksek fırın girdi verileri. Kaynak: [140, Eurofer 2009] [234, Polonya 2007] [346, Eurofer 2007].				

Çıktılar

Tablo 6.2: 2004 yılı için yüksek fırın çıktı verileri

Çıktılar	Birimler	Maksimum	Minimum	No.	SM miktarı
Enerji					
YF gazı	MJ/t SM	6061	3377	16	62 956 753
Elektrik	MJ/t SM	91	40	6	31 160 302
Üretim artıkları (atık/yan ürünler)					
Cüruf	kg/t SM	346,6	150,0	18	69 223 393
Tepe gazı tozu	kg/t SM	18,0	3,4	13	61 044 562
Tepe gazı çamuru	kg/t SM	22,3	2,0	15	66 268 056
Döküm holü tozsuzlaştırmadan çıkan toz	kg/t SM	5,1	0,6	8	41 197 012
Kullanılmış refrakter vb.	kg/t SM	5,9	0,3	8	48 063 570
Atık su	m ³ /t SM	13,736 (*)	0,096 (2)	12	54 428 253
Veriler aşağıdakilere dayalıdır: – Sıcak metal miktarı = 73 459 787 ton. Tüm tesisler için tek bir çıktı bildirilmemiştir. SM miktarı sütunundaki rakamın diğerlerinden daha yüksek olmasının nedeni budur. – YF cürufu miktarı = 19 562 299 ton (*) Farklılıklar tek geçişli sistemleri ve kapalı sistemleri yansıtır. Not: — SM: Sıcak metal. — No. = Raporlama yapan bulunan AB tesislerinin sayısı. — Sıcak metal miktarı: Her kalem için veri raporlayan tesisler tarafından üretilen sıcak metal miktarı. Kaynak: [140, Eurofer 2009] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [234, Polonya 2007] [346, Eurofer 2007].					

Tablo 6.3 – Tablo 6.6 arasındaki tablolar, yükleme bölgesi, YF döküm holü ve bir yüksek fırınla ilişkili ana işlemler için havaya salınan emisyon faktörleri (azaltma sonrasında) hakkında daha fazla ayrıntı vererek bilgileri tamamlayıcı niteliktedir.

Tablo 6.3: Enjeksiyon için kömür hazırlamadan kaynaklanan emisyonlar

İşlem/emisyon kaynağı: Enjeksiyon için kömür hazırlama	Toz (g/t SM)
Veri sayısı	15
Aralık (min.-maks. değerler)	2 – 54
$\bar{x} \pm s$	12 ± 16
Not: – SM = Sıcak metal (ham sıvı çelik). – $\bar{x} \pm s$ = Ortalama değer ve standart sapma (yalnızca yeterli veri varsa hesaplanır). Kaynak: [200, Komisyon 2001].	

Tablo 6.4: Yükleme alanından kaynaklanan emisyonlar

Parametre	Birimler	Aralık
Toz	kg/t SM	2,7 – 81,4
PM ₁₀	kg/t SM	0,2 – 11,0
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [346, Eurofer 2007].		

Yükleme bölgesinden çıkan toz emisyonları için yüksek değerler, pota ağzının tipine ve gazı vakum kilidinden YF gazı arıtma sistemine yönlendiren bir tahliye sisteminin bulunup bulunmadığına bağlı olarak bildirilmiştir (bkz. Bölüm 6.3.5). Tahliye sisteminin olmaması halinde, Belçika'daki iki tesiste yükleme bölgesi için emisyon faktörlerinin 400 ve 850 g toz/t sıcak metal kadar yüksek olduğu bildirilmiştir [170, N.N. 1997].

Tablo 6.5: YF döküm holünden havaya salınan emisyonlar (boru sonu)

Parametre	Birimler	Maksimum	Minimum
Toz	kg/t SM	41,95	0,42
PM ₁₀	kg/t SM	25,92	0,26
SO ₂	kg/t SM	193,80	7,34
NO _x	kg/t SM	2,08	2,08
CO	kg/t SM	35,63	21,52
Cr	mg/t SM	10,41	2,76
Mn	mg/t SM	53,02	45,12
Ni	mg/t SM	10,61	1,99
Pb	mg/t SM	24,33	2,19
Zn	mg/t SM	12,9	3,81
Hg	µg/t SM	200,3	55,50
As	µg/t SM	299,8	205,69
Cd	µg/t SM	223,3	65,3

Not: — Oksidasyonun bir sonucu olarak döküm sırasında havada partiküller oluşur. Bu açıdan iki alan önemlidir: a) akıtma deliği ve b) torpidoya açılan pota ağzı. Sıcak metalin bu hafif oksidasyonundan atmosfere salınan kirliliği azaltmak için kanallar örtülür ve hem akıtma deliğinde hem de torpido dolum istasyonunda emme uygulanır. Buradan çıkan hava, atmosfere verilmeden önce ESF'lerde veya torba filtrelerde artırılır. Sunulan veriler, azaltma ekipmanlarından deşarj edilen havayla ilgilidir.

— SM: Sıcak metal.

Kaynak: [140, Eurofer 2009] [346, Eurofer 2007].

Oksidasyonun bir sonucu olarak döküm sırasında havaya partiküller salınır. Bu açıdan iki alan önemlidir: Akıtma deliği alanı ve torpido potalarına açılan ağzın etrafındaki alan. Sıcak metalin bu hafif oksidasyonundan atmosfere salınan kirliliği azaltmak için kanallar örtülür ve hem akıtma deliğinde hem de torpido dolum istasyonunda emme uygulanır. Buradan çıkan hava, atmosfere verilmeden önce ESF'lerde veya torba filtrelerde artırılır. Tablo 6.5'te sunulan veriler, azaltma ekipmanlarından deşarj edilen havayla ilgilidir.

Tablo 6.6: Yüksek fırınlarda cürufun taneli hale getirilmesinden havaya salınan emisyonlar

İşlem/emisyon kaynağı	Toz (g/t SM)	H ₂ S (g/t SM)	SO ₂ (g/t SM)	NO _x (g/t SM)	CO (g/t SM)
Cüruf taneleme SA	MD	14/1 – 300 (°)	13/1 – 142 (°)	DÖ	DÖ
x±s		63±95	31±42		

(1) Düşük değerler (yaklaşık 1 g/t SM), duman yoğunlaştırıcı cüruf taneleme tesisleri içindir.

Not: — SM = Sıcak metal (ham sıvı çelik).

— x±s = Ortalama değer ve standart sapma (yalnızca yeterli veri varsa hesaplanır).

— SA = Veri sayısı/veri aralığı (min.-maks).

— DÖ = Düşük önem.

— MD = Mevcut değil.

Kaynak: [200, Komisyon 2001].

6.2.2 Yüksek fırın prosesiyle ilgili çevresel sorunlar

Yüksek fırın öncelikle havaya salınan toz ve gaz emisyonları kaynağıdır. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkabilir.

Genel olarak, aşağıda 6.2.2.1 ila 6.2.2.5 arasındaki bölümlerde, yüksek fırın prosesiyle ilişkili en önemli çevresel sorunlar açıklanmaktadır.

- Şunlardan havaya salınan emisyonlar:
 - Yük hazırlama
 - Yükleme ve taşıma
 - Yüksek fırın gazı (yanma yerinde dolaylı bir emisyon olarak)
 - Sıcak hava sobaları
 - Döküm holü
 - Cüruf işleme
- Şunlardan kaynaklanan atık su:
 - YF gazı yıkamadan kaynaklanan üst akış (taşma) suyu
 - Cüruf tanelemeden kaynaklanan atık su
 - Soğutma suyu devrelerinden blöf suyu
- Şunlardan kaynaklanan atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları:
 - Döküm tozu
 - YF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamur
 - Yüksek fırından çıkan cüruf
- Şunlardan kaynaklanan atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları:
 - İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu
 - İndirgeyici madde gereksinimi
- Gürültü.

6.2.2.1 Havaya Salınan Emisyonlar

[145, UBA Açıklamaları 1997] [247, Hollanda 2007]

Yük hazırlama

Kömürün kurutulmasından/kırılmasından kaynaklanan emisyonlar önemli düzeyde olabilir. Belçika'daki bir tesisten elde edilen veriler, toz emisyonlarının $54 - 139 \text{ mg/Nm}^3$, CO emisyonlarının $292 - 383 \text{ mg/Nm}^3$ ve CH_4 emisyonlarının 1250 mg/Nm^3 olduğunu göstermektedir. Tüm değerler %3 oksijen içeriği baz alınarak hesaplanmıştır [171, N.N. 2007].

Doğrudan enjeksiyon için toz haline getirilmiş kömür genellikle bunkerlerde ve silolarda depolanır. Yükleme sırasında yer değiştiren hava nedeniyle de havaya salınan emisyonlar meydana gelebilir. Bu nedenle toz içeren hava genellikle yakalanır ve ardından kuru bir şekilde tozdan arındırılır.

Yükleme ve taşıma

Fırın basıncı atmosferik basınçtan daha yüksek olduğundan, 'çan biçimli' veya 'çansız tip' yükleme yapan kapalı bir yükleme sistemi kullanılır.

YF gazında bulunan tüm bileşenler burada yayılabilir, ancak ana bileşenler karbonmonoksit (CO) ve tozdur. Gaz geri kazanımlı sistemler kullanıldığında, çok daha düşük yükleme ve taşıma emisyonları mümkündür.

Yüksek fırın gazı

Ham YF gazı toz (ağır metaller ve karbon dahil), karbonmonoksit, karbondioksit, kükürt bileşikleri, amonyak, siyanür bileşikleri, hidrokarbonlar ve PAH içerir. YF gazı bir enerji kaynağı olarak korunur ve kullanılır. Bu gaz, kalite şartlarını karşılamak için saflaştırılır ve sıcak sobalarda üfleme havası üretimi (bkz. Bölüm 6.1.4) veya kok fırınının yakılması (bkz. Bölüm 5.1.2.2) gibi çeşitli yakma işlemlerinde yeniden kullanılır. Böylece yanan YF gazı emisyonları (dolaylı) meydana gelir.

YF gaz arıtımı genellikle kaba tozun giderilmesi için ön arıtmadan ve ardından ince tozun (ve dolayısıyla ağır metallerin), SO_2 ve siyanür bileşiklerinin uzaklaştırılması için yapılan ıslak yıkamadan oluşur. Bazı tesislerde elektrostatik çöktürme uygulanır.

Ham YF gazının toz içeriği bir tesisten diğerine çok farklılık gösterir ve aynı zamanda büyük ölçüde proses koşullarına bağlı olup $5,5 - 40 \text{ kg/t}$ üretilen sıcak metal arasında değişir. Temizlemeden sonra, YF gazı normalde 10 mg/Nm^3 'ten daha az toz içerir. Bu, yanma bölgesinde yayılır.

Tablo 6.7'de ham (arıtılmamış) YF gazındaki çeşitli bileşenlerin özgül faktörleri verilmiştir.

Tablo 6.7: Ham yüksek fırın gazı bileşimi (arıtmadan önce)

Ham YF gazı bileşeni	Değer	Birim	Özgül faktör	Birim
YF gazı üretimi	1,0 – 7,0	1· 10 ⁵ Nm ³ /s	1200 – 2000	Nm ³ /t SM
Toz	3500 – 30000	mg/Nm ³	7000 – 40000	kg/t SM
Hidrokarbonlar	67 – 250	mg/Nm ³	130 – 330	kg/t SM
Siyanür bileşikleri (CN ⁻ olarak)	0,26 – 1,0 ⁽¹⁾	mg/Nm ³	0,5 – 1,3	kg/t SM
Amonyak	10 – 40	mg/Nm ³	20 – 50	kg/t SM
• PAH ⁽²⁾				
• Benzo(a)piren	0,08 – 0,28	mg/Nm ³	0,15 – 0,36	kg/t SM
• Floranten	0,15 – 0,56	mg/Nm ³	0,30 – 0,72	kg/t SM
Karbonmonoksit	20 – 28	hac.-%	300 – 700	kg/t SM
Karbondioksit	17 – 25	hac.-%	400 – 900	kg/t SM
Hidrojen	1 – 5	hac.-%	1 – 7,5	kg/t SM

(1) Blöf sırasındaki emisyonlar önemli ölçüde daha yüksek olabilir.
(2) Diğer birçok polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) da mevcuttur.
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [344, Eurofer 2007].

YF gazının iki aşamalı arıtımı sırasında, çoğu ağır metal ve PAH gibi tozla ilişkili bileşikler gibi toz da yüksek derecede verimlilikle giderilir. Tablo 6.8, arıtmadan sonraki YF gazı bileşimini göstermektedir. Gaz hala bazı ağır metaller içerir, ancak sinter tesisleriyle karşılaştırıldığında (bkz. Bölüm 4.2.1), yük çok daha düşüktür.

Tablo 6.8: Yüksek fırın gazı bileşimi (iki aşamalı arıtmadan sonra)

Arıtılmış YF gazı bileşeni	Konsantrasyon	Birim	Özgül faktör	Birim
YF gazı üretimi	1,0 – 7,0	1· 10 ⁵ Nm ³ /s	1200 – 2000	Nm ³ /t SM
Toz	1 – 10	mg/Nm ³	1 – 20	kg/t SM
Hidrokarbonlar	MD	mg/Nm ³	MD	kg/t SM
H ₂ S	14	mg/Nm ³	17 – 26	kg/t SM
Siyanür bileşikleri (CN ⁻ olarak)	MD	mg/Nm ³	MD	kg/t SM
Amonyak	MD	mg/Nm ³	MD	kg/t SM
Metaller				
• Mn	0,10 – 0,29	mg/Nm ³	0,22 – 0,37	kg/t SM
• Pb	0,01 – 0,05	mg/Nm ³	0,02 – 0,07	kg/t SM
• Zn	0,03 – 0,17	mg/Nm ³	0,07 – 0,22	kg/t SM
Karbonmonoksit	20 – 28	hac.-%	300 – 700	kg/t SM
Karbondioksit	17 – 25	hac.-%	400 – 900	kg/t SM
Hidrojen	1 – 5	hac.-%	1 – 7,5	kg/t SM

Not: MD: Veri mevcut değil.
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [344, Eurofer 2007].

AB'de, YF gazı arıtımında ikinci bir adım olarak en yaygın olarak uygulanan teknik ıslak yıkamadır. Yıkama, askıda katı maddeler (örneğin. karbon ve ağır metaller), siyanür bileşikleri, azot bileşikleri vb. içeren kontamine bir atık su akışı oluşturur. Ayrılan katılar, başta çinko olmak üzere ağır metaller nedeniyle bir atık sorunu oluşturur. Kaba tozlar normalde sinter tesisine geri döndürülürken, yıkamadan kaynaklanan çamur genellikle susuzlaştırılır ve sinter tesisine geri döndürülür (normalde düşük ve yüksek konsantrasyonda ağır metal içeren kısımları ayıran bir hidrosiklon yoluyla) veya güvenli bir düzenli depolama sahasında bertaraf edilir [247, Hollanda 2007] [248, Eurofer 2007].

Sıcak hava sobaları

Sıcak hava sobaları gazla yakılır. Sisteme bağlı olarak, kombinasyonlar şunlardır:

- YF gazı + KFG gazı
- YF gazı + doğal gaz
- YF gazı + BOF gazı
- kullanılan dört gazın (YF gazı, KFG gazı, doğal gaz, BOF gazı) herhangi bir kombinasyonu veya saf gaz.

Kok fırını gazı, sıcak hava sobasını yakmak için gaz kullanıldığında SO₂ olarak salınan kükürt bileşikler içerir. [145, UBA Açıklamaları 1997]'de, modern brülörlere ve yanma havası ön ısıtma sistemine sahip birkaç sıcak hava sobasının zenginleştirme yapılmadan YF gazı kullanılarak çalıştırıldığı bildirilmektedir [344, Eurofer 2007].

Tablo 6.9'da, sıcak hava sobalarından kaynaklanan ana kirleticiler için ölçülen emisyon konsantrasyonları gösterilmektedir.

Tablo 6.9: Yüksek fırın sobalarından kaynaklanan emisyon konsantrasyonları

Parametre	Aralık (mg/Nm ³) Yıllık ortalama	Aralık (mg/Nm ³) Yarım saatlik ortalama
Toz	<0,1 – 12	
CO	4,11 – 2891	20
NO _x	19 – 115	20 – 120
SO _x	4 – 154	60 – 210
Hg	0,003	
Cd, Tl	0,0057 ⁽¹⁾	
Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,24 ⁽¹⁾	
HF	<0,08	
HCl	3 ⁽¹⁾	
PCDD/F	0,002 – 0,004 (ng/Nm ³)	
⁽¹⁾ Değerler, yıllık ortalamalar değil, maksimum değerlerdir. Not: Değerler, yedi AB tesisinden elde edilmiştir ve yıllık ortalamaları ve ayrıca üç Alman tesisi için yarım saatlik ortalamaları ifade eder. Kaynak: [171, N.N. 2007] [200, Komisyon 2001] [244, Plickert 2007] [346, Eurofer 2007].		

Sıcak hava sobalarından baca gazı akışı yüksek fırın başına yaklaşık 100000 ila 500000 Nm³/s'dir. Özgül çıkış gazı akışı 400 – 1500 Nm³/t sıcak metal düzeyindedir. SO₂ emisyonu konsantrasyonları, kullanılan gaza bağlı olarak 4 – 154 mg/Nm³ aralığındadır (yıllık ortalama olarak bkz. Tablo 6.9); bu da 1,6 – 154 g/t sıcak metale karşılık gelir. YF gazı ve kükürtten arındırılmamış KFG karışımı için, emisyon faktörü 400 g SO₂/t sıcak metale kadar çıkabilir ki bu da 267 – 1000 mg/Nm³'e karşılık gelir.

Sıcak hava sobaları, yüksek fırın prosesindeki NO_x emisyonlarının ana kaynağıdır. Sobada yüksek sıcaklıklar sonucu NO_x oluşur. Emisyon konsantrasyonları 19 – 115 mg/Nm³ aralığındadır (yıllık ortalama için bkz. Tablo 6.9); bu da 6 – 173 g/t üretilen sıcak metale karşılık gelir [344, Eurofer 2007].

Sobalardan çıkan toz emisyonları genellikle 1 ve 12 mg/Nm³ arasındadır;

Bu da 0,4 – 18 g/t sıcak metale karşılık gelir [344, Eurofer 2007].

İçten yanmalı odalarda CO emisyonları dikkate değerdir (bkz. Şekil 6.5). Kaçınılması çok zor olan tuğlalardaki çatlaklar YF gazının yanmadan atık gaza geçebileceği ve 2891 mg CO/Nm³'e kadar konsantrasyonlarda yayılabileceği anlamına gelir. Kontrollü

yanma gerçekleşen dıştan yanma odasında, konsantrasyon yaklaşık $<50 \text{ mg CO/Nm}^3$ düzeyindedir [171, N.N. 2007] [344, Eurofer 2007].

Döküm holü

Sıcak metal dökümü toz emisyonları üretir. Ortalama olarak, azaltım yapılmamış emisyonlar 400 – 1500 g/t üretilen sıcak metal aralığındadır. Bu emisyonlar esas olarak sıcak metal ile cüruf ile ortam havasındaki oksijen arasındaki temastan kaynaklanır. AB'deki birçok yüksek fırında döküm sırasında oluşan tozun tutulması için 200.000 ile 700.000 Nm^3/s arası debilere sahip döküm holü tozsuzlaştırma sistemleri (akıtma deliğinde, sıyrıcıda ve torpido potasına sıcak metal yükleme alanında toz çekme) kullanılmaktadır. Toz emisyonları, uygulanan azaltma tekniklerine (bazı tesislerde hala uygulanmamaktadır) ve toz toplama verimliliğine bağlıdır. Çoğu durumda torba filtreler uygulanarak 10 mg toz/ Nm^3 'ten daha düşük emisyonlar sağlanır. Toz emisyon faktörleri, ortalama 32 g toz/t sıcak metal olmak üzere 0,5 ile 45 g/t sıcak metal arasında değişmektedir. Ayrıca döküm sırasında sıvı cüruf ve demirden belirli bir miktar SO_2 salınır (7 – 195 g/t sıcak metal) [344, Eurofer 2007].

Tablo 6.10: YF döküm holünden ve yük toz gidermeden kaynaklanan emisyon konsantrasyonları

Parametre	Aralık (mg/Nm^3) Yıllık ortalama	Referans süre
Toz	0,3 – 10,4 0,38 – 0,49	YOD GOD
SO_x	12	YOD
Hg	$<0,0001$	YOD
Cd, Tl	0,00004	YOD
As, Co, Ni, Se, Te	$<0,003$	YOD
Pb, Co, Ni, Se, Te	$<0,5$	YOD
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,004 – 0,014	YOD
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn	<1	YOD
HCl	0,7	YOD
H_2S	1,2	YOD
Not: Değerler, dört AB tesisinden elde edilen aralıklardır ve yıllık ortalamalara ve toz için bir Alman tesisinin günlük ortalamalarına karşılık gelir.		
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [244, Plickert 2007] [346, Eurofer 2007].		

Cüruf işleme

Suyun erimiş cürufu ve özellikle kükürt bileşikleri (esas olarak CaS ve MnS) ile reaksiyonu, hem buhar hem de yaygın H_2S ve SO_2 emisyonları üretir. Bu emisyonlar potansiyel koku ve korozyon sorunlarına neden olur. Bu emisyonların önemi, kullanılan cüruf işleme tekniğine göre değişiklik gösterir. Cüruf kanalından alınan yüksek fırın cürufu ağırlıkça yaklaşık %1 – 2 oranında kükürt içeriğine sahiptir. Cüruftaki ana kükürt bileşiği CaS'dir [392, Schmidt ve diğ. 2003].

Emisyonlar bir tesisten diğerine, bir cüruf işleme döngüsünden diğerine ve cüruf işleme döngüsünün kendi içinde büyük farklılıklar gösterebilir. Mevcut emisyon faktörlerinin aralığı geniştir. Cüruf taneleme için mevcut rakamlar 1 – 320 g $\text{H}_2\text{S}/\text{t}$ sıcak metal ve 1 – 150 g SO_2/t sıcak metal arasında değişmektedir. Ortalama cüruf akış hızı 3,5 t/dak. ve bacada varsayılan egzoz havası/buhar akış hızı 10000 Nm^3/s olan bir endüstriyel INBA tesisi için, meydana gelen H_2S ve SO_2 konsantrasyonları H_2S için 50 – 28000 mg/Nm^3 ve SO_2 için 135 – 15600 mg/Nm^3 'tür. Cüruf suya maruz bırakılmaz, hava ile soğutulursa, başta SO_2 olmak üzere uzun süreli düşük emisyonlar meydana gelir. Koku rahatsızlığının azaltılması açısından, bu bir avantaj olarak kabul edilebilir [344, Eurofer 2007] [392, Schmidt ve diğ. 2003].

H_2S ve SO_2 emisyonları potansiyel koku ve korozyon sorunlarına neden olur. Gaz halindeki kükürt bileşikleri emisyonları büyük ölçüde taneleme sisteminin türüne, cüruf akış hızına, cüruf/su oranına ve taneleme suyu sıcaklığına bağlıdır. H_2S ve SO_2

'nin çözünürlüğü artan su sıcaklıkları ile azaldığından, soğuk suyla taneleme sistemlerinde sıcak su sistemlerine göre daha düşük gaz halindeki kükürt bileşikleri emisyonları gözlemlenmektedir [242, Caughlin 2007] [392, Schmidt ve diğ. 2003].

Emisyonları azaltmak için bazı tesisler duman yoğunlaştırma sistemiyle çalıştırılmaktadır. Tatlı suyun kullanıldığı durumlarda, kondensat ve cüruf susuzlaştırma suyu soğutmadan sonra devridaim edilir. Cüruf taneleme ve duman yoğunlaştırma için deniz suyu kullanıldığında bu su yeniden kullanılmaz. Bu teknikle, her bir ton sıcak metal başına 1 – 10 g aralığında H_2S emisyonları elde edilebilir.

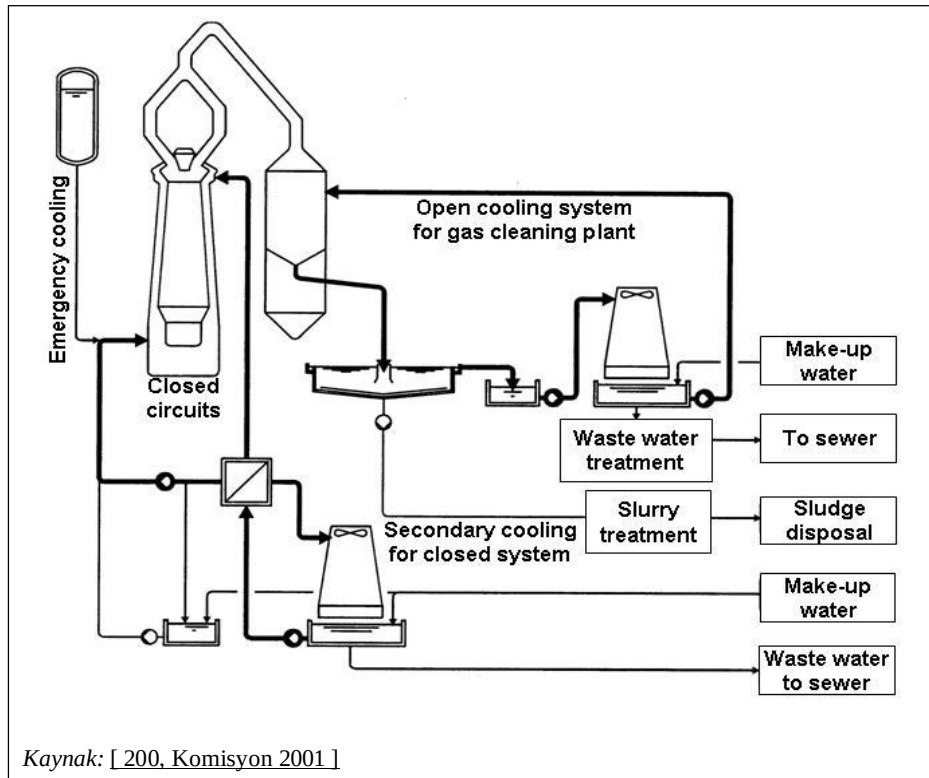
Taneleme ve peletleme işleminde kullanılan su, eğer tatlı su ise büyük ölçüde toplanabilir ve yeniden kullanılabilir. Bu sistemler çok az miktarda atık su üretecek şekilde çalıştırılabilmektedir. Bu proses sırasında üretilen buhar, genellikle atmosfere yayılan toz, SO_2 ve H_2S içerir. Cürufun duyulur ısısının yeniden kullanılması için testler yapılmıştır, ancak şu anda ticari olarak mevcut bir sistem bulunmamaktadır. Enerji geri kazanım potansiyeli yaklaşık 0,35 GJ/t sıcak metal düzeyindedir.

Çukurlardan topak cüruf üretimi genellikle kontrol edilmesi daha zor olabilen daha büyük SO_2 ve H_2S emisyonlarına yol açar. Su ile koşullandırma, H_2S emisyonlarını etkileyebilir.

6.2.2.2 Atık su

YF gaz arıtımından kaynaklanan atık su

YF gaz yıkamasından kaynaklanan su normal olarak arıtılır, soğutulur ve yıkayıcıya geri döndürülür (bkz. Şekil 6.11). Arıtma genellikle dairesel çökeltme tanklarında gerçekleşir.



Şekil 6.11: Bir yüksek fırında su yönetiminin şematik diyagramı

Devrenin taşma suyu, su geri dönüşümünü optimize etmek için alınan önlemleri etkileyen ham madde kalitesine/spesifikasyonuna ve su mevcudiyetine bağlı olarak normalde 0,1 – 3,5 m³/t sıcak metal düzeyindedir. Özellikle yüksek tuz içeriğine sahip ham maddeler, çok daha yüksek hacimlerde yıkama suyu gerektirebilir.

Tablo 6.11’de, arıtmadan önce YF gazı yıkama işleminden kaynaklanan atık suyun bileşimi hakkında bazı veriler yer almaktadır.

Tablo 6.11: YF gaz yıkamasından kaynaklanan atık suyun arıtmadan önceki bileşimi

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)
CN ⁻	0,1 – 50
Cl	73,6 ⁽¹⁾
F	1,74 ⁽¹⁾
SO ₄ ²⁻	42 ⁽¹⁾
NH ₄ ⁺	2,0 – 200
S	0 – 5
Fe	6,77 ⁽¹⁾
Mn	0,48 ⁽¹⁾
Zn	0,1 – 29,36
Pb	0,01 – 5
Na	19,19 ⁽¹⁾
Fenoller	0,1 – 5
⁽¹⁾ Ortalama değer. Not: 1990 ve 1992 yıllarında yapılan bir çalışmanın verileri. 280 – 400 kg cüruf/t sıcak metal üreten altı yüksek fırın (hacim: 837 – 1680 m ³). Ortalama bazıklık: CaO/SiO ₂ 0,9 – 1,1. Alkali girdisi: 1,4 – 4,8 kg/t sıcak metal. Kaynak: [232, Brouhon ve diğ. 1990] [233, Poosve diğ. 1993].	

Siyanür içeriğinin, yüksek fırında yükün aşağıya inmesi sırasında ve bir üretim operasyonunun sonunda daha sık görülen geçiş dönemlerinde (durdurma, yeniden başlatma) arttığı gösterilmiştir. Bu koşullar altında yıkama suyunda daha yüksek siyanür değerleri bulunabilir. Yüksek fırında siyanür oluşumunun alkali metallerin varlığıyla ilişkili olduğu görülmektedir [232, Brouhon ve diğ. 1990] [233, Poos ve diğ. 1993].

Cüruf tanelemeden kaynaklanan atık su

Cüruf tanelemede taşma suyu, öncelikle su mevcudiyetine bağlıdır ve 0,125 – 10 m³/t üretilen sıcak metal aralığındadır. Tatlı su ile yüksek fırın cürufu tanelemeden kaynaklanan atık su için kirletici konsantrasyonları ve emisyon faktörleri hakkında bilgi Tablo 6.12’de mevcuttur. Emisyon faktörleri, 7.921.113 m³ tatlı su tüketimine ve 2.221.686 t sıcak metal üretimine dayanmaktadır; bu da 3,57 m³/t sıcak metal düzeyinde özgül tatlı su gereksinimine neden olur.

Tablo 6.12: Yüksek fırın cürufunun taneli hale getirilmesinden kaynaklanan atık su için kirlетici konsantrasyonları ve emisyon faktörleri

Parametre	Birim	Ortalama	Medyan	Aralık (min.-maks.)	SS	Emisyon faktörü	Birim
Su gereksinimi						3,57	m ³ /t SM
Pb	µg/l	2,52	2,00	<2,00 – 6,40	1,10	7,13	mg/t SM
Cr	µg/l	2,41	2,00	<2,00 – 6,90	1,08	7,13	mg/t SM
Cu	µg/l	4,06	3,80	<2,00 – 9,50	2,05	13,55	mg/t SM
Zn	µg/l	20,92	20,00	<20,00 – 38,00	3,62	71,31	mg/t SM
Cd	µg/l	0,20	0,20	<0,20 – 0,23	0,01	0,71	mg/t SM
Ni	µg/l	3,74	3,15	<2,00 – 10,00	1,98	11,23	mg/t SM
Fe	mg/l	0,44	0,18	0,03 – 2,60	0,61	0,64	g/t SM
Cl	mg/l	262,96	264,00	140 – 402	57,60	941,26	g/t SM
AOX	µg/l	21,63	16,50	<10,0 – 66,0	13,18	58,83	g/t SM
AKM	mg/l	27,11	5,90	0,6 – 145,0	42,68	21,04	g/t SM
ÇOK	mg/l	4,70	4,00	3,10 – 8,70	1,46	14,26	g/t SM
TOC	mg/l	5,51	5,00	3,10 – 11,3	2,06	17,83	g/t SM
KOİ	mg/l	22,17	22,50	14,00 – 27,00	4,22	80,22	g/t SM
HC	mg/l	0,15	0,10	<0,10 – 0,25	0,05	0,36	g/t SM
Not: — AKM: Askıda katı maddeler. — HC: Madeni yağ hidrokarbonları. — SS: Standart sapma. — Veriler, 24 ölçümün medyanına dayanmaktadır (KOİ için altı ölçümde). — Stahlwerke, Bremen/Almanya'dan alınan veriler, Mart 2000'den Kasım 2006'ya kadar cüruf tanelemeden kaynaklanan atık su bileşimi için rastgele numune ölçümleri. — İtalik yazılmış rakamlar, saptama limitinin altındaki ölçüm değerlerinin saptama limiti olarak hesaplandığını gösterir. Kaynak: [357, Almanya 2007]							

Soğutma suyu devrelerinden blöf

Soğutma suyu devresinde blöfler gerçekleşir (bkz. Şekil 6.11). Temsili miktarlar ve kimyasal bileşim hakkında bilgi mevcut değildir.

6.2.2.3 Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları

Döküm tozu

Döküm holünden her bir ton sıcak metal başına 0,6 ila 5,1 kg toz çıkarılabilir (bkz. Tablo 6.2). Bu tozun bir torba filtrede ayrılarak örneğin sinter bandına veya soğuk briketlemeden sonra (bkz. Bölüm 2.5.4.4.4) veya uygulanabilir olduğu durumlarda doğrudan enjeksiyon sonrasında YF'ye geri döndürülmesi yaygın bir uygulamadır [344, Eurofer 2007].

YF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamur

YF gazı genellikle iki aşamada arıtılır: Kaba toz ayırma (toz tutucular veya siklonlarla) ve ardından ıslak bir ESF veya yıkayıcıda ince toz ayırma. Bu, her bir ton sıcak metal başına 3,5 – 18 kg kuru toz ve 2 – 22 kg çamur üretir (bkz. Tablo 6.2).

Tablo 6.13 kuru kaba tozun tipik bileşimini göstermektedir. Bu toz esas olarak sırasıyla kok ve sinter aşındırmadan kaynaklanan karbon ve demir içerir. Bu kaba toz normalde sinter bandına geri gönderilir. Çamur için bu çok daha zordur çünkü çinko içeriği 10 – 20 kat, kurşun içeriği 20 – 30 kat daha fazladır.

Tablo 6.13: YF gazının arıtılmasından kaynaklanan kuru kaba tozun tipik bileşimi (ağırlıkça %)

Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)	Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)
C	25 – 40	S	0,2 – 1,3
Fe	15 – 40	SiO ₂	4 – 8
Pb	0,02 – 0,07	P ₂ O ₅	0,04 – 0,26
Zn	0,1 – 0,5	CaO	2 – 8
Mn	0,1 – 0,5	MgO	0,3 – 2
Al ₂ O ₃	0,2 – 3,7	Na ₂ O	0,03 – 0,64
Ti	0,02 – 0,2	K ₂ O	0,24 – 0,96

Kaynak: [64, IISI 1985] [95, Mertins 1986].

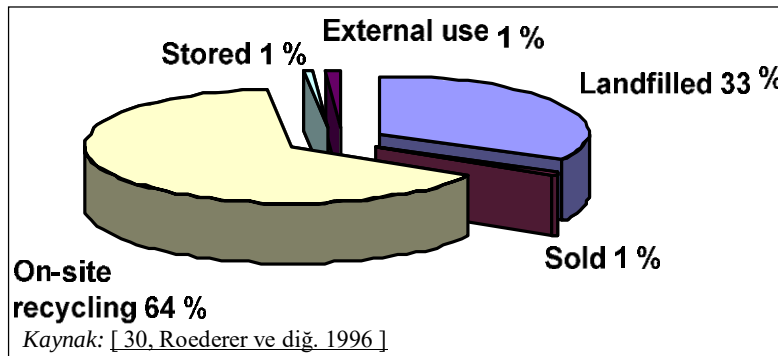
Çinko ve kurşun bileşikleri esas olarak ıslak arıtma aşamasında YF gazından uzaklaştırılır. Çinko ve kurşun bileşikleri veya bu ağır metallerin kendileri ile ilişkili partiküllerin çoğu, 25 µm'den daha küçük tane boyutlarına sahiptir ve çamurun bu kısmında konsantre olurlar. Bu nedenle bir hidrosiklonunda demir ve karbon açısından zengin kısımdan ayrılmaları uygundur [344, Eurofer 2007].

Tablo 6.14: YF gazının arıtılmasından kaynaklanan çamurun tipik bileşimi (ağırlıkça %)

Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)	Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)
C	15 – 47	S	2,4 – 2,5
Fe	7 – 35	SiO ₂	3 – 9
Pb	0,8 – 2,0	P ₂ O ₅	0,1 – 0,44
Zn	1 – 10	CaO	3,5 – 18
Mn	0,12 – 0,14	MgO	3,5 – 17
Al ₂ O ₃	0,8 – 4,6	Na ₂ O	0,15 – 0,24
		K ₂ O	0,08 – 0,36

Kaynak: [64, IISI 1985] [95, Mertins 1986].

Şekil 6.12'de, YF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamurun akıbeti bir ayırım yapılmadan gösterilmektedir.



Şekil 6.12: AB'de YF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamurun akıbeti

Yüksek fırından çıkan cüruf

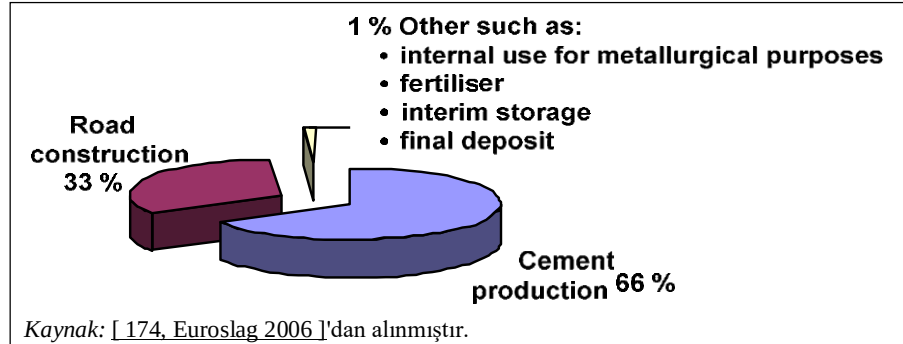
Özgül cüruf miktarı esas olarak kullanılan ham maddelere bağlıdır, ancak genellikle 175 – 350 kg/t üretilen sıcak metal aralığındadır. Farklı yüksek fırın cüruflarının bileşimi Tablo 6.15'te verilmiştir [344, Eurofer 2007].

Tablo 6.15: 1,0'ın altında ve üzerinde bazlık için yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi (ağırlıkça %) ve diğer örnekler

Sınıflandırma CaO/SiO ₂	>1,0 orta	<1,0 yüksek	YF1	YF2	YF3
Fe _{toplam}	0,2 – 0,6	0,4			
FeO			0,49	0,24	0,80
Mn _{toplam}	0,2 – 0,7	0,3			
MnO			0,48	0,66	1,00
TiO ₂	0,5 – 2,7	0,7		0,77	
Al ₂ O ₃	9,0 – 14,0	9,2	13,09	12,63	10,90
S _{toplam} , esasen CaS	0,8 – 2,0	1,6		1,12	1,15
SiO ₂	33,2 – 37,0	38,4	32,88	36,78	36,90
CaO	38,1 – 41,7	35,6	33,76	36,64	35,80
MgO	7,0 – 11,0	18,0	15,96	11,19	10,70
Na ₂ O	0,3 – 0,6	0,5		0,35	0,35
K ₂ O	0,6 – 0,8	0,8		0,54	0,40
CaO/SiO ₂	1,1 – 1,2	0,9			
(CaO+MgO)/SiO ₂	1,3 – 1,5	1,2			
TiO ₂			2,05		

Kaynak: [47, Geiseler 1992] [270, Reynard 2007] [385, Malmberg ve diğ. 2005] [392, Schmidt ve diğ. 2003] [394, Colletta ve diğ. 2002].

Cüruf, çeşitli amaçlar için kullanılır (bkz. Şekil 6.13).



Şekil 6.13: AB'de yüksek fırın cürufunun nihai kullanımı

6.2.2.4 Enerji ve indirgeyici madde gereksinimi

Enerji tüketimi için önemli parametrelerden biri, yüksek fırın prosesinin CO₂ emisyonlarını da büyük ölçüde belirleyen indirgeyici maddelerin (örneğin kok kömürü, kömür, yağ) kullanımınıdır. İndirgeyici madde girdisi, üfleme havası sıcaklığı, sinter ve peletlerin oranı ve kalitesi, kokun kalitesi (kül içeriği, kükürt içeriği, CSR değeri), alkanin girdisi, cüruf miktarı, ilmenit, Pb/Zn ve Si gibi çeşitli işletim parametrelerinden etkilenir. Bu nedenle, 2002'de Avrupa Topluluğu içindeki farklı ülkeler için ortalama indirgeyici madde gereksinimi, her bir ton sıcak metal başına 453 – 514 kg arasında geniş bir aralık gösterirken, AB-15'te her bir ton sıcak metal başına 486 kg düzeyinde ortalama bir değer kaydedilmiştir.

Atık malzemeler içeren demirin bir yüksek fırında dökümhane ham demiri üretmek için bir sinter bandı aracılığıyla işlendiği özel bir YF prosesinde, indirgeyici maddelerin tüketimi, yukarıda belirtilen etkileyici faktörlerin daha yüksek girdisinden dolayı normal yüksek fırına göre önemli ölçüde daha yüksektir (bkz. Bölüm 2.5.4.4.2).

Yüksek fırın prosesi, demir-çelik üretiminde en fazla enerji tüketen proses ve dolayısıyla en fazla CO₂ yayan ünedir (indirgeyici maddeler şeklinde) (bkz. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Tablo 6.16'da, sıcak metalin enerji içeriği dikkate alınmadan, 1986'da elektrik üretimi için kömür enjeksiyonu ve tepe gazı basınç geri kazanımı uygulanan yüksek bir tepe basıncına sahip bir yüksek fırının enerji giriş/çıkışına dair bir örnek verilmiştir.

Tablo 6.16: 1986'da kömür enjeksiyonu ve tepe gazı basınç geri kazanımı uygulanan yüksek tepe basınçlı bir yüksek fırının enerji giriş/çıkış örneği

Enerji taşıyıcısı		Özgül enerji değeri (GJ/t SM)
Girdi:	Kok	12,4
	Toz kömür	1,63
	Sıcak hava (sobalardan)	4,52
	Elektrik	0,12
	Toplam (brüt)	18,67
Çıktı:	Elektrik	0,35
	YF gazı	5,15
Kaynak: [65, InfoMil 1997].		

Yeterli tepe gazı basıncına (>1,5 bar gösterge) ve yeterli basınç düşüşüne sahip birçok tesis, tepe gazı basınç enerjisinin geri kazanılması için genişleme türbinlerinin kurulması açısından uygundur. Proses iyileştirmeleri, Avrupa'daki çelik fabrikalarında özgül kömür tüketiminin önemli ölçüde azalması anlamına gelmektedir.

Doğrudan indirgeyici madde enjeksiyonuna yönelik eğilim, özgül kok tüketimini muhtemelen daha da azaltacaktır. Yüksek fırına doğrudan indirgeyici madde enjeksiyonu, kok kullanımının yerini almakta ve böylece kok üretiminde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Çoğu yüksek fırın tesisinde, indirgeyici maddeler fırına tüyer seviyesinde enjekte edilir. Bu, kısmen tepe yükündeki kokun yerini alır. Bu uygulama, operatörün indirgeyici maddelerin kullanımını optimize etmesini sağlar. Diğer avantajlar, kok üretiminin düşürülmesi ve böylece üretilen her bir ton çelik için özgül kok fırını emisyonlarının azalmasıdır. Birçok tesiste toz haline getirilmiş veya taneli kömür veya yağ enjekte edilir. Bazı yüksek fırın operatörleri artık kok fırını gazı veya doğal gaz enjekte etmektedir. İki şirket, birkaç yıldır indirgeme proseslerinde yüksek hidrokarbon içeriği sağlamak için fırınlarına plastik atık enjekte etmektedir [145, UBA Açıklamaları 1997] ve 2001'den beri AB'de en az bir yeni tesis kurulmuştur. Uygun olduğunda, eko-y yağlar, geri kazanılmış veya atık yağlar, katı yağlar, katran, hayvansal yağlar ve emülsiyonlar olarak sınıflandırılan diğer enjeksiyon maddeleri de ilgi görmektedir [344, Eurofer 2007].

6.2.2.5 Gürültü emisyonları

Yüksek fırın tüyerlerinden, özellikle bunlar hizalanmadığında gürültü emisyonları yayılabilir [242, Caughlin 2007].

6.3 MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Proses entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 6.17'de gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 6.17: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dahil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesis (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

6.3.1 Döküm holü toz giderme (döküm delikleri, kanallar, sıyırıcılar, torpido potası yükleme noktaları)

Açıklama

Sıcak metal ve cüruf, yüksek fırından dökülür ve kanallardan geçerek sırasıyla potaya ve cüruf işleme ünitesine gönderilir. Akıtma/döküm sırasında sıvı metal, kanallar boyunca akarken atmosferik oksijen (O_2) ile temas eder. Demir, yüksek sıcaklığının ($1300 - 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) bir sonucu olarak oksijenle reaksiyona girer ve demir oksitler (örneğin Fe_2O_3), ('kahverengi duman') oluşturur. Cüruf atmosferik oksijenle reaksiyona girmez çünkü bileşenlerinin çoğu zaten oksitlenmiştir. Ancak, alkalik oksitler (örneğin Na_2O ve K_2O) cüruf oluşturan partikül emisyonlarından buharlaşabilir.

Döküm holü tozsuzlaştırma kaynaklı baca gazının ilk ölçümleri, herhangi bir azaltma uygulanmadığında $100 - 400\text{ mg/Nm}^3$ (tekli ölçümler) aralığında toz emisyonlarını gösterir.

Genel olarak, dökümden kaynaklanan toz emisyonlarını azaltmak için iki tür önlem uygulanabilir:

- Kanalların hareketli kapaklarla örtülmesi
- Akıtılan sıcak metalin azot (N_2) ile örtülmesi yoluyla, sıcak metaldeki oksijenin dağıtılması. Bu şekilde demir oksit oluşumu önlenir (bkz. Bölüm 6.3.2).

Elde edilen çevresel faydalar

Akıtma sırasında, herhangi bir azaltma önlemi uygulanmadığında, her bir ton sıcak metal başına yaklaşık $400 - 1500\text{ g}$ toz oluşur. Kanallar üzerinden havanın tahliyesi, artan oksijen mevcudiyeti nedeniyle esas olarak daha fazla toz oluşumuna yol açar.

Kanalların kapaklarla kapatıldığı ve tozun tahliye edilerek arıtıldığı durumlarda en önemli parametre tahliye verimliliğidir. Kanalların örtülmesine özel dikkat gösterilmelidir. Sızdırmaz bir sistem için kanal kapakları sıkı bir şekilde kapatılmalıdır. Akıtma deliğinde, akıtma deliği burgusu ve çamur tabancasının çalışması için gereken alan ve tüyerlere hizmet eden ve yüksek fırında karın yüksekliğinde yer alan hava simidinin varlığı nedeniyle, oluşan tozun verimli bir şekilde tahliye edilmesi zordur. Genellikle, akıtma deliğinin yakınında oluşan tozu verimli bir şekilde tahliye etmek için çok büyük bir akışa ihtiyaç vardır.

Bir döküm holündeki ana tahliye noktaları şunlardır:

- Akıtma deliği
- Sıyırıcı
- Eğimli kanal (torpido potasına yükleme yapan).

Tahliye edilen gazın (atık gaz) özgül akışı $1200 - 3300\text{ Nm}^3/\text{t}$ sıcak metal düzeyindedir. Etkili bir toz toplama ve azaltma sistemiyle (örneğin bir torba filtre), 10 g/t sıcak metal düzeyinden daha düşük özgül emisyon faktörleri elde edilebilir [65, InfoMil 1997]. Toz toplama verimliliği %99'u geçebilir ve torba filtrelerin toz giderme verimliliği de %99'u geçebilir [65, InfoMil 1997].

Avusturya'nın Linz şehrindeki Voestalpine yüksek fırını A'da (yılda yaklaşık 3,5 milyon ton sıcak metal üretimi), $700.000\text{ m}^3/\text{s}$ arıtma yapan bir torba filtre sistemi bir döküm holü kurulmuştur. Toz emisyonları sürekli olarak ölçülmektedir. Yıllık ortalama emisyonlar $11,0\text{ mg/Nm}^3$ (2004) iken 2004 sonunda yüksek fırının yeniden astarlanması ve döküm holü tozsuzlaştırma emisyonlarının uyarlanmasıyla 2005'te $2,2\text{ mg/Nm}^3$ olmuştur. Güncel günlük ortalama emisyon değerleri $3 - 10\text{ mg/Nm}^3$ aralığındadır.

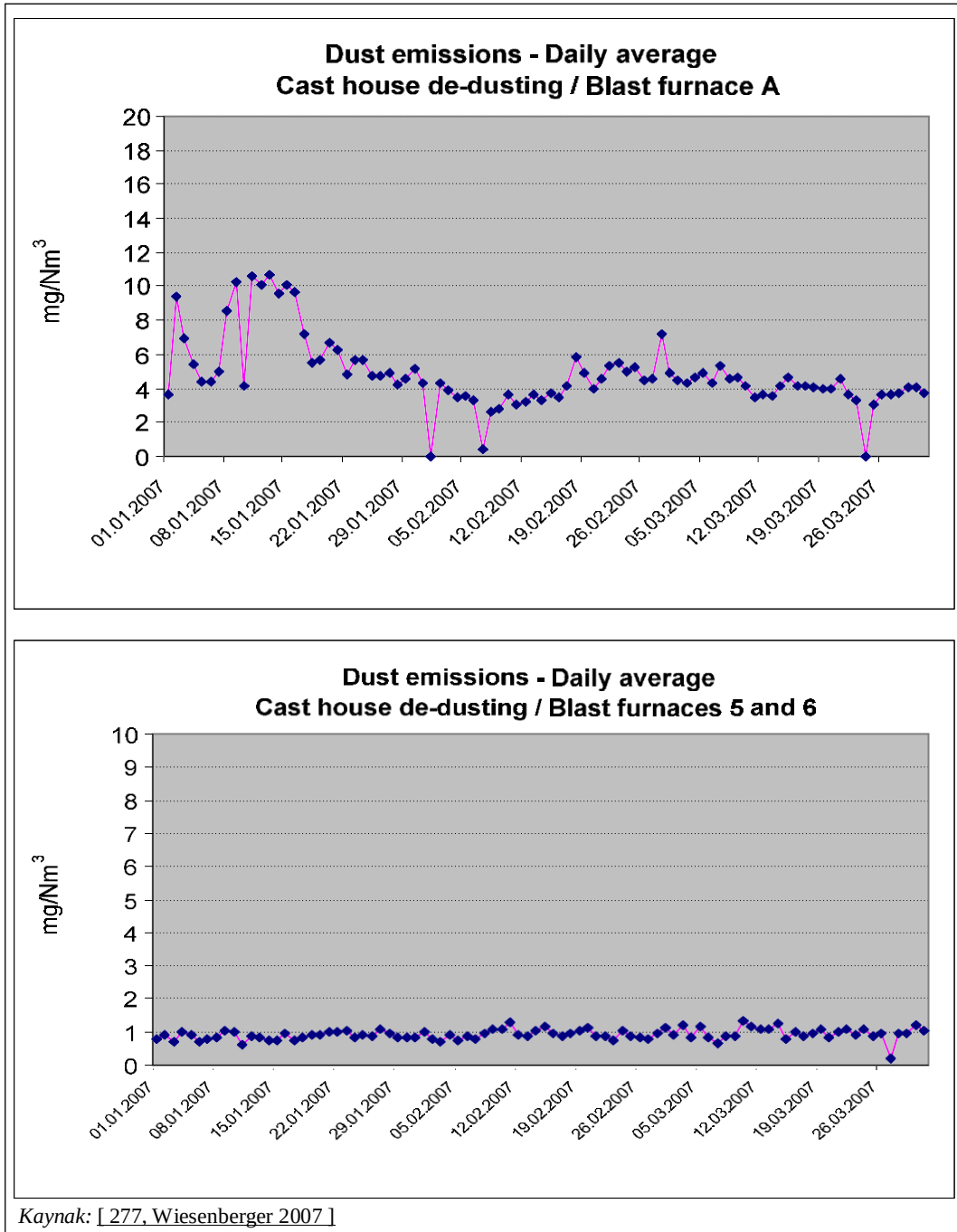
Voestalpine'de, 2005 yılı sonunda 5. ve 6. yüksek fırınlar için $355.000\text{ m}^3/\text{s}$ arıtma yapan torba filtreli bir döküm holü toz giderme sistemi kurulmuştur. Toz emisyonları sürekli olarak ölçülmektedir. Günlük ortalama değerlere göre son emisyon değerleri yaklaşık 1 mg/Nm^3 'tür (bkz. Bölüm 2.5.5).

Almanya'daki tesisler, torba filtrelerle 0,3 – 1 mg/Nm³ (yıllık ortalama) ve 0,38 – 0,49 mg/Nm³ (günlük ortalama) düzeyinde toz emisyonları sağlamaktadır.

Tablo 6.18: YF döküm holünden ve yük toz gidermeden kaynaklanan emisyon konsantrasyonları

Parametre	ESF	Torba filtre
Toz	10,4	0,3 – 1 0,38 – 0,49 ⁽¹⁾
Hg		<0,0001
Hg, Tl		<0,0005
Cd, Tl	0,00004	<0,0018
As, Co, Ni, Se, Te	0,003	
As, Co, Ni		<0,003
Pb, Co, Ni, Se, Te		<0,5
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,014	
Pb, Cr, Mn		0,00434
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn		<1
⁽¹⁾ Günlük ortalama. Not: – Döküm alanından yayılan gazların azaltılmasından ve yükün tozdan arındırılmasından elde edilen veriler. – mg/Nm ³ cinsinden yıllık ortalamalar. Kaynak: [244, Plickert 2007].		

Şekil 6.14, üç yüksek fırının döküm holü emisyonlarında üç ay boyunca elde edilen günlük ortalama değerleri göstermektedir.



Şekil 6.14: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine'deki yüksek fırın akıtma delikleri ve kanallarındaki döküm holü toz giderme sistemlerinin günlük ortalama emisyon değerleri

Çapraz ortam etkileri

Gazların tahliyesi ve arıtılması için güçlü fanlar gerektiğinden ek enerji tüketimi olur. [65, InfoMil 1997]'den, YF-7'nin 8640 çalışma saatinde yıllık 3 milyon ton sıcak metal üretimine dayalı olarak yaklaşık 0,007 GJ/t sıcak metal düzeyinde bir enerji tüketimi olduğu hesaplanabilir.

Toplanan toz yüksek demir içeriğine sahiptir ve soğuk briketlemeden sonra YF'ye (bkz. Bölüm 2.5.4.4.4) veya sinter tesisine geri döndürülebilir veya uygulanabilir olduğunda tüyer seviyesinde doğrudan enjeksiyon için geri dönüştürülebilir [344, Eurofer 2007].

İşletim verileri

Açıklanan teknik, uygulamada önemli sorunlar olmadan uygulanır.

Uygulanabilirlik

Kanalların örtülmesi ve sonrasında tahliye ve temizlik işlemleri yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Corus, IJmuiden/Hollanda'da, 690000 Nm³/s arıtma yapan bir torba filtre sistemi yatırımlarının 1 milyon – 2,3 milyon EUR aralığında olduğu bildirilmiştir. Bu sadece torba filtre ekipmanlarını içerir. Kanal kaplama ve tahliye sistemi maliyetleri bu rakama dahil değildir.

İşletme maliyetleri, BF-7'de yıllık 3 milyon ton sıcak metal üretimi ve 8640 çalışma saatine dayalı olarak 0,5 – 2,8/t sıcak metal olarak hesaplanabilir [65, InfoMil 1997].

Avusturya'nın Linz şehrinde nominal üretim kapasitesi 3 milyon ton/yıl olan Voestalpine yüksek fırın A'daki döküm holü tozsuzlaştırma sisteminin kurulum maliyeti yaklaşık 14,5 milyon EUR idi. İşletme maliyetleri (enerji hariç) yılda yaklaşık 0,42 milyon EUR düzeyindedir.

Tüm örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Corus, Scunthorpe/Birleşik Krallık'ta, yılda bir milyon ton nominal üretim kapasitesine sahip bir yüksek fırında bir döküm holü tozsuzlaştırma sisteminin kurulum maliyeti 1997'de yaklaşık 4.0 milyon EUR idi.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Gazların tahliyesi ve arıtılması:

Yüksek fırın 7, Corus, IJmuiden/Hollanda; yüksek fırınlar 5, 6 ve A, Voestalpine, Linz/Avusturya; yüksek fırın Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg-Schwegern/Almanya; ArcelorMittal, Drbrowa Górnicza/Polonya; SSAB, İsveç ve Rivagroup, Taranto/İtalya.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [353, Eurofer 2007] [241, Polonya 2007] [244, Plickert 2007] [277, Wiesenberger 2007]

6.3.2 Sıcak metal yükleme sırasında duman bastırma

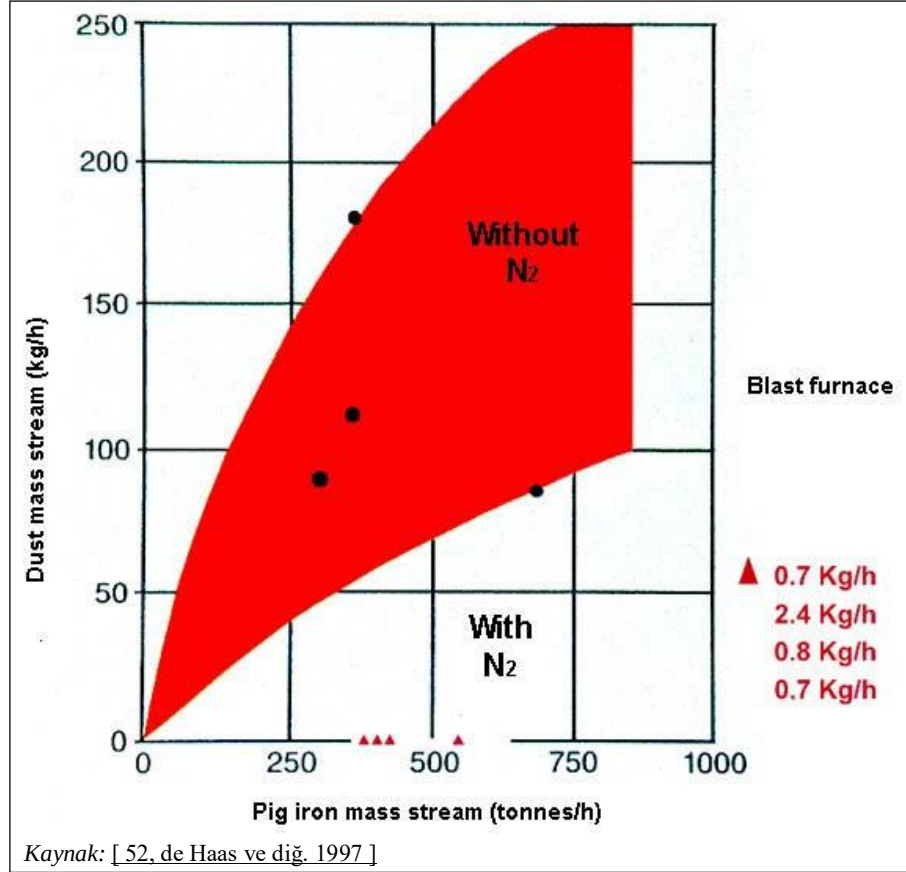
Açıklama

Bölüm 6.3.1'de, döküm holü emisyonları için geleneksel tozsuzlaştırma sistemleri açıklanmaktadır. Bu sistemler oldukça karmaşık ve maliyetlidir. Yeni yaklaşımlar, erimiş demirin atmosferik oksijenle reaksiyona girerek 'kahverengi duman' oluşturmamasını önler (duman bastırma). Reaksiyonu önlemek için, sıcak metalin akıtma deliğinden ve çeşitli dağıtım ve aktarma noktaları üzerinden torpido potasına kadar taşındığı yol, özenle tasarlanmış perdeleme yapıları ile kapatılır. Erimiş metal ile üzerini örten yapı arasındaki boşluk mümkün olduğu kadar küçük tutulur ve gerekirse azot (inert gaz) ile doldurulur. Entegre çelik fabrikalarında, oksijen üretimi için hava ayırmada elde edilen azot bu amaç için kullanılabilir.

Bu yeni yöntem, daha önce gerekli olan karmaşık ve pahalı egzoz ve filtre sistemlerinin kurulum ve işletim ihtiyacını ortadan kaldırarak önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Filtre tozunun geri dönüşüm maliyeti de azalır. Bu yöntem, özellikle hem akıtma deliğinde hem de torpido yükleme noktasında kapatılacak bölümler nispeten kompakt olduğunda işe yarar. Bu koşullar altında, bu tekniğin uygulanmasını kolaylaştıran sınırlı hacimli kapalı muhafazalar inşa edilebilir. Ancak, akıtma deliğinde bir egzoz sisteminin kullanılması gerekli görülmüş ve torpidoya yükleme noktasının büyük bir hacme sahip olması durumunda (örneğin eğmeli ağız (sallanan ağız yerine) kullanılıyorsa)

azot bastırma sisteminin verimliliği yeterli olmaz ve klasik egzoz emiş sistemine geçilmesi gerekir. Hem akıtma deliği hem de torpido yükleme noktası için egzoz sistemlerinde ortak bir filtre kullanılabilir.

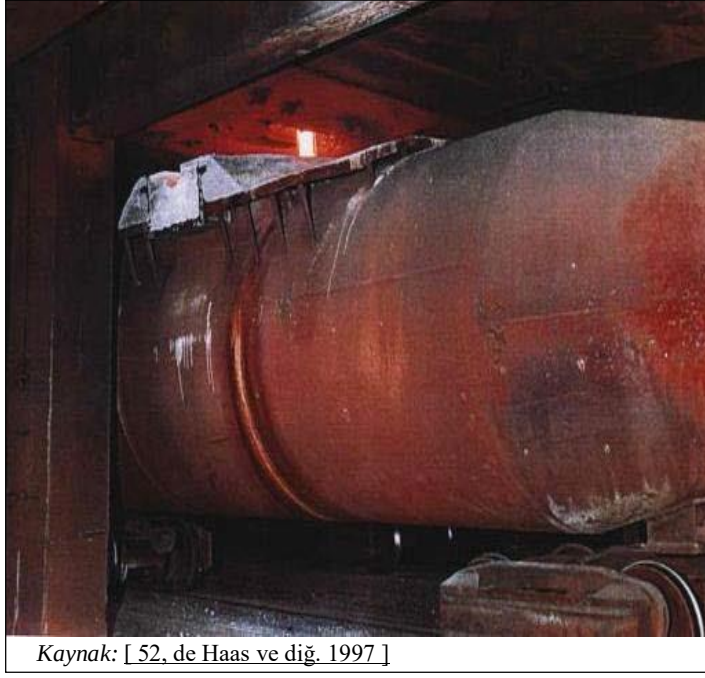
Şekil 6.15'te sıcak metalin akışına bağlı olarak sıcak metal yüklemesi (torpido seviyesine kadar) sırasında azotla inertizasyon uygulandığında ve uygulanmadığında toz oluşumu gösterilmektedir. Azotla inertizasyon kullanıldığında bu rakamlar yaklaşık 100 kat daha düşüktür.



Şekil 6.15: Sıcak metalin akışına bağlı olarak sıcak metal yüklemesi (torpido seviyesine kadar) sırasında azotla inertizasyon uygulandığında ve uygulanmadığında toz oluşumu

Elde edilen çevresel faydalar

Geleneksel döküm sırasında 0,4 – 1,5 kg toz/t sıcak metal oluşur (bkz. Tablo 6.10). Bu miktar, toz bastırma ile yaklaşık 0,012 kg toz/t sıcak metal düzeyine düşürülür [52, de Haas ve diğ. 1997]. Şekil 6.16'da, inert gazla toz bastırma uygulanarak sıcak metalin torpido potasına yüklenmesi gösterilmektedir.



Kaynak: [52, de Haas ve diğ. 1997]

Şekil 6.16: İnert gazla toz bastırma uygulanarak sıcak metalin torpido potasına yüklenmesi

Çapraz ortam etkileri

Sistem, geleneksel tozsuzlaştırma sistemleriyle karşılaştırıldığında, önemli bir çapraz ortam etkisi yoktur. Bu kadar büyük miktarlarda azot kullanıldığında, boğulma tehlikesi nedeniyle azotun döküm holünde birikmemesi sağlanmalıdır.

İşletim verileri

ArcelorMittal, Bremen/Almanya'daki duman bastırma deneyimleri, önemli sorunlar olmaksızın sabit işletim koşulları göstermektedir. Ancak, son yapılan YF yeniden astarlama çalışmasında akıtma deliği ve torpido yükleme noktasında yapılan değişiklikler nedeniyle, duman bastırma sistemine geleneksel bir egzoz emme sistemi eklenmiştir.

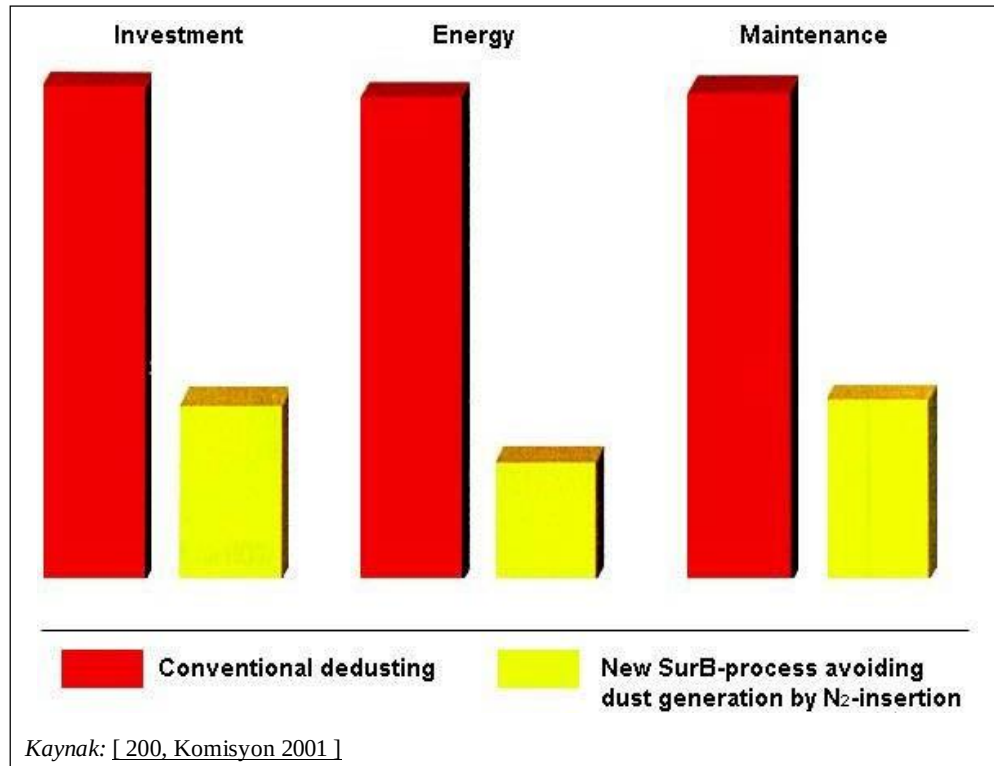
Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak duman bastırma yapılacak hacimler büyükse sistemin etkinliği kısıtlı olur.

Ekonomik boyut

Maliyetlerin bir karşılaştırması Şekil 6.17'de gösterilmektedir. Yeni duman bastırma tekniği önemli ölçüde daha ucuzdur. ArcelorMittal, Bremen/Almanya'da yılda 3 milyon ton sıcak metal üretimi olan tesis için, toz bastırma ve bir torba filtre ile akıtma deliği tozsuzlaştırma dahil olmak üzere 6,8 milyon EUR düzeyinde bir yatırım yapılması gerekmiştir.

Örnek için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.



Şekil 6.17: Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki duman bastırma sistemi için yatırım, enerji ve bakım maliyetlerinin karşılaştırılması

Enerji maliyetleri yaklaşık 190.000 EUR/yıl ve bakım maliyetleri yaklaşık 170000 EUR/yıl düzeyindedir. Bu, geleneksel sistemlere kıyasla çok daha düşüktür. Ancak, azot maliyetleri yerel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

ArcelorMittal, Bremen Almanya'da bu duman bastırma tekniği 1991'den beri kullanılmaktadır.

Referans literatür

[50, Grützmacher ve diğ. 1991] [52, de Haas ve diğ. 1997] [353, Eurofer 2007]

6.3.3 Katran içermeyen kanal astarlarının kullanımı

Açıklama

Bir yüksek fırının döküm holündeki kanal sistemi, refrakter bir dış katmandan (örneğin beton) yapılır. Kanallar, bir karbon matris içine gömülmüş alümina bazlı, ısıya dayanıklı bir malzeme ile kaplanır. Kömür katranı zifti bir bağlayıcı görevi görebilir.

Astarlar, dış tabakayı sıvı demirin ve (özellikle) sıvı cürufun ısısına karşı korur. Astarlar aşınmaya açıktır ve birkaç haftada bir yenilenir. Karbon matrisin kalitesi, kanal astarlarının dayanıklılığı açısından önemli bir faktördür. Zayıf bir matris, alüminayı tutmaz ve astarların daha hızlı aşınmasına neden olur.

Karışımın gerekli mukavemeti ancak brülörlerle birkaç saat ısıtıldıktan sonra elde edilir. Isıtma sırasında katranın ayrışması, hidrokarbon (ve PAH) emisyonlarına yol açar. Emisyonların küçük bir kısmı cüruf ve sıcak metal dökümü sırasında meydana gelir.

Katran içermeyen yeni bir tür kanal astarı geliştirilmiştir ve başarıyla uygulanmaktadır. Yeni kanal astarı ile uçucu organik bileşikler (VOC) ve polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) emisyonları çok daha düşüktür. Yeni malzeme aynı cüruf direncine sahiptir ve dayanıklılığı, geleneksel kanal astarlarından bile daha iyi olabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 6.19, katransız kanal astarlarının kullanımından kaynaklanan emisyon azaltım rakamlarını göstermektedir. Gösterilen rakamlar, teorik bir modele dayalı tahminlerdir.

Tablo 6.19: Katran içermeyen kanal astarlarından kaynaklanan emisyonlar

Bileşen	Geleneksel kanal astarı (g/t SM)	Katransız kanal astarı (g/t SM)	Emisyon azaltma
Uçucu organik bileşikler (VOC'ler)	100	1	%99
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)	3,5	0,03	%99
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [351, Eurofer 2007].			

Çapraz ortam etkileri

Bu önlemin uygulanması, çalışanların zararlı bileşenlere daha az maruz kalmasını sağlayarak sağlıkları üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Başka bir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Corus IJmuiden/Hollanda'da katran içermeyen kanal astarları şu anda sorunsuz bir şekilde uygulanmaktadır ve hatta dayanıklılıkları eskisinden daha iyidir.

Uygulanabilirlik

Prensip olarak, katran içermeyen kanal astarları hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

AB'deki birçok yüksek fırın operatörü katran içermeyen kanal astarları kullanmaktadır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997]

6.3.4 Yüksek fırın gazının arıtılması**Açıklama**

Şebeke gazı gerekliliklerini karşılamak için yüksek fırın gazının temizlenmesi gerekir. Yüksek fırından çıkan YF gazı (veya 'tepe gazı') toz, siyanürler (HCN), amonyak (NH₃) ve kükürt bileşikleri içerir (bkz. Tablo 6.7 ve Tablo 6.8).

Yüksek fırın gazı genellikle üç aşamada temizlenir: Ön kaba temizlik; temizlik işleminin bir parçası olan soğutma ve ince temizlik.

Ön temizlik, sonraki ince temizliği kolaylaştıran ve demir içeren tozun yüke geri eklenmesini veya sinter tesisine geri döndürülmesini sağlayan kaba partikülleri giderir (bkz. Tablo 6.13).

Kaba temizlik, saptırıcılar, kuru siklonaj veya toz tutucular kullanılarak yapılır. Gaz kanaldan aşağı indikçe hızı azalır ve gazın içindeki toz partikülleri yer çekiminin etkisiyle toz tutucunun alt kısmında birikir. Gaz daha sonra toz toplayıcıdan çıkar ve ince temizliği gerçekleştiren ekipmana bir boru aracılığıyla gider.

İkinci aşamada, çinko oksit (ZnO) ve karbon (C) içeren toz, siyanür ve amonyak ıslak yıkama ile giderilir. Yıkayıcılar özel olarak tasarlanmış engelli tip, Venturi tipi veya dairesel boşluklu yıkayıcılardır. Bazı durumlarda ıslak elektrostatik çökeltme uygulanır.

Modern tesislerde, gaz temizleme sisteminin basınç düşüşüne özel önem verilir, çünkü yüksek basınç düşüşü tepe gazı basıncı geri kazanım türbininin enerji verimliliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (bkz. Bölüm 6.3.13). Bu nedenle amaç, düşük seviyede basınç düşüşüne ve yüksek gaz temizleme verimliliğine sahip gaz temizleme sistemleri oluşturmaktır.

Elde edilen çevresel faydalar

YF gazı temizleme sistemleri oldukça verimlidir ve genellikle 1 – 10 mg/Nm³ artık toz konsantrasyonu sağlarlar. Gaz temizleme sistemi tarafından yakalanmayan toz emisyon olarak salınır veya YF gazının yanma bölgesinde yakılır.

Gaz temizleme sisteminin basınç düşüşü, kullanılan ekipmanın tipine bağlıdır. İki modern sistemin bildirilen basınç düşüşleri 0,07 ile 0,14 bar arasındaydı. Eski sistemlerdeki basınç düşüşleri 0,15 – 0,5 bar aralığındadır.

Çapraz ortam etkileri

Yıkayıcıların kontamine olmuş bir atık su akışı oluşturduğuna dikkat edilmelidir. Yüksek fırın sistemlerinin brüt su tüketimi 0,1 – 3,5 m³/t sıcak metal düzeyindedir. Daha yüksek tuz içeriğine sahip ham maddeler, YF gazını temizlemek için daha yüksek akış değerlerini gerekli kılabilir. Üretilen su akışı askıda katı maddeler içerir (örneğin karbon ve ağır metaller (Zn, Pb), siyanür bileşikleri ve amonyak). Atık su genellikle ağır metal çökeltme yoluyla arıtılır ve katı bir atık (çamur) üretilir.

Bu yüksek fırın çamuru nispeten yüksek konsantrasyonlarda çinko (Zn) ve kurşun (Pb) içerir (bkz. Tablo 6.14). Bu, çamurun üretim prosesine geri döndürülmesini engeller. Özellikle çinko, yüksek fırın için bir ‘zehir’ olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle, bazı tesisler çamur akışını, biri sinter tesisine geri gönderilebilen düşük çinko içerikli akış, diğeri ise depolanabilen veya bertaraf edilebilen yüksek çinko içerikli akış olmak üzere ikiye ayırmak için hidrosiklonaj uygular (bkz. Bölüm 6.3.7).

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Dünyanın dört bir yanındaki yüksek fırınlarda YF gazı temizleme sistemleri kullanılır. Yeni tesislerde, düşük seviyede basınç düşüşü, düşük su ve enerji tüketimi ile modern bir sistem uygulanabilir. Birçok eski yüksek fırın, eski tip yıkayıcılarla donatılmıştır. Bu yıkayıcılar, şebeke gazı gerekliliklerini karşılayabilir, ancak önemli miktarda su ve enerji tüketir ve nispeten büyük bir basınç düşüşüne sahiptir. Bazen yıkayıcıyı daha modern bir modelle değiştirmek mümkündür, ancak bu, başka faktörlere ek olarak, fırının çalışma basıncına bağlı olan bir tepe gazı basınç türbini uygulamasıyla (bkz. Bölüm 6.3.13) birlikte düşünülmelidir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

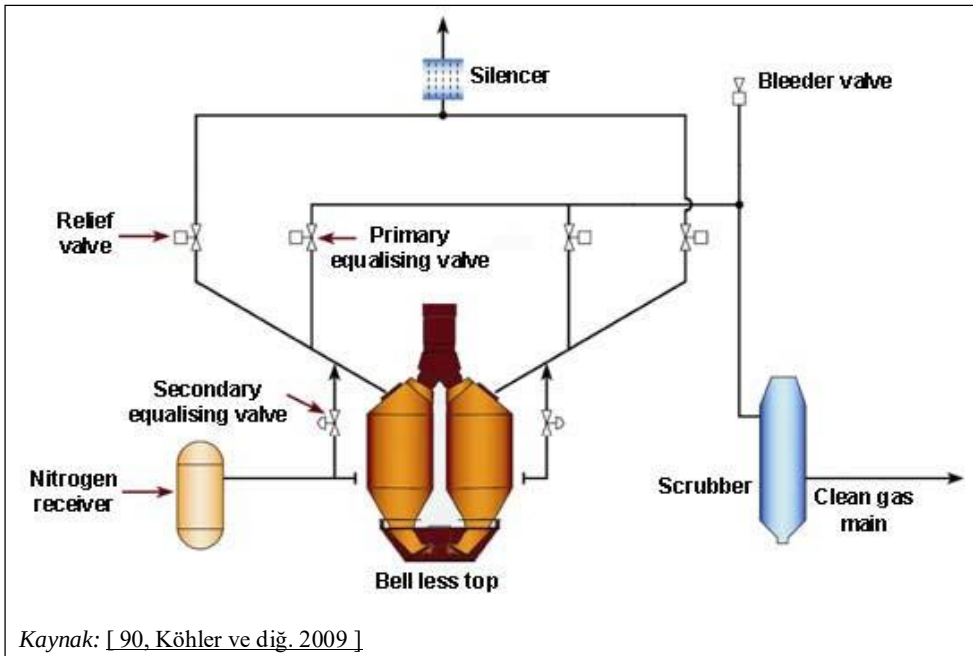
YF gazı arıtımı dünya genelinde yüksek fırınlarda yaygın olarak uygulanmaktadır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [105, Pazdej ve diğ. 1995] [241, Polonya 2007] [244, Plickert 2007] [352, Eurofer 2007]

6.3.5 Tepe yükleme hunisinden salım için gaz geri kazanım sistemi**Açıklama**

Yüksek fırın yükü (kok ve demirli malzemeler), fırın gazlarını atmosferden yalıtın kapalı bir yükleme sistemi yoluyla yüksek fırına tepeden girer (bkz. Bölüm 6.1.2). Yüksek fırın içindeki basınç atmosferik basıncın (0,25 – 2,5 bar gösterge) üzerinde olduğu için böyle bir sistemin kullanılması gereklidir. Yükleme sistemi, bir çift çan düzenlemesi veya modern yüksek fırın proseslerinde daha yaygın olan çansız bir sistem olabilir (Paul Wurth tarafından sağlananlar gibi, bkz. Şekil 6.18).



Kaynak: [90, Köhler ve diğ. 2009]

Şekil 6.18: Birincil ve ikincil dengelemeye sahip ve gaz geri kazanım sistemi olmayan çansız bir tepenin şeması

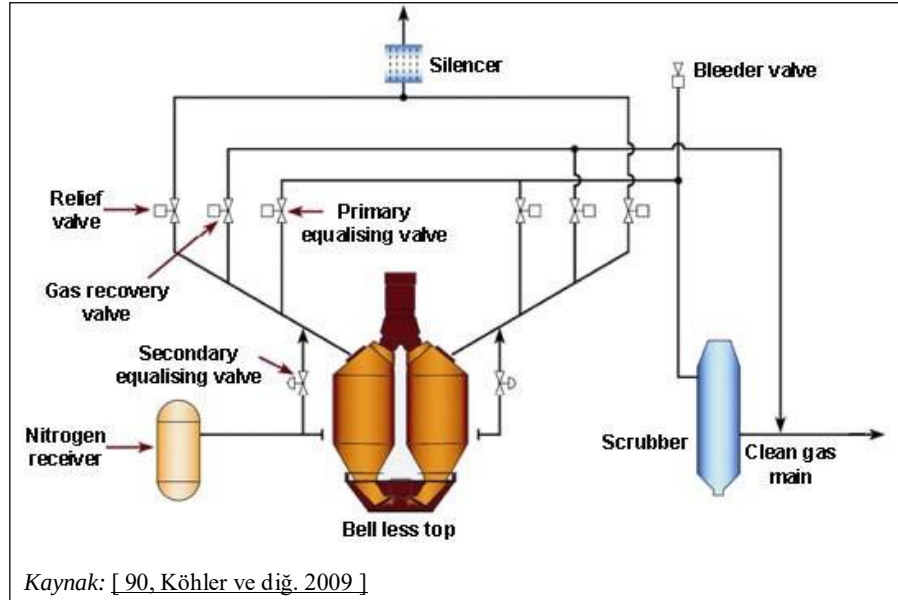
Tepe yükleme hunisi atmosferik basınçta doldurulur. Yüksek fırını yüklemek için, tepe yükleme hunisindeki gazın basıncı yüksek fırın içindeki gazla uyumlu olmalıdır. Bu basınçlandırmayı gerçekleştirmenin çeşitli yolları vardır. En yaygın olanı, kaba tozun uzaklaştırılmasından sonra yüksek fırın gaz sisteminden çekilen yarı temiz yüksek fırın gazının kullanılması ve birincil eşitleme valfi aracılığıyla bunkere iletilmesidir. Küçük basınç kayıpları, azot kullanılarak ikincil bir valf vasıtasıyla dengelenir.

Bazı tesislerde, tepe yükleme hunileri yalnızca azot gazı kullanılarak temizlenir ve basınçlandırılır.

Yükleme hunisi içeriğini yüksek fırına boşalttıktan sonra fırından izole edilir ve gazın bir susturucu aracılığıyla havaya boşaltılmasıyla basınç normal olarak atmosferik basınçla dengelenir. Bu nedenle, yüksek fırının boyutuna bağlı olarak, yükleme başına 40 ila 80 m³ kirli yüksek fırın gazı salma potansiyeli vardır.

Tepe yükleme hunilerinin basınç dengelemesi sırasında yüksek fırın gazının atmosfere boşaltılması, gazların yıkayıcıdan sonra gaz geri kazanım valfi aracılığıyla temiz gaz hattına yönlendirildiği bir gaz geri kazanım sistemi ile önlenabilir. Bunun bir örneği Şekil 6.19'da gösterilmiştir.

Normal basınçta çalışan yüksek fırınlar için alternatif bir sistem, fırın tepe bunkerlerini azot gibi bir gazla veya buharla basınçlandırmaktır ve bu sistem, bu belgenin yazıldığı sırada (2010), Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki 5 ve 6 numaralı yüksek fırınlarında kurulmaktadır. Elde edilen çevresel faydalar, tepe yükleme hunisinden salım için kullanılan gaz geri kazanım sistemiyle neredeyse aynıdır.



Şekil 6.19: Dengeleme, tahliye ve gaz geri kazanım sistemine sahip çansız bir tepenin şeması

Elde edilen çevresel faydalar

Yükleme sırasında tepe gazı (CO ve H₂) ve toz emisyonlarındaki azalma, tepe yükleme hunisinin hacmi, günlük boşaltma sayısı ve tepe gazı basıncı gibi faktörlere bağlıdır. Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki Yüksek Fırın A için mevcut koşullar Tablo 6.20'de verilmiştir.

Tablo 6.20: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da Yüksek Fırın A'nın koşulları

Parametre	Birimler	Değer
Üretim	t/gün	7500
Eş değer SM	t/yükleme	49,34
Yüklemeler	Adet/gün	152
Boşaltmalar	Adet/gün	304
Tepe yükleme hunisinin hacmi	m ³	55
Tepe basıncı (mutlak)	kPa	336
Tepe gazı sıcaklığı	°K	373
Referans sıcaklık	°K	273
Referans basınç	kPa	101
Fırın kullanılabilirliği	Yılda gün sayısı	355
Tepe gazı emisyonu	Nm ³ /boşaltma	134
	Nm ³ /gün	40 611
	Nm ³ /yıl	14 416 757
Tepe gazındaki CO	%	23,53
CO emisyonu	Nm ³ /yıl	3 392 263

Yüksek fırın işlemlerinin askıya alındığı zamanlar olacaktır (örneğin tesis bakımı için). Bu sırada yüksek fırın tepesinden bazı yaygın emisyonların önlenmesi mümkün olmayacaktır. Ancak, Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki yüksek fırın A'da bu sistemin bir uygulaması, yaygın tepe gazı emisyonlarında %70 ila 95 arasında bir azalma sağlamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Bilinen bir çapraz ortam etkisi yoktur.

İşletim verileri

Tablo 6.21'de yer alan veriler, bu sistemin Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'da bulunan yüksek fırın A'daki uygulamasının etkisini göstermektedir. Bu sistemin işletme maliyetleri, bakım maliyetleri dahil yaklaşık 0,01 EUR/t sıcak metal düzeyindedir. Bu nedenle, bu fırın için maliyetler yılda yaklaşık 26600 EUR'dir.

Tablo 6.21: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl'da Yüksek Fırın A'da tepe yükleme hunisinden salım için bir gaz geri kazanım sistemi ile kaçak emisyonlarda azalma

Bileşenler	Toplam emisyon azaltımı	Özgül emisyon azaltımı
YF tozu toplamı	6,19 ton/yıl	1,73 gr/t SM
PM ₁₀ (%50)	3,09 t/yıl	0,86 g/t SM
CO	3262 ton/yıl	911 g/t SM
Pb	16,0 kg/yıl	4,5 mg/t SM
Cr	1,09 kg/yıl	0,30 mg/t SM
Hg	0,0105 kg/yıl	0,0029 mg/t SM
Ni	0,22 kg/yıl	0,06 mg/t SM
Cd	0,314 kg/yıl	0,088 mg/t SM
V	1,36 kg/yıl	0,38 mg/t SM
Zn	1,34 kg/yıl	0,40 mg/t SM
HF	1,39 kg/yıl	0,39 mg/t SM
HCl	0,026 t/yıl	0,007 g/t SM

Uygulanabilirlik

Fırının çansız yükleme sistemine sahip olması koşuluyla hem yeni tesisler hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Tepe bunkerlerini basınçlandırmak için yüksek fırın gazı dışındaki gazların (örneğin azot) kullanıldığı tesisler için uygun değildir. Ancak, fırın tepesinin tamamen yeniden inşa edildiği veya ilk önce çansız bir tepenin kurulduğu durumlarda sermaye yatırımı asgari seviyede olacaktır.

Ekonomik boyut

Yılda 2,75 milyon ton sıcak metal üreten Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya yüksek fırınının yatırım maliyeti 2004 yılında 1,2 milyon EUR idi. İşletme maliyetleri, bakım maliyetleri dahil yaklaşık 0,01 EUR/t sıcak metal düzeyindedir. On yıllık bir süre boyunca toz salımı açısından, bu yatırım 62 ton toz salımını engellemektedir. Öte yandan, CO ve H₂ salımından tasarruf sayesinde yatırımın getiri sağlaması mümkün olabilir. Bu getirinin yaklaşık olarak 151000 EUR/yıl tutarında olduğu düşünülmektedir.

Uygulamanın gerekçesi

Prensip olarak, bu tekniği uygulamanın gerekçesi, kaçak toz emisyonlarının azaltılmasıdır. Örneğin geri kazanılan CO ve H₂'nin yüksek fırın sobalarında kullanılmasıyla ilişkili enerji tasarrufu da olabilir.

Örnek tesisler

Birincil ve ikincil dengeleme sistemli ve gaz geri kazanım sistemi olmayan çansız sistem, Avrupa'daki hemen hemen tüm yüksek fırınlarda uygulanmaktadır. Gaz sistemi geri kazanım uygulamasının bilinen tek örneği Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki yüksek fırın A'dadır.

Referans literatür

[90, Köhler ve diğ. 2009] [277, Wiesenberger 2007]

6.3.6 Yıkama suyunun arıtılması ve yeniden kullanılması

Açıklama

YF gazı genellikle özel olarak tasarlanmış engelli tip, Venturi tip veya dairesel boşluklu yıkayıcılarda temizlenir (ayrıca bkz. Bölüm 6.3.4). Bu, askıda katı maddeler (1 – 10 kg/t sıcak metal), ağır metaller, siyanürler ve fenoller içeren kontamine olmuş bir su akışı oluşturur. Suya deşarjı ve su tüketimini en aza indirmek için önlemler alınabilir.

Kirleticileri YF gazından temizlemek için yaklaşık 0,3 – 4,0 l su/Nm³ gereklidir. Bu rakam, 0,4 – 8 m³/t sıcak metal düzeyinde brüt su tüketimine karşılık gelir. Bu suyun büyük bir kısmı arıtılabilir ve geri dönüştürülebilir.

Arıtma genellikle dairesel çökeltme tanklarında gerçekleştirilir. Çamurun çökeltme özellikleri, çoğunlukla yumaklaştırma maddelerinin (aniyonik polielektrolitler, karışık polimerler veya aktifleştirilmiş silisik asitler) uygulanmasıyla veya çamur temas tesisleri kullanılarak iyileştirilir. pH değeri ve su sertliğine dikkat edilmelidir.

Çökeltme aşamasında taşan su, su sıcaklığını ayarlamak için genellikle bir soğutma cihazına (örneğin bir soğutma kulesi) alınır ve daha sonra yeniden kullanım için yıkama ünitesine götürülür. Çözünmüş maddenin zenginleşmesini önlemek için soğutma cihazlarından sonra tatlı su eklenir.

Gaz yıkama suyunun arıtılmasına ilişkin olarak Almanya'daki yedi çamur temas tesisinin işletim verileri Tablo 6.22'de verilmiştir.

Tablo 6.22: Gaz yıkama suyunun arıtılmasına ilişkin olarak Almanya'daki yedi çamur temas tesisinin işletim verileri

Tesis No.	YF gazı debisi	Su debisi	Askıda katı madde içeriği (mg/l)		Yumaklaştırma tipi	Madde dozağı (mg/l)	Çamuru n su içeriği (%)	Elektrik tüketimi (kWh/1000m ³)
	(10 ³ Nm ³ /s)	(m ³ /s)	arıtma öncesi	arıtma sonrası				
1	50	225 – 375	1000 – 3000	10 – 50	Aktive edilmiş silisik asit	5 – 10	60 – 85	40
2	250	1500	500	50	Karışık polimer	0,4	85 – 90	17,8
3	55	500	300 – 600	20	Aktive edilmiş silisik asit	6	75 – 85	–
4	550	50	100 – 300	20 – 30	Aktive edilmiş silisik asit	–	85 – 95	8
5	225	1100	260	10	Aniyonik polielektrolit	0,13	63	27,5
6	320	1400	430	13	Aniyonik polielektrolit	0,13	60	21,5
7	125	800	150	20	Karışık polimer	10	60	–

Kaynak: [136, Theobald 1988].

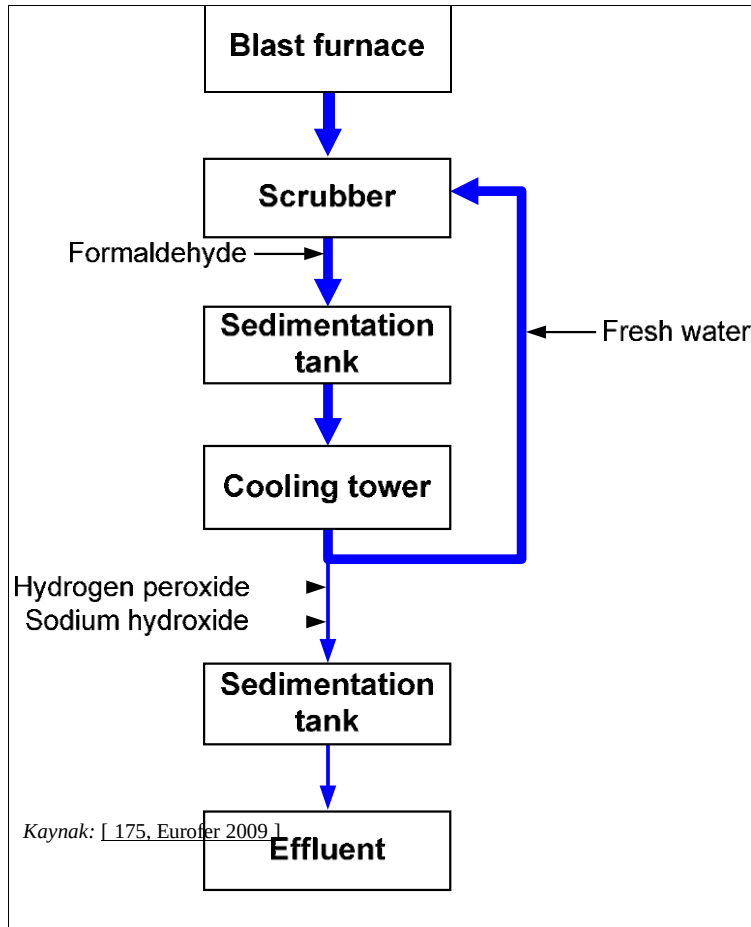
Yüksek fırının çalışma koşullarına bağlı olarak, özellikle blöf işlemleri sırasında siyanür artımı gerekli olabilir. Şekil 6.20'de, yüksek fırınlarda yıkama suyunun siyanür artımına ilişkin olarak esasen çökeltmeden önce su devresine formaldehit ilavesiyle gerçekleştirilen prosesin bir şeması gösterilmektedir. Formaldehit ilavesi,

çökeltme ünitesinden önce su akışına bağlı bir kontrol devresi (redoks potansiyeli) ile sürekli olarak kontrol edilir. Uzun vadeli deneyimler şunları göstermektedir:

- Optimum pH 8 – 9 arasındadır.
- pH 7'nin altında reaksiyon olmaz.
- Glikonitril, pH 12'nin üzerinde siyanür ve formaldehite ayrışır.

Siyanürün formaldehit ile glikonitril oluşturmak üzere dönüştürülmesine ek olarak, çevresel etkiyi azaltmak için glikonitril oksidasyonu gerçekleştirilebilir.

ArcelorMittal, Bremen'de yıkama suyu devresinden çıkan deşarj suyu, ek arıtma için bir çökeltme ünitesine alınır. pH, sodyum hidroksit çözeltisi ile pH 10,2'ye ayarlanır ve glikonitrilin oksitlenerek glikol aside dönüştürülmesi için bir hidrojen peroksit çözeltisi (H_2O_2) eklenir. Ayrıca yüksek pH, alıcıya gönderilmeden önce deşarj edilen yıkama suyu devresindeki ağır metallerin optimum şekilde ayrılmasını sağlar.



Şekil 6.20: Yüksek fırınlarda gaz yıkama suyunun siyanürle arıtılması için örnek proses

İnce taneli çökeltme çamuru nispeten yüksek bir çinko içeriğine sahiptir (bkz. Tablo 6.14) ve hidrosiklonaj yoluyla arıtılabilir (ayrıca bkz. Bölüm 6.3.7).

Corus, IJmuiden/Hollanda'da yeni bir atık su arıtma konsepti kullanılmaktadır. BIO 2000 olarak adlandırılan sistem, KOİ ve azot bileşikleri emisyonlarını en aza indirmek için kok fırını tesisinden, yüksek fırınlardan ve sinter tesisinden kaynaklanan atık suların birlikte bir aktif çamur sisteminde ön denitrifikasyon ve nitrifikasyon ile arıtılmasından oluşur. Bu sistem, Bölüm 5.3.21'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Elde edilen çevresel faydalar

Yıkama suyunun yüksek geri dönüşüm verimliliği, yalnızca 0,1 m³/t sıcak metal düzeyinde taşma ile elde edilebilir. Bu su, yüksek fırın çamuru ile birlikte sistemden uzaklaştırılır ve ek arıtmaya tabi tutulabilir.

Bir atık su arıtma tesisinde YF gazı yıkama suyu için elde edilen deşarj konsantrasyonları Tablo 6.23'te gösterilmektedir. 2006 yılında toplam su gereksinimi 719.713 m³tü. 3.152.134 ton sıcak metal üretimi ile bu, 0,23 m³/t sıcak metal düzeyinde atık su miktarına karşılık gelmektedir.

Tablo 6.23: Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'da YF gazı yıkama suyu devresinden çıkan atık su için arıtma sonrası deşarj konsantrasyonu

Parametre	Birimler	Ölçüm sayısı	Ortalama değer	Medyan	Maks.	Min.	Standart sapma
Cd	µg/l	39	0,36	0,20	3,00	0,20	0,58
Cr	µg/l	39	2,20	2,00	3,90	2,00	0,47
Cu	µg/l	39	9,52	6,10	13,00	2,00	13,75
Fe	µg/l	39	460,77	90,00	3700,00	13,00	861,79
Ni	µg/l	39	12,93	8,90	39,00	2,00	10,10
Pb	µg/l	39	24,93	8,00	390,00	<2,00	62,08
Zn	µg/l	39	354,00	130,00	2600,00	20,00	582,73
CN	mg/l	39	0,84	0,22	9,80	0,01	2,05
CN ⁻ (kolayca açığa çıkan)	mg/l	39	0,25	0,04	5,50	0,01	0,89
Cl	mg/l	39	1000,21	854,00	1360,00	452,00	414,52
AOX	µg/l	39	37,33	19,00	450,00	10,00	70,13
Askıda katı maddeler	mg/l	39	21,91	9,60	166,00	0,60	31,79
ÇOK	mg/l	39	55,25	54,25	170,00	1,70	40,77
TOC	mg/l	39	55,66	45,00	174,00	2,20	42,06
KOI	mg/l	28	144,12	145,50	280,00	<15	69,84
Madeni yağ hidrokarbonları	mg/l	39	0,16	0,18	0,56	0,10	0,08
Balık yumurtası toksisitesi		12	6,58	4,00	32,00	1,00	8,16
Not: Nisan 2000'den Kasım 2006'ya kadar rastgele numune ölçüm verileri. <i>İtalik</i> yazılmış rakamlar, saptama limitinin altındaki ölçüm değerlerinin saptama limiti olarak hesaplandığını gösterir. Kaynak: [260, Almanya 2007] [358, Almanya 2007].							

Corus, IJmuiden/Hollanda'da YF gazı yıkama suyunun bileşimi ve birleşik atık su arıtımı için elde edilen deşarj konsantrasyonları Bölüm 5.3.21'de Tablo 5.22 ve Tablo 5.25'te gösterilmektedir.

Çapraz ortam etkileri

Büyük miktarlarda su yeniden devridaim edilecekse, verimli bir su arıtma sistemi kullanılmalıdır. Aksi takdirde, yıkayıcıları etkileyen işletim sorunları (tıkanma vb.) meydana gelir ve yıkama verimliliği düşer. Su arıtma ve geri dönüşümü bir çamur (çinko açısından zengin) üretir. Minerallerin/tuzların birikmesini önlemek için devreden küçük bir taşma (üst akış) yapılması gerekir.

Yıkama suyu geri dönüşümü önemli miktarda enerji gerektirir (bkz. Tablo 6.22). Ayrıca, yumaklaştırıcı maddelerin dozajı da dikkate alınmalıdır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde, yıkama suyunun arıtımı ve geri dönüştürülmesi uygulanabilir. Modern tesisler önemli bir avantaja sahiptir çünkü tesis verimli bir su devresi ile tasarlanabilir. Yıkama suyunun tuz içeriği geri dönüşüm oranını etkiler. Ancak, daha eski tesislerde verimli bir su devresi kurulması da mümkündür.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

ArcelorMittal, Bremen/Almanya; Corus, IJmuiden/Hollanda.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [136, Theobald 1988] [138, Theobald 1997] [260, Almanya 2007]
[358, Almanya 2007] [379, Corus IJmuiden 2009]

6.3.7 Yüksek fırın çamurunun hidrosiklonajı**Açıklama**

Yüksek fırın tepe gazı büyük miktarlarda toz içerir (7 – 40 kg/t sıcak metal – bkz. Tablo 6.7). Bu tozun büyük bir kısmı, YF gazı arıtma sisteminin kuru gerçekleştirilen ilk adımında giderilir. Bu kısım esas olarak yüksek demir ve karbon içeriğine sahip nispeten kaba malzemeden oluşur ve sinter tesisine geri döndürülür.

Kalan kısım (1 – 10 kg/t sıcak metal), ıslak yıkama ile YF gazından temizlenir. Çökeltme sonrasında her bir ton sıcak metal başına 3 – 5 kg çamur oluşur. Bu çamur nispeten yüksek bir çinko (Zn) içeriğine sahiptir. Yüksek çinko içeriği, çamurun sinter tesisinde yeniden kullanılmasına engel teşkil eder.

Çamurun hidrosiklonajı yoluyla, toplam çamurdan çinko açısından zengin bir çamur ve çinko açısından fakir bir çamur üretilir. Çinko esas olarak çok küçük parçacıklar olarak görünen çinko oksit (ZnO) formunda bulunur. Hidrosiklonaj, bu küçük parçacıkları üst akış (taşma) suyunda yoğunlaştırırken, çinko bakımından fakir kısım alt akış yoluyla siklonları terk eder. Hidrosiklonajın etkinliğinin çamurun özelliklerine bağlı olduğu belirtilmelidir.

Alt akıştaki çamur sinter tesisinde yeniden kullanılır. Bu yeniden kullanım, yüksek fırındaki toplam çinko girdisiyle ilişkili olarak görülmelidir. Taşma suyundaki çinko açısından zengin çamur depolanır veya düzenli depolama sahasında bertaraf edilir. Malzemenin bir kısmı, örneğin DK Recycling tarafından çinko içeriği açısından başarılı bir şekilde geri kazanılmaktadır (bkz. Bölüm 2.5.4.4.2). İnce kısımda kalan radyoaktif bileşenler nedeniyle ek sorunlar ortaya çıkabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 6.24'te hidrosiklonlanmış BF çamurlarının çinko içerikleri verilmiştir.

Tablo 6.24: Hidrosiklonlanmış yüksek fırın çamurunun çinko içeriği için örnek

	Özgül çamur oluşumu (kg/t sıcak metal)	Zn içeriği (%)	Kuru bazda ağırlık (%)	Arıtma
Arıtılmamış çamur	1,0 – 9,7	0,1 – 2,5	100	Hidrosiklonaj
Hidrosiklonaj üst akışı	0,2 – 2,7	1 – 10	20 – 40	Depolama/düzenli depolama sahasında bertaraf
Hidrosiklonaj alt akışı	0,8 – 7,8	0,2 – 0,6	60 – 80	Sinter tesisine geri döndürülür
Source: [65, InfoMil 1997] [105, Pazdej ve diğ. 1995].				

Çapraz ortam etkileri

Siklonları çalıştırmak için küçük ama ölçülemeyen bir miktar enerji tüketilir.

İşletim verileri

Sistem sorunsuz çalışmaktadır.

Uygulanabilirlik

Hidrosiklonaj, ıslak toz giderme uygulandığında ve farklı tane boyutlarında Zn içeriği dağılımının makul bir ayırmayı mümkün kıldığı durumlarda, yeni ve mevcut tesislerde bir boru sonu teknolojisi olarak uygulanabilir.

Ekonomik boyut

[116, Rentz ve diğ. 1996]'da, 20000 t/yıl kapasiteli üç aşamalı bir tesis için yatırımın 2 milyon EUR ve işletme maliyetlerinin 25 EUR/t olduğu bildirilmektedir.

Bu örnek için para birimi 1994'te ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

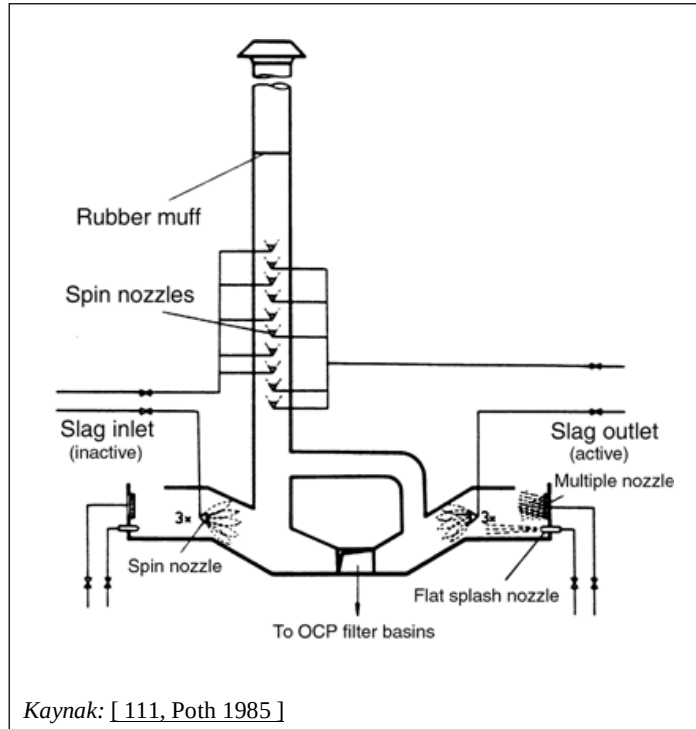
Corus, IJmuiden/Hollanda; Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg/Almanya.

Referans literatür

[105, Pazdej ve diğ. 1995] [116, Rentz ve diğ. 1996]

6.3.8 Cüruf işlemeden çıkan dumanın yoğunlaştırılması**Açıklama**

Bölüm 6.2.2.1'de bahsedildiği gibi, cüruf işlemeden H_2S ve SO_2 emisyonları oluşur. Bu koku sorunlarına yol açabilir. Bu sorunu çözmek için bazı taneleme tesisleri duman yoğunlaştırmalı olarak çalıştırılmaktadır (bkz. Şekil 6.21). Tatlı su kullanılıyorsa, kondensat ve cüruf susuzlaştırma suyu da soğutmadan sonra devridaim edilir. Cüruf taneleme ve duman yoğunlaştırma için deniz suyu kullanıldığında bu su yeniden kullanılmaz.



Şekil 6.21: Duman yoğunlaştırma ile yüksek fırın cürufunun taneli hale getirilmesi

Elde edilen çevresel faydalar

Duman yoğunlaştırma ile H₂S emisyonları, üretilen her bir ton sıcak metal için 1 – 10 g H₂S aralığındadır.

Çapraz ortam etkileri

Dolaşım suyunun soğutulması önemli miktarda enerji gerektirir. Enerji üretiminin kendisi çoğu zaman kükürt emisyonları ile bağlantılıdır. Duman yoğunlaştırma sırasında, azaltılan kükürdün mutlak miktarı nispeten küçüktür ve enerji üretimi sırasında salınan miktarla ilişkili olabilir. Bu ünitelerin tasarımında, özellikle hidrojenle ilgili sorunlar bakımından güvenlik hususları dikkate alınmalıdır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Almanya'daki birkaç cüruf taneleme tesisi (örneğin Thyssen AG, Duisburg/Almanya) ve aynı zamanda Port Talbot ve Scunthorpe'daki Corus tesisleri bir duman yoğunlaştırma sistemiyle donatılmıştır. Bu teknolojinin kullanıldığı diğer tesisler Finlandiya'da bulunmaktadır.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [242, Caughlin 2007] [354, Eurofer 2007]

6.3.9 Yüksek kaliteli cevher kullanımı

Açıklama

Bu teknik, ham madde olarak tercihen yüksek demir içeriği ve düşük gang içeriği olan sinter veya peletlerin kullanılmasını içerir. %61 – 63,5 demir içeriğine sahip sinter ve % 66,6 – 66,8 aralığında demir içeriğine sahip peletler kullanılır. Diğer önemli faktörler kokun orta düzeyde kül içeriğine ve enjeksiyonluk kömürün düşük kül içeriğine sahip olmasıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Yüksek kaliteli cevherlerin kullanılması, demir üretim sürecinin üretkenliğini ve enerji verimliliğini artırır. İndirgeyici maddelerin tüketimi daha düşüktür; bu da CO₂ emisyonlarının azalmasına yol açar. 3,4 ton/m³/gün düzeyinde verim ve CO₂ emisyonlarında 15 – 80 kg/t sıcak metal düzeyinde azalma sağlanabilir. Ayrıca, cüruf hacmi yaklaşık 150 – 200 kg/t sıcak metal düzeyine iner ve bu da cüruf işlemeden kaynaklanan emisyonları azaltır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Ham madde olarak demir açısından çok zengin sinter ve peletlerin kullanılması, prensipte diğer tesislerde uygulanabilir, ancak bu tekniğin geliştirilmesi ve farklı demir cevherlerinin yüksek fırın üzerindeki etkilerinin (örneğin düşük cüruf uygulamasının etkilerinden biri yüksek fırın refrakterlerinin ömrünün kısalması olabilir) temel olarak anlaşılması gerekir.

Uygulanabilirlik

Uygulanabilirlik büyük ölçüde, yüksek demir içeriğine sahip cevherlerin mevcudiyeti ile sınırlıdır.

Ekonomik boyut

Ekonomik faydalar, verimlilik artışı, enerji tüketiminin azalması ve indirgeyici maddelere olan gereksinimin azalması ile bağlantılıdır. Demir açısından zengin cevherlerin mevcudiyeti sınırlıdır. Bu uygulamanın Avrupa'daki yüksek fırınlarda uygulamaya koyulması, demir cevheri içeriği çok yüksek olan madenler için, serbest piyasa ve işleyebilir ve adil rekabet ilkelerine aykırı olarak tekellerin kurulmasına yol açacaktır. Oluşturulan bu katılık, bu kalitedeki demir cevherleri için dünya genelinde daha yüksek fiyatların oluşmasına neden olacaktır.

Uygulamanın gerekçesi

Üretkenlik ve enerji verimliliğindeki iyileşme, bu tekniğin uygulanmasının gerekçeleridir.

Örnek tesisler

Sinter - Ruuki/Finlandiya

Peletler – SSAB, Oxelosund/İsveç

Peletler – SSAB, Lulea/İsveç

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

6.3.10 Yüksek fırınlarda enerji verimliliğinin artırılması

Açıklama

Yüksek fırın haznesindeki aşınmayı kontrol etmek için modeller kullanılabilir. Kullanılan iki ayrı model vardır:

- a) Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılarak hazne refrakter astarındaki ısı iletkenlik ve ısı ıfıt ölçümlerine dayalı olarak 1150 °C eş sıcaklık eğrisinin yerini tahmin eden bir model.
- b) Isı iletkenliğine göre haznedeki 'ölü adamın' yüksekliğini tahmin eden bir model.

Soğutma suyunun kapalı devre işlemleri, iyi bir fırın yönetimi sağlanmasına yardımcı olur.

- c) Sabit bir durumda sorunsuz sürekli çalışma.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu tekniğin kullanılmasıyla enerji verimliliğinde bir artış ve CO₂ emisyonlarında ve bakım işlemlerinde (örneğin refrakterler) bir azalma sağlanabilir. İndirgeyici maddelerin tüketimi uzun vadede yaklaşık 5 kg/t sıcak metal düzeyinde azaltılır. Bu, CO₂ emisyonlarının yaklaşık 15 – 20 kg/t sıcak metal azalması anlamına gelir. YF kullanım ömrü birkaç yıl uzatılabilir.

c) için:

Sorunsuz sürekli çalışmanın sağlanması, emisyonların ve yük geçişi olasılığının azaltılmasına yardımcı olur.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Yüksek kullanılabilirlik (örneğin >%99).

Yüksek fırın çok iyi kontrol edilir.

Yüksek fırın prosesinin kontrolü ve YF haznesindeki aşınma için modeller büyük önem taşımaktadır. Ayrıca üretilen YF demirinin kalitesi sabit ve istenilen seviyede (örneğin haznedeki proses ve olaylar kontrol edilebildiğinde C, Si- ve S içerikleri bakımından) tutulabilir.

Uygulanabilirlik

Enerji verimliliğini artırmaya yönelik sistemler genellikle tüm Avrupa'daki yüksek fırınlarda uygulanmaktadır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Faydaları, enerji tasarrufuna ve demir kalitesinde iyileşmeye yol açan proses kontrolünün iyileştirilmesidir.

Örnek tesisler

Ruukki/Finlandiya.

SSAB, Lulea/İsveç.

Ovako, Koverhar/Finlandiya.

BK'deki tesisler.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [220, Eurofer 2008] [242, Caughlin 2007]

6.3.11 Yüksek fırın gazının geri kazanılması ve kullanılması

Açıklama

Tipik bir yüksek fırın, her bir ton sıcak metal başına yaklaşık 1200 – 2000 Nm³ YF gazı üretir. YF gazı %20 – 28 karbonmonoksit (CO) ve %1 – 5 hidrojen den oluşur (bkz. Tablo 6.7 ve Tablo 6.8). Karbonmonoksit, yüksek fırında karbonun oksidasyonu sırasında oluşur. CO'nun çoğu yüksek fırında daha da oksitlenerek CO₂'ye dönüşür. Karbonmonoksit ve hidrojen potansiyel enerji kaynaklarıdır ve bu enerjinin geri kazanılması için dünyadaki tüm yüksek fırınlarda önlemler alınmaktadır.

Yüksek fırın tepe gazı bu nedenle temizlenir ve daha sonra yakıt olarak kullanılmak üzere gazometrelerde tamponlanır. YF gazının Nm³ başına düşük enerji içeriği göz önüne alındığında, yakıt olarak kullanılmadan önce genellikle kok fırını gazı, BOF gazı veya doğal gaz ile zenginleştirilir.

Elde edilen çevresel faydalar

YF gazının enerji içeriği, karbonmonoksit konsantrasyonuna bağlı olarak genellikle 2,7 – 4,0 MJ/Nm³ arasında değişir. Bu, doğal gazın enerji içeriğinin sadece %10'udur. Bununla birlikte, üretilen büyük miktarlarda YF gazı, enerji geri kazanım potansiyelinin çok yüksek olduğu anlamına gelir. Yüksek fırından dışarı aktarılan toplam enerji yaklaşık 5 GJ/t sıcak metal olup, bu değer yüksek fırının brüt enerji tüketiminin %30'una eşittir.

Çapraz ortam etkileri

YF gazı temizliği kaçınılmazdır ve atık su ve katı kalıntılara neden olur.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Tüm yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Enerji tasarrufu ile önemli ekonomik faydalar elde edilir.

Uygulamanın gerekçesi

Enerjinin verimli kullanımından faydalar ve ekonomik faydalar sağlanır.

Örnek tesisler

Dünyada birçok yeni ve mevcut yüksek fırında uygulanmaktadır.

Referans literatür

[200, Komisyon 2001]

6.3.12 İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu

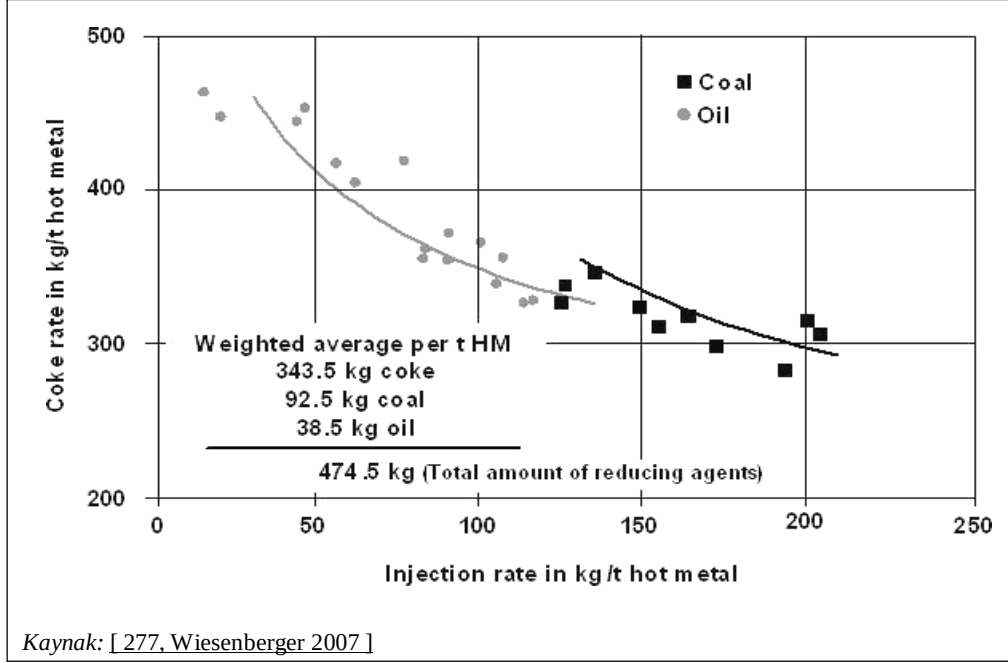
Genel

İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu, kokun bir kısmının, fırına tüyer seviyesinde enjekte edilen başka bir hidrokarbon kaynağı ile değiştirilmesi anlamına gelir (daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 6.1.3.1). Bu hidrokarbonlar, ağır yağ, yağ kalıntıları, geri kazanılmış atık yağ, granül veya toz kömür, doğal gaz veya kok fırını gazı ve atık plastikler şeklinde olabilir. Kömür ve yağ, tüyere enjekte edilen maddelerden en sık kullanılanlarıdır. Kok ihtiyacını azaltarak, genel kirlilik ve enerji gereksinimi de azaltılır.

Ancak, yüksek fırının düzgün çalışmasını sağlamak için yüksek fırında belirli bir miktarda kokun hala gerekli olduğu vurgulanmalıdır. Kok, yüksek fırın yüklemesini

sürdürmek için gerekli taşıma kapasitesini ve yeterli gaz penetrasyonunu sağlar. Tüyer seviyesinde hidrokarbon enjeksiyonu, fırında hava oluşu içinde gerekli sıcaklıkları elde etmek için ek bir oksijen enjeksiyonu (tüyerde enjeksiyon hızları arttıkça artan seviyelerde) gerektirir. Çok yüksek tüyer enjeksiyonu hızlarında (ve dolayısıyla yüksek oksijen seviyelerinde) çok az deneyim mevcuttur ve burada diğer hususların yanı sıra güvenlik de daha önemli bir konu haline gelir.

Şekil 6.22, Tablo 6.25 ve Tablo 6.26, mevcut yüksek fırınlarda indirgeyici maddeler için uygulanan enjeksiyon oranlarını göstermektedir.



Şekil 6.22: 26 yüksek fırında kok oranları ve enjeksiyon oranları

Not: Veriler 1999 yılına aittir ve VDEh derneğinin üyelerinden alınmıştır.

Tablo 6.25: Toz haline getirilmiş kömürün farklı doğrudan enjeksiyon seviyelerinde artık kok tüketiminin ve toplam kömür tüketiminin karşılaştırılması

	Enjeksiyon hızı (kg/t SM)	Artık kok oranı (kg/t SM)	Toplam kömür tüketimi ⁽¹⁾ (kg/t SM)
Yok	0	500	625
Tipik	150 – 180	310	538 – 568
Elde edilen daha yüksek değer	~240	270 – 300	577 – 615

⁽¹⁾ 1,25 kg kömürden 1 kg kok üretildiği varsayılmıştır.

Not: Rakamlar kuru kok ve kuru kömür ile ilgilidir.

Kaynak: [248, Eurofer 2007] [276, İtalya 2007] [348, Eurofer 2007].

Tablo 6.26: Farklı yüksek fırınlarda uygulanan indirgeyici maddeler

İndirgeyici madde türü	YF1	YF2	YF3	YF4	YF5	YF6	YF7	YF8	YF9	YF10 (1)
Kok	267	272	278	333	306	353	389	395	389	
İnce kok	50	78	89	61	22	56				
Kömür	150	0	0	0	142	0	0	0	0	
Yağ	0	106	78	61	0	50	43	43	49	130
Kok fırını gazı	0	0	0		0		46	43	0	
Diğer	0	0	0	28	0	22	0	0	19 (2)	
Toplam	467	465	445	483	470	481	478	481	457	460 – 470
(1) Peletlerle %100'de çalışan YF. YF'nin çalışma hacmi: 600 m ³ ; oksî-yağ enjeksiyonu.										
(2) Katran.										
Not: Her bir ton SM başına kg cinsinden değerler.										
Kaynak: [208, Lindfors ve diğ. 2006] [277, Wiesenberger 2007].										

Kömür enjeksiyonunun net enerji tasarrufu, 3,76 GJ/t enjekte edilen kömür olarak hesaplanmıştır. 180 kg/t sıcak metal enjeksiyon hızında, enerji tasarrufu 0,68 GJ/t sıcak metal veya yüksek fırının brüt enerji tüketiminin %3,6'sı düzeyindedir (bkz. Tablo 6.16). Bu enerji tasarrufları, azaltılan kok tüketiminin bir sonucu olarak dolaylı olarak elde edilir. Daha yüksek girdi oranları, daha yüksek enerji tasarrufu sağlayacaktır.

İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir. Bu yüksek oranda prosese entegre önlemin, yüksek fırının kendisinin çalışması, elde edilen stabilite ve sıcak metal ve cüruf kalitesi ile yakından ilişkili olduğu belirtilmelidir.

6.3.12.1 Kömür enjeksiyonu

Açıklama

Kömür enjeksiyonu yoluyla kok ikamesi, verimlilik, kok özellikleri, istenen sıcak metal kalitesi, YF basıncı, kömürün türü (örneğin antrasit) ve durumu (nem) vb. gibi faktörlere bağlıdır. [11, Campell ve diğ. 1992] [65, InfoMil 1997].

Bir yüksek fırına tüyer seviyesinde kömür enjeksiyonu hava oluşunun sıcaklığını düşürür. Sıcaklıktaki düşüşün miktarı enjekte edilen kömür miktarına bağlıdır ve sıcaklıktaki bu düşüş, yüksek fırının çalışması üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabilir. Geleneksel izabe indirgemeli yüksek fırınlarda izin verilen kömür enjeksiyonu 150 kg/t sıcak metal ile sınırlıdır ve bu sayede yüksek fırının stabil bir şekilde çalışması sağlanır.

Tüyer seviyesinde kömür enjeksiyonu için teorik maksimum değerin 270 kg/t sıcak metal olduğu düşünülmektedir. Bu sınır, kokun taşıma kapasitesi ve fırındaki termokimyasal koşullar tarafından belirlenir. Hava oluşundaki uygun koşulları sürdürmek ve aynı zamanda 260 kg/t sıcak metal düzeyine kadar daha yüksek kömür giriş hızları elde etmek için, sıcak üfleme havasının oksijenle zenginleştirilmesi ve tüyer seviyesinde oksî-kömür enjeksiyonu (bkz. Bölüm 6.1.3.1) AB'deki yüksek fırın tesislerinde uygulanmaktadır. Corus, IJmuiden/Hollanda'da ticari ölçekte toz haline getirilmiş kömür enjeksiyonu yapılmaktadır. Bir ton sıcak metal başına standart 250 kg kömür oranı uygulanır. Toz kömürün karbon içeriğine bağlı olarak, 2006'da her bir ton sıcak metal başına 210 ila 260 kg kömür enjekte edilmiştir (değerlendirilen referans veriler 2004 yılına ait olduğundan, veriler Tablo 6.1'dekinden farklıdır).

Elde edilen çevresel faydalar

İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu, kok üretimi ihtiyacını azaltır. Böylece kok fırın tesisindeki emisyonların önüne geçilir. Enjekte edilen her bir kg kömür için yaklaşık 0,85 – 0,95 kg kok üretiminden kaçınılmış olur.

Oksi-kömür enjeksiyonu uygulaması enjeksiyon hızını yaklaşık %20 arttırmış ve buna bağlı olarak kok oranını düşürmüştür. YF gazı temizliği için kullanılan ESF'nin performansı iyileştirilmiştir. Yüksek fırındaki geçirgenlik üzerindeki olumlu etkinin artırılması ve daha iyi kömür dağılımı ile birlikte, tüm yüksek fırın performansı iyileştirilmiştir.

Çapraz ortam etkileri

Ölçümler, enjekte edilen kömürün %1'den daha azının yüksek fırın tepesinden kaçtığını göstermektedir.

İşletim verileri

Oksi-kömür enjeksiyonu durumunda, iki yüksek fırının, üfleme havası sıcaklığı ve üfleme havasının oksijen zenginleştirilmesi ile ilgili kısıtlılıkları vardır. Bu nedenle, kömürün gazlaştırılmasını iyileştirmek için oksi-kömür enjeksiyonu sarmal tip, eş eksenli bir oksi-kömür lansı ile uygulanır. Oksi-kömür lansları, lans tıkanmasıyla ilgili daha önce yaşanan sorunları ortadan kaldırmış ve böylece yüksek fırınların tüyerleri arasında kömürün dağılımını iyileştirmiştir.

Yüksek kömür enjeksiyon hızlarında fırın, düşük duvar çalışmasına yönelir ve yüksek fırın direncinde artış olur. Bu, düşük kok oranları ile yük dağılımının dikkatli bir şekilde kontrol edilmesinin ve duvar ile merkezi gaz akışı arasında hassas bir dengenin sağlanmasının gerekli olduğunu gösterir.

Genel olarak, tutarlı olarak en yüksek kömür enjeksiyon seviyelerine ulaşabilmek için tamamen hazırlanmış bir yük gereklidir.

Sabit yüksek fırın üretim seviyelerinde, yüksek kömür enjeksiyon oranlarının uygulanması, kok ve yükün yüksek fırında kalış süresinde 'tamamen kok ile yapılan işleme' kıyasla artışa neden olacaktır. Bu nedenle, kok ve demirli yük malzemeleri, yüksek fırın gazındaki halojenli alkali metal türlerinin etkisi altında daha uzun süre kalacaktır. Ancak, kömür enjeksiyonunun uygulanması, oksijenle birlikte enjeksiyon yoluyla yüksek fırın verimliliğini artırma imkanı sunar. Kömür ve oksijen enjeksiyonunun mutlak seviyelerine ve fırın verimliliğindeki artışa bağlı olarak, kokun bacadan geçiş hızı, tamamen kok ile yapılan işletimin koşullarındaki hızdan daha düşük olabilir.

Gazlaştırılmamış kömürde odun kömürü parçacıklarının varlığı, eritilmiş demirli malzemelerin özelliklerini değiştirerek yüksek fırında eritme bölgesinin konumunu ve şeklini etkiler.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem, toz kömür enjeksiyonu ve oksijen zenginleştirme yapılan tüm yüksek fırınlarda uygulanabilir. İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Özellikle kok fırınlarını yeniden inşa etmek için sermaye harcaması yapmak zorunda kalabilecek veya kok satın almak zorunda kalabilecek tesislerde, daha fazla maliyet tasarrufu elde etmek amacıyla yüksek oranlarda kömür enjeksiyonu kullanmak için ekonomik gerekçeler mevcuttur. Ayrıca, kömür enjeksiyonu, koklaşabilir kömürlere kıyasla daha düşük kalitede kömürlerin kullanılmasına olanak sağlayabilir. Bu da maliyetleri azaltabilir.

1988'de 10 EUR/GJ düzeyinde maliyetler bildirilmiştir [65, InfoMil 1997]. Ancak, [11, Campell ve diğ. 1992]'de, daha düşük kok tüketimi nedeniyle maliyetlerden tasarruf edildiği gösterilmektedir. 1997'de Corus, Port Talbot/Birleşik Krallık'ta 4 numaralı yüksek fırında kömür enjeksiyonu sistemi kurmanın sermaye maliyeti yaklaşık 24 milyon EUR idi (başka bir sahadan alınan bazı fazla parçalar dahil). Bu örnekler için para birimi 1996 veya 1997'de ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Sürekli olarak yüksek miktarlarda oksijen sağlayan hava zenginleştirme, mevcut tesislerde kömür değirmenlerine yönelik ek gereksinim ve enjeksiyon ünitesi bakımı için ek gereklilikler nedeniyle ek maliyetler ortaya çıkacaktır.

Uygulamanın gerekçesi

İyileştirilmiş YF işletiminin bir sonucu olarak maliyet tasarrufları, artan verimlilik ve azalan CO₂ emisyonları ve çevresel faydalar, bu tekniğin uygulanması için mevcut olan gerekçelerdir.

Örnek tesisler

Yüksek fırınlara kömür veya yağ enjeksiyonu artık Avrupa'da ve dünya genelinde yaygın olarak uygulanan bir tekniktir (örneğin, ArcelorMittal, Corus; Corus, IJmuiden/Hollanda; Rivagroup, Taranto/İtalya; Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg/Almanya tesislerinde yüksek fırınlara kömür enjeksiyonu).

Oksi-kömür enjeksiyonu İsveç'te SSAB Oxelösund AB'de 1993'ten beri kullanılmaktadır.

Referans literatür

[140, Eurofer 2009] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [348, Eurofer 2007]

6.3.12.2 Oksi-yağ enjeksiyonu**Açıklama**

Yağların veya diğer sıvı hidrokarbonların enjeksiyonu, kömür enjeksiyonunda olduğu gibi hava oluğu sıcaklığını düşürür. Geleneksel izabe indirgemeli yüksek fırınlar için, hava oluğu sıcaklığındaki azalma fırın stabilitesinde önemli bir kayba neden olmadan önce, yağ enjeksiyonu yaklaşık 65 kg/t sıcak metal ile sınırlandırılır. Uygun hava oluğu koşullarını sürdürmek ve aynı zamanda daha yüksek yağ girdisi oranları sağlamak için 130 kg/t sıcak metal düzeyine kadar oksi-yağ enjeksiyonu uygulanır. Bu durumda, sadece ağır yağ kullanımı için tasarlanmış tüm tüyerlere oksi-yağ lansları takılır. Yağ ve oksijen ayrı ayrı beslenir ve yağın 220 °C'ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulması gerekir. Oksijen zenginleştirme miktarı %7 – 9'dur.

Elektrikli plazmayla üfleme havası kızdırma kullanarak veya üfleme havasının oksijenle zenginleştirilmesi uygulanarak üfleme havası sıcaklığını artırmak gibi diğer seçenekler hakkında bilgi sunulmamıştır.

Elde edilen çevresel faydalar

Oksi-yağ teknolojisi ile enjekte edilen yağ miktarı iki katına çıkar. Kok tüketimi azaltılabilir ve CO₂ emisyonları da azaltılabilir. Yağ, karbon ve hidrojenle oluşur ve 1:1,2 oranında kokun yerini alır (1,2 kg kok yerine 1 kg yağ). Oksi-yağ ekipmanı yardımı ile yağ miktarı ikiye katlanarak 130 kg/t sıcak metal düzeyine getirilir. Dolayısıyla kok tasarrufu yaklaşık 15 kg/t sıcak metal düzeyindedir ve CO₂ emisyonlarındaki azalma kabaca 50 kg/t sıcak metal düzeyindedir. Elde edilen çevresel faydalar ve enerji verimliliği bu nedenle önemlidir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Uygulamada, oksi-yağ enjeksiyonu çok güvenilir bir şekilde çalışır.

Uygulanabilirlik

Yağ ve oksijen beslemesi için ekipmanlara kolaylıkla ulaşılabilir. Oksi-yağ enjeksiyonu iyi bilinen bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yağ enjeksiyonunun kullanılması, verimliliği artırarak maliyet tasarrufu sağlar. Sürekli olarak yüksek miktarlarda oksijen sağlamak için hava zenginleştirme ve enjeksiyon ünitesi bakımı için ek gereklilikler nedeniyle ek maliyetler ortaya çıkacaktır.

Uygulamanın gerekçesi

İyileştirilmiş YF işletiminin bir sonucu olarak maliyet tasarrufları, artan verimlilik ve azalan CO₂ emisyonları bu tekniğin uygulanması için mevcut olan gerekçelerdir.

Örnek tesisler

Oxy-yağ teknolojisi 2000 yılından beri Ovako, Kovehar/Finlandiya'da kullanılmaktadır.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

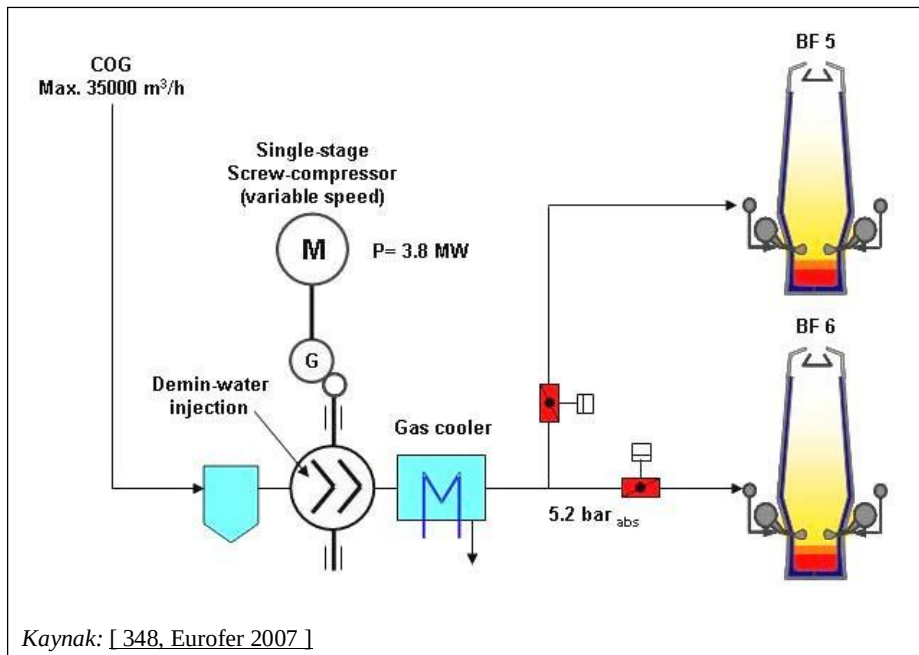
6.3.12.3 Gaz enjeksiyonu

Açıklama

2002'den bu yana, Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya, 5 ve 6 numaralı küçük yüksek fırınlarını, ağır yakıt yağının %70'inin KFG ile değiştirilmesiyle standart işletim prosedürü olarak eş zamanlı indirgeme gazı ve ağır yakıt yağı enjeksiyonu ile çalıştırmaktadır. 2004 yılında bu fırınlarda ortalama yağ enjeksiyonu oranı 45,5 kg/t sıcak metal ve KFG oranı 46,9 kg/t sıcak metal ve toplam eş değer kok oranı 477,8 kg/t sıcak metal düzeyindeydi. Eta-CO, YF gazında yaklaşık %8 H₂ ile 43,5 idi.

Tüyer seviyesinde KFG enjeksiyonu için maksimum düzeyin 100 kg/t sıcak metal olduğu düşünülmektedir. Bu sınır, fırındaki termokimyasal koşullar tarafından belirlenir. KFG artık H_2S ve organik kükürt bileşikleri içerir. KFG'nin gerçek girdisi çok daha düşüktür (bkz. Tablo 6.1). Bu kükürt bileşiklerinin konsantrasyon seviyesi, kömürlerdeki kükürt seviyesine ve/veya tesisin kükürt giderme verimliliğine bağlıdır. KFG'nin fabrikanın başka bir yerinde yakıt olarak kullanılması yerine indirgeyici olarak YF prosesinde kullanılması, fabrikadan kaynaklanan kükürt emisyonlarında bir azalmaya neden olabilir çünkü kükürdün bir kısmı YF cürufunda kalacaktır.

KFG enjeksiyonu için bir yerleşim düzeni örneği Şekil 6.23'te gösterilmektedir.



Şekil 6.23: KFG enjeksiyonu için örnek yerleşim düzeni**Elde edilen çevresel faydalar**

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

KFG için ikame oranı, 0,98 kg kok veya 0,81 kg ağır yağ için yaklaşık 1 kg gazdır. Ayrıca, BF prosesinde kok ve ağır yağ gibi karbon açısından zengin bir indirgeyicinin KFG gibi karbon açısından fakir bir indirgeyici ile değiştirilmesi, YF prosesinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının mutlak bir şekilde azalmasına yol açar. Yüksek fırında KFG kullanıldığında, normalde yeniden ısıtma fırınlarında vb. kullanılan bu gazın YF gazı, BOF gazı veya doğal gaz ile değiştirilmesi gerekir. Sonuç olarak, bu eski KFG tüketicilerinde SO₂ emisyonları %70 ila 90 oranında azalabilir.

Sıcak metal kükürt içeriğinin azaltılması da mümkün olabilir çünkü KFG, ağır yağ veya koka göre daha düşük kükürt girdisine sahiptir. Sıcak metalin kükürt giderme ön işleminde kükürt giderme maddelerinin (örneğin kireç, CaC₂, Mg) tüketimi de azaltılabilir. KFG enjeksiyonu için bir kompresör ünitesi gereklidir ve bu, yaklaşık 204 kWh/t KFG ek enerji tüketimine neden olur (2005'te bir referans tesisteki tüketime göre).

Uygulanabilirlik

Tüyerde KFG enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir olsa da, entegre çelik fabrikalarında başka yerlerde etkili bir şekilde kullanılabilen gazın mevcudiyetine de büyük ölçüde bağlıdır. İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Başlıca gerekçeler, iyileştirilmiş YF işletiminin bir sonucu olarak hem ekonomik hem de çevresel faydalardır.

Gaz enjeksiyon tesisi için Voestalpine Stahl GmbH'deki yatırım, günde yaklaşık 5000 ton sıcak metal üretimi için yaklaşık 10 milyon EUR idi. Toplam özgül işletme maliyetleri: 1,3 EUR/t sıcak metal veya 12 EUR/1000 m³ KFG (2.400.000 EUR/yıl ve 200 milyon m³ KFG/yıl).

Örnek tesisler

Yüksek fırınlara KFG enjeksiyonu, Avrupa'da Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'da uygulanan bir tekniktir.

Referans literatür

[348, Eurofer 2007]

6.3.12.4 Plastik enjeksiyonu**Açıklama**

Tüyer seviyesinde plastik enjeksiyonu için maksimum düzeyin 70 kg/t sıcak metal olduğu düşünülmektedir. Bu sınır, hava oluğundaki termokimyasal ve kinetik koşullar tarafından belirlenir. Plastikler Cl ve Hg, Cd, Pb ve Zn gibi ağır metaller içerebilir. Bu elementlerin plastiklerdeki konsantrasyon seviyesi, YF gazındaki gaz ve partikül bağlı

bileşiklerin bileşimini ve YF gazı temizleme sistemindeki toz ayırma davranışını etkiler. Bunun sonucunda plastik, bu elementler için belirli girdi kriterlerini karşılamalıdır. Yıkayıcı parametrelerinde yapılacak küçük bir değişiklik, YF gazındaki bu konsantrasyon seviyelerinin, plastikler enjekte edilmediğinde standart işletim koşullarıyla benzer olmasına olanak tanır.

Elde edilen çevresel faydalar

YF'de plastikler, kok gibi indirgeyici maddelerin bir kısmını ikame eder ve böylece kok üretimi ile ilgili emisyonlar önlenir.

Çapraz ortam etkileri

Plastiklerin oranı, enjekte edilen plastikten elde edilebilecek nispi karbon ve hidrojen miktarlarına bağlıdır. Bir kilogram plastik, yaklaşık 0,75 kg kokun yerini alabilir. Sıcak metal kükürt içeriğinin azaltılması da mümkündür çünkü plastikler, ağır yağ veya koka göre daha düşük kükürt girdisine sahiptir. Sıcak metalin kükürt giderme ön işleminde kükürt giderme maddelerinin (örneğin kireç, CaC_2 , Mg) tüketimi de azaltılabilir.

Kullanılan atıkların bileşimine (örneğin parçalayıcıdan çıkan hafif kısım) bağlı olarak, YF gazındaki Cr, Cu, Ni ve Mo miktarı artabilir.

İşletim verileri

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya 2005 yılında yılda 220.000 ton plastik enjeksiyonu için nihai izin almıştır ve kapasitesini 70 kg/t sıcak metal seviyesine çıkarmaktadır. 2008 yılında plastik enjeksiyon oranı, yüksek basınçlı hava kullanılarak 18 – 25 kg idi. Plastik, belirli bileşim gerekliliklerini karşılamalıdır. Tablo 6.27'de, Voestalpine'de enjeksiyon için kullanılan plastiklere ilişkin gereklilikler verilmiştir.

Tablo 6.27: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'deki yüksek fırına enjeksiyon için kullanılan plastiklerin bileşimine ilişkin gereklilikler

Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)		Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)
Cl	<%2		Pb	250
S	< %0,5		Ni	500
Co	1000		Hg	0,5
Cr	500		Cd	9
As	5		Zn	1000
Not: Değerlerin tümü mg/kg kuru plastik cinsindendir. Kaynak: [211, Remus, Rainer 2008].				

Her ikisi de Almanya'da bulunan ArcelorMittal, Bremen ve ArcelorMittal, Eisenhüttenstadt'daki plastik enjeksiyon tesisleri birkaç yıldır faaliyet göstermektedir. 2004 yılında, Bremen'deki 3 numaralı fırın ortalama 52,3 kg/t sıcak metal, Eisenhüttenstadt'taki 1 numaralı fırın ise ortalama 67,4 kg/t sıcak metal düzeyinde plastik enjeksiyonu gerçekleştirmiştir. Bu belgenin yazıldığı tarih itibarıyla (2010), her ikisi de ekonomik nedenlerle plastik enjeksiyonunu durdurmuştur.

Uygulanabilirlik

İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu hem yeni hem de mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir. Bu tekniğin büyük ölçüde yerel koşullara ve pazar koşullarına bağlı olduğu belirtilmelidir.

Ekonomik boyut

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki plastik enjeksiyonu tesis için yapılan yatırım, yılda 220.000 tona kadar enjeksiyon kapasitesi için yaklaşık 20 milyon EUR tutarındaydı. Enjeksiyon ünitesi bakımı için ek maliyetler ortaya çıkacaktır.

Uygulamanın gerekçesi

Bazı atık türleri için, hidrokarbon içeriğine koyulan kısıtlama nedeniyle düzenli depolama artık mümkün değildir. Bu nedenle, bu malzemeyi işlemek için başka yollar bulunmalıdır.

Örnek tesisler

Yüksek fırınlara plastik enjeksiyonu, Avrupa'da Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'da uygulanan bir tekniktir. Dört yüksek fırında parçalayıcıdan çıkan hafif kısmının işlenmesi konusunda deneyim sahibi olduğu bildirilmiştir (~200 kt/yıl).

Salzgitter Flachstahl GmbH, Salzgitter/Almanya, plastik enjeksiyonuna Mart 2008'de başlamıştır.

Referans literatür

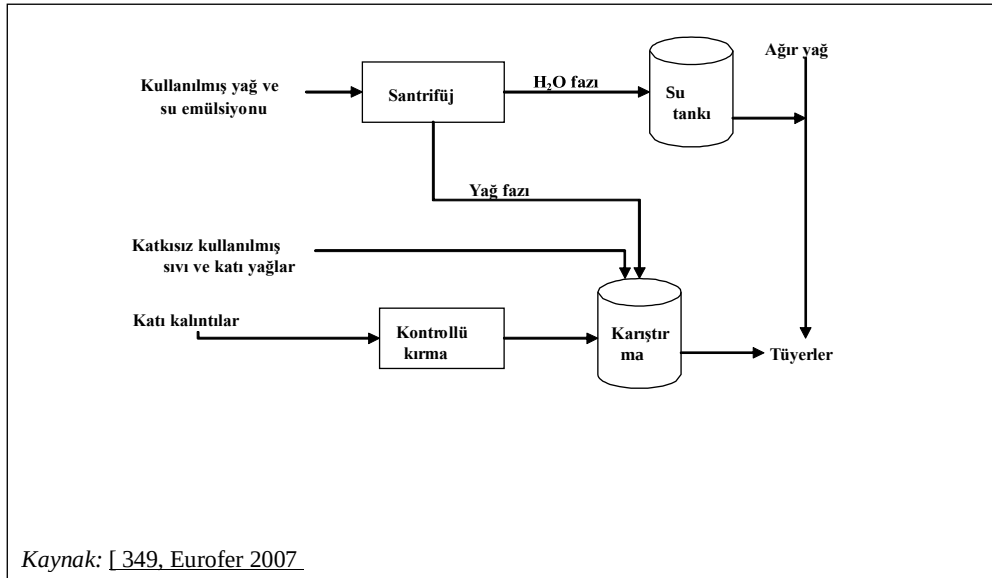
[11, Campell ve diğ. 1992] [65, InfoMil 1997] [132, Steeghs ve diğ. 1994] [211, Remus, Rainer 2008] [221, Thomas ve diğ. 2002] [222, Janhsen ve diğ. 2002] [238, Janke ve diğ. 1997] [276, İtalya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [348, Eurofer 2007] [390, Atkinson ve diğ. 2004]

6.3.12.5

İndirgeyici madde olarak kullanılmış sıvı ve katı yağlar ve emülsiyonların ve katı demir kalıntılarının doğrudan enjeksiyonu

Açıklama

Kullanılmış sıvı ve katı yağlar ve kullanılmış yağ ve su emülsiyonları sektör genelinde üretilmektedir. Bu kalıntılar, kok ve kömürün kısmi ikamesi olarak tüyer seviyesinde yüksek fırına enjekte edilebilir. Yüksek fırına doğrudan geri döndürülen sıvı enjeksiyonuna ilişkin sistemin basitleştirilmiş diyagramı Şekil 6.24'te verilmiştir. Alternatif teknikler kimyasal veya termal ayırmadır.



Şekil 6.24: Yüksek fırına doğrudan geri döndürülen sıvı enjeksiyonuna ilişkin sistemin basitleştirilmiş diyagramı

Bu prosedürün can alıcı noktası, yüksek fırına su enjeksiyonunun sıkı bir şekilde kontrol edilmesini sağlamak için emülsiyonlardaki su, yağ ve tozun ayrılmasıdır. Bu işlemi gerçekleştirmek için disk tipi santrifüjler kullanılır.

Santrifüj işleminde ayrılan suyun yüksek fırına enjekte edilen ağır yağa eklenmesi bu prosesin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu su ilavesinin seviyesi, hava oluğu adyabatik alev sıcaklığını (RAFT) kontrol etmek için kullanılabilir; yani su ilave seviyesinin artırılması RAFT'yi azaltır. Bu geri döndürülen malzemeleri kullanmanın bir avantajı, ilgili fırının işletiminde alev sıcaklığını ayarlama isteğine bağlıdır.

Yağlı hadde tufali kalıntıları, %20'ye kadar hidrokarbonlarla kontamine olmuş yüksek demir içeriğine sahip katı malzemeden oluşur. Bu tür malzemelerin kullanımında ilk adım, genellikle yağın demir açısından zengin katılardan ayrılmasıdır (yağdan arındırma). Bu sistemde yağlı hadde tufali ve benzeri kalıntılar boyut olarak küçültülerek (örneğin kırılarak) santrifüjde kullanılan yağlar ve emülsiyondan ayrılan yağ fazı ile karıştırılır. Elde edilen süspansiyon tüyerlere ayrı lanslar ile enjekte edilir. Hidrokarbonlar indirgeyici madde görevi görür, demir oksitler demire indirgenir ve erimiş çelik parçacıklarıyla birlikte sıcak metale karışır.

Tüyer seviyesinde malzeme (örneğin yağlı hadde tufali) enjeksiyonu, dioksin ve PAH emisyonlarının her iki durumda da kabul edilen sınırlar içinde kaldığını göstermiş ve yüksek fırında hava oluğu içinde yağın tam bir reaksiyonunu sağlama imkânını doğrulamıştır.

Elde edilen çevresel faydalar

Ayrılan yağ fazı ile ağır yağ arasındaki değişim oranı 1'den biraz daha düşüktür çünkü suyun yağ fazından tamamen ayrılması mümkün değildir.

Yüksek fırında kok oranının düşürülmesi, enjekte edilen kalıntıların miktarına bağlı olarak 3 ile 8,5 kg/t sıcak metal arasında olabilir. Hadde tufalinin yüksek fırında doğrudan enjeksiyonu, demir cevherlerinin bire bir ikame edilmesini sağlar.

Tablo 6.28: Tüyerlere enjekte edilen farklı malzemeler için enjeksiyon oranları ve ikame faktörleri

Malzeme	Enjeksiyon hızı (kg/t sıcak metal)	İkame faktörü
Kullanılmış sıvı ve katı yağlar	4 – 12	0,9
Ağır yağ	3,5 – 78	0,8
Kok (teorik)	3 – 8,5	0,8
Demir kalıntıları/demir cevherleri		1
Kaynak: [211, Remus, Rainer 2008] [349, Eurofer 2007].		

Çapraz ortam etkileri

Kapsamlı araştırmalar herhangi bir zararlı çapraz ortam etkisi ortaya koymamıştır. Ağır yağ tüketimi, benzer miktarda ayrılmış yağ fazı ile ikame edilebilir. Kok tüketimi yaklaşık 3 ila 8,5 kg/t sıcak metal azaltılabilir ve böylece bu miktarda kok üretimi ile ilgili emisyonlar önlenir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Kalıntıların doğrudan enjeksiyonu yeni ve mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir. Bu sistemin sürekli işletiminin, kalıntıların teslimi ve depolanmasına ilişkin lojistik konseptte bağlı olduğu belirtilmelidir. Ayrıca uygulanan taşıma teknolojisi de başarılı bir işletim için ayrı bir önem taşımaktadır.

Ekonomik boyut

Kalıntı enjeksiyonunun karlılığı, kok ve demir cevherlerinin ikame edilmesiyle ve bertaraf etme maliyetlerinin düşürülmesiyle sağlanır. Kalıntıların doğrudan enjeksiyonu için gereken sistemi kurmanın sermaye maliyeti yaklaşık 4 milyon – 6 milyon EUR düzeyindedir. Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki sistemin maksimum kapasitesi 12 kg kalıntı/t sıcak metal veya günde yaklaşık 2500 ton sıcak metal üretimi olan bir yüksek fırın için 15000 ton kalıntı/yıl düzeyindedir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Yukarıda açıklandığı gibi üretim kalıntılarının doğrudan enjeksiyonu için gereken sistem, Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'da 5 ve 6 numaralı yüksek fırınlarında kurulmuştur.

Referans literatür

[349, Eurofer 2007]

6.3.13 Tepe gazı basıncından enerji geri kazanımı**Açıklama**

Tepe basıncı yüksek olan yüksek fırınlar, ürettikleri büyük hacimli basınçlı tepe gazından enerjinin geri kazanılması için ideal bir imkan sağlar. Tepe gazı temizleme cihazından sonra kurulan bir genleşme türbini vasıtasıyla enerji geri kazanılır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tepe gazı basıncından geri kazanılabilen enerji miktarı, tepe gazı hacmine, basınç gradyanına ve giriş sıcaklığına bağlıdır. Bu şekilde enerji geri kazanımı, YF gazı temizleme cihazı ve dağıtım şebekesi düşük seviyede basınç düşüşüne sahip olduğunda uygulanabilir.

Modern yüksek fırınlardaki tepe gazı basıncı yaklaşık olarak 0,25 – 2,5 bar aralığındadır. YF gazı toplama hattının basıncı yaklaşık 0,05 – 0,1 bar'dır. Tepe gazı basıncının bir kısmı gaz temizleme cihazı tarafından 'tüketilir'.

2 – 2,5 bar tepe gazı basıncına sahip modern bir yüksek fırında üretilen elektriğin 15 MW kadar olduğu bildirilmektedir.

15 MW'lık bir türbin için 0,4 GJ/t sıcak metal düzeyine kadar enerji tasarrufu tahmin edilmektedir. Tasarruf, yüksek fırının brüt enerji gereksiniminin %2'si kadardır. Yüksek fırınlarda tepe gazı basıncı geri kazanımının uygulanması, yüksek tepe basıncına sahip fırınlarda yaygındır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Tepe gazı basıncından enerji geri kazanma tekniği genellikle sorunsuz bir şekilde otomatik olarak çalışır. Radyal türbinlere göre daha verimli olan eksenel türbinler kullanılabilir. Kritik nokta, türbinin kapatılacağı ve basınç gradyanının gaz temizleme cihazına aktarılacağı zamanın belirlenmesidir. Gaz temizleme cihazına ve/veya toplama hattına zarar vermemek için her zaman özel güvenlik önlemleri alınır.

Türbin kullanımı, YF gazının kapsamlı bir şekilde temizlenmesini gerektirir. Her şeyden önce, yüksek alkali içeriği teknik sorunlara (korozyon) neden olur.

Uygulanabilirlik

Tepe gazı basıncı geri kazanımı yeni tesislerde ve bazı durumlarda ek zorluklar ve maliyetlerle de olsa mevcut tesislerde uygulanabilir. Bu tekniğin uygulanmasında, en az 1,5 bar (gösterge) olmak üzere yeterli bir tepe basıncının olması temel bir gerekliliktir.

Yeni tesislerde, hem yıkamada hem de enerji geri kazanımında yüksek verimlilik elde etmek için tepe gazı türbini ve YF gazı temizleme tesisi birbirine uyandırılabilir.

Ekonomik boyut

Türbinin karlılığı, tepe gazının hacmi ve basınç gradyanının ve enerji maliyetlerinin artması ile artar. Modern bir yüksek fırında, üç yıldan daha kısa bir geri ödeme süresi mümkündür, ancak yerel koşullara ve tepe gazı basıncına bağlı olarak bu, 10 yıldan fazla olabilir.

Uygulamanın gerekçesi

Bir tepe gazı basıncı geri kazanım türbini kurmak için başlıca gerekçe ekonomik faydadır.

Örnek tesisler

Tepe gazı basıncı geri kazanımı, dünya genelinde yüksek tepe gazı basıncı ve hacmine sahip modern yüksek fırınlarda uygulanmaktadır.

Referans literatür

[1, Arimitsu 1995] [42, EC 2003] [65, InfoMil 1997] [66, Jokschi 1995] [350, Eurofer 2007]

6.3.14 Yüksek fırın sobalarında enerji tasarrufu

Açıklama

Yüksek fırın sobaları YF gazıyla (genellikle zenginleştirilmiş) yakılır. Sobanın enerji verimliliğini optimize etmek için çeşitli teknikler mevcuttur ve şunları içerir:

1. Enerji arzını gerçek talebe göre uyarlayarak gereksiz rezervleri önleyen ve ilave edilen zenginleştirici gaz miktarını en aza indiren (zenginleştirmenin yapıldığı durumlarda) bilgisayar destekli soba işletiminin kullanılması
2. Soğuk üfleme havası hattının ve atık gaz bacasının yalıtımı ile birlikte yakıtın veya yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması. Baca gazındaki duyulur ısı, yakıt ortamını ön ısıtmaya tabi tutmak için kullanılabilir. Bunun uygulanabilirliği, atık gaz sıcaklığının belirleyen soba verimliliğine bağlıdır (örneğin, 250 °C'nin altındaki atık gaz sıcaklıklarında, ısı geri kazanımı teknik veya ekonomik açıdan cazip bir seçenek olmayabilir). Isı eşanjörü, ekonomik nedenlerle tercihen bir ısıtma yağı devresi içerir. Bazı durumlarda dışarıdan ısı kullanılabilir (örneğin mesafeler çok uzun değilse sinter soğutucunun ısısı) Ön ısıtmaya tabi tutulan bir yakıt ortamı, enerji tüketimini azaltır. Zenginleştirilmiş yüksek fırın gazı kullanılan tesislerde, yakıtın ön ısıtmaya tabi tutulması, zenginleştirmenin artık gerekmeyeceği anlamına gelebilir.
3. Yanmayı iyileştirmek için daha uygun brülörlerin kullanılması
4. Hızlı O₂ ölçümü ve ardından yanma koşullarının uyarlanması.

Elde edilen çevresel faydalar

[66, Joksch 1995]'te aşağıdaki enerji tasarrufları bildirilmiştir:

1. Bilgisayar destekli sobaların kullanılması, sobada %5'ten fazla bir verimlilik artışına yol açar. Bu, yaklaşık 0,1 GJ/t sıcak metal düzeyinde enerji tasarrufuna eşittir.
2. Yakıtın veya yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması da yaklaşık olarak 0,3 GJ/t sıcak metal düzeyinde bir enerji tasarrufu sağlayabilir. Yanma gazının yüksek fırın gazının ön ısıtılmasında kullanılmasıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu teknikten elde edilen tasarruf yaklaşık 170 MJ/t çelik düzeyindedir. Sağlanabilecek emisyon seviyeleri şunlardır: 20 – 25 g NO_x/t sıcak metal, 70 – 100 g SO₂/t sıcak metal, 0,4 – 0,5 g CO₂/t sıcak metal.
3. 3 ve 4 numaralı tekniklerle ilgili olarak, iyileştirilmiş yanma koşulları ve uyarlanmış yanma koşullarıyla ilave 0,04 GJ/t sıcak metal düzeyinde enerji tasarrufu sağlanabilir.

Tekniklerin birlikte uygulanmasıyla mümkün olan toplam enerji tasarrufu 0,5 GJ/t sıcak metal düzeyindedir.

Çapraz ortam etkileri

[66, Joksch 1995] tarafından hiçbir çapraz ortam etkisi bildirilmemiştir. Yakıt ortamının ön ısıtmaya tabi tutulmasının ve baca gazı sıcaklığında bildirilen bir artışın, sobalarda daha yüksek NO_x emisyonlarına yol açması beklenebilir. Modern brülörlerin uygulanması NO_x emisyonlarını azaltabilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Sobalarda enerji tasarrufu için yukarıda belirtilen teknikler, tasarımın müsait olduğu ve ön koşulların mevcut olduğu hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Bu önlemler ekonomik açıdan cazip olabilir çünkü enerji tüketimi azalır ve böylece para tasarrufu sağlanır. Karlılık, tasarruf edilen enerji miktarına ve önlemlerin yatırım ve işletme maliyetlerine bağlıdır. Isı geri kazanımı için tipik kurulum maliyetleri, 1997'de soba seti başına (yani yüksek fırın başına) 6 milyon EUR idi.

Bilgisayar destekli kontrolün uygulanması, faydaları en üst düzeye çıkarmak için üç sobalı yüksek fırınlarda (mümkünse) dördüncü bir sobanın inşa edilmesini gerektirebilir.

Uygulamanın gerekçesi

Artan verimlilik ve azalan enerji tüketimi ile bağlantılı ekonomik faydalar, bu tekniklerin uygulanması için başlıca gerekçelerdir.

Örnek tesisler

Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg/Almanya
7 numaralı Yüksek Fırın; Corus, IJmuiden/Hollanda ArcelorMittal,
Ghent/Belçika
ArcelorMittal, Gijón/Spain
Ruukki/Finlandiya
Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya Voestalpine
Stahl GmbH, Donawitz/Avusturya.

Referans literatür:

[66, Joksç 1995] [208, Lindfors ve diğ. 2006]

7 BAZİK OKSİJENLİ ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ

Çelik üretiminde havanın oksijenle değiştirilmesi ilk olarak Henry Bessemer tarafından önerilmiştir. 1950'den beri, üretim yönteminden bağımsız olarak çelik üretiminde oksijen kullanılmaktadır. Bazik oksijen fırını (BOF) prosesinin endüstriyel ölçekte uygun maliyetli kullanımı için bir ön koşul, gerekli tonajda teknik olarak saf oksijenin mevcudiyeti ve ayrıca oksijeni dönüştürücüye vermek için gerekli su soğutmalı lans teknolojisiydi.

İlk üretim ölçekli BOF (oksijen dönüştürücü olarak da adlandırılır) 1952'de Avusturya'nın Linz şehrinde kurulmuştur [363, Eurofer 2007].

BOF prosesi ve elektrik ark fırını (EAF), o zamandan beri Thomas prosesi ve açık hazne prosesi (Siemens-Martin prosesi) gibi mevcut, daha az enerji verimli çelik üretim proseslerinin yerini almıştır. AB'de son Siemens-Martin fırınları 1993 yılı sonunda hizmet dışı bırakılmıştır. BOF prosesi ve EAF, AB'de çelik üretmek için kullanılan tek proseslerdir. BOF prosesi, üretimin üçte ikisini, EAF prosesi de geri kalan üçte birini oluşturmaktadır (2006'da AB-27'de. Ayrıca bkz. Şekil 1.2).

Şekil 7.1'de, sıcak metal yükleme anında bir BOF'nin resmi yer almaktadır.



Kaynak: [200, Komisyon 2001]

Şekil 7.1: Sıcak metali yükleme anında bazik oksijen fırını

7.1 Uygulanan proses ve teknikler

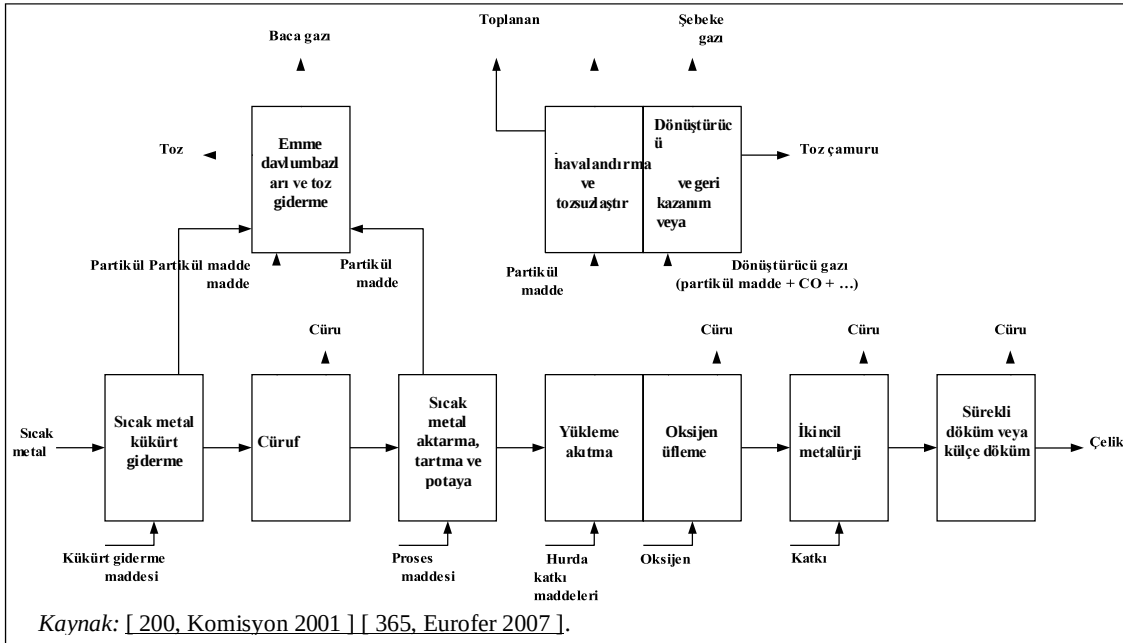
Oksijenli çelik üretiminde amaç, sıcak metal ham maddesinde bulunan istenmeyen safsızlıkları yakmaktır (yani oksitlemek). Bu şekilde oksitlere dönüştürülen ana elementler karbon, silikon, manganez ve fosfordur [363, Eurofer 2007]. Kükürt içeriği esas olarak sıcak metalin ön işlemi sırasında azalır. Bu nedenle, bu oksidasyon işleminin amacı:

- Karbon içeriğini belirli bir seviyeye düşürmek (yaklaşık %4 – 5'ten tipik olarak %0,01 – 0,4'e)
- Arzu edilen yabancı elementlerin içeriğini ayarlamak
- İstenmeyen safsızlıkları mümkün olduğunca uzaklaştırmaktır.

BOF prosesiyle çelik üretimi, aşağıdaki adımları içeren süresiz bir prosestir:

- YF'den aktarım ve boşaltma
- Sıcak metalin ön işleme tabi tutulması (kükürt giderme, cüruf giderme)
- Aktarım, tartım ve potadan potaya aktarma
- BOF'de oksidasyon (karbonsuzlaştırma ve safsızlıkların oksidasyonu)
- İkincil metalürjik arıtma
- Döküm (sürekli ve/veya külçe).

Her bir adım ve bunlarla ilişkili emisyonlar Şekil 7.2'de özetlenmiştir.



Şekil 7.2: Emisyon kaynaklarıyla birlikte oksijenli çelik üretim sırası

7.1.1 Sıcak metalin taşınması ve depolanması

Sıcak metal, yüksek fırından çelik üretim tesisine aktarma arabaları veya torpido potaları kullanılarak getirilir. Potalar, çelik ve refrakter malzeme arasında ek bir yalıtım ara katmanı ile birlikte korindon, mullit ve boksit veya dolomit tuğla ile kaplıdır. Raylar üzerinde hareket eden bir tür sıcak metal mikseri olan torpido potası, ağırlıklı olarak kullanılan sistem haline gelmiştir. Karıştırma kabı her iki taraftan desteklenir ve içeriğini boşaltmak için döndürülebilir. Torpido potaları genellikle 100 ila 300 ton kapasitelerde tasarlanır ve en büyük birimler 400 tona kadar yük taşır. Torpido potasının tasarımı ısı kaybını en aza indirir. Torpido

potasının sıcak metal mikseri görevi görmesi ayrı bir sıcak metal depolama sistemine olan ihtiyacı ortadan kaldırır.

Torpedo potalarının normal kullarındaki ömürleri 150.000 ton ile 400.000 ton arasında değişmektedir. Torpedo potasında kükürt giderme, yeniden astarlama işlemleri arasındaki potansiyel kullanım döngüsünü kısaltır ve refrakter malzemelerin seçiminde özel dikkat gerektirir.

Sıcak metal, üstü açık bir potada taşınırken, bazı durumlarda mikserlerde depolanır. Bunlar, refrakter tuğla ile kaplanmış, dönebilen yatay çelik konteynerlerdir. Her bir yüksek fırın ısısının kimyasal bileşimini eşitlemek ve homojen sıcaklıklar sağlamak için yüksek fırının ve çelik üretim tesisinin üretim dalgalanmalarının telafi edilmesine ve dengelenmesine hizmet ederler. Modern sıcak metal mikserleri 2000 tona kadar kapasiteye sahiptir.

7.1.2 Sıcak metalin ön işleme tabi tutulması

Ön işlemin amacı, sıcak metaldeki kükürt, fosfor ve silikon içeriğini azaltmaktır [363, Eurofer 2007].

Avrupa'da, BOF prosesi için sıcak metal hazırlarken yalnızca kükürt giderme adımı kullanılır. Ham maddenin fosfordan ve silikondan arındırılması, mevcut gereklilikler göz önüne alındığında öngörülebilir gelecekte gereksiz görünen maliyetli ve karmaşık proses teknolojisini içerir. Bu proseslerin kullanımı, yüksek fırında kullanılan ham maddelere ve gereken çelik kalitesine bağlıdır [363, Eurofer 2007].

Geliştirilmiş yüksek fırın metalürjisi ve kok ve diğer indirgeme maddeleri ile kükürt girdisinin azaltılması, sıcak metalde kükürt seviyelerinin azalmasını sağlamaktadır. Bugün, dönüştürücüye yükleme için belirtilen kükürt konsantrasyonları (tipik olarak %0,001 ile %0,020 arasında) genellikle çelik fabrikasında bulunan bir sıcak metal kükürt giderme tesisinde ayarlanmaktadır. Harici kükürt giderme ayrıca çevre koruma açısından faydalar sağlar. Kaynak yönündeki bir yüksek fırın prosesi ile bu faydalar genel olarak azaltılmış kok ve sinter tüketimini, daha düşük sıcak metal kayıplarını ve iyileştirilmiş metalürjik cüraf kalitesini içerir. Bu da nihayetinde refrakter astarlarının ve oksijenin tüketiminde bir azalma sağlar [363, Eurofer 2007].

Kükürt giderme maddeleri esas olarak kalsiyum karbür, ancak aynı zamanda kireç, magnezyum, kalsiyum oksit ve nadiren soda külü içeren maddelerdir.

Bugün Avrupa'da kullanılan en yaygın sıcak metal kükürt giderme yöntemi, atık bertarafı ve hava kalitesi yönetimi nedenleriyle önceki soda prosesinin yerini alan kalsiyum karbürü dayalı yöntemdir. Kalsiyum karbür, magnezyum ve kireç karışımının kullanılması, başlangıçtaki kükürt içeriğine bakılmaksızın sıcak metalin %0,0010'a kadar nihai seviyelere incek şekilde kükürtten arındırılmasına olanak tanır. Dezavantajlar, kükürt giderme maddesinin oldukça düşük seviyede tükenmesi ve kükürt giderme maddesinin sıcak metal ile yoğun bir şekilde karıştırılması ihtiyacı ile ilgilidir. Özel faydalardan biri, prosesin kolayca uzaklaştırılabilen ufalanmış bir cüraf oluşturmasıdır. Kalsiyum karbürü ek olarak magnezyum kullanımı, neredeyse tek başına kalsiyum karbür kullanımı kadar yaygındır [363, Eurofer 2007].

Soda külü ile kükürt giderme, düşük erime sıcaklığı ve bunun sonucunda ürünün sıcak metal ile kolayca karışabilmesi nedeniyle kolay bir prostestir. Dezavantajları arasında düşük özgülük ve üretilen soda cürafu için bir bertaraf yolu bulma ihtiyacı yer alır. Bu cürafların kükürt içeriği kullanılan prosese göre %1 ile %15 arasında, Na_2O içeriği ise %5 ile %40 arasında değişmektedir. Soda cürafunun tesiste geri dönüştürülmesi, yüksek alkalinitéinden dolayı pratik olmayan bir uygulamadır. Maliyet açısından verimli, alternatif bir geri dönüşüm yöntemi bugüne kadar tasarlanmamıştır. Sodyum sülfid çöpe döküldüğünde, suyun varlığından dolayı sodyum hidroksit çözeltisine ve hidrojen sülfüre ayrışır. Soda külü kullanımı kısıtlanmıştır. Sıyırma işlemi sırasında sınırlı miktarda soda külü kullanılabilir.

Kükürt giderme prosesi, çeşitli yöntem ve sistemlerle gerçekleştirilir. Daha yaygın olarak kullanılan yöntemlerde, kükürt giderme aşağıdaki yerlerde gerçekleştirilir:

- Yüksek fırın yıkama alanında
- Dökülen akışta
- Aktarma potasında veya
- Özel olarak tasarlanmış metalürjik kaplarda.

Bilinen kükürt giderme ekipmanları arasında, daldırma lansı, sifon potası, dönen ve salınan kaplar ve potada kullanım için çalkalama ekipmanları yer alır. Kalsiyum karbür en yaygın olarak daldırma lansı ve karıştırma yöntemiyle birlikte kullanılır. Magnezyum, bir daldırma lansı aracılığıyla bir taşıyıcı gaze toz halinde eklenir. Kükürt giderme prosesi ayrı arıtma istasyonlarında gerçekleştirilir.

Bir uygulama örneği şu şekildedir: Kükürt giderici bir madde, azot veya kuru hava yardımıyla sıcak metale bir lans ile üflenir. Kükürt, sıcak metalin üstünde yüzen cürufa bağlanır. Cüruf daha sonra cüruf ayırma ünitesinde uzaklaştırılır ve sıvı demir potadan tartım çukuruna beslenir. Gerekirse bu çukurlara proses maddeleri eklenir. Bazen bu noktada cüruf kazıyıcılar kullanılarak ikinci bir cüruf giderme işlemi gerçekleştirilir. Pota çoğunlukla vinç terazisi ile tartılır. Tartıldıktan sonra sıcak metal dönüştürücüye yüklenir [363, Eurofer 2007]. Dolu pota ile boş pota arasındaki fark, dönüştürücüye doldurulan sıcak metalin doğru ağırlığıdır.

7.1.3 Bazik oksijen fırınında oksidasyon

Yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için, istenmeyen safsızlıklar oksitlenir ve ardından çıkış gazı veya cüruf uzaklaştırılır. Tablo 7.1'de, bazik oksijen fırınında (BOF) meydana gelen oksidasyon prosesi sırasında gerçekleşen ana kimyasal reaksiyonlar yer almaktadır. İstenmeyen safsızlıklar çıkış gazı veya sıvı cüruf ile uzaklaştırılır. Sıcaklığı yükseltmek ve girdi malzemelerini eritmek için gereken enerji ekzotermik oksidasyon reaksiyonu tarafından sağlanır; böylece ek bir ısı girişi gerekmez. Öte yandan, ısıyı dengelemek için hurda veya cevher eklenmelidir. Bazı BOF ve birleşik üfleme proseslerinde, gaz halindeki hidrokarbonlar (örneğin doğal gaz) tüyer soğutma sıvısı olarak enjekte edilir (bkz. Şekil 7.4).

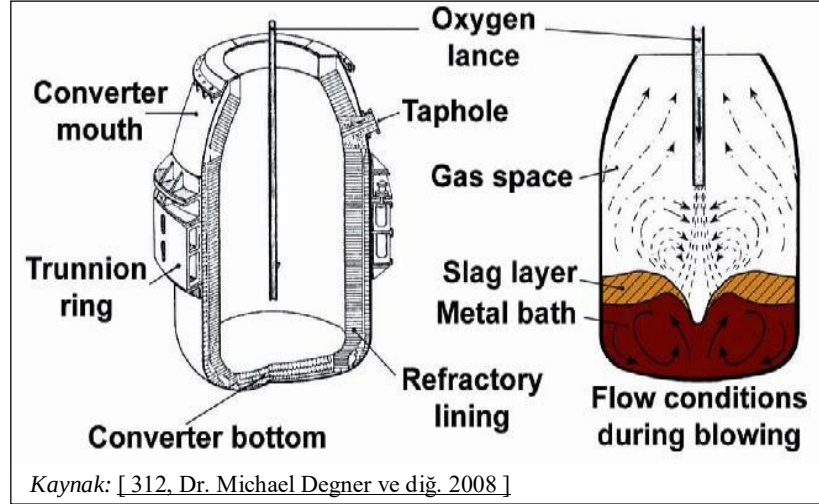
Tablo 7.1: Oksidasyon prosesi sırasında gerçekleşen ana kimyasal reaksiyonlar

Oksidasyon prosesi	Kimyasal reaksiyon		
Karbon giderme	$[C] + [O]$	S	CO (çıkış gazı)
	$[CO] + [O]$	S	CO ₂ (çıkış gazı)
Eşlik eden ve eser elementlerin oksidasyonu			
- Silikondan arındırma	$[Si] + 2[O] + 2[CaO]$	S	(2CaO • SiO ₂)
- Manganez reaksiyonu	$(Mn) + [O]$	S	(MnO)
- Fosfordan arındırma	$2[P] + 5 [O] + 3 [CaO]$	S	(3CaO • P ₂ O ₅)
Oksijenden arındırma			
Kalıntı oksijenin ferro-silikon ile uzaklaştırılması	$[Si] + 2[O]$	S	(SiO ₂)
Alüminyum reaksiyonu	$2[Al] + 3[O]$	S	(Al ₂ O ₃)
Not: — [] = Sıcak metalde çözünür. — () = Cürufta bulunur.			
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [363, Eurofer 2007].			

Bir BOF'nin çalışması yarı süreklidir. Tam bir döngü şu aşamalardan oluşur: Hurda ve erimiş sıcak metalin yüklenmesi, oksijen üfleme, numune alma ve sıcaklık kaydı ve akıtma. Modern çelik fabrikalarında 30-40 dakikalık bir döngüde 380 tona kadar çelik üretilir.

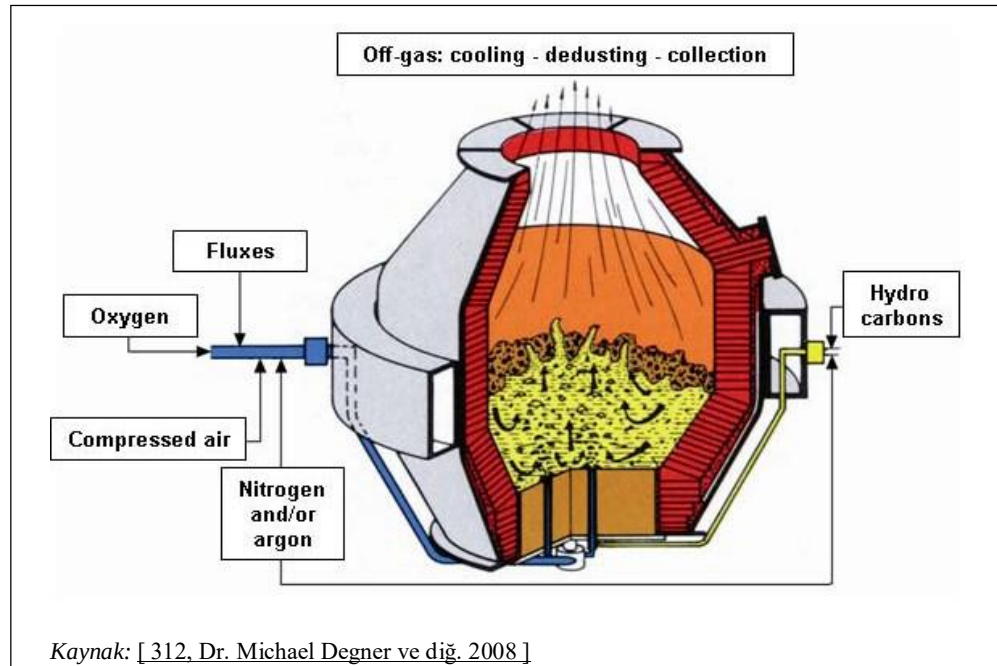
Proses sırasında, çelik kalitesini uyarlamak ve cüruf oluşturmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Yükleme ve akıtma sırasında dönüştürücü eğilir. Oksijen üfleme sırasında dönüştürücü dik konumdadır [363, Eurofer 2007].

Bazık oksijenli çelik üretim prosesi için kullanılan çeşitli reaktör türleri vardır. En yaygın kullanılan tip, düşük fosfor içeriğine sahip sıcak metal için uygulanan LD dönüştürücüsüdür (Linz-Donawitz). Dönüştürücü, içine suyla soğutulan bir oksijen lansının indirildiği, armut biçimli, ateşe dayanıklı malzemeyle astarlanmış bir reaktördür. Bir hava ayırıştırma tesisinden gelen saf oksijen (>%99), bu lans içinden sıvı sıcak metal üzerine üflenir (bkz. Şekil 7.3) [363, Eurofer 2007].



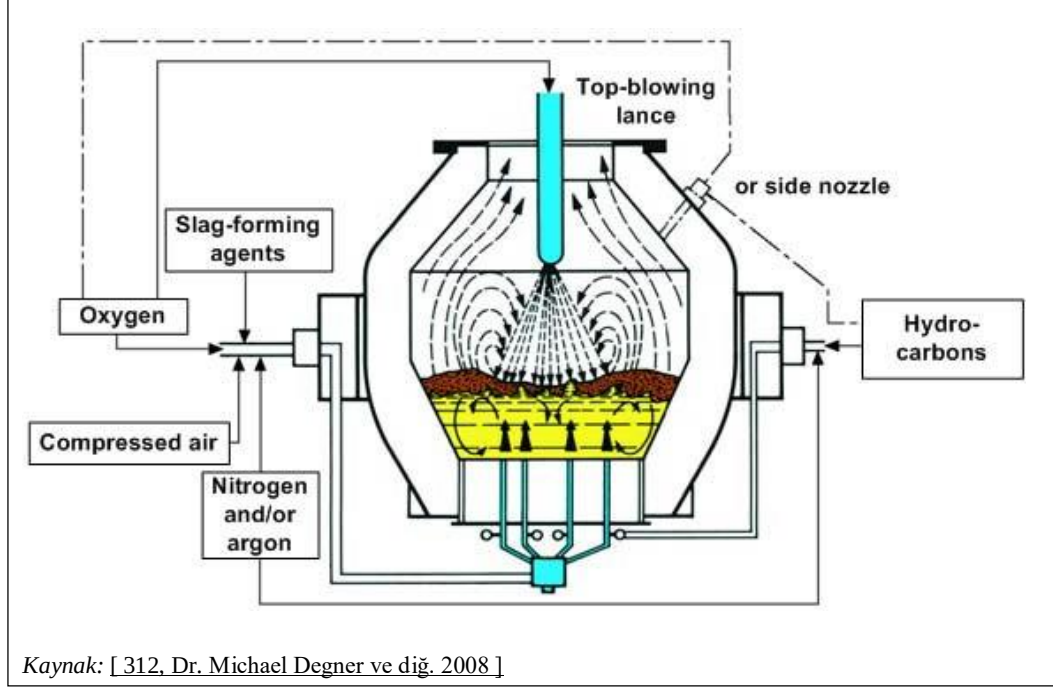
Şekil 7.3: Bazık oksijenli çelik üretimi dönüştürücü

Diğer çelik üretim reaktörü türleri, İngilizce konuşulan ülkelerde Q-BOP prosesi (bkz. Şekil 7.4) olarak bilinen oksijen tabanlı Maxhütte (OBM) prosesi ve Loire-Wendel-Sprunck (LWS) prosesisidir. Bu prosesler, oksijen ve eritken maddelerin, soğutma için hidrokarbonlar kullanılarak fırın tabanındaki batık tüyerlerden üflenmesi bakımından LD dönüştürücüsünden farklıdır [19, EC BOF 1995] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008] [363, Eurofer 2007].



Şekil 7.4: Bir OBM (Q-BOP) dönüştürücüsünün dış yüzeysiz modeli

Kombine üfleme teknikleri de geliştirilmiştir. Gerektiğinde, LD dönüştürücü prosesi, prosenin belirli aşamalarında dip astardaki gözenekli tuğlalar içinden argon gazı (Ar) veya azot (N_2) ile 'dipten karıştırma' yapılarak geliştirilebilir. En sık görülen tipler, lansla köpürtmeli denge (LBE) prosesi ve Thyssen üfleme metalürjisi (TBM) prosesidir. TBM'nin bir örneği, Şekil 7.5'te üstten üflemlili bir kombine üflemlili dönüştürücü sisteminin şemasında gösterilmektedir. Alternatif olarak, lans tüyer dengesi (LTE) veya LD-HC tekniği gibi üfleme prosesi sırasında saf oksijen veya diğer gazları enjekte etmek için dip tüyerleri kullanılabilir. Bu kombine üfleme teknikleri, erimiş çeliğin daha yoğun sirkülasyonunu sağlar ve oksijen ile erimiş metal arasındaki reaksiyonu iyileştirir [363, Eurofer 2007].



Şekil 7.5: Üstten üflemlili kombine bir üfleme dönüştürücü sisteminin şematik görünümü

Tablo 7.2, prosesi türlerine göre AB'de kullanımda olan oksijen dönüştürücülerin sayısı hakkında genel bir bakış sunmaktadır. Görüldüğü gibi, LD prosesi en çok kullanılan prosestir.

Tablo 7.2: AB'de faaliyette olan bazı oksijen fırınlarının (oksijen dönüştürücüler) tipleri, sayıları ve nominal kapasiteleri

Proses	Sayı		Nominal kapasite (kt/yıl)	
	1997	2004	1997	2004
LD	17	5	12 400	5 400
Dipten karıştırmalı LD	44	36	64 960	54 300
LBE	22	10	27 550	12 700
OBM	5		2 780	
KOBM	1		2 200	
EOF	1		400	
TBM		5		10 200
LWS	2	2	2 900	2 200
LET		2		4 400
Toplam	92	60	113190	89 200

Kaynak: [200, Komisyon 2001] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007].

Tüketilen oksijen miktarı, sıcak metalin bileşimine (yani C, Si, P içeriğine) bağlıdır.

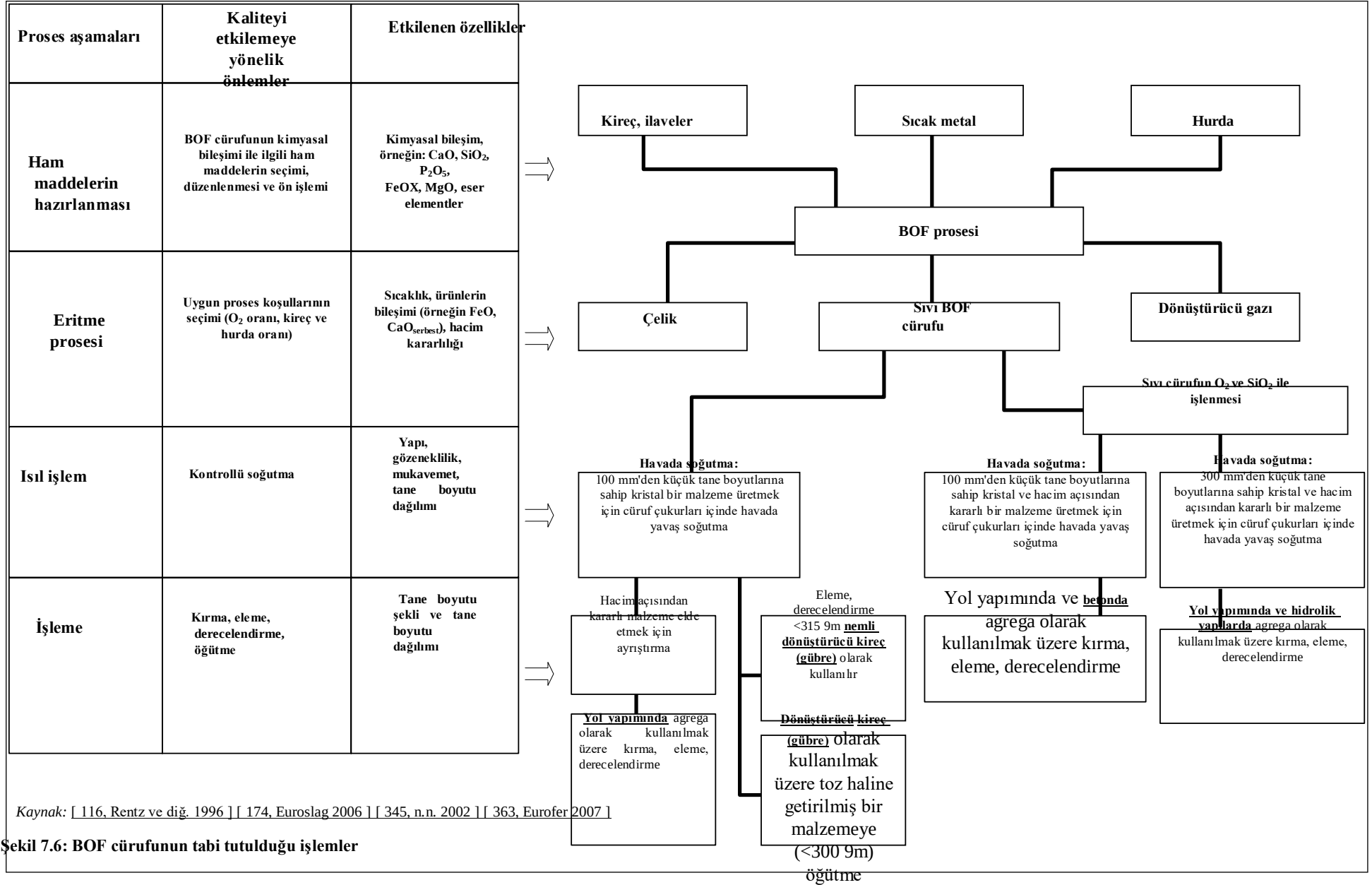
Çelik üretim prosesinin ilerleyişi, erimiş metalden numuneler alınarak ölçülür. Modern tesislerde bir alt lans kullanılarak oksijen üfleme kesilmeden numune alımı yapılmaktadır. Proses prosedürlerini standartlaştırarak ve/veya yeterli dinamik modelleme ve izleme uygulanarak aynı sonuç elde edilir. Bu uygulamalar, kaliteyi ve verimliliği korurken dönüştürücünün eğilmesi sırasında meydana gelen duman emisyonlarını azaltır. Çelik kalitesi istenen özellikleri karşıladığında, oksijen üfleme durdurulur ve ham çelik dönüştürücüden bir potaya akıtılır. Erimiş çelik ikincil metalürjiden sonra döküm makinesine taşınır.

Oksitleyici reaksiyonlar ekzotermik olduğundan erimiş demirin sıcaklığını artırır. Reaksiyonu soğutmak ve sıcaklığı yaklaşık 1600 – 1700 °C'de tutmak için hurda, demir cevheri veya diğer soğutucular eklenir. Genellikle yaklaşık 190 kg/t LS hurdadır, ancak bazen 300 kg/t LS ve hatta daha yüksek değerlere ulaşılır. Yüklenen hurda miktarı, sıcak metale uygulanan ön işleme ve gerekli sıvı çelik akıtma sıcaklığına bağlıdır [145, UBA Açıklamaları 1997]. Hurdanın piyasa değerindeki ve gerekli çelik özelliklerindeki değişikliklerin de etkisi vardır [363, Eurofer 2007].

Oksijen üfleme sırasında üretilen gazlar (dönüştürücü gazı) büyük miktarlarda karbonmonoksit içerir. Çoğu çelik fabrikasında, dönüştürücü gazının geri kazanılması ve bir enerji kaynağı olarak kullanılması için önlemler alınmaktadır. Açık yakma sistemlerinde, dönüştürücü baca gazı kanalına hava verilerek karbonmonoksit kısmen veya tamamen yakılır. Bastırılmış yanma sisteminde, oksijen üfleme sırasında dönüştürücü ağzının üzerine bir etek indirilir. Böylece ortamdaki oksijen baca gazı kanalına giremez ve karbonmonoksitin yanması engellenir. CO açısından zengin baca gazı toplanabilir, temizlenebilir ve daha sonra yakıt olarak kullanılmak üzere tamponlanabilir. Bastırılmış yanmanın ana avantajı, yanma olmadığı ve ilave hava azotu verilmediği için daha küçük bir baca gazı akışının meydana gelmesidir. Oksijen üfleme hızı artırılabilir için bu, daha yüksek verimlilik sağlar. Hem ‘açık yanma’ hem de ‘bastırılmış yanma’ sistemleri kullanılmaktadır. Açık yanmada üretilen ısı genellikle bir atık ısı kazanında geri kazanılır [363, Eurofer 2007].

Oksijenli çelik üretim prosesi ayrıca hurda ve sıcak metalin yüklenmesi, üfleme ve cüruf ve sıvı çeliğin akıtılması sırasında önemli miktarlarda toz üretir. AB'deki tüm çelik imalathaneleri, toz emisyonlarını azaltmak için önlemler almaktadır.

Çelik üretim prosesinde BOF cürufu oluşur. Cüruf kontrolüyle, sıcak metalin bileşiminin ayarlanması ve istenen kalitede cüruf üretilmesi amaçlanır [363, Eurofer 2007]. Cüruf üretimi sırasında ve cüruf soğuduktan sonra, BOF cürufunun kalitesini etkilemek için piyasa koşullarına bağlı olarak çeşitli önlemler alınır (bkz. Şekil 7.6). Genellikle kristal cüruf, üretim prosesinin bir parçası olarak kırılır ve elenir. Cüruf, çok yüksek kaliteli agregalar üretmek için silisyum eklenerek oluşturulduktan hemen sonra sıvı haldeyken de işleme tabi tutulabilir. Tarımsal toprak düzenleyici üretmek için fosfatlar da eklenebilir. Cürufun teknik ve kimyasal özellikleri, inşaat ve hidrolik mühendisliğinin yanı sıra tarımdaki uygulamalar için de uygun olmasını sağlar [363, Eurofer 2007]. Bazen cüruf düzenli depolama alanlarında bertaraf edilir.



7.1.4 İkincil metalürji

Dönüştürücüdeki oksitleme prosesini genellikle çeşitli metalürjik işlemleri içeren bir son işlem takip eder. ‘İkincil metalürji’ olarak anılan bu işlem, sürekli artan kalite gereksinimlerine yanıt olarak geliştirilmiştir ve metalürjik arındırma işlemlerinin yükünü dönüştürücüden uzaklaştırarak önemli verimlilik artışları sağlamaktadır. İkincil metalürjinin ana hedefleri şunlardır:

- Karıştırma ve homojenleştirme
- Analiz toleranslarını kapatmak için kimyasal bileşimlerin ayarlanması
- Akış yönündeki döküm prosesi için zamanında sıcaklık ayarı
- Oksijenden arındırma
- Hidrojen ve azot gibi istenmeyen gazların uzaklaştırılması
- Metalik olmayan kalıntıları ayırarak oksidik saflığın iyileştirilmesi.

İkincil metalürji işlemlerine genel bir bakış Şekil 7.7’de verilmiştir. Bu adımlar pota veya pota ocağında, vakumlu bir sistemde veya özel olarak tasarlanmış fırınlarda gerçekleştirilir.

Prevention of slag carryover	
Mixing/ homogenising	Gas injection Bottom bubbling (porous plug) Lance Electromagnetic stirring Coil
Charging of solids	Alloying elements Gas Powder/ gas Wire Gas
Vacuum treatment	Ladle degassing RH/DH VOD
Heating	Ladle furnace VAD
Ladle/tundish casting stream shrouding	Gas Gas Gas
Electromagnetic stirring during continuous casting	MS EMBR

Kaynak: [200, Komisyon 2001] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007]

Şekil 7.7: İkincil metalürji işlemlerine ve akıtma sırasında yapılan temizliğe genel bakış

Not: VOD, paslanmaz çelik üretimi için kullanılan bir prosestir (bkz. Bölüm 8)

İkincil metalürjide önemli adımlardan biri vakum işlemidir. Bu esas olarak, 0,5 mbar'ın (50 Pa) altındaki bir vakumda çelikten gaz halindeki hidrojen, oksijen, azot veya artık karbon konsantrasyonlarının giderilmesini sağlar. Günümüzde vakum işleminin adımları, alaşımsız çeliklerin hassas karbon ve oksijen giderimini, krom alaşımlı çeliklerin karbon giderimini, kükürt ve kalıntıların giderimini ve ayrıca çeşitli alaşımlama, homojenleştirme, sıcaklık yönetimi ve yeniden oksidasyon önleme adımlarını içerir. Vakum işlemi kullanılarak, hidrojen ve karbonun kütle içeriği sırasıyla %0,0002 ve %0,0020'ye düşürülebilir. Vakum metalürjisi, gelişmiş saflık, daha düşük gaz içeriği ve daha sıkı alaşım toleranslarına sahip çelik elde etmemizi sağlar [172, Fandrich ve diğ. 2008].

Aşağıdaki vakum işlemi yöntemleri kullanılır:

- Pota standı veya tankta gaz giderme ve
- Devridaimli gaz giderme.

Pota standı gaz giderme yeniden yaygınlaşmaya başlasa da, bunlar arasında devridaimligaz giderme günümüzde en yaygın olan prosestir.

Pota gazı gidermede, oksitlenmiş metali içeren pota vakumlu bir konteynere yerleştirilir. Çalkalama enerjisi girişi, daha yüksek reaksiyon hızları sağlar ve istenmeyen yunak bileşenlerinin nihai konsantrasyonunu azaltır. Bu çalkalama, eriyiğin bir lans vasıtasıyla homojenleştirilmesi veya endüktif bir karıştırma prosesi ile pota tabanındaki bir veya daha fazla gözenekli tıkaçtan argon enjekte edilerek gerçekleştirilebilir. Bir tank gaz gidericinin kullanılması durumunda, cüruf ve metal arasındaki çok güçlü karıştırma sayesinde azotu önemli ölçüde azaltmak ve çok düşük kükürt seviyelerine (10 ppm'den düşük) ulaşmak da mümkündür.

Bireysel gereksinimlere bağlı olarak, aşağıdakilerin uygun bir kombinasyonunu uygulayarak bu aşamada eriyiğin sıcaklığını ayarlamak mümkündür:

1. eriyikleri soğutmak için yüksek saflıkta hurda (soğutma hurdası) eklemek
2. sıcaklığı yükseltmek için alüminyum eklemek ve oksijen üfleme
3. grafit elektrotlarla elektrikli ısıtma [363, Eurofer 2007].

Çelik bileşiminin (örneğin Fe/Ni, Fe/Mo, Fe/Mn, Fe/Cr) hassas bir şekilde ayarlanmasını sağlamak için eriyiğe alaşım maddeleri de eklenir. Bu alaşımlar katı haldedir veya gerçek bir sistemden çözülerek çıkarılmış boş bir tel içinde yer alır veya lanslar aracılığıyla toz enjeksiyonu ile uygulanır. Karıştırma döngüsünün bitiminden önce, oksijen seviyesi özel bir sonda yardımıyla belirlenebilir ve deoksidanlar eklenerek ayarlanabilir. Karıştırma prosesi boyunca, potadan yükselen toz/gaz karışımı, hareketli bir duman davlumbazı ile çekilir [275, Kobelco 2005] [363, Eurofer 2007].

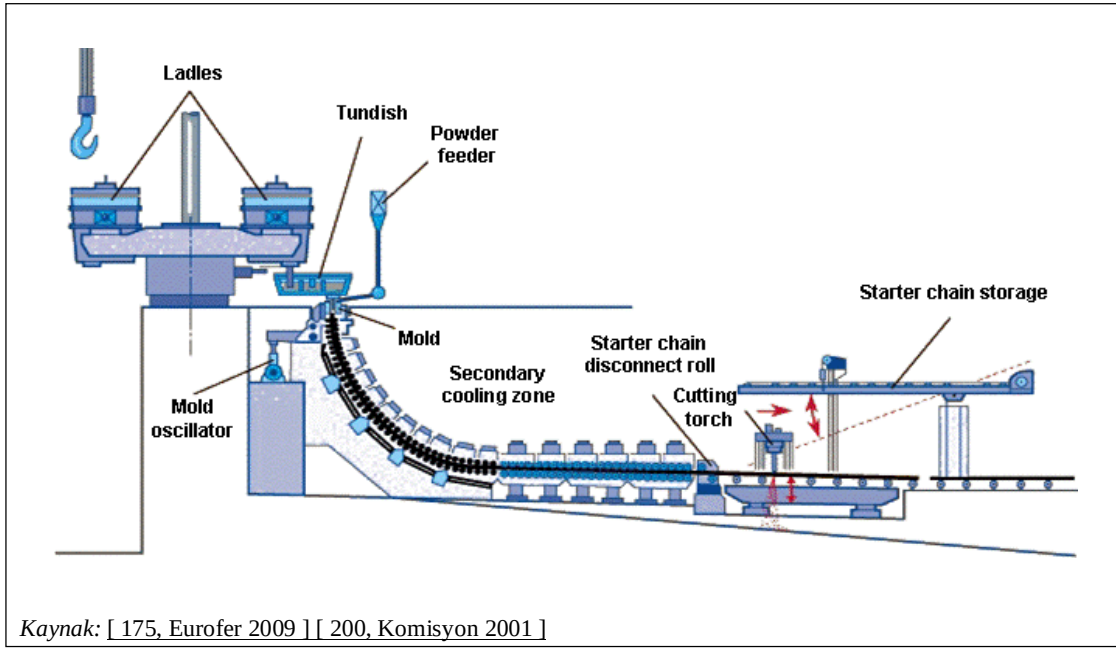
Devridaimli gazdan arındırmada, erimiş metal sürekli olarak veya ayrı kısımlar halinde vakumla işlemine tabi tutulur. Proses tasarımına bağlı olarak, DH (Dortmund-Hörder) tipi vakumlu kaldırmalı gaz giderme ve RH (Ruhrstahl-Heraeus) tipi vakumlu devridaimli gaz giderme arasında bir ayrım yapılır.

7.1.5 Döküm

Nihai çelik kalitesi elde edildikten sonra çelik bir döküm potasında döküm makinelerine taşınır. Birkaç yıl önce standart yöntem, erimiş çeliği süresiz bir prosesle kalıcı kalıplara (kalıcı kalıp veya külçe döküm) dökmektir. Günümüzde tercih edilen yöntem, çeliğin sürekli bir şerit halinde döküldüğü (yani, farklı boyutlarda yassı kütükler, ince şeritler) sürekli dökümdür.

7.1.5.1 Sürekli döküm [373, Eurofer 2007]

Şekil 7.8’de, bir sürekli döküm tesisinin şematik diyagramı yer almaktadır.



Şekil 7.8: Bir ısıtma fırını ve sıcak yükleme yapılan bir haddehanesi olan bir sürekli döküm tesisinin şeması

Sürekli döküm, külçe döküme kıyasla birkaç önemli avantaj sunar: [363, Eurofer 2007]

- Yassı kütük haddesi ve kütük haddesinin ortadan kaldırılması nedeniyle enerji tasarrufu, daha az emisyon ve daha az su kullanımı
- Daha iyi çalışma koşulları
- %95'i aşan yüksek verim oranları
- Yüksek verimlilik.

1960'ların sonunda endüstriyel ölçekte sürekli döküm ilk kez kullanılmaya başladığından beri, AB'deki toplam çelik üretimindeki payı yaklaşık %97'ye yükseldi. Dünya genelinde tüm çeliğin yaklaşık %90'ı artık sürekli yöntemle dökülüyor. Sürekli döküm makineleri, geleneksel külçe döküm prosesinin yanı sıra, geleneksel sıcak haddehanelerin kaba kütük/yassı kütük haddeleme ve yarı bitirme işlemlerinin de yerini almıştır. Günümüzde, haddelenmiş ürünler için hemen hemen tüm çelik kaliteleri sürekli döküm yolu ile işlenebilir çünkü deoksidasyon ve gazdan arındırma gibi gerekli ön koşullar modern ikincil metalürji ile sağlanmaktadır.

Konfigürasyonlarına bağlı olarak dikey tip, bükme ve düzeltmeli tip, yay tipi ve oval yay tipi olarak adlandırılan çeşitli sürekli döküm makineleri mevcuttur.

Sıvı çelik, dönüştürücüden bir potaya dökülür ve bu pota, çeliği ikincil metalürjiden sonra sürekli döküm makinesinin (CCM) 'döküm haznesine' taşır. Bu, kontrol edilebilir bir çıkışa sahip bir ara potadır. Döküm haznesinde sıcaklık katmanlaşmasını önlemek için potalar sıvı çelik yükü almadan önce ön ısıtmaya tabi tutulur.

Sıvı çelik istenen sıcaklığa geldiğinde döküm haznesinin içerisine dökülür. Buradan, çeliğin yapışmasını önlemek için aşağı yukarı salınım hareketleri yapan ve içinde hava bulunmayan, su soğutmalı kısa bir bakır kalıba geçer. Kalıp, metale istenilen şekli verir. Sürekli döküm, bir veya bir dizi pota sıvı çeliğin sürekli bir kütük, kaba kütük, yassı kütük, kiriş kütüğü veya şerit bandına dökülmesini sağlayan bir prosestir. Kalıp yağlayıcı, toz halinde veya bitkisel yağ içinde eklenir. Metal döküm kalıbını terk ettiğinde, katılaşmış çelikten bir 'kabuk' oluşur ve çok sayıda makara ('sıkıştırma

merdanesi') döküm çeliği hafif bir kavisle yatay bir konuma getirir. Burada, sonsuz döküm bir kesici şaloma ile parçalar halinde kesilir. Kütükler, yassı kütükler ve kaba kütükler bu şekilde dökülür.

Kendinden destekli olmayan bölümlerde, katılaşmış yüzey bölgesi ile kızgın yol, kabuğunu ferromatik basınca karşı destekleyen bir dizi tahrikli ve tahriksiz makara çifti boyunca hareket eder. Merkez hala sıvı olduğundan, dikkatlice su püskürtülür ve tamamen katılaşana kadar soğutulur (ikincil soğutma). Bu proses, hala oldukça ince olan yol yüzey bölgesindeki çatlakları önler ve aynı zamanda makaraları aşırı ısınmaya karşı korur. Destek, iletme ve tahrik elemanları, genellikle iç ve dış soğutmalı taşıyıcı makara ile donatılır. İkincil soğutma bölgesinde, su püskürtme ile sıcaklık yeterince düşürülür düşürülmez iç silindirik soğutması artık bırakılabilir. Otomatik gres yağlama sistemine bir dizi yatak bağlıdır. Yol tamamen katılaştıktan sonra, yolla birlikte hareket eden kesme şalomaları veya makaslarla kesilebilir. Hızlı soğutma prosesi, çeliğe uygun teknolojik özelliklere sahip tekdüze bir katılaşma mikro yapısı kazandırır. Yolun katılaşma mikro yapısı, aşağı akış havası veya su soğutmasından etkilenebilir.

Yolun şekli, kalıp geometrisi tarafından belirlenir. Mevcut kalıp türleri arasında dikdörtgen, kare, yuvarlak veya çokgen kesitler bulunur. Çelik şekillerin üretimi için, amaçlanan ürünün yaklaşık enine kesitine benzeyen kalıplar kullanmak mümkündür. Sürekli dökümde tipik yol boyutları 80 × 80 mm ile yaklaşık 310 × 310 mm, kütükte 600 mm (yuvarlak) ve kaba kütük sistemlerinde 450 × 650 mm arasında değişirken, yassı kütük döküm makineleri kalınlığı 350 mm'ye ve genişliği 2720 mm'ye kadar boyutlarda yassı kütük üretir. Kütük döküm makineleri aynı anda birden fazla (şu anda sekize kadar) yolda işlem yaparken, yassı kütük dökümünde yol sayısı iki ile sınırlıdır.

7.1.5.2 Kesin biçime yakın biçimde döküm

1980'lerin sonundan itibaren yassı ürünlerin imalatı için sürekli döküm geliştirilmiştir. Bu rota, ince yassı kütük dökümü, doğrudan şerit dökümü (DSC) olarak da bilinen kesin biçime yakın şerit dökümü ve ince şerit dökümü içeren 'kesin biçime yakın biçimde döküm' başlığı altında özetlenebilir. AB'de bu prosesler için yaklaşık 7 milyon ton kurulu kapasite mevcuttur. İnce şerit döküm, sıvı çelikten sıcak haddelenmiş sac üretim prosesini kısaltarak genel enerji gereksinimin azaltır ve malzeme verimliliğini artırır, ancak başka ikincil metalürjik adımlar gerektirir. İnce yassı kütük dökümü için tipik boyutlar, 15 ila 50 mm (kalınlık) arasında değişir. Kesin biçime yakın şerit dökümü, 15 mm'nin altında bir yol kalınlığına ve 5 mm'nin altında ince şerit dökümü sağlar [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].

Bu proses bu MET-Ref'de daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır ancak aynı zamanda Demirli Metaller İşleme Endüstrisine dair MET-Ref'de [188, Avrupa Komisyonu 2001] yer almaktadır. İnce bir şerit döküm oluşturma kararı büyük ölçüde yerel koşullara ve gerekli ürün kalitesine bağlıdır. Kesin biçime yakın şerit döküm kullanılması durumunda, özel ikincil metalürjik adımların gerekli olduğu ve dolayısıyla bu işlemler için LS üretimine ilişkin emisyonların ve enerji tüketiminin diğer proseslere kıyasla daha yüksek olabileceği dikkate alınmalıdır [363, Eurofer 2007]. Bu tip döküm sırasında tufal oluşumu geleneksel döküme kıyasla genellikle daha yüksektir [384, Max-Planck-Institut ve diğ. 2002].

7.1.5.3 Külçe döküm

Külçe dökümde, sıvı çelik döküm kalıplarına dökülür. İstenilen yüzey kalitesine bağlı olarak külçe kalıbına döküm sırasında gaz giderici maddeler (NaF gibi) ilave edilebilir. Soğuduktan sonra külçeler döküm kalıbından çıkarılarak haddehanelere taşınır. Daha sonra, ön ısıtma uygulanır ve ardından külçeler yassı kütük, kaba kütük veya kütük haline getirilir. Birçok yerde külçe döküm yerini sürekli döküme bırakmıştır. 2004 yılında, AB-15'in çelik üretiminin %3'ü külçe dökümle gerçekleştirilmiştir. Yeni Üye Devletler (AB-10) için bu oran yaklaşık

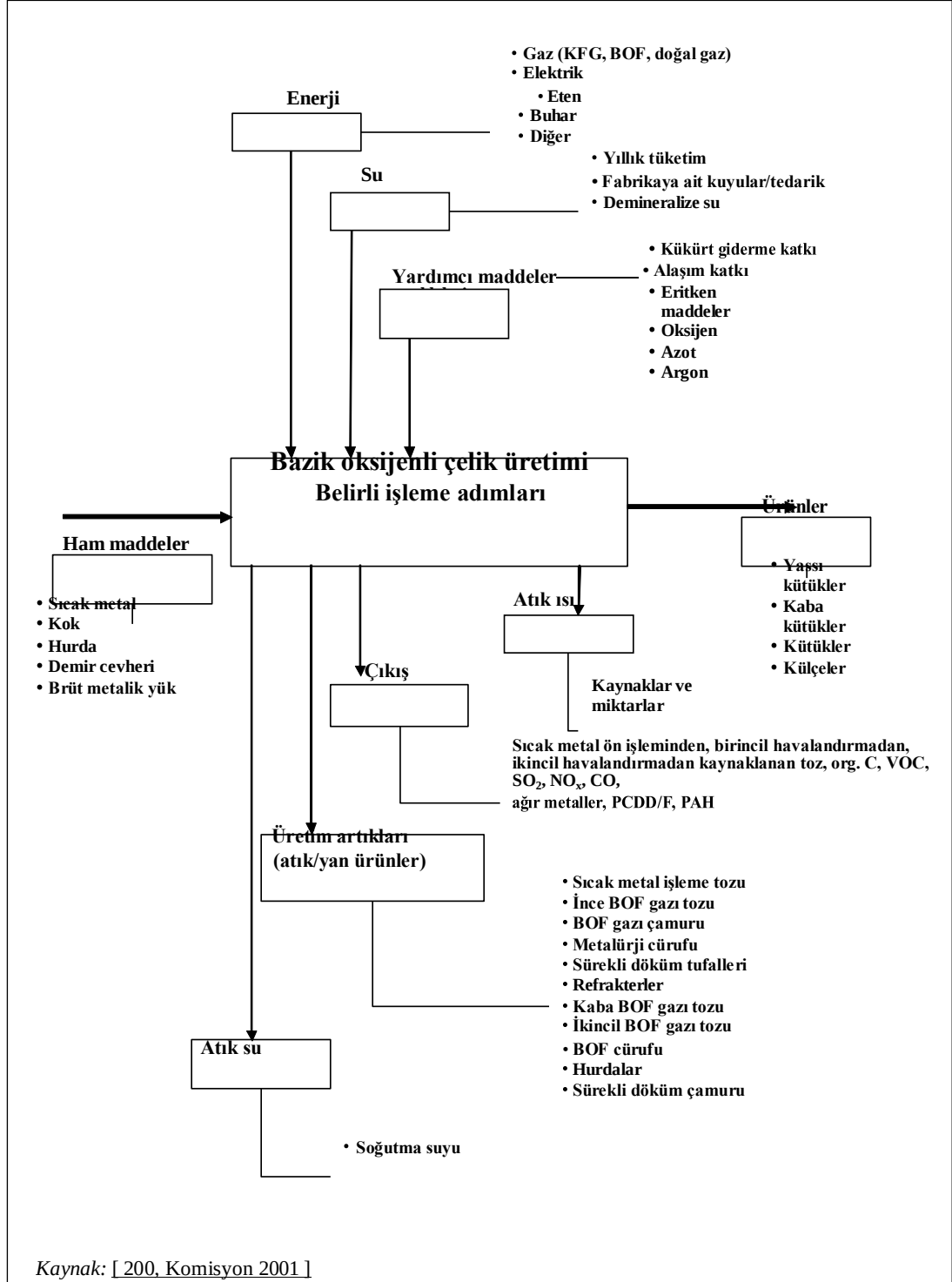
%4,2'dir. Dövme için ağır ağırlıkların üretilmesi gibi gerekli kaliteyi elde etmek için külçe dökümü gerektiren ürünler dışında, külçe dökümün nihayetinde yerini neredeyse tamamen sürekli döküme bırakması beklenmektedir [363, Eurofer 2007].

EAF'de külçe döküm ayrıca bazı kalite sınıfları ve uygulamalar için hala uygulanmaktadır.

7.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

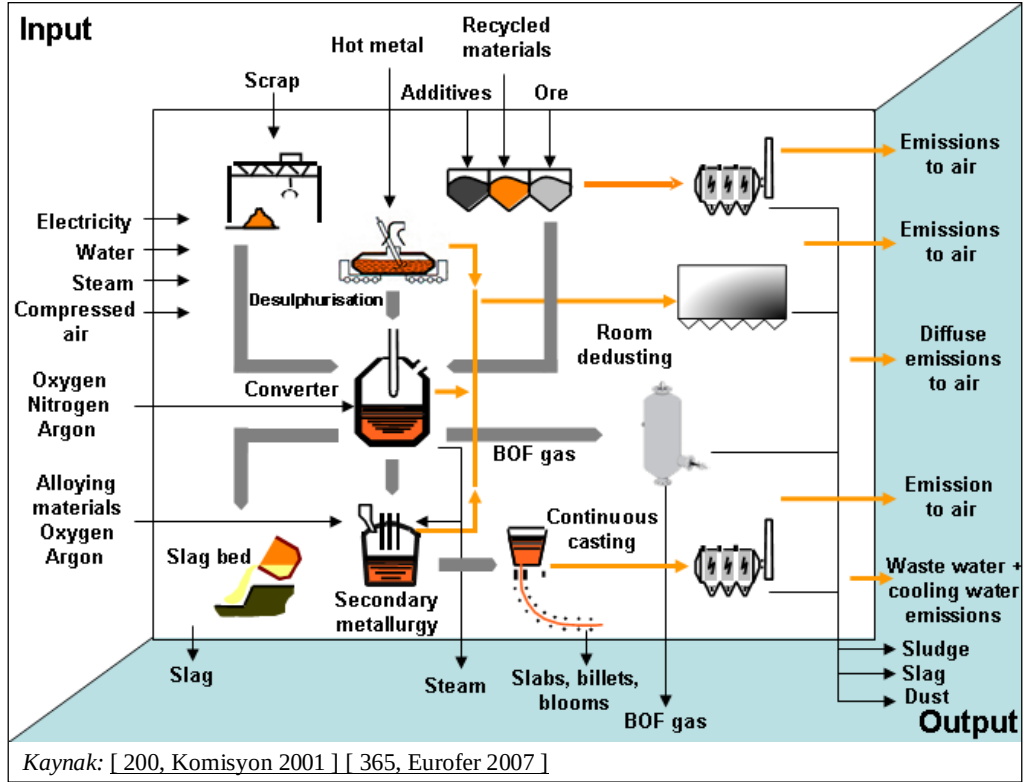
7.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıkış verileri

Şekil 7.9’da, bazik oksijenli çelik üretiminin girdi ve çıktı kütle akışlarının genel bir görünümü verilmiştir. Bu genel görünüm, tek bir oksijenli çelik üretim tesisinden veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 7.9: Bir bazik oksijenli çelik üretim tesisinin kütle akışına genel bakış

Şekil 7.10'da, bazık oksijenli çelik üretiminin genel proses düzeni ve girdi ve çıktı kütle akışlarının bir şeması yer almaktadır.



Şekil 7.10: Ayrı işlemlerin ve girdi ve çıktı kütle akışlarının gösterildiği bazık oksijenli çelik üretiminin genel proses düzeni

Bazık oksijen fırını için özgül girdi faktörleri ve özgül emisyon faktörleri belirlenmiştir. Bu faktörlerin değerleri, farklı AB Üye Devletlerinde bulunan bazık oksijenli çelik üretim tesislerinden alınan verilerle oluşturulan Tablo 7.3'te gösterilmektedir.

7.2.2 Bazık oksijenli çelik üretimine ilişkin çevre sorunları

Bazık oksijenli çelik üretimi, öncelikle toz ve katı atıklar/yan ürünler ve atık su kaynağıdır. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkar. Genel olarak, aşağıda 7.2.2.1 ila 7.2.2.4 arasındaki bölümlerde, oksijenli çelik üretim prosesiyle ilişkili en önemli çevresel sorunlar açıklanmaktadır [363, Eurofer 2007].

7.2.2.1 Havaya Salınan Emisyonlar

Aşağıda belirtilen tüm proseslerden/emisyon kaynaklarından havaya kanalize şekilde salınan emisyonlar önceki bölümde Tablo 7.3'te özetlenmiştir.

Tablo 7.4'te, Tablo 7.3'te yer almayan diğer bazı hava kirleticiler gösterilmektedir.

Tablo 7.4: Diğer hava kirleticiler

Hava kirletici	Emisyonlar (mg/t SÇ)
SO _x	3790 – 13400
HF	116 – 760
CH ₄	215
Cd	200 – 2316
Ni	572 – 2316
Zn	66 154
Not: Değerler iki AB tesisine aittir. Kaynak: [234, Poland 2007].	

Kullanılan hurdanın kalitesine bağlı olarak, organik malzemelerin (yağlar, boyalar, yağlayıcılar veya plastikler) termal bozunmasından kaynaklanan PCB ve klorobenzenler gibi diğer çeşitli organik kirleticiler, hurda yüklemeden kaynaklanan emisyonlarda mevcut olabilir. Bu kirleticilerin emisyonları hakkında veri mevcut değildir. Bu emisyonların uygun şekilde taranması ve tespit edilen zehirli maddelerin dengelenmesi önemle tavsiye edilir.

Malzeme akışının ardından, aşağıdaki proses aşamalarından havaya emisyonlar salınır. Sıcak

metalin ön işleme tabi tutulması

- Potadan potaya aktarma ve cüruf giderme
- Sıcak metalde kükürt

giderme BOF işlemleri:

- BOF yükleme
- BOF oksijen üfleme (dönüştürücü gazı veya BOF gazı üretimi)
- BOF'den (dönüştürücüler) sıvı çelik ve cürufun akıtılması

İkincil metalürji:

- Akıtma işlemleri (yani potalar, pota ocakları, dönüştürücüler ve ikincil metalürjide kullanılan diğer ekipmanlar)
- Gazdan arındırma
- Refrakter ön ısıtma (pota, döküm haznesi, gaz giderici)
- Katkı maddelerinin taşınması ve kullanılması

Döküm

- külçe veya sürekli döküm

Yaygın emisyonlar

- Çıkış gazları tam olarak yakalanmadığında, yukarıda belirtilen tüm proseslerde yaygın emisyonlar meydana gelir.

Genellikle BOF gazı (dönüştürücü gazı) birincil çıkış gazı olarak adlandırılır. Sonraki çekim ve tozsuzlaştırma, birincil tozsuzlaştırma sistemi olarak belirtilmektedir. Yukarıda bahsedilen BOF çelik üretim prosesleriyle ilgili diğer tüm kaynaklardan çıkan emisyonlara genellikle ikincil çıkış gazları denir ve bunlar ikincil tozsuzlaştırma sistemi tarafından tozdan arındırılır. Bazen sıcak metal ön işleminden kaynaklanan emisyonlar ayrı ayrı yakalanır ve arıtılır. Bunlar genellikle ikincil tozsuzlaştırma sisteminin bir parçasıdır.

7.2.2.1.1 Sıcak metal ön işleminden kaynaklanan emisyonlar

Potadan potaya aktarım, kükürt giderme ve cüruf giderme sırasında toz emisyonları meydana gelir. Kükürt giderme prosesinde ve sonrasında cüruf ayırmada ve tartımda oluşan egzoz havası, 10000 mg/Nm³ veya 1000 g/t çelik tozu ile yüklüdür [19, EC BOF 1995] [76, Koeller 1995]. Sıcak metal ön işleminden kaynaklanan emisyonların verimli bir şekilde toplanması, bu prosesler sırasında uygun davlumbazlar ve köpek kulüpleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Çıkış gazı daha sonra ıslak yıkayıcılar ya da torba filtreler veya ESP'ler (ikincil veya ayrı toz giderme sistemleri) gibi aynı giderme verimliliğine sahip başka herhangi bir toz giderme sistemi aracılığıyla temizlenir [363, Eurofer 2007].

Toz verimli bir şekilde çekilip ardından bir torba filtreden (veya bir ESF'den) geçirildiğinde, 10 mg/Nm³'ten (yaklaşık 1 g/t SÇ) daha düşük emisyonlar elde edilebilir.

Bazı durumlarda, kükürt giderme prosesinde kalsiyum karbür kullanılmaktadır. Toz emisyonlarının önlenmesi amacıyla suyun soğutma için kullanıldığı yerlerde ciddi koku sorunları gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, muhtemelen kükürt ve artık karbür tarafından H₂S ve organik sülfürlerin oluşturulmasıdır. Kalsiyum karbür yerine kalsiyum oksit kullanılarak, cüruf önemli ölçüde daha az koku sorunuyla havada soğutulabilir.

Bir tesiste SO₂ emisyonları sürekli olarak izlenmektedir. 2006 yılında SO₂'nin günlük ortalama emisyon değerleri 20 – 100 mg/Nm³ aralığındaydı (bkz. Şekil 7.21). Yarım saatlik ortalama SO₂ değerlerinin yaklaşık %85'i 100 mg/Nm³'ün altındadır (referans dönem 1/2007 – 5/2007); ancak, tekil değerler önemli ölçüde daha yüksektir (340 mg/Nm³'e kadar) [277, Wiesenberger 2007].

7.2.2.1.2 BOF işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar

BOF işletiminden kaynaklanan emisyonlar şu durumlarda meydana gelir:

- BOF yükleme
- BOF oksijen üfleme.
- Oksijen üfleme sırasında taşıma
- BOF'den (dönüştürücüler) sıvı çelik ve cürufun akıtılması.

BOF'nin (dönüştürücü) üflenmesi ve sıvı çeliğin ve cürufun akıtılması sırasında yükleme, üfleme ve taşmadan kaynaklanan emisyonlar büyük önem taşımaktadır ve burada daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

BOF işlemlerinde ikincil havalandırma ve tozsuzlaştırma sistemleri:

Hurda ve sıcak metal yükleme, oksijen üfleme ve BOF'den akıtma gibi yukarıda belirtilen tüm prosesler sırasında toz emisyonları meydana gelir. Yükleme veya akıtma işlemleri sırasında dönüştürücü eğilir. Ortaya çıkan toz emisyonlarını azaltmak için genellikle bir 'ikincil havalandırma' ve toz giderme sistemi kurulur. İkincil havalandırma sistemi genellikle

dönüştürücünün hemen üzerinde eğik bir konumda bulunan bir kanopi davlumbazından ve dönüştürücünün kalan 3/4'lük kısmının etrafındaki bir köpek kulübesinden oluşur. Üfleme sırasında ikincil sistem, birincil havalandırma sistemi tarafından yakalanmayan emisyonların çoğunu çeker. Tahliye edilen gazların müteakip arıtımı genellikle bir torba filtre veya bir ESF aracılığıyla gerçekleştirilir.

BOF işlemlerinde birincil havalandırma ve tozsuzlaştırma sistemleri:

Oksijen üfleme sırasında, dönüştürücü gazı dönüştürücünden salınır. Bu gaz, karbonmonoksit (CO) ve büyük miktarlarda toz (esas olarak ağır metaller dahil olmak üzere metal oksitlerden ve nispeten küçük miktarlarda kükürt oksitlerden (SO₂) oluşur) ve azot oksitler (NO_x) içerir. Ayrıca, çok küçük miktarlarda PCDD/F ve PAH salınır (bkz. önceki bölümdeki Tablo 7.3).

Genel olarak, dönüştürücü gazından enerjiyi geri kazanmak için iki sistem kullanılabilir:

- Kısmi/tam yanma
- Bastırılmış yanma.

Tam (veya açık) yanma sisteminde, dönüştürücü fırınından çıkan proses gazı, baca gazı kanalında yakılır. Dönüştürücü fırını ile birincil (veya dönüştürücü gazı) havalandırma arasındaki bir açıklık, ortam havasının girişine imkan tanır ve böylece dönüştürücü gazının kısmen veya tamamen yanmasını sağlar. Bu durumda proses gazı, sıvı çeliğin tonu başına yaklaşık 15 – 20 kg toz ve sıvı çeliğin tonu başına yaklaşık 7 kg karbonmonoksit içerir. Atık ısı kazanında duyulur ısı kullanılarak enerji geri kazanılır. Açık yanma sistemleri, bastırılmış yanma sistemlerine (50 – 100 Nm³/t SÇ) kıyasla büyük bir akışa (500 – 1000 Nm³/t SÇ) sahiptir. Bunun nedeni BOF gazı (dönüştürücü gazı) kanalına hava girmesidir.

Bastırılmış yanma uygulandığında, dönüştürücünün ağızı üzerine geri çekilebilen, su soğutmalı bir etek indirilir. Bu sayede baca gazı kanalında karbonmonoksit yanması bastırılır ve karbonmonoksit geri kazanılabilir. Azotun olmaması (hava girişine izin verilmediği göz önüne alındığında), daha yüksek oksijen üfleme hızlarının mümkün olduğu ve dolayısıyla proses süresinin kısaldığı anlamına gelir.

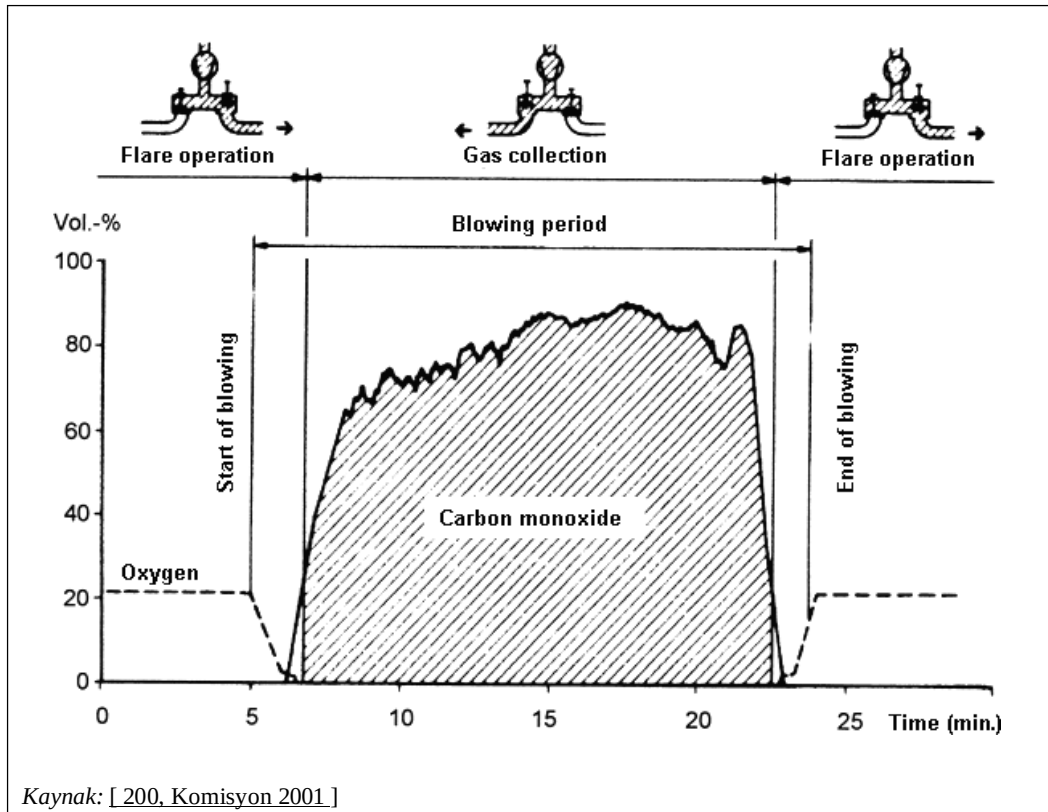
Seçilen geri kazanım türü emisyonları etkiler.

BOF gazı (dönüştürücü gazı), ısı değeri ve Wobbe endeksi açısından fakir gaz olarak sınıflandırılmalıdır, ancak yanma özellikleri (ve özellikle yanma sıcaklığı) açısından değerlendirildiğinde zengin gazlar grubuna aittir. Dönüştürücü gazının bileşimi kullanılan prosese, geri kazanım yöntemine ve özellikle oksijen hacmine göre değişir (bkz. Tablo 7.5).

Tablo 7.5: BOF gazının bileşimi ve özellikleri

Parametre	Birim	Ortalama değer ⁽¹⁾	Değişim aralığı
Bileşim			
CO	% hac.	72,5	55 – 80
H ₂	% hac.	3,3	2 – 10
CO ₂	% hac.	16,2	10 – 18
N ₂ + Ar	% hac.	8,0	8 – 26
Özellik			
Yoğunluk	kg/Nm ³	1,33	1,32 – 1,38
Alt ısı değeri	kJ/Nm ³	9580	7100 – 10100
Teorik alev sıcaklığı	°C	2079 ⁽²⁾	
Özgül hava gereksinimi (ıslak)	Nm ³ /Nm ³	1,81	1,34 – 1,90
Özgül çıkış gazı miktarı (ıslak)	Nm ³ /Nm ³	2,43	
(1) Yanma gazı rakamları, 15 °C sıcaklıkta, 60 mbar gösterge basıncında, 1013 Pa barometre seviyesinde ve %100 nemde gazometrenin akış yönündeki koşullarını ifade eder.			
(2) Toplam nem ve 0 °C ile.			
Kaynak: [200, Komisyon 2001].			

Şekil 7.11’de bastırılmış yanma durumunda BOF gazının toplanması gösterilmektedir. Kullanım için önemli bir parametre olan BOF gazının CO içeriğinin zamanla nasıl değiştiğini göstermektedir. Düşük CO içeriği nedeniyle ve güvenlik gerekçesiyle, üfleminin (her biri birkaç dakika sürer) başlangıcında ve sonunda oluşan BOF gazı toplanmaz, tozsuzlaştırmadan sonra bacada yakılır [363, Eurofer 2007].



Şekil 7.11: Bastırılmış yanma durumunda BOF gazının toplanması

BOF gazından toz genellikle Venturi tipi yıkayıcılar aracılığıyla ve bazen kuru veya ıslak elektrostatik filtreler aracılığıyla giderilir. Bastırılmış yanma uygulandığında, Venturi yıkayıcılar şebeke gazında 5 – 10 mg/Nm³’lük bir toz konsantrasyonu sağlayabilir (parçacık boyutu dağılımına bağlı olarak 50 mg/Nm³’e kadar daha yüksek konsantrasyonlar da mümkündür). Bu,

1 g/t SÇ'ye karşılık gelir. Geri kazanılan tozun demir içeriği %42 – 75'tir. Şebeke gazındaki toz, şebeke gazının yakıldığı yerde yayılır [363, Eurofer 2007]. Üflemeden önce ve sonra, Şekil 7.11 ve Şekil 7.23'te gösterildiği gibi nispeten küçük miktarda toplanan çıkış gazı akışı bacada yakılır.

Tam yanma uygulandığında, arıtmadan sonra atmosfere salınan toz emisyonları 25 – 100 mg/Nm³ aralığındadır. Açık yanma sistemlerinin çok daha yüksek baca gazı akışının bir sonucu olarak, bu rakam 180 g/t SÇ'ye kadar toz emisyonlarına karşılık gelmektedir. Tablo 7.6'da, başka bir ifade yoksa, azaltmadan sonra bastırılmış yanmalı bir BOF'den havaya salınan emisyonlar özetlenmektedir.

Tablo 7.6: Başka bir ifade yoksa, azaltmadan sonra bastırılmış yanmalı bir bazik oksijen fırınından havaya salınan özgül emisyon değerleri

Bileşen		Özgül emisyon değeri	Birim
Birincil (BOF gazı) havalandırma akışı	Birincil (BOF gazı) havalandırma akışı	65 000 – 300 000	Nm ³ /s
	Tam yanma	500 – 1000	Nm ³ /t SÇ
	Bastırılmış yanma	50 – 120	Nm ³ /t SÇ
Oksijen üflemeden kaynaklanan toz	Azaltımsız	15 – 20	kg/t SÇ
	Birincil (BOF gazı) tozsuzlaştırmadan sonra	0,3 – 55	g/t SÇ
	Filtrelenmiş toz/çamur	12 – 23	kg/t SÇ
İkincil havalandırma akışı		1300 – 4800	Nm ³ /t SÇ
		300 000 – 3 441 000	Nm ³ /s
Yükleme ve akıtmadan kaynaklanan toz	Azaltımsız	200 – 1000	g/t SÇ
	İkincil tozsuzlaştırmadan sonra	2 – 60	
	Muhafazada yakalanmayan	8 – 120	
İkincil tozsuzlaştırma madan kaynaklanan toz	Filtrelenmiş toz/çamur	0,1 – 1,2	kg/t SÇ
(Ağır) metaller	Al	0,60 – 0,68	g/t SÇ
	As	0,00 – 0,02	
	Cd	0,07 – 0,20	
	Cr	0,00 – 0,04	
	Cu	0,04	
	Fe	2,8 – 83	
	Hg	0,00 – 0,02	
	Mg	1,45 – 2,40	
	Mn	2,7 – 60	
	Pb	1,5 – 2,9	
	Zn	8,2	
Kükürt oksitler (SO ₂)		0,4 – 5,5	g/t SÇ
Azot oksitler (NO _x)		5,0 – 20	g/t SÇ
Karbonmonoksit (CO)		7,0 – 16	kg/t SÇ
Hidrojen florür (*)		0,008 – 0,01	g/t SÇ
PAH (Borneff 6)		0,08 – 0,16	mg/t LS
PCDD/F		0,001 – 0,11	µg I-TEQ/t SÇ
(*) Sıcak metal kükürt gidermede eritken madde olarak florit (CaF ₂) eklendiğinde, florür emisyonları çok daha yüksek olabilir.			
Not: SÇ = (Ham) Sıvı çelik.			
Kaynak: [65, InfoMil 1997] [365, Eurofer 2007] [372, Çek TCG üyesi 2008].			

Bastırılmış ve tam yanma arasındaki dereceler bulunmaktadır. Bazı tesisler tam yanma kullanırken, diğer tesisler kısmen bastırılmış yanma kullanır ve diğer tesisler hala BOF gazı yanmasını tamamen bastırır. Bazı durumlarda, BOF gazı geri kazanılmaz; onun yerine bacada yakılır. Ancak, bastırılmış yanma ve müteakip BOF gazı geri kazanımı en yaygın prosestir. Bastırılmış yanmada, kontrollü BOF gazı kalitesiyle sürekli kullanım için büyük bir gaz tankı gerekir. Geri kazanılan gazın yerel kullanımı da olmalıdır. Yukarıda belirtilen ön koşulların olmaması, AB'de neden hala BOF gazı geri kazanımı olmayan bazı bazik oksijenli çelik üretim tesislerinin olduğunu açıklar [363, Eurofer 2007].

Lans deliği, toz emisyonlarında önemli bir husustur. Oksijen lansının geri çekilebilir olması gerektiğinden, baca gazı kanalındaki toz, lans deliğinden kaçarak bina atmosferine ulaşabilir. Buhar veya inert gazın perdelenmesi ve üflenmesi bu emisyonları önleyebilir. PAH emisyonları, katran içermeyen refrakterler kullanılarak azaltılabilir.

7.2.2.1.3 BOF prosesinde ikincil metalürji ve sürekli döküm dahil diğer emisyon kaynakları

BOF prosesinde Bölüm 7.2.2.1.1 ve 7.2.2.1.2'de belirtilen diğer emisyonlar şu durumlarda ortaya çıkar:

- Akıtma işlemleri (yani potalar, pota ocakları, dönüştürücüler ve ikincil metalürjide kullanılan diğer ekipmanlar)
- Gazdan arındırma
- Refrakter ön ısıtma (pota, döküm haznesi, gaz giderici)
- Katkı maddelerinin taşınması ve kullanılması
- Sürekli döküm.

Yukarıda bahsedilen proseslerden bazıları, ikincil havalandırma ve tozsuzlaştırma sistemi ile bağlantılıdır.

Çeşitli proseslerden kaynaklanan toz emisyonları 1 – 275 g/t SÇ aralığındadır [38, EUROFER BOF 1997]. Azaltma sonrasında havaya salınan emisyonlar 0,1 – 50 g/t SÇ aralığındadır.

Kurşunlu çelik üretimi ile ilgili olarak (bkz. Bölüm 7.3.2.3), sıvı çelik içeren potaya kurşun eklenmesi sırasında emisyonlar meydana gelir. Ortaya çıkan çıkış gazı emilir ve düşük bir artık toz içeriği (<5 mg/Nm³) elde etmek için özellikle bu atık gaz için kurulmuş bir torba filtrede arıtılır. Ancak potanın kendisi gaz geçirmez değildir ve dolayısıyla yakalanmayan ancak oldukça önemli olabilecek kaçak emisyonlar da vardır. Akış ve Pb emisyonları hakkında bilgi mevcut değildir. Bu Pb emisyonları, otomatik, bilgisayarlı sayısal denetimli (CNC) kesme makinelerinde Pb alaşımlı çeliklerle uzun ürünler üretilmesi bakımından BOF tesisleri için tipiktir [363, Eurofer 2007].

7.2.2.1.4 BOF proseslerinden kaynaklanan yaygın emisyonlar

Emisyonlar tam olarak yakalanmadığında, yukarıda belirtilen tüm proseslerde yaygın emisyonlar meydana gelir. Yaygın emisyonlarda her durumda mümkün olduğu kadar önlenmelidir. Bu nedenle birincil ve özellikle ikincil giderme sistemi optimize edilmelidir. İkincil tozsuzlaştırma sistemlerinin tahliye debisi genellikle oldukça yüksektir. Yaygın emisyonları önlemek veya azaltmak ve gerekli çekiş akışlarını sınırlamak için etkili bir önlem, emisyonları emisyon kaynağına mümkün olduğunca yakın bir yerde yakalamaktır. Çatıda ilave bir yakalama cihazının kaynağında yakalamadan genellikle daha az maliyetli olduğu kabul edilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi, tozun tamamını yakalamak her zaman mümkün olmadığından, bir çelik fabrikasından kaynaklanan toplam emisyonları azaltmak için bir çatıda yakalama sistemi çevresel açıdan verimli bir seçenek olabilir.

Bölüm 7

Tablo 7.7'de görüldüğü gibi, büyük miktarlarda gazın nispeten düşük emisyon konsantrasyonları ile artırılması gerekir. Ancak, dünya genelinde sadece birkaç tesiste çatıda yakalama uygulanmaktadır. Dağınık olarak yayılan partiküller kısmen üretim hollerinde birikir veya açık kapı ve pencerelerden ve çatıdaki açıklıklardan yayılır.

Bugün, çatı emisyonları için standartlaştırılmış bir ölçüm tekniği mevcut olmadığından bu emisyonların tahmini büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Tablo 7.7'de çatıdan yayılan toz için VDI 2463 bölüm 7'ye göre yapılan ölçümlerin sonuçları gösterilmektedir. Emisyon kaynaklarına yakın davlumbazlar ve 300.000 – 1.000.000 m³/s'lik bir emme akışı ile verimli bir ikincil havalandırma ve toz giderme sistemi kullanılmasına rağmen, çatı açıklıklarından hala önemli miktarda toz salınmaktadır. Ortalama çelik üretimi ile ilgili olarak, özgül toz emisyonları yaklaşık olarak 100 g/t'dir. Genel olarak, çatı emisyonlarının 8 – 120 g/t ham sıvı çelik aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Bazı proses koşulları (örneğin dönüştürücüden taşma), geçici olarak daha yüksek emisyon değerlerine neden olabilir. Gerçek emisyonlar esas olarak yakalama verimliliğine ve hurda ve sıcak metal yükleme sırasına bağlıdır [363, Eurofer 2007].

Tablo 7.7: Bazik oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan çatı tozu emisyonlarının ölçümleri

Birim	PM ₁₀ (mg/m ³)	Toplam toz (mg/Nm ³)	Gaz akışı (m ³ /s)	Toplam toz kütle akışı (kg/s)
Çatı üstü yük hazırlık holü (1)				
Çatı açıklığı 1	1,8	3,7	1 112 000	4,1
Çatı açıklığı 2	1,5	4,4	1 199 000	5,3
Çatı açıklığı 3	2,2	4,5	1 089 000	4,9
Ortalama:	1,8	4,2		
Toplam:			3 400 000	14,3
Dönüştürücü holünün üstündeki çatı				
Çatı açıklığı 1; (çalışan iki dönüştürücü)	MD	2 – 13	1 430 000 2 120 000	5 – 26
10 tane günlük ortalama değerin ortalaması	MD	7,2	1 980 000	14,3
Çatı açıklığı 1; (çalışan bir dönüştürücü)	MD	2 – 22	1 430 000 2 120 000	5 – 46
10 tane günlük ortalama değerin ortalaması	MD	11,3	1 980 000	23,4
⁽¹⁾ VDI 2463 bölüm 7'ye göre Temmuz ve Ağustos 2005'te yapılan ölçümler. Not: – Bu ölçümler, dönüştürücü holü için 10 günlük bir süre boyunca yapılan sürekli ölçümlerdir. Yük hazırlama holü için iki günde altı adet bir saatlik numune alınmıştır. – MD: Veri mevcut değil. Kaynak: [151, TÜV Süd Industrie Service GmbH 2005]				

İkincil tozsuzlaştırma sisteminin uygulanmadığı bir BOF tesisinde, bir dökme standında sıcak metalin potaya aktarılması sırasında salınan yaygın toz emisyonlarının yılda dört ton olduğu ve bir dönüştürücünün yüklenmesi ve boşaltılması sırasında salınan toz emisyonlarının yılda 56 ton olduğu bildirilmiştir [359, Hollanda 2007].

7.2.2.2 Atık su [363, Eurofer 2007]

Su aşağıdaki amaçlar için kullanılır:

- BOF gazı arıtımında yıkama suyu
- Kükürt gidermenin ıslak toz giderme işleminde kullanılan yıkama suyu
- Vakum oluşturmak için kullanılan su
- Sürekli veya külçe dökümde doğrudan soğutma için kullanılan su.

Entegre çelik fabrikalarında atık su oluşumunu optimize etmek için ayrı akışlar karıştırılabilir ve daha sonra birlikte arıtılabilir (bkz. Bölüm 2.4). Bu gibi durumlarda, tek bir üretim adımından kaynaklanan atık suyun bileşimi hakkında bilgi mevcut olmayabilir [363, Eurofer 2007].

BOF gazı arıtımından kaynaklanan atık su

BOF gazı ıslak veya kuru olarak arıtılır. Islak temizleme durumunda, üretilen atık su normalde arıtmadan sonra geri döndürülür. Bu arıtma genellikle iki adımda gerçekleştirilir: Kaba parçacıkların ($>200 \mu\text{m}$ tane boyutu) ayrılması ve ardından dairesel çökeltme tanklarında çökeltme. Çökeltmeyi iyileştirmek için yumaklaştırıcı maddeler eklenir.

Elektrikli yumaklaştırmanın amacı, küçük ve yavaş çökelen parçacıkları bir elektrik alanı aracılığıyla ortadan kaldırmaktır. Aynı polariteye sahip parçacıklar birbirlerini itme eğiliminde olduğundan çökeltme prosesini yavaşlatırlar. Elektrikli yumaklaştırmada, parçacıklar elektrik alanından geçerken yüzeyleri boşalır ve bu, parçacıkların topaklaşmasını sağlar.

Elektrikli yumaklaştırma sistemi, atık su girişinin yanında çökeltme tankının ortasına yerleştirilmiş birkaç bölümden oluşur. Her bölüm bir anot ve dört katot borusundan oluşur. Anottan katotlara atık su yoluyla bir doğru akım (DC) iletilir ve böylece bir elektrik alanı oluşturulur.

Çökeltme tanklarının kapasitesi önemli ölçüde artırılmıştır ve hiçbir kimyasal yumaklaştırıcıya gerek yoktur. Bu proses ayrıca çökeltme tankının yüzeylerinde parçacıkların çökmesini önleyen bir tufal önleyici etkiye de sahiptir [363, Eurofer 2007].

Çamur, döner vakum filtreleri, oda filtre presleri veya santrifüjler vasıtasıyla susuzlaştırılır. Devreden (taşma) boşaltılan arıtılmış atık suyun akışı ve kalitesi hakkında temsili veriler mevcut değildir.

Vakum oluşturmada kaynaklanan atık su

Vakum işlemi için, vakum oluşturmada kaynaklanan olağan özgül proses suyu akışı, $5 - 8 \text{ m}^3/\text{t}$ vakumla işlenmiş SÇ aralığındadır. Birkaç örnekte, özgül proses suyu gereksinimi daha yüksektir; bir örnekte $41 \text{ m}^3/\text{t}$ SÇ düzeyindedir (bkz. Tablo 7.3). Bu su neredeyse tamamen geri dönüştürülür. Sıvı çeliğin tamamının vakumla arıtılmasının gerekmediği belirtilmelidir. Dolayısıyla, vakumla arıtmadan kaynaklanan ağırlıklı özgül toplam atık su çıkışı $1,3 \text{ m}^3/\text{t}$ SÇ'dir. Bileşim ve arıtma veya geri dönüşüme ilişkin veriler mevcut değildir [140, Eurofer 2009] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007]. Genellikle bu atık su, bulunduğu haddehanenin etrafındaki diğer akışlarla birlikte arıtılır.

Sürekli dökümden kaynaklanan atık su

Sürekli döküm makinelerinden kaynaklanan suya salınan emisyonlar, doğrudan soğutma sistemi tarafından üretilir. Bu, yassı kütüklerin, kaba kütüklerin, kütüklerin ve makinelerin doğrudan soğutulması için kullanılır. Atık su, hadde tufali ($1 - 3 \text{ g/l}$) ve yağ/gres içerir. Bu atık su genellikle, bulunduğu haddehanenin etrafındaki diğer atık sularla birlikte arıtılır. Atık su miktarı büyük ölçüde yerel koşullara ve su yönetimine bağlıdır. Sürekli döküm için özgül su gereksinimi genellikle 5 ile $35 \text{ m}^3/\text{t}$ SÇ arasındadır [72, N.N. 2005]. Sürekli dökümden kaynaklanabilecek atık su miktarı $2 \text{ m}^3/\text{t}$ SÇ'ye kadar çıkmaktadır.

7.2.2.3 Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları

Bazık oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan çeşitli katı kalıntılar, Tablo 7.8'de [363, Eurofer 2007] özgül miktarlarıyla birlikte derlenmiştir ve bu tabloda Avrupa'daki oksijenli çelik üreticileriyle yapılan bir araştırmanın sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 7.8: Oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan katı kalıntıların türü ve özgül miktarı

Üretilen katı malzeme (atık/yan ürün/kalıntılar)	Özgül miktar (aralık) (kg/t SÇ)
Kükürt giderme cürufu	3 – 21
BOF cürufu	85 – 165
İkincil metalürji cürufu	9 – 15
Sürekli döküm cürufu	4,0 – 5
Tükürmeler	2,8 – 15
İnce ve kaba tozlar	0,75 – 24
Sürekli dökümden kaynaklanan hadde tufali	2,3 – 6,4
Moloz	0,05 – 6
Not: SÇ = Sıvı çelik. Kaynak: [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007].	

Tablo 7.8'den aşağıdaki oranlar elde edilebilir: BOF cürufu: yaklaşık %80, kükürt giderme cürufu: yaklaşık %10, ikincil metalürji cürufu: yaklaşık %7 ve sürekli döküm cürufu: yaklaşık %3 [363, Eurofer 2007].

Bazık oksijen fırınından (BOF) çıkan cüruf, Tablo 7.9'da gösterildiği gibi en büyük paya sahiptir.

Tablo 7.9: BOF ve ikincil çelik cüruflarının üretimi

Çelik cürufları	Miktar (kilo ton)	(%)
BOF cürufu	9 424	87,3
Kükürt giderme ve ikincil metalürji dahil olmak üzere ikincil çelik cürufu	1368	12,7
Toplam	10 792	100
Not: 2004 yılına ait ve şu AB ülkeleriyle ilgili veriler: AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL, UK, SE, SK. Kaynak: [174, Euroslag 2006].		

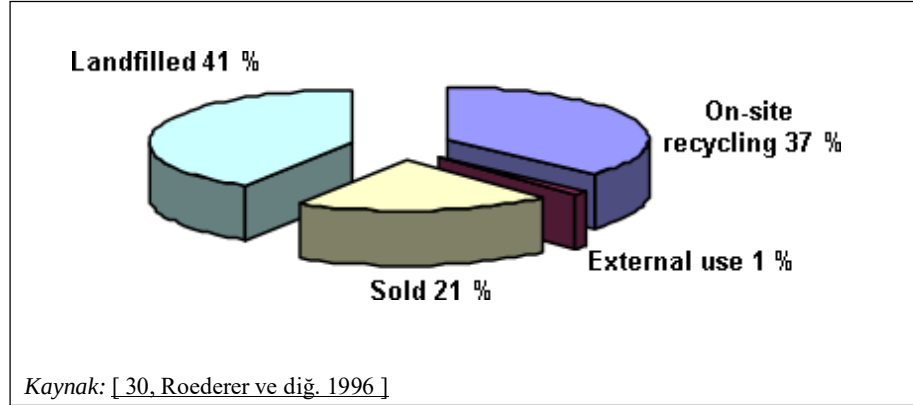
Kükürt giderme cürufu

Kükürt giderme cürufu, sadece kısmen erimiş heterojen bir cüruftur. Kükürt giderme cüruflarının bileşimi büyük ölçüde kullanılan kükürt giderme maddelerine bağlıdır. Bu cürufun bileşimine bir örnek Tablo 7.10'da sunulmuştur.

Tablo 7.10: Sıcak metalde kükürt gidermeden kaynaklanan cürufun kimyasal bileşimi

Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)	Parametre	Konsantrasyon (ağ. %)
CaO	27,0	MnO	□0,5
SiO ₂	18,0	P ₂ O ₅	□0,2
Al ₂ O ₃	8,0	Cr ₂ O ₃	□0,1
MgO	10,0	Serbest CaO	□5
Toplam Fe	20,0	S	□4
Metalik Fe	15,0	CaO/SiO ₂	1,5
Kaynak: [363, Eurofer 2007].			

Nispeten yüksek kükürt içeriği ve tatmin edici olmayan mekanik özellikler nedeniyle, kükürt giderme cürufu yeniden kullanım için ideal değildir. Normalde entegre çelik fabrikalarında sinter karışımına geri döndürülür veya kısmen düzenli depolama sahası inşaatında veya gürültü önleme bariyerleri yapımında kullanılır. Aynı zamanda düzenli depolama sahasında bertaraf edilir (bkz. Şekil 7.12) [363, Eurofer 2007]. Yeni araştırmalar, cürufun kükürt içeren toprak düzenleyiciler olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu nedenle bu cüruf için yeni bir uygulama alanı olabilir.



Şekil 7.12: AB'de sıcak metal kükürt giderme işleminden kaynaklanan cürufun akıbeti

BOF cürufu

BOF cürufunun kimyasal bileşimi, kullanılan proseslere bağlıdır (bkz. Tablo 7.11).

Tablo 7.11: BOF cüruflarının kimyasal bileşimine örnekler

Proses	LD-AC	LD1	LD2	LD3	LD4
CaO	50,0	50,0	52,4	51,4	44,2
Serbest CaO	□7	□10	8,2	4,8	<0,2
SiO ₂	9,0	15,0	12,6	14,8	23,7
CaO/SiO ₂	4	2,5			
Al ₂ O ₃	□2	□2	1,6	1,3	1,6
MgO	□3	□3	3,1	4,1	2,1
Toplam Fe	12,0	16,0			
Metalik Fe	□1	□1			
FeO			12,6	12,7	12,2
Fe ₂ O ₃			11,7	10,8	11,6
MnO	2,0	□4	4,3	4,9	2,4
Cr ₂ O ₃	□1	□1	0,4	0,31	0,16
TiO ₂			0,5	0,9	0,7
V ₂ O ₃			0,33	0,29	0,12
P ₂ O ₅	15,0	□2			

Not: — Değerler ağırlık % cinsindendir.
 — LD-AC = Linz-Donawitz-Arbed-CRM prosesi.
 — LD = Linz-Donawitz prosesi (dört örnek).
 Kaynak: [46, Geiseler 1991] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007]
 [385, Malmberg ve diğ. 2005].

Bu cürufların mineral bileşimi Tablo 7.12'de gösterildiği gibi farklıdır ve sahaya özeldir.

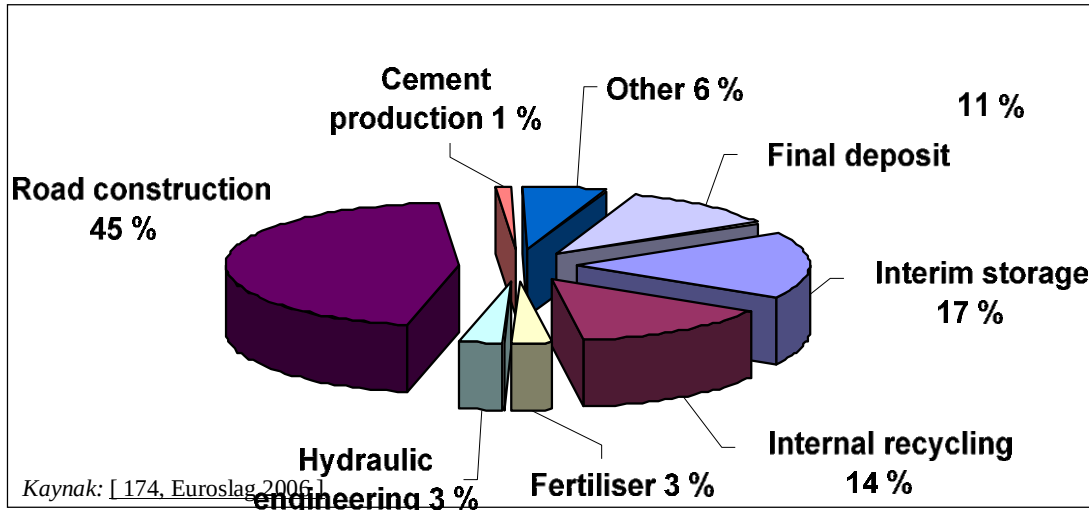
Tablo 7.12: Dönüştürücü cüruflarının mineral bileşenlerinin aralığına ilişkin üç örnek

Mineral	Trikalsiyum silikat	Dikalsiyum silikat	Dikalsiyum demir oksit	Spineller	Vüstit	Kireç
Formül:	$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$2 \text{ CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MeO} \cdot \text{Me}_2\text{O}_3$	FeO	CaO
LD cürufu 1	0	40	30	0	20	10
LD cürufu 2	20	35	25	0	15	5
LD cürufu 3	0	70	0	20	10	0

Not: Değerler ağırlık % cinsindendir.
Kaynak: [365, Eurofer 2007].

BOF cürufunun çoğu, yol yapımında temel/alt temel olarak, asfalt karışımlarında ve su yolu yapımında (hidrolik mühendisliğinde örneğin kıyıları stabilize etmek için) bir agrega olarak kullanılır. Ancak, piyasa koşulları nedeniyle BOF cürufunun bir kısmı hala düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedir.

Çelik cürufu kısmen sinter karışımında veya doğrudan yüksek fırın yükünde veya BOF'de (dahili kullanım) kireç kaynağı olarak kullanılabilir. Bu, sıcak metalde izin verilen sınırlı miktarda fosfor nedeniyle kısmen kısıtlanmıştır. Önemli miktarda cüruf, nispeten yüksek serbest CaO içeriği nedeniyle tarımda hala gübre ve kireçleme maddesi olarak kullanılmaktadır [363, Eurofer 2007].



Şekil 7.13: 2004 yılında Avrupa'da çelik cüruflarının kullanımı

İkincil metalürji cürufu

İkincil metalürji cürufunun bileşimi oldukça farklıdır ve üretim teknolojisine ve üretilen çeliklerin türüne bağlı olduğundan çok geniş bir bileşim yelpazesi bulunabilir.

İkincil metalürjiden kaynaklanan cüruf, Tablo 7.9'da gösterildiği gibi, çelikhanelerdeki kalıntıların küçük bir bölümünü temsil eder.

İkincil cürufların mineral bileşimi farklıdır ve sahaya özeldir. Tablo 7.14'te ikincil çelik üretimi cüruflarının bileşim aralığı gösterilmektedir.

Tablo 7.13: İkincil metalürjik cürufların ana mineral bileşenleri

İkincil metalürji cürufu		
Ad	Mineral	Formül
Beta dikalsiyum silikat	Larnit	v-Ca ₂ SiO ₄
Gama dikalsiyum silikat	İngesonit	w-Ca ₂ SiO ₄
Kalsiyum magnezyum silikat	Bredigit	Ca ₇ Mg(SiO ₄) ₄
Kalsiyum florür silikat	Küspidin	Ca ₄ F ₂ Si ₂ O ₇
	Spineller	Me ²⁺ (Me ³⁺) ₂ O ₄
Kalsiyum alüminyum oksit	Mayenit	Ca ₁₂ Al ₁₄ O ₃₃
Manyezit	Periklaz	MgO
Kalsiyum oksit	Kireç	CaO
Not: Me = Değerliği 2 ve 3 olan metallerin kombinasyonu (örn. Mg ²⁺ , Al ³⁺). Kaynak: [365, Eurofer 2007].		

Tablo 7.14: İkincil çelik üretimi cüruflarının kimyasal bileşim aralığı

Parametre	Alt sınır (ağ. %)	Üst sınır (ağ. %)
CaO	20	65
FeO	0,1	20
SiO ₂	1	40
MgO	2	20
Al ₂ O ₃	0,5	40
P ₂ O ₅	<0,01	1
Mn	0,03	7,7
Ti	0,02	3
Cr	<0,01	2,6
F	<0,01	10
S _{toplam}	<0,05	4
Kaynak: [220, Eurofer 2008].		

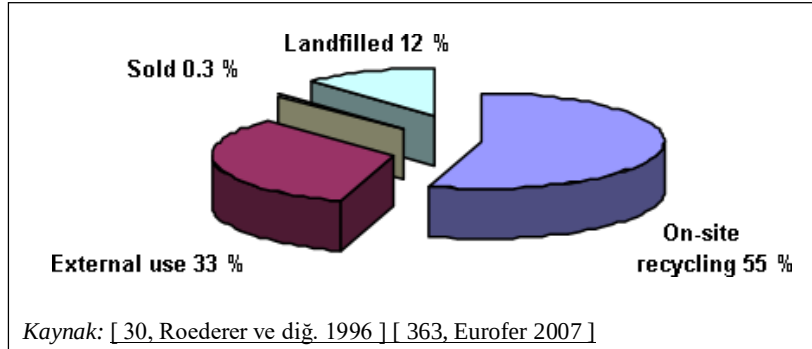
BOF gazı arıtımından kaynaklanan toz ve çamur

Kaba toz, ilk tozsuzlaştırma adımından, ince toz ise ikinci adımdan gelir. Kaba ve ince tozları ayırmak için farklı sistemler vardır. Bu, prosesin kendi içinde yapılabilir (örneğin ardışık tozsuzlaştırma adımlarında tozun ayrı ayrı yakalanması ve ayrılmasıyla veya daha sonra tozun/çamurun arıtılmasıyla; örneğin kaba çamur bir ön çöktürme tankında ve ince çamur ikinci bir çöktürme tankında geri kazanılabilir). Kaba tozun bileşimi, Tablo 7.15'te ince toz bileşimi ile karşılaştırmalı olarak görülebilir.

Tablo 7.15: Kaba ve ince toz ve çamurun bileşimi

Parametre	Kaba toz	İnce toz	Birincil toz giderme	İkincil toz giderme	Çamur
Toplam Fe	30 – 85	54 – 70	38 – 85	32 – 63	48 – 70
Metalik Fe	72	20	Metalik içerikle ilgili yetersiz bilgi		
CaO	8 – 21	3 – 11	5,7 – 40	3,7 – 35	3,0 – 17
Zn	0,01 – 0,4	1,4 – 3,2	0,1 – 1,5 (*)	0,5 – 13	0,2 – 4,1
Pb	0,01 – 0,04	0,2 – 1,0	0,05 – 0,4	0,09 – 0,8	0,04 – 0,14
S	0,02 – 0,06	0,07 – 0,12	0,02 – 1,3	0,1 – 1,1	0,03 – 0,35
C	1,4	0,7	0,1 – 6,5	1,0 – 8	0,7 – 4,6
(*) Ağırlıkça %8,5'e kadar değerler mümkündür. Not: Değerler ağ. % cinsindendir. Kaynak: [55, Harp ve diğ. 1990] [64, IISI 1985] [365, Eurofer 2007].					

Hazırlık sonrasında kaba toz genellikle oksijenli çelik üretim prosesine geri gönderilir veya yüksek fırınlarda kullanılmak üzere sinter bandına veya soğuk bağlanmış briketlere geri döndürülür. AB'de, daha küçük bir oranı düzenli depolama sahasında bertaraf edilir (bkz. Şekil 7.14).



Şekil 7.14: Kuru BOF gazının arıtımından kaynaklanan tozun akıbeti

Tablo 7.15, kaba toza kıyasla ince tozun önemli ölçüde daha fazla miktarda kurşun ve çinko içerdiğini göstermektedir. Bu ağır metallerin ana kaynağı genellikle BOF'ye yüklenen hurdadır. Bazı durumlarda hurda ile kurşun ve özellikle çinko girişini kontrol etmek mümkündür. Ancak, düşük çinko içerikli (örneğin %1'den az) hurdanın bulunabilirliğinin son yıllarda sürekli olarak azaldığı fark edilmiştir. Çinko içeriğinden dolayı ince toz veya çamurun daha küçük bir kısmı geri dönüştürülemez ve düzenli depolama sahasında bertaraf edilir (bkz. Şekil 7.14) [363, Eurofer 2007].

Hidrosiklonaj sırasında ve/veya yıkama suyu devresindeki askıda katı maddelerin çökertilmesi sırasında çamur üretilir. Hurda yoluyla çinko girişi katı bir şekilde sınırlandırılırsa (yani soğuk briketlemeden sonra BOF'ye veya sinterleme tesisine geri gönderilirse), bu çamur demir ve çelik üretiminde %100 geri dönüştürülebilir (bkz. Bölüm 2.5.4.4.4). Dünyadaki diğer birçok çelik fabrikasında, çamur kullanılmaz ve çimento imalat endüstrisine gönderilir veya depolanır veya bertaraf edilir.

Tükürmeler

Tükürmeler, üfleme sırasında dönüştürücüde aşırı köpüklenmenin neden olduğu taşmalardan kaynaklanır. Tükürmeler, yüksek bir demir içeriğine sahiptir ve bu demir ayrılarak sinter tesisine geri döndürülür. Cürufun geri kalanı (daha az demir içeren) normal olarak düzenli depolama sahasında bertaraf edilir [363, Eurofer 2007].

Sürekli dökümden kaynaklanan hadde tufali

Hadde tufalinin bileşim aralığı Tablo 7.16'da gösterilmektedir.

Bu yan ürünler normalde sinter bandına geri döndürülür [363, Eurofer 2007].

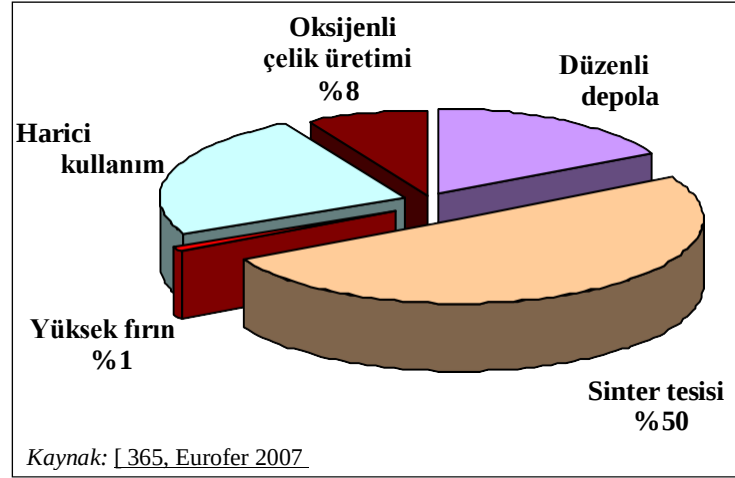
Tablo 7.16: Hadde tufalinin bileşimi

Parametre	Hadde tufali
Fe _{toplam}	33 – 72
Fe _{metalik}	MD
CaO	0,4 – 16
C	0,1 – 0,8
Yağ	Uygulamada ince hadde tufalinin yağ içeriği genellikle <%1'dir. Zaman zaman %8'e varan yağ içeriği oluşabilir. Kaba hadde tufali neredeyse hiç yağ içermez.

Not: — Değerler ağırlık % cinsindendir.
 – MD: Veri mevcut değil.

Kaynak: [150, Bakker, Wim 2008] [365, Eurofer 2007].

Oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan toplam toz/çamur ve tufal miktarı 2004'te 2,23 milyon ton idi (AB-15'teki üretimin %86'sı).



Şekil 7.15: Oksijenli çelik üretiminden kaynaklanan toz/çamur ve hadde tufalinin kullanımı

Moloz

Moloz esas olarak kullanılmış refrakterlerden oluşur. Bu katı atığın/yan ürünün akıbeti hakkında mevcut hiçbir temsili veri yoktur. Bazı çelik fabrikalarında kısmen BOF'ye geri döndürülür veya yeni refrakter malzeme üretimi için yeniden kullanılır. Diğer durumlarda, düzenli depolama sahasında bertaraf edilir [363, Eurofer 2007].

7.2.2.4 Enerji tüketimi

Bazık oksijen fırını (BOF)

BOF'de (dönüştürücü), dönüştürücülerin ön ısıtılmaya tabi tutulması ve yeniden astarlama ve onarımdan sonra kurutulması için yakıt tüketilir. Bu termal enerji tüketiminin toplamı yaklaşık 0,051 GJ/t SÇ'dir. Elektrik tüketiminin 23 kWh/t SÇ veya 0,08 GJ/t SÇ olduğu tahmin edilmektedir. Bu rakam, oksijen üretimini ve dönüştürücülerin çalıştırılmasını içerir.

Dönüştürücüden çıkan proses gazı büyük miktarlarda karbonmonoksit (CO) içerir ve sıcaktır. BOF gazındaki enerji geri kazanıldığında (atık ısı geri kazanımı ve/veya BOF gazı geri kazanımı), BOF net bir enerji üreticisi haline gelir. Modern bir tesiste enerji geri kazanımı 0,7 GJ/t SÇ kadar yüksek olabilir.

Sürekli döküm

Sıvı çelik içeren potanın ön ısıtılması için yakıt tüketiminin 0,02 GJ/t SÇ olduğu tahmin edilmektedir. Döküm makinelerinin elektrik tüketiminin 0,04 GJ/t SÇ olduğu tahmin edilmektedir [65, InfoMil 1997].

7.3 MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Prosesle entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 7.17'de gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 7.17: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dahil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

7.3.1 Birincil toz giderme

Açıklama

Oksijen üfleme sırasında BOF gazı üretilir. Bu gaz büyük miktarda tozla yüklüdür. BOF gazı yakıt olarak kullanılmak üzere geri kazanıldığında (bkz. Bölüm 7.3.7), gaz belirli gereklilikleri karşılamalıdır. BOF gazı baca gazı kanalında yakıldığında, baca gazı yayılır ve bu gazın yerel emisyon standartlarını karşılaması gerekir. Günümüzde çoğu fabrikada BOF gazı yakıt olarak geri kazanılmaktadır. Tam yanma sistemlerinde, BOF gazını yakmak için birincil havalandırma sistemine ortam havası verilir. Bu, büyük bir baca gazı akışına yol açar (2000 – 3000 Nm³/t SÇ); bastırılmış yanma sistemleri yalnızca BOF gazı üretir (50 – 100 Nm³/t SÇ) (bkz. Tablo 7.6). Bu, birincil toz giderme tesislerinin boyutlarında önemli farklılıklara neden olur. Bastırılmış yanma yöntemini karakterize eden azaltılmış atık gaz debisi, daha yüksek bir ham gaz kütle konsantrasyonuna neden olduğundan, aynı temiz gaz tozu yükü için toz geri kazanım sisteminin etkinliğinin artırılması gerekir. Bu nedenle, toz geri kazanımı açısından, bastırılmış yanma prensibi, daha küçük hacimsel debiler için tasarlanmış toz giderme sistemlerinin kullanımına olanak tanır, ancak yine de bu sistemlerin daha yüksek toz geri kazanım oranlarına ulaşması gerekir.

Birincil toz giderme genellikle Venturi tipi yıkayıcılar (tesislerin yaklaşık %60'ı) veya kuru ve ıslak ESF ile gerçekleştirilir. Venturi veya ESF'den önce, kaba parçacıklar genellikle bir saptırıcı vb. aracılığıyla uzaklaştırılır.

Oksijen lansı deliğinden toz emisyonuna özel dikkat gösterilmelidir. Bu delikten çıkan emisyonlar 50 g/t sıvı çelik kadar yüksek olabilir. Emisyonlar, tozu dağıtmak için lans deliğine inert gaz (N₂/CO₂) veya buhar enjeksiyonu ve/veya oksijen üfleme sırasında deliği kapatan hareketli bir 'değirmen taşı' aracılığıyla azaltılabilir. Lans deliği contalarının diğer tasarımları da lans temizleme cihazlarıyla verimli bir şekilde birleştirilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Birincil toz giderme tekniklerinin her biri için elde edilen çevresel faydalar aşağıda verilmiştir:

- Kuru tozdan arındırma ve bastırılmış yanma: ESF uygulanarak, BOF gazındaki artık toz konsantrasyonları 10 mg/Nm³ (0,5 – 1,0 g/t SÇ'ye eş değer) kadar düşük değerlere ve her durumda 50 mg/Nm³'ün altına düşürülebilir. Gaz ESF'de artılmadan önce, bir saptırma bölgesinde kaba toz giderilir ve gaz bir buharlaştırma soğutucusunda koşullandırılır.
- Kuru toz giderme ve açık yanma: BOF gazının toz emisyonları 20 – 50 mg/Nm³'e düşürülebilir.
- Yıkama ve bastırılmış yanma: Önce ıslak bir sistem uygulanarak, kaba parçacıklar ıslak ayırıcıda uzaklaştırılır, ardından ince parçacıklar Venturi yıkayıcılarla giderilir. Yıkamadan sonra BOF gazındaki toz konsantrasyonu genellikle 15 ve 50 mg/Nm³ arasındadır, ancak 10 mg/Nm³'ten daha az da olabilir.
- Yıkama ve açık yanma: BOF gazı baca gazı kanalında yakıldığında ve Venturi yıkayıcılarla temizlendiğinde, artık toz içeriği 10 ile 50 mg/Nm³ arasındadır.

Tablo 7.18'de ıslak havayla azaltma teknikleri kullanıldığında elde edilen emisyon konsantrasyonları gösterilmektedir.

Tablo 7.18: Islak havayla azaltma teknikleri kullanıldığında elde edilen emisyon konsantrasyonları

Parametre	Yıkayıcı ve ıslak ESF	Yıkayıcı
PM	32,5	<42
CO	15	2
NO _x	25	
Hg		0,002
Cd, Tl	0,003	
As, Co, Ni, Se, Te	0,02	
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,4	
Pb		0,3
PCDD/F	0,04	
HF	<0,5	
Not: Değerler, ng I-TEQ/Nm ³ cinsinden verilen PCDD/F dışında mg/Nm ³ cinsindendir. Değerler yıllık ortalamalardır. Kaynak: [244, Plickert 2007].		

Çapraz ortam etkileri

Yakalanan tozlar ve çamurlar yüksek konsantrasyonlarda çinko içerebilir ve bu nedenle yeniden kullanılmaları mümkün değildir. Çinko açısından fakir hurda kullanımı, BOF çamurunun/tozunun sinter tesisine geri döndürülmesini sağlayabilir. Kuru ESF kullanılan tesislerde, katı atıklar sıcak briketlenebilir ve briketler doğrudan çelik üretim prosesine geri döndürebilir (bkz. Bölüm 7.3.5).

Ayrıca, ıslak toz giderme, kontamine olmuş bir atık su akışının oluşacağı anlamına gelir.

Buna ek olarak, bir toz giderme cihazının çalıştırılması enerji tüketimine neden olur. Bastırılmış yanma sisteminde bu, bir Venturi yıkayıcı için 0,001 – 0,005 GJ/t çelik ve kuru bir ESF için <0,001 GJ/t çelik düzeyinde enerjiye karşılık gelir.

Açık yanma sisteminde bu, bir Venturi yıkayıcı için 0,04 – 0,15 GJ/t sıvı çelik ve kuru bir ESF için <0,005 GJ/t çelik düzeyinde enerjiye karşılık gelir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Birincil toz giderme hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Bazı tesislerde kuru ESF'ler kullanılır.

Ekonomik boyut

1 Mt/yıl çelik üretimi yapılan bir tesis için birincil toz giderme sisteminin yatırım maliyetleri 24 milyon ile 40 milyon EUR arasındadır. İşletme maliyetleri 2 – 4 EUR/t SÇ arasındadır.

Bu örnekler için para birimi 1996'da ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

BOF gazının bastırılmış yanma yoluyla geri kazanılması için yüksek verimli saflaştırma yapılması gerekir. Geri kazanım olmaması veya BOF gazının yakılarak geri kazanılması durumunda, mevcut emisyon sınır değerlerini karşılamak için BOF gazının arıtılması gerekir.

Örnek tesisler

Farklı toz giderme sistemleri için örnek tesisler şunlardır:

- Kuru ESF ve bastırılmış yanma:
 - ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg/Almanya
 - LD Eritme Atölyesi 3, Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya
 - Voestalpine Stahl GmbH, Donawitz/Avusturya

- Salzgitter AG, Salzgitter/Almanya.
- kuru ESF ve açık yanma:
 - ArcelorMittal Ruhrort GmbH, Duisburg/Almanya
- yıkama ve bastırılmış yanma:
 - oksijenli çelik fabrikaları; Avrupa'daki birçok çelik fabrikası, örneğin Corus, IJmuiden/Hollanda
 - ArcelorMittal
 - ArcelorMittal, Bremen/Almanya
 - ArcelorMittal, Dunkirk/Fransa
 - ArcelorMittal, Fos sur Mer/Fransa
 - ArcelorMittal, Florange/Fransa
 - ArcelorMittal, Ghent/Belçika
 - ArcelorMittal, Avilès/İspanya
 - Riva Group, Taranto/İtalya.

Referans literatür

[19, EC BOF 1995] [65, InfoMil 1997] [66, Joksç 1995] [76, Koeller 1995] [140, Eurofer 2009] [241, Polonya 2007] [244, Plickert 2007] [363, Eurofer 2007]

7.3.2 İkincil toz giderme

İkincil emisyonların tozdan arındırılması aşağıdaki işlemlerde gerçekleşir:

- Torpido potasından (veya sıcak metal mikserinden) sıcak metalin yükleme potasına aktarılması
- BOF yüklemeden, BOF (dönüştürücüler) ve potalardan sıvı çelik ve cürufun akıtılmasından ve ve ikincil metalürjiden kaynaklanan ikincil emisyonların toplanması ve azaltılması (bkz. Bölüm 7.3.2.1)
- Sıcak metallerin potadan potaya aktarılması, cüruftan arındırılması ve kükürtten arındırılması gibi sıcak metal ön işlemleri (bkz. Bölüm 7.3.2.2)
- Katkı maddelerinin taşınması ve kullanılması
- Külçe ve sürekli döküm (bkz. Bölüm 7.3.2.3).

7.3.2.1 İkincil emisyonların toplanması ve azaltılması

Açıklama

1970'lerin başına kadar, oksijenli çelik üretim tesisleri ikincil toz toplama ekipmanları olmadan inşa ediliyordu. Sonuç olarak, ikincil ve tali birincil kaynaklardan toz toplama tesislerinin çoğu güçlendirme şeklinde modifiye edilmiş tesislerdir. Bu sistemlerin verimliliği büyük ölçüde yerel koşullara bağlıdır. Bunlar, geri kazanım sisteminin (muhafazalar, davlumbazlar, vb.) seçimi ve tasarımı açısından özellikle önemli bir rol oynar. Atık gaz debilerinin belirlenmesi genellikle yerel koşullara ve boru sistemlerinin kurulumu için mevcut alana ve boru kesitlerinin olası boyutlarına bağlıdır. Hem yeni hem de mevcut tesisler için, herhangi bir kesinlik derecesi ile geri kazanım verimliliğini önceden belirlemek neredeyse imkansızdır. Herhangi bir değerlendirme girişimi, sonuçların ölçülmesindeki aşırı zorluklar nedeniyle daha da karmaşık hale gelir. Eksiksiz bir teknik atık gaz toplama sistemi için optimum bir tasarım ve yüksek atık gaz debileri bile, oksijenli çelik üretim süreci boyunca uzun vadede tutarlı bir şekilde %100 yakalama oranının elde edilebileceğini garanti etmez. Değişen veya tipik olmayan çalışma koşulları ve fabrika binalarındaki olağan dışı hava akışları gibi çevresel faktörler, çatı monitörlerinden kaçınılmaz ikincil emisyonlar olarak kaçacak olan geri kazanılamaz toz akışlarının salınmasına neden olabilir.

Yukarıda bahsedilen BOF çelik üretim prosesleriyle ilgili diğer tüm kaynaklardan çıkan emisyonlara genellikle ikincil çıkış gazları denir ve bunlar ikincil toz giderme sistemi tarafından tozdan arındırılır. Bazen sıcak metal ön işlemi, BOF yükleme ve akıtma ve ikincil metalürjiden kaynaklanan emisyonlar ayrı ayrı yakalanır ve arıtılır; bunlar genellikle

ikincil toz giderme sisteminin parçalarıdır [114, Remus, Rainer 2008] [182, Infomil 2009] [211, Remus, Rainer 2008].

İkincil emisyonların miktarına ilişkin tahminler, 2 ve 200 g/t SÇ arasında değişir ve ikincil toz giderme sisteminin yakalama oranı %93 ila %99,6 arasındadır [363, Eurofer 2007]. BOF yükleme ve akıtma işlemleri bu toz emisyonlarına en çok katkıda bulunan işlemlerdir. Verilen aralık, Tablo 7.3'te verilen rakamlardan farklıdır. Tablo 7.3'teki veriler yedi BOF tesisine ilişkindir; yukarıda belirtilen veriler ise tüm BOF sektörüne yönelik bir tahmini yansıtmaktadır. Bunun ve geniş dağılım aralığının başka bir açıklaması, ikincil emisyonların herhangi bir kesinlik derecesi ile sınırlarının belirlenmesinin zor olması ve uygulanan geri kazanım önlemlerinin genellikle yeterince bilinmemesidir. Bu, uygun atık gaz yakalama ve temizleme adımlarının uygulanmasını takiben salınan maddelere ilişkin veriler ile gerçekleşen emisyonlara ilişkin veriler arasında gri bir çakışma alanı oluşmasına neden olur.

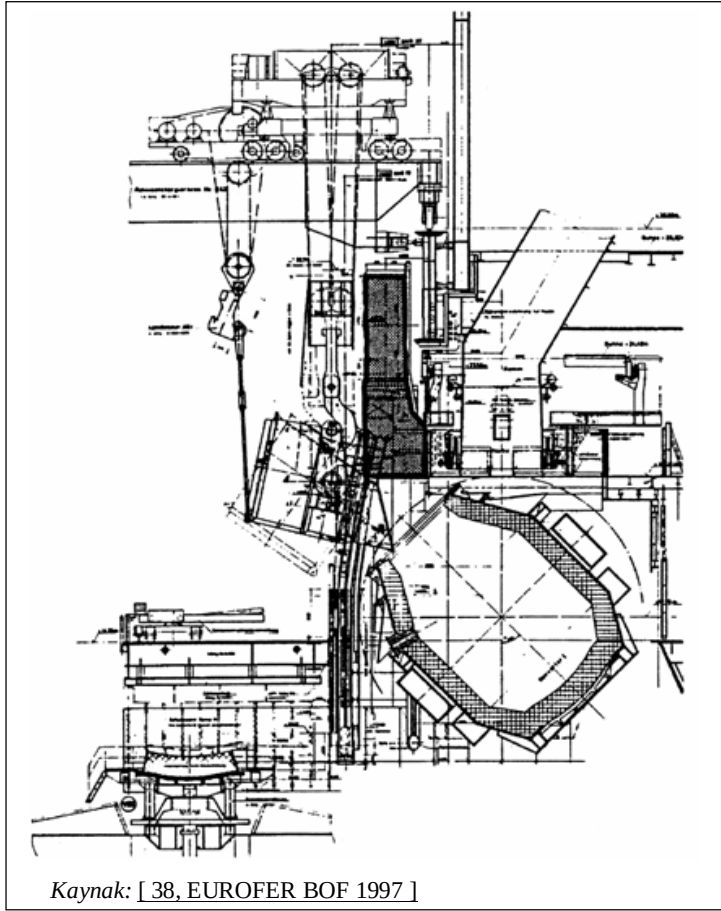
Sıcak metalin potadan potaya aktarılması ve sıcak metalin cürufunun alınması gibi sıcak metal ön işlemleri
Sıcak metalin torpido potasından yükleme potalarına aktarılması kapalı stantlarda gerçekleşir. Entegre bir kontrol odası düzenlemesi, aktarım prosesinin doğrudan izlenmesine olanak tanır. Sıcak metal pota, bir aktarım arabasında hadde zemini seviyesinin altında hareket eder. Bu araba, kasayı sıcak metal dökme noktasında kapatır ve böylece kapalı bir oda oluşturan bir ön kapatma kalkanı taşır. Tam kapatmanın mümkün olmadığı durumlarda, potanın üzerine bir duman davlumbazı kurulması mümkündür.

Cüruf giderme prosesi için, sıcak metali taşıyan pota, bir vinç veya devirme kazağı tarafından desteklenirken cüruf giderme konumuna yatırılır. Davlumbazların serbest enine kesiti, daha yüksek giriş hızları elde etmek için uygun iç elemanlarla sınırlandırılmıştır. Davlumbazlar, birkaç cüruf giderme pozisyonunda hizmet verebilmeleri için hareketli tipte olabilir. Cüruf giderme stantları normal olarak bu işlem için yeterli hareketi mümkün kılan bölmelerle ayrılır. Açıklıklar, arabaya takılan kapatma kalkanları ile kapatılır.

BOF yükleme ve sıvı çeliğin ve BOF (dönüştürücüler) ve potalardan kaynaklanan cürufun akıtılması
Sıcak metal ve hurdanın yüklenmesi ve BOF'den (dönüştürücü) sıvı çelik ve cürufun akıtılması sırasında toz emisyonları meydana gelir. Kullanılan hurdanın kalitesine bağlı olarak, organik malzemelerin (yağlar, boyalar, yağlayıcılar veya plastikler) termal bozunmasından kaynaklanan PAH, PCB ve PCDD/F gibi çeşitli organik kirleticiler, yüklemeden kaynaklanan emisyonlarda mevcut olabilir.

Birincil havalandırma sistemi, yalnızca BOF dönüştürücü dikey konumdayken oksijen üfleme sırasında tam olarak çalışır. Yükleme ve akıtma sırasında oluşan emisyonlar, ikincil çekiş sistemi tarafından yakalanır. Yükleme ve akıtma, yalnızca birkaç dakika sürer ve bu, bir akıtmadan diğerine kadar geçen sürenin yaklaşık %10'unu oluşturur.

BOF işlemlerini oluşturan ikincil havalandırma sistemi genellikle dönüştürücünün hemen üzerinde eğik bir konumda bulunan bir kanopi davlumbazından ve dönüştürücünün kalan 3/4'lük kısmının etrafındaki bir köpek kulübesinden oluşur (bkz. Şekil 7.16). Kanopi davlumbazı tercihen BOF'ye mümkün olduğu kadar yakın bir yere yerleştirilir. Mevcut bazı tesislerin yapısı, BOF'ye yakın bir konumda davlumbaz kurulmasına olanak sağlamaz. Bu durumda, kanopi davlumbazının boyutu ve çekiş miktarı veya holdeki yerel akış koşulları gibi koşullara bağlı olarak, davlumbaz çatıya yakın bir yerel kurulabilir ve bu da verimliliğin düşmesine neden olabilir.



Kaynak: [38, EUROFER BOF 1997]

Şekil 7.16: BOF'ye sıcak metal ve hurda yükleme sırasında meydana gelen ikincil emisyonların toplanması

İkincil toz giderme sisteminden kaynaklanan baca gazı akışı 300 000 – 3 441 000 Nm³/s aralığındadır ve temizlik genellikle bir torba filtre aracılığıyla yapılır, ancak kuru ESF de kullanılır. Uygulanan ikincil toz giderme sistemlerinden elde edilen bazı veriler ve yükleme ve akıtma emisyonlarının özellikleri Tablo 7.19'da özetlenmiştir.

Tablo 7.19: Uygulanan ikincil toz giderme sistemlerinden elde edilen veriler ve yükleme ve akıtma emisyonlarının özellikleri

Tesis	Kap kapasitesi	BOF sayısı	Aylık ısıtma sayısı	Atık gaz hacmi (Nm ³ /s)
1	112	2	1 658	1 250 000
2	125	3	1 983	372 000
3	156	3	2 179	3 441 000 ⁽¹⁾
4	240	2	866	300 000
5	295	2	2 322	1 300 000
6	330	2	974	1 000 000
7	264	3	1 885	2 119 457
8	325	3	1 698	720 000
9	330	3	1 125	393 500

⁽¹⁾ Bu tesis iki adet bağımsız ikincil tozsuzlaştırma sistemine sahiptir ve verilen değer iki sistemin toplamıdır.

Not: Toplam kap kapasitesine göre sıralama yapılmıştır (Kabın kapasitesi × BOF sayısı).

Kaynak: [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007].

İkincil metalürji

İkincil metalürjiden kaynaklanan emisyonlar aşağıdaki prosesler sırasında ortaya çıkabilir:

- Akıtma işlemleri (yani potalar, pota ocakları, dönüştürücüler ve ikincil metalürjide kullanılan diğer ekipmanlar)
- Gazdan arındırma
- Refrakter ön ısıtma (pota, döküm haznesi, gaz giderici)
- Katkı maddelerinin taşınması ve kullanılması

İkincil metalürji proseslerinden kaynaklanan emisyonların ayrı olarak çekildiği ve torba filtrelerle azaltıldığı iki tesis için ölçülen toz emisyon konsantrasyonları 10 mg/Nm³/s düzeyinin altındadır [182, Infomil 2009] [211, Remus, Rainer 2008].

Elde edilen çevresel faydalar

Emisyonlar, esas olarak, yükleme ve akıtma sırasında oluşan tozun tahliye edilme verimliliğinden etkilenir.

Tablo 7.20'de gösterildiği gibi, bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde ikincil çıkış gazlarından elde edilebilecek toz toplama derecesi, atölye zemini ve model testleri, hesaplamalar ve ampirik gözlemlerden elde edilir ve dikkate alınan emisyon kaynağına ve özel proses tekniğine göre değişiklik gösterebilir. Verilen aralıklar, potadan potaya aktarma ve kükürt giderme gibi sıcak metal ön işleme prosedürleri için ve dönüştürücü üfleme sırasında verimliliğin neredeyse tamamen çekiş kadar yüksek olabileceğini göstermektedir. Buna karşılık, hurda ve sıcak metal yükleme ve sıvı çelik ve cürufun akıtılması sırasında emisyonların toplanması çok daha az verimlidir.

Bazı tesislerde (örneğin Japonya), tüm çatı kapatılır ve emisyonlar tahliye edilir; böylece toplam verimlilik %100 olur.

Tablo 7.20: Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinin ikincil çıkış gazlarında elde edilebilir toz toplama derecesi

Sıcak metalin ön işleme tabi tutulması		BOF işletimi (dönüştürücü)			
Potaya aktarma istasyonu	Sıcak metal ön işleme	Hurda yükleme	Sıcak metal yükleme	Üfleme	SÇ ve cüruf akıtma
%94 – 99	%94 – 99	%24 – 64	%89 – 94	%89 – 99	%49 – 55
Not: %100'ün BOF işletimi sırasında salınan toplam tozu (teknik olarak elde edilebilir olan derece) temsil ettiğini varsayarsak, alt sınır genel olarak elde edilebilir oranı ve üst sınır da elde edilebilecek maksimum oranı ifade eder. Kaynak: [38, EUROFER BOF 1997].					

ESF'ler ve torba filtrelerle, yukarıda bahsedilen havaya salınan emisyonların her biri için 5 g/t SÇ düzeyinin altında noktasal kaynak emisyonları elde edilebilir. Tablo 7.21'de gösterildiği gibi bu, 2 – 13 mg toz/Nm³ emisyon konsantrasyonuna karşılık gelir.

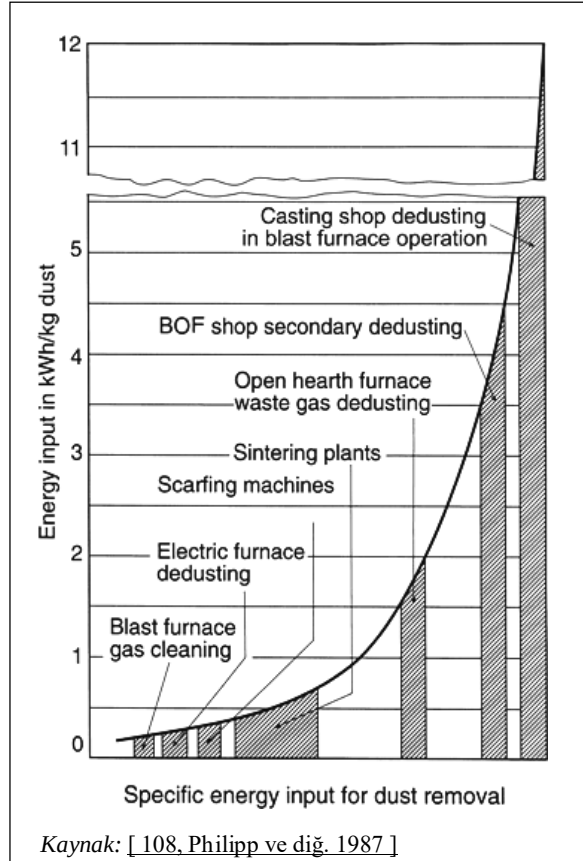
Tablo 7.21: Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde ikincil toz giderme ile elde edilen emisyon seviyeleri

Parametre	ESF	Torba filtre
Toz	6	<2 – 13
Pb, Cr, Cu, Mn, V	0,1	
PCDD/F	0,03	
Not: Değerler, ng I-TEQ/Nm ³ cinsinden verilen PCDD/F dışında mg/Nm ³ cinsindendir. Değerler yıllık ortalamalardır. Kaynak: [182, Infomil 2009] [244, Plickert 2007].		

Çapraz ortam etkileri

İkincil tozsuzlaştırma sırasında, bir ton sıvı çelik başına 0,5 kg katı atık üretilir (1,2 kg/t SÇ'ye kadar). Bu demir açısından zengin katı atığın yeniden kullanımı büyük ölçüde çinko içeriğine bağlıdır. Bazı tesislerde yeniden kullanılabilir, ancak diğerlerinde bu atığın bertaraf edilmesi gerekebilir.

Havalandırma ve toz temizleme cihazının çalıştırılması enerji gerektirir. İkincil havalandırma, yaklaşık 300.000 – 3.441.000 Nm³/s'lik bir tahliye kapasitesi gerektirir. Bir örnekte, bir torba filtre uygulandığında etkin enerji tüketiminin 13 MJ/t SÇ olduğu bildirilmiştir. Bildirilen diğer değerler, arıtılan 1000 Nm³ başına 0,72 – 7,2 MJ'dir. Enerji tüketimi esas olarak basınç düşüşüne ve ilgili fanın kapasitesine bağlıdır. Şekil 7.17'de entegre çelik fabrikalarında farklı toz giderme işlemleri için özgül enerji tüketimi verilmiştir. Görüldüğü gibi, ikincil toz giderme için özgül enerji tüketiminin, diğer toz giderme işlemlerine kıyasla nispeten yüksek olduğudur.



Şekil 7.17: Entegre çelik fabrikalarında farklı toz giderme işlemleri için özgül enerji tüketimi

Yüksek tahliye oranları nedeniyle, ikincil toz giderme sistemleri gürültü emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Dolayısıyla, fanlar için beton muhafaza, filtrede ekstra yalıtım ve bacada sönümleyici gibi gürültü korumasına yönelik ek önlemler gerekli olabilir.

İşletim verileri

Hem torba filtreler hem de ESF'ler sorunsuz çalıştırılabilir. İkincil toz gidermenin en zor yönleri tahliye verimliliği, kanallarda patlamanın önlenmesi ve oluşan katı atıkların geri dönüşümüdür.

Uygulanabilirlik

İkincil toz giderme hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Mevcut tesislerde, tesisin tasarımı uygun tahliye olanaklarını kısıtlayabilir.

Ekonomik boyut

İkincil emisyonların toplanması ve azaltılmasına yönelik teknikler için toplam yatırım 2004 yılında, gürültü koruma önlemleri dahil 29 milyon EUR olmuştur.

Torba filtre uygulandığında elektrik tüketimi yaklaşık 13 MJ/t SÇ'dir. Bu nedenle, büyük ölçüde elektrik fiyatına bağlı olan işletme maliyetleri dikkate alınmalıdır. Bakım için ek maliyetler, (örneğin filtre) gereklidir. Maliyetlerin 1996'da 0,8 – 4 EUR/t SÇ aralığında olduğu tahmin edilmiştir.

İkincil çıkış gazlarının tozsuzlaştırılması için sermaye maliyetleri: 10 milyon EUR – 30 milyon EUR. 5 Mt sıvı çelik üretimine sahip mevcut bir çelik üretim tesisinde ikincil çıkış gazlarının tamamen tozdan arındırılmasının uygulanması 30 milyon EUR tutmaktadır (referans tesis: ArcelorMittal, Ghent/Belçika).

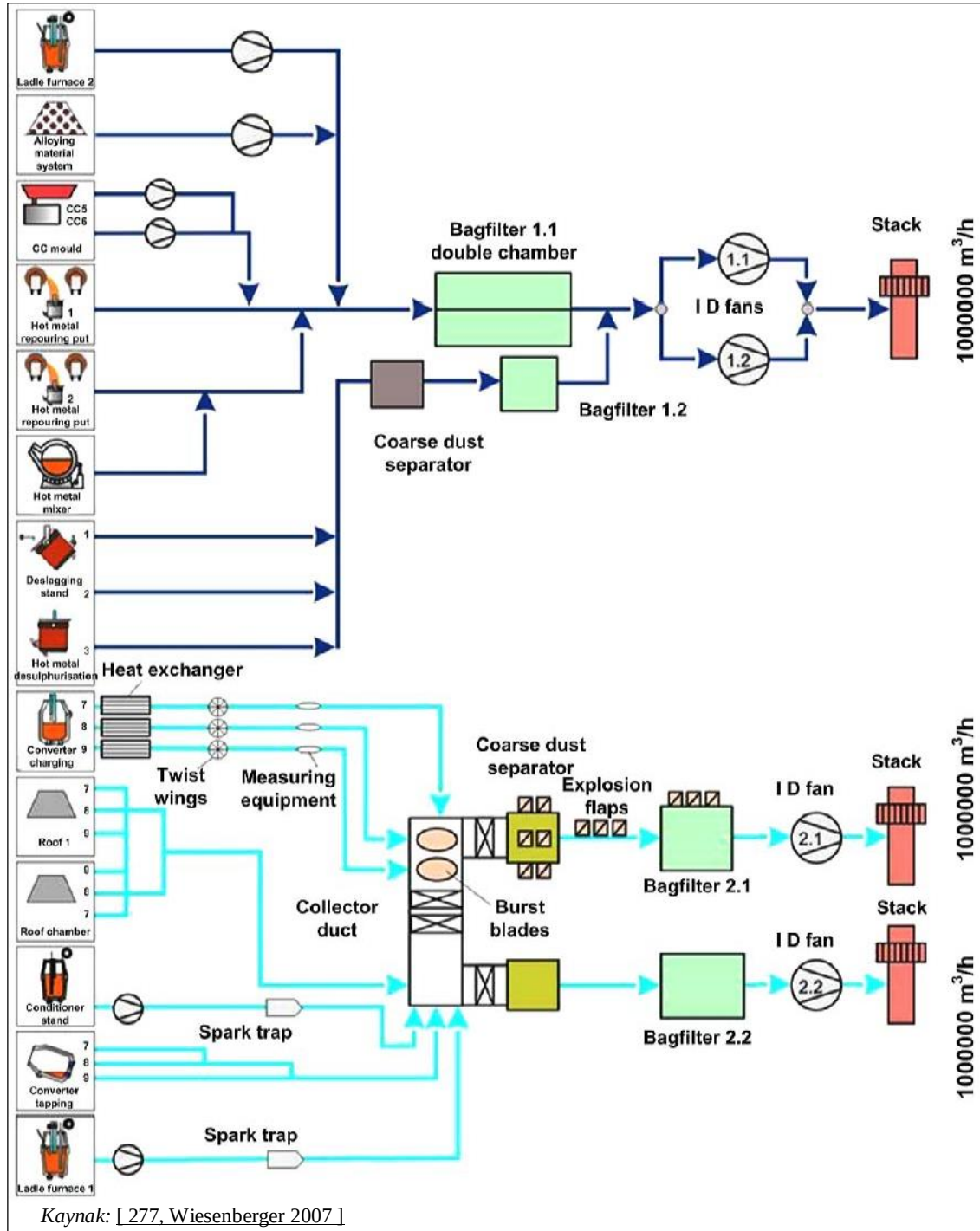
Uygulamanın gerekçesi

Başlıca gerekçe, akıtma ve yükleme sırasında görsel emisyonun önlenmesi ve dönüştürücü alanında daha iyi çalışma koşulları iken ek bir gerekçe, yükleme vinçlerinin güvenilirliğine katkıda bulunma ihtiyacıdır.

Örnek tesisler

Avrupa'daki ve dünya genelindeki demir-çelik tesislerinin çoğu ikincil toz giderme uygular.

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'nın BOF tesisi, her biri 158 ton sıvı çelik kapasiteli üç BOF dönüştürücüden oluşmaktadır. BOF tesisinin toplam kapasitesi yılda 5,2 milyon ton sıvı çeliktir. 2006 yılının başında, mevcut ikincil tozsuzlaştırma üniteleri 1 ve 2.1 (1 milyon Nm³/s'lik çekiş hacmi), ünite 2.2'nin (maksimum 1 milyon Nm³/s'lik çekiş hacmi) kurulumu ile genişletilmiştir. Dolayısıyla ikincil toz giderme, sıcak metalin potadan potaya aktarılması, ön işlem, cüruf giderme, dönüştürücülerin yüklenmesi ve akıtılması, dönüştürücü koridoru ve yükleme holü dahil olmak üzere çeşitli çekiş noktalarından çekilen havayı yöneten üç ayrı üfleyici ve filtreden oluşur (bkz. Şekil 7.18). Sistem, bir toz giderme sisteminin arızalanması durumunda bile, çıkış gazlarının temizlenmesinin garanti edilmesini sağlar. Bu sayede bir sistem arızası durumunda ilgili emisyonlar diğer ikincil toz giderme sistemi tarafından yakalanabilir. Sonuç olarak, toz emisyonlarında yaklaşık 370 ton/yıl veya PM₁₀ emisyonlarında yaklaşık 300 ton/yıl azalma sağlanabilir.



Şekil 7.18: Çeşitli çekiş noktalarından çekilen havayı yöneten üç ayrı üfleyici ve filtreden oluşan ikincil toz giderme sistemi örneği

Tablo 7.22’de, yukarıda açıklanan ikincil toz giderme sistemi için başlıca teknik rakamlar verilmiştir.

Tablo 7.22: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki Ünite 1 ve 2 için ikincil toz giderme sisteminin teknik rakamları

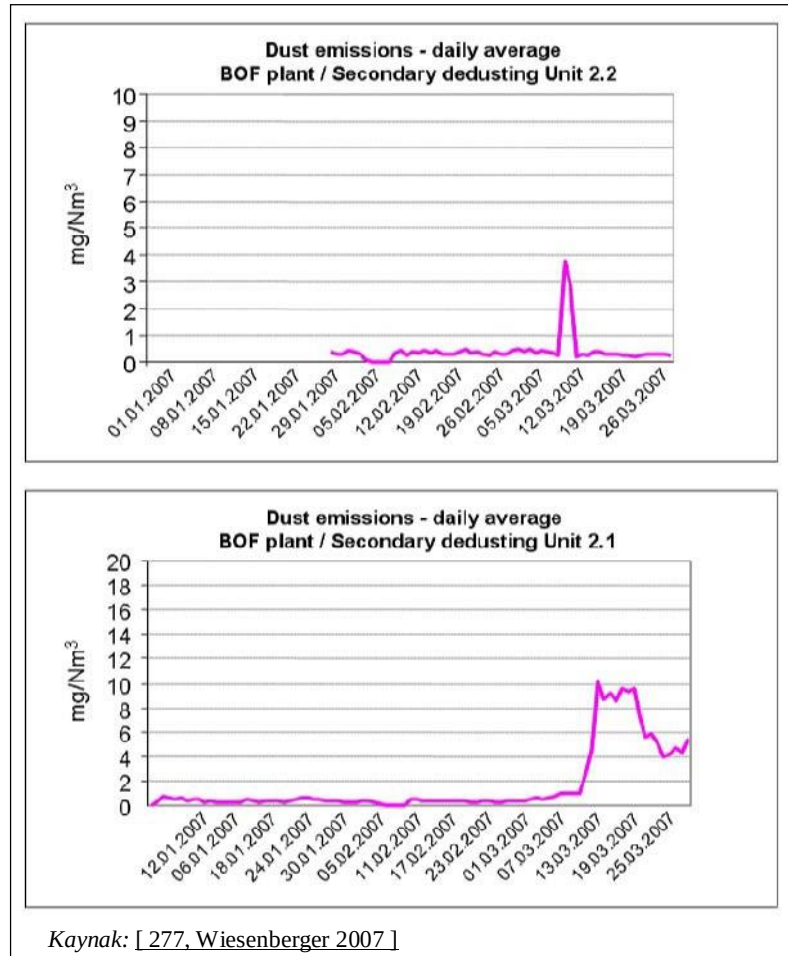
Filtre Üniteleri 2.1	Akış (milyon Nm ³ /s)	Filtre Ünitesi 2.2	Akış (milyon Nm ³ /s)
Toplam akış miktarı	1	Toplam akış miktarı	1
Sıcak metal yükleme	1	Akıtma	0,2
Hurda yükleme	0,3	Pota ocağı	0,12
Oksijen üfleme	0,18	Koşullandırma standı	0,06
Deşarj	0,35	Çatı dumanı egzoz sistemi	0,6
Cüruf sıçraması	0,15		
Fan gücü	2680 kW		2680
Filtre ünitesi özellikleri	9 oda 9770 m ²		10 oda 10 850 m ²

Kaynak: [277, Wiesenberger 2007] [361, Sigmund 2007].

İkincil toz giderme Üniteleri 1, 2.1 ve 2.2'nin toz emisyonları sürekli olarak ölçülür. 2004 yılında yıllık ortalama emisyon değeri Ünite 1 için 7,1 ve Ünite 2.1 için 3,7 mg/Nm³ idi, ancak Ünite 2.2 için yıllık ortalama değerler mevcut değildir.

Güncel günlük ortalama emisyon değerleri, Ünite 2.1 için 0,3 – 10 mg/Nm³ ve Ünite 2.2 için yaklaşık 0,5 mg/Nm³ olup, tek değerler 4 mg/Nm³'e kadar çıkmaktadır. Ağır metal ve PCDD/F emisyonları süresiz olarak ölçülür.

Şekil 7.19'da Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki ikincil toz giderme ünitesi 2'nin günlük ortalama emisyon değerleri gösterilmektedir.



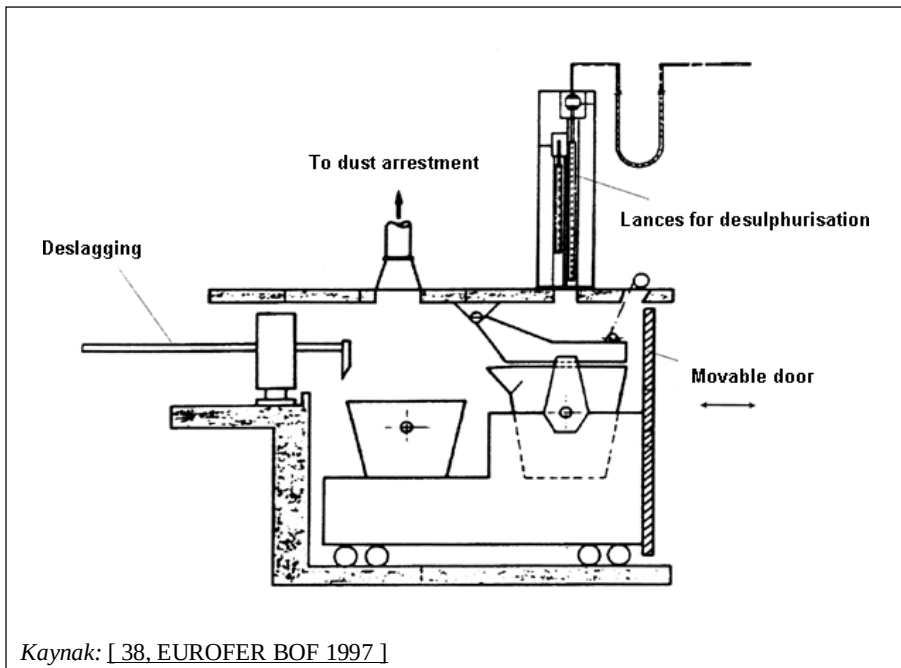
Şekil 7.19: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki ikincil toz giderme ünitesi 2'nin günlük ortalama emisyon değerleri

Referans literatür

[19, EC BOF 1995] [38, EUROFER BOF 1997] [65, InfoMil 1997] [244, Plickert 2007]
[247, Hollanda 2007] [252, Fransa 2007] [277, Wiesenberger 2007] [363, Eurofer 2007]
[365, Eurofer 2007]

7.3.2.2 Sıcak metal ön işlemlerinden kaynaklanan tozun azaltılması**Açıklama**

Sıcak metal ön işleminin üç aşamasında (kükürt giderme, cüruf ayırma ve sıcak metal aktarma ve tartma) toz emisyonları meydana gelir. Özgül toz emisyon faktörü (azaltmadan önce) 110 – 830 g/t SÇ arasında değişir [38, EUROFER BOF 1997]. Bu emisyonlar yakalanır (bkz. Şekil 7.20) ve genellikle torba filtrelerle arıtılır. Kükürt giderme stantları büyük ölçüde kapalı tiptedir. Önemli toz geri kazanım önlemleri arasında pota kapaklarının kullanılması, kükürt giderme maddelerinin kontrollü olarak verilmesi, entegre cüruf giderme işlemleri, bir çekiş sistemi olan bir muhafazanın kullanılması ve proses sırasında hareket eden bir kapının kurulması yer alır (bkz. Şekil 7.20).



Kaynak: [38, EUROFER BOF 1997]

Şekil 7.20: Sıcak metal kükürt giderme standında toz tutma

Çekilen gazlar 10 000 mg/Nm³'e kadar toz ile yüklüdür. Bazı durumlarda kuru elektrostatik filtreler kullanılır.

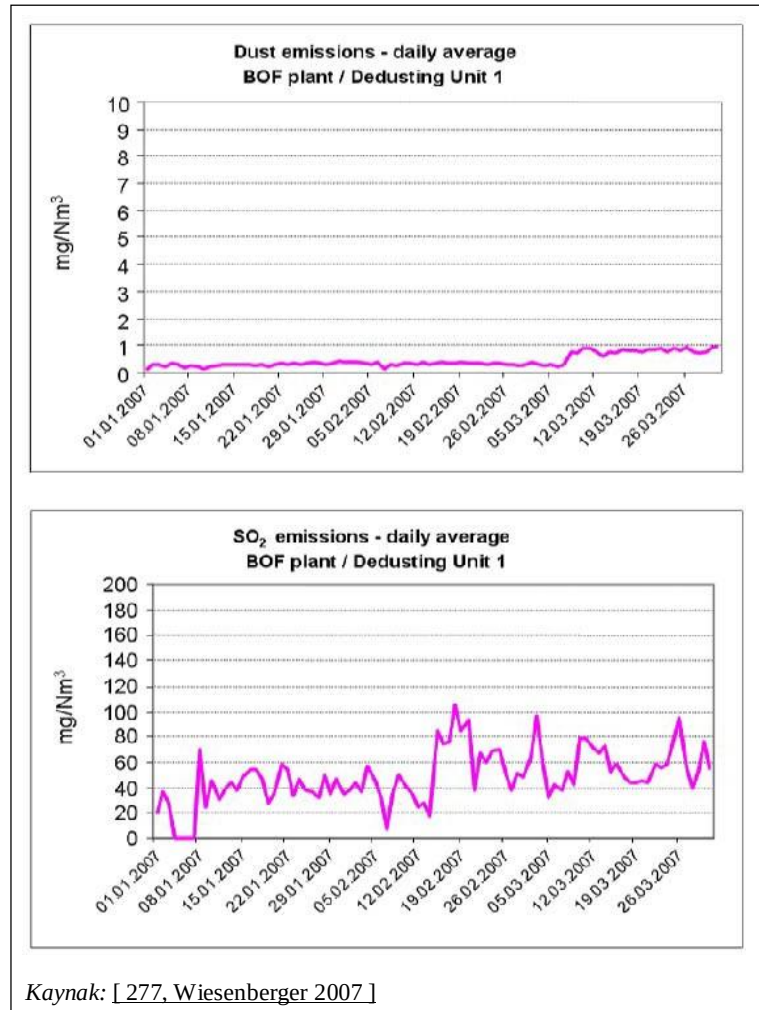
Önemli özelliklerden biri, havalandırma sisteminin tahliye verimliliğidir. İyi bir çekiş verimi elde etmek için emiş davlumbazlarının konumu optimize edilmelidir. Bağımsız toz giderme için baca gazı akışı 30 000 – 1 milyon Nm³/s aralığındadır. Bağımsız toz giderme sistemleriyle, toz giderme kapasiteleri daha iyi kontrol edilebilir ve farklı türde toplanan tozlar yeniden kullanılabilir. Bugün, bazı tesislerde, bir kükürt giderme cihazının tozdan arındırılması, merkezi bir ikincil toz giderme sisteminin bir parçasıdır ve ayrıca karakterize edilemez. Bu sistemler 300 000 ile 2 200 000 Nm³/s arasında akış kapasitesine sahiptir. Bazı durumlarda gerekli çekiş kapasitesi farklı proses koşullarına göre ayarlanabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Toz verimli bir şekilde çekilip ardından bir torba filtreden (veya bir ESF'den) geçirildiğinde, 1 – 10 mg/Nm³'ten (yaklaşık 1 g/t SÇ) daha düşük emisyonlar elde edilebilir.

Corus, IJmuiden/Hollanda'da cüruf giderme ve kükürt giderme, çekiş yapılan kapalı bir odada gerçekleştirilir. Emisyonlar bir torba filtreye yönlendirilir. Toz emisyonları için anlık ölçüm sonuçları 2001'de 2 mg/Nm³ ve 2004'te 1 mg/Nm³ idi.

Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya'daki bir toz giderme ünitesi, yaklaşık 1 milyon Nm³/s'lik bir çekiş hacmine sahiptir ve sıcak metal ön işleme, sıcak metal kükürt giderme, cüruf ayırma, sıcak metal taşıma ve bir pota ocağındaki çekiş noktalarını yönetir. Toz emisyonları sürekli olarak ölçülür. 2004 yılında yıllık ortalama toz emisyonu seviyesi 7,1 mg/Nm³ idi. Güncel günlük ortalama toz emisyonu değerleri 0,2 – 1 mg/Nm³ aralığındadır. 2006 yılından bu yana SO₂ emisyonları da sürekli izlenmektedir. 2007 yılında 3 aylık bir dönemde ölçülen SO₂'nin günlük ortalama emisyon değerleri 20 – 100 mg/Nm³ aralığındaydı. Üç aylık bir süre boyunca hem toz hem de SO₂ emisyonları için izleme verileri, Şekil 7.21'de verilmiştir. Ancak tek yarım saatlik ortalama emisyon değerleri 340 mg/Nm³'e kadar çıkmaktadır.



Şekil 7.21: Avusturya'nın Linz şehrinde bulunan Voestalpine Stahl GmbH'nin bazik oksijen fırınındaki ikincil toz giderme ünitesi 1'nin günlük ortalama emisyon değerleri

Çapraz ortam etkileri

Emme pompaları enerji tüketir ve sinterleme prosesine geri döndürülebilen (yüksek Fe içeriğine sahip) katı atık üretilir. Ancak bu, sinterleme prosesinde daha yüksek kükürt emisyonları üretecektir. Sıcak metal kükürt giderme ünitesinden çıkan tozun bileşimi büyük ölçüde kullanılan kükürt giderme maddesine bağlıdır. Alternatif olarak, toplanan tozlar soğuk briketlemeden sonra (bkz. Bölüm 2.5.4.4.4) BOF'ye geri döndürülebilir veya çimento imalatı endüstrisinde kullanılabilir.

İşletim verileri

Hem torba filtreler hem de ESF'ler sorunsuz çalıştırılabilir.

Uygulanabilirlik

Sıcak metal ön işleminden kaynaklanan tozun azaltılması hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Bu tekniğin uygulanması için gerekli yatırım yaklaşık 10 milyon EUR'dir. Bu örnek için para birimi 1996'te ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

Sıcak metal ön işleminden toz azaltmanın uygulanmasına ilişkin başlıca gerekçe, emisyon sınır değerleri veya diğer yasal gerekliliklerdir.

Örnek tesisler

Sıcak metal ön işlemi sırasında toz azaltma dünya genelinde birçok tesiste uygulanmaktadır.

Referans literatür

[19, EC BOF 1995] [65, InfoMil 1997] [247, Hollanda 2007] [277, Wiesenberger 2007]
[363, Eurofer 2007]

7.3.2.3 Külçe ve sürekli döküm için toz azaltma

Açıklama

Eriyik akışını oksijen kontaminasyonundan korumak ve duman oluşumunu önemsiz bir düzeye indirmek için külçe döküm örtüleri kullanılmalıdır. Önemli miktarda duman oluşumu önlenemiyorsa, duman toplama ve azaltma uygulanmalıdır. Sürekli dökümde olduğu gibi, kurşunlu çelikler için özel duman çekme ekipmanları ve temizlik şarttır.

Paslanmaz çeliği keserken kullanılan oksijenli kesme ekipmanı demir tozu ile beslenir. Bu, duman çekme ve torba filtreler gibi azaltma ekipmanlarının kurulmasını gerektirecek kadar kahverengi duman oluşumuna neden olur.

Kurşunlu çeliklerin dökümünde veya kurşun ilavesi yapılırken pota ve döküm haznesinin üstü kapatılabilir. Kurşun dumanı salma riskini en aza indirmek için enjeksiyon tesisi tasarımının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Kurşun içeren dumanı arıtmak için kurulmuş bir torba filtreye çekiş ile birlikte, kalıp alanı çevresinde ve ikincil çelik üretim ünitesinin kendisi için duman toplama sağlanmalıdır.

Taban deliğini temizlemek için oksijen lansı kullanılırsa, duman diğer kurşun içeren dumanlarla birlikte çevrelenmeli ve çekilmelidir. Kurşunlu çelik dökümden kaynaklanan tüm tozlar, özel torba filtre sistemleri tarafından yakalanmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 7.23'te, torba filtre uygulamasıyla iki döküm tesisi için elde edilen emisyon seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 7.23: Torba filtre kullanılan iki döküm tesisi için ulaşılan emisyon seviyeleri

Parametre	Külçe ve sürekli döküm	Sürekli döküm
Toz	0,5	0,5
Ni	<0,002 ⁽¹⁾	0,014
Cr, Mn, V	<0,004 ⁽¹⁾	0,016
Ni, Cr, Mn, V	<0,006 ⁽¹⁾	0,03
Cr(VI)	<1 ⁽¹⁾	0,014
⁽¹⁾ Maksimum değerler yarım saatlik ortalama değerlere dayanmaktadır. Not: — Birimler mg/Nm ³ cinsindendir ve yıllık ortalamalardır. — Veriler yalnızca paslanmaz çelik üretimi içindir. Kaynak: [244, Plickert 2007].		

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Verilen gerçekleşmiş emisyon değerleri, sadece paslanmaz çelik üretimi yapılan ve torba filtre kullanılan bir EAF tesisindeki bir döküm sisteminden alınmıştır. Prensip olarak bu teknik, benzer koşullara sahip paslanmaz çelik üretimi yapan BOF tesislerinde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Döküm sistemlerindeki torba filtreler, paslanmaz çelik üretimi yapılan iki Alman EAF tesisinde uygulanmaktadır.

Bu teknik Birleşik Krallık'ta kullanılmaktadır.

Referans literatür

[240, UKEA 2004] [244, Plickert 2007]

7.3.2.4 Yaygın ve kaçak ikincil emisyonları önlemek veya kontrol etmek için genel teknikler

Açıklama

İlgili BOF prosesi ikincil kaynaklarından salınan yaygın ve kaçak emisyonları önlemeye yönelik genel teknikler şunları içerir:

1. BOF atölyesindeki her bir alt proses için toz giderme cihazlarının kullanılması ve bağımsız yakalama
2. Havaya salınan emisyonlarını önlemek için kükürt giderme tesisinin doğru yönetimi
3. Kükürt giderme tesisinin tamamen kapatılması
4. Sıcak metal potaları kullanılmadığında kapağın açık tutulması ve sıcak metal potalarının düzenli olarak temizlenmesi ve pota dibinden düzenli olarak arındırılması
5. Çatı çekiş sistemi uygulanmamış ise sıcak metal dönüştürücüye koyulduktan sonra yaklaşık iki dakika boyunca sıcak metal potasının dönüştürücü önünde tutulması

6. Çelik üretim sürecinin bilgisayarlı kontrolü ve optimizasyonu (örneğin taşmanın (yani cürufun kaptan dışarı akacak kadar köpürmesi) önlenmesi veya azaltılması için)
7. Akıtma sırasındaki taşmanın, taşmaya neden olan unsurları sınırlayarak ve taşma önleyici maddelerin kullanımıyla azaltılması
8. Oksijen üfleme sırasında dönüştürücü etrafındaki odanın kapılarının kapatılması
9. Görünür emisyon için çatının sürekli kamera ile gözlemlenmesi
10. Bir çatı çekiş sisteminin kullanılması.

Elde edilen çevresel faydalar

Teknik 1: Bu teknik, yakalama verimliliğini optimize etmeye ve yeniden kullanım olasılıklarını teşvik etmeye yardımcı olabilir. Öte yandan, çoğu çelik fabrikasında kullanılan kombine ikincil toz giderme sistemleri, ülkelerden birinde tek bir çözüm olan ayrı sistemler gibi aynı çevresel performansa sahiptir. Enerji tüketimi bakımından, kombine sistemlerin avantajları vardır.

Teknik 2: Kükürt giderme prosesinde, PM ve koku emisyonlarında azalmaya ve üretilen cürufun farklı (daha kullanışlı) bir bileşimine yol açan, kalsiyum karbür yerine reaktiflerin, kalsiyum oksidin kullanılması (bkz. Bölüm 7.2.2.1.1).

Teknik 3: Bu önlem, bir toz toplama sistemi aracılığıyla havanın tamamen tahliye edilmesini sağlar.

Teknik 4: Bu tekniği kullanırken potalar daha az soğur ve bu nedenle daha az aşınma meydana gelir; potaların tütmesi önlenir, bu da daha düşük PM emisyonları sağlar.

Teknik 5: Bu önlem, bir çatı çekiş sistemi uygulanmadığı takdirde yayılabilecek dumanın çekilmesini sağlar.

Teknik 4, 5, 6 ve 8: Bir örnekte, bu tekniklerin uygulanması ve değirmen taşından (bkz. Bölüm 7.3.1) ortaya çıkabilecek emisyonların yeterli kontrolüyle, 0,14 kg/SM'nin altında torpidodan akıtmadan kaynaklanan çatı emisyonları ve tüm BOF dönüştürücü prosesi için 10 g/t SÇ'nin altında çatı emisyonları elde edilebilir [359, Hollanda 2007].

Teknik 9: Çatı, görünür emisyonlar için sürekli olarak gözlemlendiğinde, normal çalışma koşullarında meydana gelebilecek ve görünür emisyonların artmasına neden olabilecek değişiklikler kamera ile gözlemlenir ve kaydedilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Teknik 1: Hiçbir veri sunulmamıştır.

Teknik 4: Herhangi bir çatı çekiş sistemi uygulanmamışsa bu önlem uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Sürekli izleme, ekonomik faydalar da sağlayabilen erken düzeltici eylem seçeneği sunar.

Örnek tesisler

Teknik 4, 5, 6 ve 8: Corus, IJmuiden/Hollanda.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [241, Polonya 2007] [247, Hollanda 2007] [249, Hollanda 2007] [359, Hollanda 2007] [360, Sick-Maihak 2006] [361, Sigmund 2007]

7.3.3 Islak toz gidermeden kaynaklanan atık suyun artırılması**Açıklama**

Oksijenli çelik üretim tesislerinin çoğunda, birincil gaz akışından (BOF gazı) havaya salınan emisyonları azaltmak için yıkayıcılar kullanılır (bkz. Bölüm 7.3.7). Bu, potansiyel olarak kirliliği havadan suya aktarır; böylece üretilen atık su genellikle geri dönüştürülür ve deşarjdan önce artırılır.

Yıkayıcılardan çıkan su esas olarak askıda katı maddeler içerir; mevcut olan başlıca ağır metaller çinko ve kurşundur.

Yıkama suyu devresindeki askıda katı maddelerin büyük bir kısmı hidrosiklonaj ve/veya çökeltme yoluyla giderilebilir. pH düzeltmesinden sonra, suyun çoğu geri dönüştürülebilir.

Tahliye suyu, deşarjdan önce çökeltme ve/veya filtreleme yoluyla artırılabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 7.24'te oksijenli çelik üretim fabrikalarında ıslak toz giderme sistemlerinden suya salınan özgül emisyonlara örnekler verilmiştir.

Tablo 7.24: Oksijenli çelik üretim fabrikalarında ıslak toz giderme tesislerinden suya salınan özgül emisyon örnekleri

Parametre	Birimler	Bastırılmış yanma sistemleri		
		Corus IJmuiden, NL ⁽¹⁾	Stelco LEW, Ontario, Kanada	LTV Steel Cleveland Works, ABD
Deşarj akışı	m ³ /t SÇ	0,52	1,1	0,002
Askıda katı madde	g/t SÇ	20	5,5	0,0083
Çinko (Zn)	mg/t LS	73	210	0,36
Kurşun (Pb)	mg/t LS	31	110	0,057
⁽¹⁾ Corus IJmuiden/Hollanda'daki emisyonlar 1994 yılına ait verilerdir. Kaynak: [65, InfoMil 1997].				

Atık su deşarjını en aza indirmek için en etkili önlemler şunlardır:

1. Yıkama suyunun devridaim oranının artırılması. Karbonatların çökmesini arttırmak için ikinci çökeltme aşamasından önce karbondioksit (CO₂) enjeksiyonu yapılarak yıkama suyu akışında iki aşamalı bir çökeltme prosesi ile yüksek bir devridaim sağlanabilir. CO₂ enjeksiyonu yalnızca bastırılmış yanma uygulanan sistemlerde mümkündür.
2. Tahliye suyunun artırılması. Verimli bir devridaim sağlanabilmesine rağmen, belirli minerallerin/tuzların birikmesini önlemek için tahliye yapılması gerekir. Tahliye suyu, en önemli kirlenici olarak askıda katı maddeler (çinko, kurşun vb. dahil) içerir. Tahliye suyu çökeltme ve filtreleme ile artırılır.

Çapraz ortam etkileri

Hidrosiklonaj sırasında ve/veya yıkama suyu devresindeki askıda katı maddelerin çöktilmesi sırasında çamur üretilir. Hurda yoluyla çinko girişi katı bir şekilde sınırlandırılırsa (yani soğuk briketlemeden sonra BOF'ye veya sinterleme tesisine geri gönderilirse), bu çamur demir ve

çelik üretiminde %100 geri dönüştürülebilir (bkz. Bölüm 2.5.4.4.4). Dünyadaki diğer birçok çelik fabrikasında, çamur kullanılamaz ve çimento imalat endüstrisine gönderilir veya depolanır veya bertaraf edilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde yüksek bir devridaim verimliliği ve ek arıtma uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Yüksek derecede devridaim ve tahliye suyunun arıtımı yapılan tesislere örnekler:

Corus, IJmuiden/Hollanda; ArcelorMittal, Ghent/Belçika; AlcelorMittal, Cleveland/Amerika Birleşik Devletleri.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [138, Theobald 1997] [363, Eurofer 2007]

7.3.4 Sürekli dökümden kaynaklanan atık suyun arıtılması

Açıklama

Sürekli döküm makinelerinde kütüklerin, yassı kütüklerin ve kaba kütüklerin doğrudan soğutulması için su kullanılır. Bu nedenle kontamine olmuş bir proses suyu akışı oluşur. Çoğu durumda, bu atık su, sıcak haddehanelerden çıkan atık su akışlarıyla birlikte arıtılır. Arıtmadan sonra, su yeniden devridaim edilir.

Döküm kalıbı ve makaraların iç kısmı genellikle kapalı bir devredeki su ile soğutulur ve burada dikkate alınmamaktadır.

Ana kirleticiler askıda katı maddeler ve yağdır. Suyu deşarjları azaltmak için ana önlemler, tahliye suyunun çöktürülmesi ve/veya filtrelenmesi ile birlikte yüksek devridaim oranıdır. Yağı uzaklaştırmak için sıyırma tankları kullanılabilir.

Püskürtme suyu genellikle buharlaşmalı bir soğutma kulesinde soğutulmadan önce veya soğutulduktan sonra kum filtrasyonu ile çöktürülür. Kum filtrasyonu, döküm makinesinin ikincil püskürtme memelerinin yeterince uzun süreli çalışmasını sağlamak için düşük seviyelerde partikül ve yağ kirliliği sağlamaya yardımcı olur. Askıda katı maddelerin deşarjını ve herhangi bir yağ/gres kontaminasyonunu en aza indirmek için, çözünmüş katıların seviyesini kontrol etmeye yönelik olarak açık devreden yapılacak tahliye, kum filtrasyon tesisinin akış yönünde gerçekleştirilmelidir. Kum filtresinin tıkanmasını önlemek için kum filtrelerinden önce yağ sıyırıcı kurulmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 7.25'te, sürekli dökümden kaynaklanan suya salınan özgül emisyonlara ilişkin örnekler verilmiştir.

Tablo 7.25: Sürekli dökümde doğrudan soğutma sistemlerinden suya salınan emisyonlara genel bakış

Parametre		Corus IJmuiden, NL ⁽¹⁾	Stelco LEW, Ontario, Kanada	ArcelorMittal, Indiana Harbour Works, IN, ABD
Deşarj akışı	m ³ /t çelik döküm	0,04	1,4	0,076
Devridaim oranı	%	98	78	99
Askıda katı madde	g/t çelik döküm	0,8 0,2 ⁽²⁾	26	1,4
Çinko (Zn)	mg/t çelik döküm	<1	–	8,0
Kurşun (Pb)	mg/t çelik döküm	<1	–	8,7
Yağ	mg/t çelik döküm	20	2000	160
(1) Veriler 2004'e aittir. (2) 2007 verilerinde aşağı yönlü bir trend görülmektedir. Kaynak: [65, InfoMil 1997] [135, Busink, R. 2009].				

Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki bazik oksijen fırınında sürekli dökümden kaynaklanan atık sudaki kirletici konsantrasyonu örneği Tablo 7.26'da verilmiştir [362, Almanya 2007] [363, Eurofer 2007]

Tablo 7.26: Almanya'nın Bremen şehrinde bulunan ArcelorMittal'daki bazik oksijen fırınında sürekli dökümden kaynaklanan atık sudaki kirletici konsantrasyonu örneği

Parametre	Ölçüm sayısı	Ortalama değer	Medyan	Maks.	Min.	Standart sapma
Pb (µg/l)	33	3,03	2,00	16,00	<2,00	3,11
Cr (µg/l)	33	2,99	2,00	13,00	<2,00	2,17
Cu (µg/l)	33	6,03	5,70	15,00	0,50	2,74
Zn (µg/l)	33	87,12	62,00	340,00	<20,00	73,89
Cd (µg/l)	33	0,20	0,20	0,27	<0,20	0,01
Fe (mg/l)	33	0,59	0,14	8,50	0,05	1,63
Ni (µg/l)	33	21,88	22,00	37,00	11,00	6,15
N _{mineral} (mg/l)	31	5,09	5,07	7,16	3,29	1,21
AOX (µg/l)	33	41,06	40,00	66,00	21,00	11,00
Askıda katı maddeler (mg/l)	33	2,77	1,00	19,00	0,80	4,37
ÇOK (mg/l)	33	5,31	5,00	10,00	4,30	1,11
TOC (mg/l)	33	5,68	5,40	10,70	4,60	1,22
Madeni yağ hidrokarbonları (mg/l)	31	0,16	0,18	0,40	<0,10	0,07
Balık yumurtası toksisitesi	8	1,25	1,00	2,00	1,00	0,43
Not: Şubat 2000'den Kasım 2006'ya kadar rastgele numune ölçüm verileri. <i>İtalik</i> yazılmış rakamlar, saptama limitinin altındaki ölçüm değerlerinin saptama limiti olarak hesaplandığını gösterir. Kaynak: [260, Almanya 2007] [362, Almanya 2007].						

Çapraz ortam etkileri

Çökeltme adımları, sinter tesisine veya tüyerler aracılığıyla doğrudan enjeksiyonla yüksek fırına geri döndürülebilen demir içeren bir çamur üretir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde yüksek bir devridaim oranı ve tahliye suyunun arıtması uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

ArcelorMittal, Indiana Harbour Works, Indiana/Amerika Birleşik

Devletleri Corus, IJmuiden/Hollanda

ArcelorMittal, Ghent/Belçika Voestalpine

Stahl GmbH, Linz/Avusturya.

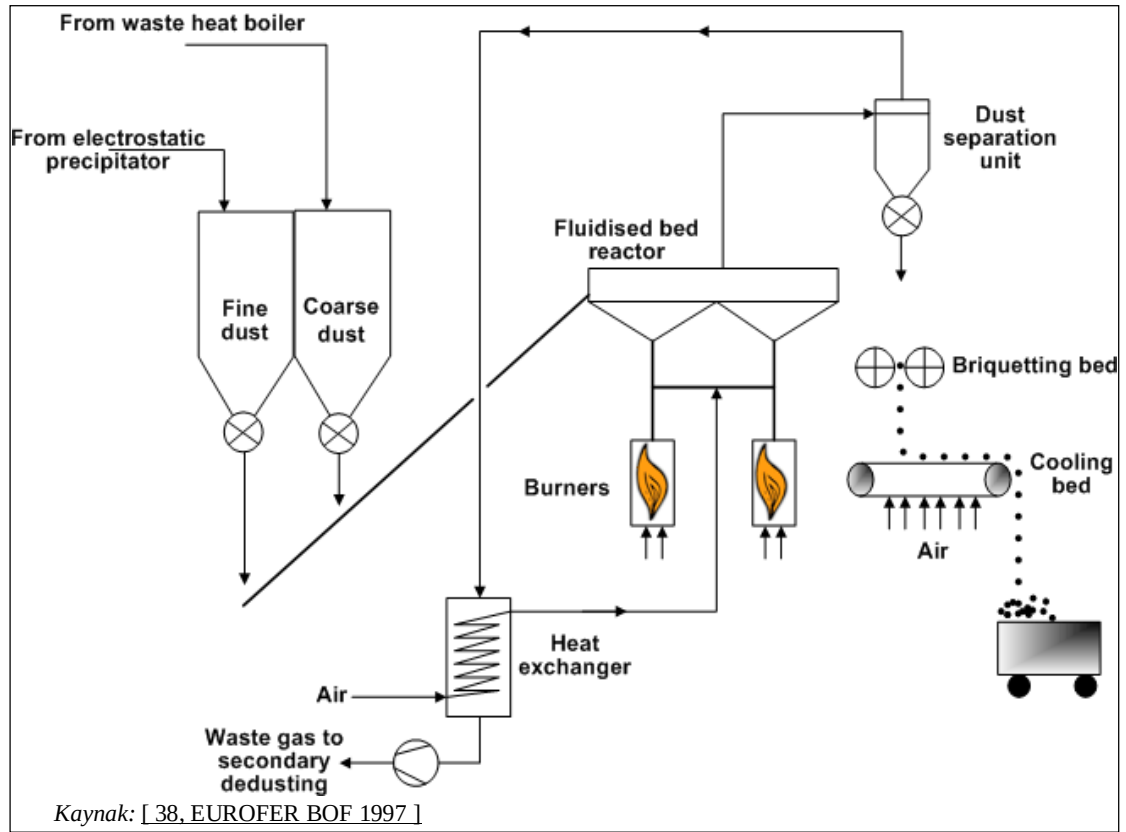
Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [240, UKEA 2004] [362, Almanya 2007] [363, Eurofer 2007]

7.3.5 Harici yeniden kullanım için yüksek çinko içerikli konsantre peletlerin geri kazanılmasıyla toz sıcak briketleme ve geri dönüşüm

Açıklama

Oksijen üflemeden kaynaklanan BOF gazını temizleme aracı olarak kuru bir ESF uygulandığında katı toz oluşur. Bu toz yüksek demir içeriğine (% 40 – 65) sahiptir ve tozlar preslenerek briket haline getirildiğinde değerli bir ham madde olarak kullanılabilir. Kaba tozlar ve ince tozlar aynı tesislerde briket haline getirilse de farklı özelliklerinden dolayı ayrı ayrı yükleme yapılır (bkz. Tablo 7.15). Kaba tozdan elde edilen briketler yaklaşık %70 metalik demir içerir ve BOF'de hurda yerine kullanılabilir. İnce tozdan elde edilen briketler yaklaşık %7 – %20 metalik demir içerir ve cevheri soğutmak için takviye olarak kullanılabilir [2, Auth ve diğ. 1988]. Sıcak briketleme, bir sıcak briketleme tesisinde gerçekleştirilir (bkz. Şekil 7.22). Önce tozlar hareketli yataklı bir reaktörde sıcak hava ve ototermik reaksiyonlarla 750 °C'ye kadar ısıtılır. İkinci adımda, silindirik bir preste briketler oluşturulur.



Şekil 7.22: Bazik oksijenli çelik üretim tesislerinden gelen tozun sıcak briketlenmesi için kullanılan tesis

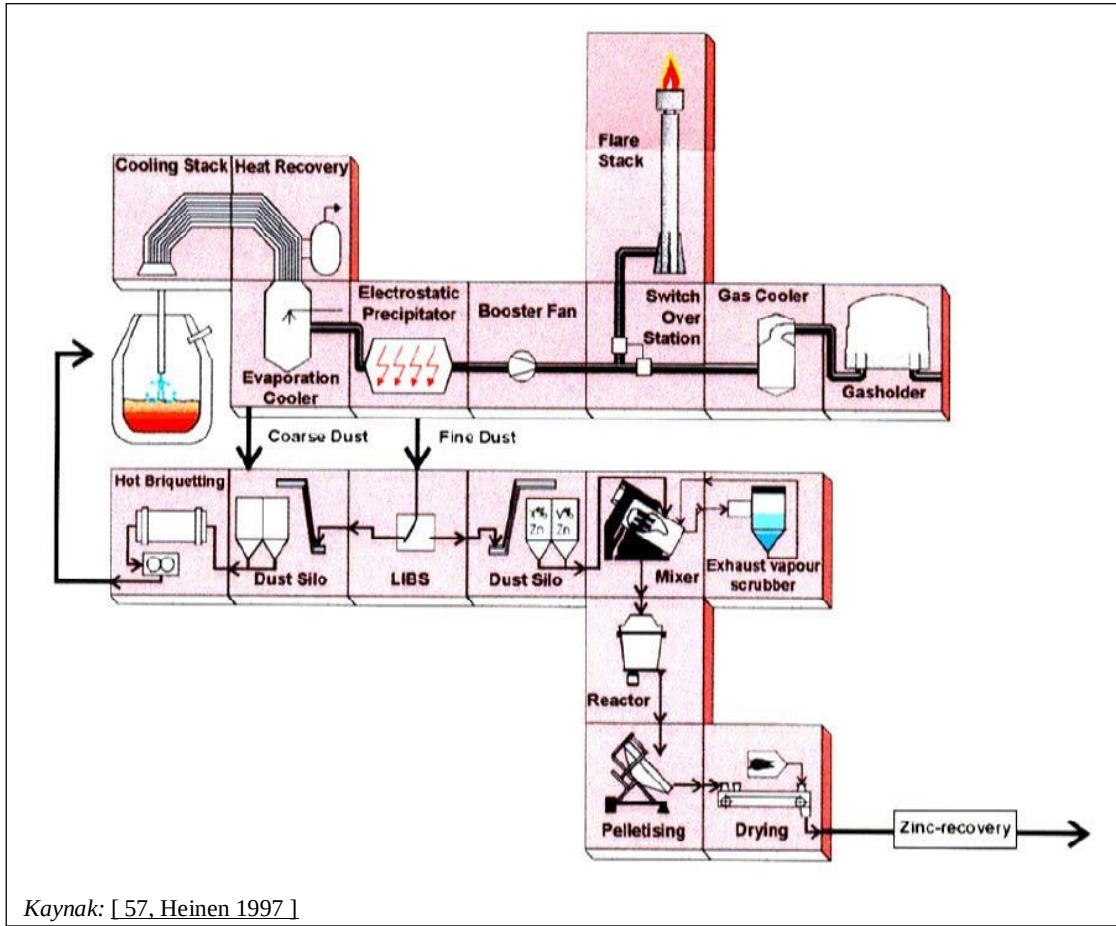
Tozun geri dönüştürülmesi, çinko konsantrasyonunu devamlı olarak artırır. Toz briketleri, ağırlıkça en az %17'lik bir ortalama çinko içeriğine ulaştığında, çinko geri kazanımı için dışarıdaki yeniden işleyicilere götürülürler. Teknik ve ekonomik fizibilite bakımından, çinko geri kazanımı için, örneğin girdi malzemelerinin karıştırılmasıyla, %20 ila 24'lük bir çinko içeriği sağlanmalıdır.

Bu kapalı sistemdeki tozda bulunan çinko çok düzensiz bir şekilde dağıldığından, çinko içeriği ağırlıkça %17'nin oldukça üzerinde olan tozlar da burada özetlenen döngüye girer. Bu, önemli miktarlarda çinkonun döngüde gereksiz yere taşınmasına ve birbirini izleyen her döngüde tekrar tekrar indirgenmesine, buharlaştırılmasına, oksitlenmesine ve briketlenmesine yol açar.

Tozların art arda zenginleştirilmesi ve ortadan kaldırılmasına yönelik bu zikzak modeli, BOF'de önemli ölçüde dalgalanan bir briket yüküne yol açar. Bu da sadece metalürjik hususları (cüruf oluşumu, atık gaz kanalında toz birikmesi) etkilemekle kalmaz, aynı zamanda termal denge (sıcak metal/hurda) üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Üretilen çeliğin ve cürufun kalitesinin Zn içeriğindeki herhangi bir aşırı artıştan etkilenmemesini sağlamak için düzenli analitik kontrol gereklidir.

Prosesi optimize etmek için, gerçek zamanlı olarak tozdaki çinko seviyesini belirlemeye yönelik çevrim içi bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknolojiye LIBS (lazer oluşturma plazma spektroskopisi) adı verilir. Cihaz, konveyör üzerindeki tozun çinko içeriğini sürekli olarak ölçer. Tozun çinko içeriğinin bilinmesi, uygun olduğu durumlarda tozun uzaklaştırma, peletleme ve yeniden işleyiciye taşınması için seçilebileceği anlamına gelir.

Şekil 7.23'te bazik oksijen fırınından kaynaklanan tozların geri dönüşümünü optimize etmeye yönelik önlemlerin şematik genel görünümü verilmiştir.



Şekil 7.23: Bazı oksijen fırınından kaynaklanan tozların geri dönüşümünü optimize etmeye yönelik önlemlerin şematik genel görünümü

İnce tozun pelet haline getirilmesinin nedeni, bağlayıcı maddeler kullanılsa dahi briket haline getirilememesidir. Ayrıca, peletler genel olarak analiz, depolama kararlılığı, toz içermeme, taşınabilirlik ve kullanım kolaylığı gibi müşteri gereksinimlerini daha iyi karşılar. Bunlara ek olarak, toz peletleri, indirgeyici maddeler, diğer katkı maddeleri vb. eklenerek daha ileri işlemler için optimize edilebilir.

Sıcak briketleme ve harici yeniden kullanım için yüksek çinko içeriğine sahip peletlerin üretimi açıklanmaktadır. Teknik olarak, bu çamur ve tozdan demir dışı metalleri çıkarmak mümkündür ve bu işlemin ardından demir içeren temizlenmiş değerli katılar demir üretim prosesine geri döndürülebilir. Çıkarılan demir dışı metaller, demir dışı metaller endüstrisi tarafından işlenebilir.

Aşağıdaki yöntemler uygulanmaktadır:

- döner hazneli fırın prosesleri
- akışkan yatak prosesleri
- sirkülasyonlu akışkan yataklı reaktörler
- yüksek türbülanslı mikser prosesleri
- plazma prosesleri
- çok amaçlı oksijen kupol ocakları.

Çinko bakımından zengin çamur/toz için harici prosesler ticari ölçekte mevcuttur. Bu teknik giderek daha yaygın hale gelmektedir.

Elde edilen çevresel faydalar

Toz sıcak briketleme ve geri dönüşüm uygulandığında, katı atıkların düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesinden kaçınılmış olur ve değerli ham maddelerden tasarruf edilir. İşlenen toz miktarı, üretilen sıvı çeliğin tonu başına yaklaşık 10 – 20 kg'dir. Toplam demir verimi yaklaşık %1 oranında artar. % 100'lük bir toz geri dönüşüm oranı elde edilebilir.

Çapraz ortam etkileri

Sıcak briketleme tesisi enerji gerektirir ancak ham madde tasarrufu sağlar.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem, BOF gazını temizlemek için kuru elektrostatik çöktürme kullanıldığında uygulanabilir. Bazı deneyimler, çinkonun briketleme yoluyla geri kazanılmasının, hidrojen oluşumunun (metalik çinko ve suyun reaksiyonundan) neden olduğu çöktürme tanklarındaki kararsız çökeltme nedeniyle ıslak toz giderme sistemlerinde bir çözüm olmadığını göstermiştir. Bu güvenlik gerekçelerinden dolayı çamurdaki çinko içeriği %8 – 10 ile sınırlandırılmalıdır.

Gelecekte Venturi yıkayıcılardan çıkan çamurları da arıtmak mümkün olabilir, ancak bu, suyun buharlaştırılması için ekstra enerji gerektirecektir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanması için başlıca gerekçeler, tozu bertaraf etmek için sınırlı olanakların olması ve bu olanakların yüksek maliyetleridir.

Örnek tesisler

- LD 3 Çelik üretim tesisi, Voestalpine Stahl GmbH, Linz/Avusturya (bu tesiste çinkonun harici yeniden kullanım için pelet formunda geri kazanımı uygulanmaktadır)
- Steel Plant Gwangyang Works, POSCO Iron and Steel Company, Kore Cumhuriyeti
- Steel Plant Baoshan Iron and Steel Company, Çin Halk Cumhuriyeti;
- Dneprovsky Metallurgical Combine (DK), Ukrayna
- LD 1, LD 2 steelmaking plants, Thyssen Krupp Stahl AG, Duisburg/Almanya
- BHP, Newcastle/Avustralya.

Referans literatür

[2, Auth ve diğ. 1988] [57, Heinen 1997] [116, Rentz ve diğ. 1996] [154, UN-ECE 1996]
[363, Eurofer 2007]

7.3.6 Hurdanın çinko içeriğinin düşürülmesi**Açıklama**

Yüksek fırında yüksek çinko içeriği, doğru işletimi olumsuz etkiler. Bu nedenle, yüksek çinko içeriğine sahip malzemenin geri döndürülmesi kısıtlanmıştır. BOF gazı tozsuzlaştırma cihazından toplanan tozlar ve çamurlar, başta çinko (Zn) olmak üzere nispeten yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller içerebilir (bkz. Tablo 7.15). Bu çinko esas olarak BOF'ye yüklenen hurdadan kaynaklanır. Çinko salımı, yüklenen harici hurda tipine ve üfleme koşullarına göre bir dökümden diğerine büyük ölçüde dalgalanma gösterebilir. Aynı sorun, daha düşük derecede olsa da kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) için de geçerlidir.

Toz geri dönüşüm gerekliliklerini karşılamak için çinko içeriği düşük hurdalar kullanılabilir. Buna, galvanizli ürünler içeren hurdalar dahil değildir.

Elde edilen çevresel faydalar

Bazı tesislerde, düşük çinko içeriğine sahip hurda kullanımına ilişkin katı bir politika uygulanmaktadır. BOF gazı tozsuzlaştırılmadan kaynaklanan çamurun çinko içeriği yaklaşık %0,1 – 0,3 olup sinter tesisinde tozun %100 geri dönüştürülmesine olanak tanır.

Çapraz ortam etkileri

Bu çözüm yerel bir çözüm olarak görülmelidir. Çinko emisyonları üzerindeki genel etki muhtemelen sıfırdır, çünkü dünya genelinde büyük miktarlarda galvanizli çelik üretilmekte olup, bu da çelik üretim sürecinde çeliğin hurda şeklinde mevcut olduğu durumlarda nispeten yüksek çinko içeriğine sahip çamurların oluşmasına yol açacaktır. Çoğu BOF'de çinko esas olarak oksijen üfleminin ilk birkaç dakikasında dönüştürücüden salınır.

İşletim verileri

Bu teknik sorunsuz bir şekilde uygulanmaktadır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanması mümkündür. Ancak, bu önlem büyük ölçüde Zn, Pb ve Cd bakımından düşük olan hurdanın mevcudiyetine ve bu tür hurda kullanımının ekonomikliğine bağlıdır. Bu nedenle, her durumda uygulanabilir değildir ve uygulanabilirlik büyük ölçüde hurda piyasasına bağlıdır. Hollanda'nın IJmuiden kentindeki Corus'un yukarıda bahsedilen örnek fabrikasında, proses, hurdanın düşük çinko içeriğine dayanmaktadır. BOF'den kaynaklanan tozun YF'de geri dönüştürülmesi nedeniyle çinko kaplı hurda kullanılmaz. Tercihen Bölüm 7.3.5'te açıklandığı gibi toz geri dönüşüm sistemi olmayan tesislerde uygulanmalıdır.

Ekonomik boyut

Düşük çinko içeriğine sahip hurda daha pahalıdır ve üretilen her bir ton SÇ başına maliyeti artırır. Düşük çinko içeriğine sahip hurdanın elde edilmesinin giderek zorlaşması beklenmektedir. Öte yandan, düşük çinko içerikli hurda kullanımı, BOF gazı temizleme çamurlarının ve tozlarının geri dönüşümüne olanak tanır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Corus, IJmuiden/Hollanda; British Steel, Scunthorpe/Birleşik Krallık.

Referans literatür

[13, Deckers ve diğ. 1995] [65, InfoMil 1997] [105, Pazdej ve diğ. 1995] [247, Hollanda 2007] [363, Eurofer 2007]

7.3.7 BOF gazından enerji geri kazanımı

Açıklama

BOF gazı ölçümünden enerjinin geri kazanılması, BOF gazındaki hem duyulur ısının hem de kimyasal enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını içerir. Daha önce, kimyasal enerjinin çoğu bacada yakma ile dağıtılıyordu.

Oksijen üfleme sırasında üretilen BOF gazı, BOF'yi dönüştürücü ağızından terk eder ve daha sonra birincil havalandırma tarafından yakalanır. Bu gaz yaklaşık 1200 °C sıcaklığa ve yaklaşık 50 – 100 Nm³/t çelik düzeyinde debiye sahiptir. Gaz, BOF'den çıkarken yaklaşık %70 – 80 oranında karbonmonoksit (CO) içerir ve yaklaşık 8,8 MJ/Nm³lük bir ısıtma değerine sahiptir.

Genel olarak, BOF gazından enerjiyi geri kazanmak için iki sistem kullanılabilir:

1. *BOF gazının dönüştürücü gazı kanalında yanması ve ardından buhar üretmek için bir atık ısı kazanında duyulur ısının geri kazanılması*

Bu BOF gazı, ortam havasının birincil havalandırma sisteminin gaz kanalına girmesi sağlanarak tamamen veya kısmen yakılabilir. Böylece birincil havalandırma sistemindeki duyulur ısı ve toplam gaz akışı artar ve atık ısı kazanında daha fazla buhar üretilebilir. BOF gazı ile karıştırılan hava miktarı üretilen buhar miktarını belirler.

Tam bir çelik üretim döngüsünde (yaklaşık 30 – 40 dakika), oksijen üfleme yaklaşık 15 dakika sürer. Dolayısıyla, oksijen üflemeyle doğrudan ilgili olan buhar üretimi süresizdir.

2. *BOF gazı yanmasının bastırılması ve sonradan kullanım için BOF gazının bir gazometrede tamponlanması*

Birincil havalandırma sisteminde BOF gazının yanması, ortam havasının sisteme girmesi engellenerek bastırılabilir. Bu genellikle dönüştürücünün ağızı üzerine su soğutmalı, geri çekilebilir bir eteğin indirilmesiyle yapılır. Bu sayede karbonmonoksit tutulur ve BOF gazı başka yerlerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Gaz, şebeke gazı gerekliliklerini karşılamak için temizlenir ve bir gazometrede tamponlanabilir. Yanmayan BOF gazında bulunan duyulur ısıyı geri kazanmak için bir atık ısı kazanı kurulabilir. BOF gazı, düşük CO içeriği nedeniyle üfleme başlangıcında ve üfleme sonunda toplanmaz. Birkaç dakika süren bu periyotlarda bunun yerine bacada yakılır (bkz. Şekil 7.11).

BOF gazı geri kazanımının ardından bastırılmış yanma uygulanması yönünde bir eğilim vardır. Bunun iki ana nedeni vardır:

- Bastırılmış yanma, baca gazı miktarını ve böylece fanların ve toz gidermenin maliyetlerini azaltır. Bastırılmış yanmayla bağlantılı daha düşük atık gaz debisi, daha yüksek kütle konsantrasyonuna sahip bir ham gaz elde edilmesine neden olur. Bu nedenle, aynı temiz gaz tozu konsantrasyonu için daha verimli bir toz geri kazanım sistemi kullanılmalıdır (ayrıca bkz. Bölüm 7.3.1).
- Tam yanma sistemlerinden büyük miktarlarda buhar elde edilir. Ancak buhar kesintili olarak üretildiği için her zaman tam olarak kullanılamayabilir. Bastırılmış yanmada geri kazanılmış BOF gazının kullanımı çok daha esnektir. BOF gazının, yüksek fırın gazı ve kok fırını gazı ile birlikte üçüncü bir gaz fazındaki fırın ürünü olarak kullanılması, doğal gaz gibi önemli miktarda birincil enerji kaynaklarının değiştirilmesine olanak tanırsa önemli avantajlar sağlar. Bazı tesislerde, BOF gazı esas olarak yüksek fırın gazının yükseltilmesinde kullanılır [66, Joksch 1995]. Kok fırını gazı ve doğal gaz sadece karıştırma istasyonlarında ikinci ve üçüncü öncelik olarak karıştırılır (kademeli kontrol) [66, Joksch 1995].

Tablo 7.27’de özellikle BOF gazı kullanımı bakımından bastırılmış yanmanın avantajları ve dezavantajları gösterilmektedir.

Tablo 7.27: Özellikle yanmanın BOF gazı avantajları kullanımı bakımından bastırılmış ve dezavantajları

Avantajlar	- Atık gazın hacimsel debisinin azalması - Davlumbazlarda daha benzer hızlar sağlamak için gaz taşıyan bileşenlerin daha büyük boyutlarda olması - Atık gaz fanının enerji tüketiminin azaltılması - Çıkış gazı soğutması için su gereksiniminin azalması - Toz geri kazanım sistemlerinin daha küçük çıkış gazı hacimsel debileri için tasarlanması - Çıkış gazını kullanma imkanı - Farklı tasarımlara sahip kapatma eteklerinin düzenlenmesi sayesinde köpüren eriyik koşullarından daha az gaz salımı
Dezavantajlar	- Güvenlik mühendisliği standartlarına göre karmaşık ekipman teknolojisi - Ek bileşen ihtiyacı - Ek güvenlik mühendisliği önlemlerinin gerekmesi
Kaynak: [38, EUROFER BOF 1997].	

Şekil 7.6'da bastırılmış yanma durumunda BOF gazının bileşimi gösterilmektedir. Tam yanma uygulandığında, CO içeriği çok daha düşüktür ve buna bağlı olarak CO₂ içeriği daha yüksektir.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 7.28'de Thyssen Stahl AG, Almanya'da bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde atık ısı kazanlarında buhar üretimine ilişkin örnekler verilmektedir.

Tablo 7.28: Thyssen Stahl AG'nin bazik oksijenli çelik üretim tesislerinde buhar üretimi

Parametre	Birim	Ruhrort	Beeckerwerth	Bruckhausen
Kapasite	(t SÇ/döküm)	4 × 140	3 × 250	2 × 380
Hava giriş faktörü (*)	–	>2,0	0,4	0,15
Baca gazı akışı	(Nm ³ /t SÇ)	250	115	87
Buhar üretimi	(kg buhar/t SÇ)	380	130	80
(*) Hava giriş faktörü baca gazı kanalına ne kadar hava girdiğini gösterir. Yani 2 faktörü, giren hava miktarının orijinal BOF gazı miktarının iki katı olduğu anlamına gelir.				
Kaynak: [66, Joksch 1995].				

Atık ısı kazanına sahip bir tam yanma sisteminden enerji geri kazanımının, çıkan toplam ısının %80'i olduğu bildirilmiştir. Bastırılmış yanma uygulandığında, toplam enerji çıkışının sadece %10 – 30'u (0,1 – 0,3 GJ/t SÇ) atık ısı kazanında geri kazanılır [66, Joksch 1995]. Hava giriş faktörüne bağlı olarak BOF gazından %50 – 80 oranında kimyasal enerji (CO) olarak geri kazanılır. Gaz bacada yakılıp geri kazanılmadığında, bu enerji kaybolur.

Bastırılmış yanma uygulandığında toplam enerji geri kazanımında, duyulur ısının kullanımı için BOF gazı geri kazanımı ve atık ısı kazanımı %90'a kadar çıkabilir [1, Arimitsu 1995] [66, Joksch 1995].

BOF gazı geri kazanıldığında, bacada yakmaya kıyasla enerji tasarrufu miktarı 0,35 – 0,7 GJ/t SÇ'dir. Nippon Steel Corporation tarafından geliştirilen sızdırmaz bir sistem, 0,98 – 1,08 GJ/t SÇ enerji tasarrufu ve bacada yakmaya kıyasla %0,4 oranında daha fazla erimiş çelik üretimi sağlar.

Çapraz ortam etkileri

BOF gazının geri kazanılması, şebeke gazı gerekliliklerini karşılamak için ham gazın uygun şekilde temizlenmesini gerektirir. Tam yanma uygulandığında, baca gazı doğrudan atmosfere salınır. Bastırılmış yanma uygulandığında havaya salınan genel emisyonlar azalır. Ayrıca, tam yanma sistemlerinden çıkan (çok) daha büyük baca gazı akışı, daha pahalı ve nispeten daha az verimli toz azaltma anlamına gelir.

Enerji geri kazanımı, öncelikle enerji kaynaklarından tasarruf edilmesini sağlayabilir.

BOF gazının geri kazanımı potansiyel olarak tehlikelidir ve sıkı güvenlik önlemleri (patlamalar, karbonmonoksit sızıntısı vb.) alınmasını gerektirir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem atık ısı geri kazanımı hem de bastırılmış yanma yoluyla BOF gazı geri kazanımı yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir. Bazı durumlarda, ekonomik açıdan uygun olmayabilir veya uygun enerji yönetimi ile ilgili olarak, BOF gazının bastırılmış yanma ile geri kazanılması uygun olmayabilir. Bu durumlarda, BOF gazı yakılarak buhar üretimi yapılabilir. Yanma türü, yerel enerji yönetimine bağlıdır.

Ekonomik boyut

80.000 m³'lük bir gazometre, üfleyici fanlar, gaz kanalları, çıkış gazı sistemlerinde üç yönlü vanalar, güvenlik önlemleri, kurulum ve mühendislik vb. içeren ve devam etmekte olan bir proje için 2007'de gereken yatırım bedeli 30,5 milyon EUR idi. BOF gazının yaklaşık %80'i geri kazanılarak 2600 TJ/yıl enerji tasarrufu (yaklaşık 12 EUR/GJ yatırım) sağlanacaktır. Doğal gaz satın alımı, işletme maliyetleri ve CO₂ emisyonu kredilerinden tasarruflar, bacada yakma kayıplarının azalması, elektrik üreticisine gaz satışı ve buhar üretiminin azalması dikkate alındığında geri ödeme süresi yaklaşık beş yıldır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Tam yanma sistemleri veya bastırılmış yanma sistemleri ile enerji geri kazanımı, dünya genelinde oksijenli çelik üretimi tesislerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Tam yanmalı sistemlere kıyasla lojistik avantajları nedeniyle, bastırılmış yanma sistemlerine doğru bir eğilim vardır.

Referans literatür

[1, Arimitsu 1995] [65, InfoMil 1997] [66, Joksch 1995] [363, Eurofer 2007]

7.3.8 Çevrim içi numune alma ve çelik analizi**Açıklama**

Oksijenli çelik üretimi kesikli bir prosestir. Her sıcak metal yüklemesi, istenen çelik kalitesi elde edilene kadar rafine edilmelidir. İlerlemeyi izlemek için, analiz için çelik yunağından numuneler alınır. Analizin sonuçları, istenen çelik kalitesini elde etmek için gereken ek oksijen üfleme süresini belirlemek amacıyla kullanılır.

En yeni dinamik modelleme ve izleme sistemleri, üfleme sırasında numune alımını gereksiz kılan bir kesinlik sağlar. Daha sonra döküm periyodu sırasında bir kontrol numunesi alınır. Bu teknik, numune alımından kaynaklanan emisyonları ortadan kaldırır.

Daha önce, numune almak için oksijen üfleme sisteminin kesilmesi ve BOF'nin eğilmesi gerekiyordu. Bu, zaman alan bir işlemdi ve BOF'den kaynaklanan emisyonları artırıyordu. Modern bir tesiste, oksijen üfleme sırasında bir alt lans veya benzeri bir cihaz vasıtasıyla çevrim içi olarak numuneler alınır. Bu, numuneler analiz edilirken rafinaj prosesinin devam etmesini sağlar. Bu, üretim döngülerinin süresini kısaltır ve böylece verimliliği artırır. BOF'nin konumu değişmediği için emisyonlar daha önce kullanılan numune alma yöntemine göre daha düşüktür.

Elde edilen çevresel faydalar

Parti başına üretim süresi azalır ve böylece verimlilik artar. BOF'nin eğilmesi gerekmediğinden havaya salınan emisyonlar azaltılır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bilinmemektedir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni tesislerde uygulanabilir. Bu numune alma sistemini kurmak için mevcut tesislerde güçlendirme yapılması gerekir.

Ekonomik boyut

Maliyetler, daha yüksek verimliliğin bir sonucu olarak muhtemelen azalır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avrupa'daki çoğu tesis, çevrim içi numune alımı ve dinamik modelleme uygulamaktadır.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997] [363, Eurofer 2007]

7.3.9 Otomasyon ile çelikhanede enerji verimliliğinin artırılması

Açıklama

Bu bölümde çelikhane otomasyonu için iki seçenek yer almaktadır:

- a) Otomatik pota kapağı sistemi
- b) Otomatik BOF akıtma uygulaması.

Teknik a) Otomatik pota kapağı sistemi

Çelik potalar, ikincil işlemler ve sıvı çeliğin BOF dönüştürücülerinden sürekli döküme taşınması için kullanılır. Normal uygulamada, pota işlemi ve taşıma sırasında potaların üzeri kapatılmaz, ancak sürekli döküm sırasında ekstra ısı kayıplarını önlemek için genellikle bir kapak kullanılır. Dökümden ve pota bakımından sonra, çalışmakta olan potalar, bir sonraki ısıtma için sıcak tutulmalarını sağlamak amacıyla tipik olarak kok fırını gazı veya doğal gaz yakılarak brülörlerle ısıtılır.

Raahe Steel Works'te sekiz-dokuz pota aynı anda çalışmaktadır. Potalar, yalnızca BOF'nin akıtılması sırasında ve pota işlemleri sırasında çıkarılan kapaklarla donatılmıştır. Pota bakımından sonra potaları sıcak tutmak için brülör gerekmez. BOF dönüştürücüler ve ikincil metalürji istasyonları, proses aşamasına bağlı olarak kapağın potaya otomatik olarak yerleştirildiği veya açılıp kapatıldığı kapak stantları ile donatılmıştır. Sistem, dökümden sonra kapağı çıkarmadan cürufun akıtılmasına da olanak sağlayan bir 'menteşeli kapak' sistemidir.



Kaynak: [208, Lindfors ve diğ. 2006]

Şekil 7.24: Otomatik pota kapağı sistemi

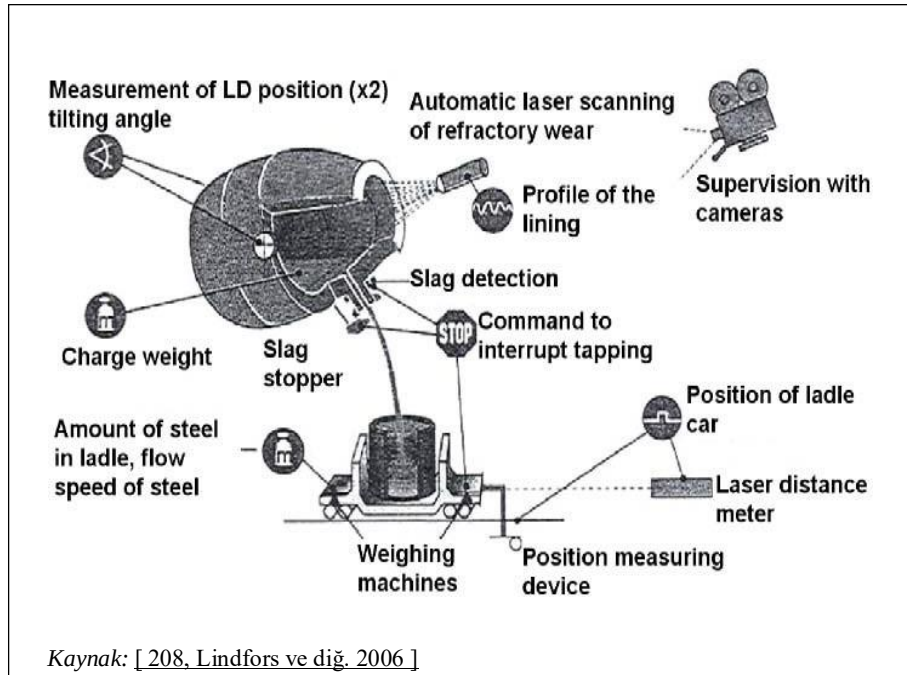
Teknik b) Otomatik BOF akıtma uygulaması

Mevcut alt lans sistemi kullanılarak, döndürücüyü yatay konuma getirmek zorunda kalmadan çelik sıcaklığı ve karbon içeriği tahmini yapılabilir. Bu nedenle, karıştırma sonrası süreye bağlı olarak, üfleminin bitiminden 2 – 3 dakika sonra akıtmaya başlanabilir. 2004'te ısıtılan partilerin yaklaşık %75'i üç dakika içinde akıtılıyordu. Operatör tarafından başlatılan akıtma sırası, aşağıdaki otomatik adımlardan oluşur:

- çelik akıtma
- cüruf kaplama ve gerekirse ayrıca cüruf sıçratma
- cüruf akıtma.

Çelik ve cürufu ayırt etmek için kullanılabilen bir kızılötesi kamera, cürufun akıtma deliği akışına ne zaman girdiğini ve çelik akıtmanın ne zaman otomatik olarak sonlandırılacağını gösterir.

Şekil 7.25'te otomatik akıtma sisteminin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 7.25: Otomatik akıtma sisteminin şematik görünümü

Elde edilen çevresel faydalar

Daha yüksek enerji verimliliği sağlanır (iyileştirilmiş sıcaklık kontrolü) ve daha az toz oluşumu olur.

Teknik a) Otomatik pota kapağı sistemi

Pota çevrim süresi boyunca daha az ısı kaybı olduğu için, ortalama akıtma sıcaklığı 10 °C azalmıştır. Daha düşük akıtma sıcaklıkları, BOF'de fazladan yakıt eklenmeden 8 kg/t daha yüksek hurda oranı ve dolayısıyla daha yüksek verimlilik sağlar. Diğer bir olasılık da, CO₂ emisyonlarında 15 kg/t azalmaya eş değer olan 8 kg/t daha az sıcak metal ile çelik üretimidir. Akıtma sıcaklıklarının sapması 4 °C daha düşüktür; bu da kararlı proses kontrolü için önemlidir. Çelik sıcaklıkları, tüm çelik üretim süreci boyunca daha karardır ve bu, sürekli dökümde kesintili dökümleri azaltır. Potalar, pota dibinde neredeyse hiç çelik ve cüruf kalıntısı içermez. Pota bakım alanlarında ekstra enerjiye ihtiyaç duyulmaz; bu da kok fırını gazının çelik fabrikasındaki diğer uygulamalarda kullanılmasına olanak sağlar. Kapaklar, taşıma sırasında toz emisyonlarını ve çelik potalardan doğrudan ısı radyasyonunu azaltır. Dönüştürücülerin ve potaların refrakter aşınması biraz iyileştirilmiştir.

Teknik b) Otomatik BOF akıtma uygulaması

Bu teknik, birkaç önemli çevresel fayda sağlar:

- Çelik için hedeflenen akıtma sıcaklığını yaklaşık 15 °C düşürür. Bu, hurda oranının artırılmasına, dolayısıyla yükteki sıcak metal oranının azaltılmasına olanak tanır. 15 °C daha düşük bir akıtma sıcaklığıyla, sıcak metal oranını bir ton ham çelik başına yaklaşık 9 kg azaltmak mümkündür; bu, tesisteki CO₂ üretiminde bir ton ham çelik başına yaklaşık 16 kg CO₂ düzeyinde olası bir toplam azalmaya eş değerdir.
- Üfleme bittikten sonra dönüştürücünün numune almak için eğilip yatay bir konuma getirilmesinden kaçınılarak, sıcak gazların ve tozun emisyonu azaltılır.
- Çelik akıtmanın sonlandırılması için doğru zamanlama ile dönüştürücüde kalıp cürufu birlikte cüruf potasına akıtılan çelik miktarı daha az olur. Cüruf potasında daha az çelik olması, yalnızca stabil bir proses verimi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda potalar boşaltıldığında daha az toz emisyonu meydana gelmesini sağlar.
- Daha yüksek derecede cüruf kaplama, daha uzun bir kaplama ömrü sağlar ve seramik malzemelere olan ihtiyacı azaltır. Kabaca bir tahmin yapmak gerekirse, otomatik akıtma tek başına astar ömründe %20'lik bir artış sağlar.

Enerji verimliliği, yalnızca çelik akıtma işlemleri arasındaki daha kısa süreler nedeniyle üretim verimliliğinde genel bir artış sayesinde değil, aynı zamanda hurda devridaiminde bir artış sağlayabilecek daha düşük bir akıtma sıcaklığı ve ayrıca iyileştirilmiş çelik verimi sayesinde artar.

Çapraz ortam etkileri

Bu yeni uygulama nedeniyle hiçbir olumsuz çapraz ortam etkisi kaydedilmemiştir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Teknik a)

Otomatik pota kapağı sistemi prensipte mevcut tesislerin kendine özgü özellikleri dikkate alınarak tüm çelik fabrikalarında uygulanabilir. Kapaklar refrakter tuğladan yapıldığı için çok ağır olabilir. Vinçlerin kapasitesi ve tüm binanın tasarımı mevcut tesislerde uygulanabilirliği kısıtlar. Sistemi bir çelik fabrikasının özel koşullarında uygulamak için farklı teknik tasarımlar vardır.

Teknik b)

Otomatik BOF akıtma uygulaması, üfleme sonunda çeliğin sıcaklık ve karbon içeriğinin hızlı ve doğru bir şekilde kaydedilmesi ve ayrıca akıtma sırasında cüruf tespiti için sistemlerle donatılmış herhangi bir BOF tesisinde uygulanabilir.

Ekonomik boyut*Teknik a)*

Otomatik pota kapağı sistemi, çelik üreticisine üretim maliyetlerinde önemli bir azalma sağlar.

Teknik b)

Otomatik BOF akıtma uygulaması temel olarak artan üretim verimliliği, azalan bakım maliyetleri ve düşük refrakter aşınması ile ilgilidir.

Uygulamanın gerekçesi*Teknik a)*

Bu tekniğin uygulanması için gerekçeler, üretimin artması, daha yüksek verimle daha iyi proses kontrolü, daha yüksek enerji verimliliği ve maliyet tasarruflarıdır.

Teknik b)

Otomatik BOF akıtma uygulamasının sonucu olarak üretim verimliliği ve hurda tüketimi artar. Akıtma uygulamasının daha yüksek derecede otomasyonunun sağlanması için gerekçeler şunları içerir:

- Çelik üretiminin dengelenmesi ve artırılması ve zaman kullanımının artması
- Daha iyi proses kontrolü
- Daha iyi çalışma ortamı
- Daha yüksek astar ömrü.

Örnek tesisler

Teknik a) ve b) için örnek bir tesis, Ruuki/Finlandiya'daki tesistir.

Teknik b) olarak açıklanan otomatik BOF akıtma uygulaması, SSAB Tunnpilät AB'nin Luleå/İsveç'teki çelik fabrikasında 1990'ların sonunda kademeli olarak uygulamaya koyulmuştur. İlk adım, hızlı ve doğrudan akıtmanın (QDT) uygulanmasıydı; ardından cüruf akıtma da dahil olmak üzere tüm akıtma sırasının otomasyonu gerçekleştirilmiştir.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

7.3.10 BOF'den doğrudan akıtma**Açıklama**

Normalde, alt lans veya anlık sensör sistemleri gibi pahalı tesisler, alınan numunelerin kimyasal analizini beklemeden akıtma gerçekleştirmek için kullanılır (doğrudan akıtma). Finlandiya'nın Koverhar şehrinde bulunan Ovako, bu tür tesisler olmadan doğrudan akıtma gerçekleştirmek için bir uygulama geliştirmiştir. Uygulamada, karbon doğrudan %0,04'e ve eş zamanlı olarak yunak sıcaklığı makul derecede düşük bir hedef değere kadar düşürülür. Akıtmadan önce, diğer işlemler için hem sıcaklık hem de oksijen aktivitesi ölçülür.

Ovako, Koverhar/Finlandiya'da yeniden üfleme oranı bugün yaklaşık %5'tir.

Elde edilen çevresel faydalar

Doğrudan akıtma sayesinde, enerji verimliliğinde artış ve olumlu çevresel etkiler görülür.

Doğrudan akıtma uygulamasının avantajı temel olarak enerji verimliliğini artırmasıdır. Üfleme sonrası yunak soğutması 20 °C azalır. Aynı zamanda, akıtmalar arası süre %20 oranında kısalır. Bu, üretim verimliliğinde önemli bir artış anlamına gelir. İyileştirilmiş termal ekonomi nedeniyle, doğrudan olmayan akıtma uygulamalarına kıyasla hurda kullanım miktarı %5 oranında artar. Bu, CO₂ emisyonlarının yaklaşık 15 kg/t azalması anlamına gelir.

Astar ömrü yaklaşık %10 artar. Artan balata ömrü ve daha fazla miktarda devridaim edilen malzeme (hurda) nedeniyle, çevresel etkiler de azalır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu uygulama, belirli ön koşullara sahip BOF tesislerinde uygulanabilir. Uygulamanın ekstra olanaklar olmadan gerçekleştirilmesi, birkaç yıllık geliştirme çalışması anlamına gelir.

Başarılı bir doğrudan akıtma için, uygun bir sıcak metal analiz cihazı ve cüruf durdurma tesisleri gibi bazı ön koşulların karşılanması gerekir. Bir pota ocağının mevcudiyeti, uygulamanın gerçekleştirilmesini kolaylaştırır.

Ekonomik boyut

Ekonomik faydalar, verimlilik artışı, enerji tüketiminin azalması ve refrakter aşınmasının azalması ile bağlantılıdır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanması için gerekçe enerji verimliliğini artırmasıdır. Diğer gerekçeler arasında üretim verimliliğini artırması, maliyet tasarrufu sağlaması ve çevresel etkileri azaltması yer alır.

Örnek tesisler

Doğrudan akıtma, Ovako, Koverhar/Finlandiya'da 2001'den beri hemen hemen tüm çelik kaliteleri için kullanılmaktadır ve bazı özel çelikler hariç neredeyse tüm çelik kalitelerini ilgilendirmektedir. Günümüzde tüm eritme işlemleri içinde doğrudan akıtmanın payı %99'dur.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

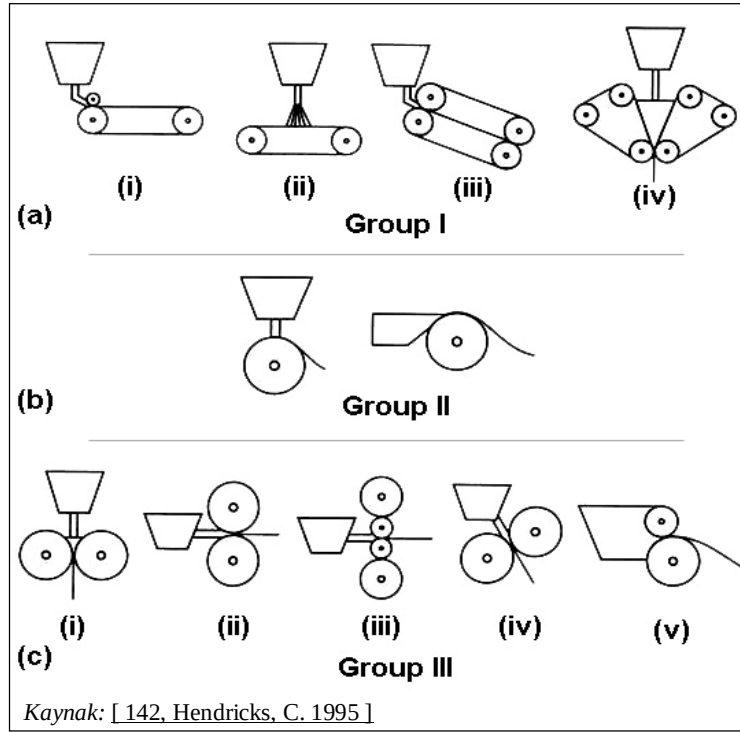
7.3.11 Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm

Açıklama

Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm, çeliğin 15 mm'den daha az kalınlıktaki şeritler halinde sürekli dökümü anlamına gelir. Döküm prosesi, geleneksel döküm teknikleri (örneğin yassı kütük veya ince yassı kütüklerin sürekli dökümü) için kullanılan bir ara yeniden ısıtma fırını olmadan şeritlerin doğrudan sıcak haddelenmesi, soğutulması ve sarılması prosesleriyle birleştirilir. Dolayısıyla, şerit dökümü, farklı genişliklerde ve 2 mm'den daha az kalınlıklarda yassı çelik şeritler üretmeye yönelik bir tekniktir.

Döküm prosesi farklı tekniklere ayrılabilir. Hepsi, döküm tozu kullanılmadan hareket eden kalıplarla gerçekleştirilir. Bir dikey döküm tekniği olarak ikiz merdaneli şerit dökümü ve doğrudan yatay şerit dökümü (eskiden doğrudan şerit dökümü deniyordu) sektörde en çok uygulanan tekniklerdir.

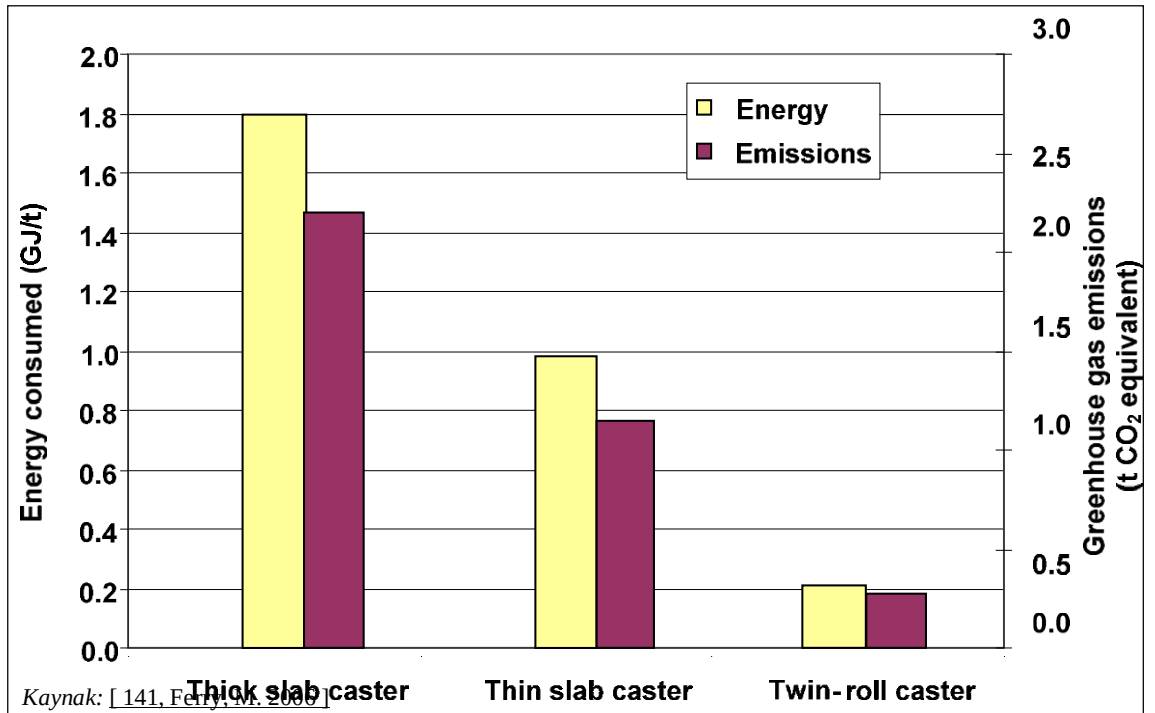
İkiz merdaneli ve doğrudan yatay şerit dökümü proseslerine ve diğer tekniklere genel bir bakış [141, Ferry, M. 2006]'da sunulmaktadır (bkz. Şekil 7.26).



Şekil 7.26: Şerit döküm prosesleri için olası sınıflandırma şeması

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufu açısından elde edilebilecek fayda, esas olarak sıcak haddeleme için daha az çalışma yapılmasının gerekmesinin yanı sıra yeniden ısıtmanın gerekli olmamasıyla ilgilidir. Geleneksel yassı kütük dökümüyle karşılaştırıldığında, sıcak haddeleme için gerekli sıcaklığa ulaşmak için ek enerjiye ihtiyaç yoktur. Enerji tüketimi ile ilgili hesaplamalar geçmişte yapılmıştır. Farklı döküm teknikleri için birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki, ana proses adımları ile birlikte Şekil 7.27’de verilmiştir [141, Ferry, M. 2006]. Şerit döküm için enerji gereksiniminin yeniden değerlendirilmesi, devam etmekte olan bir BMBF (Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı) projesi kapsamında yürütülmektedir [146, Schäperkötter, M. ve diğ. 2009].



Şekil 7.27: Farklı döküm teknikleri için birincil enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki (endüstriyel ölçekli tesislerin karşılaştırılması)

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bildirilmemiştir.

İşletim verileri

Tüketim seviyelerine ilişkin veriler mevcut değildir.

Uygulanabilirlik

Şerit döküm tekniği hem yeni hem de mevcut çelik fabrikalarında uygulanabilir. Nispeten küçük alana (yaklaşık 100 m uzunluk) ihtiyaç duyulması, güçlendirme sırasında bir şerit döküm makinesini tesise entegre etme imkanı sunar.

Döküm prosesi, BOF ve EAF olmak üzere her iki tip çelik tesisinde de uygulanabilir. Diğer metalürjik teknikler, şerit döküm prosesiyle değil, çelik kaliteleriyle ilgilidir.

Uygulanabilirlik aynı zamanda üretilen çelik kalitelerine (örneğin bu prosesle ağır levha üretilemez) ve her bir çelik fabrikasının ürün portföyüne (ürün karması) bağlıdır.

Ekonomik boyut

Şerit döküm tekniği için gerekli sistemi kurmak için üç ana ekonomik gerekçe vardır: Sermaye maliyetleri, enerji tasarrufu ve gerekli alan. Ayrıca, bu teknik çok çeşitli çelik kaliteleri için kullanışlıdır ve tek hatlı bir döküm haddeleme makinesinin üretim kapasitesi yaklaşık 1,5 milyon ton/yıl düzeyindedir.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanması için gerekçeler çok yönlüdür:

- Malzeme kuvvetleri: Yatay şerit döküm, ürünün bükülmesinden ve doğrultulmasından kaynaklanan etkileri önler. Özellikle, bu tekniği uygulayarak yüksek sıcaklıkta kritik süneklik özelliklerine sahip çelik kalitelerinin üretilmesi avantajlıdır. Yüksek alaşımlı çelik kaliteleri (özellikle yüksek Al içeriğine sahip olanlar) üretilabilir, çünkü döküm tozu ile etkileşim olmaz.
- Ekonomik ve çevresel kuvvetler: Ana ekonomik nedenler, şeritlerin yeniden ısıtılmadan sıcak yüklenmesi ve sıcak haddeleme işinin azaltılmasıdır. Her iki unsur da emisyonların azaltılmasını sağlar.

Örnek tesisler

ThyssenKrupp Nirosta, Bochum/Almanya'da (400.000 t/yıl), Nucor Crawfordsville, Indiana/ABD'de (400.000 ton/yıl) ve Nippon Steel, Japonya'da şerit döküm makineleri (ikiz merdaneli döküm makineleri) faaliyet göstermektedir. Nucor Castrip Blytheville, Arkansas/ABD (500.000 ton/yıl) ve Posco Postrrip Pohang/Kore'de (600.000 ton/yıl) projeler gerçekleştirilecektir [149, Kemper, G. 2008].

500.000 t/yıl kapasiteli bir endüstriyel yatay şerit döküm makinesinin 2010'da devreye alınması planlanmaktadır.

Referans literatür

[141, Ferry, M. 2006] [142, Hendricks, C. 1995] [146, Schäperkötter, M. ve diğ. 2009] [149, Kemper, G. 2008]

8 ELEKTRİK ARKI FIRININDA ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ

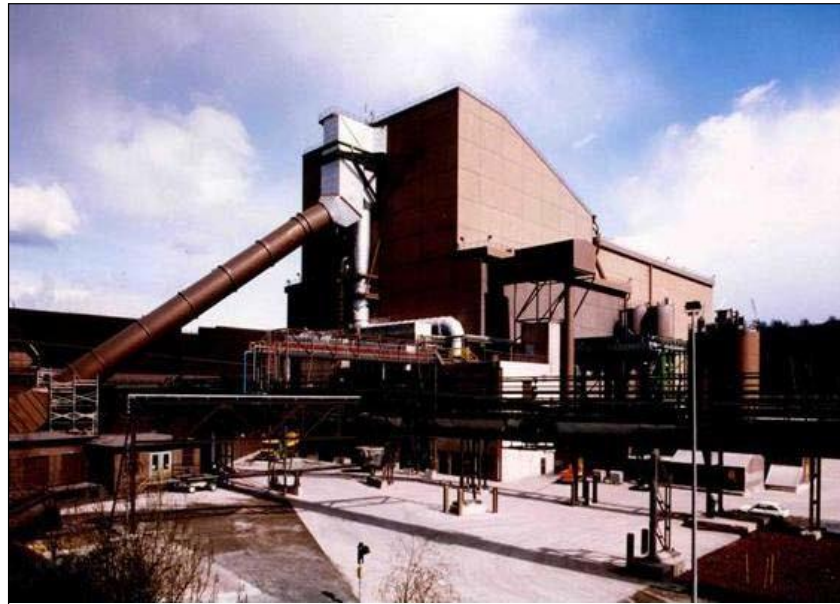
8.1 Uygulanan proses ve teknikler

Hurda gibi demir içeren malzemelerin doğrudan izabesi, genellikle modern çelik fabrikaları konseptlerinde giderek daha önemli bir rol oynayan elektrik ark fırınların (EAF) gerçekleştirilir (bkz. Şekil 1.2). Bugün AB-27'de elektrik ark fırınıyla çelik üretiminin toplam çelik üretimi içindeki payı %41,8'dir [286, Stahl 2008]. Bu oran İtalya'da %61 ve İspanya'da %77'dir. EAF ile çelik üretimi, yüksek fırın/bazık oksijen fırınıyla yapılan çelik üretiminden önemli ölçüde daha yüksektir (yalnızca EAF ile çelik üretimi yapan Üye Devletler dikkate alınmadığında).

EAF için ana ham madde, çelik fabrikalarının içinden gelen hurdalardan, çelik ürün üreticilerinden (örneğin taşıt üreticileri) gelen kesilmiş parçalardan ve temel hurda veya tüketim sonrası hurdalardan (örneğin ömrünü tamamlamış ürünler) oluşabilen demirli hurdadır. Doğrudan indirgenmiş demir (DİD), düşük gang içeriği, değişken hurda fiyatları ve daha düşük istenmeyen metal içeriği (örneğin Cu) nedeniyle ham madde olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır. Demir alaşımları, bitmiş çelikte istenen demir dışı metal konsantrasyonlarını ayarlamak için daha yüksek veya daha düşük miktarlarda ek ham madde olarak kullanılabilir.

BOF'de olduğu gibi, çelikte istenmeyen bileşenleri toplamak için kireçten bir cüruf oluşturulur [260, Almanya 2007] [373, Eurofer 2007]. EAF'de karbon çeliği üretiminden elde edilen cüruf, eritken madde olarak kireçtaşı ve/veya dolomitin eklenmesiyle 1600 °C civarında sıcaklıklarda çelik hurdasının eritilmesi prosesi sırasında üretilir. Yüksek alaşımlı çelik üretimi, çeşitli cürufaların yan ürünler olarak üretildiği çeşitli prosesleri içerir [177, Eurofer 2009].

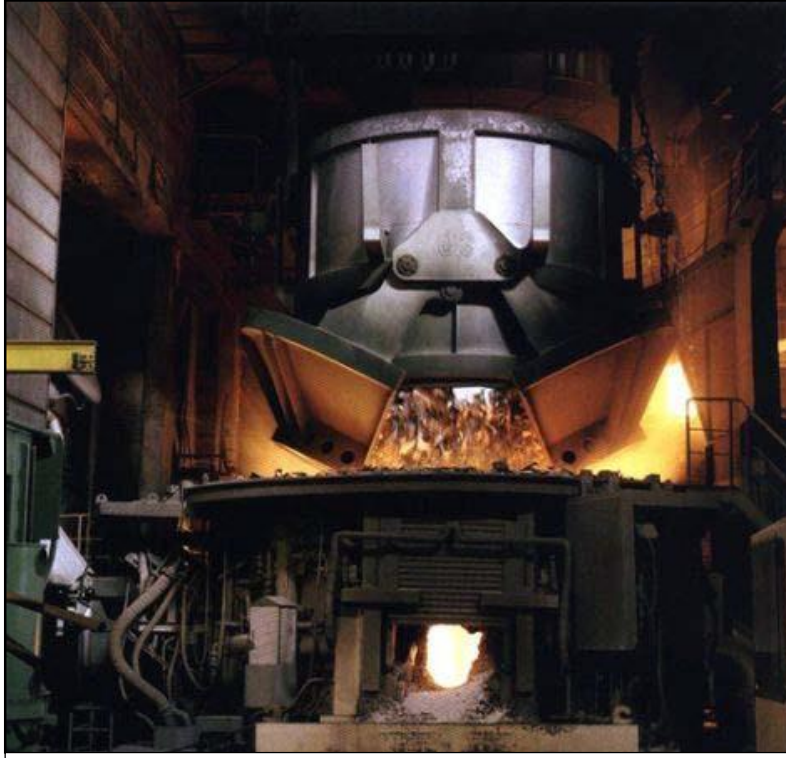
Şekil 8.1'de, bir EAF tesisi gösterilmektedir. Bu durumda, toz, gaz ve gürültü emisyonlarını en aza indirmek için ikiz kabuklu bir EAF içeren bina tamamen kapatılır.



Kaynak: [200, Komisyon 2001]

Şekil 8.1: Elektrik arklı fırın tesisi

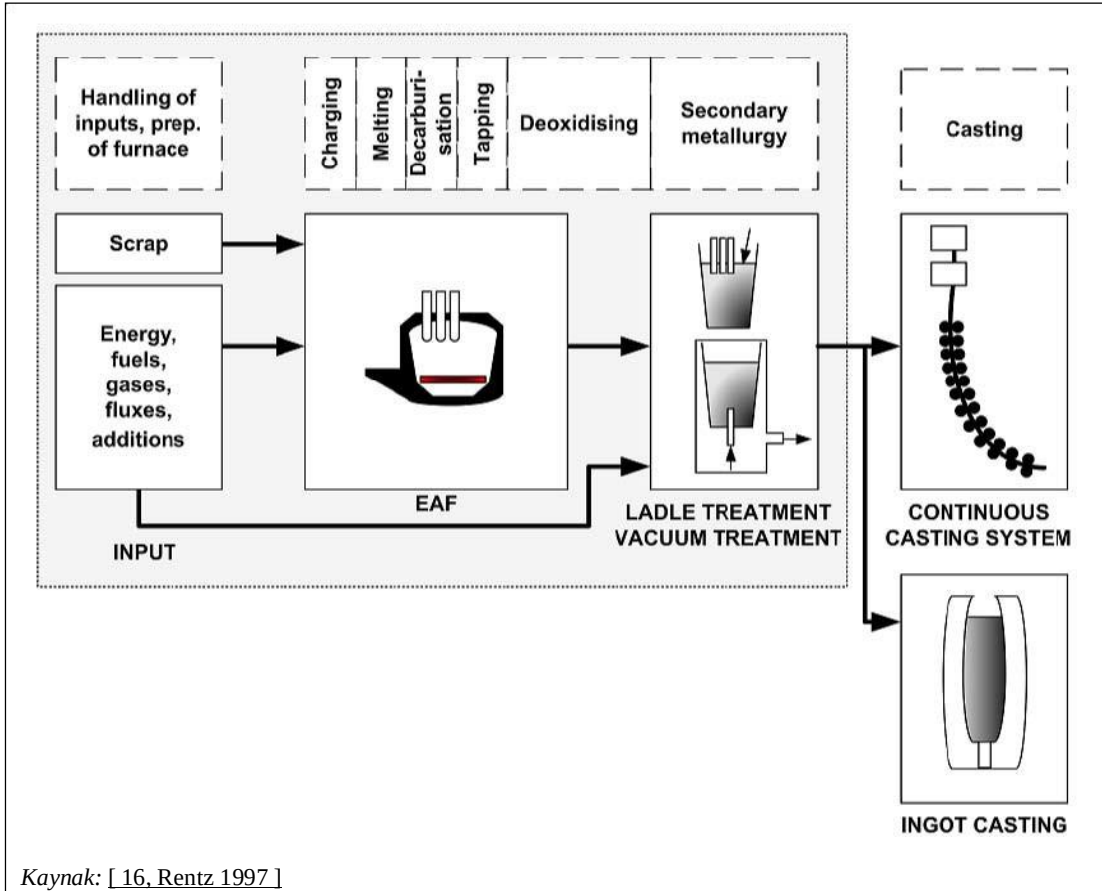
Bir EAF, Şekil 8.2'de görülebileceği gibi, genellikle açık fırın kabı üzerinde asılı metal sepetler (yükleme kutuları) kullanılarak hurda ile yüklenir.



Kaynak: [200, Komisyon 2001] [260, Almanya 2007]

Şekil 8.2: Elektrik arklı fırına yükleme

Elektrikli çelik üretim prosesine genel bir bakış Şekil 8.3'te verilmiştir.



Şekil 8.3: Elektrik ark fırınıyla çelik üretimi ile ilgili proseslere genel bakış

Nihai ürünlerle ilgili olarak, normal karbon çeliği ile düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı çelikler/paslanmaz çelikler arasında bir ayırım yapılmalıdır. AB'de çelik üretiminin yaklaşık %88'i karbon çeliği veya düşük alaşımlı çeliktir [373, Eurofer 2007].

Karbon çeliği ve düşük alaşımlı çelik üretimi için aşağıdaki ana işlemler gerçekleştirilir:

- Ham madde taşıma, ön işlem (varsa) ve depolama [373, Eurofer 2007]
- Fırına yükleme
- EAF'de hurda eritme
- Çelik ve cüruf akıtma
- Kalite ayarlaması için pota ocağı işlemleri
- Cüruf taşıma
- Döküm.

Yüksek alaşımlı ve özel çelikler için işlem sırası daha karmaşıktır ve nihai ürünlere göre özel olarak tasarlanır. Proses iki adıma ayrılmıştır: Bir EAF'de eritme ve bir AOD veya VOD prosesinde karbonsuzlaştırma.

Karbonsuzlaştırmayı aşağıdakiler gibi çeşitli pota işlemleri (ikincil metalürji) takip eder:

- Kükürt giderme
- Azot ve hidrojen gibi çözünmüş gazların ortadan kaldırılması için gaz giderme.

8.1.1 Ham maddelerin taşınması ve depolanması

Hurda metal normalde açık havada, büyük, üzeri örtülmemiş ve genellikle asfaltlanmamış bir zeminde depolanır. Demirli hurdalar, mıknatıslar veya kepçelerle sepetlere yüklenir. Hurda, metalik olmayan kalıntıların en aza indirilmesini sağlayan belirli uluslararası spesifikasyonlara göre satın alınır. Taş, ahşap veya demir dışı metaller gibi işe yaramayan ve manyetik olmayan malzemelerin prosese girmesi en aza indirilir. Bazı hurda türleri ve kaliteleri, metal depolama ve taşıma işlemleri sırasında ağır metallerin ve hidrokarbonların yanı sıra kalıntı materyallerin zeminde birikmesine neden olabilir.

İşlenen hurdanın türüne ve kalitesine bağlı olarak, taşıma işlemleri belirli hava koşullarında inorganik (toz) ve organik emisyonlara yol açabilir. Bazı hurda türleri taşıma sırasında gürültü emisyonlarına neden olabilir [220, Eurofer 2008].

Tehlikeli kirleticilerin üretime dahil edilmesi riskini azaltmak için bazı hurda tasnif işlemleri gerçekleştirilir. Fabrika içinde üretilen hurda, oksijen üflemeyle yönetilebilir boyutlarda kesilebilir. Hurda, hurdalıkta yükleme sepetlerine yüklenebilir veya eritme atölyesi içindeki geçici hurda alanlarına aktarılabilir. Bazı durumlarda, hurda bir şaftta veya bir konveyörde ön ısıtmaya tabi tutulur (bkz. hurda ön ısıtma). Gelen hurdada bulunan radyoaktivite bazı durumlarda sorun olabilir. Lütfen Bölüm 2.3.1'e [260, Almanya 2007] bakın.

Parça ve toz halindeki eritken maddeler, toz kireç ve karbon, alaşım ilaveleri, deoksidanlar ve refrakterler dahil olmak üzere diğer ham maddeler normalde örtü altında depolanır. Teslimatın ardından asgari seviyede taşıma yapılır ve uygun olduğu durumlarda toz emme ekipmanları kullanılabilir. Toz halindeki malzemeler kapalı silolarda depolanabilir (kireç kuru tutulmalıdır) ve pnömatik olarak iletilebilir veya kapalı torbalarda tutulup taşınabilir.

8.1.2 Hurda ön ısıtma

Yıllardır giderek daha fazla sayıda yeni ve mevcut EAF, enerjiyi geri kazanmak amacıyla hurdayı çıkış gazıyla ön ısıtmaya yönelik bir sistemle donatılmaktadır. Hurda ön ısıtma, Japonya gibi elektrik maliyetlerinin yüksek olduğu ülkelerde 40 yılı aşkın süredir başarıyla kullanılmaktadır. Bu ön ısıtma, hurda yükleme sepetlerinde ya da EAF'ye eklenen bir yükleme şaftında (şaft fırını) ya da eritme prosesi sırasında sürekli yüklemeye yapılmasına olanak tanıyan (örneğin CONSTEEL ve ESC prosesi) özel olarak tasarlanmış bir hurda taşıma sisteminde gerçekleştirilir. Hatta bazı durumlarda ön ısıtma prosesine ek fosil yakıt enerjisi bile eklenir [373, Eurofer 2007].

Şaft teknolojisi kademeli olarak geliştirilmiştir. Günümüzde SIMETAL olarak bilinen Fuchs System Technik GmbH, 1988'de hurda kovası ön ısıtıcılarındaki eksiklikleri gidermek için bir geliştirme yaparak hurdanın EAF'nin çatısına yerleştirilmiş bir şafta doğrudan yüklenmesini içeren bir tekniği hayata geçirdi. Tek şaftlı fırın ile hurdanın en az %50'si önceden ısıtılabilir [125, Smith 1992].

Diğer bir modifikasyon, yan yana konumlandırılan ve tek bir elektrot kolu setinin hizmet verdiği iki özdeş şaft fırınından (bir ikiz kabuk düzenlemesi) oluşan çift şaftlı fırındır. Hurda, kısmen çıkış gazı ve kısmen de yan duvar brülörleri ile ön ısıtmaya tabi tutulur.

Çok verimli bir şaft fırını tasarımı, parmaklı şaft fırınıdır. Parmaklı şaft tasarımında, hurda miktarının %100'ünün ön ısıtmaya tabi tutulmasına olanak tanıyan benzersiz bir parmaklı hurda tutma sistemi kullanılır [162, Voss-Spilker ve diğ. 1996]. İlk sepet, önceki partinin rafine edilmesi sırasında, ikincisi ise birincinin eritilmesi sırasında ön ısıtmaya tabi tutulur. 1994 yılında Meksika'nın Monterrey şehrindeki Hylsa'da ilk parmaklı şaft fırını faaliyete geçirilmiştir. Isı çevrimi sırasında fırın çıkış gazının kullanılmasıyla hurda, ön ısıtmaya tabi tutularak fırın kabındaki nihai eritmeden önce yaklaşık 800 °C'lik bir sıcaklığa getirilebilir. Bu, akıtmalar arası sürelerde önemli bir azalma sağlanmasıyla önemli ölçüde enerji ve maliyet tasarrufu anlamına gelir.

Hurda ön ısıtma prosesindeki son gelişmelerden biri, SHAFT Sistemlerinin avantajlarını (yüksek hurda ön ısıtma) CONSTEEL prosesinin avantajlarıyla (sürekli hurda besleme) birleştiren COSS teknolojisidir. [364, Fuchs, G. 2008]

8.1.3 Yükleme

Hurda genellikle, cüruf oluşumu için bir eritken madde olarak kullanılan kireç veya dolomitik kireç ile birlikte sepetlere yüklenir. Fırında yapılacak metalürjik işlere ilişkin ihtiyaçlar için de karbon içeren malzemeler yüklenir. Bazı tesislerde, karbon içeriğini ayarlamak için parça kömür de yüklenir. Bu, şimdiye kadar emisyon ölçümleriyle doğrulanmış olmasa da, önemli benzen emisyonlarına (ayrıca toluen ve ksilenlere) neden olabilir. Fırın elektrotları tepeye kaldırılır ve ardından çatı yükleme için fırından sallandırılır. Hurdanın yaklaşık %50 – 60'ını başlangıçta ilk hurda sepetine yüklemek normaldir; çatı daha sonra kapatılır ve elektrotlar hurdaya indirilir. Hurdanın 200 – 300 mm yukarısında elektrotlarla elektrik arkı oluşturulur. İlk yük eritildikten sonra, hurdanın geri kalanı ikinci veya üçüncü sepetten eklenir [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007].

EAF'ye yüklenen hurda miktarı, fırının boyutuyla doğru orantılıdır. Örneğin, 6,7 metre çaplı bir EAF'ye, yaklaşık 60 ton hurda yüklenir [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007].

Ticari olarak temin edilebilen sistemlerden biri, hurdanın bir kısmının fırın çatısına entegre edilmiş dikey bir şafta yüklenmesine imkan tanıyan ve böylece eritme prosesinin yarısında fırın çatısının açılmasını önleyen şaft fırını olarak bilinir. Şaftta bulunan hurda, fırından gelen sıcak gazlarla ön ısıtmaya tabi tutulur [373, Eurofer 2007].

Bazı operatörler tarafından benimsenen başka bir yeni yükleme sistemi, hurdanın sürekli olarak yatay bir konveyör sistemi aracılığıyla ark fırınına beslendiği CONSTEEL prosesidir. Bu aynı zamanda hurdanın karşı akımda akan fırın çıkış gazı tarafından ön ısıtmaya tabi tutulmasına olanak tanır.

8.1.4 Elektrik ark fırınında eritme ve rafinaj

Eritmenin ilk periyodunda, elektrotların hurdanın içine sokulurken radyasyonun fırın duvarlarına ve çatıya zarar vermesini önlemek için uygulanan güç düşük tutulur. Arklar çevredeki hurda ile kaplandığında, eritmeyi tamamlamak için güç artırılabilir. Oksijen lansları ve/veya oksit yakıt brülörleri, eritmenin erken aşamalarında yardımcı olmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Kullanılan yakıtlar arasında doğal gaz ve petrol bulunur. Ayrıca oksijen, EAF'nin alt veya yan duvarındaki özel memeler tarafından sıvı çeliğe getirilebilir.

Elektrikli fırında çelik üretiminde oksijen, son 30 yılda sadece metalürjik nedenlerle değil, aynı zamanda artan verimlilik gereksinimleri nedeniyle giderek daha fazla dikkate alınır hale gelmiştir. Oksijen kullanmanın amacı çok yönlüdür:

- Oksijen ve taneli karbonun birlikte enjeksiyonu, CO kabarcıklarının oluşumu sayesinde köpüklü bir cüruf oluşumuna olanak tanır. Şu anda karbon çeliği üretiminde yaygın olarak kullanılan 'köpüklü cüruf' tekniği, fırın duvarlarının arkın radyasyonundan daha iyi korunmasını sağlar ve arkın çelik yunağına daha fazla enerji transferine olanak tanır [260, Almanya 2007]
- Metalürjik nedenlerle, eriyiğin karbonsuzlaştırılması ve fosfor ve silikon gibi diğer istenmeyen elementlerin uzaklaştırılması için oksijen kullanılır.
- Ekzotermik reaksiyonlar tarafından üretilen ısı, mümkün olduğu kadar fazla kısmını fırında tutmak amacıyla dumanlar fırından çıkmadan önce CO ve hidrokarbonlarla reaksiyona girmesi için 'son yanma' işlemi kapsamında fırının tepesine oksijen de enjekte edilir [373, Eurofer 2007].

Oksijen enjeksiyonu, fırında gaz ve duman oluşumunda bir artışa neden olur. Sonuç olarak CO ve CO₂ gazları, son derece ince demir oksit partikülleri ve diğer ürün dumanları oluşur. Son yanmada, CO içeriği hacimce %0,5'in altındadır [373, Eurofer 2007].

Yunak çalkalaması ve sıcaklık dengelemesi sağlamak için eriyiğe argon veya diğer inert gazlar enjekte edilebilir. Cüruf-metal dengesi de bu teknikle iyileştirilir.

Eritme işleminden çıkan duman ve gazlar, kirletici emisyonlarını azaltmaya yönelik toplama ve arıtma cihazlarını içeren bir baca gazı arıtma tesisinde arıtılır.

8.1.5 Çelik ve cüruf akıtma

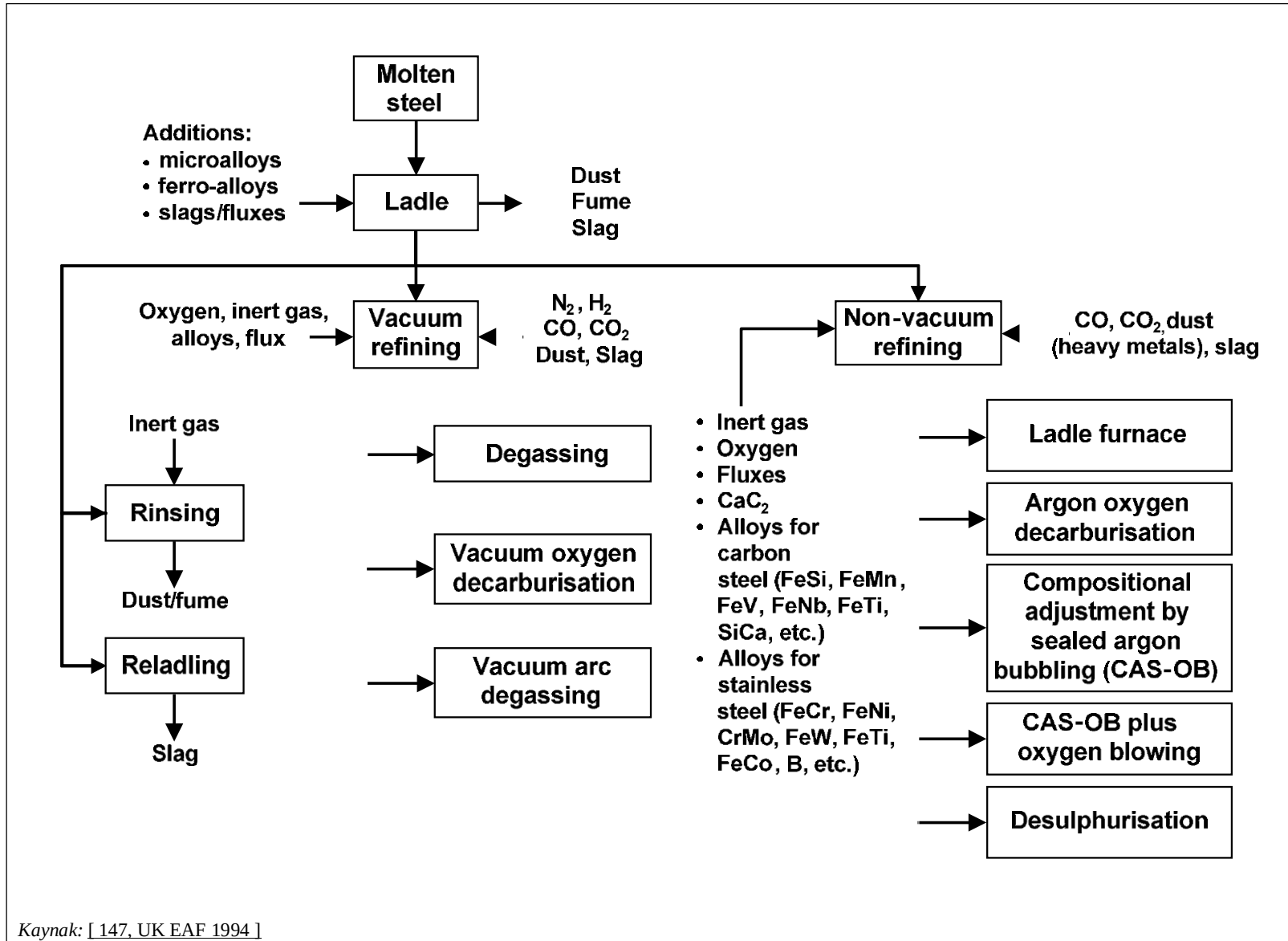
Cürufun ısıtma sırasında ve parti sonunda akıtmadan önce oksitleme aşamasında uzaklaştırılması gerekebilir. Fırın, cüruf alma kapısına doğru geriye yatırılır ve cüruf akar veya bir potaya ya da fırının altındaki zemine akıtılır ve toz ve duman oluşumuna neden olur. Başta alaşımlı çelikler olmak üzere özel çelikler için, metalürjik nedenlerle cüruf, sıvı çeliklerle birlikte potaya akıtılır. Cürufun çoğu, bir cüruf giderme istasyonunda çelikten ayrılarak bir cüruf potasına alınır. Orada oluşan dumanlar bir egzoz sistemi tarafından yakalanmalıdır.

8.1.6 İkincil metalürji

Karbon çeliği

Birincil çelik üretim fırınının akıtılmasından sonra döküm noktasına kadar erimiş çelik üzerinde ikincil metalürji gerçekleştirilir. Erimiş çelik potada kalırken ikincil metalürji tipik olarak pota işlemi

istasyonlarında gerçekleştirilir. Bu işlem istasyonları genellikle, döküm işlemi için sıvı çeliğin nihai sıcaklığının ayarlanmasına olanak tanıyan bir ark ısıtma ünitesinden (bir pota fırını) oluşur. İşlem, bitmiş çeliğin kimyasal bileşimini ayarlamak için oksit giderici maddelerin ve alaşım elementlerinin eklenmesini içerir. Bazı durumlarda, bitmiş çeliğin hidrojen, azot ve oksijen gibi elementlerin konsantrasyonu ile ilgili özel gereklilikleri karşılamak için vakumlu işlem üniteleri kullanılır. İyi bir homojenleştirme elde etmek için karıştırma amacıyla potaya inert gazlar (Ar veya N₂) enjekte edilir. Bazı küçük pota işlemi istasyonları, inert gaz veya toz enjeksiyon ekipmanlarından ibarettir. Şekil 8.4'te, çeşitli olası ikincil metalürji işlemlerini gösterildiği bir blok şeması yer almaktadır. Üretilen çeliğin türüne bağlı olarak bu işlemlerden biri veya birkaçı uygulanmaktadır. Bu işlemlerden bazıları çeliğe potadayken uygulanır; diğerleri için ayrı bir işlem kabına ihtiyaç duyulur. Bazı işlemler vakum altında yapılırken, diğerleri inert gaz durulama ile yapılır [373, Eurofer 2007].



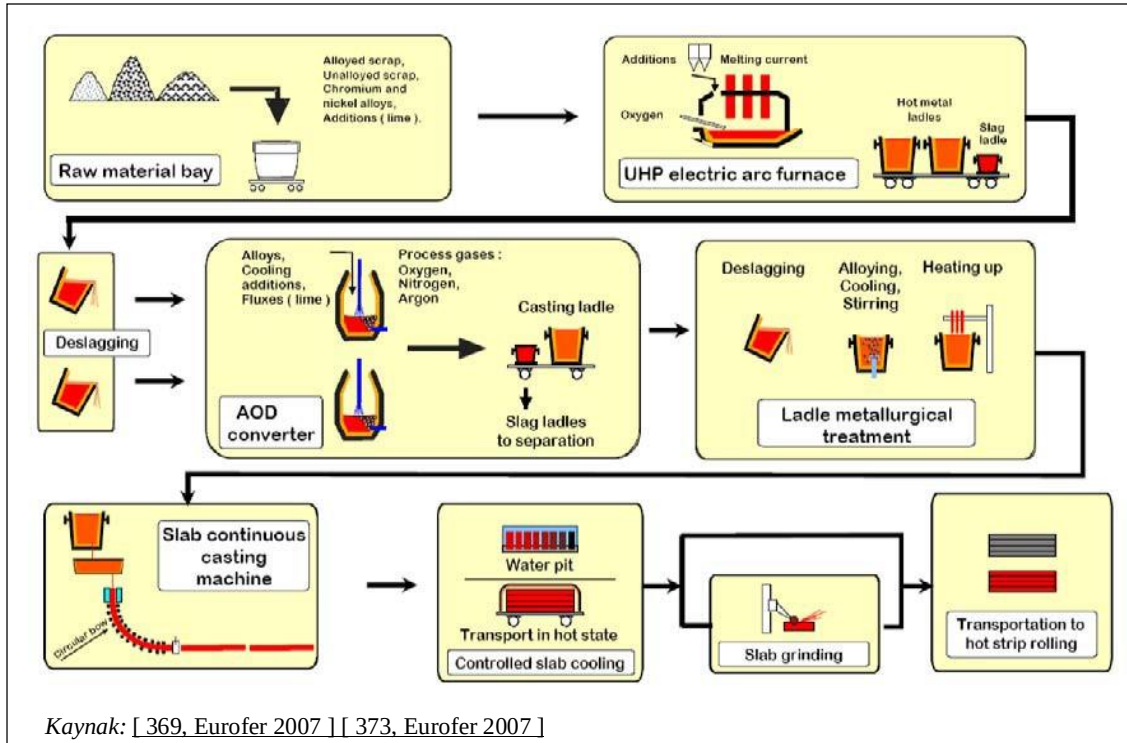
Şekil 8.4: Farklı çelik kaliteleri (karbon, paslanmaz veya yüksek alaşımlı) için olası ikincil metalürji/pota işlemlerinin blok şeması

Kurşunlu çelik üretiminde, kurşun içeren atık gazların özel bir işleme tabi tutulması gerekir (bkz. bazık oksijenli çelik üretiminde ikincil metalürji altındaki bilgiler Bölüm 7.3.2.3).

Paslanmaz çelik

Paslanmaz çeliğin ikincil metalürjisi, potada vakum altında (VOD prosesi - vakumlu oksijen dekarbürizasyonu) veya AOD (argon oksijen dekarbürizasyonu) dönüştürücü adı verilen ayrı bir metalürjik kapta ve ardından bir pota işleminde gerçekleştirilebilir. Üretilecek çelik kalitelerine bağlı olarak, bazı operatörler hem AOD hem de VOD'yu birlikte uygularlar [373, Eurofer 2007].

AOD dönüştürücülü bir paslanmaz çelik eritme atölyesinin akış diyagramı Şekil 8.5'te gösterilmektedir.



Şekil 8.5: Argon oksijen dekarbürizasyon dönüştürücülü paslanmaz çelik eritme atölyesinin malzeme akışı

Alaşımli çelik

Önemli miktarlarda alaşım elementleri (karbonun yanı sıra) içeren ancak paslanmaz çelik kategorisinde yer almayan alaşımli çeliklerin ikincil metalürjisi, genellikle bir pota ocağından ve gerekirse, üretilen çelik kalitelerine bağlı olarak bir vakum işleminden oluşur.

İkincil metalürji proseslerinin çoğunda, işlem sırasında oluşan metalik olmayan bileşikler yakalamak için cürufklar kullanılır [373, Eurofer 2007].

8.1.7 Cüruf taşıma ve işleme

Cüruf, EAF'de (veya AOD veya VOD gibi ikincil metalürji tesislerinde) bir cüruf potasında toplanırsa, katılaşması için açık havadaki cüruf havuzlarına dökülmesi gerekir. Cürufun soğutulması, su püskürtülerek hızlandırılabilir. Bazı tesislerde, silis, alümina, bor (kolemanit veya sodyum borat) eklenerek ve soğuma süresi kontrol edilerek cürufun nihai kalitesini ve boyutsal stabilitesini iyileştirmek için sıvı faz sırasında bir cüruf işlemi gerçekleştirilir. Bazı tesislerde farklı proseslerden

elde edilen cüruflar, daha sonraki prosesler için daha uygun hale getirilmek üzere sıvı fazda karıştırılır. Cüruf zemine dökülürse, katılaştıktan sonra ekskavatörler veya kürekli yükleyiciler kullanılarak ön kırma işlemine tabi tutulur ve açık havadaki bir depolama alanına götürülür.

Belirli bir süre sonra cüruf, daha sonra inşaat sektöründe kullanılmak üzere istenen kıvamı vermek için kırma ve eleme cihazlarında işlenir. Bu işlem sırasında cürufta bulunan tüm metalik parçacıklar, çelik üretim prosesine geri döndürülmek üzere manyetik olarak, elle veya kazma, kırma ve eleme yöntemleri kullanılarak ayrılır. Metallerin cüruflardan geri kazanılması, ticari değeri yüksek olan metaller için özellikle hassas bir iştir. Cüruf kırma ve metal geri kazanımı toz emisyonlarına neden olabilir [373, Eurofer 2007].

Bazen cüruf akıtma sırasında cürufu soğutmak için su kullanılır; bu da mikro yapıyı iyileştirerek daha iyi mekanik özellikler sağlar. Bu ‘siyah elektrikli fırın’ cürufu cadde ve yol inşaat malzemesi olarak işlenirken, açık havuzlardan gelen ‘beyaz cüruf’ örneğin kireç gübresi olarak kullanılır [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007].

8.1.8 Döküm

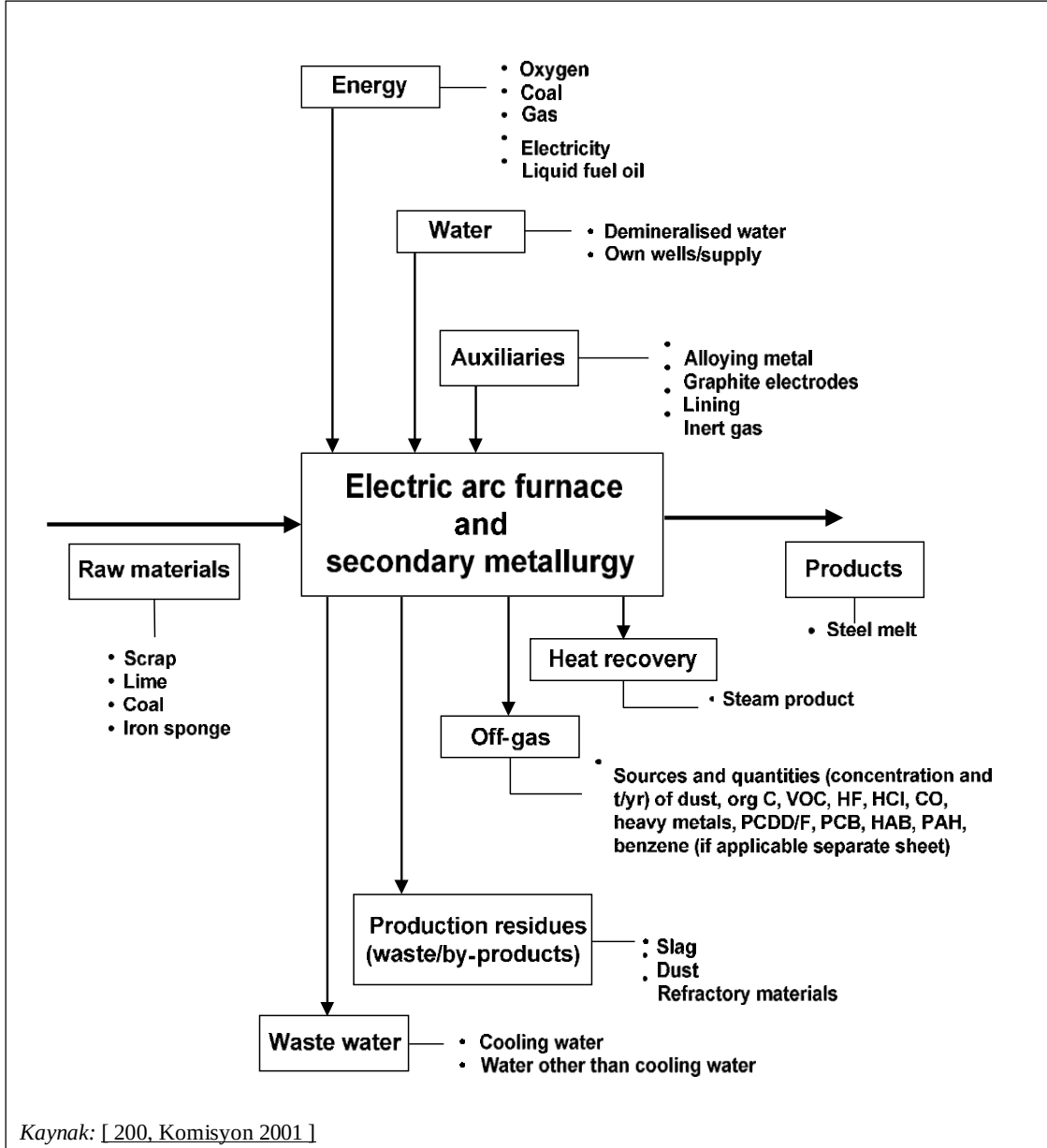
EAF çeliğinin kontrollü katılaştırılması amacıyla, temel olarak BOF çeliği ile aynı teknikler uygulanır. Bölüm 7.1.5'teki açıklamalar geçerlidir.

Genel eğilim sürekli dökümün külçe dökümün yerini alması olsa da, EAF ile çelik üretim tesislerinde üretilen bazı özel çelik türleri için külçe döküm uygulanmaya devam edecektir.

8.2 Mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri

8.2.1 Kütle akışına genel bakış ve girdi/çıktı verileri

Şekil 8.6'da, bir elektrik ark fırınının girdi ve çıktıların genel bir görünümü verilmiştir. Bu genel görünüm, bir elektrik ark fırınından veri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 8.6: Bir elektrik ark fırınının kütle akışına genel bakış

Elektrik ark fırını için özgül girdi faktörleri ve özgül emisyon faktörleri belirlenmiştir. Bu faktörler Tablo 8.1'de sunulmaktadır. Veriler, dipnotlarda belirtilen çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir.

Tablo 8.1: AB içindeki elektrik ark fırınları için girdi/çıkış verileri

Girdi			Çıktı		
Ham maddeler			Ürünler		
Metallik girdi:			Sıvı çelik (SÇ)	kg	1000
Hurda	kg/t SÇ	1039 – 1232			
Pik demir	kg/t SÇ	0 – 153			
Sıvı sıcak metal ⁽¹⁾	kg/t SÇ				
DİD (SBD)	kg/t SÇ	0 – 215			
Kireç/dolomit ⁽²⁾	kg/t SÇ	25 – 140			
Kömür (antrasit ve kok dahil)	kg/t SÇ	3 – 28			
Grafit elektrotlar	kg/t SÇ	2 – 6			
Refrakter astar	kg/t SÇ	4 – 60			
Alaşımlar:					
Karbon çeliği	kg/t SÇ	11 – 40			
Yüksek alaşımlı paslanmaz çelik	kg/t SÇ	23 – 363			
Gazlar			Havaya salınan emisyonlar		
Oksijen	m ³ /t SÇ	5 – 65	Çıkış gazı akışı	Milyon Nm ³ /s	1 – 2
Argon	m ³ /t SÇ	0,3 – 1,45		Nm ³ /t SÇ	8000 – 10 000
Azot	m ³ /t SÇ	0,8 – 12	Toz	g/t SÇ	4 – 300
Buhar ⁽³⁾	kg/t SÇ	33 – 360	Hg	mg/m ³	0,35 – 52
Enerji			Pb	mg/t LS	2 – 200
Elektrik	kWh/t SÇ MJ/t SÇ	404 – 748 1454 – 2693	Cr	mg/t LS	75 – 2 850
Yakıtlar (doğal gaz ve sıvı yakıtlar)	MJ/t SÇ	50 – 1500	Ni	mg/t LS	12 – 2 800
			Zn	mg/t LS	3 – 2000
			Cd	mg/t LS	200 – 24000
			Cu	mg/t LS	1 – 148
			HF	mg/t LS	11 – 510
			HCl	mg/t LS	0,04 – 15000
			SO ₂	g/t SÇ	800 – 35250
			NO _x	g/t SÇ	5 – 210
			CO	g/t SÇ	13 – 460
			CO ₂	kg/t SÇ	50 – 4 500
			TOC	g C/t SÇ	72 – 180
			Benzen	mg/t LS	35 – 260
			Klorobenzenler	mg/t LS	30 – 4 400
			PAH ⁽⁴⁾	mg/t LS	0,2 – 12
			PCB ⁽⁵⁾	mg/t LS	9 – 970
			PCDD/F	µg I-TEQ/t SÇ	0,01 – 5
					0,04 – 6
			Üretim artıkları (atık/yan ürünler)		
			Fırın cürufu	kg/t SÇ	60 – 270
			Pota cürufu	kg/t SÇ	10 – 80
			Tozlar	kg/t SÇ	10 – 30
			Atık refrakterler	kg/t SÇ	1,6 – 22,8
			Gürültü		
				dB (A)	90 – 133

(1) Sıcak metal sadece çok özel durumlarda kullanılır (yaklaşık 275 kg/t SÇ); bu durumda hurda miktarı daha düşüktür.

(2) Tipik olarak kireç kullanılır, ancak bazı durumlarda tek başına dolomit veya dolomit ve kireç kombinasyonları kullanılır (örneğin ağırlık oranı 63/37).

(3) Vakum işlemiyle birlikte ikincil metalürji gerçekleştirilen tesisler dışında, EAF ile çelik üretiminde buhar genellikle kullanılmaz.

(4) Tutarlı bir veri tabanı yoktur; bazı sonuçlar toplam 16 EPA PAH'yi temsil ederken, diğerleri bunların yalnızca bir bölümünü temsil eder.

(5) Tutarlı veri tabanı yoktur; değerler farklı PCB'leri temsil etmektedir (bunlardan 2'si yukarıda belirtilen Ballschmiter PCB, 3'ü WHO-TEQ ile ilgilidir ve 2'sinde başka bir ifade yer almamaktadır).

Not: — Bazı ölçüm metodolojileri ülkeden ülkeye ve tesisten tesise önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Salınan maddelerin tamamı tüm tesislerde ölçülmez. Ölçüm programları, izin gerekliliklerine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir.

— Veriler, üretilen 37,4 Mt çeliği temsil eden EAF eritme atölyesi operatörleri (karbon çeliği, alaşımlı çelik ve paslanmaz çelik) tarafından sağlanan bilgilerden derlenmiştir. Bu, 2004 yılında 11 farklı AB ülkesindeki toplam EAF çelik üretiminin yaklaşık %50'sini temsil ediyordu.

— SÇ = Sıvı çelik.

Kaynak: [140, Eurofer 2009] [200, Komisyon 2001] [220, Eurofer 2008] [234, Polonya2007] [367, Prüm ve diğ. 2005] [371, Eurofer 2007] [372, Çek TÇG üyesi 2008].

Bir EAF için ana demir kaynağı hurdadır. Sıcak metal ve DİD, oldukça az sayıda operatör tarafından, genellikle nadiren kullanılır. Bu nedenle, temsili aralıkları belirtmek zordur. Sıcak metal ve DİD, bazı özel çelik kalitelerinin bileşimini ayarlamak için kullanılabilir. Bazı durumlarda, ekonomik nedenlerden dolayı DİD veya sıcak metal kullanımı söz konusu olabilir. SBD, temel olarak sıcak briketlenmiş DİD'dir. Taşıma ve nakliye için daha uygundur ve atmosferik oksidasyona daha az maruz kalır.

Tablo 8.1'de belirtilen emisyon faktörleri bir araştırma kapsamında belirlenmiştir. Emisyon faktörlerinin bazıları için gözlemlenen geniş aralıklar aşağıdakilerle ilişkili olabilir:

- çevre koruma ekipmanlarının performanslarındaki farklılıklar
- ulusal veya yerel makamlar tarafından öngörülen emisyon sınır değerlerindeki farklılıklar
- ölçümlerin kalitesindeki farklılıklar (sıklık, kesinlik, numune alma, laboratuvar metodolojileri, vb.)
- girdi materyalindeki farklılıklar
- tesis özelliklerindeki farklılıklar
- üretilen çelik türü (metal emisyonları)
- tesis verimliliği

[220, Eurofer 2008] [373, Eurofer 2007]

8.2.2 Elektrik ark fırınlarında çelik üretimine ilişkin çevre sorunları

Elektrik ark fırınında çelik üretimi, öncelikle toz ve katı atık/yan ürün kaynağıdır. Enerji tüketimi EAF ile çelik üretimi için de önemli bir rol oynar. Emisyonları azaltmak için azaltma teknikleri uygulandığında, çapraz ortam etkileri ortaya çıkar. Genel olarak, aşağıda 8.2.2.1 ila 8.2.2.6 arasındaki bölümlerde, EAF prosesiyle ilişkili en önemli çevresel sorunlar açıklanmaktadır.

8.2.2.1 Havaya salınan emisyonlar

8.2.2.1.1 Birincil emisyonların toplanması

Birincil çıkış gazları, bir EAF'den yayılan toplam emisyonların yaklaşık %95'ini temsil eder [22, EC EAF 1994]. Mevcut tesislerin çoğu birincil emisyonları 4. delikten (üç elektrot olması durumunda - AC fırınları (bkz. Şekil 8.7) veya 2. delikten (bir elektrot olması durumunda - DC fırınları) çeker. Böylece, bir akıtmadan diğerine tam bir döngü sırasında toplam emisyonların %85-90'ı toplanabilir [22, EC EAF 1994]. Hala 4. deliği olmayan ancak köpek kulübesi (fırını tamamen kapatan ve yeterli gaz çekişi olan muhafaza) olan çok az tesis vardır [373, Eurofer 2007].

8.2.2.1.2 İkincil emisyonların toplanması

Hurda taşıma, yükleme ve akıtma sırasında çıkış gazları üretilir ve ayrıca dumanlar gibi fırın açıklıklarından (yani elektrot açıklıkları ve kapılar) kaçan gazlar, genellikle fırının üzerinde bulunan bir kanopi davlumbazı tarafından yakalanır. Birincil emisyonlar altında açıklanan tüm kirleticileri içerebilirler.

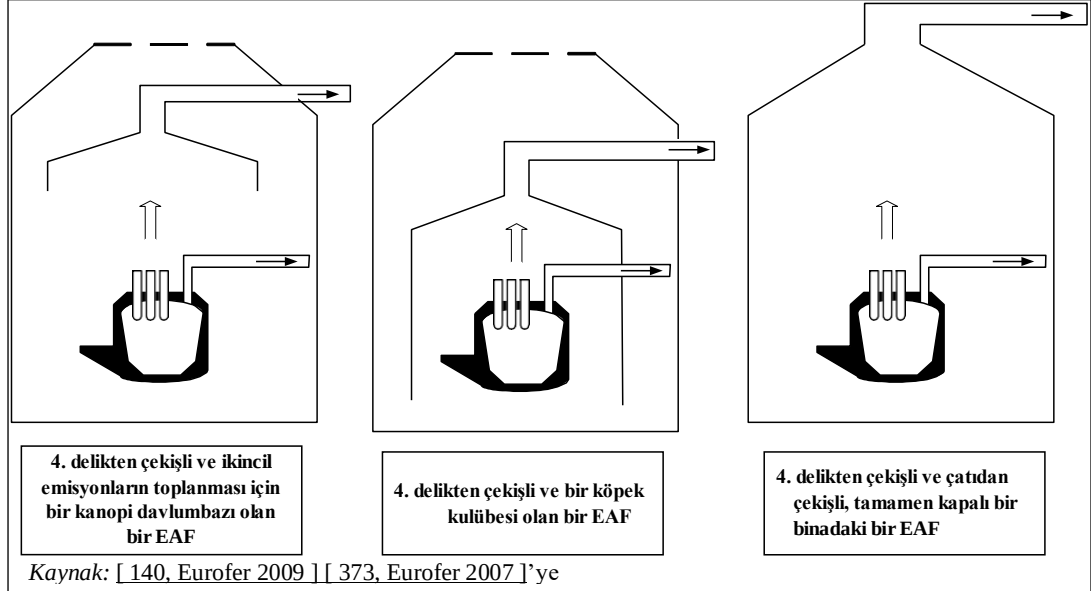
En yeni fırınlar genellikle kapalı üst kısımlara ve çatıda güçlü bir çekiş sistemine sahip binaların içine kurulur. Binanın boyutlarına ve fırının kapasitesine bağlı olarak, çekiş sisteminin debisi 1 milyon m³/s'yi aşabilir [373, Eurofer 2007].

Aşağıdaki toplama konfigürasyonları uygulanır:

- Fırında (2. ve 4. delik) birincil çıkış gazının çekildiği, ikincil çıkış gazı akışının toplanması için bir kanopi davlumbazına sahip olan ve açık çatı bölümü olan bir binaya kurulan bir EAF
- Fırında (2. ve 4. delik) birincil çıkış gazının çekildiği ve fırından çıkan tüm dumanları tek bir egzoz sistemine toplayan bir köpek kulübesine sahip ve açık çatı bölümleri olan bir binaya kurulan bir EAF

- Fırında (2. ve 4. delik) birincil çıkış gazının çekildiği, ikincil çıkış gazı akışını toplayan tamamen kapalı bir çatıya sahip bir binada kurulan bir EAF
- bazı tesislerde yalnızca 2. veya 4. deliklerden çekiş.

Şekil 8.7’de, 4. delikten çekişli AC fırınlar için çıkış gazının toplanmasına yönelik üç ana sistem gösterilmektedir.



Şekil 8.7: EAF'de toplama sistemleri

Bir köpek kulübesi farklı tasarımlarda inşa edilebilir. Yükleme vincinin, yükleme sırasında kapalı tutulan ve bir davlumbaz görevi gören köpek kulübesinin üst kısmına girdiği (veya neredeyse girdiği) büyük köpek kulübeleri vardır. Diğer tip köpek kulübesi küçüktür ve yükleme sırasında tamamen açıktır. Bu durumda, yükleme dumanlarını yakalamak için ek bir davlumbaz gerekir.

İkincil metalürji, EAF ile aynı binada gerçekleştiriliyorsa, bu emisyonlar kanopi davlumbazları ve çatı çekiş sistemleriyle de toplanabilir [373, Eurofer 2007].

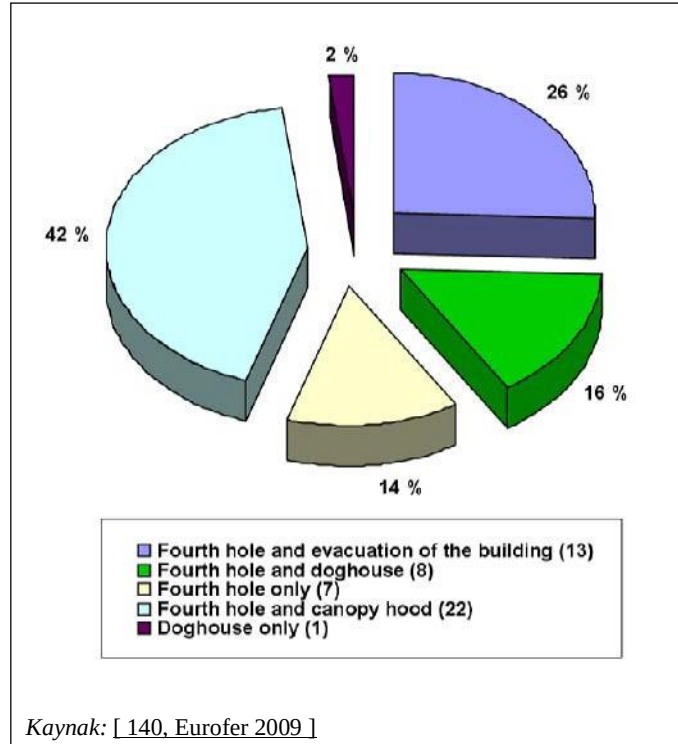
Tablo 8.2’de, elektrik ark fırınıyla çelik üretiminin ana işlemlerinden kaynaklanan emisyonların toplanmasına ilişkin nicel etkinlikler özetlenmektedir.

Tablo 8.2: EAF tesislerinin emisyonlarının toplanmasına yönelik sistemler

Emisyon kaynakları	Yükleme	Eritme (EAF’de)	Akıtma	İkincil metalürji ⁽¹⁾	Sürekli döküm ⁽¹⁾
4. delik	Hayır	Evet	Hayır	Evet, varsa	MD
Kanopi davlumbazı	Evet, kısmen	Evet	Evet, kısmen	Evet, varsa	Evet, varsa
Köpek kulübesi	Yalnızca kapalıysa ⁽²⁾	Evet	Evet	Evet, varsa	MD
Tüm bina tahliyesi	evet	evet	evet	evet	evet

(1) Aynı binada bulunuyorsa.
(2) Köpek kulübeleri EAF’ye erişimi engelledikleri için yükleme sırasında genellikle kapalı tutulmaz.
Not: MD: Veri mevcut değil.
Kaynak: [22, EC EAF 1994] [373, Eurofer 2007].

Şekil 8.8’de, AB’deki 51 EAF’de kullanılan çıkış gazı toplama sistemlerinin oranları gösterilmektedir. Birincil emisyonların fırın çatısında 4. delikte toplanması neredeyse genelleşmiş bir uygulamadır. Tesislerin büyük çoğunluğunda kanopi davlumbazları ya da tüm bina muhafazası bulunur. Bazı tesisler hala sadece 4. delikten çekiş ile faaliyet göstermektedir.



Şekil 8.8: AB’de yer alan 51 EAF’deki mevcut toz toplama sistemlerinin oranı

Başta PCDD/F olmak üzere organoklor bileşikler gibi mikro kirleticiler ile ilgili olarak, ikincil çıkış gazlarının (esas olarak EAF’den sızıntılar) kontaminasyonu genel emisyonlara katkıda bulunur. Toplam PCDD/F emisyonlarını en aza indirmek için, ikincil emisyonlar da dikkate alınmalı ve böylece tüm bina tahliyesine olan ihtiyaç güçlendirilmelidir.

8.2.2.1.3 Birincil ve ikincil emisyonlar ve arıtma

EAF’deki birincil ve ikincil toplamadan çıkan çıkış gazı toz, metaller, azot ve kükürt oksitler ve organik maddeler (örneğin VOC, klorobenzenler, PCB, PAH ve PCDD/F) içerir. Organik madde emisyonları esas olarak hurda kalitesine bağlıdır. Bazı artıklar boya, yağ ve diğer organik maddeleri içerir [367, Prüm ve diğ. 2005].

İkincil emisyonlar hakkındaki bilgiler sınırlıdır. EAF’nin yüklenmesinden genellikle 0,3 – 1 kg toz/t SÇ ve akıtmadan genellikle 0,2 – 0,3 kg toz/t SÇ yayılır (azaltma öncesi emisyonlar) [22, EC EAF 1994]. EAF işlemleri sırasındaki duman sızıntıları için, 0,5 ile 2 kg toz/t SÇ arasında toz emisyon faktörleri bildirilmiştir [30, Roederer et al. 1996].

Yukarıda belirtilen üç kaynağın (yükleme, akıtma, duman sızıntıları) toplamı olarak emisyon faktörleri, azaltmadan önce 1,4 ila 3 kg toz/t SÇ arasındadır [30, Roederer ve diğ. 1996]. Bu, birincil emisyonların ikincil emisyonlardan yaklaşık on kat daha yüksek olduğunun bir teyidi olarak kabul edilebilir.

Genellikle farklı çıkış gazı akışlarının (yani birincil ve ikincil emisyonların) artırımı çoğunlukla torba filtrelerde olmak üzere aynı cihazda gerçekleştirilir [373, Eurofer 2007]. Sadece birkaç durumda ESF'ler ve ıslak yıkayıcılar kullanılır.

Tablo 8.3'te, torba filtreler veya ESF ile azaltımdan sonra EAF prosesinde elde edilen havaya salınan emisyon konsantrasyonlarına ilişkin örnekler gösterilmektedir.

Tablo 8.3: Azaltma sonrasında EAF prosesinden havaya salınan emisyon konsantrasyonları

Parametre		Torba filtre	Elektrostatik filtre ⁽¹⁾	Birim
Toz		0,35 – 3,4	1,8	mg/Nm ³
CO		88 – 256		mg/Nm ³
NO _x		0,97 – 70		mg/Nm ³
SO _x		8 – 17		mg/Nm ³
Metaller:	Hg	0,016 – 0,019	<0,0003	mg/Nm ³
	Toplam (Sb, Pb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Se, Te, Ni, Co, Sn)	0,006 – 0,022	0,01 – 0,07	mg/Nm ³
	Cr (Cr (VI) hariç)	0,013		
	Mn	0,036		
	Ni	0,003		
PAH		<0,00001	<0,001	mg/Nm ³
PCDD/F		0,0015 – 0,1 ⁽²⁾		ng/Nm ³
HF		0,085 – 0,2		mg/Nm ³
HCl		3 – 5,4		mg/Nm ³
Cl ₂		<3		mg/Nm ³
(1) Değerler Almanya'daki bir paslanmaz çelik tesisiyle ilgilidir. (2) Aralığın üst sınırı, 1997'de gerçekleştirilen ölçümlerle ilgilidir. Not: — Değerler yıllık ortalamalardır ve merkezi tozsuzlaştırma sistemiyle ilgilidir. — PAH, benzo(a)piren ve dibenzo-(a,h)-antrasen içerir. Kaynak: [244, Plickert 2007] [277, Wiesenberger 2007].				

Toz

Çıkış gazı, azaltımdan önce 10 – 30 kg toz/t sıvı karbon çeliği veya düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı çelik üretilmesi durumunda 10 – 18 kg toz/t içerir. Paslanmaz çelik üretilen EAF'lerde toz üretimi için maksimum değer 30 kg toz/t'dir. AOD gibi bir dönüştürücü ile, çıkış gazı (EAF ve AOD) 10 – 46 kg/t sıvı alaşımlı çelik düzeyinde toz içerir. Tozun bileşimi, torba filtrelerde veya elektrostatik filtrelerde (ESF) çıkış gazından ayrılan tozun analizinden görülebilir (bkz. Tablo 8.10). Ağır metallerin çoğu esas olarak tozla ilişkilidir ve bu nedenle, tozun azaltılmasıyla çıkış gazından büyük ölçüde uzaklaştırılır. Gaz fazında bulunan ağır metaller (örneğin cıva), filtreleme veya ESF ile ortadan kaldırılamaz [373, Eurofer 2007].

Azaltma sonrası toz emisyon faktörlerinin aralığı Tablo 8.1'de görülebilir. Tozun yaklaşık %96'sı PM₁₀'a aittir [83, Ehrlich, C. ve diğ. 2007] [288, IA 2006]. Aralık oldukça geniş (üç kat fark) olduğundan toplama ve azaltma verimliliğinde büyük bir fark olduğunu gösterir. Konsantrasyon açısından, emisyonlar 0,5 – 50 mg toz/Nm³ arasındadır (tesislerin çoğu aralığın alt sınırındadır). Normalde bu emisyon faktörleri veya emisyon konsantrasyonları ikincil toz emisyonlarını içerir çünkü birincil ve ikincil emisyonlar sıklıkla aynı ekipmanlarda arıtılır [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [373, Eurofer 2007].

Ağır metaller

Tablo 8.1'deki bazı emisyonlar geniş aralıklar göstermektedir. Daha yüksek değerler, çevre açısından önemli olabilir. Çinko, emisyon faktörleri en yüksek olan metaldir. Krom ve nikel emisyonları, bariz nedenlerle, genellikle paslanmaz çelik imalatında daha yüksektir [373, Eurofer

2007]. Kromun bir kısmı altı değerlikli krom olarak oluşabilir. Solunduğunda yüksek derecede kanserojen olduğu için çok önemlidir.

AB'deki üç EAF tesisinde, arsenik için 0,025 ve 14 g/t arasındaki emisyon faktörleri ölçülmüştür [288, IA 2006] [234, Polonya 2007].

Cıva emisyonları, hurda bileşimine/kalitesine bağlı olarak yükten yüke büyük ölçüde değişiklik gösterebilir [137, Theobald 1995] [144, UBA-BSW 1996]. 'Ömrünü Tamamlamış Araçlar' Direktifi, 'Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlardan Kaynaklanan Atıklar', 'Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Tehlikeli Maddelerin Kısıtlanmasına ilişkin Direktif' ve 'Pil Direktifi' gibi halihazırda yürürlükte olan çeşitli direktiflerin tam olarak uygulanmasının ardından cıvanın aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması nedeniyle sektördeki cıva emisyonlarının düşmesi beklenmektedir [273, Eurofer 2007]. Ancak, cıva emisyon sınır değerlerinin aşıldığı gözlemlenmektedir; bu da hurda kaynaklarında hala cıva içeren bileşenlerin bulunduğunu ve görünüşe göre parçalayıcı girdisinden her zaman uzaklaştırılamadıklarını göstermektedir. Satın alınan hurdadaki cıvayı azaltma çabalarına rağmen, 170 mg cıva/t SÇ için emisyon faktörleri, yıllık bazda gözlemlenmektedir ve yerli ve ithal hurdaya dayalı çelik için oldukça benzer görünmektedir [81, Norveç TÇG üyesi 2008].

Kükürt ve azot oksitler

SO₂ emisyonları temelde kömür ve petrol girdisinin miktarına bağlıdır, ancak çok önemli düzeyde değildir. NO_x emisyonlarının da özel olarak dikkate alınması gerekmez.

Diğer organik maddeler

[288, IA 2006]

Florür ve klorür diğer ilgili inorganik kirleticilerdir ancak daha fazla bilgi verilmemiştir.

VOC

VOC emisyonları, fırına yüklenen ham maddelere (örneğin çözücüler, boyalar) yapışan organik maddelerden kaynaklanabilir. Doğal kömür (antrasit) kullanılması durumunda, benzen gibi bileşikler yanmadan önce giderebilir [373, Eurofer 2007].

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)

PAH için emisyon faktörleri de nispeten yüksektir (9 – 970 mg/t SÇ – bkz. Tablo 8.1), ancak bildirilmiş çok fazla ölçüm yoktur. PAH ayrıca hurda girdisinde de mevcuttur [120, Schiemann 1995] ancak EAF işletimi sırasında da oluşabilir. PAH'nin filtre tozuna yüksek oranda tutunduğuna dair beklenti (aynı zamanda çıkış gazı sıcaklığına da bağlı olarak), günlük ortalama değer olarak düşük artık toz içeriği (<5 mg/Nm³) sağlayan bir torba filtrede azaltmadan önce ve sonra PAH emisyonlarının değişmeden kaldığı Lüksemburg'daki araştırmalarla doğrulanamamıştır [167, Werner 1997]. PAH profilinde, naftalin, asenaften, antrasen ve fenantren gibi daha uçucu iki veya üç halkalı PAH'ler ağırlıklı olarak yer almaktadır [388, Fisher ve diğ. 2005].

Kalıcı organik kirleticiler (KOK'ler)

Doksanlardan bu yana KOK'lere artan bir şekilde dikkat çekilmektedir. Analiz sonuçları yalnızca sınırlı sayıda bileşik için mevcuttur. Klorobenzenler, PCB ve PCDD/F gibi organoklor bileşikleri ölçülmektedir.

PCDD/F ve WHO-12 PCB konsantrasyonları arasında güçlü bir korelasyon vardır ve PCDD/F'nin I-TEQ değeri, WHO-12 PCB'ninkinden yaklaşık 16,5 kat daha yüksektir. Bu, PCB ve PCDD/F oluşum mekanizmalarının bağlantılı olduğunu gösterir [388, Fisher ve diğ. 2005].

Birkaç EAF işleminde klorobenzenler belirlenmiştir (0,2 – 12 mg/t SÇ – bkz. Tablo 8.1). Bir EAF tesisindeki ölçümlerden, yayılan atık gazda heksaklorobenzenin mevcut olduğu bilinmektedir [373, Eurofer 2007].

Poliklorlu bifeniller (PCB)

Poliklorlu bifeniller (PCB), 209 türdeşten oluşan klorlu yarı uçucu organik bileşikler sınıfıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 'dioksin benzeri' davranış sergileyen 12 PCB'den oluşan bir grup tanımlanmıştır. WHO-12 I-TEQ'ya ana katkı sağlayan poliklorlu bifenil, PCB 126 idi.

Bulunan diğer PCB türdeşleri, altı Ballschmider türdeşi olarak bilinen PCB 28, 52, 101, 138, 153 ve 180'dir [388, Fisher ve diğ. 2005]. İki PCB kümesinin belirlenmesine yönelik toksikolojik amaç aynı değildir. Toplam PCB'nin (209) yeterli bir tahmini için yaygın olarak uygulanan bir yaklaşım, 6 Ballschmider/DIN PCB'nin toplamını beşle çarpmaktır.

Bazı EAF'lerde PCB emisyonları tespit edilmiş ve ölçülmüştür. Bu ölçümler farklı türdeşlerin belirlendiğini göstermiştir. 0,01 mg/t SÇ kadar düşük ve 5 mg/t SÇ kadar yüksek değerler bildirilmiştir. Ayrıca, proses sırasında ve/veya çıkış gazı cihazları içinde de novo senteziyle PCB'nin oluşup oluşmayacağı henüz bilinmemektedir. Bu belirsizlikler, EAF çıkış gazlarında PCB'nin oluşumu ve ayrışma süreçleri hakkında genel sonuçlara varmanın imkansız olmasa da zor olduğunu göstermektedir.

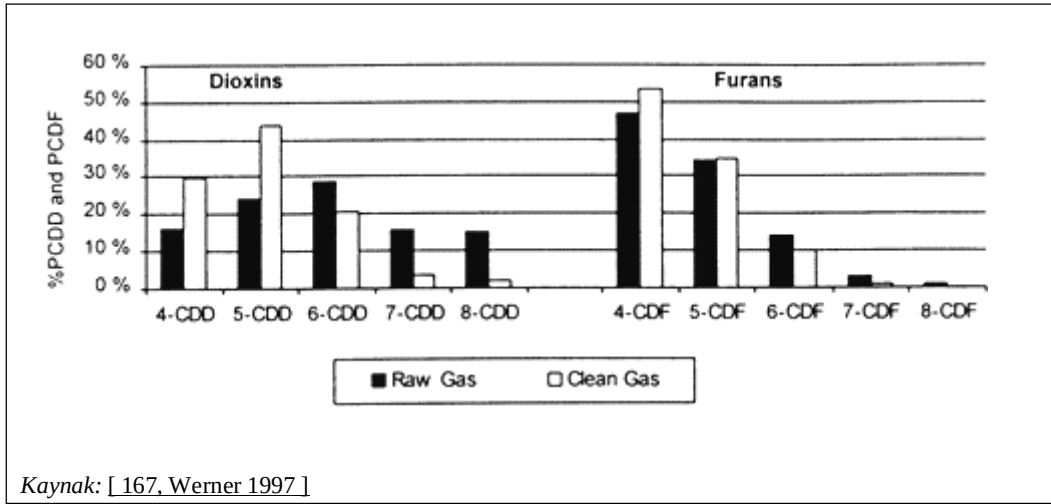
Ölçülen emisyonlar için baskın kaynak olabilecek hurda girdisinde PCB bulunabilir [120, Schiemann 1995]. Ömrünü tamamlamış elektrikli ekipman yönetimi gibi düzenlemeler, PCB içeren ürünlerin (örneğin çamaşır makineleri, kurutucular, davlumbazlar, yağ brülörleri, floresan lambalar vb.) piyasaya sunulmasının önlenmesine büyük katkıda bulunmuştur. Bir araştırma, PCB emisyonlarının torba filtrelerle neredeyse hiç azaltılmadığını göstermiştir [167, Werner 1997]. İsveç'te gerçekleştirilen yakın tarihli bir çalışma, dioksin benzeri PCB ile PCDD/F arasında bir korelasyon olduğunu, ancak aynı zamanda WHO-TEQ açısından PCB emisyonunun PCDD/F emisyonundan çok daha az önemli olduğunu da göstermiştir [373, Eurofer 2007].

Genel olarak, tipik çıkış gazı temizleme sistemlerinin (örneğin filtreler, ESF, yıkayıcılar) PCDD/F emisyonlarını gidermede PCB'ye kıyasla daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Bileşiğe özgü farklılıklar, üç bileşik grubunun türdeşleri arasındaki uçuculuk farklılıkları ile açıklanabilir. Giderme verimlilikteki farklılıklar, ayrıca toz ayırma verimliliğindeki, gaz sıcaklığındaki ve tozun adsorpsiyon özelliklerindeki farklılıklardan da kaynaklanıyor olabilir [370, Öberg 2007].

Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F)

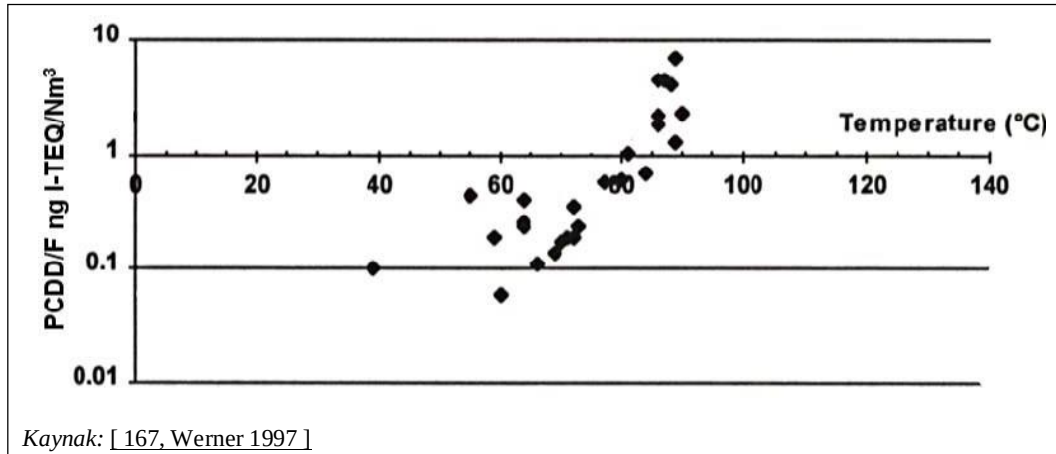
Boya, yağ (örneğin kesme yağları), PVC (polivinil klorür) veya diğer organik maddeleri içeren hurdanın ısıtılma işlemi sırasında PCDD/F açığa çıkar veya atık gaz arıtma sırasında üretilir ve fırın dumanlarıyla birlikte atmosfere yayılır [367, Prüm ve diğ. 2005]. Bu emisyonlar, sıcaklıkların hala düşük olduğu EAF'deki hurda eritme aşamasının başlangıcında özellikle önemlidir. Akış yönündeki proses sıcaklıkları PCDD/F'yi yok etmeye yetecek kadar yüksek olsa bile, bu ilk aşamada üretilen PCDD/F, akış yönündeki üretimi üzerinde bir etkiye sahip olacaktır [375, IISI 1998] [388, Fisher ve diğ. 2005].

PCDD/F, yükte bulunabilen organoklorlu bileşiklerin düşük sıcaklıklarda (250 – 500 °C) yanmasıyla ve ayrıca metaller (örneğin Cu ve bir dereceye kadar Fe) tarafından katalize edilen de novo senteziyle oluşabilir. Bulgular, atık gazdaki PCDD/F konsantrasyonunun belirlenmesinde sıcaklık profilinin ortalama sıcaklıktan daha önemli olduğunu göstermektedir [388, Fisher ve diğ. 2005]. PCDD/F ile ilgili olarak, 0,04 – 6 µg I-TEQ/t SÇ arasında emisyon faktörleri gösteren birçok ölçüm mevcuttur [220, Eurofer 2008] (bkz. Tablo 8.1). 0,02 ile 9,2 ng I-TEQ/Nm³ arasında konsantrasyonlar ölçülmüştür [367, Prüm ve diğ. 2005]. Şekil 8.9'da azaltma öncesi ve sonrası hurda ön ısıtılmalı ikiz kabuklu bir EAF'nin çıkış gazında PCDD/F homologlarının dağılımına ilişkin bir örnek sunulmaktadır. Dört ve beş klor atomlu PCDD/F homologları baskındır.



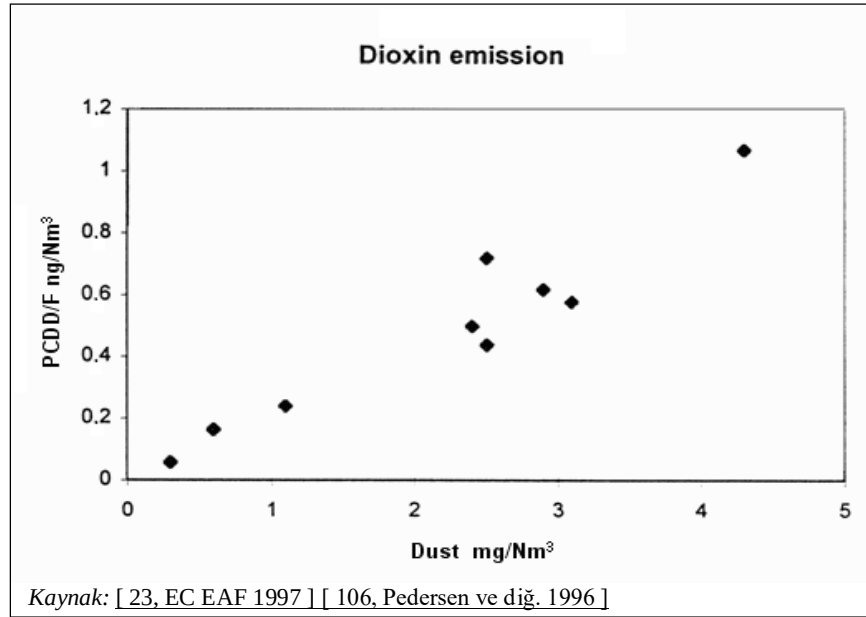
Şekil 8.9: Azaltma öncesi ve sonrası hurda ön ısıtmalı ikiz kabuklu bir EAF'nin çıkış gazında PCDD/F homologlarının dağılımı

Mutlak PCDD/F emisyonları ile ilgili olarak, çıkış gazı sıcaklığı (bkz. Şekil 8.10) ile toz içeriği (bkz. Şekil 8.11) arasında bir korelasyon vardır [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [375, IISI 1998].



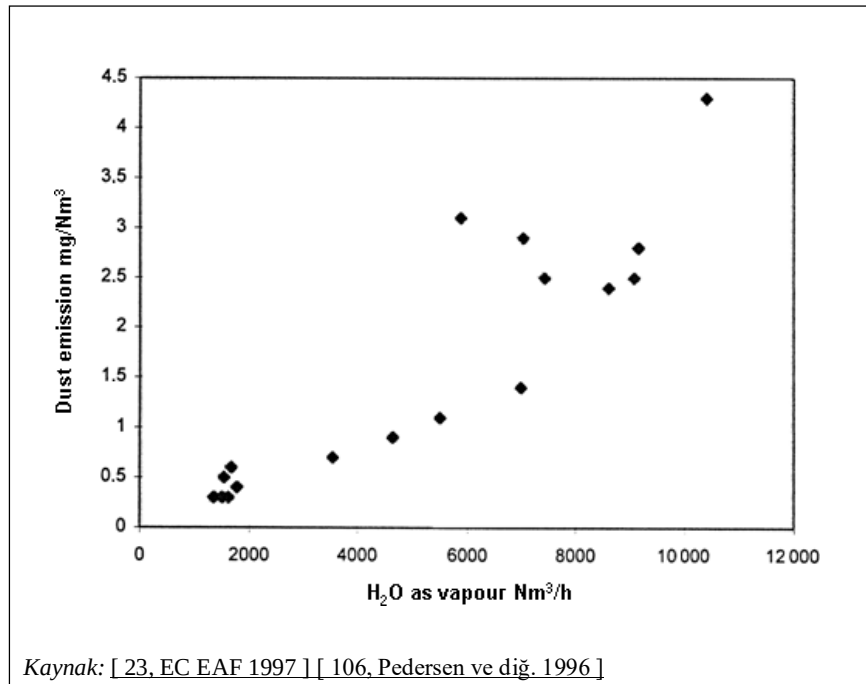
Şekil 8.10: Bir EAF'nin torba filtresinde azaltma sonrasında PCDD/F emisyonlarının ve çıkış gazının sıcaklığının korelasyonu

Şekil 8.10, temiz gaz sıcaklığı 75 °C'nin altında olduğu sürece PCDD/F emisyonlarının 1 ng I-TEQ/Nm³'ün altında kalacağını göstermektedir. Bunun fiziksel açıklaması, azalan sıcaklıkla birlikte PCDD/F'nin uçuculuğunun azalmasıyla ilgilidir [126, Spencer ve diğ. 1992]. Düşük sıcaklıklarda PCDD/F, filtre tozuna giderek daha fazla tutunma eğilimindedir.



Şekil 8.11: 85 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bir EAF'nin çıkış gazında torba filtrede azaltma sonrasında artık toz içeriği ve PCDD/F konsantrasyonlarının korelasyonu

Toz ve PCDD/F emisyonları arasında yakın bir bağlantı olduğuna dair gözlem, çıkış gazı sıcaklığı ile ilgili olmalıdır. Toz içeriğinin kendisi temel olarak torba filtrenin boyutuna ve kalitesine, ancak aynı zamanda çıkış gazının söndürülmesi durumunda veya denize yakın konumlarda yüksek olabilen çıkış gazındaki bağıl neme bağlıdır (bkz. Şekil 8.12).



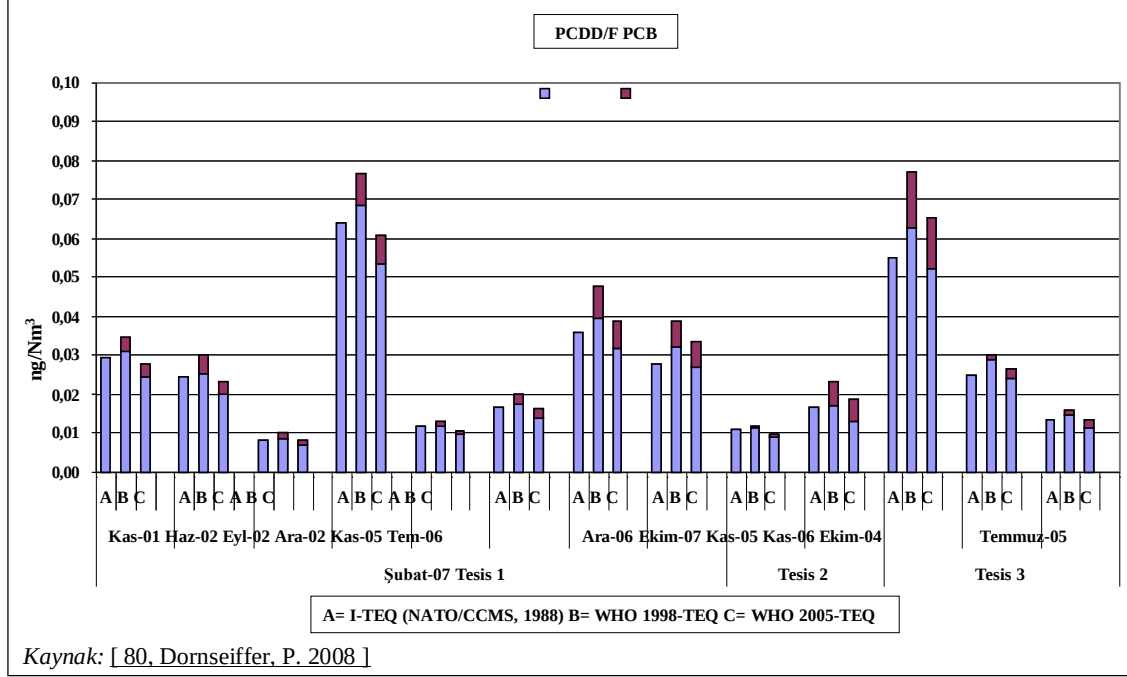
Şekil 8.12: Bir EAF'nin çıkış gazında bir torba filtrede azaltma sonrasında su buharı ve artık toz içeriğinin korelasyonu

NATO/CCMS, 1988'e göre PCDD/F, normalde Uluslararası Toksikite Eşdeğerleri (I-TEQ) olarak ifade edilir. Bu aynı zamanda mevcut mevzuat ve fiili izinler için de geçerlidir. Belçika'nın Valon Bölgesindeki demir-çelik tesisleri için revize edilmiş EKÖK izinleri,

PCDD/F ve 'dioksin benzeri' PCB için WHO-TEQ cinsinden formüle edilmiştir ve ayrıca 6 Ballschmider/DIN PCB'nin toplamının 5 katı olarak tahmin edilen 'toplam PCB' için bir sınır değeri belirlenmiştir.

1998'de WHO, PCDD/F (WHO-TEQ) için yeni toksisite eş değerleri geliştirmiştir. Bu değerlendirmeye 12 dioksin benzeri PCB entegre edilmiştir [219, Van den Berg ve diğ. 1998].

2005 yılında, yeniden değerlendirilen toksisite eş değerleri (WHO 2005-TEQ) WHO tarafından sunulmuş ve kabul edilmiştir [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [315, Van den Berg., ve diğ., 2006]. Şekil 8.13, dioksin benzeri PCB dahil olmak üzere WHO-TEQ ile karşılaştırmalı olarak I-TEQ olarak ifade edilen ölçüm sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 8.13: Dioksin benzeri PCB dahil olmak üzere I-TEQ ve WHO-TEQ olarak EAF'nin PCDD/F emisyonları

WHO 2005-TEQ olarak ifade edilen PCB dahil toplam PCDD/F düzeyi, I-TEQ olarak ifade edilen PCDD/F'den %11 daha düşük ve %21 daha yüksek arasında değişmektedir. Sunulan tüm ölçümlerin ortalaması, I-TEQ olarak PCDD/F ile karşılaştırıldığında PCB dahil WHO 2005-TEQ olarak PCDD/F değerleri için %2 daha düşüktür.

PCB dahil PCDD/F'nin toplam düzeyi, WHO 2005-TEQ olarak ifade edildiğinde, WHO 1998-TEQ olarak ifade edilmelerine kıyasla % 12 – 24 daha düşüktür [80, Dornseiffer, P. 2008] [315, Van den Berg., ve diğ. 2006].

Eurofer tarafından sağlanan bilgilere göre, paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan dioksin emisyonları karbon çeliğine göre daha düşüktür. Ancak bu ifade sadece birkaç tesiste doğrulanmıştır [209, EC 2005].

Tablo 8.4, 2005 yılındaki üretimden tahmin edilen İsviçre'deki EAF'li çelik fabrikalarından havaya salınan özgül ve yıllık PCDD/F ve PCB emisyonlarını göstermektedir. Bildirilen değerler, hem PCDD/PCDF hem de dioksin benzeri PCB'yi içeren WHO'nun en son ağırlıklandırma şeması [315, Van den Berg., ve diğ. 2006] kullanılarak TEQ'ya göre ifade edilmiştir. Dioksin benzeri PCB'nin katkısı çoğunlukla %10 – 20 aralığındadır. Bazı toksik türdeşlerin saptama sınırının altında olduğu durumlarda TEQ bir aralık olarak bildirilir.

Tablo 8.4: İsveç'teki EAF çelik fabrikalarından havaya salınan PCDD/F ve PCB'nin özgül ve yıllık emisyonları

Tesis	PCDD/F ($\mu\text{g TEQ/t SÇ}$)	PCDD/F (g TEQ/y)	PCB ($\mu\text{g TEQ/t SÇ}$)	PCB (g TEQ/y)
A	0,67	0,29	0,22	0,096
B	0,41	0,025	0,04	0,002
C	0,091	0,008	0,015	0,0013
D	0,080	0,015	0,02	0,0034
E	3,7	1,8	0,42	0,21
F	0,056	0,015	0,012	0,0032
G	2,4	1,0	0,28	0,12
H	0,17	0,003	0,56	0,01

Not: SÇ = Sıvı çelik.
Kaynak: [370, Öberg 2007].

8.2.2.1.4 İkincil metalürji proseslerinden ve sürekli dökümden kaynaklanan emisyonlar

İkincil metalürjiden (esas olarak toz emisyonları) ve sürekli dökümden kaynaklanan emisyonlar hakkındaki bilgiler çok sınırlıdır. [30, Roederer ve diğ. 1996]'da, 6 ila 15 kg toz/t SÇ arasındaki yedi AOD/VOD rafinaj tesisinden azaltma öncesi toz emisyon faktörleri ve 1,35 kg toz/t SÇ düzeyinde tek bir düşük değer bildirilmiştir. Bu yedi tesis, EAF'lerin tozsuzlaştırma sisteminden bağımsız bir tozsuzlaştırma cihazına sahiptir. Tablo 8.1'de bildirilen emisyon faktörleri, ikincil çelik üretiminden kaynaklanan emisyonları içerir.

İkincil metalürji çıkış gazı akışlarının artırımı çoğunlukla birincil ve ikincil emisyonlar olarak torba filtrelerde olmak üzere aynı cihazda gerçekleştirilir. Tablo 8.5, azaltımdan sonra ikincil metalürjinin farklı bölümleri için bazı emisyon konsantrasyon değerlerini göstermektedir.

Tablo 8.5: Azaltma sonrasında ikincil metalürjinin farklı bölümlerinden kaynaklanan emisyonlar

Parametre	Pota metalürjisi ünitelerinin birincil toz giderimi	Külçe döküm veya sürekli döküm ⁽¹⁾	Vakum işlemi ve oksijen üfleme ünitesi
PM	0,6 – 1	0,5	4,1 – 13,2
Pb, Co, Ni, Se, Te	0,006		
Sb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Sn	0,01	0,01 – 0,03	

⁽¹⁾ Yalnızca paslanmaz çelik üretimi içindir.
Not: Değerler yıllık ortalamalardır ve mg/Nm^3 cinsindendir.
Kaynak: [244, Plickert 2007].

8.2.2.1.5 Hurda ön ısıtmadan kaynaklanan emisyonlar

Hurda ön ısıtma, çok elverişsiz koşullar altında ön ısıtma sırasında yanan hurda üzerinde organik maddeler bulunması nedeniyle önemli miktarda organik kirletici oluşumuna yol açabilir. Bu, VOC ve PCDD/F emisyonlarının artmasına neden olabilir. Bu durumda, çıkış gazlarının daha fazla son işleme (yani son yanma) tabi tutulması gerekir.

8.2.2.1.6 Cüruf işlemeden kaynaklanan emisyonlar

Cüruf, EAF'de bir cüruf potasında toplanırsa, katılaşması için açık havadaki cüruf havuzlarına dökülmesi gerekir. Cürufun soğutulması, su püskürtülerek hızlandırılabilir ve bunun sonucunda duman oluşur. Cüruf serbest CaO içeriyorsa, bu dumanlar oldukça alkali olabilir (bkz. Tablo 8.7). Bu çok sık görülen bir durumdur. Dumanlardan kaynaklanan alkali tortular çevrede sorunlara neden olabilir.

Cüruf zemine dökülürse, katılaştıktan sonra ekskavatörler veya kürekli yükleyiciler kullanılarak ön kırma işlemine tabi tutulur ve ardından açık havadaki bir depolama alanına götürülür.

Belirli bir süre sonra cüruf, metallerin cüruftan ayrılması için ve daha sonra inşaat sektöründe kullanılmak üzere istenen kıvamı vermek için kırma ve eleme cihazlarında işlenir. Cüruf kırma ve metal geri kazanımı toz emisyonlarına neden olabilir. Kırma ve elemekten kaynaklanan emisyonlar çekilmeli ve daha sonra temizlenmelidir. Konveyör bantların aktarma noktalarında su püskürtme yapılabilir. İşlenen cüruf depolanırsa yığınlar ıslatılabilir. Kırılan cürufun yüklenmesi sırasında toz emisyonlarını en aza indirmek için su sisi kullanılabilir [85, VDI/DIN 2006] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007].

8.2.2.2 Atık su

Su aşağıdaki amaçlar için kullanılır:

- EAF'nin soğutulması
- Sıcak çıkış gazlarının hızla söndürülmesi
- Islak toz giderme uygulanırsa yıkama suyu
- Vakum oluşturma
- Sürekli veya külçe dökümde doğrudan soğutma.

Tüm atık suların en uygun şekilde arıtılmasını amaçlayan su yönetimine göre, farklı atık su akışlarının karışımı birlikte arıtıldığı için akış ve her bir üretim adımının arıtılan atık suyu hakkında bilgi genellikle mevcut değildir (bkz. Bölüm 2.4) [363, Eurofer 2007].

Soğutma suyu

EAF ünitesinde duvar panellerini ve çatıyı soğutmak ve elektrotlara su püskürtmek için su kullanılır. EAF'nin soğutulması için kullanılan su yaklaşık $5 - 12 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ 'dir. 70 t/s üretim kapasiteli bir EAF için soğutma suyu ihtiyacı 1000 m³/s'dir. Su kapalı soğutma döngüsünde dolaştığı için atık su oluşmaz. Ayrıca, iyi kalitede soğutma suyu eksikliği yoksa devridaimsiz soğutma sistemi de kullanılabilir. Bu, pompalama ve yeniden soğutmada enerji tasarrufu sağlar.

Çıkış gazı temizleme işleminden kaynaklanan atık su

AB'deki bazı tesislerde çıkış gazları ıslak yıkayıcıda arıtılır. Uygulanan arıtma teknikleri ve deşarj miktarları ve bunların kirliliği hakkında bilgi bulunmamaktadır.

Sürekli ve külçe dökümden kaynaklanan atık su

EAF prosesindeki sürekli döküm, bazik oksijen fırını prosesine benzer. Daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 7.2.2.2 ve 7.3.4. Girdi/çıkış miktarları hakkında bilgi mevcut değildir. Genellikle bu atık su, haddehane(ler)den gelen diğer akışlarla birlikte arıtılır.

Vakum oluşturmada kaynaklanan atık su

Vakum işlemi için, vakum oluşturmada kaynaklanan olağan özgül proses suyu akışı, $5 - 8 \text{ m}^3/\text{t}$ vakumla işlenmiş SÇ aralığındadır. Birkaç örnekte, özgül proses suyu gereksinimi daha yüksektir; bir örnekte $42,8 \text{ m}^3/\text{t}$ SÇ düzeyindedir (bkz. Tablo 8.1). Bu su neredeyse tamamen geri dönüştürülür. Sıvı çeliğin tamamının vakum işlemine tabi tutulmasının gerekmediği belirtilmelidir. Bileşim ve arıtma veya geri dönüşüme ilişkin veriler mevcut değildir [140, Eurofer 2009] [363, Eurofer 2007] [365, Eurofer 2007].

Söndürmeden kaynaklanan atık su

Hızlı söndürme için su kullanılır. Bir tesisten, yaklaşık 870 000 m³/s söndürme yapmak için 25 m³/s düzeyinde su kullanıldığı bildirilmiştir. Kullanılan su çoğunlukla buharlaştırıldığı ve egzoz hava akışı ile prosesten

ayrıldığı için atık su oluşmaz. Küçük bir kısım, tozun artık nemi ile prosesten ayrılır.

Hurdalıktan drenaj suyu

EAF'nin ana ham maddesi olan farklı türden hurdalar genellikle asfaltsız hurdalıklarda depolanır. Özellikle talaş gibi yağ/emülsiyon içeren hurdaların depolanması durumunda drenaj suyu kontamine olabilir. Drenaj suyunun miktarı ve kirliliği hakkında bilgi bulunmamaktadır. Genellikle deşarj edilmeden önce en azından bir yağ ayırıcıda arıtılır.

8.2.2.3 Atıklar ve yan ürünler gibi proses kalıntıları

EAF çelik üretiminden kaynaklanan atıklar veya yan ürünler gibi çeşitli katı kalıntılar, Tablo 8.6'da özgül miktarlarıyla birlikte derlenmiştir.

Tablo 8.6: Elektrik ark fırınıyla çelik üretiminden kaynaklanan katı atıkların/yan ürünlerin cinsi ve özgül miktarı

Katı atık/yan ürün		Özgül miktar (aralık) (kg/t SÇ)
Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan cüruflar:	EAF cürufu	100 – 150
	Pota cürufu	10 – 30
Yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan cüruflar:	EAF cürufu	100 – 135
	Pota cürufu	30 – 40
	AOD cürufu	Yaklaşık 160
Karbon çeliği/düşük alaşımlı/yüksek alaşımlı cüruf üretiminden kaynaklanan tozlar		10 – 46
Refrakter tuğlalar		2 – 25
Not: SÇ = Sıvı çelik. Kaynak: [46, Geiseler 1991] [116, Rentz et al. 1996].		

Avrupa'daki EAF tesisleri için daha güncel veriler Tablo 8.1'de bulunabilir.

8.2.2.3.1 Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik/yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan cüruflar

İlk önce cüruf oluşturmalarının eklenmesiyle bir EAF'de çelik hurdanın eritilmesi prosesi sırasında bir cüruf üretilir. EAF'de üretilen ham çelik, sonraki bir veya daha fazla proses sırasında, dönüştürücülerde ve/veya potalarda müteakip işlemlerden geçer. Bu proseslerde sıvı metale demir alaşımları eklenir ve bazı katkı maddeleri (örneğin kireç) ile birlikte bazik cüruflar oluşturulur. Karbon çeliği üretiminden kaynaklanan EAF cürufunun aksine, paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan EAF cürufları daha yüksek ağır metal içeriğine (örneğin alaşım ilavesi olarak kullanılan) sahip olabilir.

Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan EAF cüruflarının kimyasal bileşimi Tablo 8.7'de görülebilir.

Tablo 8.7: Karbon/düşük alaşımlı çelik ve paslanmaz/yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan EAF cürufunun kimyasal bileşimi

Bileşen (ağ. %)	Karbon/düşük alaşımlı çelik ⁽¹⁾			Paslanmaz/yüksek alaşımlı çelik ⁽²⁾		
	Tipik konsantrasyon	Alt sınır	Üst sınır	Tipik konsantrasyon	Alt sınır	Üst sınır
CaO	28	15	64	50	17	68
SiO ₂	19	4	26	23	2	42
MgO	7	0,5	15,5	6	1,5	25
Al ₂ O ₃	7	1	16,5	2,5	<0,1	30
FeO	32	10	63	2	<0,1	39
Cr ₂ O ₃	1,8	<0,1	11	2	<0,1	22
F				2	<0,1	9
MnO	5	0,5	19,5	1	<0,1	21
TiO ₂				0,8	<0,1	3,5
Zn				<0,1	<0,1	2
P ₂ O ₅	0,4	<0,01	2			
Na ₂ O	0,2	<0,01	2			
K ₂ O	0,14	<0,01	2,5			

(1) Karbon/düşük alaşımlı çelik: EAF C EINECS No: 294-410-9 CAS No: 91722-10-0.
(2) Paslanmaz/yüksek alaşımlı çelik: EAF S EINECS No: 294-410-9 CAS No: 91722-10-0.
Not: — Bileşenler farklı mineral fazlarında ve farklı oksidasyon durumlarında oluşabilir ve demir cürufu hakkında analitik bilgi genellikle oksitler şeklinde verilmektedir.
— Genellikle maksimum konsantrasyonları <1 ağ. % olan bileşenler belirtilmemiştir.
— Analiz, kral suyu çözünmesiyle değil, toplam sindirimle ilgilidir (bkz. örneğin EPA 3052 veya EN 13211:2001).
— Eser miktarda Pb, As, Sb, Hg, Cl, F gibi diğer elementler ve altı değerlikli krom da bulunabilir.
Kaynak: [37, Motz 2009].

Düzenli depolama veya geri dönüşüm oranı, farklı Üye Devletlerde yasal gerekliliklere, düzenli depolama alanlarının mevcudiyetine, vergilere, pazar durumuna, maliyetlere ve işlenmiş cürufufların yeniden kullanım olanaklarına bağlı olarak değişir. AB'de, karbon ve düşük alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan artan miktarda cüruf, başta yol yapımı ve altyapı önlemleri olmak üzere çeşitli uygulamalarda ikincil ham maddeler olarak kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan cürufuflar genellikle bu tür kullanımlar için daha az uygundur ve düzenli depolama ile bertaraf edilmeleri gerekir. Yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden kaynaklanan cürufufların saha içinde geri dönüşüm oranı, karbon ve düşük alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan cürufuflara göre önemli ölçüde yüksektir. Ancak yine de üçte biri düzenli depolama ile bertaraf edilmekte ve depolanmaktadır (bkz. Tablo 8.8) [373, Eurofer 2007].

Tablo 8.8: AB'de EAF cürufuflarının akıbeti

Çelik türü	Toplam cüruf miktarı (kt/yıl)	Saha içinde geri dönüşüm		Harici kullanım		Satış		Düzenli depolama ve depolama	
		(kt/yıl)	(%)	(kt/yıl)	(%)	(kt/yıl)	(%)	(kt/yıl)	(%)
Karbon çelikleri ⁽¹⁾	958	—	—	164	17,1	362	37,8	432	45,1
Karbon çelikleri ⁽²⁾	1796	45,1	2,5	494,8	27,6	13,7	0,8	1242	69,2
Düşük alaşımlı çelikler ⁽²⁾	444	—	—	61,6	13,9	108,0	24,4	261	58,9
Yüksek alaşımlı çelikler ⁽²⁾	461	81,4	17,7	68,0	14,8	160,0	34,7	156	33,9
Toplam EAF cürufu ⁽²⁾	2701	126,5	4,7	624,4	23,1	281,7	10,4	1659	61,4
Toplam EAF cürufu ⁽³⁾	4408								

(1) 2008 yılında 958 kt/yıl düzeyinde cüruf (131,7 kg/t SÇ) üreten 11 tesisten elde edilen veriler.
(2) 1996 yılında 2,7 milyon t/yıl düzeyinde cüruf (133 kg/t SÇ) üreten 57 tesisten elde edilen veriler.
(3) 2004 yılına ait ve şu AB ülkeleriyle ilgili veriler: AT, BE, DE, DK, ES, FR, FI, LU, NL, UK, SE, SK.
Kaynak: [30, Roederer ve diğ. 1996] [195, Werner 2010] [365, Eurofer 2007].

Dört EAF tesisinden kaynaklanan cüruflar PCDD/F ve PCB için analiz edilmiştir. Tablo 8.9, ham madde olarak hurda kullanılan bu çelik fabrikaları için cüruftaki PCDD/F ve PCB'nin konsantrasyonlarını ve yıllık kütle akışlarını göstermektedir. Bulunan konsantrasyonlar, kalıcı organik kirleticiler için yönetmelikte belirtilen 15 µg TEQ/kg sınır değerinin altındadır.

Tablo 8.9: Ham madde olarak hurda kullanan çelik fabrikalarında cüruftaki PCDD/F ve PCB konsantrasyonları ve yıllık kütle akışları

Tesis	PCDD/F (µg TEQ/kg)	PCDD/F (g TEQ/y)	PCB (µg TEQ/kg)	PCB (g TEQ/y)
A	<0,004	<0,56	0,0002	0,029
B	0,014 – 0,015	0,053 – 0,058	0,0014	0,0069
I	0,002	0,14	0,0004	0,027
J	0,002	0,09	0,00005	0,002
Kaynak: [370, Öberg 2007].				

8.2.2.3.2 Çıkış gazı arıtımından kaynaklanan tozlar

Daha önce bahsedildiği gibi, çıkış gazlarının (çoğunlukla ikincil çıkış gazları ile birlikte birincil çıkış gazları) arıtılması çoğunlukla torba filtrelerde gerçekleştirilir. Karbon çeliği, düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan EAF tozlarının kimyasal bileşimi Tablo 8.10'da görülebilir.

Tablo 8.10: Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik ve yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan EAF tozlarının kimyasal bileşimi

Bileşen	Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan toz (ağ. %)	Alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan toz (ağ. %)	Paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan toz (ağ. %)
Fe _{top}	10 – 45	17 – 37	20 – 65
SiO ₂	0,6 – 5,1	1,7 – 5	3 – 9
CaO	3 – 17	2 – 16	8 – 20
Al ₂ O ₃	0,3 – 3	1 – 4	0,4 – 2
MgO	0,5 – 6	1,2 – 3	1 – 5
P ₂ O ₅	0,1 – 0,37	0,01 – 0,1	0,03 – 0,1
MnO	1,1 – 6	1,5 – 6,9	2,2 – 6,3
Cr ₂ O ₃	0,13 – 2	0,12 – 6	9 – 20
Na ₂ O	0,3 – 3	MD	0,6 – 2
K ₂ O	0,5 – 2,3	MD	0,7 – 3
Zn	21 – 43	2 – 15	2 – 25
Pb	0,4 – 10	0,05 – 3,6	0,2 – 4,5
Cd	0,02 – 0,18	0,01 – 0,04	0,01 – 0,08
Cu	0,08 – 0,5	0,01 – 0,8	0,015 – 0,5
Ni	0,01 – 0,8	0,01 – 0,5	1 – 8
V	0,01 – 0,09	0,01 – 0,2	0,05 – 0,12
W	MD	0,5 – 1,5	MD
Co	0,001 – 0,01	0,01 – 0,2	0,02 – 0,04
As	0,001 – 0,02	0,001 – 0,01	0,01
Hg	0,0001 – 0,005	0,05 – 0,7	0,0002 – 0,015
Cl	0,8 – 5	0,7 – 1,7	0,8 – 1
F	0,02 – 0,9	0,01 – 0,65	0,3 – 2,4
S	0,1 – 3	0,25 – 1,42	0,2 – 0,5
C	0,4 – 3,3	0,5 – 3,1	0,05 – 1,3
Baziklik	2,0 – 6,5	MD	MD
Nem	6 – 16	MD	MD

Not: MD: Veri mevcut değil.

Kaynak: [39, EUROFER EAF 1997] [62, Hoffmann 1997] [134, Strohmeier ve diğ. 1996] [277, Wiesenberger 2007] [376, Eurofer 2007] [391, Tavernier ve diğ. 2004].

Altı tesisten kaynaklanan toz PCDD/F ve PCB analizine tabi tutulmuştur. Tablo 8.13, ham madde olarak demir hurda kullanılan bu dört tesis için tozdaki PCDD/F ve PCB'nin konsantrasyonlarını ve yıllık kütle akışlarını göstermektedir.

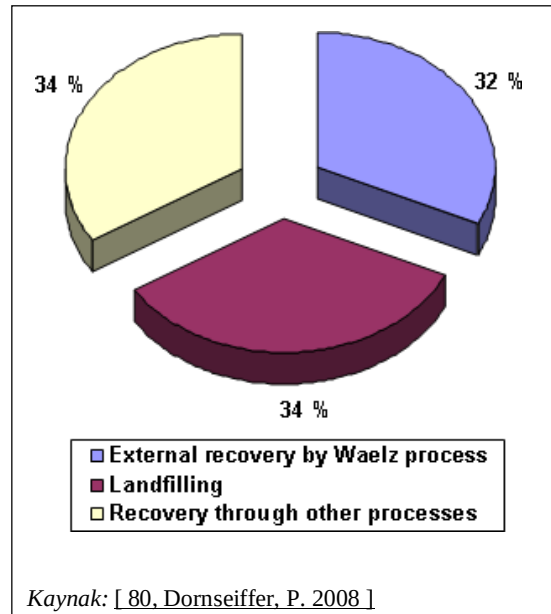
Tablo 8.11: Ham madde olarak hurda kullanılan dört çelik fabrikasından kaynaklanan tozdaki PCDD/F ve PCB konsantrasyonları ve yıllık kütle akışları

Tesis	PCDD/F ($\mu\text{g TEQ/kg}$)	PCDD/F (g TEQ/y)	PCB ($\mu\text{g TEQ/kg}$)	PCB (g TEQ/y)
A	0,16	1,0	0,014	0,089
B	0,21	0,11	0,015	0,0075
I	0,035	0,20	0,0020	0,011
J	0,16	1,0	0,0042	0,026
Kaynak: [370, Öberg 2007].				

Son yıllarda, atık yönetimine ilişkin düzenlemenin ardından, düzenli depolama alanlarında bertaraf edilen toz oranı önemli ölçüde azaltılmıştır. Bu belgenin yazıldığı tarihte (2010) tozun büyük bir çoğunluğu, demir dışı metaller için (esas olarak karbon çeliği tozlarında Zn ve Pb ve paslanmaz çelik tozlarında Cr ve Ni) geri kazanım işlemlerine getirilmektedir [373, Eurofer 2007].

%18 – 35 çinko içeren EAF tozunu artırmak için farklı teknolojiler mevcuttur. Bunlar, demir dışı metal üretim endüstrilerinde kullanılan iyi bilinen proseslerdir. Ancak, çinko endüstrisinde normalde daha yüksek çinko konsantrasyonuna sahip ham maddeler kullanılır. Sonuç olarak, EAF tozu, içindeki çinko geri kazanılmadan önce başka bir prosese tabi tutulur. Bu prosesler çinko içeriğini %55-65'e çıkarır [274, Eurofer ve diğ. 1999] [284, EC 2001].

2006 yılında 36 EAF tesisi ve 342.949 ton tozu kapsayan bir araştırmaya göre, EAF tozu Şekil 8.14'te gösterildiği gibi esasen üç farklı şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 8.14: EAF tozunun kullanılması

8.2.2.3.3 Refrakter tuğlalar

Refrakter tuğlalar, farklı kaplarda astarlama için kullanılır. [30, Roederer ve diğ. 1996]'ya göre kullanılmış refrakter tuğlalar düzenli depolama ile bertaraf ediliyordu. Son yıllarda,

kullanılabilir manyezit, dolomit ve alümina tuğlaların geri kazanımına başlanmış ve düzenli depolama sadece geri kazanılabilir olmayan kısımlar için kullanılmıştır [373, Eurofer 2007]. Tuğlalar çoğunlukla çelik üretiminde aynı amaçla veya bu kadar kaliteli bir tuğla gerektirmeyen başka bir amaç için yeniden kullanılır. Yılda yaklaşık 400.000 ton paslanmaz çelik kapasiteli bir EAF tesisinde, kullanılmış refrakter miktarı yılda yaklaşık 9.000 tona kadar çıkmaktadır [386, Cores ve diğ. 2005]. Tablo 8.12, farklı proses adımlarına ilişkin yıllık miktarları göstermektedir.

Tablo 8.12: Tek bir tesiste kullanılan yıllık refrakter malzeme miktarı örneği

Kullanılan refrakter	EAF	Çelik potası	Pota ocağı RH gaz giderici	Yollu döküm makinesi	Külçe döküm
Manyezit	1200	3800	600 ⁽¹⁾	2400	
Dolomit		600			
Mullit (kil)					500
⁽¹⁾ Krom manyezit. Not: Ton/yıl cinsinden değerler. Kaynak: [386, Cores ve diğ. 2005].					

8.2.2.4 Enerji tüketimi

EAF işlemlerinde elektrik ve doğal gaz en önemli enerji kaynaklarıdır. Eritme prosesi sırasında

aşağıdaki enerji türleri bir arada görülür:

- elektrik arkından elde edilen termal enerji
- doğal gazın veya diğer gaz veya sıvı yakıtların yanmasından elde edilen termal enerji
- metal oksidasyonu ile fırında meydana gelen ekzotermik reaksiyonlardan elde edilen kimyasal enerji.

Fırının enerji tüketimi, yukarıda belirtilen üç girdinin dengesine göre belirlenir. [364, Fuchs, G. 2008]'de, 380 kWh/t elektrik enerjisi, yakıt yanması yoluyla 210 kWh/t enerji ve metal oksidasyonu yoluyla 100 kWh/t enerji olmak üzere toplam 690 kWh/t SÇ düzeyinde nispeten düşük bir enerji girdisine sahip bir EAF örneği gösterilmektedir. Bu girdiden, hurdayı eritmek ve akıtma sıcaklığına kadar kızdırmak için 370 kWh/t, cürufu sıvılaştırmak ve kızdırmak için 37 kWh/t gerekliyken, 100 kWh/t fırın kayıplarıdır ve 140 kWh/t çıkış gazındaki duyulu ısıdır.

Çıkış gazındaki 140 kWh/t duyulu ısıının kullanımı son 40 yılda geliştirilmiştir ve bugün EAF işlemlerinde toplam enerji gereksinimini azaltmak için etkinliği kanıtlanmış bir araçtır. Seçeneklerden biri, duyulu ısıının hurda ön ısıtma için kullanılmasıdır. Hurda, fırın kabındaki eritme prosesinden önce yaklaşık 800 °C'ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulabilir ve bu, toplam enerji tüketimini 100 kWh/t SÇ'ye kadar azaltır.

8.2.2.5 Gürültü emisyonları

[260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007]

Aşağıda, EAF çelik fabrikalarındaki ana gürültü kaynakları verilmiştir:

- EAF dahil eritme atölyesi
- Hurdalık
- Birincil toz giderme
- Çatı davlumbazı toz giderme
- Su yönetimi ekipmanları
- Cüruf potalarının taşınması

- ürünlerin örneğin tekerlekli yükleyiciler ile taşınması
- kırıcılarda, manyetik ayırıcılarda ve eleme cihazlarında cüruf işleme.

Geleneksel EAF'ler, >10 t fırınlar için $L_{WA} = 118 - 133$ dB(A) ve <10 t fırınlar için $L_{WA} = 108 - 115$ dB(A) düzeyinde ortalama ses seviyelerine (eritme ve işleme) gösterir; özgül trafo gücü, gürültü emisyonlarının seviyesini belirler. Elektrikli çelik fabrikalarında, $L_{WA} = 127$ dB(A)'ya kadar ses seviyeleri görülebilir (ölçüme eritme ve işleme dahildir). Gürültü emisyonlarının büyük bir kısmı, EAF, hurdalık ve birincil toz giderme dahil olmak üzere eritme atölyesinden kaynaklanmaktadır.

8.2.2.6 Toprak kontaminasyonu

Birçok tesiste hurdalıklar asfaltsız ve üzeri açıktır (bkz. Bölüm 8.1.1). Madeni yağ/emülsiyonlar veya diğer bileşiklerle kontamine olmuş hurdaların depolanmasından toprak kontaminasyonu meydana gelebilir. Bu tür toprak kontaminasyonunun kapsamı ve etkisi hakkında mevcut hiçbir bilgi yoktur [[260, Almanya 2007](#)].

Cüruf işleme sahası asfaltsızsa ve ham cüruf serbest CaO içeriyorsa, toprağa alkali su girebilir.

8.3 MET'nin belirlenmesinde dikkate alınması gereken teknikler

Bu kısımda, bu belge kapsamındaki faaliyetlerde yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülen teknikler (veya bunların kombinasyonları) ve ilgili izleme çalışmaları açıklanmaktadır.

Prosesle entegre teknikleri ve boru sonu tedbirleri kapsar. Atığın en aza indirilmesi ve geri dönüşüm prosedürleri de dahil olmak üzere, atık önleme ve yönetimi de dikkate alınmaktadır. Ayrıca, ham madde, su ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tekniklerin de üzerinde durulmaktadır.

Direktifin Ek III kısmında MET'yi belirlemeye yönelik bir dizi kriter sıralanmış olup bu bölümde bu hususlar ele alınacaktır. Direktifte verilen MET tanımına göre tekniklerin karşılaştırılması ve bir değerlendirme yapılması amacıyla her bir tekniğe dair toplanan bilgilerin özetlenmesi için mümkün olduğunca Tablo 8.13'te gösterildiği şekliyle standart bir yapı kullanılmaktadır.

Bu bölümde, sektörde uygulanan tekniklerin kapsamlı bir listesi sunulmamaktadır ve belli bir tesis için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilecek başka teknikler mevcut olabilir ve geliştirilebilir.

Tablo 8.13: Bu bölümde açıklanan her tekniğe ilişkin bilgilerin dökümü

Dikkate alınan bilginin türü	Verilen bilginin türü
Açıklama	Uygun olduğu şekilde resimler, diyagramlar ve akış şemalarının kullanıldığı kısa teknik açıklama.
Elde edilen çevresel faydalar	Tekniğin uygulanmasıyla elde edilecek başlıca potansiyel çevresel faydalar (enerji, su, ham madde tasarrufu ve ayrıca üretim verimi artışları, enerji verimliliği vb. dahil).
Çapraz ortam etkileri	Tekniğin bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini değerlendirmek için tekniğin diğer ortamlara kıyasla çevresel etkilerinin ayrıntıları (varsa verilerle desteklenen avantajlar ve dezavantajlar) dahil olmak üzere, tekniğin uygulanmasından dolayı diğer ortamlara yönelik potansiyel çevresel yan etkiler ve dezavantajlar. Bu, aşağıdaki gibi konuları içerebilir: • Ham madde ve su tüketimi • Enerji tüketimi ve iklim değişikliğine katkısı • Stratosferik ozon tabakasını delme potansiyeli • Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli • Havaya salınan emisyonlardan kaynaklanan asitleşme • Ortam havasındaki partikül maddeler (mikro partiküller ve metaller dahil) • Havaya veya suya salınan emisyonlar nedeniyle kara ve suların ötrofikasyonu • Sudaki oksijeni tüketme potansiyeli • Suda veya karada kalıcı/toksik/biyobirikimli bileşenler (metaller dahil) • (atık) kalıntıların oluşturulması veya azaltılması • Kalıntıları (atık) yeniden kullanma veya geri dönüştürme imkanı • Gürültü ve/veya koku • Kaza riski.
İşletim verileri	Emisyon seviyeleri, tüketim seviyeleri (ham maddeler, su, enerji) ve üretilen atık miktarlarına ilişkin fiili performans verileri (referans koşullar, izleme dönemleri ve izleme yöntemleri dahil). Tekniğin nasıl uygulanacağı, sürdürüleceği ve kontrol edileceği ile ilgili diğer yararlı bilgiler.
Uygulanabilirlik	Sektörde tekniğin uygulanamayacağı tesis veya proses türlerinin yanı sıra, belli durumlarda tesis yaşı (yeni veya eski), güçlendirmeye ilgili faktörler (alan mevcudiyeti), tesis boyutu (büyük veya küçük), halihazırda uygulanan teknikler, ürün türü veya kalitesi göz önünde bulundurulduğunda uygulamaya dair kısıtlamalar.
Ekonomik boyut	Maliyetler (yatırım ve işletme) ve olası tasarruflar (örneğin azaltılmış ham madde veya enerji tüketimi, atık ücretleri) veya nasıl hesaplandığı/tahmin edildiğine ilişkin ayrıntılar da dahil olmak üzere gelirler hakkındaki bilgiler. Yeni tesislerin inşa edilmesine ve mevcut tesislerin güçlendirilmesine ilişkin ekonomik bilgiler de dahil edilecektir. Bu, mümkün olduğu ölçüde, tekniğin genel ekonomik etkisinin belirlenmesine olanak sağlamalıdır.
Uygulamanın gerekçesi	Bugüne kadar tekniğin uygulanmasını sağlayan ya da teşvik eden özel yerel koşullar, gereklilikler (örneğin mevzuat, güvenlik tedbirleri) veya çevresel olmayan faktörler (örneğin verimin artması, ürün kalitesinin iyileşmesi).
Örnek tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilgilerin toplandığı ve ilgili kısmın yazılmasında kullanıldığı tesise (tesislere) atıf. Tekniğin Avrupa’da veya dünya genelinde ne derecede kullanıldığı.
Referans literatür	Bölüm yazılırken kullanılan ve teknikle ilgili daha ayrıntılı bilgiler içeren literatür veya diğer referans materyal (örneğin kitaplar, raporlar, çalışmalar, İnternet siteleri).

8.3.1 EAF proses optimizasyonu

Açıklama

EAF prosesi, optimize edilmek ve özgül enerji tüketiminin azalmasıyla ilişkili olan verimliliği artırmak için sürekli olarak iyileştirilmektedir. Bu bölümde kısaca açıklanan en önemli önlemler/teknikler şunlardır: [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008]:

- (ultra) yüksek güçte çalışma (UHP)
- su soğutmalı yan duvarlar ve çatılar
- oksijen-yakıt brülörleri ve oksijen üfleme
- alttan akıtma sistemi
- köpüren cüruf uygulaması
- pota veya ikincil metalürji
- otomatik numune alımı ve alaşım elementlerinin eklenmesi
- enerji verimliliğinin artırılması
- bilgisayarlı proses kontrolü ve otomasyon.

(Ultra) yüksek güçte çalışma

Akıtma sırasında geçen süreleri azaltma çabaları, daha güçlü fırın trafolarının kurulmasına yol açmıştır. UHP fırınları için belirleyici özellikler kurulu özel güç kaynağı, ortalama güç verimliliği ($\geq 0,7$) ve trafonun zamanında kullanımıdır ($\geq 0,7$). UHP işletimi, daha yüksek verimlilik, daha düşük özgül elektrot tüketimi ve daha düşük özgül atık gaz hacmi sağlayabilir, ancak aynı zamanda fırın astarının daha fazla aşınmasına neden olabilir [57, Heinen 1997].

su soğutmalı yan duvarlar ve çatılar

1980'den bu yana, fırın duvarları ve çatıları su soğutmalı panellerle kaplanmış böylelikle refrakter malzemeden tasarruf etme, UHP fırın teknolojisini kullanma ve ayrıca enerji geri kazanımına yönelik önlemlerle atık ısıyı yeniden kullanma imkanı elde edilmiştir. Ancak, enerji geri kazanımının ekonomik açıdan uygulanabilirliği her bir tesis özelinde kontrol edilmelidir. Prensip olarak iki soğutma sistemi arasında ayırım yapılabilir. 'Soğuk veya ılık soğutma', boru serpantinlerinden akan soğutma suyu sıcaklığının artmasıyla güç kayıplarını giderir. Buharlaştırma soğutma, elektrik arkı prosesinin neden olduğu radyasyon ısını çekmek için soğutma suyunun buharlaştırılması yoluyla çalışır. Su soğutmalı yan panelleri, özellikle cüruf köpürtme işleminin (aşağıya bakın) mümkün olmadığı durumlarda, termal zorlanmadan korumak için, eritme prosesinin bilgisayar kontrollü bir şekilde düzenlenmesi, panellerde mekanik gerilimden kaynaklanan yırtılmaların önlenmesine yardımcı olur ve aynı zamanda refrakter malzemeden tasarrufu sağlar [75, Knoop ve diğ. 1997].

Oksijen-yakıt brülörleri ve oksijen üfleme

Oksijen-yakıt brülörleri, hurdanın eşit şekilde erimesini sağlar. Ayrıca maksimum talep kontrolünün elektrik arzı üzerindeki etkisini kısmen dengeler. Genellikle, oksijen-yakıt brülörleri ve oksijen üfleme yoluyla ek enerji girdisi, gereken toplam enerji girdisinde azalmaya neden olur.

Alttan akıtma sistemi

Alttan akıtma uygulaması 1983'ten beri kullanılmaktadır ve akıtma sırasında potaya oksitleyici cüruf (taşımaya) miktarının en aza indirilmesini mümkün kıldığından günümüzde yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca ihtiyaç duyulan refrakter malzemenin azaltılması, daha hızlı akıtma ve daha az enerji kaybıyla maliyet tasarrufu sağlar. Buna ek olarak, dumanların yakalanmasını kolaylaştırır.

Karbon çeliği üretilen yeni EAF'lerin çoğu genellikle alttan akıtma sistemleriyle donatılmıştır. Ancak, bazı eski fırınların yanı sıra paslanmaz çelik fırınlarının çoğu hala ağızlarla donatılmıştır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Ağızlar, tüm eriyiğin akıtılmasına ve kısmi akıtmaya olanak tanır. Akıtma prosedürü iyi kontrol edilir ve ağızın basit yapısı sayesinde bakımı kolaydır. Paslanmaz çelik üretiminde cürufun yüksek derecede indirgenmesi ile, akıtma işleminden sonra ve bir cüruf giderme istasyonunda cüruf giderme işleminden önce çelik tarafından cüruftan bir miktar Cr geri kazanılır [77, Avusturya TÇG üyesi 2008] [177, Eurofer 2009].

Köpüren cüruf uygulaması

Fırın içinde köpüklü bir cüruf oluşturmak, yüklenen girdilere ısı aktarımını artırır ve ayrıca fırın içindeki refrakter malzemeyi korur. Daha iyi ark kararlılığı ve daha az radyasyon etkisi nedeniyle köpüren cüruf uygulaması enerji tüketiminde, elektrot tüketiminde, gürültü seviyesinde azalmalara ve verimlilikte artışa yol açar. Ayrıca çeşitli metalürjik reaksiyonlarda (örneğin cüruf ve eriyik arasında) olumlu etkilere neden olur. Köpüren cürufun yoğunluğu, FeO içeren yaygın EAF cürufundan daha düşüktür ($2,3 \text{ t/m}^3$ e kıyasla $1,15 - 1,5 \text{ t/m}^3$). Bu nedenle çelik üretimi sırasında oluşan cüruf hacmi artar ve daha büyük cüruf kovaları gerekebilir. Akıtmadan sonra cüruf kısmen tekrar gazdan arındırılır. Köpüren cüruf uygulamasının cürufun kullanım olanakları üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin bilgiye rastlanmamıştır. Köpüren cüruf uygulamasının paslanmaz çelik ve diğer yüksek alaşımlı çelikler gibi bazı çelik kaliteleri için mümkün olmadığı belirtilmelidir.

Pota veya ikincil metalürji

Bazı üretim adımlarının EAF'nin kendisinde gerçekleştirilmesi gerekmez ve diğer kaplarda daha verimli bir şekilde gerçekleştirilebilirler (kükürt giderme, alaşımlama, sıcaklık ve kimyasal açıdan homojenleştirme gibi). Belirli faaliyetlerin potalara, pota ocaklarına veya diğer kaplara kaydırılması tekniği 1985'te hayata geçirilmiştir [36, EPRI 1992] [57, Heinen 1997]. Bu gelişimin bildirilen avantajları, enerji tasarrufu ($10 - 30 \text{ kWh/t}$ net tasarruf), akıtmalar arası sürelerde yaklaşık $5 - 20$ dakikalık azalma, verimlilik artışı, sürekli döküme iletilen partinin çelik sıcaklığının daha iyi kontrolü, elektrot tüketiminde olası bir azalma ($0,1 - 0,74 \text{ kg/t'ye}$ kadar), alaşım tasarrufu ve EAF'nin kendisinden kaynaklanan emisyonlarda bir azalmadır [36, EPRI 1992]. Hava kirliliği kontrolü açısından pota veya diğer kapların kullanılmasının olası bir dezavantajı, emisyon kaynaklarının sayısındaki artıştır ve bu da davlumbaz gibi ek duman yakalama cihazları dahil hava kirliliği kontrol ekipmanları için daha yüksek yatırımlar gerektirir.

Enerji verimliliğinin artırılması

EAF güç gereksinimi (elektrik voltajı) 1995'ten bu yana önemli ölçüde artmıştır ve bu da elektrik şebekelerinin giderek daha fazla bozulmasına ve dolayısıyla elektrik enerjisi kayıplarına neden olmaktadır. Elektrik enerjisi girdileri, verimlilik açısından önemli bir unsurdur. Verimli güç ekipmanları aracılığıyla enerji temininin iyileştirilmesi, verimliliğin artmasına ve genel enerji gereksiniminin azaltılmasına olanak tanır. ArcelorMittal, Esch-Belval/Lüksemburg'da 100 MW DC EAF ile 360 kWh/t düzeyinde spesifik elektrik tüketimi gerçekleştirilmektedir. AC EAF'ler için bir çalışmada, iyileştirilmiş enerji temininin yaklaşık %7'lik bir üretim verimliliği artışına ve buna bağlı olarak enerji verimliliğinde kazanımlara yol açabileceğini göstermiştir [252, Fransa 2007].

Bilgisayarlı proses kontrolü ve otomasyon

EAF'lerde bilgisayarlı kontrol gerekli hale gelmiştir ve yaklaşık 1982'den beri yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü yüksek verim, ham madde seçimi, EAF, pota ocağı ve sürekli döküm makinesinde ortaya çıkan malzeme ve veri akışlarını yönetmek için verimli kontrol sistemlerini zorunlu kılar. Özellikle verimli kontrol sistemleri, fırındaki enerji girdisinin optimizasyonunu sağlar ve üretim verimliliğinde artışa ve ayrıca toz emisyonlarında azalmaya olanak tanır [86, Linninger ve diğ. 1995] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].

Elde edilen çevresel faydalar

Elde edilen çevresel faydalar yukarıdaki açıklama başlığı altında belirtilmiştir.

Çapraz ortam etkileri

Oksi-yakıt brülörleri, çıkış gazı akışını artırırken diğer yandan genel enerji gereksinimini azaltır.

Su soğutmalı yan duvarlar ve çatılar, yaklaşık $10 - 20 \text{ kWh/t}$ ek enerji tüketimine neden olur, ancak tesisin kullanılabilirliği ve bakımı ile ilgili avantajlar bu tüketimi telafi edebilir. Su soğutmalı yan duvarlar ve çatılar, çeşitli imkanların yanı sıra yüksek güçlü veya UHP fırınları gibi modern teknolojileri uygulama imkanı sağlamaktadır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Açıklanan teknikler hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir ancak tesis özelinde kontrol edilmelidir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Yüksek pazar rekabeti ve verimliliği artırma/maliyetleri azaltma ihtiyacı, açıklanan tekniklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Örnek tesisler

AB'deki birçok tesis, açıklanan tekniklerle donatılmıştır ve optimize edilmiş koşullarla çalıştırılır.

Referans literatür

[16, Rentz 1997] [252, Fransa 2007] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008]

8.3.2 Hurda ön ısıtma**Açıklama**

Çıkış gazındaki duyulur ısının (yaklaşık 140 kWh/t) kullanımı son 40 yılda geliştirilmiştir ve bugün EAF işlemlerinde toplam enerji gereksinimini azaltmak için etkinliği kanıtlanmış bir araçtır. Seçeneklerden biri, duyulur ısının hurda ön ısıtma için kullanılmasıdır. Hurda, EAF'de eritme prosesinden önce kesintili sistemlerde yaklaşık 800 – 1000 °C'ye ve sürekli sistemlerde 300 – 400 °C'ye gelecek şekilde ön ısıtmaya tabi tutulabilir ve bu, toplam enerji tüketimini 100 kWh/t SÇ'ye kadar azaltır.

Bu ön ısıtma, hurda yükleme sepetlerinde ya da EAF'ye eklenen bir yükleme şaftında (şaft fırını) ya da eritme prosesi sırasında sürekli yüklemeye yapılmasına olanak tanıyan özel olarak tasarlanmış bir hurda taşıma sisteminde gerçekleştirilir. Hatta bazı durumlarda ön ısıtma prosesine ek fosil yakıt enerjisi bile eklenir [373, Eurofer 2007].

Şaft teknolojisi kademeli olarak geliştirilmiştir. Günümüzde SIEMENS VAI Metals Technologies olarak bilinen FFuchs Systemtechnik GmbH, 1988'de hurda kovası ön ısıtıcılarındaki eksiklikleri gidermek için bir geliştirme yaparak hurdanın EAF'nin çatısına yerleştirilmiş bir şafta doğrudan yüklenmesini içeren bir tekniği hayata geçirdi. Tek şaftlı fırın ile hurdanın %100'ü önceden ısıtılabilir [125, Smith 1992].

Diğer bir modifikasyon, yan yana konumlandırılan ve tek bir elektrot kolu setinin hizmet verdiği iki özdeş şaft fırınından (ikiz kabuk düzenlemesi) oluşan çift şaftlı fırındır. Hurda, kısmen çıkış gazı ve kısmen de yan duvar brülörleri ile ön ısıtmaya tabi tutulur.

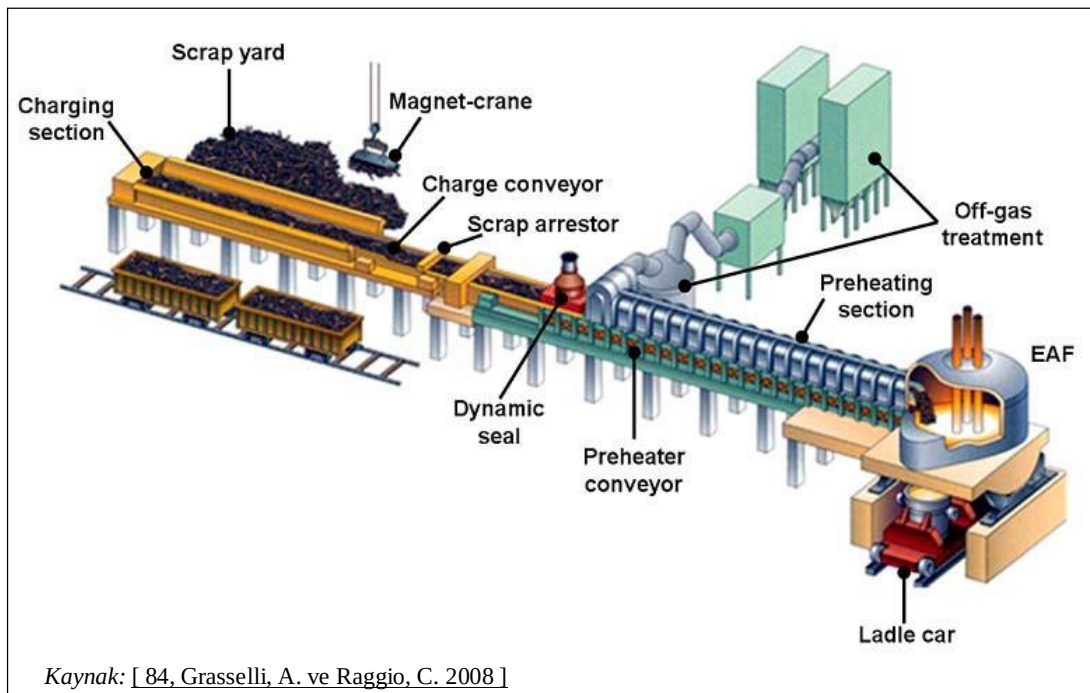
Çok verimli bir şaft fırını tasarımı, parmaklı şaft fırınıdır. Parmaklı şaft tasarımı, hurda miktarının %100'ünün ön ısıtmaya tabi tutulmasına olanak tanıyan benzersiz bir parmaklı hurda tutma sistemi kullanılır [162, Voss-Spilker ve diğ. 1996]. İlk sepet, önceki partinin rafine edilmesi sırasında, ikincisi ise birincinin eritilmesi sırasında ön ısıtmaya tabi tutulur. 1994 yılında Meksika'nın Monterrey şehrindeki Hylsa'da ilk parmaklı şaft fırını faaliyete geçirilmiştir. Isı çevrimi sırasında fırın çıkış gazının kullanılmasıyla hurda, ön ısıtmaya tabi tutularak fırın kabındaki nihai eritmeden önce yaklaşık 1000 °C'lik bir sıcaklığa getirilebilir. Bu, akıtmalar arası sürelerde önemli bir azalma sağlanmasıyla önemli ölçüde enerji ve maliyet tasarrufu anlamına gelir. 4. nesil Siemens VAI ön ısıtmalı şaft teknolojisi, Ocak 2008'de Stahl Gerlafingen'de şafta daha verimli bir yükleme sistemi ve

iyileştirilmiş hurda ön ısıtması ile kurulmuştur. Bu sistem için ortalama ek enerji tasarrufu bir ton SÇ başına 10 kWh düzeyindedir.

Hurda ön ısıtma sistemlerinden kaynaklanan tüm emisyonlar, akış yönündeki ayrı bir yanma odasında yakılabilir.

2000 yılından bu yana sürekli hurda ön ısıtma ve besleme çok popüler hale gelmiştir (örneğin CONSTEEL) (bkz. Şekil 8.15) [84, Grasselli, A. ve Raggio, C. 2008]. Hurda, özel bir taşıma bandı üzerine vinçlerle yüklenir. Ön ısıtma bölümünde yük, fırından çıkan çıkış gazlarından ısı alır. Hurda akışı, EAF'nin güç girişine göre ayarlanır. Yük, erimenin elektrik arkından doğrudan ısı transferi ile sağlandığı geleneksel üstten yükleme EAF'nin aksine, elektrik arklarından ve eriyikte meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan gelen enerji ile ısıtılan bir eriyik havuzuna daldırılarak eritilir. Yunak her zaman, kontrollü karbon ve oksijen enjeksiyonu ile sürekli olarak desteklenen köpüren bir cüruflla kaplıdır.

Son zamanlarda geliştirilen başka bir sürekli beslemeli hurda ön ısıtma prosesi COSS teknolojisidir (bkz. Tablo 8.15) [364, Fuchs, G. 2008].



Şekil 8.15: CONSTEEL prosenin şeması

Elde edilen çevresel faydalar

Şaft fırınlarında 800 – 1000 °C'ye varan çok yüksek hurda ön ısıtma sıcaklıkları elde edilebilir. Açıklanan hurda ön ısıtma teknikleri ile 70 – 100 kWh/t SÇ enerji tasarrufu sağlanabilir ve bu, toplam elektrik girdisinin yaklaşık %10 – 25'idir. Enerji temininin verimliliği dikkate alındığında, birincil enerji bazında hesaplanan tasarruf daha yüksek olabilir. Ayrıca, iki hurda ön ısıtma çözümü, yüke daha az elektrik enerjisinin verilmesi gerektiğinden ve parti yükleme için atıl kalma süresi azaltıldığından, akıtmalar arasında geçen süreyi azaltır.

Gelişmiş bir çıkış gazı arıtımı ile birlikte hurda ön ısıtma, yalnızca verimlilikle ilgili olarak değil, aynı zamanda emisyonların en aza indirilmesi bakımından EAF ile çelik üretiminin optimizasyonunda önemli bir rol oynar.

Bir yan etki olarak, hurda ön ısıtma, ham toz emisyonlarını yaklaşık %20 oranında azaltır çünkü çıkış gazının filtre görevi gören hurdanın içinden geçmesi gerekir. Bu azalma, tozun, geri dönüştürülmesini destekleyen çinko içeriğindeki artışla ilişkilidir.

Sürekli besleme sistemleri ile hurda ortalama 300 °C sıcaklığa kadar ısıtılabilir; bu sayede fırının verimliliği artırılır ve enerji tüketimi azaltılır. Ancak sürekli beslemenin daha düşük gürültü emisyonları gibi bazı ek avantajları vardır.

Tüm CO ve H₂ eritme prosesinden yayılır ve ön ısıtıcı içinde yakılarak CO₂ ve H₂O'ya dönüştürülür. Prosesin sürekliliği, %8 – 10'luk bir oksijen fazlalığı ile 800 ila 1100 °C arasında kararlı bir çıkış gazı çıkış sıcaklığı elde edilmesini sağlar ve bu da PCDD/F'nin tamamen yok edilmesine olanak tanır. Çıkış gazlarının hızla 200 ila 250 °C'nin altına soğutulması koşuluyla, de novo senteziyle PCDD/F oluşumu riski önemli ölçüde azalır.

Bununla birlikte, en az iki sürekli yükleme sisteminden elde edilen deneyimler, PCDD/F için 0,1 ng I-TEQ/Nm³ değerini önemli ölçüde aşan yüksek emisyon konsantrasyonları göstermektedir [67, TSW GmbH 2005]. Bu, PCDD/F için emisyon konsantrasyonlarının 0,1 ng I-TEQ/Nm³'ün altında olmasını sağlamak amacıyla PCDD/F'yi azaltmak için ek önlemlerin duruma göre sürekli yükleme teknikleri için de gerekli olabileceği anlamına gelir. Tablo 8.14, sekiz yıllık bir işletme dönemi için bir tesisdeki sürekli kirlilik ölçümünün sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 8.14: Sekiz yıllık bir işletme dönemi için bir tesisin kirlilik ölçümleri

Parametre	Birimler	1999 – 2007
Çıkış gazı akışı	Nm ³ /s	750000 – 800000
CO	mg/Nm ³	142 – 400
NO _x	mg/Nm ³	5 – 50
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	0,05 – 0,20
Toz (PM ₁₀)	mg/Nm ³	0,40 – 0,86
Kaynak: [84, Grasselli, A. ve Raggio, C. 2008].		

2008 yılında EAF Mo i Rana'da bir CONSTEEL fırını kurulmuştur. Torba filtrenin akış yönünde toz, dioksin ve cıva emisyonlarını azaltmak için bir karbon filtre takılmıştır. CONSTEEL fırınının kurulmasından önce ve sonra yapılan ölçümler, dioksinlerin ve cıvanın %90'dan fazla azaltıldığını göstermektedir.

Çapraz ortam etkileri

Hurda ön ısıtma, enerji yönetimi açısından çok cazip görünmektedir. Hurda ön ısıtma, hurda üzerinde organik maddeler bulunma olasılığı nedeniyle önemli miktarda organik kirletici oluşumuna yol açabilir. Hurda sütunundaki prosese özgü düşük sıcaklıklar nedeniyle, yağlar ve gresler gibi hurdaya yapışan organik bileşenler yalnızca buharlaştırılır, ancak termal olarak yok edilmez; bunun sonuçlarından biri, uçucu organik klorlu hidrokarbon bileşiklerinin ve PCDD/F öncülünün oluşumudur [367, Prüm ve diğ. 2005].

Daha önce bahsedildiği gibi, boyalar, plastikler, yağlayıcılar veya diğer organik bileşiklerle kontamine olmuş hurda nedeniyle poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve -furanlar (PCDD/F), klorobenzenler, poliklorlu bifeniller (PCB) gibi aromatik organohalojen bileşiklerinin yanı sıra polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve diğer kısmi yanma ürünlerinin yüksek emisyonları oluşabilir. Geleneksel hurda ön ısıtmalı bir EAF'de 9,2 ng I-TEQ/Nm³'e kadar değerler ölçülmüştür.

Bu emisyonlar, çıkış gazının fosil yakıt brülörleri ile donatılmış ve özel olarak tasarlanmış bir son yanma odasında yakılmasıyla en aza indirilebilir. Çıkış gazında bulunan KOK'leri (kalıcı organik kirleticiler) yok etmek için ulaşılmaya gereken yüksek sıcaklık nedeniyle, gereken enerji miktarı oldukça fazladır ve hurda ön ısıtma

ile sağlanan enerji tasarrufunun büyüklüğü mertebesindedir.

İşletim verileri

Hiçbir CONSTEEL fırını faaliyete geçtiğinden beri durdurulmamıştır. Aşağıdaki tablo, EAF fırınlarında uygulanan bazı hurda ön ısıtma sistemleri için bazı işletim verilerini göstermektedir.

Tablo 8.15: EAF’lerde kullanılan hurda ön ısıtma sistemlerinin proses verileri

Özellikler	Birim	Consteel Fırını Tesisi 1	Consteel Fırını Tesisi 2	Consteel Fırını Tesisi 3		Fuchs-Coss Tesisi	SIMETAL Parmaklı Şaft Fırını Tesisi 1		SIMETAL Parmaklı Şaft Fırını Tesisi 2
Fırın tipi		DC	AC	AC			AC		DC
Parti büyüklüğü	t SÇ	109	187	73		120	126,5		80
Trafo gücü	MVA	90	130	50		100	85		56
Metalik yük karışımı		%100 hurda	%80 hurda %15 pik demir	%80 hurda %20 pik demir	%80 hurda %20 sıcak metal	%100 hurda (¹)	%100 hurda	%80 hurda %20 pik demir	%100 hurda
Akıtma sıcaklık	°C	1650	1630	1600		MD	1620	1673	1630
Ortalama güç	MW	55	82	37	33	MD	57	63	35
Katkı maddeleri	kg/t SÇ	26	32	41	60	58	50	48	MD
Açık olduğu süre	dak.	41	50	43	35	40	40	30	38
Kapalı olduğu süre	dak.	8	15	7	7	MD	10	17	12
Elektrik tüketimi	kWh/t SÇ	343	365	362	265	300	300	248	278
Oksijen tüketimi	Nm ³ /t SÇ	35,5	33	34	35	38	34	37	44
Elektrot tüketimi	kg/t SÇ	0,8	0,9	1,4	1,2	1,2	1,3	1,1	0,8
Hurda ön ısıtma verimliliği									
Ön ısıtmadan sonra hurda sıcaklığı	°C	200 – 300				300 – 400	800 - 1000		
Hurda ön ısıtma verimliliği	kWh/t SÇ	15				MD	80 – 100		
(¹) Teorik olarak elde edilebilir. Faaliyette olan Coss tesisi %60 hurda ve %40 sıcak metal uygulamaktadır. Not: MD: Veri mevcut değil.									
Kaynak: [58, Kaestli, P. 2009] [84, Grasselli, A. ve Raggio, C. 2008] [364, Fuchs, G. 2008].									

Uygulanabilirlik

CONSTEEL prosesi hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Mevcut tesislerde, alan mevcudiyeti ile ilgili yerel koşullar ve konveyör kurulumu ve hurdalığın konumlandırılmasına ilişkin sınırlamalar dikkate alınmalıdır çünkü bazen böyle bir teknik için gerekli sistemin kurulumunu engelleyebilmektedir. Hurda ön ısıtma sistemleri, geleneksel EAF'den daha fazla özel boyutlandırılmış hurda gerektirmez. Hurdalık için gerekli çalışmalar, kovalarla çalışan fırınlara eş değerdir.

Ekonomik boyut

Parmak şaftlı EAF'lerde, akıtmalar arası yaklaşık 35 dakikalık süreler elde edilir; bu, verimli hurda ön ısıtması olmayan bir EAF'ye kıyasla yaklaşık 10 – 15 dakika daha kısadır. Bu, bir yıl gibi çok kısa bir geri ödeme süresi sağlar.

Örnek olarak, yılda yaklaşık bir milyon ton üretim yapan yeni bir çelik üretim tesisi için, Consteel uygulaması genellikle toplam yatırımın yaklaşık %10-15'ini temsil eder.

Yenileme maliyeti 5 milyon – 10 milyon EUR aralığındadır ve fırının boyutuna, yerleşim planına ve gerekli değişikliklerin kapsamına göre çok değişiklik gösterir.

Yılda bir milyon ton üretim yapan bir eritme atölyesi için CONSTEEL prosesiyle elde edilebilecek toplam maliyet tasarrufu bir ton SÇ başına yaklaşık 9,5 EUR'dir.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın başlıca gerekçeleri üretim verimliliğini artırmak, daha yüksek bir yükleme verimine ulaşmak ve daha düşük bir çevresel etki ile birlikte daha düşük dönüştürme maliyetleridir. Bazı durumlarda, parmaklı şaft fırını aracılığıyla hurda ön ısıtma sistemi, gelişmiş çıkış gazı arıtma sistemi ile birlikte kurulmaktadır.

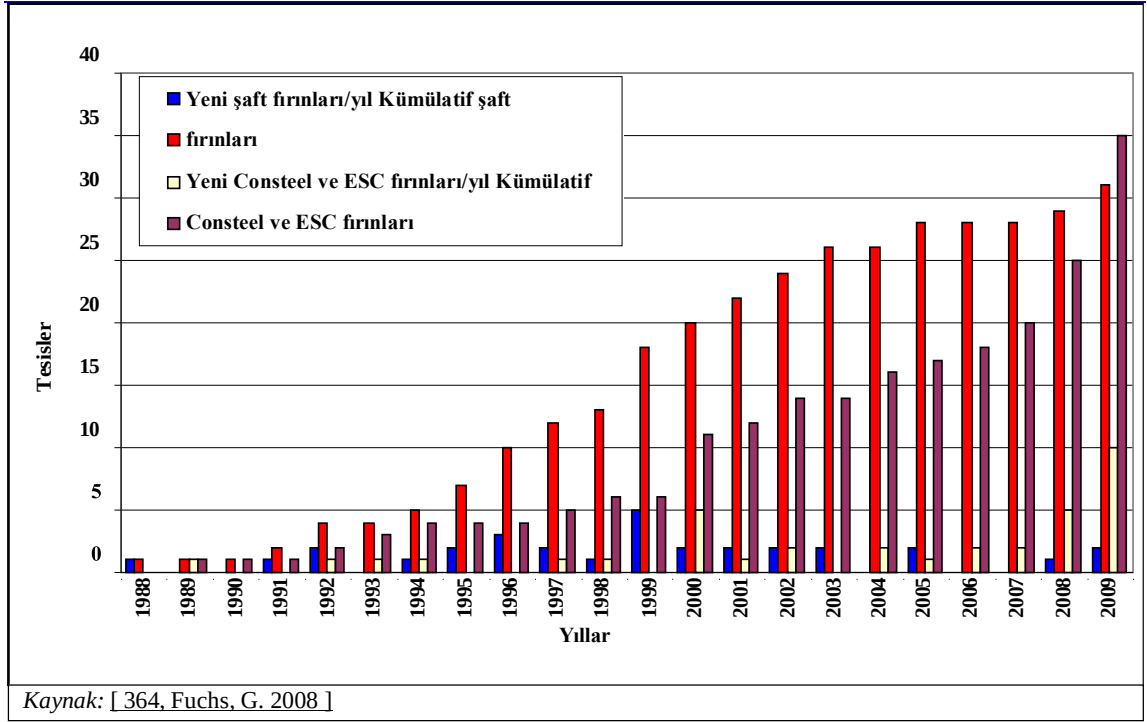
Diğer bir gerekçe, elektrik şebekesinin sorun arz ettiği tesislerde yaşanan elektriksel bozulmaların azalmasıdır.

Örnek tesisler

- Bir şafta entegre ön ısıtmaya sahip ikiz kabuklu şaftlı fırın: ASW, Montereau/Fransa
- İki parmaklı şaft fırınları ve bir şaftlı fırın, Zhangjiagang /Çin
- Üç parmaklı şaft fırınları Severstal AG, Rusya
- İki parmaklı şaft fırınları Habaş, Aliğa/Türkiye
- Parmaklı şaft fırını, Stahl Gerlafingen, İsviçre
- Parmaklı şaft fırını, SUEZ Steel, Mısır
- CONSTEEL, TSW, Trier/ Almanya
- CONSTEEL, Celsa Mo i Rana, Norveç
- CONSTEEL, ORI Martin, Brescia/İtalya
- CONSTEEL, Acciaierie Arvedi, Cremona/İtalya
- CONSTEEL, Sovel Hellenic Steel Company, Yunanistan

Ocak 2009'da, inşa halindeki tesisler de dahil olmak üzere dünya genelinde 31 şaft fırını ve 35 sürekli çalışan CONSTEEL sistemi bulunmaktadır.

Şekil 8.16, 1988 ve 2009 yılları arasında kurulu olan şaft, CONSTEEL ve ESC fırınlarının sayısını göstermektedir.



Şekil 8.16: EAF'deki ön ısıtma tesisatı sayısı

Referans literatür

[54, Haissig 1997] [84, Grasselli, A. ve Raggio, C. 2008] [91, Memoli, F. ve Ferri, M. 2007] [94, Mc Manus 1995] [125, Smith 1992] [162, Voss-Spilker ve diğ. 1996] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [287, MVAE 2005] [364, Fuchs, G. 2008] [367, Prüm ve diğ. 2005] [373, Eurofer 2007] [388, Fisher ve diğ. 2005]

8.3.3 Cüruf işlemeden kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması

Açıklama

Cüruf, EAF'de bir cüruf potasında toplanırsa, katılaşması için açık havadaki cüruf havuzlarına dökülmesi gerekir. Cürufun soğutulması, su püskürtülerek hızlandırılabilir ve bunun sonucunda duman oluşur.

Cüruf zemine dökülürse, katılaştıktan sonra ekskavatörler veya kürekli yükleyiciler kullanılarak ön kırma işlemine tabi tutulur ve ardından açık havadaki bir depolama alanına götürülür.

Belirli bir süre sonra cüruf, metallerin cüruftan ayrılması için ve daha sonra inşaat sektöründe kullanılmak üzere istenen kıvamı vermek için kırma ve eleme cihazlarında işlenir. Cüruf kırma ve metal geri kazanımı toz emisyonlarına neden olabilir.

Toz emisyonlarını en aza indirmek için kırma ve eleme cihazları kapalı muhafazalarda kullanılabilir ve toz çekişi yapılabilir. Kırma ve elemekten kaynaklanan emisyonlar daha sonra bir torba filtreye temizlenmelidir. Taşıma bantları kapatılmalıdır ve aktarma noktaları ıslatılabilir. İşlenen cüruf depolanıyorsa yığınlar ıslatılmalıdır. Kırılan cürufun yüklenmesi sırasında toz emisyonlarını en aza indirmek için su sisi kullanılabilir [85, VDI/DIN 2006] [260, Almanya 2007] [273, Eurofer 2007] [373, Eurofer 2007].

Elde edilen çevresel faydalar

Bu teknikle <10 – 20 mg/m³ artık toz konsantrasyonuna ulaşılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Başlıca gerekçe, partikül emisyonlarını azaltmaktır.

Örnek tesisler

BSW, Kehl, Germany Georgsmarienhütte,
Osnabrück/Almanya
Lech-Stahlwerke (LSW), Meitingen/Almanya

Referans literatür

[85, VDI/DIN 2006]

8.3.4 Gelişmiş emisyon toplama sistemleri

Açıklama

Havaya salınan birincil ve ikincil emisyonlar önemli düzeydedir (bkz. Bölüm 8.2.2.1). Hem birincil hem de ikincil emisyonlar tercihen mümkün olduğu kadar kaynağında toplanmalı ve daha sonra azaltılmalıdır.

4. delik (üç elektrot olması durumunda, örneğin AC) veya 2. delik (bir elektrot olması durumunda, örneğin DC), kanopi davlumbazı sistemleriyle doğrudan çekiş (veya fırın muhafazaları) veya tüm bina tahlisesi kombinasyonları tercih edilen sistemlerdir.

4. veya 2. delikten çekişte (bkz. Şekil 8.7), eritme ve rafinaj periyotlarında oluşan birincil emisyonların neredeyse tamamı toplanabilir. Bu tür doğrudan çekiş teknolojisi, modern EAF ile çelik üretiminde birincil emisyonların toplanması için en son teknolojidir. İkincil metalürji kaplarında da uygulanabilir.

Bir kanopi davlumbazı sisteminde (bkz. Şekil 8.7), fırının üzerindeki bir veya daha fazla davlumbaz, yükleme, eritme, cüruf giderme ve akıtma aşamaları sırasında fırından çıkan dumanları (birincil emisyonların ve ayrıca ikincil emisyonların %90'ına kadar) dolaylı olarak toplar. [22, EC EAF 1994]. Davlumbaz sistemleri, EAF endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğrudan çekiş sistemleriyle birleştirildiğinde, birincil emisyonları ve ayrıca ikincil emisyonları toplama verimliliği %98'e kadar artar. Davlumbazlar ayrıca ikincil metalürji kaplarında, besleme hunilerinde ve taşıma bantlarında ortaya çıkan emisyonları toplamak için de kurulur.

Köpek kulübeleri olarak da adlandırılan fırın muhafazaları (bkz. Şekil 8.7), genellikle fırını ve sallanan çatısını içine alır ve ayrıca fırın kapısının önünde biraz çalışma alanı bırakır. Tipik olarak, atık gazlar, muhafazanın duvarlarından birinin tepesine yakın bir yerden çekilir ve çalışma zeminindeki açıklıklardan takviye havası girer [36, EPRI 1992]. Zaman kayıplarına ve muhtemelen daha yüksek yatırımlara neden olan daha karmaşık taşıma adımları (örneğin, fırını yüklemek ve boşaltmak için ek kapı açma ve kapama mekanizmalarına ve prosedürlerine duyulan ihtiyaç), bu toplama teknolojisinin dezavantajları arasındadır. Köpek kulübelerinin toplama oranları, davlumbazı tamamlayıcı delik kombinasyonlarınıninkine benzer veya genellikle onlardan biraz daha yüksektir. Fırın muhafazalarının olumlu bir etkisi, uygun bir şekilde inşa edildikleri takdirde gürültü seviyesinde azalmadır. Bir EAF tesisinde sesten koruyucu muhafazalarla gürültünün azaltılması, ortalama ses basıncı seviyesini 10 ile 20 dB(A) arasında azaltabilir [79, Kuhner ve diğ. 1996]. Fırın muhafazaları ikincil metalürji proseslerinde de uygulanabilir [22, EC EAF 1994] ancak yankılanmayı önlemek için atölye duvarlarında işlem yapılması gerekir.

Fırından ve diğer sistemlerden kaynaklanan ikincil emisyonları toplamının başka bir yolu, tüm tesislerin tek bir kapalı bina içinde tamamen kapatılmasıdır.

Bu tür binaların inşası ve ayrıca tam tozsuzlaştırmayı gerçekleştirmek için gereken büyük tozsuzlaştırma tesisleri, işletmecilere önemli maliyetler yükler. Bu nedenle, bu seçenek değerlendirilmeden önce her özel tesis için maliyet ve faydaların dikkatlice değerlendirilmesi gerekir. Bu önlemin olumlu bir etkisi, dışarıya giden gürültü seviyesinde bir azalmadır. Ara sıra açılan kapılardan dumanın kaçmasını önlemek için, kapalı binadaki basınç atmosferik basıncın genellikle altındadır.

Yüksek bir toplama oranı için yeterli bir çekiş hacmi sağlanmalıdır. Toplama sistemine bağlı olarak, tahliye hacimleri genellikle 600000 – 1,2 milyon m³/s aralığındadır.

Elde edilen çevresel faydalar

Doğrudan duman çekişi ve bir davlumbaz sistemi birlikte sıklıkla kullanılır. Bu kombinasyon, birincil emisyonların yaklaşık %98'inin toplanmasını sağlar. Ayrıca, yükleme ve akıtma (ikincil) emisyonlarının önemli bir kısmı da toplanabilir, ancak bu, davlumbazların tipine ve sayısına bağlıdır [22, EC EAF 1994]. Bir doğrudan çekiş cihazı ve bir fırın muhafazasından oluşan bir kombinasyon, toplam toz emisyonlarının %97 ila %100'ü arasında toplama oranlarına bile ulaşabilir [57, Heinen 1997]. Tüm bina tahliyesi de neredeyse %100 emisyon toplama sağlar.

Bir tesiste, emisyon toplama sistemi yeniden tasarlanmış ve optimize edilmişti. Bu, egzoz gazı hacminin 630 000'den 1 250 000 Nm³/s'ye çıkarılmasını, çelikhanenin ve eritme atölyesinin çatılarının yeni bir astarla kaplanması, EAF'den çıkan birincil atık gaz kanalının yenilenmesini ve bir torba filtre, üç fan ve yeni bir bacanın eklenmesini içeriyordu.

Güçlendirmeden önce ve sonra çelik fabrikası bacalarından yayılan toz emisyonlarının bir karşılaştırması Tablo 8.16'da verilmiştir.

Tablo 8.16: Güçlendirmeden önce ve sonra çelik fabrikası bacalarından yayılan toz emisyonlarının karşılaştırılması (Almanya'dan bir çelik fabrikası)

Parametre	Ölçülen değerler	
	Konsantrasyon	Kütle akışı
Çelikhane bacalarından çıkan toz emisyonları, Ağustos 2006'ya kadar günlük ortalama değerler	4,5 – 5 mg/m ³	3,25 kg/s
Çelikhane bacalarından çıkan toz emisyonları, Eylül 2006'dan itibaren günlük ortalama değerler	0,35 mg/m ³	0,44 kg/s
Güçlendirme ile elde edilen iyileştirme	%93	%87
Kaynak: [355, Plickert 2007].		

Bu önlem aynı zamanda çalışma ortamını önemli ölçüde iyileştirmiş ve çatı fanları aracılığıyla yaygın toz emisyonlarını 6,35 mg/m³'ten 2,5 mg/m³'e düşürmüştür; bu da yaklaşık %60'lık bir azalmaya karşılık gelmektedir [355, Plickert 2007].

Çapraz ortam etkileri

Emisyon toplama sistemleri, özellikle fanlar için enerjiye ihtiyaç duyar.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Başlıca gerekçe, partikül emisyonlarını azaltmaktır.

Örnek tesisler

Avrupa'daki birçok tesis, doğrudan çıkış gazı çekme ve davlumbaz kombinasyonuna sahiptir.

Aşağıdaki Alman tesisleri yalnızca köpek kulüpleriyle veya köpek kulübesi ve doğrudan delikten çekiş kombinasyonu ile donatılmıştır: Benteler AG, Lingen; ThyssenKrupp Nirosta, Bochum; ThyssenKrupp Nirosta, Krefeld; Mannesmannrohr GmbH, Bous/Saar; TSW, Trier; Stahlwerke Thüringen GmbH, Unterwellenborn, Elbe and Stahlwerke Feralpi, Riesa.

Tüm bina tahliyesi: ArcelorMittal, Schifflange; Differdange ve Belval/Lüksemburg.

Referans literatür

[16, Rentz 1997] [22, EC EAF 1994] [57, Heinen 1997]. [208, Lindfors ve diğ. 2006] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [373, Eurofer 2007]

8.3.5 Elektrik ark fırınlarından havaya salınan birincil ve ikincil emisyonlar için azaltma teknikleri

EAF'lerden havaya salınan birincil ve ikincil emisyonlar için azaltma teknikleri (örneğin havaya salınan emisyonları PCDD/F konsantrasyonları), toplam birincil ve ikincil emisyonları ifade eder.

Dolayısıyla, birincil ve ikincil emisyonlar ayrı ayrı artırılırsa, ulaşılabilir performans olarak gösterilen konsantrasyon, her ikisi de toz toplama sisteminin akış yönünde ölçülen birincil ve ikincil emisyonlardaki ağırlıklı ortalama konsantrasyonlarla karşılaştırılmalıdır.

8.3.5.1 Torba filtre ve elektrostatik filtreyle toz azaltma

Açıklama

Elektrik arkı ocağı (EAF) işlemlerinde açık ara en yaygın olarak kullanılan toz azaltma tekniği, özellikle EAF'de üretilen toz tipine uygun olan torba filtredir (torba odası olarak da adlandırılır). Torba filtreler, örneğin PCDD/F gibi organoklorlu kirleticilerin yanı sıra ağır metaller gibi partiküllere tutunan kirleticilerin (özellikle adsorpsiyon maddeleri kullanılıyorsa) yakalanmasında çok etkilidir (bkz. Bölüm 8.3.5.3).

Birincil ve ikincil boşaltmadan çıkış gazı akışı, toplama sistemine bağlıdır. Boşaltma hacimleri genellikle 600000 – 1,4 milyon m³/s aralığındadır. EAF çelik üretim tesislerinde genellikle gerekli olan büyük torba filtreler için, yaklaşık 6 m uzunluğunda ve yaklaşık 200 mm çapında boru biçimli kumaş torbalardan oluşan bir tasarım seçilir. Torba filtreler için çok önemli bir tasarım parametresi, EAF prosesinde genellikle 1 ile 1,3 (m³/dak/m²) arasında olan hava-kumaş oranıdır.

EAF'de uygulama için tipik bir filtre malzemesi, kıvılcıma dayanıklı polyester veya PTFE kaplı iğneli keçedir. Ancak, sağlam bir torba filtre işletimi için önemli bir konu, akkor partiküllerin filtreleme ortamına ulaşp içinde delikler açmasının önlenmesidir. Bu amaçla, genellikle ham gaz kanallarına siklonlar gibi kıvılcım önleyici cihazlar takılır.

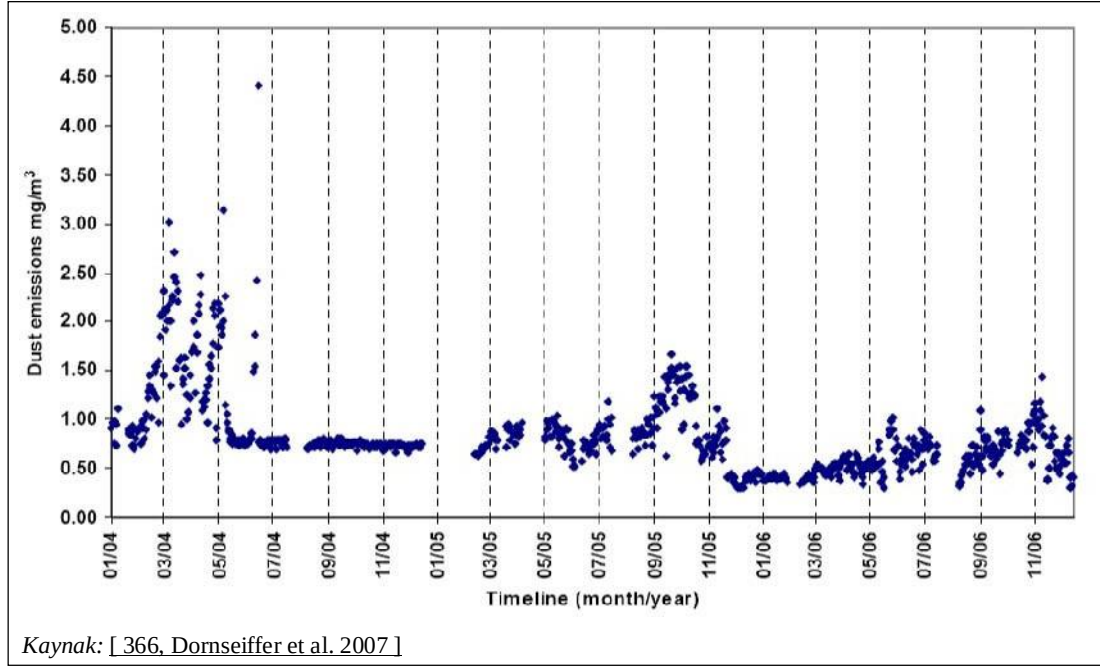
Kumaşın temizlenmesi, yani kumaş yüzeyinde biriken tozun periyodik olarak uzaklaştırılması, mekanik çalkalamayla veya sürekli, tam otomatik hat içi darbeli jet (basıncı hava) temizleme sistemi ile gerçekleştirilir. Bu da proses akışının temizlik sırasında devam etmesi anlamına

gelir. Torbalardan düşen toz kekleri, torbaların altındaki çöp kutularında toplanır ve bir taşıma sistemi ile filtre dışına taşınır.

Bazı nadir EAF tesislerinde ESF'ler kullanılır, ancak azaltma verimliliği biraz daha düşüktür.

Elde edilen çevresel faydalar

Şekil 8.17, bir EAF tesisinin üç yıllık (2004 – 2006) toz emisyon profilini göstermektedir. Veriler, iyi tasarlanmış ve iyi bir şekilde işletilen torba filtrelerle yıllık 1 mg/Nm^3 toz emisyon değerlerine ulaşabileceğini göstermektedir. İyi tasarlanmış ve bakımı iyi yapılmış bir torba filtrenin kalıntı emisyonu 5 mg/Nm^3 'ten (günlük ortalama) azdır.



Şekil 8.17: Bir EAF tesisinin üç yıl boyunca günlük ortalama toz emisyonları

Yukarıda belirtilen üç EAF tesisinde üç yıl boyunca yapılan sürekli toz ölçümlerinin ayrıntılı sonuçları Tablo 8.17'de gösterilmektedir.

Tablo 8.17: Üç EAF tesisinden kaynaklanan günlük ortalama toz emisyonları (2004 – 2006)

Ölçüm sonucu	EAF A	EAF B	EAF C	Birim
Ortalama	0,84	0,85	0,53	mg/Nm^3
Standart sapma	0,47	0,40	0,58	mg/Nm^3
Minimum	0,30	0,05	0,01	mg/Nm^3
Maksimum	7,82	4,35	7,36	mg/Nm^3
Değer sayısı	902	716	1054	
Kaynak: [366, Domseiffer et al. 2007].				

Tablo 8.18'de, Almanya ve Avusturya'da gerçekleştirilen yedi ve Hollanda'da gerçekleştirilen iki toz ve ağır metal ölçümünün sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 8.18: Azaltma sonrasında dokuz EAF tesisinin artık toz ve ağır metal konsantrasyonları

Parametre		Torba filtre	Elektrostatik filtre ⁽¹⁾	Birim
Toz		0,35 – 3,4	1,8	mg/Nm ³
Metaller:	Hg	0,001 – 0,019		mg/Nm ³
	Sb, Pb, Cr, CN, F, Cu, Mn, V, Se, Te, Ni, Co, Sn'nin toplamı	0,006 – 0,022	<0,0003	mg/Nm ³
	Cr (Cr (VI) hariç)	0,013	0,01 – 0,07	mg/Nm ³
	Mn	0,036		mg/Nm ³
	Ni	0,003		mg/Nm ³

⁽¹⁾ Paslanmaz çelik üretiminde ESF uygulanmaktadır.
Not: — Değerler yıllık ortalamalardır ve merkezi tozsuzlaştırma sistemiyle ilgilidir.
— PAH, benzo(a)piren ve dibenzo(a,h)antrasen içerir.
Source: [191, Infomil 2010] [244, Plickert 2007] [277, Wiesenberger 2007] [355, Plickert 2007].

Çapraz ortam etkileri

Torba filtreler, filtreleme sıcaklığında partikül olarak bulunan tüm ağır metaller dahil olmak üzere tozu ve ayrıca tozlara tutunan PCDD'ler ve PCDF'ler gibi organik maddeleri yakalar. Torba filtreler, Bölüm 8.3.5.2 ve 8.3.5.3'te açıklandığı gibi PCDD/F'nin azaltılmasında önemli bir rol oynar.

İşletim verileri

Örneğin, torba filtrelerin parçaları tahrip olduğunda daha yüksek emisyonlar meydana gelebilir. Bu, toz emisyonlarının sürekli olarak izlenmesini ve bunun sonucunda tüm tahrip olmuş torba filtrelerin değiştirilmesini içeren iyi işletim ile önlenabilir. İyi tasarım, iyi boyutlandırılmış torba bölmelerinden oluşur, böylece mekanik aşınmayı en aza indirir, kıvılcım önleyicilerin ve sıcaklığın kontrolünü sağlar ve aşırı toz birikimi tespit edilebilir.

Filtre torbalarının imalatında kullanılan farklı kumaş türleri vardır. Bazıları maksimum 125 – 130 °C sıcaklıklara izin verirken, diğerleri ise 250 °C'ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. Düşük sıcaklıkta filtreleme için uygun olan kumaşlar, genellikle daha yüksek azaltma verimliliğine sahiptir. Çıkış gazı akışı uygun sıcaklığa gelene kadar soğutulmalıdır. Bu genellikle birincil ve ikincil akışlar karıştırılarak yapılır. Elde edilen sıcaklık hala çok yüksekse ve birincil ve ikincil akışın ayrı filtrelendiği durumda, birincil çıkış gazı akışına ek soğutma cihazlarının kurulması gerekir.

Torba filtreler ve tüm bina tahliyesi için elektrik tüketimi yaklaşık 20 – 28 kWh/t sıvı çelik düzeyindedir.

Uygulanabilirlik

Torba filtreli atık gaz arıtımı yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Avrupa'daki çoğu EAF çelik üretim tesisi, toz azaltma için kumaş filtreler kullanır. Söz

konusu tekniğin örnekleri Tablo 8.19'da verilmiştir.

Tablo 8.19: Toz azaltma teknikleri uygulanan örnek tesisler

Örnek tesisler	Açıklama
Lüksemburg	Üç EAF tesisi
Böhler Edelstahl, Kapfenberg/Av usturya	EAF tesisi, yılda toplam 180.000 ton kapasiteyle yüksek alaşımlı çelik üretmektedir. Çelik fabrikasında yükleme başına 50 ton kapasiteli bir EAF, AOD dönüştürücülü pota metalürjisi ve vakumlu işleme ve yeniden eritme üniteleri içeren özel bir çelikhane bulunmaktadır. Birincil tozsuzlaştırma için, ana emisyon kaynakları (EAF ve AOD dönüştürücü) kapatılmıştır. Her iki emisyon kaynağından çekilen atık gaz, bir torba filtre ile arıtılır. Atık gaz hacmi yaklaşık 900000 Nm ³ /s'dir.
Marienhütte, Graz/Avustur ya	EAF tesisi, çelik çubuklar ve takviye çeliği olarak işlenen yaklaşık 365000 ton/yıl karbon çeliği üretmektedir. EAF 35 t kapasiteye sahiptir. Eritme prosesi sırasında birincil emisyonlar, EAF'nin 4. deliğinden çekilir. İkincil emisyonlar, bir çatı davlumbazı ile toplanır. Birincil ve ikincil emisyonlar, bir karıştırma odasından geçirilir ve bir torba filtrede birlikte arıtılır. Toplam atık gaz hacmi yaklaşık 1 milyon Nm ³ /s'dir.
Elbe Stahlwerke Feralpi, Riesa/Almanya	Çıkış gazı hacmi yaklaşık 1 250 000 Nm ³ /s'dir; filtre alanı 19 270 m ² 'dir.
BSW, Kehl/ Almanya	Çıkış gazı hacmi yaklaşık 1 800 000 Nm ³ /s'dir; filtre alanı 38 000 m ² 'dir.
Ovako Imatra, Finlandiya.	Çıkış gazı hacmi yaklaşık 620 000 Nm ³ /s'dir; filtre alanı 9 400 m ² 'dir. Filtre malzemesi PTFE kaplı iğneli keçedir, darbeli jet sistemiyle filtre temizliği ve şu iki sistemle sürekli izleme yapılır: SINTROL® tribümetrik ölçüm sistemi ve SICK® optik ölçüm sistemi.
Kaynak: [208, Lindfors ve diğ. 2006] [277, Wiesenberger 2007] [360, Sick-Maihak 2006] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [355, Plickert 2007] REFERENCE BOOKMARK 8669.	

Referans literatür

[140, Eurofer 2009] [208, Lindfors ve diğ. 2006] [244, Plickert 2007] [277, Wiesenberger 2007] [355, Plickert 2007] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [367, Prüm ve diğ. 2005] [375, IISI 1998] [388, Fisher ve diğ. 2005]

8.3.5.2 Torba filtre ile birlikte son yakma ve söndürme yoluyla PCDD/F'nin azaltılması

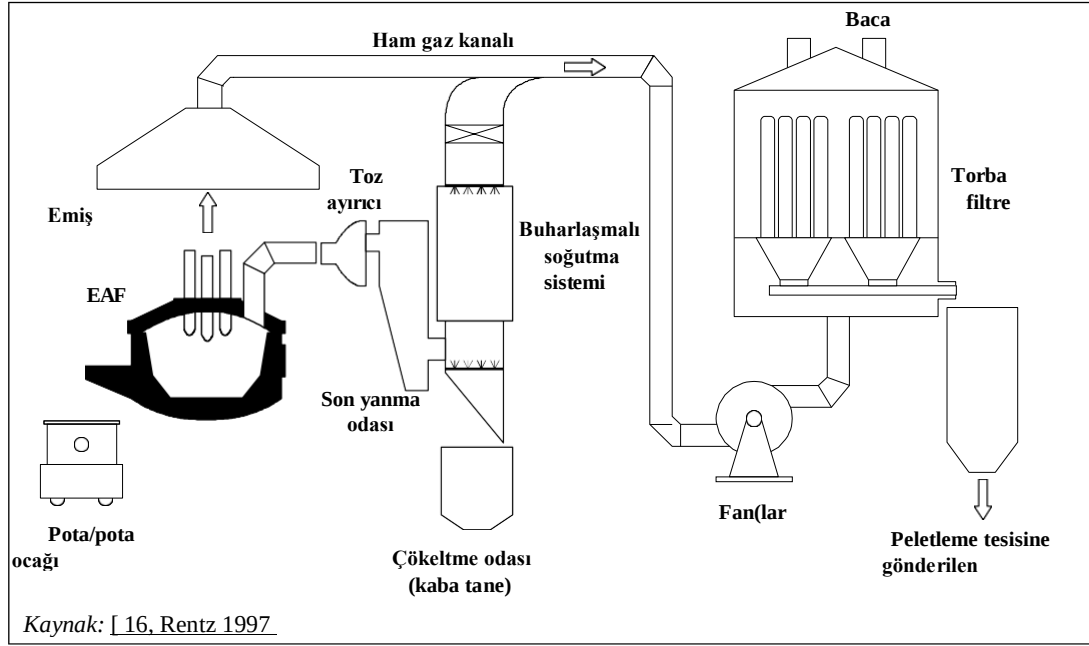
Açıklama

Bir yanma odasında son yakma işleminde ilk olarak, gaz temizleme ekipmanında kontrol edilemeyen reaksiyonlardan kaçınmak için çıkış gazında kalan CO ve H₂'nin tamamen yanması amaçlanır.

İkinci olarak, bu son yakma işlemi iyi optimize edildiğinde (yani sıcaklık ve kalma süresi yeterli olduğunda), PAH, PCB veya PCDD/F gibi organik ve organoklorlu bileşiklerinin emisyonlarını azaltır. Organik mikro kirleticileri en aza indirmeye yönelik ek amaç ile gerçekleştirilen son yakmada, yeterli bir kalma süresi, türbülans ve sıcaklık sağlanmalıdır.

Bu yanma ile üretilen ısı, soğutma suyundan geri kazanım mümkün olmadıkça genellikle geri kazanılmaz.

PCDD/F'nin de novo sentezini önlemek için, yanma sonrası mümkün olan en kısa sürede dumanların, tüm de novo sentez riskinin ortadan kalktığı 250 °C'nin altındaki bir sıcaklığa kadar hızlı bir şekilde soğutulması (söndürülmesi) esastır. Bazı durumlarda bu, ikincil devrenin seyreltilmesiyle elde edilebilir; ancak bu soğutma çoğunlukla bir söndürme kulesinde su enjeksiyonu ile sağlanır. Şekil 8.18, bir EAF'den çıkan birincil çıkış gazının son yakma işlemi ve ardından hızlı soğutulmasını göstermektedir.

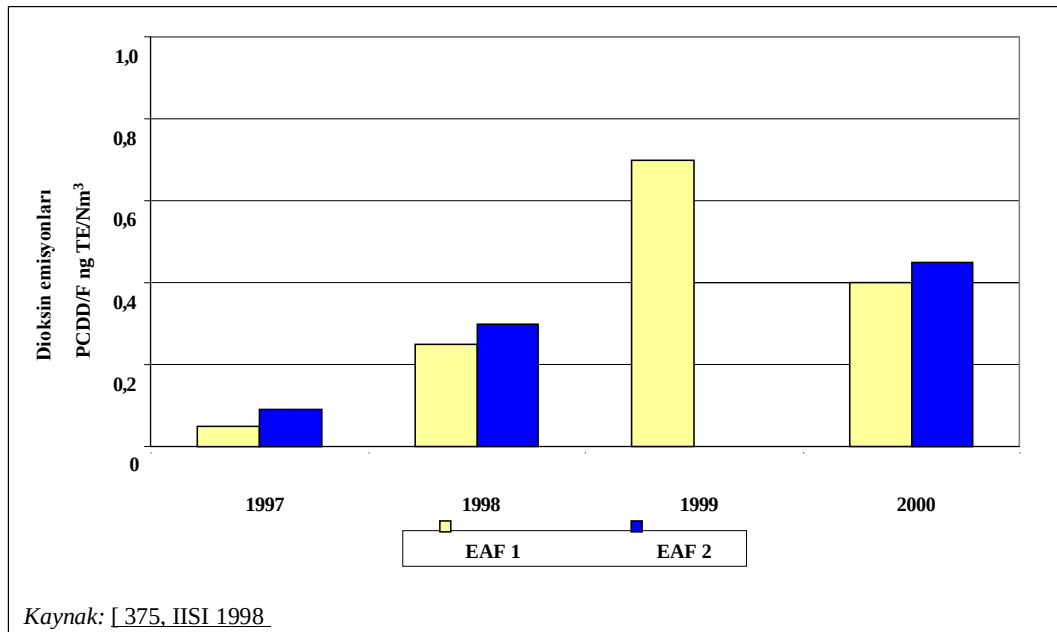


Şekil 8.18: Bir EAF'den çıkan birincil çıkış gazının sonradan yakılması ve ardından hızlı soğutulması

Elde edilen çevresel faydalar

Şekil 8.19, son yanma ve hızlı söndürme uygulanan iki EAF'de ölçülen PCDD/F konsantrasyonlarının 0,102 ile 0,7 ng I-TEQ/Nm³ arasında olduğunu göstermektedir. Bu tekniğin gözlemlenen güvenilirlik eksikliğinin ana nedenleri şunlardır:

- Tam olarak fırından muhtemelen en yüksek organik kirlilik yükünün taşındığı zaman olan EAF eritme prosesinin ilk birkaç dakikasında son yanma odasında yetersiz sıcaklık seviyesi
- son yanma odası ile söndürme kulesi arasındaki mesafe (bu örnekte, güçlendirme durumundan dolayı bu mesafe uzundu ve bu nedenle de novo sentezi için daimi bir potansiyel vardı). Son yanma odasının hemen yanında bulunan bir söndürme sistemi büyük olasılıkla çok daha iyi sonuçlar verebilirdi.



Şekil 8.19: Son yakma ve hızlı soğutmalı iki EAF'den elde edilen ortalama yıllık dioksin emisyon konsantrasyonları (1997 – 2000)

Tablo 8.20, Almanya ve Avusturya'da yapılan yedi toz, PAH ve PCDD/F ölçümünün sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 8.20: Azaltma sonrası toz, PAH ve PCDD/F emisyon konsantrasyonları

Parametre	Torba filtre	Birim
Toz	0,35 – 3,4	mg/Nm ³
PAH	<0,00001	mg/Nm ³
PCDD/F	0,0015 – 0,1 (¹)	ng I-TEQ/Nm ³
⁽¹⁾ Aralığın üst sınırı, 1997'de gerçekleştirilen ölçümlerle ilgilidir. Not: — Değerler yıllık ortalamalardır ve merkezi tozsuzlaştırma sistemiyle ilgilidir. — PAH, benzo(a)piren ve dibenzo(a,h)antrasen içerir. Kaynak: [244, Plickert 2007] REFERENCE BOOKMARK 8669[277, Wiesenberger 2007] [355, Plickert 2007].		

Genel olarak uygun son yanma ve ardından hızlı soğutma (su ile seyreltme veya suyla söndürme yoluyla) uygulandığında <0,1 ng I-TEQ/Nm³'ten daha düşük PCDD/F emisyon konsantrasyonları elde edilebilir. Bazı durumlarda, yukarıda belirtilen nedenlerle daha yüksek PCDD/F konsantrasyonları meydana gelebilir.

Aşağıdaki Tablo 8.21, Almanya'da son yanma ve hızlı söndürme uygulanan dört EAF'de gerçekleştirilen toz ve PCDD/F ölçümleri için ek sonuçları göstermektedir.

Tablo 8.21: Almanya'daki dört EAF'de son yakma ve hızlı soğutma performansı

TESİS													
	EAF 1		EAF 2			EAF 3		EAF 4 (1)					
Özellikler													
Akıtma ağırlığı (t)	105		138			85/85		150					
Güç kaynağı (MVA)	105		96			57/68		135					
Emisyonların toplanması	4. delik, davlumbaz		4. delik, davlumbaz			4. delik, davlumbaz		4. delik, (birincil) iki egzozlu köpek kulübesi (bölüm 1 ve 2)					
Son yanma (SY)	SY odası (hava)		Kanalda SY			SY odası (hava)		Kanalda SY					
Atık gaz soğutma	Su enjeksiyonu		Atık gazın suyla şartlandırılması			Püskürtmeli soğutma sistemi (söndürme)		Hava soğutmalı ısı eşanjörü					
Çıkış gazı temizleme sistemi	Torba filtre		Elektrostatik filtre			Torba filtre (her ikisi için 1)		Torba filtreler					
Tesiste yapılan ölçüm sayısı	1	2	1	2	3	1	2	1	2	3	4	5	6
Gaz konsantrasyonları: (2)													
Ham gazdaki toz (birincil)	3398	14246	4200	12500	3600	–	–	–	–	–			
Ham gazdaki toz (ikincil)	148	273	Birincil ve ikincil bir arada										
Temiz gazdaki toz (birincil)	0,76	1,05	15	15	18	1,45	1,1	<1,1					
Temiz gazdaki toz (ikincil)	Ortalama (3)		Ortalama (3)			Ortalama (3)		0,54 (4) 1,8 (4)					
PCDD/F (birincil)	–	–	–	–	–	–	–	0,09	0,047	0,084	0,022	0,02	0,08
PCDD/F (ikincil)	–	–	–	–	–	–	–	–	0,025 0,015	0,043 0,024	0,009 0,08	0,013 0,04	0,013 0,08
PCDD/F (Karışık, birincil ve ikincil)	0,016	0,021	0,01	0,02	0,01	0,13	0,1	–	–	–	–	–	–
(1) Ölçümler 2008 yılında yapılmıştır.													
(2) mg/Nm³ cinsinden ham ve temiz gazın toz konsantrasyonları; ng I-TEQ/Nm³ cinsinden PCDD/F konsantrasyonu.													
(3) İki ölçüm noktasının ortalaması.													
(4) İki değer ikincil 1 ve ikincil 2'yi ifade eder.													
Not: – = İlgili değil veya bilgi yok.													
(birincil) = Birincil çıkış gazları için toz giderme cihazından sonraki konsantrasyonlar. (ikincil) = İkincil çıkış gazları için toz giderme cihazından sonraki konsantrasyonlar.													
Kaynak: [16, Rentz 1997] [137, Theobald 1995] [177, Eurofer 2009] [189, N.N. 2008].													

Çapraz ortam etkileri

Ek brülörlerle son yakma önemli miktarda enerji tüketir (30 kWh/t mertebesinde). PCDD/F'nin de novo sentezini önlemek için sıcak çıkış gazlarının söndürülmesi gerektiğinden, enerji geri kazanılamaz.

İşletim verileri

Söndürme için su tüketimi saatte 40 tona kadar çıkabilir.

Söndürmeden önceki termal yanma, son yanma odalarında doğal gaz brülörleri ile sağlanabilir.

Uygulanabilirlik

BSW, Kehl/Almanya'daki son yanma ünitesi önemli sorunlar olmadan çalışmaktadır.

Prensip olarak, son yanma hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak mevcut tesislerde yerel koşullar ve olasılıklar (mevcut alan, atık gaz kanalı sistemi vb.) tesis özelinde kontrol edilmelidir.

Ekonomik boyut

Bir söndürme kulesinin yatırım maliyeti 1997'de yaklaşık 1,2 milyon EUR idi. Daha fazla ekonomik veri mevcut değildir. Bu, bir adsorpsiyon prosesine kıyasla daha yüksek bir yatırımdır (bkz. Bölüm 8.3.5.3)

Uygulamanın gerekçesi

Son yanma ve ardından hızlı soğutmanın uygulanması için başlıca gerekçe, PCDD/F emisyonlarının azaltılmasına ilişkin çevre ve sağlık kaygıdır.

Örnek tesisler

BSW, Kehl/Almanya; Salzgitter AG, Peine/Almanya; B.E.S., Brandenburg/Almanya; HSE. Henningsdorfer Stahl Engineering GmbH, Henningsdorf/Almanya; DEW, Witten/Almanya; ArcelorMittal, Hamburg/Almanya; Gerlafingen Stahl AG, Gerlafingen/İsviçre; ArcelorMittal, Differdange ve Esch-Belval/Lüksemburg.

Referans literatür

[68, Karcher ve diğ. 1996] [73, Knapp 1996] [167, Werner 1997] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [367, Prüm ve diğ. 2005] [373, Eurofer 2007] [375, IISI 1998]

8.3.5.3 Torba filtreler ile birlikte adsorban malzemeler vasıtasıyla PCDD/F'nin azaltılması

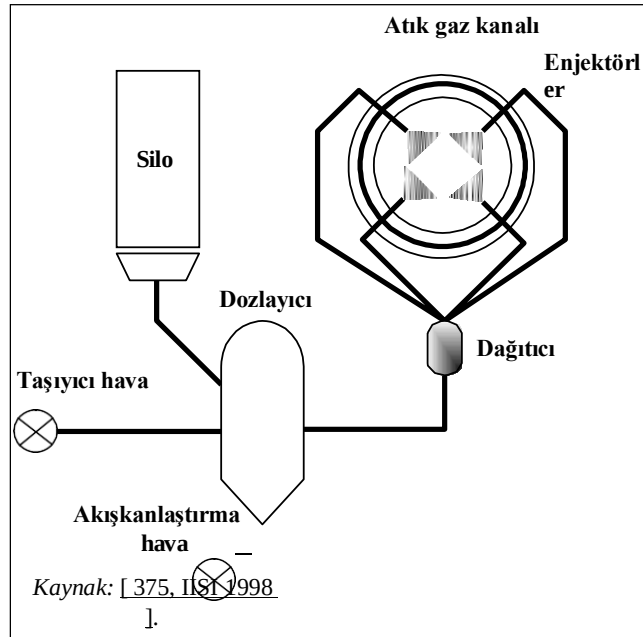
Açıklama

Toplam çıkış gazındaki (birincil ve ikincil emisyonlar) başta PCDD/F olmak üzere kalıcı organik kirleticileri azaltmak için, adsorban maddeler (örneğin aktif karbon, toz haline getirilmiş aktif linyit kok veya bunların kireçle karışımları) toz azaltma cihazından önce egzoz kanalına eklenebilir. Gerekli miktar, adsorbanın tipine ve boyutuna bağlıdır. Genellikle 20 ile 150 mg/Nm³ çıkış gazı arasındadır. Toz haline getirilmiş aktif linyit kokun boyutu tipik olarak 0 ila 0,4 mm arasındadır ve ortalama olarak 0,63 µm'dir. Öğütüldüğünde, ortalama boyut yaklaşık 24 µm'dir ve bu da daha düşük dozlama oranlarına yol açar. Kullanılan karbonlu adsorbanların ortalama tane boyutu yaklaşık 25 µm'dir.

Adsorpsiyon üç adımda gerçekleşir; ilk olarak, adsorpsiyon maddesi akışı ham gaz akışına çarpar, daha sonra adsorbanla zenginleştirilmiş ham gaz filtreleme cihazına gider ve son olarak (özellikle torba filtrelerin kullanımıyla) gaz fazı adsorbanla zenginleştirilmiş tozdan geçer ve filtre ortamı üzerinde kaplama tabakası oluşturur [63, Wirling, J. 2007].

PCDD/F moleküllerinin adsorbe edildiği karbon, sonraki torba filtrelerde ham gazın içerdiği EAF tozu ile birlikte gaz fazından ayrıştırılır.

Şekil 8.20’de bir adsorban enjeksiyon sisteminin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 8.20: Bir adsorban enjeksiyon sisteminin şematik görünümü

Elde edilen çevresel faydalar

Uygulamada 0,01 – 0,1 ng I-TEQ/Nm³ düzeyinde artık PCDD/F emisyon konsantrasyonlarına ulaşılabilir. Bölüm 8.2.2.1.3'te verilen faktörler kullanılarak yapılan bazı hesaplamalar, bu emisyon değerlerinin 0,01 – 0,14 ng WHO-TEQ PCDD/F'ye (dioksin benzeri PCB dahil) karşılık geldiğini göstermektedir. Giderme verimliliği oldukça kararlı ve güvenilirdir.

PCDD/F adsorpsiyonunun yanı sıra, aktif karbon ve toz haline getirilmiş aktif linyit kok, ağır metallerin ayrılmasında yüksek bir verimlilik ve cıvanın gaz fazından uzaklaştırılmasında belirli bir verimlilik göstermiştir. Tablo 8.22 toz aktif linyit kok enjeksiyonunun sonucu olarak PCDD/F'nin indirgenmesini göstermektedir.

Tablo 8.22: Toz aktif linyit kok enjeksiyonunun sonucu olarak PCDD/F'nin indirgenmesi

EAF tesisi	Gaz akışı (1000 Nm ³ /s)	Linyit kok adsorban ilavesi (kg/s)	PCDD/F Adsorban enjeksiyonu olmadan emiyon konsantrasyonu (ng I-TEQ/Nm ³)	PCDD/F Adsorban enjeksiyonuyla emiyon konsantrasyonu (ng I- TEQ/Nm ³)
A	750	100 ⁽¹⁾ 35 ⁽²⁾ 25 ⁽²⁾	0,178 – 1,44	0,085 – 0,226 0,003 – 0,008 0,023 – 0,092
B	850	40 ⁽²⁾	0,072 – 0,722	0,007 – 0,032
C	770	50 ⁽²⁾	0,040 – 0,714	0,005 – 0,075
D	690	15 ⁽²⁾	<2,0	<0,05
E	840	20 ⁽²⁾		0,002 – 0,007
F	1250			0,015 – 0,04

(1) Standart kalitede linyit kok; partikül boyutu 63 µm (300 m²/g).
(2) Süper öğütülmüş aktif linyit kok; partikül boyutu 24 µm (1200 m²/g); yüksek piroforik endekse sahip olduğu kabul edilir.
Not: 1999 – 2004 verileri.
Kaynak: [260, Almanya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [367, Prüm ve diğ. 2005] [368, Prüm ve diğ. 2004]
[375, IISI 1998].

Tablo 8.23, torba filtreden önce toplama kanallarına aktif kömür için ikinci bir enjeksiyon sisteminin kurulmasıyla bir EAF tesisinin azaltma sisteminin kademeli olarak güçlendirilmesi ve optimize edilmesinden sonra kaydedilen ilerlemeye göre dioksin ölçümlerinin sonuçlarını göstermektedir. Boşaltılan atık gazın hacmi yaklaşık 1250000 Nm³/s'dir.

Tablo 8.23: İkinci bir karbon enjeksiyon sisteminin kurulmasından sonra PCDD/F'nin azaltılmasında kaydedilen ilerleme

	PCDD/F emisyon konsantrasyonu
Aktif kömür için ilk enjeksiyon sisteminin devreye alınmasından sonra	
Eylül, Ekim ve Kasım 2006'da yapılan üç ölçümden elde edilen ortalama konsantrasyon	0,04 ng I-TEQ/Nm ³
Aktif kömür için ikinci enjeksiyon sisteminin devreye alınmasından sonra	
06 – 08 Mart 2007 arasında yapılan ölçüm	0.015 ng I-TEQ/Nm ³
Kaynak: [355, Plickert 2007].	

Araştırmalar, aktif linyit kok üzerinde adsorbe edilen PCDD/F gibi kalıcı organik kirleticilerin, yüksek bağlanma kuvvetleri nedeniyle geri dönüşümsüz bir şekilde bağlandığını ve tozun ısıtma işlemi sırasında güvenilir bir şekilde yok edildiğini veya katalitik olarak ayrıştığını göstermektedir.

Çapraz ortam etkileri

Toz haline getirilmiş aktif linyit kok dozajı için gereken enerji miktarı önemli düzeyde değildir. Filtre tozu, linyit kok tozu ve biraz artmış PCDD/F miktarları içerir, ancak bu, demir dışı metallerin geri kazanımı için toz arıtma işlemlerini engellemez.

İşletim verileri

Torba filtrede azaltılan toz karışımının nihai karbon içeriğine dikkat edilmelidir. Tutuşma riskini önlemek için EAF tozunun karbon içeriği %4'ün altında kalmalıdır.

Aktif karbon veya linyit kok kullanımı, tane boyutuna ve etkili adsorpsiyon yüzey alanına ve dolayısıyla gerekli enjeksiyon miktarına göre farklılık gösterir. Aktif kömür en yüksek özgül serbest yüzeye sahiptir ve çok iyi bir adsorpsiyon etkisi gösterir. Aktif linyit kok, aktif koka göre daha ekonomik bir alternatiftir ve 0,024 mm çapa sahip süper öğütülmüş linyit kok da çok iyi bir adsorpsiyon etkinliği

göstererek standart linyit koka kıyasla gerekli dozaj oranlarının yarı yarıya azaltılmasını sağlar [367, Prüm ve diğ. 2005]. Bazen tutuşmayı önlemek için enjekte edilen karbon bazlı malzemelere inert malzemelerin eklenmesi gerekir. Tablo 8.24, farklı adsorbanların ve soğurucu malzemelerin özelliklerini göstermektedir.

Tablo 8.24: Farklı adsorban ve soğurma malzemelerinin özellikleri

Adsorpsiyon ve soğurma malzemeleri		Tane boyutu (mm)	Yüzey alanı BET ⁽¹⁾ (m ² /g)	Çökelen kirleticiler
Standart toz aktif linyit kok	Karbon	0,063	300 – 400	Organik maddeler, ağır metaller
Süper öğütülmüş aktif linyit kok	Karbon	0,024	1200	
Toz aktif (odun kömürü) karbon	Karbon		500 – 1600	
Zeolit	Z		4 – 90	
⁽¹⁾ BET: Gaz moleküllerinin katı bir yüzey üzerinde fiziksel adsorpsiyonu için bir kural olarak bu teoriyi geliştiren kişilerin soyadlarının baş harflerinden oluşturulmuş kısaltmadır.				

Kapsamlı araştırmalar, PCDD/F'nin aktif linyit kok üzerinde adsorbe edilmesi için yalnızca çok kısa bir temas süresinin gerekli olduğunu göstermiştir. Ancak, ayırma etkinliği, adsorban/soğurucu malzeme ile kirletici molekül arasındaki temas olasılığına bağlıdır. Adsorbanın atık gaz akışındaki dağılımı burada önemli bir rol oynar. Optimum ayırma etkinliğine ulaşmanın önemli bir ön koşulu, ilk kirletici ayırma adımının gerçekleştiği enjeksiyon noktasında homojen ve aynı zamanda türbülanslı bir karışımın var olmasıdır. Adsorbanların seçiminde önemli bir faktör, kirletici molekül adsorpsiyonu için optimum gözenek yarıçapı dağılımıdır.

Ayrılan tozun artan karbon içeriği tozun tutuşabilirliğini artırabileceğinden, olası parlama yangınlarını önlemek için kıvılcımların torba filtrelerle ulaşmasını engelleyecek önlemler alınmalıdır. Patlama riskinin düşük olduğu değerlendirilmiştir. Yangın ve patlamaya karşı koruma, önleme tedbirlerinin bir kombinasyonu ile sağlanır (örneğin, adsorbanın inertleştirilmesi, kıvılcım girişinin önlenmesi, filtre tozundaki adsorban miktarının sınırlandırılması). Uygulanan teknikler arasında, kıvılcım dedektörlerinin kullanımı, azot uygulama sistemleri, torba filtrede sıcaklık gözetimi ve torba filtrenin toplama haznelerindeki toz birikiminin algılanması yer alır. Sıcak gaz akışlarına maruz kalan tesis bölümünde büyük hacimli birikintilerin tutarlı bir şekilde önlenmesi yoluyla filtre tozunun kendiliğinden tutuşma reaksiyonları güvenilir bir şekilde önlenir.

25 – 35 mg/Nm³ dozlama oranlarıyla elde edilebilen temiz gazdaki düşük PCDD/F emisyonları, linyit kok adsorberinin yüksek adsorptif etkisini göstermektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Yılda yaklaşık 1 Mt çelik üreten bir EAF tesisinden toplam çıkış gazı akışına (birincil ve ikincil çıkış gazları) yönelik yatırım yaklaşık 500.000 EUR'dir.

Uygulamanın gerekçesi

PCDD/F'yi azaltmak için bu tekniğin uygulanmasının başlıca gerekçeleri, çevre ve sağlık kaygıları ve Almanya'nın Riesa kentindeki Feralpi örneğinde olduğu gibi üretim kapasitesindeki artıştır.

Örnek tesisler

Bu teknik, 1997'den beri Avrupa'daki birçok EAF tesisinde uygulanmaktadır.

ArcelorMittal, Esch-Belval, Differdange ve Schifflange/Lüksemburg; Swiss Steel, Gerlafingen/İsviçre; Stahlwerk Thüringen, Unterwellenborn/Almanya; Elbe Stahlwerke Feralpi, Riesa/Almanya; ArcelorMittal, Genk/Belçika.

Referans literatür

[260, Almanya 2007] [277, Wiesenberger 2007] [355, Plickert 2007] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007] [367, Prüm ve diğ. 2005] [368, Prüm ve diğ. 2004] [373, Eurofer 2007] [375, IISI 1998]

8.3.6 Sürekli dökümden kaynaklanan atık suyun arıtılması**Açıklama**

Sürekli döküm makinelerinde kütüklerin, yassı kütüklerin ve kaba kütüklerin doğrudan soğutulması için su kullanılır. Bu nedenle kontamine olmuş bir proses suyu akışı oluşur. Çoğu durumda, bu atık su, sıcak haddehanelerden çıkan atık su akışlarıyla birlikte arıtılır. Arıtmadan sonra, su yeniden devridaim edilir.

Döküm kalıbı ve makaraların iç kısmı genellikle kapalı bir devredeki su ile soğutulur ve burada dikkate alınmamaktadır.

Ana kirleticiler askıda katı maddeler ve yağdır. Suya deşarjları azaltmak için ana önlemler, tahliye suyunun çökeltilmesi ve/veya filtrelmesi ile birlikte yüksek devridaim oranıdır. Yağı uzaklaştırmak için sıyrma tankları kullanılabilir.

Püskürtme suyu genellikle buharlaşmalı bir soğutma kulesinde soğutulmadan önce veya soğutulduktan sonra kum filtrasyonu ile çökeltirilir. Kum filtrasyonu, döküm makinesinin ikincil püskürtme memelerinin yeterince uzun süreli çalışmasını sağlamak için düşük seviyelerde partikül ve yağ kirliliği sağlamaya yardımcı olur. Askıda katı maddelerin deşarjını ve herhangi bir yağ/gres kontaminasyonunu en aza indirmek için, çözünmüş katıların seviyesini kontrol etmeye yönelik olarak açık devreden yapılacak tahliye, kum filtrasyon tesisinin akış yönünde gerçekleştirilmelidir. Kum filtresinin tıkanmasını önlemek için kum filtrelerinden önce yağ sıyrıcı kurulmalıdır.

Sürekli dökümden kaynaklanan atık suyun arıtılmasına yönelik tekniklerin, Bölüm 7.3.4'te açıklananlara benzer olduğu söylenebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Almanya'nın Kehl şehrinde bulunan BSW'de doğrudan soğutmadan kaynaklanan atık su akışlarının atık su arıtımından sonra bileşimi (2008) adlı Tablo 8.25: 'te, sürekli döküm prosesinde ve sıcak haddehane prosesinde doğrudan soğutmadan kaynaklanan atık suyun bileşimine ilişkin bir örnek verilmiştir.

Tablo 8.25: Almanya'nın Kehl şehrinde bulunan BSW'de doğrudan soğutmadan kaynaklanan atık su akışlarının atık su arıtımından sonra bileşimi (2008)

	Birim ler	Kum filtrasyonundan sonra sürekli döküm ⁽¹⁾	Kum filtrasyonundan sonra sıcak haddehane ⁽¹⁾
Debi	m ³ /s	421	802
Sıcaklık	°C	39	30
Askıda katı maddeler	mg/l	30,8	4,8
TOC	mg/l	1,33	1,85
AOX	mg/l	<0,01	<0,01
Fe	mg/l	0,053	<0,1
Çinko	mg/l	<0,05	<0,05
Ni	mg/l	<0,02	<0,02
Bakır	mg/l	<0,02	<0,02
Madeni yağ hidrokarbonları (mg/l)	mg/l	<0,1	<0,1
⁽¹⁾ 24 saatlik rastgele numune. Kaynak: [178, N.N. 2008].			

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hem yeni hem de mevcut tesislerde yüksek bir devridaim oranı ve tahliye suyunun arıtması uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler BSW,

Kehl/Almanya TSW,

Trier/Almanya.

Referans literatür

[178, N.N. 2008]

8.3.7 Kapalı çevrim su soğutma sistemi**Açıklama**

Genel olarak, yalnızca temassız soğutma ile bağlantılı EAF çelik üretim proseslerinde ve yalnızca çıkış gazı temizliği için ıslak temizleme tekniği uygulanıyorsa su kullanılır. Islak yıkama sadece birkaç tesiste uygulandığından, bu konu bu bölümde daha fazla incelenmemiştir. Burada ele alınan en önemli su kullanımı, fırın elemanlarının soğutulması için kullanılan sudur. Ayrıca, atık gazın soğutulması için veya ikincil metalürji aşamasında bir miktar su kullanılabilir. Soğutma elemanları için ihtiyaç duyulan su miktarı 5 – 12 m³/m²s'dir [16, Rentz 1997].

Elde edilen çevresel faydalar

Bu tekniğin uygulanmasıyla atık su deşarjı meydana gelmez.

Çapraz ortam etkileri

Kapalı döngü sistemi, su pompalamak ve suyu yeniden soğutmak için ek enerji gerektirir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Yasal gereklilikler ve soğutma suyunun sınırlı mevcudiyeti, bu tekniğin uygulanması için başlıca gerekçelerdir.

Örnek tesisler

Preussag Stahl AG, Peine/Almanya; BSW, Kehl/Almanya ve AB'deki diğer birçok tesis. AB'deki hemen

hemen tüm EAF tesisleri kapalı döngü su soğutması kullanır.

Referans literatür

[16, Rentz 1997]

8.3.8 Ağır metallerin geri kazanılması için EAF tozunun işlenmesi**Açıklama**

Üretilen çeliğin türüne bağlı olarak yaklaşık 10 – 30 kg/t çelik düzeyinde toz çıkış gazından ayrılır (bkz. Tablo 8.1).

Gaz temizleme tesislerinde elde edilen ayrıştırılmış tozlar genellikle önemli oranda ağır metal içerir. Karbon çeliği üretiminde, EAF tozunda esas olarak çinko ve daha az ölçüde kurşun mevcuttur (bkz. Tablo 8.10) ve paslanmaz çelik üretiminde, toz içeriğinde çinko dışında önemli miktarlarda krom ve nikel bulunur.

Çinko geri kazanımına ve diğer ağır metallerin geri kazanımı veya uzaklaştırılmasına yönelik prosesler, halihazırda çıkarılmış ve en az bir kez işlenmiş olan değerli kaynakların geri kazanılması için uygun seçeneklerdir. Prensipte olarak, çinkonun geri kazanılması için pirometalürjik ve hidrometalürjik seçenekler mevcuttur. Karbon çeliği/düşük alaşımlı çelik üretiminden kaynaklanan tozlar için farklı teknikler mevcuttur ve çoğunlukla demir dışı metal üretim sektörüyle yakın bağlantıları olan şirketler tarafından gerçekleştirilir.

EAF tozlarının geri kazanımında, ekonomik olarak faaliyet göstermek için yüksek konsantrasyonda ağır metallerle sahip olunması arzu edilir. Bazı EAF operatörleri, tozlarının çinko içeriğini artırmak için üretilen tozun bir kısmını fırına geri döndürür.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu ağır metaller toksiktir ve sızabilir niteliktedir; bu yüzden tozların sonraki işlemlerinde ve muhtemelen düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesinde özel dikkat gösterilmesi gerekir.

Tozun nicel geri kazanımı ve ağır metallerin geri dönüşümü sağlanabilir. Açıklanan seçenekler, çevre kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü amacını yerine getirme potansiyellerine göre farklı derecelerde arzu edilir. Tozun içeriğindeki demir ve ağır metallerin kullanımı, düzenli depolama ile bertaraf etme seçeneğinden daha fazla tercih edilmektedir.

Çapraz ortam etkileri

Çökeltilmiş EAF tozlarının EAF'ye geri döndürülerek çinko zenginleştirme için geri dönüştürülmesi, çelik üretim prosesinde daha fazla enerji tüketimi gibi belirli etkilere neden olur. Ayrıca fırına toz ekleme yöntemi fırının performansını etkileyebilir.

Taşıma/geri dönüşümden önce tozun peletlenmesi durumunda, peletleme için ek enerji gerekir ve ek toz emisyonları meydana gelebilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanması için başlıca gerekçeler, düzenli depolama için sınırlı alanın olması, düzenli depolama için katı standartların olması ve düzenli depolama atıklarına uygulanan vergiler gibi maliyet unsurlarıdır.

Örnek tesisler

AB'de, dışarıdaki tesisler için toz geri kazanımı yapılan birçok tesis bulunmaktadır.

Örnek olarak, EAF'nin atık gaz arıtımından yılda yaklaşık 6,9 ton tozun çıktığı EAF Marienhütte, Graz/Avusturya'dır. Çinko içeriği yaklaşık %38 olan toz, çinkonun geri kazanılması için harici olarak artılır.

Referans literatür

[16, Rentz 1997] [69, Kemeny 1994] [116, Rentz ve diğ. 1996] [373, Eurofer 2007] [391, Tavernier ve diğ. 2004] [394, Colletta ve diğ. 2002]

8.3.9 EAF cürufunun işlenmesi

Açıklama

Bir EAF'nin işletiminde, metalürjik işlerin gerçekleştirilmesi amacıyla sıkı bir spesifikasyona göre bir ton çelik başına yaklaşık 60 – 270 kg cüruf üretilir (bkz. Tablo 8.1). Karbon çeliği üretiminden elde edilen katılaştırılmış EAF cürufu, demir oksitler (FeO), kireç (CaO), silikon dioksit (SiO₂) ve diğer oksitlerden (MgO, Al₂O₃, MnO) oluşan, doğal kayaya benzer yapay bir kaya olarak kabul edilebilir (bkz. Tablo 8.7). EAF cürufları, yüksek mukavemete, açık hava koşullarına karşı yüksek dayanıklılığa ve ayrıca aşınmaya karşı yüksek dirence sahiptir. Aynı zamanda, onları hidrolik mühendisliğinde kullanım için uygun kılan özelliklere sahiptirler [57, Heinen 1997]. Genel olarak EAF cürufunun kullanımı için önemli bir kriter, serbest kirecin varlığına bağlı olan hacim tutarlılığıdır.

Düşük karbonlu çelik kalitelerinden elde edilen cürufların çoğunda serbest kireç miktarı nispeten düşüktür (bkz. Tablo 8.7) ve bu cüruflar yol yapımı, toprak dolgu ve hidrolik mühendisliği gibi çeşitli uygulamalar için uygundur. Karbon çeliği üretiminden elde edilen EAF cürufları genel olarak inşaatta kullanılan agregaların özelliklerini karşılar. Bu kullanımlara ilişkin belirleyici faktörler, çevresel açıdan kabul edilebilirlik ve yapısal uygunluktur. İnşaatta kullanılması için gerekli yasal koşullar karşılanıyorsa, EAF cürufunun kullanım için kırılması, elenmesi ve boyutlandırılması gerekir. Demirli cüruf bileşenleri manyetik ayırıcılarla ayrılır. İşlenmiş cüruf, tane boyutuna da bağlı olarak çeşitli inşaat uygulamalarında kullanılır. Şekil 8.21, Almanya'daki bir cüruf hazırlama tesisi için bir işleme şemasını göstermektedir. 1994 yılında, belirli EAF'lerde alaşımsız ve orta alaşımlı çelik üretiminde elde edilen EAF cüruflarının yaklaşık %90'ı kullanılmıştır [57, Heinen 1997].

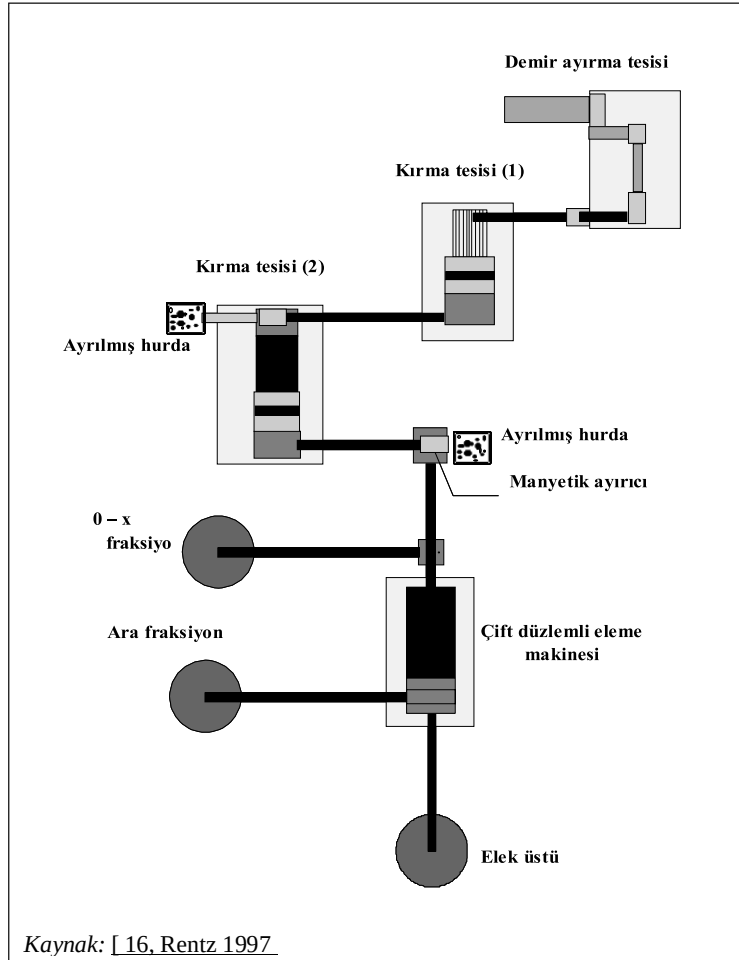
Yüksek kaliteli çelik üretiminde elde edilen cüruflar sadece sınırlı ölçüde kullanılmaktadır. Olası kullanımlar arasında, bir hazırlık işleminden sonra yol yapımında kullanım olabilir.

Örneğin, Böhler Edelstahl, Kapfenberg/Avusturya'da üretilen her bir ton çelik başına yaklaşık 270 kg cüruf elde edilmektedir. Bu EAF cürufu, cüruf bileşimi ve özelliklerinden (örneğin cürufun genleşmesi) dolayı inşaat endüstrisi için uygun görülmemektedir. Cürufun çoğu EAF'den (yaklaşık %70) ve AOD dönüştürücüden (yaklaşık %30) kaynaklanır. EAF ve AOD cürufları tesis sahası içindeki bir düzenli depolama alanında bertaraf edilir.

Bununla birlikte, paslanmaz çelik cürufunun parçalarının ve hatta toplam miktarının, özellikle daha düşük yapısal mühendislik gerekliliklerinin (örneğin gürültü önleme duvarı) söz konusu olduğu durumlarda bir yapı malzemesi olarak kullanıldığı örnekler de vardır.

Yüksek alaşımlı çelik veya paslanmaz çelik üretiminden kaynaklanan cürufların geri dönüştürülebilirliği, bu tür cürufların özelliklerine (örneğin genleşme) bağlı olarak daha iyi değerlendirme veya bazı özel işlemler yapılmasını gerektirir (ayrıca bkz. Bölüm 8.3.10).

İkincil metalürji cüruflarının geniş yelpazesini kullanma seçenekleri sınırlıdır. Tane boyutu ve genleşme katsayıları, ikincil metalürji cüruflarının kullanımı için belirleyici faktörlerdir. Bazen inşaat sektöründe kullanılabilirler. Ancak, elde edilen cürufların önemli bir kısmının, herhangi bir önleme, azaltma veya kullanım seçeneği bulunmadığından, düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesi gerekir.



Şekil 8.21: Cüruf hazırlama için bir tesisin proses şeması

Elde edilen çevresel faydalar

Karbon çeliği veya düşük alaşımlı çelik üretilen EAF'den çıkan cüruflar, işlenerek yol yapımında kullanılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Cürufların işlenmesi enerji gerektirir. Cüruf serbest CaO içerdiğinde alkali dumanlara dikkat edilmelidir (bkz. Bölüm 8.2.2.1.6).

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem yeni hem de mevcut karbon çeliği tesislerinde uygulanabilir. Ek işlemlerle, inşaat malzemesi olarak kullanım için daha iyi bir uygunluk sağlanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Başlıca gerekçeler, düzenli depolama için sınırlı alan olması ve düzenli depolama atıklarına uygulanan vergiler gibi maliyet unsurlarıdır.

Örnek tesisler

BSW, Kehl/Almanya (cürufun işlenmesi ve ardından inşaat amaçlı kullanımı).

Georgsmarienhütte GmbH, Georgsmarienhütte/Almanya (dışarıda hazırlık için cüruf satışı ve ardından yol yapımında kullanım; EAF ve ikincil metalürjiden gelen cüruflar karıştırılır); Salzgitter Stahl AG, Peine/Almanya (işleme ve inşaat sektöründe kullanım)

ArcelorMittal, Schifflange, Differdange ve Belval/Lüksemburg (yüksek performanslı yol kaplama, hidrolik mühendisliği ve diğer uygulamalar).

Referans literatür

[16, Rentz 1997] [277, Wiesenberger 2007] [373, Eurofer 2007]

8.3.10 Yüksek alaşımlı ve paslanmaz çelik üretilen EAF'lerin cüruflarının işlenmesi

Açıklama

Cüruf işleme için bazı teknikler aşağıda verilmiştir:

- Al₂O₃ içeren kalıntılarla akıtma sırasında sıvı cürufun işlenmesi.
- Akıtma sırasında cürufun alüminyum ile indirgenmesi
- Oksijen üflemenin optimizasyonu ve bazı indirgeyici maddelerin kullanımı
- Cüruf potalarını boşaltırken toz oluşumunun önlenmesi. Paslanmaz çelik tesislerinde elde edilen oldukça bazik cüruf, soğutma sırasında faz dönüşümüne uğrayan Ca₂S içerir. Bu dönüşüm, hacimde belirli bir artışı içerir. Cürufu söndürerek faz dönüşümü bastırılabilir ve tozlanma olmaz. Sandvik Materials Technology, Sandviken/İsveç'te, toz oluşumuyla ilgili sorun, sıcak ve kısmen sıvı cürufla doldurulmuş cüruf potalarının, bir istinat setiyle çevrili bir kutuya boşaltılmasıyla çözülmüştür. Daha sonra cürufun üzerine 12 m³ su dökülür. Küçük parçacıkların suyla bağlanmasıyla sıcaklıktaki hızlı düşüşün, tozun geniş alanlara yayılmasını önlediği gösterilmiştir. Suyun kendisi bir havuz aracılığıyla devridaim edilir.
- Paslanmaz çelik cürufu için teknikler şunlardır:
 - Ufalanmayı önlemek için bir dengeleyici maddenin kullanılmasıyla cürufun dengelenmesi
 - Cüruf bileşiminin kontrolü

- Cüruf malzemelerinden krom sızıntısının en aza indirilmesi, elüatta neredeyse hiç Cr oluşmaz (0,01 mg/l'lik saptama sınırı değerinin altında Cr)
- Cüruf soğutmasının kontrolü
- Kırma, eleme, yer çekimiyle ve manyetik ayırma ile metal ayırma.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu teknikler, kromu kararlı bir cüruf kafesine sabitleyerek EAF cüruflarının özelliklerini iyileştirebilir ve elüattaki Cr içeriğini azaltabilir.

Teknik d) için, tekniğin ilk uygulamalarından itibaren yapılan tahminlere göre, tozlanma %90'dan fazla azaltılmıştır. Boşaltma potasından cüruf potasına aktarılan cüruf optimal bir şekilde işlenmediğinden, tozlanmadaki azalma muhtemelen % 100'e yakındır.

Tozlanma sorununun ölçüm endeksi olarak tesis çevresinde temizlenmesi gereken araba veya tekne sayıları kullanılmıştır. 2002 yılında toplam 80 araba ve teknenin temizlenmesi gerekiyordu. 2004'te uygulanan yeni teknik ile cüruf potalarının boşaltılmasından kaynaklanan tozdan hiçbir araba veya tekne etkilenmemiştir. Şimdiye kadar elde edilen sonuçlar çevresel açıdan ve kurum itibarı açısından olağanüstü olmuştur.

Madde e) tekniği için boşaltma istasyonundaki ve cüruf depo sahasındaki toz alma çalışmaları azaltılabilir, atık miktarı önemli ölçüde azaltılabilir ve doğal kaynaklar korunabilir.

Çapraz ortam etkileri

Madde d) tekniği için devridaim edilen su miktarı artırılır.

Madde e) tekniği için, proseste ek dengeleme maddelerine ihtiyaç vardır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Madde d) tekniği, cüruf henüz toz oluşturma fazı dönüşümüne uğramamış olacak kadar sıcak olduğunda kullanılabilir (yani, sürekli döküm makinesinden kalan pota cürufunun boşaltıldığı kap hariç tüm cüruf kapları (EAF ve AOD) için kullanılır). Sonuç olarak, üretilen cürufun %90'ı açıklanan teknik kullanılarak işlenir.

Boşaltma potasından çıkan cürufun yer aldığı kaplar sulama ekipmanına konur, yani kaplar suyla doldurulur ve ardından soğuyana ve cüruf ıslanana kadar bırakılır.

Madde e) tekniği hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Madde e) tekniği ile enerji tüketimi ve tüm çevresel etki azaltılabilir. Verimli bir malzeme akışı sayesinde, düşük bir kaba kütük stok seviyesi ve daha yüksek bir verimlilik elde edilir.

Örnek tesisler

Teknik d): Sandvik Materials Technology, Sandviken/İsveç Teknik e): Outokumpu Stainless Tornio Works, Tornio/Finlandiya.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006] [245, Kuhn ve diğ. 2004]

8.3.11 Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm

Elektrik arklı çelik üretimi için kesin biçime yakın biçimde sürekli şerit döküm teknikleri, bazık oksijenli çelik üretimi için Bölüm 7.3.11'de açıklananlara benzer.

8.3.12 Gürültü emisyonlarını önleme teknikleri

Açıklama

Gürültü emisyonlarını önlemek için uygulanan bazı yapısal ve operasyonel teknikler şunları içerir:

- Geceleri bazı gürültülü faaliyetleri kısıtlamak (örneğin hurdalık, tesislere hurda nakliyesi)
- Vinç operatörleri için özel gürültü azaltıcı bilgilendirme ve eğitimler
- Hurdalıktaki gürültüyü sürekli izlemek
- EAF binasını, fırının çalışmasından kaynaklanan mekanik şokların neden olduğu gürültüyü absorbe edecek şekilde inşa etmek
- Mekanik şokları önlemek için yükleme sepetlerini taşımaya yönelik vinçler inşa etmek ve kurmak
- EAF binasının havadan iletilen gürültüsünü önlemek için iç duvarlarda ve çatılarda özel akustik yalıtım sağlamak
- EAF binasının yapılarla iletilen gürültüsünü azaltmak için fırını ve dış duvarı ayırmak
- Fiziksel bariyerler inşa etmek
- Hurda metalin tahliyesinde gürültü ve toz emisyonlarını azaltmak için hurdanın serbest düşme yüksekliğini azaltmak
- Hurda stok yığınlarını kapatmak
- Sürekli hurda beslemesi yapmak ve eritmek.

Toz giderme sisteminde gürültü azaltma önlemleri

Yeni toz giderme sisteminin yüksek gürültü azaltma gerekliliklerini karşılaması gerekiyordu. Bu tekniğin örnekleri aşağıdakileri içerir:

- Ses yalıtımlı fanların kurulması
- Fanlarla ek yakalamanın betonarme odalarda yapılması
- Yeni filtre odasında gürültü emici sandviç elemanların kurulması
- Mevcut filtre odasının profilli kaplamasının sandviç elemanlarla değiştirilmesi
- Tesis birimleri için maksimum gürültü seviyelerinin tanımlanması
- Mevcut toz filtresinde gürültü azaltıcı önlemler.

Elde edilen çevresel faydalar

Yukarıda açıklanan tekniklerle 37 ile 50 dB(A) $Leq_{(1s)}$ arasında değerler elde edilebilir. EAF binasından 150 m uzaktaki ölçümler 34 dB(A) $Leq_{(1s)}$ altındadır.

CONSTEEL gibi sürekli hurda besleme ve eritme sistemleri ile gürültü seviyesi azaltılabilir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

EAF binasında kullanılan yalıtım parametrelerinin bazı örnekleri, R'_w değeri duvarlar için 56 dB ve çatı için 55 dB (DIN 55210 Bölüm 3'e göre değerler) olan malzemelerdir.

Uygulanabilirlik

Bu teknikler tüm EAF tipi tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçesi, tesisin çevresinde gürültü emisyonlarının önlenmesidir. Yerleşim bölgelerine yakın yerlerde bulunan tesisler, genellikle gürültüyü önlemek için teknikler uygulamaktadır.

Örnek tesisler

Arbed Esch-Belval, Luxembourg Feralpi,
Riesa/Almanya.

Referans literatür

[83, Ehrlich, C. ve diğ. 2007] [260, Almanya 2007] [280, Aguado-Monsonet 2007] [355, Plickert 2007] [364, Fuchs, G. 2008] [366, Dornseiffer ve diğ. 2007]

9 DEMİR-ÇELİK ÜRETİMİ İÇİN MET SONUÇLARI

KAPSAM

Bu MET sonuçları, 2010/75/EU sayılı Direktifte Ek I'de belirtilen aşağıdaki faaliyetler için geçerlidir:

- Faaliyet 1.3: Kok üretimi
- Faaliyet 2.1: Maden cevheri (sülfür cevheri dahil) kavurma veya sinterleme
- Faaliyet 2.2: Saatte 2,5 tonu aşan kapasite ile sürekli döküm dahil olmak üzere pik demir veya çelik üretimi (birincil veya ikincil füzyon)

MET sonuçları özellikle aşağıdaki prosesleri kapsar:

- Dökme ham maddelerin yüklenmesi, boşaltılması ve taşınması
- Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması
- Demir cevherinin sinterlenmesi ve peletlenmesi
- Kok kömüründen kok üretimi
- Cüruf işleme dahil olmak üzere yüksek fırın yolu ile sıcak metal üretimi
- Kaynak tarafında pota kükürt giderme, akış tarafında pota metalürjisi ve cüruf işleme dahil olmak üzere bazik oksijen prosesi kullanılarak çelik üretimi ve rafinajı
- Akış tarafında pota metalürjisi ve cüruf işleme dahil olmak üzere elektrik ark fırınlarıyla çelik üretimi
- Sürekli döküm (ince yassı kütük/ince şerit ve doğrudan sac döküm (biçime yakın))

Bu MET sonuçlarında aşağıdaki faaliyetler ele alınmamaktadır:

- Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit İmalat Endüstrilerine dair MET-Ref (CLM) kapsamında yer alan fırınlarda kireç üretimi
- Demir Dışı Metal Endüstrilerine dair MET-Ref (NFM) kapsamında yer alan demir alaşımlarının üretimi ve demir dışı metallerin (örneğin elektrik ark fırın tozu) geri kazanılması için tozların işlenmesi
- Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre Endüstrileri (LVIC-AAF BREF) kapsamında yer alan kok fırınlarında sülfürik asit üretim tesisleri.

Bu MET sonuçlarının kapsamına giren faaliyetlerle ilgili olabilecek diğer referans belgeler ise şunlardır:

Referans belgeler	Faaliyet
Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref (LCP)	50 MW veya daha fazla nominal ısı girişiye sahip yakma tesisleri
Demir İçeren Metalleri İşleme Endüstrisine dair MET-Ref (FMP)	Haddeleme, dekapaj, kaplama vb. gibi akış yönü prosesleri
	İnce yassı kütüğe/ince şeride sürekli döküm ve doğrudan sac dökümü (biçime yakın)
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara dair MET-Ref (EFS)	Depolama ve taşıma
Endüstriyel Soğutma Sistemlerine dair MET-Ref (ICS)	Soğutma sistemleri
Genel İzleme İlkeleri (MON)	Emisyon ve tüketim izleme
Enerji Verimliliğine dair MET-Ref (ENE)	Genel enerji verimliliği
Ekonomik Etkiler ve Çapraz Ortam Etkileri (ECM)	Tekniklerin ekonomik etkileri ve çapraz ortam etkileri

Bu MET sonuçlarında listelenen ve açıklanan teknikler normatif değildir ve bütün olası teknikleri içermemektedir. Asgari olarak eş değer bir çevre koruma düzeyi sağlayan diğer teknikler de kullanılabilir.

GENEL HUSUSLAR

MET ile ilişkili çevresel performans seviyeleri, tek değerler yerine aralıklar olarak ifade edilir. Bir aralık, MET’yi uygularken elde edilen çevresel performanslarda farklılıklara yol açan belirli bir tesis tipindeki farklılıkları yansıtabilir (örneğin nihai ürünün sınıfı/saflığı ve kalitesindeki farklılıklar, tesisin tasarımı, yapısı, boyutu ve kapasitesindeki farklılıklar)

MEVCUT	EN İYİ SEVİYELERİNİN	TEKNİKLERLE (MET-İES'ler) İFADESİ	İLİŞKİLİ EMİSYON

Bu MET sonuçlarında, havaya salınan MET-İES'ler şu şekilde ifade edilir:

- su buharı içeriği düşüldükten sonra, standart koşullar altında (273,15 K, 101,3 kPa) atık gaz hacmi başına salınan maddelerin g/Nm³, mg/Nm³, µg/Nm³ veya ng/Nm³ cinsinden kütlesi veya
- üretilen veya işlenen ürünlerin birim kütlesi başına salınan maddelerin (tüketim veya emisyon faktörleri) kg/t, g/t, mg/t veya µg/t cinsinden kütlesi.

Suya salınan MET-İES'ler şu şekilde ifade edilir:

- atık su hacmi başına salınan maddelerin g/l, mg/l veya µg/l cinsinden kütlesi.

TANIMLAR

Bu MET sonuçları kapsamında:

- ‘yeni tesis’, bu MET sonuçlarının yayımlanmasının ardından işletme sahasında açılan bir tesis ya da yine bu MET sonuçlarının yayımlanmasının ardından işletmenin mevcut temelleri üzerine kurulan tamamen değiştirilmiş bir tesis anlamına gelir.
- ‘mevcut tesis’ yeni tesis niteliğini taşımayan bir tesis anlamına gelir.
- ‘NOX’, NO₂ olarak ifade edilen azot oksit (NO) ve azot dioksitin (NO₂) toplamı anlamına gelir.
- ‘SO_x’ SO₂ olarak ifade edilen kükürt dioksit (SO₂) ve kükürt trioksit (SO₃) toplamı anlamına gelir.
- ‘HCl’ HCl olarak ifade edilen gaz halindeki tüm klorürler anlamına gelir.
- ‘HF’ HF olarak ifade edilen gaz halindeki tüm florürler anlamına gelir.

9.1 Genel MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları genel olarak uygulanabilir.

Bölüm 9.2 ila 9.7 arasında **yer alan prosese özel MET, bu bölümde bahsedilen genel MET'ye ek olarak geçerlidir.**

9.1.1 Çevresel yönetim sistemleri

1. MET, aşağıdaki özelliklerin tümünü içeren bir çevre yönetim sistemini (ÇYS) uygulamaya koymak ve buna bağlı kalmaktır:

- I. üst yönetim de dahil olmak üzere yönetimin kararlılığı;
- II. tesisin sürekli iyileştirilmesini içeren bir çevre politikasının yönetim tarafından tanımlanması;
- III. finansal planlama ve yatırım ile birlikte gerekli prosedürlerin, amaçların ve hedeflerin belirlenmesi ve planlanması;
- IV. prosedürlerin, aşağıdakilere özellikle dikkat edilerek uygulanması:
 - i. yapı ve sorumluluk
 - ii. eğitim, farkındalık ve yetkinlik
 - iii. iletişim
 - iv. çalışan katılımı
 - v. belgeleme
 - vi. verimli proses kontrolü
 - vii. bakım programları
 - viii. acil durumlara hazırlık ve müdahale
 - ix. çevre mevzuatına uygunluğun gözetilmesi;
- V. performansın kontrolü ve düzeltici eylemlerin, aşağıdakilere özellikle dikkat edilerek uygulanması:
 - i. izleme ve ölçme (ayrıca bkz. İzlemenin Genel İlkelerine İlişkin Referans Belge)
 - ii. düzeltici ve önleyici eylemler
 - iii. kayıtların tutulması
 - iv. ÇYS'nin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığını belirlemek ve doğru şekilde uygulandığından ve sürdürüldüğünden emin olmak için, iç ve dış denetimlerin, mümkün olduğu ölçüde bağımsız olarak gerçekleştirilmesi;
- VI. ÇYS'nin ve uygunluğunun, yeterliliğinin ve etkililiğinin korunduğunun üst yönetim tarafından gözden geçirilmesi;
- VII. daha temiz teknolojilerin gelişiminin takip edilmesi;
- VIII. yeni bir tesisin tasarlanma aşamasında ve işletme ömrü boyunca, tesisin nihayetinde hizmetten çıkarılmasıyla meydana gelecek çevresel etkilerin dikkate alınması;
- IX. düzenli olarak sektörel kıyaslama çalışmalarının yapılması.

Uygulanabilirlik

ÇYS'nin kapsamı (örneğin detaylılık düzeyi) ve niteliği (örneğin standardize veya değil), genel olarak tesisin özellikleri, ölçeği ve karmaşıklığının yanı sıra muhtemel çevresel etki yelpazesi ile ilişkilendirilebilir.

9.1.2 Enerji yönetimi

2. MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunu kullanarak termal enerji tüketimini azaltmaktır:

- I. aşağıdakilerin kullanılmasıyla, proses parametreleri ayar noktalarına yakın çalışan, sorunsuz ve istikrarlı işleme yönelik geliştirilmiş ve optimize edilmiş sistemler:
 - i. bilgisayarlı otomatik kontrol sistemi dahil olmak üzere proses kontrol optimizasyonu
 - ii. modern, ağırlıksal katı yakıt besleme sistemleri
 - iii. mevcut proses konfigürasyonu dikkate alınarak mümkün olan en geniş ölçüde ön ısıtma.
- II. özellikle soğutma alanlarından olmak üzere, fırınlardan çıkan fazla ısının geri kazanımı
- III. optimize edilmiş buhar ve ısı yönetimi
- IV. duyulur ısının prosese entegre yeniden kullanımının mümkün olduğunca uygulanması.

Enerji yönetimi bağlamında, bkz. Enerji Verimliliğine dair MET-Ref (ENE).

MET I'i'nin açıklaması

Entegre çelik fabrikalarında genel enerji verimliliğini artırmak için aşağıdaki unsurlar önemlidir:

- Enerji tüketiminin optimize edilmesi
- Enerji kayıplarını önlemek için tüm bacada gaz yakma işlemlerinin izlenmesi, anında bakım sağlanması ve kesintisiz bir üretim süreci sağlanması dahil olmak üzere sahadaki en önemli enerji akışları ve yakma prosesleri için çevrimiçi izleme
- Her prosesin ortalama enerji tüketimini kontrol etmek için raporlama ve analiz araçları
- İlgili prosesler için özgül enerji tüketim seviyelerinin tanımlanması ve bunların uzun vadeli olarak karşılaştırılması
- Enerji Verimliliğine dair MET-Ref'de tanımlandığı şekilde enerji denetimlerinin gerçekleştirilmesi (örneğin uygun maliyetli enerji tasarrufu fırsatlarını belirlemek için).

MET II – IV'ün açıklaması

Isı geri kazanımının iyileştirilmesiyle çelik imalatında enerji verimliliğini artırmak için kullanılan prosese entegre teknikler arasında şunlar yer alır:

- Atık ısının ısı eşanjörleri ile geri kazanılması ve çelik fabrikasının diğer bölümlerine veya bölgesel ısıtma şebekesine dağıtılması ile kombine ısı ve güç üretimi
- Büyük yeniden ısıtma fırınlarında buhar kazanlarının veya yeterli sistemlerin kurulması (fırınlarda buhar gereksiniminin bir kısmını karşılayabilir)
- Yan etkileri (çıkış gazındaki azot oksit artışı gibi) dikkate alarak, yakıt tasarrufu sağlamak için fırınlarda ve diğer yakma sistemlerinde yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması
- Buhar borularının ve sıcak su borularının yalıtılması
- Ürünlerden ısının geri kazanılması (örneğin sinter)
- Çeliğin soğutulması gereken yerlerde hem ısı pompalarının hem de güneş panellerinin kullanılması
- Yüksek sıcaklıklı fırınlarda baca gazı kazanlarının kullanılması
- Standart ısı eşanjörleri arasında enerji alışverişi için oksijen buharlaştırma ve kompresör soğutması
- Yüksek fırında üretilen gazın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için üst geri kazanım türbinlerinin kullanılması.

MET II – IV'ün uygulanabilirliği

Kombine ısı ve güç üretimi, uygun bir ısı gereksinimi olan kentsel alanlara yakın tüm demir çelik fabrikalarında uygulanabilir. Özgül enerji tüketimi prosesin kapsamına, ürün kalitesine ve tesis tipine bağlıdır (örneğin BOF'de uygulanan vakum işleminin miktarı, tavlama sıcaklığı, ürünlerin kalınlığı vb.).

3. **MET, enerji akışlarının optimizasyonu ve kok fırını gazı, yüksek fırın gazı ve bazik oksijen fırını gazı gibi çekilen proses gazlarının optimize kullanımı yoluyla birincil enerji tüketimini azaltmaktır.**

Açıklama

Entegre bir çelik fabrikasında proses gazı kullanımını optimize ederek enerji verimliliğini artırmak için kullanılan prosese entegre teknikler arasında şunlar yer alır:

- Tüm yan ürün gazlar için gazometrelerin veya kısa süreli depolama ve basınç tutma tesisleri için diğer uygun sistemlerin kullanılması
- Gaz yakma bacalarında enerji kayıpları varsa, meydana gelen kullanım oranındaki artışla birlikte daha fazla proses gazı kullanmak için gaz şebekesindeki basıncın artırılması
- Proses gazları ile gaz zenginleştirme ve farklı tüketiciler için farklı ısı değerler
- Yakılan fırınların proses gazıyla ısıtılması
- Bilgisayar kontrollü bir ısı değer kontrol sisteminin kullanılması
- Kok ve baca gazı sıcaklıklarının kaydedilmesi ve kullanılması
- Özellikle proses gazlarının değişkenliği ile ilgili olarak, proses gazları için enerji geri kazanım tesislerinin kapasitesinin yeterli şekilde boyutlandırılması.

Uygulanabilirlik

Özgül enerji tüketimi prosesin kapsamına, ürün kalitesine ve tesis tipine bağlıdır (örneğin BOF'de uygulanan vakum işleminin miktarı, tavlama sıcaklığı, ürünlerin kalınlığı vb.).

4. **MET, dahili ısıtma şebekeleri veya üçüncü taraflardan talep varsa harici ısıtma şebekeleri için fazla atık ısıyı kullanarak buhar, elektrik veya ısı üretmek için kükürtten arındırılmış ve tozu giderilmiş kok fırını gazı fazlasının ve tozu giderilmiş yüksek fırın gazının ve bazik oksijen gazının (karışık veya ayrı) kazanlarda veya kombine ısı ve güç santrallerinde kullanılmasıdır.**

Uygulanabilirlik

Üçüncü bir tarafın iş birliği ve mutabakatı, işletmecinin kontrolünde olmayabilir ve bu nedenle izin kapsamında olmayabilir.

5. **MET, elektrik enerjisi tüketimini en aza indirmek için aşağıdaki tekniklerin biri veya birkaçını kullanmaktır:**

- I. Güç yönetimi sistemleri
- II. Öğütme, pompalama, havalandırma ve aktarma ekipmanları ve yüksek enerji verimliliğine sahip diğer elektrikli ekipmanlar.

Uygulanabilirlik

Proses güvenliği için pompaların güvenilirliğinin çok önemli olduğu uygulamalarda frekans kontrollü pompalar kullanılamaz.

9.1.3 Malzeme yönetimi

6. **MET, kirliliği önlemek, bozulmayı önlemek, yeterli girdi kalitesi sağlamak, yeniden kullanım ve geri dönüşüme imkan tanımak ve proses verimliliğini ve metal veriminin optimizasyonunu iyileştirmek için dahili malzeme akışlarının yönetimini ve kontrolünü optimize etmektir.**

Açıklama

Girdi malzemelerinin ve üretim artıklarının uygun şekilde depolanması ve işlenmesi, aktarma noktaları da dahil olmak üzere stok sahalarından ve taşıma bantlarından kaynaklanan havadaki toz emisyonlarının en aza indirilmesine ve toprak, yer altı suyu ve yüzey akış sularının kirliliğinin önlenmesine yardımcı olabilir (ayrıca bkz. MET 11).

Diğer tesisler ve sektörlerden gelen atıklar da dahil olmak üzere, entegre çelik fabrikalarının ve artıklarının yeterli yönetiminin uygulanması, ham madde olarak azami derecede dahili ve/veya harici kullanıma olanak tanır (ayrıca bkz. MET 8, 9 ve 10).

Malzeme yönetimi, entegre bir çelik fabrikasından kaynaklanan ve ekonomik kullanımı olmayan kalıntıların küçük parçalarının kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesini içerir.

7. **İlgili kirleticiler için düşük emisyon seviyeleri elde etmek için MET, uygun hurda kalitelerini ve diğer ham maddeleri seçmektir. Hurda ile ilgili olarak, MET, başta cıva olmak üzere ağır metaller içerebilen veya poliklorlu dibenzodioksinler/furanların (PCDD/F) ve poliklorlu bifenillerin (PCB) oluşumuna yol açabilen görünür kirleticiler için uygun bir denetim gerçekleştirmektedir.**

Hurda kullanımını iyileştirmek için aşağıdaki teknikler ayrı ayrı veya birlikte kullanılabilir:

- hurda satın alma siparişlerinde üretim profiline uygun kabul kriterlerinin belirtilmesi
- hurdanın kaynağını yakından izleyerek hurda bileşimi hakkında iyi bir bilgiye sahip olunması; istisnai durumlarda, bir ergime testi hurdanın bileşiminin belirlenmesine yardımcı olabilir.
- yeterli kabul tesislerine sahip olunması ve teslimatların kontrol edilmesi
- tesiste kullanılmaya uygun olmayan hurdaları kenara ayırmak için prosedürlere sahip olunması
- hurdanın farklı kriterlere göre depolanması (örneğin boyut, alaşımlar, temizlik derecesi); toprağa kirleticiler salınmasına neden olabilecek hurdaların drenaj ve toplama sistemi olan geçirimsiz yüzeylerde depolanması; böyle bir sisteme olan ihtiyacı azaltabilecek bir çatının kullanılması
- üretilen çelik kalitesi için en uygun hurdayı kullanmak üzere bileşim bilgisini dikkate alarak farklı eriyikler için hurda yükünün bir araya getirilmesi (bu, bazı durumlarda istenmeyen elementlerin varlığını önlemek ve diğer durumlarda hurdada bulunan ve üretilen çelik kalitesi için gerekli olan alaşım elementlerinden yararlanmak için şarttır)
- fabrika içinde üretilen tüm hurdaların geri dönüşüm için hurdalığa derhal geri gönderilmesi
- bir operasyon ve yönetim planına sahip olunması
- başta poliklorlu bifeniller (PCB) ve yağ veya gres olmak üzere tehlikeli veya demir içermeyen kirleticileri üretime dahil etme riskini en aza indirmek için hurdaların ayrılması. Bu normalde hurda tedarikçisi tarafından yapılır, ancak işletmeciler güvenlik nedenleriyle tüm hurda yüklerini kapalı konteynerlerde denetler. Dolayısıyla, mümkün olduğu kadar kirleticiler maddeler açısından da kontrol etmek mümkündür. Küçük miktarlardaki plastiğin (örneğin plastik kaplı bileşenler) değerlendirilmesi gerekebilir
- Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) Uzman Grubu tavsiye çerçevesine göre radyoaktivite kontrolü

- Ömrünü Tamamlamış Taşıtlardan ve Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlardan cıva içeren bileşenlerin hurda işleyiciler tarafından zorunlu olarak çıkarılmasının uygulanması şu şekilde iyileştirilebilir:
 - hurda alım sözleşmelerinde cıva bulunmama şartının yer alması
 - görünür elektronik bileşenler ve düzenekler içeren hurdaların reddedilmesi.

Uygulanabilirlik

Hurdanın seçimi ve sınıflandırılması tamamen işletmecinin kontrolünde olmayabilir.

9.1.4 Yan ürünler ve atıklar gibi proses artıklarının yönetimi

8. Katı artıklar için MET, dahili kullanım yoluyla veya özel geri dönüşüm süreçlerinin (dahili veya harici) uygulanmasıyla atıkların en aza indirilmesi için entegre teknikler ve operasyonel teknikler kullanmaktır.

Açıklama

Demir açısından zengin artıkların geri dönüştürülmesine yönelik teknikler, OxyCup® shaft fırını, DK prosesi, izabe indirgeme prosesleri veya soğuk bağlamalı peletleme/briketleme gibi özel geri dönüşüm tekniklerinin yanı sıra Bölüm 9.2 – 9.7 arasında bahsedilen üretim artıklarına ilişkin teknikleri içerir.

Uygulanabilirlik

Bahsi geçen prosesler üçüncü bir tarafça gerçekleştirilebileceğinden, geri dönüşümün kendisi demir-çelik tesisi işletmecisinin kontrolünde olmayabilir ve dolayısıyla izin kapsamında olmayabilir.

9. MET, mümkün olan her yerde atık düzenlemelerine uygun olarak MET 8'e göre kullanılmayan veya geri dönüştürülemeyen katı artıkların harici kullanımını veya geri dönüşümünü en üst düzeye çıkarmaktır. MET, ne önlenebilen ne de geri dönüştürülebilen artıkları kontrollü bir şekilde yönetmektir.
10. MET, tüm katı artıkların toplanması, taşınması, depolanması ve nakliyesi için ve hava ve suya salınan emisyonları önlemek amacıyla aktarma noktalarının kapatılması için en iyi işletme ve bakım uygulamalarını kullanmaktır.

9.1.5 Ham maddelerin ve (ara) ürünlerin depolanması, kullanılması ve taşınmasından kaynaklanan yaygın toz emisyonları

11. MET, aşağıda belirtilen tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak malzemelerin depolanması, taşınması ve nakliyesinden kaynaklanan yaygın toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır.

Azaltma teknikleri kullanılıyorsa, MET, aşağıda belirtilenler gibi uygun tekniklerle yakalama verimliliğini ve müteakip temizlik işlemlerini optimize etmektir. Toz emisyonlarının kaynağa en yakın noktalardan toplanması tercih edilir.

I. Genel teknikler şunları içerir:

- Çelik fabrikalarının ÇYS'si içinde, yaygın toz emisyonlarına ilişkin bir eylem planının oluşturulması;
- ortam havasında yüksek okuma değerlerine neden olan bir PM₁₀ kaynağı olarak tanımlanan belirli işlemlerin geçici olarak durdurulmasının değerlendirilmesi; bunun için,

temel ince toz kaynaklarını üçgenlemek ve tanımlayabilmek için ilgili rüzgar yönü ve gücü izleme ile birlikte yeterli sayıda PM₁₀ izleyicisine sahip olmak gerekecektir.

- II. Dökme ham maddelerin taşınması ve nakliyesi sırasında toz emisyonlarının önlenmesine yönelik teknikler şunları içerir:
- Uzun stok sahalarının hakim rüzgar yönünde yönlendirilmesi
 - Rüzgardan koruma sağlamak için rüzgar bariyerleri kurulması veya doğal araziden faydalanılması
 - Teslim edilen malzemenin nem içeriğinin kontrol edilmesi
 - Malzemelerin gereksiz yere taşınmasından ve kapalı olmayan uzun bırakma noktalarından kaçınmaya yönelik prosedürlere dikkat edilmesi
 - Konveyörlerde ve haznelerde vb. Yeterli muhafaza
 - Uygun olduğunda lateks gibi katkı maddeleri ile birlikte toz önleyici su spreylerinin kullanılması
 - Ekipmanlar için sıkı bakım standartlarının uygulanması
 - Özellikle yolların temizlenmesi ve ıslatılmasını içeren yüksek temizlik standartlarının uygulanması
 - Mobil ve sabit elektrikli süpürge ekipmanlarının kullanılması
 - Toz bastırma veya toz çekme ve önemli ölçüde toz oluşumuna neden olan kaynaklarda emisyon azaltmak için bir torba filtre temizleme tesisinin kullanılması
 - Sert yüzeyli yolların rutin temizliğini gerçekleştirmek için emisyonu azaltılmış süpürge arabalarının kullanılması.
- III. Malzeme teslimi, depolama ve ıslah faaliyetleri için uygulanan teknikler şunları içerir:
- Tozlu malzemeler için filtreli hava çekme ekipmanları ile donatılmış bir binadaki boşaltma hunilerinin tamamen kapatılması veya hunilerin toz yönlendiriciler ile donatılması ve boşaltma ızgaralarının bir toz çekme ve temizleme sistemine bağlanması
 - Düşme yüksekliklerinin mümkünse maksimum 0,5 m ile sınırlandırılması
 - Toz bastırma için su spreylerinin kullanılması (tercihen geri dönüştürülmüş su kullanılarak)
 - Gerektiğinde, tozu kontrol etmek için filtre üniteli depolama kutularının takılması
 - Kutulardan geri kazanım için tamamen kapalı cihazların kullanılması
 - Gerektiğinde, zeminde kontaminasyon riskini azaltmak için hurdanın kapalı ve sert yüzeyli alanlarda depolanması (sahanın boyutunu ve dolayısıyla emisyonları en aza indirmek için tam zamanında teslimat yapılarak)
 - Stoklarda bozulmaların en aza indirilmesi
 - Yüksekliğin sınırlandırılması ve stokların genel şeklinin kontrol edilmesi
 - Depolama ölçeği uygunsa, harici depolama yerine bina içi veya kap içi depolamanın kullanılması
 - Uzun vadede zarar görmeden tozu yakalamak ve soğurmak için açık alanlarda doğal arazi, toprak setleri veya uzun otların ve yaprak dökmeyen ağaçların dikilmesiyle rüzgar kıranların oluşturulması
 - Atık ve cüruf yığınlarının hidro-tohumlanması
 - Kullanılmayan alanları üst toprakla kaplayarak ve çimen, çalı ve diğer zemin kaplayıcı bitkiler ekerek/dikerek sahanın yeşillendirilmesi
 - Dayanıklı toz bağlayıcı maddeler kullanılarak yüzeyin nemlendirilmesi
 - Yüzeyin muşamba ile örtülmesi veya stoklanan malzemelerin kaplanması (örneğin lateks)
 - Açıkta kalan yüzeyi azaltmak için istinat duvarlı depolama uygulanması
 - Gerektiğinde, betonla kaplı ve drenajlı geçirimsiz yüzeylerin kullanılması bir önlem olabilir.
- IV. Yakıt ve ham maddelerin deniz yoluyla taşındığı ve toz salımının önemli düzeyde olabileceği durumlarda uygulanabilecek teknikler şunları içerir:
- işletmeciler tarafından kendi kendini boşaltan kapların veya kapalı sürekli boşaltıcıların kullanılması. Aksi takdirde, kepçe tipi gemi boşaltıcılar tarafından üretilen toz, malzemenin yeterli nem içeriğinin sağlanması, düşme yüksekliklerinin en aza indirilmesi ve

gemi boşaltıcı hunisinin ağzında su spreyleri veya ince su sisleri kullanılması yoluyla en aza indirilmelidir.

- sinter tesisi elektrostatik filtrelerinin sodyum klorürle kirlenmesine yol açacağından, cevherlere veya eritken maddelere su püskürtülmesinde deniz suyu kullanılmaması. Ham maddelerdeki ek klor girdisi de emisyonların (örneğin poliklorlu dibenzodioxinler/furanlar (PCDD/F)) artmasına yol açabilir ve filtre tozu devridaimini engelleyebilir
- toz halindeki karbon, kireç ve kalsiyum karbürün sızdırmaz silolarda depolanması ve pnömatik olarak taşınması veya sızdırmaz torbalarda depolanıp transfer edilmesi.

V. Tren veya kamyon boşaltma teknikleri şunları içerir:

- toz emisyonu oluşumu nedeniyle gerekirse, genel olarak kapalı bir tasarıma sahip özel boşaltma ekipmanlarının kullanılması.

VI. Önemli ölçüde toz salımına yol açabilecek kolayca sürüklenbilir malzemeler için bazı teknikler şunları içerir:

- tamamen kapatılabilen ve bir torba filtre tesisine çekim yapabilecek transfer noktaları, titreşimli elekler, kırıcılar, huniler ve benzer ekipmanların kullanılması
- Etkiler tek bir ortamla sınırlı olduğundan ve dökülen malzemenin geri dönüşümü basitleştirildiğinden, dökülen malzemenin temizlenmesi için yıkama yerine merkezi veya yerel vakumlu temizleme sistemlerinin kullanılması.

VII. Cürufaların taşınması ve işlenmesine yönelik teknikler şunları içerir:

- kurutulmuş yüksek fırın cürufu ve çelik cürufları toza neden olabileceğinden, cüruf taşıma ve işleme için taneli cüruf stoklarının nemli tutulması
- toz emisyonlarını azaltmak için verimli çekiş sistemleri ve torba filtreler ile donatılmış kapalı cüruf kırma ekipmanlarının kullanılması.

VIII. Hurda taşıma teknikleri şunları içerir:

- araç hareketlerinden kaynaklanan tozun kalkmasını en aza indirmek için hurdaların örtü altında ve/veya beton zeminlerde depolanması

IX. Malzeme taşıma sırasında dikkate alınması gereken teknikler şunları içerir:

- Halka açık kara yollarından erişim noktalarının en aza indirilmesi
- Çamur ve tozun halka açık yollara taşınmasını önlemek için tekerlek temizleme ekipmanlarının kullanılması
- Malzeme nakliyesi ve yolların temizlenmesi sırasında toz bulutu oluşumunu en aza indirmek için ulaşım yollarına beton veya asfalt gibi sert yüzeylerin uygulanması
- Araçların belirlenen rotalara girişinin çitler, hendekler veya geri dönüştürülmüş cüruf yığınları ile sınırlandırılması
- Tozlu yolların su püskürtülerek ıslatılması (örneğin cüruf taşınırken)
- Dökülmeleri önlemek için nakliye araçlarının aşırı doldurulmaması
- Nakliye araçlarının taşınan malzemeyi kaplayacak şekilde örtülmesinin sağlanması
- Aktarım sayısının en aza indirilmesi
- Kapalı veya muhafazalı konveyörlerin kullanılması
- Mümkün olduğunda, genellikle malzemelerin bir banttı diğerine boşaltılmasıyla sağlanan sahalar genelinde yön değişiklikleriyle malzeme kayıplarını en aza indirmek için boru şeklindeki konveyörlerin kullanılması
- Eriyik metal aktarımı ve pota taşıma için iyi uygulama teknikleri
- Konveyör aktarım noktalarının tozsuzlaştırılması.

9.1.6 Su ve atık su yönetimi

12. Atık su yönetimi için MET, atık su türlerini önlemek, toplamak ve ayırmak, dahili geri dönüşümü en üst düzeye çıkarmak ve her son akış için yeterli bir arıtma kullanmaktır. Bu, örneğin yağ önleyiciler, filtreleme veya çökeltme uygulanan teknikleri içerir. Bu bağlamda, belirtilen ön koşulların mevcut olduğu durumlarda aşağıdaki teknikler kullanılabilir:

- Üretim hatlarında içme suyunun kullanılmaması
- Yeni tesisler inşa ederken veya mevcut tesisleri modernize ederken/yenilerken su devridaim sistemlerinin sayısının ve/veya kapasitesinin artırılması
- Alınan tatlı suyun dağıtımının merkezileştirilmesi
- Parametreler yasal veya teknik sınırlarına ulaşana kadar suyun kademeli olarak kullanılması
- Suyun yalnızca tek bir parametresi etkileniyorsa ve ek kullanım mümkünse, suyun diğer tesislerde kullanılması
- Arıtılmış ve arıtılmamış atık suların ayrı tutulması; bu önlemlerle, atık suyu makul bir maliyetle farklı şekillerde bertaraf etmek mümkündür.
- Mümkün olduğunca yağmur suyunun kullanılması.

Uygulanabilirlik

Entegre bir çelik fabrikasında su yönetimi başta tatlı suyun mevcudiyeti ve kalitesi olmak üzere yerel koşullara ve yasal gerekliliklere bağlıdır. Mevcut tesislerde, su devrelerinin mevcut konfigürasyonu uygulanabilirliği sınırlayabilir.

9.1.7 İzleme

13. MET, prosesleri çevrim içi olarak sürekli olarak ayarlayarak ve optimize ederek ve istikrarlı ve sorunsuz işleyişi sağlayarak enerji verimliliğini artırmak, verimi maksimize etmek ve bakım uygulamalarını iyileştirmek için modern bilgisayarlı sistemler aracılığıyla prosesleri kontrol odalarından yönlendirmek için gerekli tüm ilgili parametreleri ölçmek veya değerlendirmektedir.

14. MET, MET-İES'lerin verildiği durumlarda Bölüm 1.2 – 1.7 arasında yer alan tüm proseslerden ve demir-çelik fabrikalarındaki proses gazı yakılan enerji santrallerinden kaynaklanan kirleticilerin baca emisyonlarını ölçmektedir.

MET, asgari olarak aşağıdakiler için sürekli ölçümler yapmaktır:

- sinter bantlarından kaynaklanan birincil toz, azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO_2) emisyonları
- peletleme tesislerinin sertleştirme bantlarından kaynaklanan azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO_2) emisyonları
- yüksek fırın döküm hollerinden kaynaklanan toz emisyonları
- bazik oksijen fırınlarından kaynaklanan ikincil toz emisyonları
- enerji santrallerinden kaynaklanan azot oksit (NO_x) emisyonları
- büyük elektrik ark fırınlarından kaynaklanan toz emisyonları.

Diğer emisyonlar için MET, kütle akışına ve emisyon özelliklerine bağlı olarak sürekli emisyon izlemenin değerlendirilmesidir.

15. MET 14'te belirtilmeyen ilgili emisyon kaynakları için MET, Bölüm 1.2 – 1.7 arasında yer alan tüm proseslerden ve demir-çelik fabrikalarındaki proses gazıyla çalışan enerji santrallerinden kaynaklanan kirleticili emisyonlarını ve ilgili tüm proses gazı bileşenlerini/kirleticileri periyodik olarak ve kesintili olarak ölçmektir. Bu, proses gazlarının, baca emisyonlarının, poliklorlu dibenzodioksinlerin

/furanların (PCDD/F) kesintili olarak izlenmesini ve atık su deşarjının izlenmesini içerir, ancak yaygın emisyonların izlenmesini içermez (bkz. MET 16).

Açıklama (MET 14 ve 15 ile ilgili)

Proses gazlarının izlenmesi, proses gazlarının bileşimi ve proses gazlarının yanmasından kaynaklanan toz, ağır metal ve SO_x emisyonları gibi dolaylı emisyonlar hakkında bilgi sağlar.

Baca emisyonları, temsili emisyon değerleri elde etmek için, ilgili kanalizasyon emisyon kaynaklarında yeterince uzun bir süre boyunca düzenli, periyodik süreksiz ölçümler yapılarak ölçülebilir.

Atık su deşarjının izlenmesi amacıyla su ve atık sudan numune almak ve bunları analiz etmek için çok çeşitli standartlaştırılmış prosedürler mevcuttur. Örneğin:

- atık su akışından alınan tek bir numuneyi ifade eden rastgele bir numune
- belirli bir süre boyunca sürekli olarak alınan bir numuneyi veya belirli bir süre boyunca sürekli veya süreksiz olarak alınan ve harmanlanan birkaç numuneden oluşan bir numuneyi ifade eden kompozit numune
- en az iki dakika aralıklarla en fazla iki saatlik bir süre içinde alınıp harmanlanan ve en az beş rastgele numuneden oluşan bir kompozit numuneyi ifade eden nitelikli rastgele numune.

İzleme, ilgili EN veya ISO standartlarına göre yapılmalıdır. EN veya ISO standartları mevcut değilse, eş değer bilimsel nitelikteki verilerin sunulmasını sağlayan ulusal ya da diğer uluslararası standartlar kullanılmalıdır.

- 16. MET, aşağıda belirtilen yöntemlerle, ilgili kaynaklardan çıkan yaygın emisyonların miktarını belirlemektir. Mümkün olduğunda, doğrudan ölçüm yöntemleri, dolaylı yöntemlere veya emisyon faktörleri ile yapılan hesaplamalara dayanan değerlendirmelere tercih edilir.**

- Emisyonların kaynağında ölçüldüğü doğrudan ölçüm yöntemleri. Bu durumda, konsantrasyon ve kütle akışları ölçülebilir veya belirlenebilir.
- Emisyon belirlemesinin kaynaktan belirli bir mesafede yapıldığı dolaylı ölçüm yöntemleri; konsantrasyonların ve kütle akışının doğrudan ölçümü mümkün değildir.
- Emisyon faktörleri ile hesaplama.

Açıklama

Doğrudan veya yarı doğrudan ölçüm

Doğrudan ölçümler, rüzgar tünellerinde, davlumbazlarla veya yarı emisyon ölçümü gibi diğer yöntemlerle (örneğin bir endüstriyel tesisin çatısında) yapılan ölçümlerdir. Bu durumda, rüzgar hızı ve çatı hattı havalandırmasının alanı ölçülür ve bir debi hesaplanır. Çatı hattı havalandırmasının ölçüm düzleminin enine kesiti, aynı yüzey alanına sahip bölümlere ayrılır (ızgara ölçümü).

Dolaylı ölçümler

Dolaylı ölçüm örnekleri arasında izleyici gazların kullanımı, ters yayılım modelleme (RDM) yöntemleri ve Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini (LIDAR) ile uygulanan kütle denkliği yöntemi yer alır.

Emisyon faktörleri ile emisyonların hesaplanması

Dökme malzemelerin depolanması ve taşınmasından kaynaklanan yaygın toz emisyonlarının tahmini ve trafik hareketlerinden dolayı tozların yollardan havaya kalkması için emisyon faktörlerini kullanan yönergeler şunlardır:

- VDI 3790 Bölüm 3
- US EPA AP 42

9.1.8 Hizmetten çıkarma**17. MET, aşağıda listelenen gerekli teknikleri kullanarak hizmetten çıkarma sonrasında kirliliği önlemektir.**

Kullanım ömrü sonunda tesisin hizmetten çıkarılmasına ilişkin tasarım hususları:

- I. İleri görüşlülük mevcut tesisin hizmetten çıkarılmasını daha kolay, temiz ve ucuz hale getireceğinden, yeni bir tesis tasarlama aşamasında birimin nihayetinde hizmetten çıkarıldığı zaman meydana gelecek çevresel etkilerin göz önüne alınması
- II. Tesisin hizmetten çıkarılması, arazi (ve yer altı suları) için kontaminasyon riski teşkil eder ve büyük miktarlarda katı atık üretimine sebep olur; önleyici teknikler prosese özgüdür ancak genel hususlar şunları içerebilir:
 - i. Yer altı yapılarından kaçınmak
 - ii. Parçaların sökülmesini kolaylaştıran özelliklere yer vermek
 - iii. Kontaminasyondan kolayca arındırılacak bitişli yüzeyler tercih etmek
 - iv. İçeride kalabilecek kimyasalları en aza indiren ve giderden akmayı veya temizliği kolaylaştıran bir ekipman konfigürasyonu kullanmak
 - v. Aşamalı olarak kapanması mümkün olan, bağımsız ve esnek birimler tasarlamak
 - vi. Mümkün olduğu takdirde biyobozunur ve geri dönüştürülebilir materyaller kullanmak.

9.1.9 Gürültü**18. MET, yerel koşullara bağlı olarak aşağıdaki tekniklerden bir veya daha fazlasını kullanarak demir ve çelik üretim proseslerinde ilgili kaynaklardan yayılan gürültü emisyonlarını azaltmaktır:**

- Bir gürültü azaltma stratejisinin uygulanması
- Gürültülü işlemlerin/ünitelerin kapatılarak yalıtılması
- İşlemlerin/ünitelerin titreşim yalıtımının yapılması
- Darbe emici malzemeden yapılmış iç ve dış astarın kullanımı
- Malzeme dönüştürme teçhizatını ilgilendiren işlemlerin gerçekleştirildiği binaların ses geçirmez hale getirilmesi
- Gürültü koruma duvarlarının inşa edilmesi (örneğin korunan alan ile gürültülü faaliyet arasında büyüyen ağaçlar ve çalılar gibi doğal engellerin yerleştirilmesi veya binaların inşa edilmesi)
- Egzoz bacalarında susturucuların kullanılması
- Ses yalıtımlı binalarda yer alan kanalların ve son üfleyicilerin yalıtılması
- Kapalı alanların kapı ve pencerelerinin kapatılması.

9.2 Sinter Tesisleri için MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm sinter tesislerinde uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

19. Harmanlama/karıştırma için MET, nem içeriğini ayarlayarak ve ince malzemeleri topaklaştırarak yaygın toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır (ayrıca bkz. MET 11).
20. Sinter tesislerinden kaynaklanan birincil emisyonlar için MET, sinter bandı atık gazından kaynaklanan toz emisyonlarını bir torba filtre aracılığıyla azaltmaktır.

Mevcut tesisler için birincil emisyonlara ilişkin MET, torba filtrelerin uygulanamadığı durumlarda gelişmiş elektrostatik filtreler kullanarak sinter bandı atık gazından kaynaklanan toz emisyonlarını azaltmaktır.

Toz için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, günlük ortalama değer olarak torba filtre için $<1 - 15 \text{ mg/Nm}^3$ ve gelişmiş elektrostatik filtre için $<20 - 40 \text{ mg/Nm}^3$ tür (bu değerleri elde edecek şekilde tasarlanmalı ve çalıştırılmalıdır).

Torba Filtre

Açıklama

Sinter tesislerinde kullanılan torba filtreler genellikle mevcut bir elektrostatik filtre veya siklondan sonra akış yönünde uygulanır ancak bağımsız bir cihaz olarak da çalıştırılabilir.

Uygulanabilirlik

Mevcut tesisler için, elektrostatik filtrenin akış yönünde kurulum için alan gibi gereksinimler söz konusu olabilir. Mevcut elektrostatik filtrenin yaşına ve performansına özellikle dikkat edilmelidir.

Gelişmiş elektrostatik filtre

Açıklama

Gelişmiş elektrostatik filtreler, aşağıdaki özelliklerden biri veya birkaçına sahiptir:

- iyi proses kontrolü
- ek elektrik alanları
- elektrik alanının uyarlanan gücü
- uyarlanan nem içeriği
- katkı maddeleri ile şartlandırma
- daha yüksek veya değişken darbeli voltajlar
- hızlı reaksiyon voltajı
- yüksek enerji darbesi üst üste bindirme
- hareketli elektrotlar
- elektrot plakası mesafesinin artırılması veya azaltım etkinliğini artıran diğer özellikler.

21. Sinter bantlarından kaynaklanan birincil emisyonlar için MET, düşük cıva içeriğine sahip ham maddeler seçerek cıva emisyonlarını önlemek veya azaltmak (bkz. MET 7) veya atık gazları aktif karbon veya aktif linyit kok enjeksiyonu ile birlikte arıtmaktır.

Cıva için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak $<0,03 - 0,05 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür (süreksiz ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

22. Sinter bantlarından kaynaklanan birincil emisyonlar için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak kükürt oksit (SO_x) emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Düşük kükürt içeriğine sahip kok mıcırını kullanılarak kükürt girdisinin düşürülmesi
- II. Kok mıcırını tüketimini en aza indirerek kükürt girdisinin düşürülmesi
- III. Düşük kükürt içeriğine sahip demir cevheri kullanılarak kükürt girdisinin düşürülmesi
- IV. Torba filtre ile tozsuzlaştırmadan önce sinter bandının atık gaz kanalına yeterli adsorpsiyon maddelerinin enjeksiyonu (**bkz. MET 20**)
- V. ıslak kükürt giderme veya rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi (uygulama için ön koşullar özellikle dikkate alınarak).

MET I – IV kullanılarak kükürt oksitler (SO_x) için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, kükürt dioksit (SO_2) olarak ifade edilen ve alt değer MET IV ile ilişkili olmak üzere günlük ortalama değer olarak belirlenen $<350 - 500 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

MET V kullanılarak kükürt oksitler (SO_x) için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, kükürt dioksit (SO_2) olarak ifade edilen ve günlük ortalama değer olarak belirlenen $<100 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

MET V altında belirtilen RAC prosesinin açıklaması

Kuru kükürt giderme teknikleri, SO_2 'nin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonuna dayanır. SO_2 yüklü aktif karbon rejenere edildiğinde, bu prosese rejeneratif aktif karbon (RAC) adı verilir. Bu durumda yüksek kaliteli ve pahalı bir aktif karbon türü kullanılabilir ve yan ürün olarak sülfürik asit (H_2SO_4) elde edilir. Yatak su ile veya termal olarak rejenere edilir. Bazı durumlarda, mevcut bir kükürt giderme ünitesinin akış yönünde 'ince ayar' yapılması için linyit bazlı aktif karbon kullanılır. Bu durumda, SO_2 yüklü aktif karbon genellikle kontrollü koşullar altında yakılır.

RAC sistemi tek aşamalı veya iki aşamalı bir proses olarak geliştirilebilir.

Tek aşamalı proseste, atık gazlar bir aktif karbon yatağından geçirilir ve kirleticiler aktif karbon tarafından adsorbe edilir. Ayrıca, NO_x giderimi yalnızca, katalizör yatağından önce gaz akışına amonyak (NH_3) enjekte edildiğinde gerçekleşir.

İki aşamalı proseste, atık gazlar iki aktif karbon yatağından geçirilir. NO_x emisyonlarını azaltmak için yataktan önce amonyak enjekte edilebilir.

MET V kapsamında belirtilen tekniklerin uygulanabilirliği

Islak kükürt giderme: Alan gereksinimleri önemli olabilir ve uygulanabilirliği kısıtlayabilir. Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri ve çamur üretimi ve bertarafı ve ek atık su arıtma önlemleri gibi önemli çapraz ortam etkileri dikkate alınmalıdır. Bu teknik, bu belgenin yazıldığı sırada Avrupa'da kullanılmamaktadır, ancak diğer tekniklerin uygulanmasıyla çevresel kalite standartlarının karşılanması olası olmadığı durumlarda bir seçenek olabilir.

RAC: Giriş toz konsantrasyonunu azaltmak için RAC prosesinden önce toz azaltma sistemi kurulmalıdır. Genel olarak, özellikle birden fazla sinter bandı olan bir saha için bu teknik dikkate alınırken tesis yerleşimi ve alan gereksinimleri önemli faktörlerdir.

Özellikle yüksek kaliteli ve pahalı aktif karbon türlerinin kullanılabileceği ve sülfürik asit tesisine ihtiyaç duyulan durumlarda, yüksek yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınmalıdır. Bu teknik, bu belgenin yazıldığı sırada Avrupa'da kullanılmamaktadır, ancak diğer tekniklerin uygulanmasıyla çevresel kalite standartlarının karşılanmasının olası olmadığı durumlarda ve aynı anda SO_x, NO_x, toz ve PCDD/F'yi hedef alan yeni tesislerde bir seçenek olabilir.

23. Sinter bantlarından kaynaklanan birincil emisyonlar için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını birlikte kullanarak toplam azot oksit (NO_x) emisyonlarını azaltmaktır:

I. şunları içerebilecek prosese entegre tedbirler:

- i. atık gaz devridaimi
- ii. antrasit kullanımı veya ateşleme için düşük NO_x brülörlerinin kullanımı gibi diğer birincil önlemler

II. şunları içerebilen boru sonu teknikleri:

- i. rejeneratif aktif karbon (RAC) prosesi
- ii. seçici katalitik indirgeme (SCR).

Proses entegre önlemleri kullanılarak azot oksitler (NO_x) için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, azot dioksit (NO₂) olarak ifade edilen ve günlük ortalama değer olarak belirlenen <500 mg/Nm³'tür.

RAC kullanılarak azot oksitler (NO_x) için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, %15 oksijen içeriğinde azot dioksit (NO₂) olarak ifade edilen ve günlük ortalama değerler olarak belirlenen <250 mg/Nm³ ve SCR kullanıldığında <120 mg/Nm³'tür.

MET I.i kapsamında atık gaz devridaiminin tanımı

Atık gazın kısmi geri dönüşümünde, sinter atık gazının bazı kısımları sinterleme prosesine geri gönderilir. Tüm banttın çıkan atık gazın kısmi olarak geri dönüştürülmesi, öncelikle atık gaz akışını ve dolayısıyla büyük kirleticilerin kütsel emisyonlarını azaltmak için geliştirilmiştir. Ayrıca, enerji tüketiminde azalmaya yol açabilir. Atık gaz devridaiminin uygulanması, sinter kalitesinin ve verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için özel çaba gerektirir. Çalışanların karbonmonoksit zehirlenmesini önlemek için devridaim atık gazındaki karbonmonoksit (CO) özel dikkat gösterilmelidir. Aşağıdakiler gibi çeşitli prosesler geliştirilmiştir:

- tüm banttın çıkan atık gazın kısmi geri dönüşümü
- uç sinter bandından çıkan atık gazın ısı değişimiyle geri dönüşümü
 - uç sinter bandının bir kısmından atık gazın geri dönüştürülmesi ve sinter soğutucudan çıkan atık gazın kullanılması
 - atık gaz kısımlarının sinter bandının diğer bölümlerine geri döndürülmesi

MET I.i'in uygulanabilirliği

Bu tekniğin uygulanabilirliği sahaya özeldir. Sinter kalitesinin ve bant verimliliğinin olumsuz etkilenmemesini sağlamak için birlikte uygulanacak önlemler (soğuk mekanik mukavemet) değerlendirilmelidir. Yerel koşullara bağlı olarak, bunlar nispeten küçük ve uygulanması kolay önlemler olabilir veya tam tersine, daha temel nitelikte olabilir ve uygulanmaları maliyetli ve zor olabilir. Her halükarda, bu teknik uygulamaya koyulacağı zaman bantın çalışma koşulları gözden geçirilmelidir.

Mevcut tesislerde, alan kısıtlamaları nedeniyle atık gazın kısmi geri dönüşümü mümkün olmayabilir.

Bu tekniğin uygulanabilirliğinin belirlenmesi açısından önemli hususlar şunları içerir:

- bandın ilk konfigürasyonu (örneğin ikili veya tekli emiş kasası kanalları, yeni ekipman için uygun alan ve gerektiğinde bandın uzatılması)
- mevcut ekipmanların ilk tasarımı (örneğin fanlar, gaz temizleme ve sinter eleme ve soğutma cihazları)
- başlangıçtaki çalışma koşulları (örneğin ham maddeler, katman yüksekliği, emme basıncı, karışımdaki sönmemiş kireç oranı, özgül debi, beslemede geri döndürülen tesis içi malzemelerin oranı)
- verimlilik ve katı yakıt tüketimi açısından mevcut performans
- sinterin baziklik endeksi ve yüksek fırındaki yükün bileşimi (örneğin, yükteki sinter ve pelet oranları, bu bileşenlerin demir içeriği).

MET Lii kapsamındaki diğer birincil önlemlerin uygulanabilirliği

Antrasit kullanımı, kok mıcırına kıyasla daha düşük azot içeriğine sahip antrasitlerin mevcudiyetine bağlıdır.

MET II.i kapsamında RAC prosesinin açıklaması ve uygulanabilirliği için bkz. MET 22.

MET II.ii kapsamında SCR prosesinin uygulanabilirliği

SCR, yüksek tozlu sistem, düşük tozlu sistem ve temiz gaz sistemi olarak uygulanabilir. Şu ana kadar sinter tesislerinde sadece temiz gaz sistemleri (tozsuzlaştırma ve kükürt giderme sistemlerinden sonra) uygulanmıştır. Gazda toz (<40 mg toz/Nm³) ve ağır metallerin miktarının düşük olması şarttır çünkü bunlar katalizör yüzeyini etkisiz hale getirebilir. Ayrıca, katalizörden önce kükürt giderme gerekli olabilir. Diğer bir ön koşul, yaklaşık 300 °C'lik minimum çıkış gazı sıcaklığıdır. Bu bir enerji girişi gerektirir.

Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri, katalizör rejenerasyon ihtiyacı, NH₃ tüketimi ve geçişi, patlayıcı amonyum nitratin (NH₄NO₃) birikmesi, aşındırıcı SO₃'ün oluşumu ve sinter prosesinden duyulur ısıнын geri kazanılması olanaklarını azaltabilen yeniden ısıtma için gereken ek enerji, uygulanabilirliği kısıtlayabilir. Bu teknik, diğer tekniklerin uygulanmasıyla çevresel kalite standartlarının karşılanması olası olmadığı durumlarda bir seçenek olabilir.

24. Sinter bantlarından yayılan birincil emisyonlar için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak poliklorlu dibenzodioksinler/furanların (PCDD/F) ve poliklorlu bifenillerin (PCB) emisyonlarını önlemek ve/veya azaltmaktır:

- I. poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) ve poliklorlu bifeniller (PCB) veya bunların öncüllerini içeren ham maddelerden mümkün olduğunca kaçınılması (**bkz. MET 7**)
- II. azot bileşiklerinin eklenmesiyle poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) oluşumunun baskılanması
- III. atık gaz devridaimi (açıklama ve uygulanabilirlik için **bkz. MET 23**).

25. Sinter bantlarından kaynaklanan birincil emisyonlar için MET, bir torba filtreyle veya torba filtrelerin uygulanmadığı durumlarda gelişmiş elektrostatik filtrelerle tozsuzlaştırmadan önce sinter bandının atık gaz kanalına yeterli adsorpsiyon maddeleri enjekte ederek poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) ve poliklorlu bifenillerin (PCB) emisyonlarını azaltmaktır (bkz. MET 20).

Poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, kararlı durum koşulları altında 6 – 8 saatlik rastgele bir numune için belirlenen, torba filtre için <0,05 – 0,2 ng I-TEQ/Nm³ ve gelişmiş elektrostatik filtre için <0,2 – 0,4 ng-I-TEQ/Nm³tür.

26. Sinter bandı boşaltma, sinter kırma, soğutma, eleme ve konveyör aktarma noktalarından kaynaklanan ikincil emisyonlar için MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunu kullanarak toz emisyonlarını önlemek ve/veya verimli bir çekiş sağlamak ve ardından toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. davlumbaz ve/veya muhafaza kullanımı
- II. elektrostatik filtre veya torba filtre kullanımı.

Toz için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, günlük ortalama değer olarak belirlenen, torba filtre için $<10 \text{ mg/Nm}^3$ ve gelişmiş elektrostatik filtre için $<30 \text{ mg/Nm}^3$ tür.

Su ve atık su

27. MET, tek geçişli soğutma sistemleri kullanılmadığı sürece soğutma suyunu mümkün olduğunca geri dönüştürerek sinter tesislerinde su tüketimini en aza indirmektir.
28. MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunu kullanarak deşarjdan önce soğutma suyu hariç olmak üzere, durulama suyunun kullanıldığı veya ıslak atık gaz arıtma sisteminin uygulandığı sinter tesislerinden çıkan atık suyu arıtmaktır:

- I. Ağır metal çökeltme
- II. Nötralizasyon
- III. Kumla filtreleme.

Nitelikli bir rastgele numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı olarak MET ile ilişkili emisyon seviyeleri şunlardır:

- askıda katı maddeler $<30 \text{ mg/l}$
- kimyasal oksijen ihtiyacı ($\text{KOİ}^{(1)}$) $<100 \text{ mg/l}$
- ağır metaller $<0,1 \text{ mg/l}$
(arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), cıva (Hg), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) toplamı).

⁽¹⁾ Bazı durumlarda KOİ yerine TOC ölçülür (KOİ analizinde kullanılan HgCl_2 'den kaçınmak için). KOİ ve TOC arasındaki korelasyon, her sinter tesisi için duruma göre detaylandırılmalıdır. KOİ/TOC oranı yaklaşık olarak iki ila dört arasında değişebilir.

Üretim artıkları

29. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak sinter tesislerinde atık oluşumunu önlemektir (bkz. MET 8):

- I. ağır metaller, alkali veya klorürle zenginleştirilmiş ince toz fraksiyonlarını (örneğin son elektrostatik filtre alanından çıkan toz) hariç tutarak artıkların seçici saha içi geri dönüşümüyle sinter prosesine geri döndürülmesi
- II. saha içinde geri dönüşüm engellendiğinde harici geri dönüşüm.

MET, ne önlenebilen ne de geri dönüştürülebilen sinter tesisi proses artıklarını kontrollü bir şekilde yönetmektir.

30. MET, sinter bandından ve entegre çelik fabrikalarındaki diğer proseslerden demir ve karbon içeren toz, çamur ve hadde tufalleri gibi yağ içerebilecek artıkların yağ içeriğini dikkate alarak sinter bandına mümkün olduğunca geri döndürülmesini sağlamaktır.

31. MET, geri dönüştürülen proses artıklarının uygun seçimi ve ön arıtımı yoluyla sinter beslemesinin hidrokarbon içeriğini düşürmektir.

Her durumda, geri dönüştürülen proses artıklarının yağ içeriği <%0,5 ve sinter besleme içeriği <%0,1 olmalıdır.

Açıklama

Hidrokarbon girişi, özellikle yağ girişinin azaltılmasıyla en aza indirilebilir. Yağ, sinter beslemesine esas olarak hadde tufalinin eklenmesiyle girer. Hadde tufalinin yağ içeriği, kaynağına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebilir.

Tozlar yoluyla yağ girişini en aza indirmeye yönelik teknikler şunları içerir:

- Sadece düşük yağ içeriğine sahip tozları ve hadde tufalini ayırıp seçerek yağ girişinin sınırlandırılması
- Haddehanelerde "iyi temizlik" tekniklerinin kullanılması, hadde tufalinin kirleticisi yağ içeriğinde önemli bir azalma sağlayabilir
- Hadde tufalinin aşağıdaki yöntemlerle yağdan arındırılması:
 - Hadde tufalinin yaklaşık 800 °C'ye ısıtılmasıyla yağ hidrokarbonları buharlaşır ve temiz hadde tufali elde edilir; buharlaşan hidrokarbonlar yakılabilir.
 - Bir çözücü kullanarak hadde tufalinden yağı çıkarılması.

Enerji

32. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak sinter tesislerinde enerji tüketimini azaltmaktır:

- I. Sinter soğutucu atık gazından duyulur ısının geri kazanılması
- II. Mümkünse sinterleme ızgarası atık gazından duyulur ısının geri kazanılması
- III. Duyulur ısıyı kullanmak için atık gazların devridaiminin en üst düzeye çıkarılması (açıklama ve uygulanabilirlik için **bkz. MET 23**).

Açıklama

Sinter tesislerinden potansiyel olarak yeniden kullanılabilir iki tür atık enerji boşaltılır:

- Sinterleme makinelerinin atık gazlarındaki duyulur ısı
- Sinter soğutucudan gelen soğutma havasının duyulur ısısı.

Kısmi atık gaz devridaimi, sinterleme makinelerinin atık gazlarından ısı geri kazanımının özel bir örneğidir ve MET 23'te ele alınmaktadır. Duyulur ısı, devridaim edilen sıcak gazlar tarafından doğrudan sinter yatağına geri aktarılır. Bu belgenin yazıldığı dönem itibarıyla (2010) bu, atık gazlardan ısıyı geri kazanmanın tek pratik yöntemidir.

Sinter soğutucudan gelen sıcak havadaki duyulur ısı, aşağıdaki yollardan biri veya birkaçı ile geri kazanılabilir:

- demir-çelik fabrikalarında kullanılmak üzere bir atık ısı kazanında buhar üretimi
- bölgesel ısıtma için sıcak su üretimi
- sinter tesisinin ateşleme davlumbazındaki yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması
- sinter ham karışımının ön ısıtmaya tabi tutulması
- sinter soğutucu gazların bir atık gaz devridaim sisteminde kullanılması.

Uygulanabilirlik

Bazı tesislerde mevcut konfigürasyon, sinter atık gazlarından veya sinter soğutucu atık gazından ısı geri kazanım maliyetlerinin çok yüksek olmasına neden olabilir.

Bir ısı eşanjörü vasıtasıyla atık gazlardan ısının geri kazanılması, kabul edilemez yoğunlaşma ve korozyon sorunlarına yol açar.

9.3 Peletleme Tesisleri için MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm peletleme tesislerinde uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

33. MET, aşağıdakilerden kaynaklanan atık gazlardaki toz emisyonlarını azaltmaktır:

- ham madde ön işlemleri, kurutma, öğütme, ıslatma, karıştırma ve top haline getirme;
- sertleşme bandı ve
- pelet taşıma ve eleme

Bunun için aşağıdaki tekniklerin biri veya birkaçı kullanılabilir:

- I. bir elektrostatik filtre
- II. bir torba filtre
- III. bir ıslak yıkayıcı

Toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, günlük ortalama değerler olarak belirlenen, kırma, öğütme ve kurutma için $<20 \text{ mg/Nm}^3$ ve diğer tüm proses adımları için veya tüm atık gazların birlikte artıldığı durumlarda $<10 - 15 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

34. MET, aşağıdaki tekniklerden birini kullanarak sertleştirme bandı atık gazındaki kükürt oksit (SO_x), hidrojen klorür (HCl) ve hidrojen florür (HF) emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Bir ıslak yıkayıcı
- II. Müteakip bir toz giderme sistemi ile yarı kuru soğurma.

Bu bileşikler için günlük ortalama değerler olarak belirlenen **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- Kükürt dioksit (SO_x) olarak ifade edilen kükürt oksitler (SO_2) $<30 - 50 \text{ mg/Nm}^3$
- Hidrojen florür (HF) $<1 - 3 \text{ mg/Nm}^3$
- Hidrojen klorür (HCl) $<1 - 3 \text{ mg/Nm}^3$.

35. MET, prosese entegre teknikler uygulayarak kurutma ve öğütme bölümünden ve sertleştirme bandı atık gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarını azaltmaktır.

Açıklama

Duruma özel çözümlerle tesis tasarımı, tüm yakma bölümlerinden kaynaklanan düşük azot oksit (NO_x) emisyonları için optimize edilmelidir. Termal NO_x 'in oluşumunun azaltılması, brülörlerdeki (tepe) sıcaklığını düşürerek ve yanma havasındaki fazla oksijeni azaltarak başarılabilir. Ayrıca, düşük enerji kullanımı ve yakıtta (kömür ve yağ) düşük azot içeriği ile daha düşük NO_x emisyonları elde edilebilir.

36. Mevcut tesisler için MET, aşağıdaki tekniklerden birini uygulayarak kurutma ve öğütme bölümünden ve sertleştirme bandı atık gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Boru sonu tekniği olarak seçici katalitik indirgeme (SCR)
- II. En az %80 NO_x azaltma verimliliğine sahip diğer herhangi bir teknik.

Uygulanabilirlik

Hem düz ızgaralı hem de ızgaralı fırın sistemleri olan mevcut tesisler için, bir SCR reaktörüne uygun gerekli çalışma koşullarını sağlamak zordur. Yüksek maliyetler nedeniyle, bu boru sonu teknikleri, yalnızca çevresel kalite standartlarının başka türlü karşılanmasının muhtemel olmadığı durumlarda düşünülmelidir.

37. Yeni tesisler için MET, bir boru sonu tekniği olarak seçici katalitik indirgeme (SCR) uygulayarak kurutma ve öğütme bölümünden ve sertleştirme bandı atık gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarını azaltmaktır.

Su ve atık su

38. Peletleme tesisleri için MET, su tüketimini ve gaz yıkama, ıslak durulama ve soğutma suyunun deşarjını en aza indirmek ve bu suları mümkün olduğunca yeniden kullanmaktır.
39. Peletleme tesisleri için MET, aşağıdaki tekniklerin bir kombinasyonunu kullanarak atık suyu deşarjdan önce arıtmaktır:

- I. Nötralizasyon
- II. Yumaklaştırma
- III. Çökeltme
- IV. Kumla filtreleme
- V. Ağır metal çökeltme.

Nitelikli bir rastgele numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı olarak **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- askıda katı maddeler <50 mg/l
- kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ⁽¹⁾) <160 mg/l
- Kjeldahl azotu <45 mg/l
- ağır metaller <0,55 mg/l
(arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), cıva (Hg), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn) toplamı).

⁽¹⁾ Bazı durumlarda KOİ yerine TOC ölçülür (KOİ analizinde kullanılan HgCl₂'den kaçınmak için). KOİ ve TOC arasındaki korelasyon, her peletleme tesisi için duruma göre detaylandırılmalıdır. KOİ/TOC oranı yaklaşık olarak iki ila dört arasında değişebilir.

Üretim artıkları

40. MET, artıkların (yani, küçük boyutlu yeşil ve ısıl işlem görmüş peletler) saha içinde etkili geri dönüşümü veya yeniden kullanımı yoluyla peletleme tesislerinden atık oluşumunun önlenmesidir.

MET, kaçınılması ya da geri dönüştürülmesi mümkün olmayan pelet tesisi proses artıklarını (yani atık su arıtımından kaynaklanan çamuru) kontrollü bir şekilde yönetmektir.

Enerji

41. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak peletleme tesislerinde termal enerji tüketimini azaltmak/en aza indirmektir:
- I. sertleştirme bandının farklı bölümlerinden çıkan duyulur ısıнын mümkün olduğu kadar prosese entegre yeniden kullanımı

- II. fazla atık ısının dahili ısıtma şebekelerinde veya üçüncü bir taraftan talep olması halinde harici ısıtma şebekelerinde kullanılması.

Açıklama

Birincil soğutma bölümünden gelen sıcak hava, fırınlama bölümünde ikincil yanma havası olarak kullanılabilir. Buna karşılık, fırınlama bölümünden gelen ısı, sertleştirme bandının kurutma bölümünde kullanılabilir. İkincil soğutma bölümünden gelen ısı da kurutma bölümünde kullanılabilir.

Soğutma bölümünden çıkan fazla ısı, kurutma ve öğütme ünitesinin kurutma odalarında kullanılabilir. Sıcak hava, ‘sıcak hava devridaim kanalı’ adı verilen yalıtılmış bir boru hattı aracılığıyla taşınır.

Uygulanabilirlik

Duyulur ısının geri kazanılması, peletleme tesislerinin prosese entegre bir parçasıdır. ‘Sıcak hava devridaim kanalı’, karşılaştırılabilir bir tasarıma ve yeterli bir duyulur ısı kaynağına sahip mevcut tesislerde uygulanabilir.

Üçüncü bir tarafın iş birliği ve mutabakatı, işletmecinin kontrolünde olmayabilir ve bu nedenle izin kapsamında olmayabilir.

9.4 Kok Fırını Tesisleri için MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm kok fırını tesislerinde uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

- 42. Kömür öğütme tesisleri için MET (kırma, öğütme, toz haline getirme ve eleme dahil kömür hazırlama), aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır:**

- I. bina ve/veya cihaz muhafazaları (kırıcı, öğütücü, elekler) ve
- II. verimli çekiş ve ardından kuru toz giderme sistemlerinin kullanılması.

Toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak $<10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

- 43. Toz kömürün depolanması ve taşınması için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak yaygın toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır:**

- I. toz haline getirilmiş malzemelerin bunkerlerde ve depolarda depolanması
- II. kapalı veya muhafazalı konveyörlerin kullanılması
- III. tesis büyüklüğüne ve yapısına bağlı olarak düşme yüksekliklerinin en aza indirilmesi
- IV. kömür kulesinin ve yükleme aracının yüklenmesinden kaynaklanan emisyonların azaltılması
- V. verimli çekiş ve müteakip tozsuzlaştırma sistemlerinin kullanılması.

MET V kullanılırken, toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak $<10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

- 44. MET, kok fırını odalarını emisyonu azaltılmış yükleme sistemleriyle yüklemektir.**

Açıklama

Bütünleşik bir bakış açısıyla, ‘dumansız’ yükleme veya çift yükselme boruları veya aktarma boruları ile sıralı yükleme tercih edilen yükleme türleridir, çünkü tüm gazlar ve tozlar kok fırını gazı arıtmasının bir parçası olarak arıtılır.

Ancak, gazlar çekilir ve kok fırınının dışında arıtılırsa, çekilen gazların karada arıtılmasıyla yükleme tercih edilen yöntemdir. Arıtma, organik bileşikler azaltmak için emisyonların verimli bir şekilde çıkarılmasını ve müteakip yakmayı ve partikülleri azaltmak için bir torba filtrenin kullanılmasını içermelidir.

Çekilen gazların karada arıtıldığı kömür yükleme sistemlerinden çıkan toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak $<5 \text{ g/t}$ kok eş değeri $<50 \text{ mg/Nm}^3$ tür (sürekli olmayan ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

Yüklemeden kaynaklanan görünür emisyonların MET ile ilişkili süresi, MET 46’da açıklanan bir izleme yöntemi kullanılarak aylık ortalama olarak yükleme başına <30 saniyedir.

- 45. Koklaştırma için MET, koklaştırma sırasında kok fırını gazını (KFG) mümkün olduğunca çekmektir.**

- 46. Kok tesisleri için MET, aşağıdaki teknikleri kullanarak sürekli ve kesintisiz kok üretimi sağlayarak emisyonları azaltmaktır:**

- I. Fırın odalarının, fırın kapılarının ve kasa contalarının, yükselme borularının, yükleme deliklerinin ve diğer ekipmanların kapsamlı bakımı (özel olarak eğitilmiş tespit ve bakım personeli tarafından sistematik bir program yürütülmelidir)
- II. Güçlü sıcaklık dalgalanmalarından kaçınmak
- III. Kok fırınının kapsamlı olarak gözlemlenmesi ve izlenmesi
- IV. Taşımadan sonra kapıların, kasa contalarının, yükleme deliklerinin, kapakların ve yükselme borularının temizlenmesi (yeni ve bazen mevcut tesislerde uygulanabilir)
- V. Kok fırınlarında serbest gaz akışının sağlanması
- VI. Koklaştırma sırasında yeterli basınç düzenlemesi ve yaylı esnek sızdırmaz kapıların veya bıçak sırtı kapıların uygulanması (≤ 5 m yüksekliğinde ve iyi çalışır durumda olan fırınlarda)
- VII. Kok fırını bataryasından toplama hattı, deve boynu ve sabit aktarma borularına geçişi sağlayan tüm aparatın görünür emisyonlarını azaltmak için su geçirmez yükselme borularının kullanılması
- VIII. Tüm deliklerden görünür emisyonları azaltmak için yükleme deliği kapaklarının bir kil süspansiyonuyla (veya başka bir uygun sızdırmazlık malzemesiyle) macunlanması
- IX. Yeterli tekniklerin uygulanmasıyla tam koklaşmanın sağlanması (yeşil kok itmeden kaçınılması)
- X. Daha büyük kok fırını odalarının kurulması (yeni tesislerde veya bazı durumlarda eski temeller üzerine kurularak tamamen değiştirilen tesislerde uygulanabilir)
- XI. Mümkün olduğunda, koklaştırma sırasında fırın odalarında değişken basınç düzenlemesi kullanmak (yeni tesisler için geçerlidir ve mevcut tesisler için bir seçenek olabilir; bu tekniğin mevcut tesislere kurulma olasılığı dikkatle değerlendirilmelidir ve her tesisin özel durumuna bağlıdır).

MET ile ilişkili tüm kapılardan kaynaklanan görünür emisyonların oranı $< \%5 - 10$ 'dur. **MET VII** ve **MET VIII** ile ilişkili tüm kaynak türleri için görünür emisyonların oranı $< \%1$ 'dir.

Oranlar, aşağıda açıklanan bir izleme yöntemi kullanılarak aylık ortalama olarak toplam kapı, yükselme borusu veya yükleme deliği kapağı sayısına kıyasla herhangi bir sızıntının sıklığı ile ilgilidir.

Kok fırınlarından yayılan emisyonların tahmini için aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- EPA 303 yöntemi
- DMT (Deutsche Montan Technologie GmbH) metodolojisi
- BCRA (İngiliz Karbonizasyon Araştırmaları Derneği) tarafından geliştirilen metodoloji.
- normal işlemlerden (kömür yükleme, kok itme) kaynaklanan görünür emisyonları hariç tutarken, yükselme borularındaki ve yükleme deliklerindeki görünür sızıntıların sayılmasına dayalı olan ve Hollanda'da uygulanan metodoloji.

47. Gaz arıtma tesisi için MET, aşağıdaki teknikleri kullanarak kaçak gaz emisyonlarını en aza indirmektir:

- I. Mümkün olan her yerde boru bağlantılarını kaynakla yaparak flanş sayısını en aza indirmek
 - II. Flanşlar ve valfler için uygun contaların kullanılması
 - III. Gaz sızdırmaz pompaların kullanılması (örneğin manyetik pompalar)
 - IV. Şu yöntemlerle depolama tanklarındaki basınç valflerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi:
- Valf çıkışını kok fırını gazı (KFG) toplama hattına bağlamak veya
 - Gazların toplanması ve sonrasında yakılması.

Uygulanabilirlik

Teknikler hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir. Yeni tesislerde, gaz geçirmez bir tasarım sağlamak, mevcut tesislere göre muhtemelen daha kolay olabilir.

48. MET, aşağıdaki tekniklerden birini kullanarak kok fırını gazının (KFG) kükürt içeriğini azaltmaktır:

- I. Soğurma sistemleri ile kükürt giderme
- II. Islak oksidatif kükürt giderme.

Günlük ortalamalar olarak belirlenen MET ile ilişkili artık hidrojen sülfid (H_2S) konsantrasyonları, MET I kullanılması durumunda $<300 - 1000 \text{ mg/Nm}^3$ (daha yüksek değerler daha yüksek ortam sıcaklığıyla, daha düşük değerler ise daha düşük ortam sıcaklığıyla ilişkilidir) ve MET II kullanılması durumunda $<10 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

49. Kok fırınının düşük seviyede çalıştırılması için MET, aşağıdaki teknikleri kullanarak emisyonları azaltmaktır:

- I. normal kok fırını işletimiyle fırın odası ile ısıtma odası arasındaki sızıntının önlenmesi
- II. fırın odası ile ısıtma odası arasındaki sızıntının onarılması (sadece mevcut tesislerde uygulanabilir)
- III. kademeli yakma ve daha iyi termal iletkenliğe sahip daha ince tuğla ve refrakter kullanımı gibi yeni bataryaların yapımında düşük azot oksit (NO_x) tekniklerinin kullanılması (yalnızca yeni tesislerde uygulanabilir)
- IV. kükürten arındırılmış kok fırını gazı (KFG) proses gazlarının kullanılması.

Günlük ortalama değerler olarak belirlenen ve %5'lik bir oksijen içeriğine ilişkin **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- Kükürt dioksit (SO_2) olarak ifade edilen kükürt oksitler (SO_x) $<200 - 500 \text{ mg/Nm}^3$
- Toz $<1 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ ⁽¹⁾
- Yeni veya büyük ölçüde yenilenmiş tesisler (10 yaşından küçük) için azot dioksit (NO_2) olarak ifade edilen azot oksitler (NO_x) $<350 - 500 \text{ mg/Nm}^3$ ve iyi bakımlı bataryalara ve entegre edilmiş düşük azot oksit (NO_x) tekniklerine sahip eski tesisler için $500 - 650 \text{ mg/Nm}^3$.

⁽¹⁾ Aralığın alt ucu, en iyi çevresel performansı elde eden MET ile gerçek çalışma koşullarında elde edilen belirli bir tesisin performansına dayalı olarak tanımlanmıştır.

50. Kok itme için MET, aşağıdaki teknikleri kullanarak toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Bir davlumbaz ile donatılmış entegre bir kok aktarma makinesi aracılığıyla çekiş
- II. Bir torba filtre veya diğer azaltma sistemleri ile karada çekişli gazı arıtımı kullanmak
- III. Tek noktalı veya seyyar bir söndürme arabası kullanmak.

Kok itme tozu için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen (süresiz ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler), torba filtrelerde $<10 \text{ mg/Nm}^3$ ve diğer durumlarda $<20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

Uygulanabilirlik

Mevcut tesislerde yer olmaması uygulanabilirliği kısıtlayabilir.

51. Kok söndürme için MET, aşağıdaki tekniklerden birini kullanarak toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Duyulur ısının geri kazanılması ve bir torba filtre aracılığıyla yükleme, taşıma ve eleme işlemlerinden kaynaklanan tozun giderilmesi ile birlikte kuru kok söndürme (KKS) kullanımı
- II. Emisyonu en aza indirilmiş geleneksel ıslak söndürme kullanımı
- III. Kok stabilizasyonlu söndürme (KSS) kullanımı.

Numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen, toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- Kok kuru söndürme durumunda $<20 \text{ mg/Nm}^3$
- Emisyonu en aza indirilmiş geleneksel ıslak söndürme durumunda $<25 \text{ g/t kok}^{(1)}$
- Kok stabilizasyonlu söndürme durumunda $<10 \text{ g/t kok}^{(2)}$.

(1) Bu seviye, izokinetik olmayan Mohrhauer yönteminin (eski VDI 2303) kullanımına dayanmaktadır.

(2) Bu seviye, VDI 2066'ya göre bir izokinetik numune alma yönteminin kullanımına dayanmaktadır.

MET I'in açıklaması

Kok kuru söndürme tesislerinin sürekli çalışması için iki seçenek vardır. Bunlardan birinde, kok kuru söndürme ünitesi iki ila dört oda içerir. Bir ünite her zaman beklemededir. Bu nedenle, ıslak söndürme gerekli değildir, ancak kok kuru söndürme ünitesinde, kok fırın tesisine göre fazla kapasiteye ihtiyaç duyulur. Bu da yüksek maliyetlere neden olur. Diğer seçenekte, ek bir ıslak söndürme sistemi gereklidir.

Bir ıslak söndürme tesisinin kuru söndürme tesisine dönüştürülmesi durumunda, mevcut ıslak söndürme sistemi bu amaç için korunabilir. Böyle bir kok kuru söndürme ünitesinin, kok fırını tesisine kıyasla fazla işleme kapasitesi yoktur.

MET II'nin uygulanabilirliği

Mevcut söndürme kuleleri, emisyon azaltma bölmeleri ile donatılabilir. Yeterli çekiş koşullarının sağlanması için minimum kule yüksekliğinin en az 30 m olması gerekir.

MET III'ün uygulanabilirliği

Sistem, geleneksel söndürme için gerekli olandan daha büyük olduğu için tesiste yer olmaması bir kısıtlama olabilir.

52. Kok derecelendirme ve taşınması için MET, aşağıdaki teknikleri bir arada kullanarak toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır:

- I. Bina veya cihaz muhafazalarının kullanımı
- II. Verimli çekiş ve müteakip tozsuzlaştırma sistemlerinin kullanılması.

Toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen $<10 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

Su ve atık su

53. MET, söndürme suyunu mümkün olduğu kadar en aza indirmek ve yeniden kullanmaktır.
54. MET, önemli bir organik yüke (ham kok fırını atık suyu, yüksek hidrokarbon içeriğine sahip atık su vb.) sahip proses suyunun söndürme suyu olarak yeniden kullanılmasını önlemektir.
55. MET, koklaştırma prosesinden ve kok fırın gazı (KFG) temizliğinden kaynaklanan atık suyu, bir atık su arıtma tesisine deşarj edilmeden önce aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak ön arıtmaya tabi tutmaktır:
- Yumaklaştırma ve ardından yüzdürme, çökeltme ve filtrelemeyi tek başına veya kombinasyon halinde kullanarak etkili katran ve polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) gideriminin uygulanması
 - Alkali ve buhar kullanarak verimli amonyak sıyırma.
56. Koklaştırma prosesinden ve kok fırını gazı (KFG) temizliğinden kaynaklanan ön arıtmaya tabi tutulmuş atık su için MET, entegre denitrifikasyon/nitrifikasyon aşamalarıyla birlikte biyolojik atık su arıtmayı uygulamaktır.

Nitelikli bir rasgele numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı olarak ve yalnızca tekli kok fırını su arıtma tesislerini ifade eden **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

• Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ ⁽¹⁾)	<220 mg/l
• 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	<20 mg/l
• Sülfürler, kolayca açığa çıkan ⁽²⁾	<0,1 mg/l
• Tiyosiyanat (SCN ⁻)	<4 mg/l
• Siyanür (CN ⁻), kolayca açığa çıkan ⁽³⁾	<0,1 mg/l
• Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) (Floranten, Benzo[b]floranten, Benzo[k]floranten, Benzo[a]piren, Indeno[1,2,3-cd]piren ve Benzo[g,h,i]perilen toplamı)	<0,05 mg/l
• Fenoller	<0,5 mg/l
• Amonyak-nitrojen toplamı (NH ⁺ -N), Nitrat-azot (NO ⁻ -N) ve nitrit-azot (NO ⁻ -N)	<15 – 50 mg/l.

Amonyak-azotu (NH⁺-N), nitrat-azotu (NO⁻-N) ve nitrit-azotu (NO⁻-N) toplamı ile ilgili olarak

<35 mg/l değerleri genellikle ön denitrifikasyon/nitrifikasyon ve denitrifikasyon sonrası gelişmiş biyolojik atık su arıtma tesislerinin uygulanmasıyla ilişkilidir.

- Bazı durumlarda KOİ yerine TOC ölçülür (KOİ analizinde kullanılan HgCl₂'den kaçınmak için). KOİ ve TOC arasındaki korelasyon, her kok fırını tesisi için duruma göre detaylandırılmalıdır. KOİ/TOC oranı yaklaşık olarak iki ila dört arasında değişebilir.
- Bu seviye, DIN 38405 D 27 veya eş değer bir bilimsel nitelikte verilerin sunulmasını sağlayan herhangi bir ulusal veya uluslararası standardın kullanımına dayanmaktadır.
- Bu seviye, DIN 38405 D 13-2 veya eş değer bir bilimsel nitelikte verilerin sunulmasını sağlayan herhangi bir ulusal veya uluslararası standardın kullanımına dayanmaktadır.

Üretim artıkları

57. MET, kömür suyundan ve atık sudan kaynaklanan katran gibi üretim artıklarını ve atık su arıtma tesisinden kaynaklanan fazla aktif çamuru kok fırını tesisinin kömür beslemesine geri döndürmektir.

Enerji

58. MET, çekilen kok fırın gazını (KFG) yakıt veya indirgeyici madde olarak veya kimyasalların üretimi için kullanmaktır.

9.5 Yüksek Fırınlr İçin MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

59. Kömür enjeksiyon ünitesinin depolama bunkerlerinden yükleme sırasında yer değiştiren hava için MET, toz emisyonlarını yakalamak ve ardından kuru tozsuzlaştırma gerçekleştirmektir.

Toz için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen $<20 \text{ mg/Nm}^3$ tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

60. Yük hazırlama (karıştırma, harmanlama) ve taşıma için MET, toz emisyonlarını en aza indirmek ve ilgili olduğunda, çekiş ve ardından bir elektrostatik filtre veya torba filtre aracılığıyla tozdan arındırmadır.

61. Döküm holü için MET (akıtma delikleri, kanallar, torpido potaları yükleme noktaları, sıyrıcılar), aşağıdaki teknikleri kullanarak yaygın toz emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır:

- I. Kanalların üstünün örtülmesi
- II. Yaygın toz emisyonları ve dumanlar için yakalama verimliliğinin optimize edilmesi ve ardından bir elektrostatik filtre veya torba filtre aracılığıyla çıkış gazı temizliği
- III. Uygulanabilir olduğunda ve akıtma emisyonları için toplama ve tozsuzlaştırma sisteminin kurulmadığı durumlarda, akıtma sırasında azot kullanarak duman bastırma.

MET II kullanılırken, toz için MET ile ilişkili emisyon seviyesi günlük ortalama değer olarak belirlenen $<1 - 15 \text{ mg/Nm}^3$ tür.

62. MET, katran içermeyen kanal astarları kullanmaktır.

63. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak yükleme sırasında yüksek fırın gazı salımını en aza indirmektir:

- I. Birincil ve ikincil dengelemeli çansız tepe
- II. Gaz veya havalandırma geri kazanım sistemi
- III. Üst bunkerleri basınçlandırmak için yüksek fırın gazı kullanımı.

MET II'nin uygulanabilirliği

Yeni tesislerde uygulanabilir. Yalnızca fırının çansız yükleme sistemine sahip olduğu mevcut tesisler için geçerlidir. Tepe bunkerlerini basınçlandırmak için yüksek fırın gazı dışındaki gazların (örneğin azot) kullanıldığı tesisler için uygun değildir.

64. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak yüksek fırın gazından kaynaklanan toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Şunlar gibi kuru ön toz giderme cihazlarının kullanılması
 - i. Saptırıcılar
 - ii. Toz tutucular
 - iii. Siklonlar
 - İv. Elektrostatik filtreler.
- II. Müteakip toz azaltma, örneğin:
 - i. Engelli tip yıkayıcılar
 - ii. Venturi yıkayıcılar

- iii. Dairesel boşluklu yıkayıcılar
- iv. Islak elektrostatik filtreler
- v. Parçalayıcılar.

Temizlenmiş yüksek fırın (YF) gazı için, **MET** ile ilişkili artık toz konsantrasyonu, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen $<10 \text{ mg/Nm}^3$ tür (süreksiz ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

- 65. Yüksek fırın sobaları için MET, kükürtten arındırılmış ve tozdan arındırılmış fazla kok fırını gazı, tozdan arındırılmış yüksek fırın gazı, tozdan arındırılmış bazik oksijen fırını gazı ve doğal gazı tek tek veya birlikte kullanarak emisyonları azaltmaktır.**

Günlük ortalama değerler olarak belirlenen ve %3'lik bir oksijen içeriğine ilişkin **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- Kükürt dioksit (SO_2) olarak ifade edilen kükürt oksitler (SO_x) $<200 \text{ mg/Nm}^3$
- Toz $<10 \text{ mg/Nm}^3$
- Azot dioksit (NO_2) olarak ifade edilen azot oksitler (NO_x) $<100 \text{ mg/Nm}^3$.

Su ve atık su

- 66. Su tüketimi ve yüksek fırın gazı arıtımından deşarj için MET, gaz yıkama suyunu en aza indirmek ve gerekirse bir çakıl yataklı filtreleme işleminden sonra, örneğin cüruf taneleme için yeniden kullanmaktır.**

- 67. Yüksek fırın gazı arıtımından çıkan atık suyun arıtılması için MET, yumaklaştırma/pıhtılaştırma ve çökeltme uygulamak ve gerekirse kolayca açığa çıkan siyanürü azaltmaktır.**

Nitelikli bir rastgele numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı olarak **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

- Askıda katı maddeler $<30 \text{ mg/l}$
- Demir $<5 \text{ mg/l}$
- Kurşun $<0,5 \text{ mg/l}$
- Çinko $<2 \text{ mg/l}$
- Siyanür (CN^-), kolayca açığa çıkan ⁽¹⁾ $<0,4 \text{ mg/l}$.

⁽¹⁾ Bu seviye, DIN 38405 D 13-2 veya eş değer bir bilimsel nitelikte verilerin sunulmasını sağlayan herhangi bir ulusal veya uluslararası standardın kullanımına dayanmaktadır.

Üretim artıkları

- 68. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak yüksek fırınlarda atık oluşumunu önlemektir:**

- I. Belirli bir arıtmayı kolaylaştırmak için uygun toplama ve depolama
- II. Geri dönüştürüldüğü tesisten kaynaklanan emisyonların etkisi dikkate alınarak, yüksek fırın (YF) gazı arıtımından kaynaklanan kaba tozun ve döküm holü toz giderme işleminden kaynaklanan tozun saha içinde geri dönüşümü
- III. Çamurun hidrosiklonajı ve daha sonra kaba fraksiyonun saha içinde geri dönüşümü (ıslak toz giderme uygulandığında ve farklı tane boyutlarındaki çinko içeriği dağılımının makul bir ayrıma izin verdiği durumlarda uygulanabilir)

- IV. cürufun harici kullanım için (örneğin çimento endüstrisinde veya yol yapımında) tercihen taneleme yoluyla (piyasa koşullarının izin verdiği durumlarda) işlenmesi.

MET, ne önlenebilen ne de geri dönüştürülebilen yüksek fırın proses artıklarını kontrollü bir şekilde yönetmektir.

69. Cüruf arıtma emisyonlarını en aza indirmek için MET, koku azaltımı gerekiyorsa dumanları yoğunlaştırmaktır.

Kaynak yönetimi

70. Yüksek fırınların kaynak yönetimi için MET, toz haline getirilmiş kömür, yağ, ağır yağ, katran, yağ kalıntıları, kok fırını gazı (KFG), doğal gaz gibi doğrudan enjekte edilen indirgeyici maddeler ve metalik kalıntılar, kullanılmış yağlar ve emülsiyonlar, yağlı artıklar, katı yağlar ve atık plastikler gibi atıkların ayrı ayrı veya birlikte kullanımıyla kok tüketimini azaltmaktır.

Uygulanabilirlik

Kömür enjeksiyonu: Bu yöntem, toz kömür enjeksiyonu ve oksijen zenginleştirme yapılan tüm yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Gaz enjeksiyonu: Tüyerde kok fırını gazı (KFG) enjeksiyonu, entegre çelik fabrikalarında başka yerlerde etkili bir şekilde kullanılabilecek gazın mevcudiyetine büyük ölçüde bağlıdır.

Plastik enjeksiyon: Bu tekniğin büyük ölçüde yerel koşullara ve pazar koşullarına bağlı olduğu belirtilmelidir. Plastikler Cl ve Hg, Cd, Pb ve Zn gibi ağır metaller içerebilir. Kullanılan atıkların bileşimine (örneğin parçalayıcıdan çıkan hafif kısım) bağlı olarak, YF gazındaki Hg, Cr, Cu, Ni ve Mo miktarı artabilir.

İndirgeyici madde olarak kullanılmış sıvı ve katı yağlar ve emülsiyonların ve katı demir kalıntılarının doğrudan enjeksiyonu Bu sistemin sürekli işletimi, kalıntıların teslimi ve depolanmasına ilişkin lojistik konseptle bağlıdır. Ayrıca uygulanan taşıma teknolojisi de başarılı bir işletim için ayrı bir önem taşımaktadır.

Enerji

71. MET, salımları en aza indirmek ve yükün geçme olasılığını azaltmak için yüksek fırının sabit bir durumda sorunsuz ve sürekli çalışmasını sağlamaktır.
72. MET, çekilen yüksek fırın gazını yakıt olarak kullanmaktır.
73. MET, yeterli yüksek fırın tepe gazı basıncının ve düşük alkali konsantrasyonlarının mevcut olduğu durumlarda tepe gazı basıncının enerjisini geri kazanmaktır.

Uygulanabilirlik

Tepe gazı basıncı geri kazanımı yeni tesislerde ve bazı durumlarda ek zorluklar ve maliyetlerle de olsa mevcut tesislerde uygulanabilir. Bu tekniğin uygulanmasında, en az 1,5 bar (gösterge) olmak üzere yeterli bir tepe basıncının olması temel bir gerekliliktir.

Yeni tesislerde, hem yıkamada hem de enerji geri kazanımında yüksek verimlilik elde etmek için tepe gazı türbini ve YF gazı temizleme tesisi birbirine uyandırılabilir.

- 74. MET, yüksek fırın sobasının atık gazını kullanarak soba yakıt gazlarını veya yanma havasını önceden ısıtmak ve soba yakma prosesini optimize etmektir.**

Açıklama

Sobanın enerji verimliliğinin optimizasyonu için aşağıdaki tekniklerden biri veya birkaçı uygulanabilir:

- Bilgisayar destekli soba işletiminin kullanılması
- Soğuk üfleme havası hattının ve atık gaz bacasının yalıtımı ile birlikte yakıtın veya yanma havasının ön ısıtmaya tabi tutulması
- Yanmayı iyileştirmek için daha uygun brülörlerin kullanılması
- Hızlı oksijen ölçümü ve ardından yanma koşullarının uyarlanması.

Uygulanabilirlik

Yakıt ön ısıtmasının uygulanabilirliği, atık gaz sıcaklığını belirleyen soba verimliliğine bağlıdır (örneğin, 250 °C'nin altındaki atık gaz sıcaklıklarında, ısı geri kazanımı teknik veya ekonomik açıdan uygulanabilir bir seçenek olmayabilir).

Bilgisayar destekli kontrolün uygulanması, faydaları en üst düzeye çıkarmak için üç sobalı yüksek fırınlarda (mümkünse) dördüncü bir sobanın inşa edilmesini gerektirebilir.

9.6 Bazık Oksijen Fırınlarında Çelik Üretimi ve Dökümü için MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm bazık oksijen fırınlarında uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

75. Bastırılmış yanma yoluyla bazık oksijen fırını (BOF) gazı geri kazanımı için MET, üfleme sırasında BOF gazının mümkün olduğunca fazla çekilmesi ve aşağıdaki tekniklerin bir arada kullanılmasıyla temizlenmesidir:

- I. Bastırılmış yanma prosesinin kullanılması
- II. Kuru ayırma teknikleri (örneğin saptırıcı, siklon) veya ıslak ayırıcılar aracılığıyla kaba tozu gidermek için ön toz giderme
- III. Aşağıdakiler aracılığıyla toz azaltma:
 - i. Yeni ve mevcut tesisler için kuru toz giderme (örneğin elektrostatik filtre)
 - ii. Yeni ve mevcut tesisler için ıslak toz giderme (örneğin ıslak elektrostatik filtre veya yıkayıcı)

BOF gazını tamponladıktan sonra **MET** ile ilişkili artık toz konsantrasyonları şunlardır:

- MET III.i için 10 – 30 mg/Nm³
- MET III.ii için <50 mg/Nm³

76. Tam yanma durumunda oksijen üfleme sırasında bazık oksijen fırını (BOF) gazı geri kazanımı için MET, aşağıdaki tekniklerden birini kullanarak toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Yeni ve mevcut tesisler için kuru toz giderme (örneğin ESF veya torba filtre)
- II. Mevcut tesisler için ıslak toz giderme (örneğin ıslak ESF veya yıkayıcı).

Toz için numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler) şunlardır:

- MET I için 10 – 30 mg/Nm³
- MET II için <50 mg/Nm³

77. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak oksijen lansı deliğinden kaynaklanan toz emisyonlarını en aza indirmektir:

- I. Oksijen üfleme sırasında lans deliğini kapatmak
- II. Tozu dağıtmak için lans deliğine inert gaz veya buhar enjeksiyonu
- III. Lans temizleme cihazlarıyla birlikte diğer alternatif sızdırmazlık tasarımlarının kullanılması.

78. Aşağıdaki proseslerden kaynaklanan emisyonlar dahil olmak üzere ikincil tozsuzlaştırma için MET:

- Torpido potasından (veya sıcak metal mikserinden) sıcak metalin yükleme potasına aktarılması
- Sıcak metal ön işlemi (yani kapların ön ısıtılması, kükürt giderme, fosfor giderme, cüruf giderme, sıcak metal aktarma prosesleri ve tartma)
- Kapların ön ısıtılması, oksijen üfleme sırasında taşma, sıcak metal ve hurda yükleme, bof'den sıvı çeliğin ve cürufun akıtılması gibi bof ile ilgili prosesler ve
- İkincil metalürji ve sürekli döküm,

yaygın veya kaçak emisyonları önlemek veya kontrol etmeye yönelik genel teknikler gibi prosese entegre teknikler aracılığıyla ve verimli çekiş ve ardından bir torba filtre veya bir ESF vasıtasıyla çıkış gazı temizleme ile birlikte uygun muhafazalar ve davlumbazlar kullanarak toz emisyonlarını en aza indirmektedir.

MET ile ilişkili genel ortalama toz toplama verimliliği $> \%90$ 'dır

Tüm tozdan arındırılmış çıkış gazları için günlük ortalama değer olarak toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, torba filtrelerin kullanılması durumunda $<1 - 15 \text{ mg/Nm}^3$ ve elektrostatik filtrelerin kullanılması durumunda $<20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

Sıcak metal ön işleme ve ikincil metalürjiden kaynaklanan emisyonlar ayrı ayrı artırılırsa, günlük ortalama değer olarak toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, torba filtreler için $<1 - 10 \text{ mg/Nm}^3$ ve elektrostatik filtreler için $<20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür.

Açıklama

İlgili BOF prosesi ikincil kaynaklarından salınan yaygın ve kaçak emisyonları önlemeye yönelik genel teknikler şunları içerir:

- BOF atölyesindeki her bir alt proses için toz giderme cihazlarının kullanılması ve bağımsız yakalama
- Havaya salınan emisyonlarını önlemek için kükürt giderme tesisinin doğru yönetimi
- Kükürt giderme tesisinin tamamen kapatılması
- sıcak metal potası kullanılmadığında kapağın açık tutulması ve sıcak metal potalarının düzenli olarak temizlenmesi ve pota dibinin uzaklaştırılması veya alternatif olarak bir çatı çekiş sisteminin uygulanması
- Çatı çekiş sistemi uygulanmamış ise sıcak metal dönüştürücüye koyulduktan sonra yaklaşık iki dakika boyunca sıcak metal potasının dönüştürücü önünde tutulması
- Çelik üretim sürecinin bilgisayarlı kontrolü ve optimizasyonu (örneğin taşmanın (yani cürufun kaptan dışarı akacak kadar köpürmesi) önlenmesi veya azaltılması için)
- Akıtma sırasındaki taşmanın, taşmaya neden olan unsurları sınırlayarak ve taşma önleyici maddelerin kullanımıyla azaltılması
- Oksijen üfleme sırasında dönüştürücü etrafındaki odanın kapılarının kapatılması
- Görünür emisyon için çatının sürekli kamera ile gözlemlenmesi
- Bir çatı çekiş sisteminin kullanılması.

Uygulanabilirlik

Mevcut tesislerde, tesisin tasarımı uygun tahliye olanaklarını kısıtlayabilir.

79. Saha içinde cüruf işleme için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. Cüruf kırıcı ve eleme cihazlarından verimli bir şekilde çekiş yapılması ve müteakip çıkış gazı temizliği
- II. İşlenmemiş cürufun kepçeli yükleyicilerle taşınması
- III. Kırık malzeme için konveyör aktarma noktalarından çekiş yapılması veya bu noktaların ıslatılması
- IV. Cüruf depolama yığınlarının ıslatılması
- V. Kırık cüruf yüklenirken su sisi kullanılması.

MET'in kullanılması durumunda toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen $<10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

Su ve atık su

80. MET, MET 75 ve MET 76'da belirtilen aşağıdaki tekniklerden birini kullanarak bazik oksijen fırını (BOF) gazının birincil tozsuzlaştırmasından kaynaklanan su kullanımını ve atık su emisyonlarını önlemek veya azaltmaktır:

- bazik oksijen fırını (BOF) gazının kuru toz giderimi;
- ıslak toz giderme uygulanması durumunda yıkama suyunun en aza indirilmesi ve mümkün olduğunca yeniden kullanılması (örneğin cüruf taneleme için).

81. MET, aşağıdaki teknikleri bir arada kullanarak sürekli dökümden kaynaklanan atık su deşarjını en aza indirmektir:

- I. Katıların yumaklaştırma, çökeltme ve/veya filtreleme yoluyla uzaklaştırılması
- II. Sıyırma tanklarında veya diğer etkili cihazlarda yağın uzaklaştırılması
- III. Soğutma suyunun ve vakum üretiminden gelen suyun mümkün olduğunca devridaimi.

Kesintisiz döküm makinelerinden kaynaklanan atık su için nitelikli rastgele bir numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

• Askıda katı maddeler	<20 mg/l
• Demir	<5 mg/l
• Çinko	<2 mg/l
• Nikel	<0,5 mg/l
• Toplam krom	<0,5 mg/l
• Toplam hidrokarbonlar	<5 mg/l.

Üretim artıkları

82. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak atık oluşumunu önlemektir (bkz. MET 8):

- I. Belirli bir arıtmayı kolaylaştırmak için uygun toplama ve depolama
- II. Bazik oksijen fırını (bof) gaz arıtımı tozunun, ikincil tozsuzlaştırmadan çıkan tozun ve sürekli dökümden kaynaklanan hadde tufalinin, geri döndürüldükleri tesisten kaynaklanan emisyonların etkisi dikkate alınarak çelik üretim proseslerine geri döndürülmesi
- III. BOF cürufu ve bof cürufu tozlarının saha içinde çeşitli uygulamalara geri döndürülmesi
- IV. Piyasa koşullarının cürufun harici kullanımına (örneğin, malzemelerde bir agrega olarak veya inşaat için) imkan tanıdığı durumlarda cüruf işleme
- V. Demirin harici geri kazanımı ve demir dışı metaller endüstrisinde çinko gibi demir dışı metallerin harici olarak geri kazanılması için filtre tozlarının ve çamurun kullanılması
- VI. Tane boyutu dağılımı makul bir ayırmaya izin verdiğinde sinter/yüksek fırın veya çimento endüstrisinde kaba fraksiyonun müteakip geri dönüşümü ile çamur için bir çöktürme tankının kullanılması.

MET V'in uygulanabilirliği

BOF gazını temizlemek için kuru elektrostatik çökeltme kullanıldığında, harici yeniden kullanım için yüksek çinko içerikli konsantre peletlerin geri kazanılmasıyla toz sıcak briketleme ve geri dönüşüm uygulanabilir. Çinkonun briketleme yoluyla geri kazanılması, hidrojen oluşumunun (metalik çinko ve suyun reaksiyonundan) neden olduğu çöktürme tanklarındaki kararsız çökeltme nedeniyle ıslak toz giderme sistemlerinde uygulanamaz. Bu güvenlik gerekçelerinden dolayı çamurdaki çinko içeriği %8 – 10 ile sınırlandırılmalıdır.

MET, ne önlenebilen ne de geri dönüştürülebilen bazik oksijen fırını proses artıklarını kontrollü bir şekilde yönetmektir.

Enerji

- 83. MET, daha sonra yakıt olarak kullanılmak üzere BOF gazını toplamak, temizlemek ve tamponlamaktır.**

Uygulanabilirlik

Bazı durumlarda, ekonomik açıdan uygun olmayabilir veya uygun enerji yönetimi ile ilgili olarak, BOF gazının bastırılmış yanma ile geri kazanılması uygun olmayabilir. Bu durumlarda, BOF gazı yakılarak buhar üretimi yapılabilir. Yanma türü (tam veya bastırılmış yanma), yerel enerji yönetimine bağlıdır.

- 84. MET, pota kapaklı sistemler kullanarak enerji tüketimini azaltmaktır.**

Uygulanabilirlik

Kapaklar refrakter tuğladan yapıldığından çok ağır olabilmekte ve bu nedenle vinçlerin kapasitesi ve tüm binanın tasarımı mevcut tesislerde uygulanabilirliği kısıtlayabilmektedir. Sistemi bir çelik fabrikasının özel koşullarında uygulamak için farklı teknik tasarımlar vardır.

- 85. MET, üflemeden sonra doğrudan bir akıtma prosesi kullanarak prosesi optimize etmek ve enerji tüketimini azaltmaktır.**

Açıklama

Doğrudan akıtma normalde, alınan numunelerin kimyasal analizini beklemede akıtma (doğrudan akıtma) gerçekleştirmek için alt lans veya anlık sensör sistemleri gibi pahalı tesislerin kullanılmasını gerektirir. Alternatif olarak, bu tür tesisler olmadan doğrudan akıtma gerçekleştirmek için yeni bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknik, çok fazla deneyim ve geliştirme çalışması gerektirir. Uygulamada, karbon doğrudan %0,04'e ve eş zamanlı olarak yunak sıcaklığı makul derecede düşük bir hedef değere kadar düşürülür. Akıtmadan önce, diğer işlemler için hem sıcaklık hem de oksijen aktivitesi ölçülür.

Uygulanabilirlik

Uygun bir sıcak metal analizörü ve cüruf durdurma tesisleri gereklidir ve bir pota ocağının varlığı tekniğin uygulanmasını kolaylaştırır.

- 86. MET, üretilen çelik sınıflarının kalitesi ve ürün karması için uygunsa, kesin biçime yakın biçimde sürekli şerit döküm kullanarak enerji tüketimini azaltmaktır.**

Açıklama

Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm, çeliğin 15 mm'den daha az kalınlıktaki şeritler halinde sürekli dökümü anlamına gelir. Döküm prosesi, geleneksel döküm teknikleri (örneğin yassı kütük veya ince yassı kütüklerin sürekli dökümü) için kullanılan bir ara yeniden ısıtma fırını olmadan şeritlerin doğrudan sıcak haddelenmesi, soğutulması ve sarılması prosesleriyle birleştirilir. Dolayısıyla, şerit dökümü, farklı genişliklerde ve 2 mm'den daha az kalınlıklarda yassı çelik şeritler üretmeye yönelik bir tekniktir.

Uygulanabilirlik

Uygulanabilirlik aynı zamanda üretilen çelik kalitelerine (örneğin bu prosesle ağır levha üretilemez) ve her bir çelik fabrikasının ürün portföyüne (ürün karması) bağlıdır. Mevcut tesislerde, uygulanabilirlik yerleşim düzeni ve mevcut alan tarafından kısıtlanabilir (örneğin bir şerit döküm makinesi ile güçlendirme çalışması için yaklaşık 100 m uzunluk gerekir).

9.7 Elektrik Ark Fırınlarında Çelik Üretimi ve Dökümü için MET Sonuçları

Aksi belirtilmedikçe, bu bölümde sunulan MET sonuçları tüm elektrik ark fırınlarında çelik üretimi ve dökümü için uygulanabilir.

Havaya salınan emisyonlar

87. Elektrik ark fırını (EAF) prosesi için MET, cıva içeren ham maddelerden ve yardımcı maddelerden mümkün olduğunca kaçınarak cıva emisyonlarını önlemektir (bkz. MET 6 ve 7).
88. Elektrik ark fırını (EAF) birincil ve ikincil toz giderme (hurda ön ısıtma, yükleme, eritme, akıtma, pota ocağı ve ikincil metalürji dahil) için MET, aşağıda listelenen tekniklerden birini kullanarak tüm emisyon kaynaklarından verimli bir şekilde çekiş yapılmasını sağlamak ve ardından bir torba filtre aracılığıyla toz giderme gerçekleştirmektir:
- I. doğrudan çıkış gazı çekişi (4. veya 2. delik) ve davlumbaz sistemlerinin bir kombinasyonu
 - II. doğrudan gaz çekişi ve köpek kulübesi sistemleri
 - III. doğrudan gaz çekişi ve tüm bina tahliyesi (düşük kapasiteli elektrik ark fırınları (EAF), aynı çekiş verimini elde etmek için doğrudan gaz çekişi gerektirmeyebilir).

MET ile ilişkili genel ortalama toplama verimliliği > %98'dir.

Toz için MET ile ilişkili emisyon seviyesi günlük ortalama değer olarak belirlenen <5 mg/Nm³tür.

Cıva için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen <0,05 mg/Nm³tür (süreksiz ölçüm, en az dört saat boyunca anlık numuneler).

89. Elektrik ark fırını (EAF) birincil ve ikincil toz giderme (hurda ön ısıtma, yükleme, eritme, akıtma, pota ocağı ve ikincil metalürji dahil) için MET, PCDD/F ve PCB veya öncüllerini (bkz. MET 6 ve 7) içeren ham maddelerden mümkün olduğunca kaçınarak ve uygun bir toz giderme sistemiyle birlikte aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) ve poliklorlu bifenillerin (PCB) emisyonlarını önlemek ve azaltmaktır:
- I. uygun son yanma
 - II. uygun hızlı söndürme
 - III. toz gidermeden önce kanala yeterli adsorpsiyon maddelerinin enjeksiyonu.

Poliklorlu dibenzodioksinler/furanlar (PCDD/F) için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, kararlı durum koşullarında 6 – 8 saatlik rastgele bir numuneye dayalı olarak <0,1 ng I-TEQ/Nm³tür. Bazı durumlarda, MET ile ilişkili emisyon seviyesine yalnızca birincil önlemlerle ulaşılabilir.

MET'in uygulanabilirliği

Mevcut tesislerde, uygulanabilirliğin değerlendirilmesi için kullanılabilir alan, mevcut çıkış gazı kanalı vb. gibi koşulların dikkate alınması gerekir.

90. Saha içinde cüruf işleme için MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak toz emisyonlarını azaltmaktır:

- I. cüruf kırıcı ve eleme cihazlarından verimli bir şekilde çekiş yapılması ve müteakip çıkış gazı temizliği
- II. işlenmemiş cürufun kepçeli yükleyicilerle taşınması
- III. kırık malzeme için konveyör aktarma noktalarından çekiş yapılması veya bu noktaların ıslatılması
- IV. cüruf depolama yığınlarının ıslatılması
- V. kırık cüruf yüklenirken su sisi kullanılması.

MET i'nin kullanılması durumunda toz için **MET ile ilişkili emisyon seviyesi**, numune alma periyodu boyunca ortalama olarak belirlenen $<10 - 20 \text{ mg/Nm}^3$ tür (sürekli ölçüm, en az yarım saat boyunca anlık numuneler).

Su ve atık su**91. MET, tek geçişli soğutma sistemleri kullanılmadığı sürece fırın cihazlarının soğutulması için mümkün olduğunca kapalı devre su soğutma sistemlerinin kullanılmasıyla elektrik ark fırını (EAF) prosesinden kaynaklanan su tüketimini en aza indirmektir.****92. MET, aşağıdaki teknikleri bir arada kullanarak sürekli dökümden kaynaklanan atık su deşarjını en aza indirmektir:**

- I. katıların yumaklaştırma, çöktürme ve/veya filtreleme yoluyla uzaklaştırılması
- II. sıyırma tanklarında veya diğer etkili cihazlarda yağın uzaklaştırılması
- III. soğutma suyunun ve vakum üretiminden gelen suyun mümkün olduğunca devridaimi.

Kesintisiz döküm makinelerinden kaynaklanan atık su için nitelikli rastgele bir numuneye veya 24 saatlik bir kompozit numuneye dayalı olarak **MET ile ilişkili emisyon seviyeleri** şunlardır:

• askıda katı maddeler	<20 mg/l
• demir	<5 mg/l
• çinko	<2 mg/l
• nikel	<0,5 mg/l
• toplam krom	<0,5 mg/l
• toplam hidrokarbonlar	<5 mg/l

Üretim artıkları**93. MET, aşağıdaki tekniklerden birini veya birkaçını kullanarak atık oluşumunu önlemektir:**

- I. belirli bir artımayı kolaylaştırmak için uygun toplama ve depolama
- II. farklı proseslerden refrakter malzemelerin geri kazanımı ve saha içinde geri dönüşümü ve dahili kullanımı (yani dolomit, manyezit ve kirecin ikamesi için)
- III. gerekirse, filtre tozlarının elektrik ark fırınına (EAF) geri döndürülmesi yoluyla zenginleştirilmesinden sonra, demir dışı metal endüstrisinde çinko gibi demir dışı metallerin harici olarak geri kazanılması için filtre tozlarının kullanılması
- IV. su arıtma prosesinde sürekli döküm makinesinden tufalin ayrılması ve sonraki geri dönüşümle geri kazanımı (örneğin sinter/yüksek fırında veya çimento endüstrisinde)
- V. refrakter malzemelerin ve elektrik ark fırını (EAF) prosesinden çıkan cürufun, piyasa koşullarının izin verdiği durumlarda ikincil bir ham madde olarak harici kullanımı.

MET, ne önlenebilen ne de geri dönüştürülebilen EAF prosesi artıklarını kontrollü bir şekilde yönetmektir.

Uygulanabilirlik

Üretim artıklarının BAT III – V'te belirtilen şekilde harici kullanımı veya geri dönüştürülmesi, işletmecinin kontrolünde olmayan ve bu nedenle izin kapsamında olmayan üçüncü bir kişinin iş birliğine ve mutabakatına bağlıdır.

Enerji

- 94. MET, üretilen çelik sınıflarının kalitesi ve ürün karması için uygunsa, kesin biçime yakın biçimde sürekli şerit döküm kullanarak enerji tüketimini azaltmaktır.**

Açıklama

Kesin biçime yakın biçimde şerit döküm, çeliğin 15 mm'den daha az kalınlıktaki şeritler halinde sürekli dökümü anlamına gelir. Döküm prosesi, geleneksel döküm teknikleri (örneğin yassı kütük veya ince yassı kütüklerin sürekli dökümü) için kullanılan bir ara yeniden ısıtma fırını olmadan şeritlerin doğrudan sıcak haddelenmesi, soğutulması ve sarılması prosesleriyle birleştirilir. Dolayısıyla, şerit dökümü, farklı genişliklerde ve 2 mm'den daha az kalınlıklarda yassı çelik şeritler üretmeye yönelik bir tekniktir.

Uygulanabilirlik

Uygulanabilirlik aynı zamanda üretilen çelik kalitelerine (örneğin bu prosesle ağır levha üretilemez) ve her bir çelik fabrikasının ürün portföyüne (ürün karması) bağlıdır. Mevcut tesislerde, uygulanabilirlik yerleşim düzeni ve mevcut alan tarafından kısıtlanabilir (örneğin bir şerit döküm makinesi ile güçlendirme çalışması için yaklaşık 100 m uzunluk gerekir).

Gürültü

- 95. MET, elektrik ark fırını (EAF) tesislerinden ve yüksek ses enerjisi üreten proseslerden kaynaklanan gürültü emisyonlarını, yerel koşullara bağlı olarak ve yerel koşullara göre aşağıdaki yapısal ve operasyonel tekniklerinin bir kombinasyonunu kullanarak (MET 18'de listelenen tekniklerin kullanılmasına ek olarak) azaltmaktır:**

- I. elektrik ark fırınının (EAF) binasını, fırının çalışmasından kaynaklanan mekanik şokların neden olduğu gürültüyü absorbe edecek şekilde inşa etmek
- II. mekanik şokları önlemek için yükleme sepetlerini taşımaya yönelik vinçler inşa etmek ve kurmak
- III. elektrik ark fırınının (EAF) binasının havadan iletilen gürültüsünü önlemek için iç duvarlarda ve çatılarda özel akustik yalıtım sağlamak
- IV. elektrik ark fırınının (EAF) binasının yapılarla iletilen gürültüsünü azaltmak için fırını ve dış duvarı ayırmak
- V. ana bina içinde yüksek ses enerjisi üreten prosesleri (yani elektrik ark fırını (EAF) ve karbonsuzlaştırma üniteleri) muhafaza içinde konumlandırmak.

10 ALTERNATİF DEMİR ÜRETİM TEKNİKLERİ

[383, EIPPCB 2006]

AB'de tek bir alternatif demir üretim tesisi olduğundan (Almanya'daki DİD tesisi), bu bölüm önceki bölümler kadar ayrıntılı değildir.

Demir üretimi için ana proses yüksek fırın (YF) yolu olsa da, sıcak metal için birkaç başka üretim yolu geliştirilmekte ve ticari olarak uygulanmaktadır. Bu 'izabe indirgeme' tekniklerinde, ana indirgeme maddesi olarak kok yerine her zaman kömür kullanılır. Yeni tekniklerden bazılarında pelletler ve sinter yerine toz haline getirilmiş demir cevheri taneleri kullanılmaktadır. Bu alternatif teknolojiler aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Demir, 500 yılı aşkın bir süredir yüksek fırınlarda üretilmektedir. Bu süre zarfında, yüksek fırınlar oldukça verimli reaktörlere dönüştü. Ancak, sıcak metal üretimi için yüksek fırın yoluna alternatif başka teknikler artık mevcuttur.

Yüksek fırınlar kok gerektirir ve kok tesisleri hem pahalı hem de işletimi birçok çevresel sorunu beraberinde getirir. Bu nedenle sıcak metalin kok kullanılmadan üretilmesi ekonomik ve çevresel açıdan faydalı olacaktır. Bu belgenin yazıldığı tarihte (2010), neredeyse tüm yüksek fırınlar tüyerlerde indirgeyici madde enjeksiyonu yoluyla kok tüketimlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak, yükü destekleme işlevi nedeniyle kok kömürü bir yüksek fırında başka bir ürünle asla tam olarak ikame edilemez. Asgari yüksek fırın kok oranı yaklaşık 260 kg/t sıcak metal düzeyindedir.

Elektrik ark fırınlarında (EAF'ler) hurdadan çelik üretimi artmaktadır. Hurdadan çelik üretimi, demir cevherinden çelik üretimine kıyasla önemli ölçüde daha az enerji tüketir. Hurda bazlı çeliğin kalitesiyle ilgili sorunlar, kısıtlamalara neden olmakta ve ham madde olarak doğrudan indirgenmiş demir (DİD) kullanımı, EAF ile çelik üretim yolunun olanaklarını artırmaktadır.

Özetle, aşağıdaki hususlar yüksek fırınla çelik üretim yolu üzerinde baskı oluşturmaktadır:

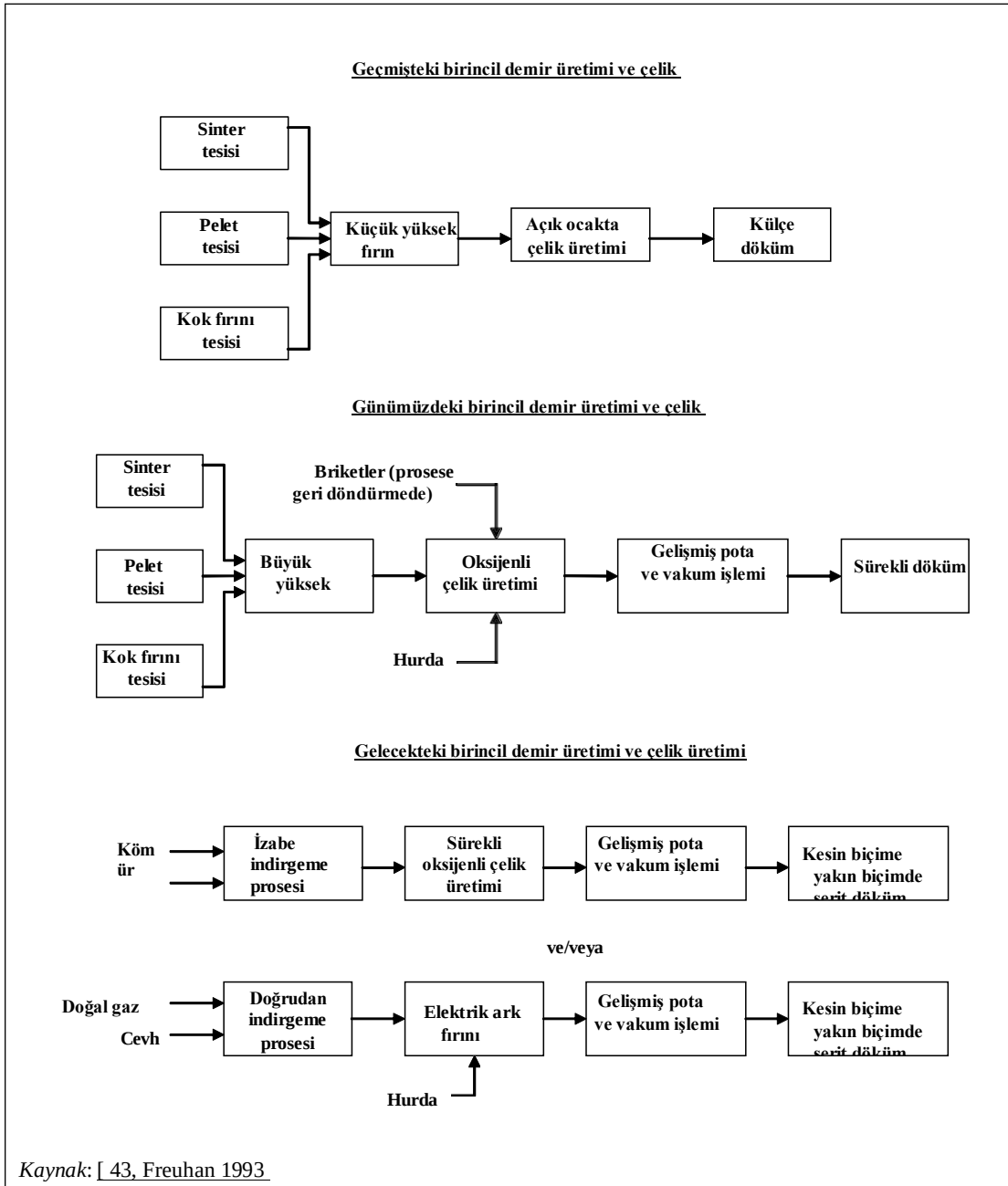
- sinter tesislerinin çevresel yönleri
- kok fırını tesisinin çevresel ve ekonomik yönleri
- sıcak metal üretiminin göreceli esnekliği ve ölçeği
- hurda bazlı ve DİD ile EAF'de çelik üretim yolu ile artan rekabet.

Ancak geri dönüşüm kapasitesi ve ekonomik yatırım açısından YF yolunun avantajları kabul edilmelidir.

Yukarıda belirtilenler, yüksek fırın yolunun çevresel ve ekonomik işlemlerinin iyileştirilmesini ve demir üretimi için alternatif yolların geliştirilmesini tetiklemiştir.

Kanıtlanmış alternatif demir üretimi türleri olarak kabul edilebilecek iki ana alternatif demir üretimi türü şunlardır: Doğrudan indirgeme (Dİ) ve izabe indirgeme (İİ).

Şekil 10.1'de, demir ve çelik üretimi için geçmiş, şimdiki ve gelecekteki yollara genel bir bakış sunulmaktadır.



Şekil 10.1: Alternatif demir-çelik üretim prosesleri için geçmiş, mevcut ve gelecekteki yollar

10.1 Doğrudan indirgeme (Dİ)

Doğrudan indirgeme, demir cevherlerinden ve bir indirgeme maddesinden (örneğin doğal gaz) katı birincil demir üretimini içerir. Katı ürün, doğrudan indirgenmiş demir (DİD) olarak adlandırılır ve çoğunlukla elektrik ark fırınlarında (EAF) ham madde olarak kullanılır. Doğrudan indirgeme prosesi 1970'lerden beri ticari olarak uygulanmaktadır ve çeşitli prosesler geliştirilmiştir.

İndirgeme tesisinde demirin gangdan ayrılması söz konusu olmadığından, katı halde metalik demire indirgeme için yüksek nitelikli cevherler veya konsantreler (%68 Fe ve %27 gang içeriği) kullanılmalıdır. Proses sıcaklıkları 1000 °C'nin altındadır. DİD >%92 metalleşme oranına ve <%2 karbon içeriğine sahiptir. Doğrudan indirgenmiş demir, normalde EAF'ler için ham madde olarak kullanılır.

DİD yüksek bir gang içeriğine sahip olabilir ve bu, özellikle elektrik enerjisi maliyetlerinin yüksek olduğu yerlerde EAF ile çelik üretiminde DİD'nin değerini düşürür.

DİD'nin bir dezavantajı, yangın tehlikesi oluşturabilmesidir. Bu nedenle, ürünün belirli bir mesafede depolanması veya taşınması gerektiğinde DİD, sıcak briketlenmiş demir (SBD) olarak briketler haline getirilebilir.

İlk ticari tesisler 1960'ların sonunda inşa edilmiştir. Önde gelen doğrudan indirgeme prosesleri ucuz bir doğal gaz kaynağı gerektirdiğinden, tesislerin çoğu ekvator çevresindeki petrol ve gaz bakımından zengin kuşakta yer almaktadır.

Tablo 10.1, 1996 ve 2006 yılları için dünya sıcak metal üretimi içinde DİD üretiminin payını göstermektedir.

Tablo 10.1: Dünyada doğrudan indirgenmiş demir üretimi

Yıl	Dünya yıllık üretimi (Mt)	Dünya sıcak metal üretimi içindeki payı (%)
1996/97	36,5	%4,4
2006	59,8	%6,8
Kaynak: [200, Komisyon 2001] [260, Almanya 2007].		

2006 yılında dünya DİD üretiminin üçte ikisi beş ülkede yoğunlaşmıştı: Hindistan (15,0 Mt – 2005'tekinden 4 Mt daha fazla), Venezuela (8,6 Mt), İran (6,9 Mt), Meksika (6,2 Mt) ve Suudi Arabistan (3,6 Mt). Hindistan, Nijerya, Trinidad, Suudi Arabistan, Katar ve Rusya'da yeni tesisler devreye alınmıştır [260, Almanya 2007]. Dİ yöntemi, özellikle toz üretiminde başarılı olmuştur.

Mevcut prosesler

DİD prosesleri, kullanılan reaktör tipine göre ayrılabilir:

- şaft fırınları (Midrex®, HyL)
- döner fırınlar (SL/RN prosesi)
- döner ocaklı fırınları (Fastmet®/Fastmelt®, Inmetco®/RedIron®, ve ITmk3®)
- akışkan yataklı reaktörler (Circofer®).

Bu katı hal proseslerinin çoğunda, yakıt ve indirgeyici madde (karbonmonoksit ve hidrojen) olarak doğal gaz kullanılır. DİD'nin yaklaşık %92'si yakıt olarak (reform edilmiş) doğal gaz kullanılarak üretilir. Sınırlı sayıda tesiste yakıt olarak kömür kullanılmaktadır.

Ham madde olarak demir cevheri peletleri ve parça cevher, şaft fırını (Midrex, HyL) proseslerinde, ince cevherler ve konsantreler ise akışkan yataklı (Circored, Finmet, Demir karbür) veya döner ocaklı fırın (Fastmet®, Inmetco®) proseslerinde kullanılır.

DİD'ye bir alternatif demir karbürdür (Fe_3C). Demir karbür de doğrudan indirgeme yoluyla üretilir, ancak ürün ağırlıkça yaklaşık %90 Fe_3C içerir. Karbon içeriği nispeten yüksektir: Ağırlıkça %6. Bu, EAF'de elektrik tüketimini azaltmak için yeterli enerji sağlar. Demir karbür, DİD ile aynı uygulamalarda kullanılabilir. Yıllık 300.000 metrik ton kapasiteli ilk ticari demir karbür tesisi 1995 yılında Trinidad'da işletmeye alınmıştır (1998'de gerçekleşen üretim 150.000 ton/yıl idi).

Tablo 10.2'de, ticari olarak temin edilebilen DİD yapım türlerinin özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 10.2: Sektörde kullanılan doğrudan indirgeme proseslerinin özellikleri

Parametre	Proses			
	Midrex	HyL III	Fastmet/ Inmetco	Finmet
Statü	Endüstriyel	Endüstriyel	Endüstriyel	Endüstriyel
Reaktör tipi	Şaft	Şaft	Döner ocak	Akışkan yatak
Demir kaynağı	Pellet/ parça cevher	Pellet/ parça cevher	İnce taneler konsantreler	İnce taneler 0,1 – 12 mm
Yakıt türü	Doğal gaz	Doğal gaz	Kömür/doğal gaz	Doğal gaz
Yardımcı hizmetler	–	Buhar	–	Buhar
Çevre tesisler	Dönüştürücü	Dönüştürücü CO ₂ giderme	–	Dönüştürücü CO ₂ giderme
Tipik tesis kapasitesi (kt/yıl)	1000	1000	450	500
Enerji girdisi (GJ/ton ürün)	10,5	11,3	12,6	12,5
Ürün	DİD/SBD	DİD	DİD/SBD	SBD
Ürün metalleşmesi (%)	>92	>92	>92	>92
Ürün karbon içeriği (%)	1 – 2	1 – 2	<0,2	0,5 – 1,5
Kaynak: [98, Nagai 1995] [177, Eurofer 2009].				

Çelik üretim sürecinde, DİD saflık ve bileşimin tek tipliği açısından hurdadan üstündür, ancak bu avantajların maliyeti daha yüksektir.

DİD kullanımı aşağıdaki durumlarda mantıklıdır:

- kaliteli hurda tükendiğinde ve dolayısıyla çelik ürünlerinin kalitesi düştüğünde ham maddenin kalitesini yükseltmek için indirgenmiş demir eklenmesi gerektiğinde
- hurda gibi demir kaynaklarının tedarikinin zor olduğu veya talebin büyüklüğü açısından yüksek fırınlı bir entegre çelik tesisi inşasının gerekli olmadığı bölgelerde kurulan mini tesislerde (bu durumda indirgenmiş demir ana ham madde olarak kullanılabilir) [98, Nagai 1995]
- Daha yüksek sıcak metal üretim kapasitesinin gerekli olduğu yüksek fırınlarda.

DİD'nin çevresel yönleri

Yüksek fırına kıyasla doğrudan indirgeme ünitesinin temel avantajı, doğrudan indirgeme ünitesinde yakıt olarak doğal gaz veya kömür kullanılmasıdır. Bu nedenle, artık bir kok fırını tesisine ihtiyaç duyulmamakta ve bu da emisyonları önemli ölçüde azaltmaktadır. Bir doğrudan indirgeme ünitesinin çevre üzerindeki etkisi çok sınırlıdır. Toplanması kolay olan çok az toz emisyonu vardır. Su ihtiyacı düşüktür ve su büyük ölçüde geri dönüştürülebilir. Ayrıca, metan bazlı bir doğrudan indirgeme ünitesi, kömür bazlı bir üniteden çok daha az CO₂ üretir.

Ancak, DİD bir miktar gang içerir (% 3 – 6) ve bu, daha fazla DİD girdisi ile EAF'nin güç tüketiminin artmasına neden olur. Bu, DİD'nin doğrudan sıcak yüklenmesi ile kısmen telafi edilebilir. ITmk3 teknolojisi sağlayıcıları, atık gazın duyulur ısısının bir kısmının geri kazanılması ve ön ısıtmaya tabi tutulmuş hava olarak ısı girdisine geri döndürülmesi nedeniyle, bu yol + EAF'nin tahmini CO₂ emisyonlarının YF+BOF yoluna kıyasla %20 – 25 daha düşük olduğunu iddia etmektedir [208, Lindfors ve diğ. 2006].

10.2 İzabe indirgeme (İİ)

İzabe indirgeme (İİ), kok olmadan demir cevherinden sıcak metal üretimi ile ilişkilidir. İİ’de iki ünite kullanılır: İlkinde demir cevheri, kömür ve oksijenle beslenen bir izabegazlaştırıcı olan ikinci üniteden üretilen gazlarla ısıtılır ve indirgenir. Kısmen indirgenmiş cevher daha sonra ikinci üniteye eritilir ve sıvı sıcak metal veya (bazı durumlarda) sıvı çelik üretilir. İzabe indirgeme teknolojisi, demir üretimi için çok çeşitli kömürlerin kullanılmasını sağlar.

Bu teknolojinin örnekleri arasında, ticari olarak uygulanan Corex® ve Finex® prosesleri yer almaktadır.

10.2.1 Corex ve Finex prosesleri

Açıklama

Corex prosesi iki aşamalı bir prosestir: İlk adımda, demir cevheri bir şaft fırınında indirgeme gazı yoluyla sünger demire indirgenir; ikinci adımda indirgenmiş demir eritici-gazlaştırıcı kapta eritilir. İndirgeme şaftında kullanılan indirgeyici gaz (CO ve H_2), eritici-gazlaştırıcıda sabit/akışkan bir yatak oluşturarak, oksijen aracılığıyla kömürün gazlaştırılmasıyla sağlanır. Kömürün eritici-gazlaştırıcıda kısmi yanması, indirgenmiş demiri eritmek için ısı üretir. Sıvı demir ve cüruf, yüksek fırın işlemlerinde kullanılabenzer geleneksel bir akıtma prosedürüyle tabandan boşaltılır.

Demir indirgeme ve demir eritme/kömür gazlaştırma işlemlerinin iki adıma ayrılması nedeniyle, yüksek derecede esneklik sağlanır ve çok çeşitli kömürler kullanılabilir. Proses, 5 bar’a kadar yüksek bir basınçta çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Kömür ve demir cevherinin yüklenmesi, kilitli huni sistemi ile gerçekleştirilir.

İndirgeyici gaz yaklaşık %65 – 70 CO , %20 – 25 H_2 ve %2 – 4 CO_2 içerir. Eritici-gazlaştırıcıdan ayrılan sıcak gaz, sıcaklığı yaklaşık 850 °C’ye ayarlamak için soğutma gazıyla karıştırılır. Gaz daha sonra sıcak siklonlarda temizlenir ve indirgeyici gaz olarak şaft fırınına beslenir. Gaz şaft fırınından çıktığında, hala nispeten yüksek bir ısı değere sahiptir ve imkan varsa ihraç gazı olarak kullanılabilir. Tipik bir buhar kömürü (%28,5 uçucu madde) kullanılması durumunda gazın ısı değeri 7,5 MJ/Nm³ olduğu tahmin edilmektedir, ancak diğer kömür türleri ihraç gazının farklı ısıtma değerlerine sahip olmasına neden olabilir.

Corex’in başka bir versiyonu Siemens VAI ve Koreli çelik üreticisi Posco tarafından ortaklaşa geliştirilen Finex prosesidir. Corex ve Finex arasındaki temel fark, Finex’te doğrudan ince cevherin kullanılabilmesidir [260, Almanya 2007]. Finex prosesinde, bir eritici-gazlaştırıcının kaynak yönünde dört aşamalı bir akışkan yatak sistemi bulunur. Akışkan yataklarda ince cevherlerin indirgenmesinden sonra, çıktı, eritici-gazlaştırıcıya yüklenmeden önce sıcak sıkıştırılmaya tabi tutulur.

Elde edilen çevresel faydalar

Corex prosesinde enerji kaynağı olarak kömür kullanılmaktadır. Dolayısıyla, kok fırınından kaynaklanan emisyonların önüne geçilmektedir. Kömürden açığa çıkan tüm yüksek hidrokarbonlar, eritici-gazlaştırıcıda CO ve H_2 ’ye parçalanır. Dolayısıyla katran, fenol, BTX, PAH vb. gibi yan ürünler oluşmaz.

Proses kömürle birlikte yüklenen kükürt, büyük ölçüde, şaft fırınında DİD ve kalsine edilmiş katkı maddeleri tarafından alınır ve ardından eritici-gazlaştırıcıya beslenir. Burada, kükürdün çoğu YF yolunda olduğu gibi sıvı cüruflara aktarılır ve çevreye zararsız hale gelir. Corex prosesinden gaz ve su ile tahliye edilen kükürt miktarı (toplam kükürt girdisinin %2 – 3’ü), geleneksel kok fırını/sinter tesisi/yüksek fırın yolundan çok daha düşüktür (%20 – 30). İhraç gazı, kullanılan kömürün cinsine ve işletme koşullarına bağlı olarak 10 – 70 ppmv H_2S içerir. Kömürün gazlaştırılması için hava yerine oksijen (O_2) kullanıldığından,

önemli bir NO_x ve siyanür (CN) oluşumu meydana gelmez. Oksijenin kullanımının gerekli olması, önemli düzeyde ek genel enerji gereksinimine yol açar.

Corex tesisinden çıkan toz emisyonları, geleneksel üretim yöntemine göre önemli ölçüde daha düşüktür. Böylece kok fırın tesisindeki emisyonların önüne geçilmiş olur. İhraç gazının toz içeriği 5 mg/Nm³'ten azdır. Gaz temizleme sisteminde yakalanan tozun çoğu prosese geri döndürülür.

Güney Afrika'daki Iscor tesisinin bazı performans verileri Tablo 10.3'te verilmiştir.

Tablo 10.3: Güney Afrika'nın Pretoria şehrinde bulunan Iscor Corex tesisinin (1998'de kapatılmıştır) ilgili performans verileri

Parametre		Birimler	Parça cevher kullana rak	Pelet kullanarak
Eritme kapasitesi		t SM/saat	45	53
Özgül eritme kapasitesi		t SM/m ³ /gün	3,0	3,4
Kömür tüketimi		kg/t SM	1080	1000
C _{sabit} tüketimi		kg/t SM	615	570
O ₂ tüketimi		Nm ³ /t SM	540	500
Cüruf miktarı		kg/t SM	450	300
Sıcak metal bileşimi	Karbon	%	4,5	4,5
	Silisyum	%	0,3	0,3
	Kükürt	%	0,05	0,05
	Fosfor	%	0,15	0,15
İhraç gazı	Miktar	Nm ³ /t SM	1750	1710
	Alt ısı değeri	MJ/t SM	7,5	7,5
	Bileşim	CO	%	45
		CO ₂	%	32
		H ₂	%	16
		Toz	mg/Nm ³	<5
Emisyon	Toz	kg/t SM	39 – 139	39 – 139
	SO ₂	kg/t SM	26 – 333	26 – 333
	NO _x	kg/t SM	21 – 33	21 – 33
Enerji tüketimi		GJ/t SM	17	17
Not: SM = Sıcak metal. Kaynak: [78, Kreulitsch ve diğ. 1994] [82, Lemperle ve diğl. 1993].				

Çapraz ortam etkileri

Eritici-gazlaştırıcıdan çıkan indirgeme gazı siklonlarda temizlenir. Bu siklonlardan çıkan toz, eritici-gazlaştırıcıya geri döndürülebilir. Şaft fırınından çıkan tepe gazı ve soğutma gazı (indirgeme gazını soğutmak için) yıkayıcılarda temizlenir ve böylece çamur oluşur. Çamur, tanelemeden sonra eritici-gazlaştırıcıya büyük ölçüde geri döndürülebilir veya çimento endüstrisine tedarik edilebilir. Küçük (ölçülmemiştir) bir kısmı bertaraf edilebilir.

Corex prosesi, yüksek bir özgül kömür tüketimine ve orta-yüksek ısı değere sahip nispeten büyük bir çıkış gazı akışına sahiptir. Bu çıkış gazının bir enerji kaynağı olarak kullanılması, prosesin enerji verimliliğini büyük ölçüde belirler. Soğutma suyu kapalı bir devrede sağlanır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Bildirilen sermaye maliyetleri bir ton sıcak metal başına 195 EUR idi. Bu örnek için para birimi 1996'te ECU'ya ve inceleme için EUR'ye dönüştürülmüştür.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Bir Corex tesisinin 1995 yılında Posco, Pohang Fabrikası, Güney Kore tarafından başarıyla devreye alınmasının ardından tesis, 2003 yılında yıllık 600.000 ton üretim kapasitesiyle Finex konfigürasyonuna dönüştürülmüştür. Bu tesiste, bir eritici-gazlaştırıcının kaynak yönünde dört aşamalı bir akışkan yatak sistemi bulunur. Akışkan yataklarda ince cevherlerin indirgenmesinden sonra, çıktı, eritici-gazlaştırıcıya yüklenmeden önce sıcak sıkıştırmaya tabi tutulur. Yıllık 1,5 milyon ton kapasiteli ikinci bir tesis, Nisan 2007'de Pohang sahasında faaliyete geçmiştir.

2007 sonu itibarıyla, yıllık toplam 7,45 milyon ton sıcak metal kapasitesiyle toplam altı Corex tesisi ve iki Finex tesisi faaliyettedir.

Tablo 10.4: Corex ve Finex sahalarına genel bakış

Corex/ Finex tesisi	Sayı	İşletmeye alınma tarihi	Yük	milyon t/yıl cinsinden kapasite
Posco, Pohang Fabrikası, Güney Kore	1	1995/2003 (Corex/Finex)	Parça cevherler/ince taneler	0,60
	1	2007 (Finex)	İnce taneler	1,5
Jindal South West Steel, Torangallu/ Hindistan	2	1997/2001	Parça cevherler, peletler	1,60 (2 × 0,8)
Mittal Steel, Saldanha/Gün ey Afrika	1	1999	Parça cevherler, peletler	0,65
Baosteel, Şangay/Çi n	1	2007	Parça cevherler,	1,50
	1	2010 yılında devreye alınmıştır	peletler	1,5
Essar Steel, Hazira/ Hindistan	2	2007	Peletler	1,60 (2 × 0,8)
Kaynak: [260, Almanya 2007] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].				

İzebe indirgeme için başka bir örnek, iki aşamalı bir proses kullanılan Primus® tekniğidir. Bu teknik, kurutmaya, ısıtmaya ve indirgemeyi başlatmaya yönelik olarak çok hazneli bir fırın (CHF) ve ardından tam demir indirgemesine yol açan ve böylece sıcak metal sağlayan, cürufu oluşturan ve çinko indirgemelerini tamamlayan bir elektrik ark fırını (EAF) kombinasyonundan oluşur. Bu teknik, EAF tozu, YF çamuru, çelik fabrikası çamuru ve yağlı hadde tufali çamuru gibi mevcut tesiste normalde geri dönüştürülemeyen tüm tipik demir-çelik üretimi atıklarının artılmasına olanak tanır (bkz. Bölüm 2.5.4.4.3).

Referans literatür

[44, Freuhan 1994] [78, Kreulitsch ve diğ. 1994] [82, Lemperle ve diğ. 1993] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008]

10.2.2 Geliştirme aşamasındaki prosesler

Aşağıdaki izabe indirgeme prosesleri ileri bir geliştirme aşamasındadır ve bu paragrafta kısaca açıklanmıştır:

- HIs melt
- Doğrudan Demir Cevheri Eritme (DIOS)
- AISI-DOE/CCF
- ROMELT

Tablo 10.5'te bu proseslerin özellikleri özetlenmiştir. Proseslerin kısa açıklamaları sonraki sayfalarda verilecektir.

Tablo 10.5: Geliştirilmekte olan izabe indirgeme proseslerinin özellikleri

	Proses			
	HIs melt (Avustralya)	DIOS (Japonya)	AISI-DOE/CCF (ABD/Hollanda)	ROMELT (Rusya)
Ana bileşenler	• Dikey izabe indirgeme	• Akışkan yatakta ön indirgeme • Gaz dönüştürme fırını • İzabe indirgeme fırını • Oksijen tesisi	• Siklon dönüştürücü fırın • Yunak içi eritme kabı • Oksijen tesisi	• Yunak izabe fırını
Ham madde	İnce taneler	İnce taneler	İnce taneler	İnce taneler/atık oksitler
Yakıt	Toz kömür	İnce taneli kömür /granül kömür	İnce taneli kömür	İnce taneli kömür
Metal ürün	Sıvı demir	Sıvı demir	Sıvı demir	Sıvı demir
Oksijen tüketimi (Nm ³ /t SM)	Sıcak üfleme havası kullanılır	500	430 – 680	750 – 850
Kömür tüketimi (kg/t SM)	630 – 700	950	700 – 750	900 – 1200
Çıkış gazı miktarı (Nm ³ /t SM)	1850	2080	MD	MD
Isıl değer (MJ/Nm ³)	1,44	3,74	MD	MD
Net enerji tüketimi (GJ/t SM)	MD	MD	MD	MD
Enerji çıktısı (GJ/t SM)	2,7	7,8	4,0	MD
Statü	Pilot	Pilot	Pilot	Pilot
Not: — SM: Sıcak metal. – MD: Veri mevcut değil. Kaynak: [44, Freuhan 1994] [98, Nagai 1995].				

HIs melt

Açıklama

Bu proste, dördü soğuk kömür ve kireç için ve dördü sıcak durumda (600 – 700 °C) cevher ve dolomit (% 5) enjekte etmek için kullanılan toplam sekiz lans ile cevher, kömür ve eritken maddeler demir yunağına enjekte edilir. Cevherler hızla indirgenir ve doğrudan

yunakta erir. %35 O₂ içeriğine sahip sıcak üfleme havası (1200 – 1250 °C), cüruf içinden merkezi bir lans içinden enjekte edilerek çıkış gazında son yanmaya tabi tutulacak CO ve H₂ fraksiyonlarının oluşmasına neden olur. Tesisi çalıştırmak için genellikle bir sıcak metal çukuru gerekir. Sıcak metal akıtma, fırın ön bölümünde sürekli olarak gerçekleştirilirken, cüruf akıtma, cüruf akıtma deliğinden iki-üç saatte bir kesintili akıtma yapılarak gerçekleştirilir [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].

İşletim verileri

Hismelt prosesinde izabe indirgeme, sıcak metalde %0,01'den daha düşük silikon içeriğine ve ayrıca %0,02'den daha düşük fosfor içeriğine yol açar [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].

Statü

Hismelt Corporation tarafından Kwinana/Batı Avustralya'da bir Hismelt tesisi devreye alınmıştır. Bu tesis, yıllık 800 000 ton sıcak metal üretimi için tasarlanmıştır [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].

Çevresel etkiler

Yüksek fırında demir üretimine kıyasla %10 yakıt tasarrufu öngörülmektedir. Ayrıca, bir demir cevheri ön işlem tesisi (pelet tesisi, sinter tesisi) ve bir kok fırını tesisinin işletilmesi artık gerekli değildir. Diğer izabe indirgeme proseslerinin aksine, sıcak üfleme havası gereklidir. Bu muhtemelen bu prosesin NO_x emisyonlarını olumsuz yönde etkileyecektir.

DIOS

Açıklama

Doğrudan Demir Cevheri Eritme (DIOS) prosesi üç alt prosesten oluşur: Demir cevherini ön indirgemeye tabi tutmak için akışkan yataklı bir ön indirgeme fırını (ÖİF), kömür tozunu gaza karıştırmak için bir gaz dönüştürme fırını (GDF) ve demir cevherini daha da indirgemek ve eritmek için bir izabe indirgeme fırını (İİF).

Yanma oksijeni, İİF'nin tepesinden enjekte edilir. Üretilen karbonmonoksit (CO), ÖİF'de demir cevherini ön indirgemeye tabi tutmak için kullanılır. Fırındaki cürufu çalkalamak için İİF'nin tabanına azot enjekte edilir.

Statü

NKK'nın Japonya'daki Keihin Fabrikasında, günde yaklaşık 500 ton demir üreten bir pilot tesis 1994'ten beri faaliyettedir.

Çevresel etkiler

DIOS'nin enerji tüketiminin yüksek fırın yoluna göre %5 – 10 daha düşük olması beklenmektedir. Ayrıca, demir ön işlem tesisi (pelet tesisi, sinter tesisi) ve kok fırını tesisi artık gerekli değildir.

Referans literatür

[78, Kreulitsch ve diğ. 1994]

AISI-DOE/CCF

Açıklama

AISI-DOE projesi ve Siklon Dönüştürücü Fırın (CCF) projesi iki ayrı geliştirme projesi olarak hayata geçirilmiştir.

AISI-DOE projesi, çeşitli üniversiteler ve Amerikan ve Kanadalı çelik üreticileri tarafından doğrudan demir üretimi (izabe indirgeme) için ortaklaşa yürütülen bir Ar-Ge projesiydi. Proje, Amerikan

Demir ve Çelik Enstitüsü tarafından koordine edilmiş ve ABD Enerji Bakanlığı tarafından desteklenmiştir. Projenin amacı, dikey yunaklı izabe tesisinde ön indirgemeye tabi tutulmuş demir cevheri ve kömürden çelik üretmektir. Dikey yunaklı izabe tesisinin geliştirilmesi, projenin en önemli bölümünü oluşturmıştır.

CCF projesi Corus, IJmuiden/Hollanda ve Ilva, İtalya'nın ortak girişimiydi. Projenin en önemli kısmı siklon reaktörünün geliştirilmesidir. Siklonda demir cevheri ön indirgemeye tabi tutulur ve eritilir. Erimiş karışım, indirgemenin tamamlandığı kabin alt kısmına düşer. Yakıt, kabin alt kısmına oksijenle birlikte enjekte edilen granül kömürden oluşur.

Siklon reaktörünün yüksek çalışma sıcaklığı ve demir yunağından yüksek düzeyde sürüklenen malzemeyi işleyebilmesi, ön indirgeme ve son indirgeme aşamalarının doğrudan birbirine bağlanmasını mümkün kılar. İki aşamanın birleştirilmesi, aşamalar arası soğutma olmadığı için ısı aktarım verimliliğinin kritik olmadığı anlamına gelir. Hem ön indirgemenin hem de nihai indirgemenin bir kapta gerçekleşmesi, CCF ve yunakta izabe indirgemeye yönelik diğer mevcut üniteler arasındaki en önemli farktır.

CCF projesinde esas olarak siklon reaktörünün geliştirilmesine odaklanılmıştı.

1995'te her iki taraf da teknolojilerini birleştirme olasılığını fark etti. Birleşik tekniklerle, bir izabe indirgeme pilot tesisi hayata geçirilebilir.

Statü

AISI-DOE projesi çeşitli denemelerle çalıştırılmaktadır, ancak hiçbir pilot tesis devreye alınmamıştır. CCF projesi, saatte 20 ton kapasiteli bir pilot tesis ölçeğinde işletilmektedir.

Çevresel yönler

Kok fırını tesisi, sinter tesisi veya pelet tesisi gerekmediğinden, emisyonlarda belirgin bir azalma sağlanabilir. Bir ton çelik başına enerji tüketimi de daha düşük olacaktır. Ayrıca, siklondan çıkan yaklaşık 1800 °C'deki baca gazlarından güç üretilebilir.

Referans literatür

[43, Freuhan 1993] [65, InfoMil 1997] [78, Kreulitsch ve diğ. 1994]

ROMELT

Açıklama

ROMELT prosesi, Rusya'da 10 yılı aşkın bir süredir geliştirilmektedir. Diğer yunakta indirgeme proseslerine benzer, ancak farklı olarak bir ön indirgeyici kullanılmaz. Proseste cevher veya atık oksitler kullanılır. Kömür tüketiminin 900 – 1200 kg/metrik ton olduğu bildirilmiştir.

Statü

Novolipetsk/Rusya'da 500-1000 metrik ton/gün kapasiteye sahip pilot tesis, 300 000 metrik tonun üzerinde sıcak metal üretmiştir. 350 000 metrik ton/yıl kapasite için detaylı planlar yapılmıştır.

Çevresel yönler

Kok fırını tesisi, sinter tesisi veya pelet tesisi gerekmediğinden, geleneksel birincil demir üretimine kıyasla emisyonlarda önemli bir azalma beklenebilir. Bir ton çelik başına enerji tüketimi de daha düşük olacaktır.

Referans literatür

[44, Freuhan 1994] [65, InfoMil 1997]

Kısaca açıklanması gereken diğer iki izabe indirgeme prosesi:

- PLASMAMELT prosesi
- AUSMELT prosesi

PLASMAMELT prosesi

Plazma bazlı izabe indirgeme proseslerinde reaksiyonlar, fırının alt kısmında simetrik olarak yerleştirilmiş tüyerler ile kok dolu şaft fırınında gerçekleşir. Şaft tamamen kok ile doldurulur. Plazma jeneratörleri ve cüruf oluşturan malzeme ve muhtemelen indirgeyicilerle karıştırılmış metal oksitlerin enjeksiyonunda kullanılan ekipmanlar tüyerlere takılır. Her bir tüyerin önünde, kok kolonunun içinde indirgeme ve eritmenin gerçekleştiği bir boşluk oluşturulur. Üretilen cüruf ve metal, düzenli aralıklarla şaft fırınının altından akıtılır. Demir cevheri eritme durumunda, esas olarak karbonmonoksit ve hidrojenden oluşan fırın çıkış gazı, cevherin ön indirgemeye tabi tutulması için kullanılabilir. Torba odası tozundan alaşım metallerinin geri kazanılması gibi prosesin diğer uygulamalarında, üretilen gaz bir yakıt gazı olarak kullanılır. Ham madde, örneğin çinko ve kurşun gibi yüksek buhar basınçlı metaller içeriyorsa, bu metaller çıkış gazıyla birlikte fırından çıkar ve daha sonra metallerin gazdan geri kazanıldığı bir yoğunlaştırıcıdan geçirilir [383, EIPPCB 2006].

AUSMELT prosesi

Ausmelt prosesi, Avustralyalı Ausmelt Ltd. tarafından geliştirilmiştir. Parça cevher veya ince cevher taneleri, parça kömür ve eritken malzemeler ile birlikte sürekli olarak bir dönüştürücüye beslenir. İnce kömür, oksijen ve hava, daldırmalı yanma sağlamak için enjekte edilir. Yakıt/hava ve yakıt/kömür oranlarının yanı sıra lanstan enjekte edilen ince kömür oranının ayarlanmasıyla oksidasyon ve indirgeme derecesi kontrol edilir. Tüm reaksiyonlar tek bir reaktörde tamamlanır.

10.3 Doğrudan indirgeme ve izabe indirgeme yolu ile geleneksel yüksek fırın yolunun karşılaştırılması

Doğrudan indirgeme (Dİ) ve izabe indirgeme (İİ) prosesleri için iddia edilen birincil çevresel fayda, bunların kok veya sinter olmadan gerçekleştirilebilmeleridir. Bu özellik, önemli bir çevresel etkiye sahip olabilecek kok tesislerine ve sinter makinelerine olan ihtiyacı ortadan kaldırabilir.

İndirgeme tesislerinden kaynaklanan emisyonlar genellikle düşüktür ve azaltma sonrasında havaya salınan partikül emisyonları 10 mg/Nm^3 mertebesinde. Emisyon azaltma genellikle ıslak teknolojiye dayalıdır ve sulu bir atık akışı üretir, ancak bu, suyun geri dönüştürülmesi veya kuru temizleme ile çözülebilir. Dİ veya İİ proseslerinde demir peletleri veya sinter kullanıyorsa, çeşitli demir üretim yollarının çevresel performansları karşılaştırılırken bu malzemelerin işlenmesiyle ilişkili emisyonlar dikkate alınmalıdır.

Tablo 10.6'da, demir üretimi için geleneksel yüksek fırın yolunun Dİ ve İİ yolu ile karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 10.6: Demir üretimi için geleneksel yüksek fırın yolunun doğrudan indirgeme ve izabe indirgeme yolları ile karşılaştırılması

Özellikler	Geleneksel YF Yolu ⁽¹⁾	Doğrudan İndirgeme (Dİ)	İzabe İndirgeme (İİ)
Üretim ölçeği	Tesis başına 2 ila 4,77 Mt/yıl ve üzeri sıcak metal üretimiyle eskiden beri uygulanan ve enerji ve kaynak açısından verimli yöntemdir. Demir üretimi için hala ana yöntemdir ve dünyadaki demir cevheri bazlı üretimin %95'ini oluşturur.	Gaz bazlı prosesler, dünya genelinde kurulu Dİ kapasitesinin büyük çoğunluğunu oluşturur ve bu kapasitenin %63'ü MIDREX yolu üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu prosesler şu anda maksimum 1,76 Mt/yıl birim tesis kapasitesine sahiptir. Üretildiği şekliyle DİD, normalde EAF ile çelik üretiminde hurda yerine kullanılır. DİD prosesleri, yüksek fırına kıyasla nispeten düşük iş hacmine sahiptir ve genellikle çok düşük maliyetli enerji ve/veya demir cevheri beslemesi gibi yerel faktörlerden yararlanmak için kurulmaktadır.	İİ daha az yaygındır. Yalnızca Corex/Finex prosesi ticarileştirilmiştir. Şu anda kurulu işletme kapasitesi yaklaşık 7,45 Mt/yıl'dır (8 tesis).
Ham maddeler	Kömür - Kok yapımı için kömürlerin koklaştırılması gerekir - Sinter tesisleri için kok mıcırı ve antrasit (kullanılıyorsa) gerekir - YF enjeksiyonu için kömür (koklaşmayan kömür olabilir) YF'ye Enjekte Edilen Maddeler YF'ye kömürün yanı sıra yağ (atık yağ dahil), doğal gaz ve plastikler enjekte edilir. Metalikler Değişken kalite ve özelliklere sahip çok çeşitli ham maddeler kullanılabilir.	Kömür (kullanıldığı yerlerde - proseslerin azınlığı). - Odun kömürü (döner fırınlar) dahil olmak üzere antrasitten linyite kadar çok çeşitli katı yakıtlar Gaz - Gaz dönüştürücü katalizörünün zehirlenmesini ve ürün kalitesini etkilemesini önlemek için gazın kükürt içeriği düşük olmalıdır. Metalikler - Proseste herhangi bir fiziksel hal değişikliği olmadığından, yüksek kaliteli peletler ve parça cevher gereklidir.	Kömür - Koklaşmayan kömürler, özellik gereklilikleri YF yoluna göre daha esnek Metalikler - Parça ve ince cevher, sinter veya peletler Oksijen - Corex prosesi için büyük miktarlarda oksijen gereklidir (ilgili enerji etkileriyle birlikte).
Enerji gereksinimleri	Tipik olarak yaklaşık 17 – 18 GJ/t sıvı demir (demirdeki karbondan daha az gaz, buhar ve ısıtma kredisi)	%100 parça cevherle işletim varsayılarak tipik olarak 10,5 – 14,5 GJ/t katı DİD (gaz bazlı) (eritme ve kullanılıyorsa peletler için ekstra enerji gerekir)	Proses verimliliği, ihraç edilen güce veya gaz bazlı DR prosesleri tarafından daha fazla DİD üretimine bağlı olduğundan miktarını belirlemek zordur.
Ürün kalitesi	İstikrarlı ve güvenilir kalitede	Pasifleştirilmedikçe veya briketlenmedikçe yeniden oksitlenmeye yatkın ürün. Kalite büyük ölçüde ham madde kalitesine bağlıdır	YF demiri ile aynı

Özellikler	Geleneksel YF Yolu ⁽¹⁾	Doğrudan İndirgeme (Dİ)	İzabe İndirgeme (İİ)
Çevresel performans	Çevreye salınan maddeler arasında tozlar, VOC, PAH ve kok fırınlarından çeşitli organik kimyasallar bulunur. Sinter tesislerinden SO₂, NO_x, toz, VOC, PCB, PCDD/F ve PAH (bkz. Tablo 4.1) salınırken, YF'lerde döküm holünde toz ve SO₂ tahliye edilir (bkz. Tablo 6.4 ila Tablo 6.6 arasındaki tablolar). Proses yolunda ayrıca büyük miktarlarda su kullanılır. Ancak, proses yolu, birçok DİD prosesinde mümkün olmayan çeşitli katı atıkların/yan ürünlerin geri dönüştürülmesini sağlar. Yüksek fırının kükürt giderme kapasitesi, aynı zamanda, daha yüksek kükürt içeren yakıtların ve indirgeyici maddelerin çevre dostu bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. YF cürufu yol yapımında kullanılabilir veya cürufu çimento yapmak için peletlenebilir. Her iki yan ürün de birincil agregalara olan talebi azalttıkları için çevresel avantajlara sahiptir. Geleneksel demir üretim yolunun, pek çok indirgeme prosesinde mümkün olmayabilecek demirli atıklar, filtre kekleri ve akış yönünde çelik üretiminden kaynaklanan yağlar için birçok geri dönüşüm ve bertaraf fırsatı sağladığı unutulmamalıdır. Geleneksel yol aynı zamanda çok çeşitli ham maddeleri ve değişen kalitede indirgeyicilerin kullanılması imkanını sunar.	Çoğu Dİ prosesinde demir peletleri kullanıldığı için, peletleme prosesinden kaynaklanan salımların çevresel etkisi dikkate alınmalıdır. DİD ürünü tipik olarak %2 – 4 oranında gang içerir ve bu nedenle işleme için ek enerji tüketimine ve dikkate alınması gereken ek çevresel emisyonlara neden olur. Ham madde ince taneleri işlenmeden önce elendiğinden, toz salımları YF yoluna benzer düzeydedir. Dİ geleneksel demir yapımının yerini alacaksa, ince tanelerin kullanımı için çevre açısından tatmin edici bir yol sağlanması gerekir. Gaz dönüştürme aşamasında NO_x salınır. En başarılı Dİ proseslerinde doğal gaz kullanılır, ancak kömür hala insanoğlunun kullanabileceği en büyük enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma açısından, gazın değeri yüksek ürünlerin üretimi için ayrılması gerektiği düşünülebilir. Kok tesislerinin kullanılmaması, fırınlardan havaya salınan toz ve VOC emisyonlarını ve yan ürün tesislerinden hava ve suya salınan çeşitli organik kimyasalların emisyonlarını önler. Artık kok yapım yağlarını ve kok fırınlarından katranları işleyen rafinerilerden kaynaklanan emisyonlar da ortadan kaldırılacaktır. Ayrıca, proste kullanılan büyük miktarlarda sudan tasarruf sağlanacaktır. Sinter tesislerinin kullanılmaması, metalik/metalik olmayan tozun ve kükürt dioksit gibi gaz halindeki kirleticilerin atmosfere salınmasını azaltır. Yüksek fırınların çoğunda artık döküm holü dumanı yakalama ve çansız yükleme sistemleri kuruludur ve bu nedenle çevresel performansları, eş değer sistemlere sahip indirgeme tesislerinden yapılan salımlara benzer düzeyde olacaktır.	Bazı İİ proseslerinde, büyük miktarlarda atık gazın kullanılması gerekir. Ayrıca, İİ enerji gereksinimleri ve CO₂ emisyonları YF yolundan daha yüksektir. İİ geleneksel demir yapımının yerini alacaksa, ince tanelerin kullanımı için çevre açısından tatmin edici bir yol sağlanması gerekir.

Bölüm 10

Özellikler	Geleneksel YF Yolu ⁽¹⁾	Doğrudan İndirgeme (Dİ)	İzabe İndirgeme (İİ)
Çapraz ortam etkileri		Dİ, hiçbir fiziksel hal değişikliği veya kimyasal safsızlıkların ayrılmasını sağlamadığından, ürün kalitesi tamamen ham madde kalitesine bağlıdır. Düşük kaliteli ham maddeler kullanılıyorsa, üretilen DİD, yüksek fırınlardan elde edilen demirin kalitesine eş değer olmayabilir. Çevre koruma muhasebesi kapsamında, DİD'nin yüksek fırın demiriyle doğrudan karşılaştırılabilir olması için erimiş halde olması gerekir. Bu fiziksel hal değişikliği ile bağlantılı ek enerji gereksinimleri ve emisyonların dikkate alınması gerekir.	İzabe indirgeme prosesleri göz önüne alındığında, Corex ile büyük hacimlerde tepe gazları üretilir ve gazlar enerji üretimi için veya daha fazla sünger demir üretimi için kullanılmadıkça enerji verimliliği düşük olacaktır. Kömür tüketimi ve oksijen gereksinimleri YF yolundan daha yüksektir ve karbondioksit emisyonları önemli ölçüde daha fazladır. Gaz dönüştürmeden kaynaklanan azot oksitler hem İİ hem de Dİ işlemlerinde dikkate alınmalıdır.
Kurulum maliyetleri (gösterge)	3,5 Mt/yıl için 1150 milyon EUR (sinter tesisi ve kok fırınlarının maliyeti dahil)	1,36 Mt/yıl için 210 milyon EUR (uygun pelet veya parça cevherin mevcut olduğu varsayıldığında)	0,60 Mt/yıl için 240 milyon EUR (oksijen tesisi maliyeti dahil ve parça cevherle işletim varsayılarak)
⁽¹⁾ Kok fırını, sinter tesisi ve yüksek fırın. Kaynak: [200, Komisyon 2001] [260, Almanya 2007] [312, Dr. Michael Degner ve diğ. 2008].			

11 YENİ GELİŞTİRİLEN TEKNİKLER

Bu belgede 'yeni geliştirilen teknik' terimiyle, henüz herhangi bir endüstriyel sektörde ticari olarak uygulanmamış yenilikçi bir teknik kastedilmektedir. Bu bölüm, yakın gelecekte ortaya çıkabilecek ve demir-çelik üretim sektöründe uygulanabilecek teknikleri içermektedir. Örneğin, bu bölümde:

- geliştirme aşamasında olduğu bildirilen ve gelecekte ekonomik veya çevresel faydalar sağlayabilecek yeni kirlilik önleme ve kontrol teknikleri tanımlanmaktadır
- söz konusu sektörle ilgili olarak son zamanlarda ilgi görmeye başlayan çevresel sorunları ele alan teknikler yer almaktadır
- diğer sektörlerde yerleşik olan ve bu sektörde uygulanmaya başlayan teknikler yer almamaktadır.

Avrupa Birliği, çelik sektörünü geliştirmek için güçlü bir Ar-Ge programına sahiptir (50 yılı aşkın bir süredir) ve bu alanda çalışmalara devam etmektedir. Bu bölümdeki bazı projeler bu programlar tarafından finanse edilmiştir.

11.1 Genel olarak geliştirilen teknikler

11.1.1 Karbondioksit azaltma stratejileri (ULCOS projesi)

[378, Eurofer 2007], [250, EC 2006]

Enerji tüketildiğinde ortaya çıkan CO₂ bir sera gazı (SG) olduğu için, enerji tasarrufu amaç olarak büyük bir değişikliğe uğrayarak artık küresel ölçekte bir çevre sorunu olan küresel ısınma sorununun çözümünün bir parçası haline gelmiştir.

IPCC raporunda belirtildiği gibi, iklim değişikliğini hafifletmek için tek bir seçenek yoktur. Çözüm daha çok, atmosferik sera gazı konsantrasyonlarının dengelenmesi için bir hafifletici eylemler portföyünü içerir.

Aslında, geçmişte kaydedilen ilerleme büyük olmuştur ve basit bir şekilde mevcut teknolojilerin gelecekteki seyrini tahmin etmek, emisyonlarda ciddi yeni azalmalar için pek alan bırakmamaktadır.

Bu gerçek zorluğun üstesinden gelmek için, zamanın ekonomik teknolojik bilgisine ait olmadıklarından geçmişte çok az ilgi gören çığır açan teknolojilerin incelenmesi gerekir. Değişiklikler göz önünde bulundurulurken amaç sadece enerji tasarrufu yapmak değil, sera gazı emisyonlarını azaltmak olmalıdır. En gelişmiş çelik şirketlerinde olduğu gibi, enerji tasarruflarının çoğu toplandığında, emisyonları azaltmaya devam etmek için karbon ve enerjinin ayrıştırılması gerekir.

ULCOS, ultra düşük karbondioksitli (CO₂) çelik üretimi anlamına gelir. Çelik üretiminden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonlarında ciddi bir azalma sağlamak için ortak bir Ar-Ge girişimi başlatan 15 Avrupa ülkesinden 48 Avrupalı şirket ve kuruluştan oluşan bir konsorsiyumdur. Konsorsiyum, AB'deki tüm büyük çelik şirketlerinden, enerji ve mühendislik ortaklarından, araştırma enstitülerinden ve üniversitelerden oluşmakta ve Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir. ULCOS projesinin amacı, en gelişmiş tekniklerle karbondioksit (CO₂) emisyonlarını en az yüzde 50 oranında azaltmaktır. Projenin toplam bütçesi 47 milyon EUR'dir (2004 – 2009). Projenin, endüstriyel üretim hatlarında bazı tam boyutlu uygulamalarla 2015 yılı sonrasında da devam etmesi hedeflenmektedir.

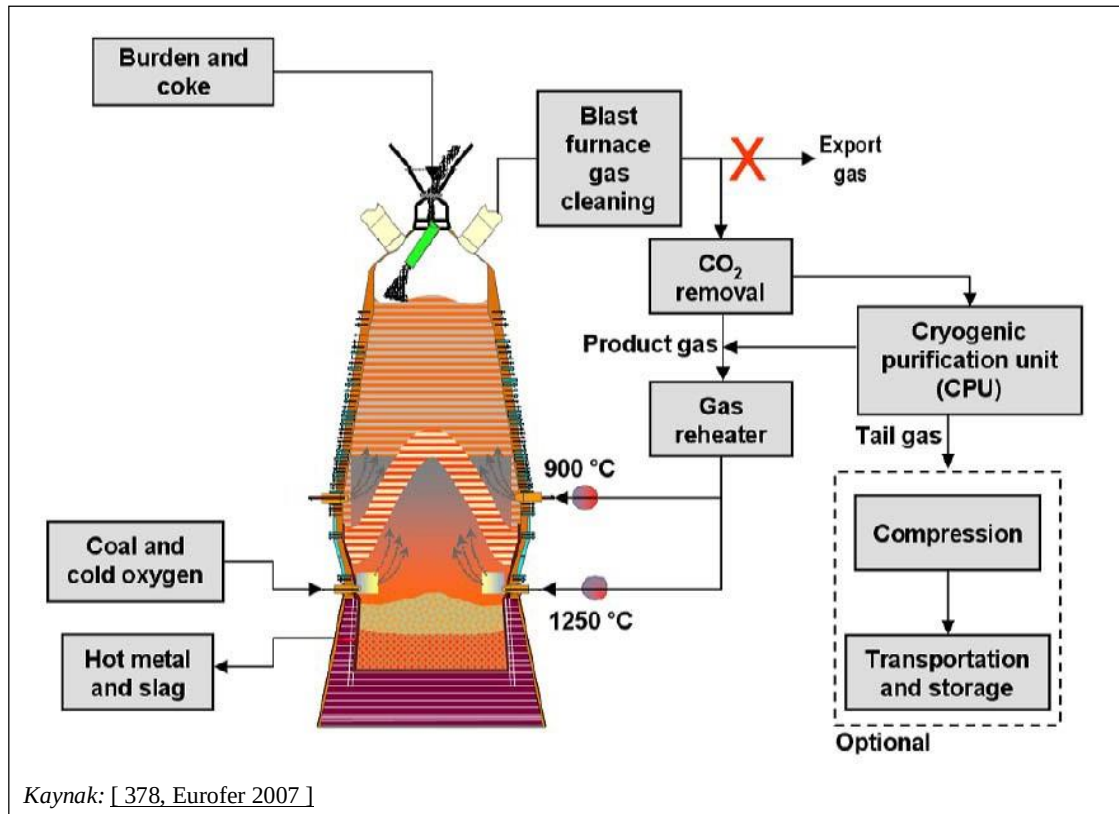
Bu gerekleyle araştırılması gereken üç alan vardır:

- İsteğe bağlı olarak taşıma ve depolama ile CO₂ yakalama ve ayırma
- karbon bazlı olmayan enerji ve indirgeyici madde kullanımı (yani hidrojen ve elektrik ve daha az ölçüde doğal gaz)
- örneğin okaliptüs tarlalarında yetiştirilen sürdürülebilir biyokütle kullanımı.

Tüm bu konular, Avrupa ULCOS projesinde ve daha genel olarak dünyadaki diğer programlarda kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır.

11.1.1.1 Tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırın

Tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırın (TGG-YF) konsepti, faydalı bileşenlerin fırına geri döndürülebilmesi ve bir indirgeme maddesi olarak kullanılabilmesi için çıkış gazlarının ayrılmasına dayanır. Bu, fırında ihtiyaç duyulan kok miktarını azaltacaktır (bkz. Şekil 11.1'de ULCOS projesi kapsamında optimize edilen tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırın konsepti). Ayrıca, fırına önceden ısıtılmış hava yerine oksijen (O₂) enjeksiyonu kavramı, gazdan istenmeyen azotun (N₂) uzaklaştırılmasına ve böylelikle karbondioksitin (CO₂) yakalanması ve depolanmasına dayanır (KYD, bkz. Bölüm 10.1.2).



Şekil 11.1: CO₂ yakalama ve isteğe bağlı depolama ile sera gazı emisyonlarını en aza indirmek için tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırının şematik görünümü

Bu konsepti deneysel olarak test etmek için İsveç'teki MEFOS araştırma enstitüsünde deneysel yüksek fırının yanına bir gaz ayrıştırma tesisi inşa edilmiştir. Deneysel yüksek fırına, saf oksijen (O₂) ile çalışacak karbonmonoksit (CO) gazının yeniden enjekte edileceği ekipmanlar kurulmuştur. Modifiye yüksek fırın ve gaz ayrıştırma tesisinin birlikte kullanımı 2007 yılında başarıyla test edilmiştir.

KYD olmadan bile, TGG-YF konsepti CO₂ emisyonlarında önemli bir azalma sağlar ve bu azalma daha çok kok tüketiminin azaltılmasıyla ilişkilidir (bir ton sıcak metal başına yaklaşık %25 oranında azalma). Tepe gazı geri dönüşümü, enerji üretimi için kullanılabilir olan fazla gazı azalttığından ve dolayısıyla bu miktardaki enerjinin başka kaynaklardan üretilmesi gerektiğinden, toplam CO₂ tasarrufu %25'in altındadır, ancak yine de %10 – 20 aralığındadır (kullanılan yakıt karışımına bağlı olarak).

Bu belgenin yazıldığı tarih itibarıyla (2010), bu tekniği ticari ölçekte bir yüksek fırında test etmek için planlar geliştirilmektedir. Bu, ULCOS projesinin birkaç yüz milyon EUR düzeyinde bir ilk Ar-Ge yatırımı gerektiren bir sonraki aşamasında gerçekleşecektir.

İkinci aşamada, yakalanan CO₂ sıkıştırılacak ve petrol ve gaz sahaları, çıkarılamayan kömür yatakları ve derin tuzlu oluşumlar (CO₂ ayırma) gibi jeolojik oluşumlarda, mineral karbonatlar halinde veya endüstriyel işlemlerde kullanılmak üzere depolanacaktır.

11.1.1.2 Karbonsuz yakıtlar ve indirgeyici maddeler

Hem hidrojen hem de elektrik, diğer yakıtlardan üretilmesi gereken enerji taşıyıcıları olduğundan, karbonu hidrojen veya elektrikle değiştirmek daha büyük bir zorluktur.

Bugüne kadar elektriğin kömür, gaz veya petrolden daha pahalı olmasının nedeni budur. Ana akım çelik Ar-Ge'sinde demir cevherinin elektrolizi yoluyla demir üretimi gibi bir konuda çok az çalışmanın yapılmasının nedeni de budur.

Bu tablo gelecekte tamamen değişebilir. Aslında, Kyoto ve Kyoto sonrası politikaların getirdiği karbon kısıtlaması, yakıtların fiyat yapısını değiştirecektir. Örneğin, CO₂'yi yakalama ve ayırma ihtiyacı nedeniyle karbonun ekstra bir fiyatı olacaktır. Sonuç olarak, 1000 g/kWh düzeyinde karbondioksit emisyonuyla üretilen her kWh enerji için 20 ila 80 EUR, bir MWh enerji maliyetine eklenecektir ki bu, bugün endüstriyel elektriğin dünyada 5 ila 80 EUR arasında değişen fiyatına bakıldığında daha iyi anlaşılabilir. Karbon bazlı olmayan elektriğin bu ekstra yükü taşıması gerekmeyecek ve bu nedenle, gerekli değişikliklerle, karbonun doğrudan kullanımının yerini alacaktır. Bu muhtemelen enerjinin fiyat yapısını büyük ölçüde değiştirecektir. Benzer büyüklük hesaplamaları, çelik endüstrisinin, doğru fiyatta büyük miktarlarda mevcut olsaydı, ulaşım endüstrisinin yakıt hücreli arabalara geçmesi durumunda kullanacağı miktara eşit olarak büyük miktarlarda hidrojen kullanabileceğini gösterir.

Bu yeni ekonomik koşullar altında, özellikle doğal gazdan hidrojene geçiş, proses mühendisliği açısından oldukça basit olduğundan, demir cevherinin hidrojenle ön indirgemeye tabi tutulması makul bir önerme olacaktır. Benzer şekilde, demir cevherinin elektrolizi fizik açısından oldukça mümkündür. Hatta termodinamik açıdan alümina elektrolizinden 'daha kolay' bir teknoloji olacağı bile öne sürülmektedir.

Demir cevherinin elektrolizi, ihtiyatlı bir hesaplamayla 4,5 MWh/t demir veya 16,2 GJ/t gerektirir; bu rakam, günümüzdeki modern, sıcak fazlı bir çelik fabrikasının enerji yoğunluğuyla aynı büyüklüktedir. Yılda 1 milyon ton üretim için, 0,514 GW elektrik gücü gerekli olacaktır, böylece entegre bir fabrikaya eş değer bir üretim (4 Mt/yıl) muhtemelen özel bir elektrik santrali gerektirecektir. Standart bir kömür yakıtlı enerji santrali (kWh başına 1000 g CO₂) kullanılmış olsaydı, bu, bugünün yüksek fırın teknolojisinin veya bir enerji santrali ile bir yüksek fırın arasındaki verimlilik oranının yaklaşık 3 katı olan bir ton çelik başına 4,5 t CO₂ üretecekti. Ancak, elektrik CO₂'siz olsaydı, bir ton çelik için yalnızca 27 kg CO₂ üretilirdi. Enerji santrallerinin teknolojisi Kyoto sonrası gelecekte değişeceğinden, bu rakamlar, en azından kömürle çalışan santrallerle ilgili olanlar, entegre gazlaştırmalı kombine çevrim teknolojisi gibi kojenerasyon ve KYD konseptlerinin uygulanmasıyla azalacaktır. Uzun vadeli bir perspektiften bakıldığında, düşük CO₂ yoğunluğunun garanti edilebilmesi ve fiyatların çelik fiyatlarıyla orantılı kalması koşuluyla, elektrik potansiyel olarak güçlü bir oyuncudur.

Suyun elektrolizi, elektrolizin sıvı halde gerçekleştirildiği en son teknolojidir. Üniteler tipik olarak 200 Nm³/s hidrojen üretir ve dolayısıyla, 1 Mt/yıl kapasiteli bir DİD tesisini beslemek için bu tür bir üniteden 600 adet gerekir (1050 Nm³ H₂/t DİD seviyesinde). Elektrik gereksinimi 4,85 MWh/t çelik (EAF'da eritme dahil) ve 1 Mt çelik için 4800 GWh/yıl olacaktır.

11.1.1.3 Biyokütle

Son olarak, sürdürülebilir biyokütlenin de ciddi bir şekilde CO₂ azaltımı için bir alternatif olarak düşünülmesi gerekmektedir. Çelik, binlerce yıl biyokütleden üretilip sanayileşmenin başlangıcından sonra sürdürülebilir olmadığı için kömürün odun ve odun kömürü için dişli bir rakip haline gelmesi nedeniyle bu ilginç bir tarihsel olgu olacaktır. Ancak, sürdürülebilir ormancılık bugün, Orman Yönetim Konseyi (FSC) gibi uluslararası belgelendirme kuruluşları tarafından onaylanan bir gerçek haline geldi. Ayrıca, orman biyologları ve ekolojistler, sürdürülebilir büyüme koşulları altında, karbon tarlalarının aslında atmosferdeki sera gazı birikimi açısından nötr olabileceğini göstermeye başladılar.

Son olarak, enerji mahsulleri yetiştirmek için uygun hale getirilebilecek arazi envanterleri, dünyada çelik üretimine açık bir katkı sağlayabilecek daha fazla tarla ekiminin mümkün olduğunu göstermektedir. Bu, çok dikkat edilmesi gereken ve net bir şekilde çözüme kavuşturulmamış bir konudur, ancak ULCOS projesi kapsamında gerekli çalışmalar yapılacaktır.

11.1.2 CO₂ yakalama ve depolama

Açıklama

CO₂ emisyonlarını azaltmak için bir seçenek, birkaç yıldır iklim değişikliğini azaltmak için belirli bir potansiyele sahip bir köprü teknolojisi olarak kabul edilen Karbon Yakalama ve Depolamadır (KYD). Şu anda enerji üretiminde ve örneğin CO₂-yoğun endüstriyel tesislerde (örneğin demir çelik üretimi) uygulama için geliştirilmektedir.

KYD, birbirini takip eden üç adımdan oluşan bir proses zinciridir:

- yakalama: baca gazından veya endüstriyel gaz akışından CO₂'nin ayrılması
- taşıma: ayrılan CO₂, sıvı veya kritik üstü hale gelecek şekilde sıkıştırılır ve bir depolama sahasına taşınır
- jeolojik oluşumlarda depolama (ayırma).

Madde a)'daki yakalama ile ilgili olarak, birkaç yakalama prosesi hala araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Diğer prosesler birkaç on yıldır uygulanmaktadır, ancak şu anda bunların uygulanabilirliğini kanıtlayan büyük ölçekli bir referans tesis bulunmamaktadır. Bugüne kadar doğal gaz üretiminde ağırlıklı olarak CO₂ giderimi için kimyasal ve fiziksel soğurma prosesleri uygulanmıştır. Bundan farklı olarak, oksidasyon proseslerinden elde edilen baca gazlarında NO_x, SO_x, O₂ vb. gibi başka türler de bulunmakta olup, bunlar oksidatif bozunma nedeniyle yüksek çözücü tüketimi gibi teknolojik sorunlara yol açmaktadır. Özellikle yakalama proseslerinin önemli ölçüde enerji gereksinimini azaltmak için yakalama proseslerinin daha da geliştirilmesine hala ihtiyaç vardır.

Madde b)'deki taşıma ile ilgili olarak: CO₂ taşıma, sıkıştırılmış (sıvı veya kritik üstü) durumda gerçekleştirilir (örneğin boru hatlarında veya gemi ile tekli uygulamalarda). Kamyon taşımacılığı, yüksek özgül enerji gereksinimi ve güvenlik gerekçeleriyle uygulanmayacaktır.

Madde c)'deki depolama (ayırma) ile ilgili olarak: Kritik üstü haldeki CO₂, kıyıdaki veya açıktaki jeolojik oluşumlarda depolanır (örneğin petrol ve gaz sahaları, tükenmiş kömür madenleri veya tuzlu akiferler). Deniz suyu sütununda veya deniz yatağında depolama OSPAR Sözleşmesi ile yasaklanmıştır. 2009/31/EC Direktifinde, halen üretim yapılan doğal gaz veya petrol sahalarına enjeksiyona (Gelişmiş Hidrokarbon Geri Kazanımı) izin verilir ancak bu durumda enjekte edilen CO₂'nin önemli bir miktarı, devam eden hidrokarbon üretiminde jeolojik depolama sahasının dışına taşınmaktadır.

Demir-Çelik Endüstrisinde KYD

Demir-çelik üretiminde CO₂'nin yakalanmasına yönelik olası bir çözüm, yüksek fırın prosesinde karbon gazlaştırma için hava yerine oksijenin kullanılması, CO ve CO₂'yi yüksek fırın çıkış gazından ayırmak için PSA/VPSA teknolojisi ve üretilen CO'nun enjeksiyonu olabilir. Bu prosese tepe gazı geri dönüşümlü yüksek fırın (TGG-YF) prosesi denir ve şu anda Avrupa çelik endüstrisi tarafından ULCOS projesi kapsamında araştırılmaktadır (bkz. IEA raporu [180, N.N. 2008])

Elde edilen çevresel faydalar

Ayrılan CO₂ kıyıda veya açıkta jeolojik oluşumlarda depolanabildiğinde CO₂ emisyonları büyük ölçüde azalır.

Çapraz ortam etkileri

CO₂ yakalama ve depolama, enerji gereksinimlerini (özellikle yakalama ve sıkıştırma için) önemli ölçüde artırır ve bu da normalde CO₂ ve hava kirleticilerinin (örneğin NO_x) emisyonlarını artırır. Kaçınılan veya net olarak yakalanan CO₂ miktarı, tekniğin uygulandığı ve uygulanmadığı durumda emisyonlar arasındaki farka karşılık gelir.

CO₂ depolama, ağırlıklı olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde gelişmiş petrol geri kazanımı ve karada ve denizde depolama (örneğin Norveç'teki Sleipner

gaz sahasında) kapsamında yıllardır uygulanmaktadır. Bu projelerde, doğal gaz/petrol temizliğinden elde edilen CO₂ ve diğer türler bir gaz/petrol sahasına yeniden enjekte edilir, böylece örtü kayaç ile kimyasal etkileşim beklenmez. Diğer proseslerden elde edilen CO₂, daha önce örtü kayaç ile temas halinde olmayan çok daha çeşitli türler içerebilir. CO₂ akışının bu kirleticilerinin örtü kayaç ile olası etkileşimi daha fazla araştırılmalıdır.

Tuzlu akiferlerde CO₂ depolama yeni ve bilinmeyen bir uygulamadır ve bunun yer altı suyu kalitesi vb. üzerindeki uzun vadeli etkisi araştırılmalıdır.

CO₂ saflığı ve CO₂ akışında bulunan diğer türlerin tolere edilebilir miktarları ile ilgili kalite gereklilikleri örneğin DYNAMIS projesinde belirtilmiştir [181, Vangkilde- Pedersen ve diğ. 2007], ancak uygulanabilirliği henüz kanıtlanmamıştır.

Depolama sahasının bütünlüğünü ve depolama sahasından CO₂ sızıntısını ölçmeye yönelik izleme tekniklerinin, doğruluk ve saptama sınırları açısından geliştirilmesi gerekmektedir.

CO₂ taşıma, insan sağlığı ve doğa koruma açısından önemli bir konudur.

İşletim verileri

Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) ve deneysel yüksek fırın denemelerinden elde edilen sonuçlara göre, CO₂ yakalama ve depolama, ana yüksek fırın prosesine uygulandığında, toplam emisyonlarda %75'e varan bir azalma sağlayabilir.

Kok fırınları, sinter tesisleri, bazik oksijen fırınları ve haddehaneler gibi temel olmayan proseslerden salınan CO₂'nin yakalanması ancak oldukça yüksek maliyetlerle sağlanabilir.

Uygulanabilirlik

Deneysel yüksek fırın ile yapılan ilk denemelere dayanarak, yüksek fırınlardan çıkan CO₂, yüksek fırının oksijen kullanacak şekilde yeniden tasarlanması ve CO₂'nin fiziksel soğurucularla uzaklaştırılması yoluyla giderilebilir. Bu teknolojiyi ve bu prosesin çalışır durumdaki bir yüksek fırına yükseltme için uygulanabilirliğini kanıtlamak için daha fazla deneme çalışmasının yapılması gerekmektedir.

Ekonomik boyut

IPCC, endüstriyel sektör için 25 ila 115 USD (2002)/t net yakalanan CO₂ aralığında bir yakalama maliyeti vermektedir. Bu geniş aralık, bir yandan kullanılan teknolojilerin çeşitliliğini, diğer yandan da o teknolojiyle ilgili deneyim eksikliğini yansıtmaktadır. Dolayısıyla, yayımlanan bu rakamlar yalnızca, pek çok olası senaryodan birini sunan kaba bir tahmin olarak düşünülmelidir. Ar-Ge çalışmaları sayesinde, bu mevcut maliyetler önümüzdeki on yıl içinde en az %20-30 oranında azaltılabilir. Ancak demir-çelik gibi bir sanayi sektöründe, yakalama deneyiminin olmaması nedeniyle maliyetler açısından pek çok belirsizlik devam etmektedir. Yakalama için ek maliyetler taşıma maliyetlerini (1 – 8 USD (2002)/t 250 km üzerinde taşınan CO₂) ve jeolojik depolama maliyetlerini (0,5 – 29 USD (2002)/t CO₂) içerir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[179, Metz ve diğ. 2005] [180, N.N. 2008] [181, Vangkilde-Pedersen ve diğ. 2007]

11.1.3 Gaz akışlarında hem partiküllerin hem de azot oksitlerin azaltılması için seramik filtreler

Açıklama

Bu kuru baca gazı temizliğinde seramik filtreler kullanılır. Filtreleme ve SCR reaksiyonunu bir katalitik filtre kullanarak tek bir üniteye birleştirmek için tasarlanmıştır. Bu filtreler, gazın yüksek enerji içeriğinin kullanılmasına olanak sağladığı gibi, katalizörün (Ti, V ve W oksitleri) tıkanmasını da önlemektedir. Ayrıca, iki ünitenin bir üniteye birleştirilmesi, işleme maliyetlerinin yanı sıra yatırım ve bakım maliyetlerini de azaltır.

İnce bir dış filtreleme zarına ve filtre elemanlarının destek yapısına entegre edilmiş bir katalizöre sahip seramik sıcak gaz filtre elemanları, etkin bir şekilde partikül gidermenin yanı sıra verimli bir NO_x giderimi elde etmek için kullanılabilir. Bu filtre elemanlarının kullanılması, bir filtrenin ve bir SCR reaktörünün tek bir üniteye birleştirilmesini sağlar. Ayrıca, entegre katalitik katmanın işlevi, yalnızca katalitik NO_x gidermeye değil, aynı zamanda uçucu organik bileşiklerin (VOC) katalitik oksidasyonuna da imkan tanıyacak şekilde uyarlanabilir.

SO₂ ve HCl kirleticileri, örneğin, soğurucu olarak sodyum bikarbonat (NaHCO₃) veya kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) kullanılarak uzaklaştırılırken NO_x, katalitik filtre elemanlarından geçirilerek NH₃ ve O₂ ile N₂ ve H₂O'ya katalitik olarak dönüştürülür.

Elde edilen çevresel faydalar

İlk sonuçlar NO içeriğini %83 – 98 oranında azaltmıştır (500 – 1720 ppmv seviyelerinde NO girişi ve 140 – 360 °C arasındaki sıcaklıklarda). Sodyum bikarbonat enjekte edilerek SO_x'un giderimi %99'a kadar çıkabilir. Filtreleme verimlilikleri genel olarak %99,99'dan yüksektir.

Çapraz ortam etkileri

N₂O oluşumu tespit edilmemiştir.

İşletim verileri

Bu sistem, ıslak temizleme prosesine kıyasla daha basit bir tesis düzenine sahiptir ve genellikle daha küçüktür. Bu sistem yüksek sıcaklıklarda (500 °C'ye kadar) çalışabilmektedir.

Uygulanabilirlik

Özellikle küçük ve orta ölçekli tesislerde uygulanabilir.

Ekonomik boyut

Sermaye yatırımı, bakım ve işletme maliyetleri, geleneksel çok adımlı ıslak baca gazı temizleme sistemine göre daha düşüktür. Ayrıca kuru temizleme sistemi gaz temizleme prosesinde atık su oluşumunu da engellemektedir.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Bu teknik, İspanya'da 3,5 MW_{th}'lik bir biyokütle enerji santralinde test edilmiştir.

Referans literatür

[377, Heidenreich ve diğ. 2007] [381, Pall 2006]

11.1.4 Kuru atık tozun yakılması ve geri dönüştürülmesi

Açıklama

Bu teknik, entegre çelik fabrikalarından yayılan kuru tozların (örneğin BOF ve YF tozları), özel bir reaktörde pirometalürjik olarak arıtılmasına yöneliktir. Bu şekilde uçucu ve tehlikeli metaller ve bileşikler elimine edilebilir ve demir açısından zengin bir fraksiyon üretilebilir.

Bu örnekte, reaktör 4,5 m uzunluğunda, 2,8 m genişliğinde ve 3,1 m yüksekliğinde dairesel oval bir şekle sahiptir. Tozlar azot ile reaktöre taşınır. Reaktöre girdikten sonra, 2200 – 2350 °C adyabatik alev sıcaklığı oluşturan oksijen-yakıt brülörü için yakıt olarak tozdaki karbon (%30'a kadar) ve ek propan kullanılır. Bu sıcaklıkta, toz erir ve her 2-3 saatte bir akıtılan sıvı cüruf damlacıkları oluşturur. Bu demir oksit cürufu, demir değerinden yararlanmak için YF prosesine geri döndürülebilen girdinin yaklaşık %80'ini oluşturur. Çıkış gazı, metalleri ve organik maddeleri daha fazla oksitlemek için bir son yakıcıya yönlendirilir. Toz, kaset filtrede ayrıştırılır ve girdinin yaklaşık %20'sini oluşturur.

Ekipmanların ana parçaları şunlardır:

- tozlar için taşıma sistemi
- tozlar için depolama istasyonu
- tozlar için tartım cihazı
- tozlar için reaktöre pnömatik taşıma sistemi
- bir oksijen-yakıt brülörü ve bir akıtma deliği olan reaktör
- egzoz gazı için son yanma ve soğutma sistemi
- kaset filtre
- ölçüm ve proses kontrolü için ek bir cihaz.

Pilot tesisin kapasitesi maksimum 20 000 ton işlenmiş tozdur. Ovako Koverhar örneğinde, başlıca tozlar YF tozu ve BOF tozudur. Yıllık toplam toz miktarı 20 000 ton olup, tesisin maksimum kapasitesine tekabül etmektedir.

Reaktörden çıkan ürün yaklaşık %50 oranında $\text{FeO/Fe}_3\text{O}_4$ biçiminde Fe'den oluşmaktadır. Çinko içeriği tipik olarak %0,1 – 0,2 ve K_2O içeriği %0,5 – 1,0'dır. Ürün yüksek fırında geri dönüşüme uygundur.

Kaset filtre tozunun miktarı, toz girdisinin %15 – 20'si kadardır. Bu tozdaki çinko içeriği yaklaşık %10 ve alkali ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) içeriği %20 – 30'dur. Harici bir şirket bu tozu idare eder.

Elde edilen çevresel faydalar

YF tozu sorunlu toz olarak sınıflandırılır. BOF tozu ciddi bir çevresel tehlike arz eder, ancak bir depolama sahasında depolanması mümkündür.

Ölçek büyütüldükten sonra, entegre çelik fabrikasının tüm tozları bu tesiste arıtılabilir. Düzenli depolama ile bertaraf edilecek toz miktarı yaklaşık %80 oranında azaltılır. Pirometalürjik işlem ve son yakma ile, düzenli depolama sahasında bertaraf edilecek tozlar daha az tehlikeli olarak kabul edilebilir.

Kaset filtreden sonraki emisyonlar 5 mg/Nm³'ten azdır.

Prosesin enerji verimliliği yüksektir, çünkü dış enerjiye olan ihtiyaç minimumdur. (YF tozundaki C içeriği %20 – 30'dur).

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Prosesin metalürjisi prensipte iyi çalışsa da ekipmanlar üzerinde biraz daha geliştirme çalışması yapılmalıdır.

Uygulanabilirlik

Kuru tozların idaresi için prosesin uygulanabilirliğinin iyi olması beklenmektedir. Bu tekniği geliştirmenin ana amacı, çelik fabrikalarından çıkan YF ve BOF tozlarını arıtmaktır, ancak tekniğin

çok çeşitli metalürjik üretim kalıntılarının arıtılması için de uygun olduğu varsayılabilir.

Ekonomik boyut

Tozların harici bir şirket tarafından idaresi, özellikle tesisin tüm kapasitesi kullanıldığında, tozların saha içinde idaresine kıyasla daha pahalıdır.

Uygulamanın gerekçeleri

Uygulamanın gerekçeleri şunları içerir:

- çevresel performansta önemli bir artış
- toplam maliyetlerden tasarruf
- mühendislik faaliyetleri için potansiyel.

Örnek tesisler

Ovako, Koverhar/Finlandiya.

Referans literatür

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

11.2 Sinter tesisleri için yeni geliştirilen teknikler

11.2.1 PCDD/F adsorpsiyonu için karbon emdirilmiş plastiklerin kullanımı

Açıklama

Plastikler, mükemmel korozyon dirençleri nedeniyle baca gazı temizleme ekipmanlarının yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. PCDD/F, plastiklere (karbon partikülleri içeren polimerler) adsorbe edilir ve plastikler tipik olarak diğer atık arıtma işlemlerinden (örneğin ıslak yıkayıcılar) sonra uygulanır.

Elde edilen çevresel faydalar

Atık yakma sektörü için şu sonuçlar bildirilmiştir: Bir ıslak yıkayıcıda 6 – 10 ng I-TEQ/Nm³ giriş konsantrasyonları ile %60 – 75 aralığında gaz fazı giderme verimlilikleri. Bu, karbon emdirilmiş ambalaj malzemesi olmadan elde edilen %0 – 4 değeri ile karşılaştırılabilir. Soğurma etkinliğinin test süresi boyunca (bir yıl) azalmadığı bildirilmiştir. Islak yıkayıcı yerine kuru bir sistem kullanıldığında, ıslak yıkayıcıdaki su filmi PCDD/F için bir kütle transferi sınırlaması oluşturduğundan, giderme verimliliği daha yüksektir (dokuz aylık bir çalıştırma testinde %97'nin üzerinde).

Çapraz ortam etkileri

Adsorpsiyon malzemesi belli bir süre sonra doymuş hale gelir. Dolayısı ile yüklenen malzeme bertaraf edilmek üzere periyodik olarak uzaklaştırılabilir veya izin veriliyorsa fırında yakılabilir.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Karbon emdirilmiş plastiklerin kullanımı atık yakma sektöründe uygulanmakta ancak demir-çelik sektöründe henüz uygulanmamaktadır. Bu teknik ayrıca daha kapsamlı bir kule dolgu sisteminde ve/veya müteakip kaynak veya akış yönündeki dioksinli baca gazı arıtımı ile birlikte kullanılabilir. Çalışma sıcaklıkları 60 – 80 °C arasındadır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanmasının gerekçesi, izin gerekliliklerini karşılamak için PCDD/F emisyonlarının azaltılmasıdır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[239, Setterstig 2006] [285, EC 2006]

11.2.2 Baca gazına azot bileşiklerinin eklenmesiyle PCDD/F oluşumunun baskılanması

Açıklama

PCDD/F'nin önemli bir kısmının sinter bandının akış yönündeki emiş kasalarında de novo senteziyle oluştuğu varsayıldığında, PCDD/F oluşumunu engellemek için trietanolamin (TEA) veya monoetanolamin (MEA) gibi azot bileşikleri, emiş kasalarındaki baca gazına ters akımla enjekte edilir. Aminler suda çözünebilir ve emiş kasalarına yerleştirilmiş memelerle püskürtülebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

ArcelorMittal, Ghent/Belçika'daki sinterleme dumanlarına (uçan tozun %2 – 4'ü) MEA enjeksiyonu, kirletici emisyonları azaltmamıştır. Toz ve mikro kirletici emisyonları, birkaç faktörün birleşik etkisi nedeniyle fiilen artmıştır:

- ESF tozunun sinter karışımına geri döndürülmesi nedeniyle MEA birikimi ve sonuç olarak aktif kömür doygunluğa ulaşması
- amonyum tuzlarının oluşumu
- yapışkan toz (toplama plakalarının silkelenmesi sırasında ESF ile toz giderme için daha az elverişli koşullar)
- MEA'nın yaklaşık 150 °C'de mikro kirleticilere karşı düşük reaktivitesi.

Araştırmacıların bildiği kadarıyla (kendi uzun deneyimlerine ve mevcut literatürün gözden geçirilmesine dayanarak), MEA'nın sinter tesisinden çıkan emisyonlar üzerinde herhangi bir yararlı etkisi olduğuna dair güvenilir bir kanıt yoktur. 1999 ve 2001 yılları arasında ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da bulunan Centre de Recherches Metallurgiques (CRM) tarafından MEA ile elde edilen olumlu sonuçlar yalnızca çok kısa süreler içinde elde edilen (anlık testler) ön sonuçlardı ve daha uzun bir dönemde tam ölçekli olarak hiçbir zaman tam olarak doğrulanmamıştır. Liège Üniversitesinde Xhrouet C. tarafından gerçekleştirilen laboratuvar testleri, PCDD/F içeren toz birkaç saat yüksek sıcaklıklara (325 – 400 °C) maruz bırakıldığında PCDD/F'de bir miktar azalma beklenebileceğini etkili bir şekilde göstermektedir, ancak sinter tesisinde böyle bir yaklaşımın uygulanıp uygulanamayacağını hakkında bir şey söylemek zordur.

Çapraz ortam etkileri

Deneyler sırasında, MEA'nın çoğu baca tozu üzerinde adsorbe edilmiş, ESF kullanılarak tozla birlikte azaltılmış ve son olarak sinter karışımına geri döndürülmüştür. Bu nedenle, MEA doğrudan sinter karışımına eklenmiş olsaydı aynı şeyin olacağını varsaymak mümkündür.

İşletim verileri

Saatte 230 ton sinter üreten bir sinter tesisinde yukarıda belirtilen engelleme oranlarını elde etmek için 46 kg MEA/s gereklidir. Bu, 0,2 kg/t derecelendirilmiş sintere eşittir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, mevcut tesislerde uygulanabilir ve yeni bir tesisin tasarımlarına aynı şekilde dahil edilebilir.

Ekonomik boyut

Saatte 230 ton sinter üreten bir sinter tesisinde MEA engelleme prosesinin tam olarak uygulanması için, reaktiflerin maliyetinin 0,149 EUR/t sinter ve yatırım maliyetlerinin yaklaşık 0,008 EUR/t sinter olacağı tahmin edilmiştir ve bu da toplam 0,157 EUR/t sinter maliyetine karşılık gelmektedir.

Uygulamanın gerekçesi

Bu tekniğin uygulanmasının gerekçesi, dioksin emisyonlarının azaltılmasıdır.

Örnek tesisler

Suda seyreltilmiş MEA ve TEA kullanılan testler 1999 – 2001 yılları arasında ArcelorMittal, Ghent/Belçika'da gerçekleştirilmiştir.

Referans literatür

[224, Xhrouet 2002] [230, Brouhon ve diğ. 2001] [231, Xhrouet ve diğ. 2002]

11.2.3 Söndürme

Emiş kasalarında PCDD/F oluşumunu baskılayan başka bir yöntemi, emiş kasalarına soğuk su sisi enjekte ederek sıcak çıkış gazının hızlı bir şekilde söndürülmesi olabilir. PCDD/F oluşumunu baskılamak

için enjeksiyonun sinter yatağının tabanına mümkün olduğunca yakın bir noktada gerçekleştirilmesi gerekir ($T < 260\text{ }^{\circ}\text{C}$) [265, Tan ve diğ. 2004].

11.3 Kok fırınları için yeni geliştirilen teknikler

11.3.1 Süper kok fırını

[253, ICSTI' 06 2006] [320, Eurofer 2007] [343, Eurofer 2007]

Bir süper kok fırını örneği, burada Nagoya'daki bir pilot ünitenin açıklamasının verildiği Japonya'daki SCOPE 21 projesidir. SCOPE 21'nin açılımı, 21. yüzyıla doğru verimlilik ve çevre iyileştirme için süper kok fırını şeklindedir.

Japonya demir-çelik federasyonu (JISF) tarafından doksanlarda yeni nesil bir kok fırını geliştirmek için ulusal bir proje başlatılmıştır. Bu projenin amacı, çevre dostu, enerji verimliliği ve üretim verimliliği yüksek ve yenilikçi bir kok üretim prosesi geliştirmektir.

SCOPE 21, 2003 yılında tamamlanmıştır. Çalışmalar, üniversitelerle iş birliği içinde Japonya'daki tüm büyük çelik üreticileri (NSC, KSC, NKK, Sumitomo Metals, vb.) tarafından desteklenmiştir. Şu anda, bu prosesi gerçek ekipmanlarla uygulamaya yönelik çeşitli faaliyetler yürütülmektedir.

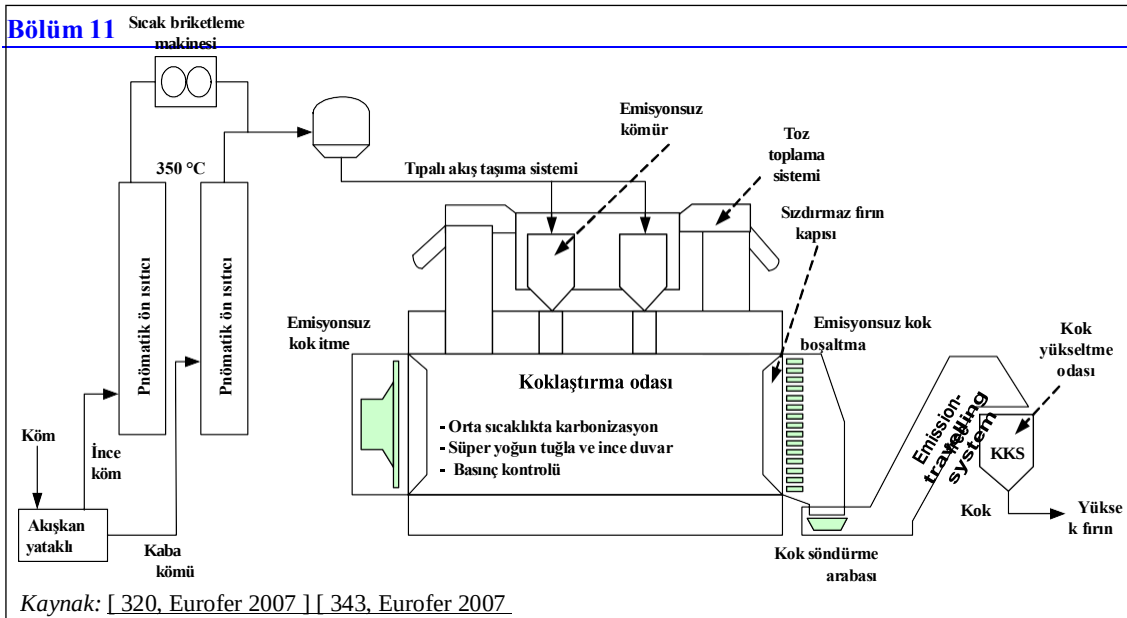
Endüstriyel bir SCOPE 21 kok fırını bataryası, 2008 yılında Nippon Steel Corporation (Japonya) için Oita fabrikasında inşa edilmiş ve devreye alınmıştır. Tesis, yılda 1 milyon ton kok üretim kapasitesine sahiptir. Kömür karışımı ön ısıtma ile 250 °C'ye getirilir, baca sıcaklığı 1270 °C'dir ve koklaşma süresi 13 saattir.

Açıklama

SCOPE 21 projesinin hedefi, aşağıdakiler gibi iyi bilinen kok tesisi tekniklerini birleştirmek ve ilişkilendirmektir:

- kısmi briketleme imkanı ile akışkan yatakta kömür karışımının 350 – 400 °C'ye ön ısıtılması
- karışımın besleyiciler aracılığıyla emisyonlu bir şekilde yer çekimi kuvveti ile taşınması ve yüklenmesi
- çok yüksek bir termal iletkenliğe sahip ve sıkıca kapatılan kapılarla donatılmış süper-yoğun silika tuğlalarla inşa edilmiş klasik bir fırında yükün karbonize edilmesi. Toplam koklaşma süresi 6 – 8 saat arasındadır ve kokun son sıcaklığı 850 °C'dir.
- kokun, kok sıcaklığının önce ön odada 1000 °C'ye yükseltildiği, ardından nakliye için kuru soğutulduğu bir kuru söndürme tesisinde boşaltılması.

Tüm malzeme hareketleri kapalı bir taşıma sisteminde gerçekleştirilir. Pilot fırının boyutları endüstriyel ölçeğin yarısıdır (yükseklik: 7,5 m; uzunluk: 8 m; genişlik: 450 mm). Şekil 11.2'de, prosesin akış şeması verilmiştir.



Şekil 11.2: SCOPE 21 süper kok fırınının proses akışı

Sonuçlar

Genel sistemin ekonomik optimizasyonu üzerine yapılan araştırmalarda, bir SCOPE 21 kok tesisinin aşağıda belirtilen avantajları sağlayabileceği tespit edilmiştir:

- geleneksel bir kok fırınına kıyasla 2,4 kat daha yüksek verimlilik
- daha iyi kok kalitesi
- kekleşmeyen veya hafif kekleşen kömür oranının %50'ye çıkması
- kok üretim prosesinde enerji tüketiminden %20 tasarruf
- NO_x emisyonlarında %30 azalma
- duman ve tozun önlenmesi.

11.3.2 Tek fırın basınç kontrol tekniği

Bu belgenin yazıldığı tarih itibarıyla (2010), geleneksel kok tesislerinde, tek bir fırından toplama hattına giden damıtma gazı akışı bir açma/kapama valfi veya PROven adı verilen değişken basınç düzenleme tekniği ile kontrol edilmektedir (bkz. Bölüm 5.3.10).

Bu bölümde açıklanan bu tek fırın basınç kontrol (SOPRECO®) tekniği, bu valfin, deneyimler ve CFD simülasyonları ile optimize edilmiş bir modifikasyonuna dayanmaktadır.

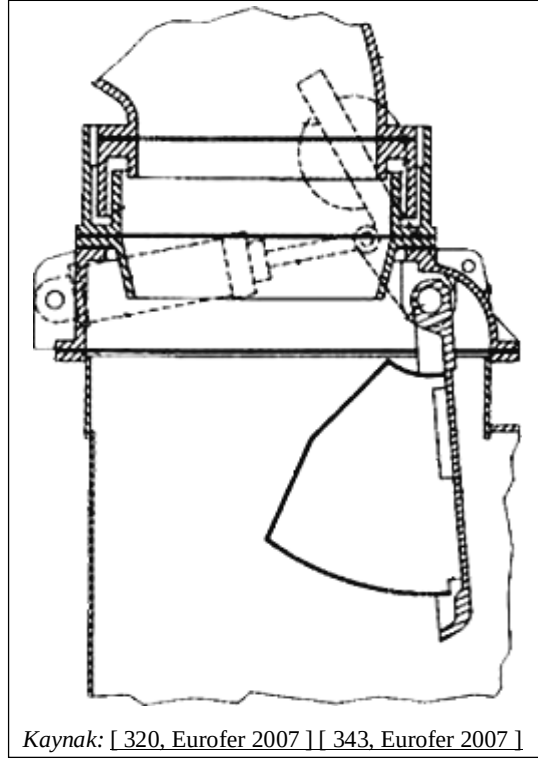
Sistem, hidrolik veya pnömatik bir aktüatör ile tahrik edilen ve yükselme borusundaki basınçla kontrol edilen özel bir valfe dayanmaktadır. Valf, tüm koklaştırma döngüsü boyunca tüm debi koşullarında çalışacak şekilde biçimlendirilmiştir.

Damıtma süresi boyunca fırın basıncının sürekli olarak kontrol edilmesi, toplama hattında negatif basınç sağlayarak, prosesin ilk aşamasında aşırı basıncı önleyebilir; bu, kapılardan, yükleme deliklerinden vb. kaynaklanan emisyonların tamamen azaltılmasına olanak tanır.

Ayrıca, sürekli fırın basıncı kontrolü, kok gazı debisinin düşük olduğu damıtmanın son aşamasında fırın tabanında negatif bağıl basıncı önler. Muhtemel hava sızması sonucu kok yanması ve hazne seviyesinde malzeme hasarı nedeniyle, atmosferik basınçtan daha düşük bir basıncın önlenmesi gereklidir. Dolayısıyla, bir kok fırını basınç kontrolünün avantajları hem emisyonun azaltılması (damıtmanın ilk aşamasında) hem de fırına hava sızmasının önlenmesi (damıtmanın son aşamasında) ile ilgilidir.

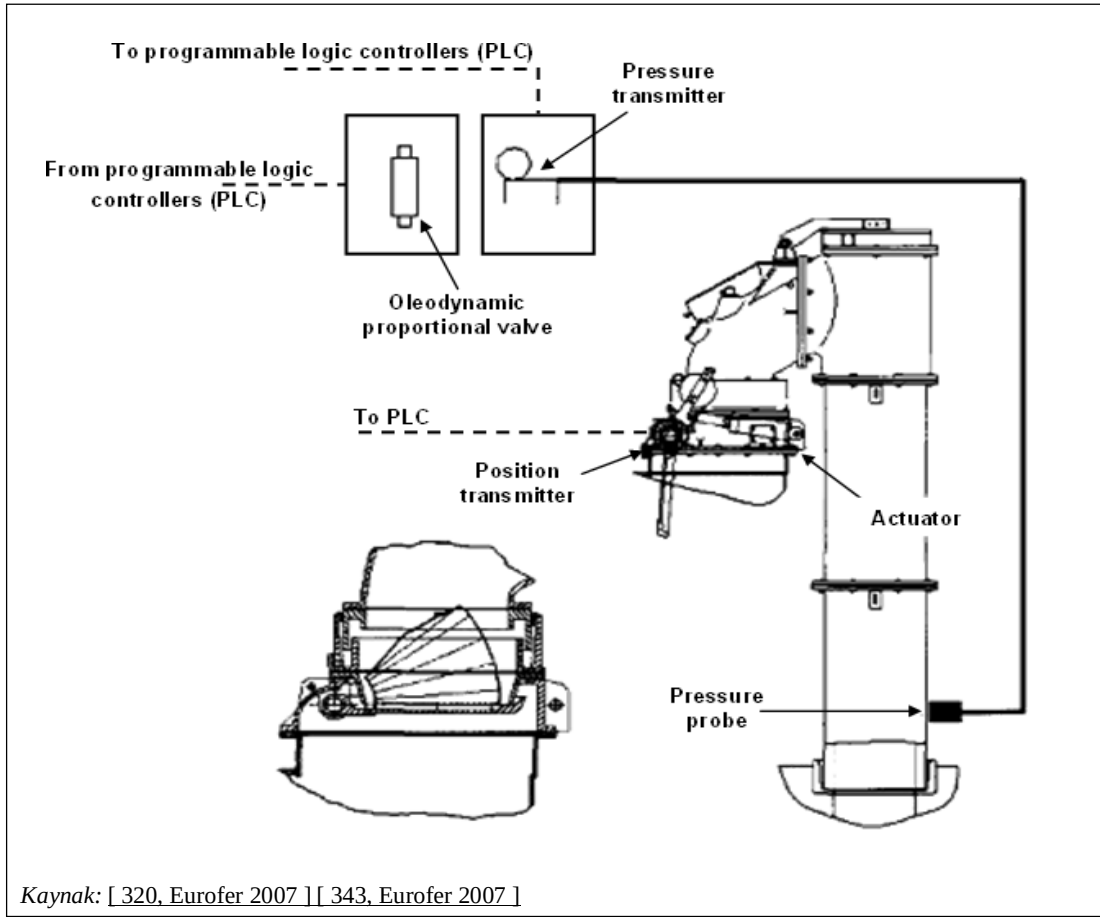
Bu sistem başlangıçta, önemli değişiklikler olmaksızın ve tesisin işletimini etkilemeden mevcut çalışan bataryalara kurulacak şekilde tasarlanmıştır. Arıza durumunda, sistem kolayca ve anında geleneksel çalışma moduna döndürülebilir. Bunlar, diğer mevcut sistemlere kıyasla başlıca avantajlardır. Ancak, yeni tesisler için, daha da iyi bir basınç kontrolü elde etmek amacıyla, CFD simülasyonları ile önerilen yeni bir valf tasarımı geliştirilmiştir.

Şekil 11.3, çalışan mevcut kok fırınlarına kurulacak SOPRECO valfinin basit geometrisini göstermektedir.



Şekil 11.3: SOPRECO valfi

Şekil 11.4'te, genel SOPRECO sisteminin şeması gösterilmektedir.



Şekil 11.4: SOPRECO sisteminin şeması

Sistem Lucchini, Piombino/İtalya'daki kok tesisinde 45 numaralı fırında test edilmiş ve tam olarak güvenilir ve iyi bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Mart 2006'da Sollac Méditerranée, bu sistemi Fransa'nın Fos sur Mèr kentindeki ArcelorMittal'de bulunan yeni kok fırını bataryasına kurmaya karar verdi. Bu tesis şu anda işletmeye alma aşamasındadır.

Model 2 adlı ikinci nesil SOPRECO sistemi, batarya tarafındaki daha yüksek gereksinimleri karşılamak için geliştirilmiştir. Bu valf, toplama hattı klapesi ile dirsek arasındaki toplama hattı valfine eklenir ve yükselme borusu için ek yapılır.

SOPRECO, 'açma/kapama' gibi farklı çalışma durumlarında fırın basıncının ayrı ayrı kontrol edilmesini sağlar. Fırın odasındaki basınç düzenlemesinde çok yüksek bir hassasiyetin elde edilebileceği bildirilmektedir; bu, özellikle presli yükleme yapılan bir oda için gerekli bir özelliktir. Toplama hattında 6 hPa (- 60 mm su sütunu) basınçla gerekli emiş sağlanırken odadaki basınç 0 – 1 hPa (0 – 10 mm su sütunu) arasında tutulmalıdır. Toplamda 7 hPa'ya (70 mm su sütunu) kadar bir basınç farkı tam olarak düzenlenmelidir ve bu, PLC tarafından her bir valf için ayrı ayrı gerçekleştirilir.

SOPRECO sistemi yeni ve mevcut kok tesislerinde uygulanabilir. Toplama hattı klapeleri kaldığı için SOPRECO sistemi her fırın için ayrıca kurularak devreye alınabilir.

Sistem, presli yükleme yapılan bir bataryanın üç fırınında 6 aylık bir süre boyunca başarıyla test edilmiştir. Sistem, ZKS Dillingen'in 3 numaralı yeni bataryasına kurulmuş ve Ocak 2010'da faaliyete geçmiştir.

Şekil 11.5, oda yüksekliği 6,30 m olan presli yükleme yapılan bir bataryaya kurulan 50 SOPRECO Model 2 valfini göstermektedir. Bu batarya Ocak 2010'da devreye alınmıştır.



Şekil 11.5: Presli yükleme yapılan bir batarya üzerindeki SOPRECO Model 2 valfleri

11.3.3 Kok fırını gazının kullanımında alternatifler

[206, Diemer ve diğ. 2004]

Bazı kok fırını tesisleri için, farklı nedenlerle, kok fırını gazını (KFG) geleneksel kullanımı dışında kullanmak mantıklıdır. Alternatif kullanım olanakları, KFG'nin ön arıtmaya tabi tutulması için farklı yöntemler ve işlem adımları gerektirir. KFG kullanımı için araştırılan seçenekler, hidrojen geri kazanımı, metanol sentezi, elektrik enerjisi üretimi için buhar üretimi ve yüksek fırın (YF) veya doğrudan indirgeme (Dİ) tesisi işletiminde bir indirgeme maddesi olarak kullanım üzerinde yoğunlaşmıştır. KFG kullanımına yönelik bu alternatif potansiyeller, ilgili çelik fabrikası altyapısı dikkate alınarak genel bir değerlendirmeye tabi tutulur. Doğrudan ve dolaylı kok fırını ürünlerinden sağlanan faydalar, belirli yerel ve operasyonel fabrika gereksinimlerine bağlıdır.

KFG'nin enerjiyle ilgili kullanımı için, klasik ısı geri kazanımına alternatif bir seçenek, kok fırınından yaklaşık 800 °C'lik sıcak ham gazın soğutulmadan boşaltılması ve doğrudan yanma veya kısmi oksidasyon sistemine yönlendirilmesidir. Bu teknik, endüstriyel olarak hayata geçirilmemiştir çünkü yüksek sıcaklık koşulları altında fırın odalarının basınç kontrolü için umut verici bir teknik çözüm henüz mevcut değildir.

Alternatif KFG kullanımı için diğer seçenekler şunları içerir:

- YF'ye yardımcı indirgeme maddeleri olarak KFG ve katran enjeksiyonu. Bu teknik halihazırda uygulamaya koyulmuştur.
- Doğrudan indirgenmiş demir (DİD) veya sıcak briketlenmiş demir (SBD) üretimi için bir indirgeme maddesi olarak KFG kullanımı. DİD üretimi için KFG'yi indirgeme maddesi olarak kullanırken, ek bir üretim prosesine ihtiyaç duyulur. Bu durumda, KFG kısmen temizlenir.

11.4 Yüksek fırınlar için yeni geliştirilen teknikler

[233, Poos ve diğ. 1993] [356, Eurofer 2007]

11.4.1 İçten yanma odasına sahip yüksek fırın sobalarından kaynaklanan CO emisyonlarının azaltılması

Açıklama

Bölüm 6.1.4'te, yüksek fırın sobalarının iki temel tasarımı (içten veya dıştan yanma odaları) açıklanmaktadır. İçten yanma odalarında, refrakter kütledeki çatlaklardan kaynaklanan sızıntıların bir sonucu olarak yüksek CO emisyonları meydana gelir. Bu sızıntı kaçınılmaz gibi görünmektedir ve yanmamış gaz emisyonlarına yol açar. Ancak, yeniden astarlama sırasında refrakter duvara uygun kalitede çelik levhalar yerleştirilerek sızıntıyı azaltmak mümkündür.

Elde edilen çevresel faydalar

Çatlakların etkisi (yüksek CO emisyonları) önemli ölçüde azaltılabilir. Çelik levhaların yerleştirilmesinden önceki ve sonraki ölçüm sonuçları henüz mevcut değildir.

Statü

Bu önlem, AB-27'deki bir entegre çelik fabrikasında halihazırda uygulamaya koyulmuştur.

11.4.2 Cüruftan ısı geri kazanımı

Açıklama

Yüksek fırından çıkan sıvı cüruf, büyük miktarda duyulur ısı içerir. Sıcaklığı yaklaşık 1450 °C olup, modern yüksek fırınlarda 250 – 300 kg/t sıcak metal düzeyinde üretilmektedir. Dünyada ticari olarak uygulanan sistemlerin hiçbiri bu potansiyel enerji kaynağını kullanmamaktadır. Bunun başlıca nedeni, cüruf kalitesini etkilemeyen güvenli, güvenilir ve enerji açısından verimli bir sistem geliştirmede karşılaşılan teknik zorluklardır.

Elde edilen çevresel faydalar

Tahmini enerji tasarrufu yaklaşık 0,35 GJ/t sıcak metal düzeyindedir.

Statü

1990'ların sonunda testler yapılmıştır. Henüz bilinen bir ticari uygulaması yoktur.

Referans literatür

[65, InfoMil 1997]

11.4.3 Yüksek fırınlarda atık enjeksiyonu

Yağ ile kontamine olmuş hadde tufalinin uçucu kül ile birlikte kullanımına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. 100 kg/t sıcak metal düzeyine kadar enjeksiyon oranları test edilmiştir [238, Janke ve diğ. 1997].

11.5 BOF ve döküm için yeni geliştirilen teknikler

11.5.1 Uzun süreli kullanım için BOF cüruf kararlılığının iyileştirilmesi

Açıklama

BOF cürufunun inşaat mühendisliğinde kullanımı, hacim kararlılığını etkileyen serbest kireç içeriği nedeniyle sınırlıdır. Son zamanlarda, bu sorunun üstesinden gelmek için sıvı cüruf için bir işlem adımı geliştirilmiştir. Cürufu cüruf potasına akıttıktan sonra, sıvı cüruf enjeksiyon oksijeni ve kum (SiO_2) ile işlenir. Böylelikle, serbest kireç kararlı fazlara bağlanır ve elde edilen cüruf agregaları hacimsel olarak kararlıdır. Ayrıca cürufun çevresel davranışı da iyileştirilebilir.

Statü

Bu işleme adımı, 1998'de tamamlanan bir araştırma projesinde geliştirilmiştir. Bu belgenin yazıldığı tarih itibarıyla (2010), Avrupa'daki iki bazik oksijenli çelik üretim tesisinde kullanılmaktadır. Tekniğin ticarileştirilmesi büyük ölçüde inşaat mühendisliğinin piyasa talebine ve bu yan ürünün daha geniş kullanımına ilişkin siyasi koşullara bağlıdır.

Prosesi kontrol etmek sanıldığından çok daha zordur; viskozite, reaktivite ve homojenlik açısından problemler yaratabilir. Teknik problemler global olarak çözülür. Arzu edilen kaliteyi elde etmek için işlenecek parti uygunluğunun öngörülebilirliği iyileştirilmiştir. Mevcut deneme adımları, proses optimizasyonu ve maliyet azaltmadır. Örnek tesisler ThyssenKrupp Steel Beeckerwerth, Duisburg/Almanya ve ArcelorMittal, Ghent/Belçika'dır.

Temel kazanımlar

Kararlılık iyileştirmesi ile inşaat mühendisliğinde cüruf kullanımının gereklilikleri karşılanabilir. Yol yapımında cüruf, doğal kaynakların yerini alır ve doğal malzemenin üretim sürecinde meydana gelen emisyonları önler. Cüruf kullanımı ile sağlanan tasarruf, daha iyi yük taşıma ve ısı yalıtım özellikleri nedeniyle cüruf miktarının iki katı olabilir. Bu, çelik üretiminde girdi ham maddesinin daha yüksek kaynak verimliliği ve gerekli düzenli depolama sahasının azaltılması için zemin hazırlar.

Referans literatür

[363, Eurofer 2007]

11.5.2 Hidro Hibrit Filtrelere geçilerek ıslak gaz yıkayıcı bazlı BOF tesislerinde temiz gaz tozu içeriğinin iyileştirilmesi

Açıklama

Dünya genelinde çoğu BOF tesisi, ıslak yıkayıcı bazlı bir gaz temizleme tesisi ile donatılmıştır. Bu tesisler genellikle 30 ila 50 mg/Nm³ arasında artık toz içeriğine ulaşabilir.

Mevcut tesisin akış yönünde küçük bir ıslak elektrostatik filtrenin (ıslak ESF) kurulumuyla yükseltilmesi, temiz gazdaki tozu emisyonlarını daha da azaltabilir. Bu amaca yönelik kombine bir sistem 'Hidro Hibrit Filtre' olarak bilinmektedir.

Bu sistemin amacı, BOF gazının temizlenmesinin yalnızca mevcut yıkayıcıya bağlı olmasını sağlamaktır. Yıkayıcı, kaba tozu çöktürmek için bir ön toz giderme cihazı ve akış yönünde kurulan ESF için bir soğutma ve koşullandırma kulesi görevi görür. Islak yıkayıcının basınç kaybı önemli ölçüde azaltılabilir ve dolayısıyla fanın güç tüketimi azaltılabilir.

Gazın toz içeriği yıkayıcı tarafından zaten önemli ölçüde azaltıldığı için, akış yönünde kurulan ıslak ESP, yalnızca bir veya daha fazla alandan oluşan küçük bir ünitedir. Ayrıca, düşük sıcaklık nedeniyle gaz hacmi azalır.

Fan veya su arıtma cihazları gibi halihazırda var olan ekipmanlar, çok az değişiklikle veya hiç değişiklik yapılmadan kullanılabilir. Mevcut BOF gazı geri kazanımı bu değişiklikten etkilenmez.

Statü

Bu teknik geliştirme aşamasındadır.

Elde edilen çevresel faydalar

Hidro Hibrit Filtre sistemleri, $\leq 10 \text{ mg/Nm}^3$ temiz gaz toz emisyonlarına ulaşabilir. ESF'nin ek enerji tüketimi, fanın azaltılan enerji tüketimi ile fazlasıyla telafi edilecektir.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik geliştirme aşamasındadır.

Islak yıkayıcı gaz temizleme tesisi bulunan tüm mevcut BOF tesislerinde kurulum mümkündür. Yeni tesisler tercihen kuru ESF teknikleriyle donatılır.

Ekonomik boyut

Ek ESF'nin küçük boyutlu olması ve mevcut ekipmanların daha fazla kullanılması nedeniyle yatırım maliyetleri düşüktür.

Yıkayıcının fark basıncının düşmesi nedeniyle işletme maliyetleri azaltılabilir ve sonuç olarak fanın elektrik tüketimi azalır.

Uygulamanın gerekçesi

Mevcut ıslak yıkayıcı bazlı gaz temizleme sistemlerini yerel emisyon standartlarını karşılayacak şekilde yükseltmek için nispeten düşük yatırım gerekmesi, ıslak yıkayıcıların tamamen değiştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda Hidro Hibrit Filtrenin uygulanmasını sağlayabilir.

Örnek tesisler

Bu teknik şu anda geliştirme aşamasındadır.

Referans literatür

Patent başvurusu [192, Schlüter 2009].

11.5.3 İkincil toz giderme için döner davlumbaz

Açıklama

Dönüştürücüden akıtma yapıldığında veya dönüştürücüye hurda yüklendiğinde meydana gelen toz emisyonlarının yakalanması zordur çünkü dönüştürücü eğik konuma getirilmiştir ve dumanlar üretim alanına yayılır. Üretim adımlarında, vinç ve hurda sepeti için dönüştürücünün kapaklarının üzerinde biraz boş alana ihtiyaç duyulur. Dolayısıyla, emiş davlumbazı, toz kaynağına belirli bir mesafede konumlandırılmalıdır. İkincil tozsuzlaştırma sisteminde yapısal koşullara rağmen iyi bir yakalama oranı elde etmek için farklı emiş davlumbazı tasarımları mevcuttur. Yeni geliştirilen tasarımlardan biri, 'döner davlumbaz' veya 'kasırga davlumbazı' olarak bilinmektedir. Davlumbazda her iki taraftan hava tahliye edilerek dönen bir hava akımı üretilir. Bu akış koşulları, dönen havanın eksenel bölgesindeki partikülleri, dönen havadaki basınç dağılımı ile hareket ettirir ve partiküller, karşılıklı iki emme borusunun açıklığından tozsuzlaştırma sistemine tahliye edilir. Emiş davlumbazındaki tahliye basıncının stabilizeyi sağlayacak kadar güçlü olması önemlidir.

Statü

Bu tip bir emiş davlumbazının mühendisliği birkaç yıl önce geliştirilmiştir. Bazı çelik fabrikalarında yüklemeye ilgili ilk deneyimler elde edilmiştir ve yakın gelecekte yeni bir sistem kurulacaktır.

Elde edilen çevresel faydalar

Sistem iyi tasarlanmışsa, doğrudan kaynağın kendisinde tahliye edilemeyen kaçak kaynakları daha iyi yakalama oranına ulaşabilmelidir. Yakalama oranı ölçülemediğinden ve görünür toz emisyonlarının değerlendirilmesiyle tahmin edilmesi gerektiğinden, bu etkiyi ölçmek mümkün değildir. İşletme tesislerinde bu tasarımı karşılaştıracak sonuçlar yoktur, çünkü emiş sistemindeki herhangi bir değişiklik aynı zamanda tüm emiş sisteminin uyumluluğundaki bir iyileşmeyi de beraberinde getirir.

Referans literatür

[363, Eurofer 2007]

11.5.4 Elektrikli çelik üretiminde bir eritken madde olarak BOF ve EAF pota cüruflarının geri dönüşümü

Açıklama

BOF ve EAF pota cüruflarını geri dönüştürmek için çeşitli teknikler test edilmiştir:

- a) sıvı pota cürufunun EAF'ye geri döndürülmesi. %80 geri dönüşüm oranı elde edilmiştir
- b) katı pota cürufunun EAF'ye geri döndürülmesi. Pota cürufu, kirecin yaklaşık %15'ini 1:2 oranında ikame etmiştir. Üretilen pota cürufunun yaklaşık %50'si geri dönüştürülebilir
- c) EAF, BOF ve ikincil metalürjiden kullanılmış refrakter malzemelerin geri dönüşümü. Dikkatli işleme ve kalite kontrolleri, geri dönüşümün ön koşuludur.

Elde edilen çevresel faydalar

Madde a) tekniği için cürufun işlenmesi gerekli değildir.

Madde b) tekniği için cürufun işlenmesi gerekli değildir.

Madde c) tekniği için kullanılmış manyezit, olivin ve yumuşak yanmış dolomit için uygun bir ikamedir.

Çapraz ortam etkileri

Madde a) tekniği için, fırının ekstradan açılması nedeniyle toplam enerji tüketiminde bazı artışlar görülebilir.

İşletim verileri

Madde a) tekniği için EAF'deki çeliğin kalitesi üzerinde zararlı bir etki gözlemlenmemiştir.

Madde b) tekniği için, katı malzemelerin taşınması, tercih edilen bir cüruf bileşimi seçiminin mümkün olması gibi bir avantaj sunar. Metalürji ve çelik kalitesi ile ilgili bazı küçük etkiler tetiklenir.

Uygulanabilirlik

Madde c) tekniği için bir sinter tesisinde, bir yüksek fırın yükünde ve bir BOF dönüştürücüsünde bir geri dönüşüm testi yapılmıştır.

Ekonomik boyut

Madde b) tekniği için işletme maliyetleri kireç tasarrufu ile dengelenir. Ekonomik faydalar, atılan pota cürufu miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır.

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçesi, kalıntısız çelik üretimine yönelik bir adımdır.

Örnek tesisler

RIVA Acciaio, Verona Fabrikası, İtalya; Krupp Edelstahlprofile (KEP), Siegen/Almanya; EKO Stahl, Eisenhüttenstadt/Almanya.

Referans literatür

[386, Cores ve diğ. 2005]

11.6 EAF için yeni geliştirilen teknikler

11.6.1 Contiarç fırını

Açıklama

Contiarç fırını, bir dış ve bir iç kap ile oluşturulan dairesel bir şafta sahip bir doğru akımlı ark fırınıdır. Fırın, dairesel şaftın tepesine yüklenen ham madde ile sürekli olarak çalışır. Fırın daldırılmalı olarak sürekli çalıştırıldığı için enerji tüketimi bakımından Cupola fırınından daha verimlidir. Ayrıca, aynı fırın sisteminde hem eritme hem de izabe mümkündür ve bu işlemlerle 80 ton/saat üretim yapılır. Fırın, düşük nitelikli hurda (otomobil parçaları), doğrudan indirgenmiş demir (DİD) ve/veya sıcak briketlenmiş demir (SBD) alabilir ve bu ham maddeleri kömür ve silis kaya ile birlikte kullanıp %3,5 karbon (C) ve %2,5 silisyum (Si) içeren kaliteli sünek baz demir üretebilir.

Fırın, fırının tepesine uzanan bir konveyörü besleyen bir besleme hunisi sistemi aracılığıyla otomatik olarak yüklenir. Yük, fırının tepesine ulaştığında, fırının tepesi etrafında dönen bir sisteme yerleştirilmiş sekiz besleme hunisinden birine bırakılır. Bilgisayarlı yükleme sistemi, dairesel şaft içinde yükün gerekli olduğu yeri belirlemek için bilgisayarlı fırın kontrol sistemi ile birlikte çalışır.

Tam bir yükleme malzemesi yığını koruyarak, fırın gazlarının ısı içeriği, yükleme malzemesi için bir ön ısıtıcı görevi görür. Gazın hacmi nedeniyle yığın geçirgenliği bir sorun değildir; ancak, yığında köprü oluşmasını önlemek için yükleme malzemesi uygun şekilde boyutlandırılmalıdır.

Sürekli arkla eritme konsepti, iç kabın içindeki merkezi katot (grafit elektrot) ve ilgili iletken alt anot tarafından yürütülür. Geleneksel bir ark fırınında, bir yük eklendiğinde, elektrot yükün tepesine yükselir. Sürekli ark fırınında, iç kap, elektrodu daldırılmış halde tutar. Merkezi grafit elektrot, iç kap tarafından, düşen hurdalardan kaynaklanan hasara karşı korunur. Ucu, bu kabın tabanının altında belirli bir mesafede çalışır; böylece uzun doğru akım arkı elektrot ile erimiş metal yunağı arasında yanar. Kabuk, yükleme malzemeleri tarafından doğru akım arkının radyasyonundan korunur.

Tamamen kapatılmış eritici, fırının alt kısmında indirgeyici bir atmosfer ve şaftta hafif oksitleyici bir ortam sağlayarak, istenen proses metalürjisini ve gazların kullanımını sağlar. Ayrıca, bu tasarım oksitlenmiş demir veya silisyumda düşük kayıplara neden olur. Bir torba filtre sistemi emisyonları yakalar.

Temel kazanımlar

Contiarç fırını hem eritme hem de izabe işlemlerini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Bu, aşağıdaki avantajları sağlar:

- düşük maliyetli ve bol miktarda kıyılmış hurda, talaşlar, SBD ve/veya DİD eritme imkanı (böylece eser element kontrolü devam eder)
- inşaat endüstrisinde kullanılan çakıllardan elde edilen kuvars (SiO₂), eriyikte gerekli silisyum seviyesini sağlamanın bir yolu olarak yüksek maliyetli demirli silisyum yerine kullanılabilir
- eritme sırasında baz metali karbonlamak ve kuvarsı azaltmak için kok yerine kömür kullanılabilir çünkü ısı üretimi için karbon ürünü gerekli değildir
- kok kullanılmadığında erimiş metalin kükürt seviyesi azalır
- Contiarç bir indirgeme fırını olduğundan, Cupola fırınına kıyasla daha az cüruf oluşur; bu da normalde cüruf görevi gören pek çok oksidin metale geri indirgenmesi anlamına gelir
- eritme sırasında, Contiarç fırınındaki sıcaklık kontrolü esnektir; yani akım/voltaj oranının basit bir şekilde değiştirilmesiyle ayarlanabilir. Bu, akıtmadan önce demirin kızdırılmasını sağlar.

Örnek tesisler

Temmuz 2001'de, ilk sürekli daldırmalı doğru akımlı elektrik ark (Contiarc) fırını ACIPCO, Birmingham/ABD'de faaliyete geçmiştir.

11.6.2 Toz, PCDD/F ve ağır metal emisyonlarını en aza indirmek için metallar arası torba filtre

Açıklama

Yüksek sıcaklık direncine sahip metallar arası bir torba filtre, filtreleme ve katalitik işlemleri birleştirir ve toz ve ilgili kirletici madde emisyonlarında önemli bir azalma sağlar.

Elde edilen çevresel faydalar

LME Trith-Saint-Léger/Fransa'da yapılan pilot testlerde, %99,9'luk bir toz azaltma verimliliği, %95'in üzerinde bir PCDD/F azaltma verimliliği ve %95 - 100'lük bir ağır metal azaltma verimliliği (cıva gibi gaz fazında bulunan ağır metallar hariç) elde edilmiştir. Ayrıca, orta düzeyde atık gaz soğutmasının bir sonucu olarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu teknik 350 – 550 °C'de, geleneksel temizlik ise 150 – 200 °C'de çalıştırılmalıdır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans literatür

[252, Fransa 2007]

11.6.3 EAF'de eski lastiklerin geri kazanılması

Açıklama

Çimento fabrikalarında uygulandığı gibi, eski lastikler (1999'da Avrupa'da 2,2 Mt/yıl) geri kazanılabilir ve elektrikli çelik üretiminde kömürün (antrasit) yerini alabilir. EAF'de optimize edilmiş bir geri kazanım prosesi, ne yunağın üstünde ne de altında olmak üzere doğru yere yüklenen lastiklerin uyarlanmış bir şekilde eklenmesini gerektirir ve oksijen lansları, ark fırın dışında herhangi bir yerde son yanmayı önleyecek şekilde çalıştırılmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu teknik, hem eski lastiklerin geri kazanılmasına hem de kömür madenciliğine olan talebin azalmasına olanak tanır.

Çapraz ortam etkileri

Eski lastiklerin geri kazanımı PCDD/F, ağır metallar, PAH, SO₂ ve VOC açısından ekstra emisyon üretmez ve ekstra enerji gerektirmez.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulamanın gerekçesi

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Örnek tesisler

Üçü de Fransa'da bulunan Ascometal Hagondange, SAM Neuves-Maisons ve LME Trith-Saint-Léger'deki pilot testlerde, 1 kg antrasit için 1,7 kg eski lastik ikame oranı elde edilmiştir. Lastikler 10 – 15 cm'den uzun olmayan küçük parçalar halinde kesilirse 5 – 12 kg eski lastik/t SÇ düzeyinde lastik ilavesi sağlanabilir. 2006 yılında, LME Trith-Saint-Léger/Fransa yılda 7000 ton eski lastik işleme kapasitesine sahipti.

Ayrıca her ikisi de Lüksemburg'da bulunan ArcelorMittal, Belval ve Differdange'de bazı denemeler gerçekleştirilmiştir.

Referans literatür

[252, Fransa 2007]

11.6.4 Elektrikli çelik üretiminde bir eritken madde olarak (BOF ve EAF) cürufların geri dönüşümü

Bu tekniğin ayrıntıları için bkz. Bölüm 11.5.4.

12 SON DEĞERLENDİRMELER VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALARA YÖNELİK ÖNERİLER

İnceleme sürecinin zamanlaması

Demir-Çelik Üretimine dair MET referans belgesinin gözden geçirilmesi için başlangıç toplantısı Eylül 2006'da yapıldı. TÇG, çevre, malzeme, su, enerji yönetimi ve izleme ve gürültü hakkında genel bilgiler içeren bir genel bölüm (Bölüm 2) eklemeyi kabul etti. Bu konular demir-çelik sektöründeki faaliyetler için yatay hususlar olarak kabul edilebilir. 3 ila 8. Bölümler arasında, belirli prosesler (sinter tesisleri, peletleme, kok fırınları, yüksek fırınlar, bazik oksijen fırınında çelik üretimi ve dökümü, elektrik ark fırınında çelik üretimi ve dökümü) hakkında bilgi verilmektedir.

Demir-Çelik Üretimine dair MET referans belgesinin revizyonu, Komisyon tarafından Aralık 2001'de kabul edilen ilk belgenin tamamen yeniden hazırlanmasını gerektirmemiştir, ancak MET ile ilgili sonuçlar üzerinde bir etkisi olabilecek gözden geçirilen ek bilgiler (örneğin tekniklerle ilgili) dahil olmak üzere mevcut MET-Ref'nin güncellenmesini gerektirmiştir. Bilgi alışverişi ve veri toplama, TÇG tarafından sunulan isteklere dayanıyordu.

Bilgi ve veri toplama dönemi Haziran 2007'de sona erdi. Nisan 2008'deki IEF toplantısında kararlaştırılan veri toplamaya ilişkin kılavuz belge bu süreç için kullanılmadı. MET sonuçları ve Son Değerlendirmeler dışındaki tüm bölümleri kapsayan revize edilmiş Demir-Çelik Üretimine dair MET referans belgesinin ilk resmi taslağı Şubat 2008'de yayımlandı ve TÇG üyeleri için istişare dönemi Mayıs 2008'de sona erdi. O sırada eser yeni bir yazar tarafından devralındı. Taslak belgenin değerlendirilmesinden sonra, bazı bölümlerin önemli ölçüde yeniden hazırlanması ve ayrıca ek bir bilgi toplama dönemi gerekli görüldü. Veri toplama Şubat 2009'da tamamlandı. Ek bilgilere dayanarak, MET'ye ilişkin taslak sonuçları içeren MET-Ref'nin ikinci taslağı Temmuz 2009'da yayımlandı ve TÇG üyeleri için 10 haftalık istişare dönemi Eylül 2009'da sona erdi.

Son TÇG toplantısı Şubat 2010'da yapıldı. Son genel kurul toplantısında 70'ten fazla TÇG üyesi vardı.

Bilgi kaynakları ve bilgi eksiklikleri

Revize edilmiş Demir-Çelik Üretimine dair MET-Ref için 200'den fazla belge ve Üye Ülkeler, endüstri ve çevre STK'lerinden gelen kaynaklar dikkate alınmıştır. Komisyonun MET bilgi sistemi (BATIS), TÇG üyelerinin kendi aralarında paylaşılacak belge ve bilgileri yükleyebilecekleri ve böylece yüksek düzeyde şeffaflık sağlayabilecekleri bir alan olarak hizmet verdi. İlgili kaynaklar MET-Ref referanslarına dahil edilmiştir. En fazla bilgi katkısında bulunanlar, Avrupalı çelik üreticilerinin çoğunluğunu ve şu AB Üye Devletlerini temsil eden endüstri derneği EUROFER idi: Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Polonya, İsveç, Birleşik Krallık ve Norveç. Ayrıca, çevre STK'lerini temsilen Ökopol ve Almanya, İtalya ve İsviçre'den bazı tedarikçiler tarafından bilgi verildi. Bu belgeler, bu MET-Ref belgesinin revize edilmiş kısımlarının yapı taşları olarak kabul edilebilir.

EIPPCB'nin Avusturya, Finlandiya, Almanya, Lüksemburg, Hollanda, İspanya ve Birleşik Krallık'taki demir-çelik fabrikalarına yaptığı ziyaretlerle ek yararlı bilgiler elde edildi. Verilen bilgi ve verilere ve istişare dönemlerinden sonra sağlanan açıklamalara dayalı olarak bu MET-Ref belgesi, üretim rakamları, enerji gereksinimi, maliyetler ve elde edilen emisyon değerleri ile ilgili bilgi ve veriler güncellenerek revize edildi. Ayrıca, izleme, yönetim araçları, demir-çelik fabrikalarındaki enerji santralleri, malzemelerin idaresi, yaygın emisyonların önlenmesi ve izlenmesi, kesin biçime yakın biçimde döküm, hurda ön ısıtma, demir açısından zengin kalıntıların geri kazanılması ve CO₂ emisyonlarının azaltılmasına ilişkin gelişmeler gibi konularda yeni bölümler belgeye eklendi. Buna ek olarak, birçok bölüm önemli ölçüde yeniden

yeniden yapılandırıldı ve yeniden kaleme alındı (örneğin havaya salınan emisyonları azaltma teknikleri, havaya salınan ikincil emisyonların toplanması ve azaltılması, atık su arıtma ve kalıntıların ve proses gazlarının dahili veya harici kullanımı).

Sunulan çok yararlı bilgi ve açıklamalara rağmen, veri toplamayla ilgili bazı sorunlardan da bahsedilmelidir.

- Sunulan emisyon verilerinin büyük bir kısmı, birkaç tesis için emisyon faktörleri (yani g/t ürün) olarak bildirilmiştir. Bu emisyon faktörleri, ölçülen emisyon konsantrasyon değerlerine ve bu şekilde sağlanmayan özgül çıkış gazı akışlarına dayalı olarak hesaplanmıştır. Tesis düzeyinde belirli tekniklerin performansını değerlendirmek ve MET-İES'leri belirlemek için bu değerli bilgilere sahip olmak yararlı olurdu.
- Hangi PCB ve PAH türdeşlerinin bildirildiğine dair bazı belirsizlikler vardı ve bu da bildirilen emisyon değerlerinin karşılaştırılmasını zorlaştırıyordu.

Son TÇG toplantısında baypas işlemleri, proses gazı yakıtlı enerji santralleri ve toz toplama derecesi hakkında ayrıntılı tartışmalar yapıldı. Bu unsurlar aşağıda açıklanmaktadır.

Baypas işlemleri

Başlatma veya durdurma işlemleri veya sistemin düzgün çalışmasını veya güvenliğini etkileyebilecek diğer özel işlemler (örneğin olağan dışı bakım çalışmaları ve temizleme işlemleri) sırasında, emisyon azaltma sistemlerinin baypas edilmesi gerekebilir. Emisyon azaltma sisteminin yüksek düzeyde kullanılabilirliğini sağlamak için baypas veya kısmi baypas işlemlerinin en aza indirilmesi gerekmesi bakımından, baypas sırasında meydana gelen emisyonlara özel önem verilmelidir. Bu konuyla ilgili çok az bilgi mevcut olduğundan gelecekte baypas işlemleri iyi bir şekilde belgelenmelidir. TÇG, bu özel çalışma koşullarının nasıl ele alınacağına ilişkin mevcut bilgilerden, baypas işlemlerine ilişkin MET hakkında bir sonuca varmanın mümkün olmadığına karar verdi.

Demir-çelik fabrikalarında proses gazı yakıtlı enerji santralleri

TÇG, proses gazıyla çalışan enerji santrallerinden havaya salınan emisyonlarla ilgili olarak sunulan bilgilerin yetersiz olduğunu değerlendirdi. Bölüm 2.2.1.2 ve 2.5.3'te verilen bilgilerden toz, SO₂, NO_x ve CO için MET-İES'leri belirlemek mümkün değildi. Bu konu, Büyük Yakma Tesislerine dair MET-Ref'nin (LCP) [282, EC 2006] gözden geçirilmesi sırasında ele alınmalı ve proses gazıyla çalışan enerji santralleriyle ilgili diğer konularla birlikte söz konusu MET-Ref'nin ilgili bir bölümünde yer almalıdır.

Bilgi alışverişinde ulaşılan fikir birliğinin düzeyi

Şubat 2010'daki son TÇG toplantısında, MET'ye ilişkin sonuçlar üzerinde yüksek düzeyde bir fikir birliği sağlandı ve yalnızca üç karşı görüş kaydedildi. Tablo 12.1'de, TÇG üyeleri tarafından ifade edilen karşı görüşler gösterilmektedir.

Tablo 12.1: Karşı görüşler

MET sonucu	Görüşü belirten	Karşı görüş
No. 20	Avusturya ve bir STK	Sinter tesisleri için MET, sinter bandı atık gazından kaynaklanan toz emisyonlarını yalnızca bir torba filtre aracılığıyla azaltmak olmalıdır ve toz için MET-İES, günlük ortalama değer olarak $<10 \text{ mg/Nm}^3$ olmalıdır. AB'deki bazı tesisler torba filtreler kurmuş ve günlük ortalama olarak 10 mg/Nm^3 'ün altında toz emisyonu seviyeleri elde etmiştir (bkz. Bölüm 3.3.2.2). Torba filtrenin uygulanabilirliğini sınırlandıran teknik, ekonomik veya çapraz ortam sorunları yoktur. Bölüm 3.3.2.1'de verilen bilgilere göre, özellikle kalıntılar ve tozlar sinter bandına geri döndürüldüğünde, günlük ortalama bazda bir ESF ile sürekli olarak düşük emisyon seviyelerine ulaşamaz.
No. 25	Avusturya ve bir STK	MET, torba filtre ile tozsuzlaştırmadan önce sinter bandının atık gaz kanalına yeterli adsorpsiyon maddelerinin enjeksiyonu ile PCDD/F ve PCB'nin azaltılması olmalıdır. Bu belgedeki bilgilere göre PCDD/F için MET-İES, kararlı durum koşullarında 6 – 8 saatlik rastgele bir numune için $<0,05 - 0,2 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ olmalıdır. AB'deki bazı tesisler torba filtreler kurmuş ve $0,2 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ 'ün altında emisyonu seviyeleri elde etmiştir (bkz. Bölüm 3.3.2.2). Ayrıca, atık gaz kanalına yeterli adsorpsiyon maddelerinin enjeksiyonu ile birlikte bir torba filtrenin uygulanabilirliğini sınırlandıran teknik, ekonomik veya çapraz ortam sorunları yoktur.
No. 49	Almanya ve bir STK	Bölüm 5.2.2.1 ve 5.3.12.1'de verilen bilgilere göre, kok fırınının düşük seviyede çalıştırılmasına ilişkin MET-İES $<10 \text{ mg/Nm}^3$ 'lük bir toz emisyonu seviyesi olmalıdır. Çok eski kok tesislerinin (>40 yıllık) fırın duvarlarındaki çatlakların yüksek sayısı ve boyutu, daha yüksek MET-İES için bir dayanak olarak kullanılmamalıdır.

Forum ile istişare ve sonrasında MET sonuçlarının resmi kabul prosedürü

24 Haziran 2012 tarihinde, bu MET referans belgesi için teklif edilen içerik konusunda Endüstriyel Emisyonlara ilişkin 2010/75/EU sayılı Direktifin (IED) 13. Maddesi uyarınca oluşturulan bilgi alışverişi forumuna (genellikle IED 13. Madde Forumu olarak anılır) danışılmış ve Forum, 12-13 Eylül 2011 tarihli toplantısında görüşlerini bildirmiştir.

IED 13. Madde Forumunun görüşü, iki farklı grup yorum olarak ayrılmaktadır. Görüşte ilk olarak, forumun nihai MET referans belgesine dahil etmek üzere fikir birliğine vardığı açıklamalar listelenir. Ardından, belirli Forum üyelerinin görüşlerini temsil eden ancak nihai MET referans belgesine dahil edilmek için üzerinde fikir birliğine varılmamış açıklamalar listelenir.

Tüm görüşler burada mevcuttur:

http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=ied_art_13_forum/opinions_article

Komisyon daha sonra, demir-çelik üretimine dair MET sonuçlarını oluşturan Komisyon Uygulama Kararı taslağını hazırlarken, IED 13. Madde Forumunun görüşünü dikkate almıştır.

Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED) 75. Madde Komitesi, 21 Kasım 2011 tarihli toplantısında taslak Uygulama Kararı hakkında olumlu görüş bildirmiştir.

Bu süreçte belgede önemli bir değişiklik yapılmamıştır.

Gelecekteki çalışmalar için öneriler

Demir-Çelik Üretimine dair MET-Ref'nin revizyonu için yapılan bilgi alışverişi, demir-çelik üretim proseslerinde kirliliğin entegre bir şekilde önlenmesi ve kontrolünün sağlanmasına yönelik önemli bir adım sunmaktadır. Aşağıda açıklanan konulara dair ek çalışmalar devam edebilir ve bu süreç daha da geliştirilebilir.

- Genel olarak, uygulanan tekniklerin ve performanslarının daha somut örneklerini toplamak faydalı olacaktır.
- Başta emisyon verileri olmak üzere bilgilerin toplanması, bu konuyla ilgili Komisyon kılavuzunun (Haziran 2008 tarihli IEF belgesi ve IED kapsamında geliştirilen kılavuz) oluşturulmasından önce gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki veri toplama ve sunma çalışmaları, bu kılavuz dikkate alınarak iyileştirilecektir.
- Sinter ve EAF prosesiyle ilgili olarak özellikle cıva ve KOK'lar (örneğin PCDD/F ve dioksin benzeri PCB) için izleme yöntemleri ve izleme sıklıkları hakkında daha fazla bilgi toplanmalıdır.
- Su gereksinimi, su tüketimi, su alımı ve atık su gibi terimler açıkça tanımlanarak ve kullanımları standartlaştırılarak su kullanımına ilişkin bilgiler iyileştirilmelidir. Atık su için, emisyonlar hakkında ek bilgiye ihtiyaç vardır ve izleme sırasında ilgili numune alma periyotları ifade edilmelidir.
- Başta ham maddeler, bazı ara ürünler ve kalıntılar gibi tozlu maddelerin taşınması ve işlenmesinden kaynaklanan emisyonlar olmak üzere ilgili yaygın emisyon kaynaklarından yayılan emisyonların izlenmesine ilişkin ek bilgiler toplanmalıdır.
- Kırma, öğütme, karıştırma, eleme gibi ham madde hazırlama (örneğin yüksek fırın için kömürün kurutulması ve toz haline getirilmesi) işlemlerinden kaynaklanan emisyonların izlenmesine ilişkin bilgi toplama çalışmaları iyileştirilmelidir.
- Uçucu organik bileşikler (VOC) için metan içerip içermedikleri daha net bir şekilde belirtilmelidir.
- PAH için hangi türdeşlerin dahil edildiği daha açık bir şekilde belirtilmelidir (örneğin Borneff PAH, EPA 16 olarak ifade edilen PAH veya EPA 16'nın sadece bir bölümü veya diğerleri).
- PCB ile ilgili olarak, hangi türdeşlerin dahil edildiği daha açık bir şekilde belirtilmelidir (örneğin, Ballschmied PCB, WHO (12) veya belirli PCB türdeşlerinin toplamı veya diğerleri).
- Başta BTX ve PAH için olmak üzere kok fırını gazı arıtma tesislerinden gelen emisyon verileri toplanmalıdır.
- Sinter tesisleri için ikincil tozsuzlaştırmaya (harmanlama, karıştırma, sinter odası, sinter soğutma) dair daha fazla bilgi ve veri toplanmalıdır.
- Tüm önlemlere/tekniklere ilişkin daha fazla maliyet verisi (örneğin yatırım, işletme maliyetleri) toplanmalıdır.
- Enerji tüketimini en aza indirmek veya enerji verimliliğini arttırmaya yönelik seçeneklerle ilgili bilgi ve veriler toplanmalıdır.
- Demir-çelik fabrikalarında uygulanabilecek sürekli cıva emisyonu izleme önlemleri/teknikleri hakkında bilgi toplanmalıdır.
- Kesin biçime yakım biçimde döküme dair gelişmeler takip edilmelidir.

Gelecekteki Ar-Ge çalışmaları için önerilen konular

Sinter tesisleri için (bkz. Bölüm 3.2.2.1.2.7 ve 3.2.2.1.2.8.), HCN, Benzen ve PAH emisyonlarının bazı tesislerde önemli düzeyde olduğu bildirilmiştir. Bunların oluşumu hala belirsiz olduğundan, keşif analizi ve araştırma yapılması önerilmektedir. Bu bağlamda antrasit kullanımının etkisi açıklığa kavuşturulmalıdır.

Kok fırınları için söndürme kulelerinden çıkan partikül emisyonlarının ölçümü, resmi bir numune alma yöntemine dayanmalıdır. Diğer bir konu da, yaygın/kaçak emisyonların (örneğin söndürme kuleleri dahil, kok tesisi işlemlerinden kaynaklanan BTX ve PAH) ölçümü veya tahmini için üzerinde anlaşmaya varılmış bir yöntemin oluşturulmasıdır.

BOF'ler için, ilgili kaynaklardan (örneğin BOF ikincil emisyonları) salınan yaygın temel proses emisyonlarını izleme ve azaltma çalışmaları yapılmalıdır.

Özellikle Yeni Geliştirilen Teknikler Bölümünde (CO₂ azaltma stratejileri ile ilgili Bölüm 10.1.1 ve süper kok fırınları ile ilgili Bölüm 10.3.1) açıklanan tekniklerle ilgili olarak, gelecekteki Ar-Ge çalışmaları takip edilmelidir. Belki bu teknikler gelecekte demir-çelik endüstrisi için MET'nin belirlenmesinde dikkate alınabilir.

Komisyon, araştırma ve teknolojik geliştirme programları ile temiz teknolojiler, geliştirilmekte olan atık su arıtma ve geri dönüşüm teknolojileri ve yönetim stratejilerini konu alan bir dizi projeyi hayata geçirmekte ve bunlara destek vermektedir. Bahsi geçen projeler, gelecekteki MET-Ref incelemelerine faydalı katkılarda bulunabilir. Bu nedenle okuyucuların, bu belgenin kapsamıyla ilgili araştırma sonuçları hakkında Avrupa EKÖK Bürosunu bilgilendirmeleri rica olunur (ayrıca bkz. bu belgenin Önsözünün beşinci kısmı).

Tüm yorum ve öneriler, aşağıda adresi verilen Avrupa EKÖK Bürosu İleri Teknolojik Çalışmalar Enstitüsüne gönderilmelidir.

Avrupa Komisyonu
İleri Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü Avrupa EKÖK
Bürosu
Edificio Expo
c/ Inca Garcilaso, 3
E-41092 Sevilla, İspanya
Telefon: +34 95 4488 284
Faks: +34 95 4488 426
E-posta: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
İnternet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

REFERANSLAR

- [1] Arimitsu, 'Energy Saving in the Japanese Steel Industry', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, pp. 105-136.
- [2] Auth et al., 'Die Entwicklung des Thyssen-Heißbrikettier-Verfahrens und die betriebliche Anwendung (The Development of the Thyssen-Hot-Briquetting Process and its Practical Application)', *Dritte Duisburger Recycling-Tage*, 1988.
- [3] Remus, R., 'Minutes from the Expert meeting Emissions from storage and handling of bulk materials', *Expert meeting Emissions from storage and handling of bulk materials*, 1998, Umweltbundesamt, Berlin, Germany.
- [4] Beer et al., 'Auswirkungen unterschiedlicher Koksgruskoernungen bei der Eisenerzsinterung (Impacts of Different Coke Breeze Grain Size Distribution on the Sintering Process)', *Stahl und Eisen* 111, Vol. No. 8, 57-64, 1991.
- [5] Beer et al., 'Verfahrenstechnische und metallurgische Maßnahmen zur Verminderung des Energieeinsatzes in Sinteranlagen (Process-integrated and Metallurgical Measures to Reduce Energy Consumption of Sinter Plants)', *Stahl und Eisen*, Vol. No. 11, 25-37, 1991.
- [6] Volkhausen, W., 'Description of the Oxycup Process', Personal Communication, 2008.
- [7] Bothe, *Umweltproblematik bei der Eisenerzsinterung (Environmental Problems of the Iron Ores Sintering Process)*, 1993.
- [8] Endemann, G., 'Description of the DK-Process', Personal Communication, 2008.
- [9] Fisher et al., 'Investigation of the Formation of Dioxins in the Sintering Process', *2nd International Congress on the Science and Technology of Ironmaking Conjunction with the 57th Ironmaking Conference of Iron and Steel Society*, 1998, C-Toronto.
- [10] Kessler, K., 'Zero Waste Production bei der Stahlverwertung', *Metall*, Vol. Vol. 59 3, No 2005, 2005.
- [11] Campell et al., *Oxy-coal Injection at Cleveland Iron Works*, 1992, pp. 120-125.
- [12] VDEh, Technical Background Paper om Recycling of FE-containing Material, 2006.
- [13] Deckers et al., 'Development of Environmental Control Technologies', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [14] Dietrich, *Reaktionskinetische Betrachtungen des Sintervorganges und Moeglichkeiten zur Leistungssteigerung (About the Reaction Kinetics of the Sintering Process and Possibilities for Productivity Increase)*, 1961.
- [15] Both, I. et al, *Technologies for the optimum recycling of steelmaking residues*, Stahl und Eisen, 2008.
- [16] Rentz, *Report on Best Available Techniques in the Electric Steelmaking Industry*, French- German Institute for Environmental Research, 1997.
- [17] Hillman, C. and Sassen, K.-J., 'Solutions for dusts and sludges from the BOF process', *Stahl und Eisen*, Vol. Vol 128 Nr. 5, 2006.
- [18] VDI/DIN, VDI 3790 part 1 Environmental meteorology - Emissions of gases, odours and dusts form diffuse sources - Fundamentals, 2005.
- [19] EC BOF, *Technical Note on the Best Available Techniques to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from the Basic Oxygen Steel Making*, 1995.
- [20] VDI/DIN, VDI 4210 part 1 Remote sensing - Atmospheric measurements with LIDAR - Measuring gaseous air pollution with DAS LIDAR, 1999.
- [21] EC Coke, *Study on the Technical and Economical Aspects of Measures to Reduce (on the Basis of the Best Available Technologies) the Pollution (of Water and Other Environmental Areas) from the Industrial Emissions of Cokeries*, 1996.
- [22] EC EAF, *Technical Note on the Best Available Technologies to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from Electric Arc Steel Production Plants*, 1994.

- [23] EC EAF, *Optimisation of Environment and Related Energy Utilisation in Scrap-based Steelmaking (Phase I)*, 1997.
- [24] EC Haskoning, *Techno-economic Study on the Reduction Measures, Based on Best Available Technologies, of Water Discharges and Waste Generation from the Primary and Secondary Iron & Steel Industry*, 1993.
- [25] VDI/DIN, VDI 4285 part 1 Determination of diffuse emissions by measurements - Basic concepts, 2005.
- [26] Oberösterreichische Landesregierung, UVP Linz 2010: Permit of the Environmental Impact Assessment 'Linz 2010', 2004.
- [27] EC Panorama, 'Iron and Steel', *Panorama of EU Industry 97*, Vol. Vol.1 10-8 - 10-14, 1997.
- [28] ECSC, Treaty on the foundation of the European Union for Coal and Steel on April 18th (1951), 1951.
- [29] EC Sinter/BF, *Technical Note on Best Available Techniques to Reduce Emissions of Pollutants into the Air from Sinter Plants, Pelletisation and Blast Furnaces*, 1995.
- [30] Roederer et al., *Coordinated Study 'Steel-Environment'*, 1996.
- [31] Caughlin, R., 'Note on fugitive and diffuse sources of particulate matter at steelworks', Personal Communication, 2009.
- [32] Voestalpine Linz, Environmental statement 2008, 2008.
- [33] Eisenhut et al., 'New Findings and Developments in Environmental Protection and Health Safety at Work on Coke Oven Plants', *Ironmaking Conference Proceedings*, 1988, Bergbau-Forschung GmbH, D-Essen.
- [34] dena, Successful Record for Pump Systems: Energy Efficiency Pays Off, 2007.
- [35] Dr. Luengen, H.B., 'Technische Entwicklungen in der Stahlindustrie verringern CO₂- Emissionen', *Rheinklima - die Zukunftsfähigkeit eines europäischen Wirtschaftsraums im Wandel des Klimas*, 2005, Bonn.
- [36] EPRI, *Proceedings of the CMP Electric Arc Furnace Dust Treatment Symposium*, EPRI Center for Materials Production, 1992.
- [37] Motz, *Annex I: Substance Identity - from the ferrous slag consortium agreement*, 2009.
- [38] EUROFER BOF, *Document on "Oxygen Steelmaking and Casting"*, – Environmental Committee – Task Group Oxygen Steelmaking, 1997.
- [39] EUROFER EAF, *Document on "Electric Arc Furnace Steelmaking"*, – Environmental Committee – Task Group Electric Arc Furnace Steelmaking, 1997.
- [40] IPCC, *Fourth Assessment Report on Climate Change 2007, Synthesis Report*, IPCC, 2007.
- [41] European Commission, *BREF on Industrial Cooling Systems*, European Commission, 2001.
- [42] EC, *Reference Document on General Principles of Monitoring (MON)*, 2003.
- [43] Freuhan, 'Challenges and Opportunities in the Steel Industry', *Iron and Steel Magazine*, Vol. No. 3, 1993, pp. 59-64.
- [44] Freuhan, 'Effect of Emerging Technologies on Competitiveness in the Steel Industry', *Iron and Steel Magazine*, Vol. No. 2, 1994, pp. 17-22.
- [45] Gebert, *Abgasreinigungssysteme fuer Sinteranlagen (Off Gas Purification Systems for Sinter Plants)*, 1995.
- [46] Geiseler, 'Verwertung der Stahlwerksschlacken (Re-use of Slags from Basic Oxygen Steelmaking)', *Stahl und Eisen 111*, Vol. No. 1, 1991, pp. 133-138.
- [47] Geiseler, *Verwertung von Hochofen- und Stahlwerksschlacken (Re-use of Blast Furnace and BOF Slag)*, 1992, pp. 1-32.
- [48] EC, *Reference Document on Energy Efficiency (ENE)*, 2008.

- [49] Goverde et al., *Milieuvoorzieningen bij Hoogovens Ijmuiden*, 1995.
- [50] Grützmacher et al., *Staubunterdrueckung in Hochofengießhallen (Dust Supression in Cast Houses)*, 1991, pp. 51-56.
- [51] UN ECE, *Recommendations on Monitoring and Response Procedures for Radioactive Scrap Metal*, UN, 2006.
- [52] de Haas et al., *Vermeidung der Staubbildung in Hochofengießhallen (Dust Supression in Blast Furnace Cast Houses)*, 1997.
- [53] BDSV, *European Steel Scrap Specification*, 2009.
- [54] Haissig, '21st Century Electric Steelmaking: The Integrated Meltshop', *Iron & Steel Society's 25th Advanced Technology Symposium in St. Petersburg Beach*, 1997, US- Florida on May 11-14.
- [55] Harp et al., *Untersuchung und Bewertung der Einsatzmoeglichkeiten verschiedener Verfahren zur Aufbereitung von Huettenwerksrest- und -abfallstoffen (Investigation and Assessment of the Applicability of Different Techniques to Treat Residues and By-products from Integrated Steelworks)*, Betirebsforschungsinstitut (BFI), 1990.
- [56] Dr. Gaertner, A., 'Messung diffuser Emissionen', *Workshop on "Diffuse Emissionen"*, 2004, Duesseldorf.
- [57] Heinen, *Elektrostahl-Erzeugung*, 4. Aufl. (*Electric Arc Furnace Steel Production*, 4. ed.), Verlag Stahleisen GmbH, D-Duesseldorf, 1997.
- [58] Kaestli, P., 'Comparison of conversion costs of continuous scrap preheating systems', *Personal Communication*, 2009.
- [59] Nethe, *Der Einsatz von Sorbentien im gesamten System von Abgasreinigungsanlagen*, 2005.
- [60] Hille et al., *Wirtschaftliche Betrachtungen zur Entwicklung der Hochofenkapazitaeten in der Welt (Economical Considerations of the Development of Blast Furnace Production Capacities in the World)*, 1997, pp. 93-101.
- [61] Hodges, 'Pollution Prevention and the Sinter Plant', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [62] Hoffmann, *Die Rueckgewinnung von Zink und Blei aus Staeuben der Elektrostahlerzeugung (The Recovery of Zinc and Lead from Dusts from Electric Arc Furnace Steelmaking)*, 1997.
- [63] Wirling, J., 'Safety aspects in the use of carbonaceous sorbents during waste gas treatment', *MT International*, Vol. Vol. 3, 2007, pp. 144-152.
- [64] IISI, *The Management of Steel Industry By-products and Wastes*, IISI-Committee on Environmental Affairs, 1985.
- [65] InfoMil, *Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Iron and Steel*, Spatial Planning and the Environment, Directorate for Air and Energy, Department of Industry, 1997.
- [66] Joks, 'Development of Energy Conservation Technology at Thyssen Stahl AG in Germany', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [67] TSW GmbH, 'Anlagen- und Betriebsbeschreibung zur Modernisierung und umwelttechnischen Sanierung des Stahlwerks der TSW', *Personal Communication*, 2005.
- [68] Karcher et al., *Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen: Untersuchung der Zusammenhaenge der Dioxin-/Furanemissionen in Abhaengigkeit von Einsatzstoffen und Minderungstechniken bei Elektrolichtbogenofen (Investigation and Reduction of PCDD/F Emissions from Thermal Processes: Investigation of Connections of PCDD/F Emissions Depending on Input and Minimisation Techniques at Electric Arc Furnaces)*, 1996.
- [69] Kemeny, 'Technical Look at EAF Dust Treatment. Proceedings of the CMP Report', *CMP Electric Arc Furnace Dust Treatment Symposium*, Vol. No. 94-2, 1994.
- [70] Kersting et al., 'Countermeasures for Organic Emissions from Sinter Plants (1997)', *ENCOSTEEL – Steel for Sustainable Development*, 1997, on June 16-17, 1997 in S- Stockholm.

- [71] Kim et al., 'Improvement of Sinter Plant Stack Emissions at Kwangyang Works, Posco', *2nd International Congress on the Science and Technology of Ironmaking Conjunction with the 57th Ironmaking Conference of Iron and Steel Society*, 1998, C-Toronto on March 22- 25.
- [72] N.N., Eisen und Stahlerzeugung, Hinweise und Erlaeuterungen zu Anhang 29 der Abwasserverordnung, 2005.
- [73] Knapp, 'Quality and Improvements of the Shaft Furnace with Post-combustion', *Monterrey Symposium*, 1996, Monterrey.
- [74] Knoerzer et al., 'The Design and Operation of Jewell's New Nonrecovery Coke Oven Batteries', *50th Ironmaking Conference*, 1991, US-Washington on April 14-17.
- [75] Knoop et al., 'Steuerung des Einschmelzens im Drehstrom-Lichtbogenofen zum Schutz der Wandkuehlelemente (Control of Melting in the Three-Phase-Current Arc Furnace to Protect the Water-cooled Side Walls)', *Stahl und Eisen 117*, Vol. No. 2, 1997, pp. 91-96.
- [76] Koeller, 'Environmental Protection - A Challenge to Management in the Austrian Steel Industry', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [77] Austrian TWG member, Austrian comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [78] Kreulitsch et al., *Iron and Steelmaking of the Future*, Iron and Steelmaking International, 1994, pp. 4-8.
- [79] Kuhner et al., 'Noise Abatement for Electric Arc Furnaces', *Iron and Steel Engineer 73*, Vol. No. 4, 1996, pp. 83-86.
- [80] Dornseiffer, P., Luxembourg comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [81] Norwegian TWG member, Norwegian comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [82] Lemperle et al., *Corex Today and Tomorrow*, Metallurgical Plant and Technology International, 1993.
- [83] Ehrlich, C. et al, 'PM 10, PM 2.5, PM 1,0-Emissions from industrial plants-Results from measurment programmes in Germany', *Atmospheric Environment*, Vol. Vol. 41, 2007, pp. 6236 - 6254.
- [84] Grasselli, A. and Raggio, C., 'Consteel EAF Technology', Personal Communication, 2008.
- [85] VDI/DIN, VDI 2584 - Naturstein Aufbereitungsanlagen in Steinbrüchen, 2006.
- [86] Linninger et al., 'Modernes Technologie- und Informationsmanagement am Beispiel der Auslegung von Elektrolichtbogenofen (Modern Technology and Information Management by Hand of the Design of Electric Arc Furnaces)', *Stahl und Eisen 115*, Vol. No. 3, 1995, pp. 93-101.
- [87] Medinger et al., *Bilanz der Quecksilbermissionen aus Quellen im Linzer Stadtgebiet (Balancing the emissions of mercury in the area of the city of Linz)*, City of Linz – Office for Environmental Protection, 1996.
- [88] Löhr et al., 'State of the Art in Biological Waste water Treatment in European Coking Plants', 1996, B-Gent.
- [89] Löhr et al., *Process for Waste water Treatment of Coking Plants*, 1997, pp. 54-60.
- [90] Köhler et al., 'Introduction to PW Bell less top charging system', Personal Communication, 2009.
- [91] Memoli, F. and Ferri, M., 'New track record for Consteel due to new environment-friendly features', *MPT International*, Vol. No. 5 2007, 2007, pp. 58 - 65.
- [92] Längen, 'Roheisenerzeugung im Jahr 2000 (Pig Iron Production in 2000)', *Stahl und Eisen 115*, 1995, pp. 45-55.
- [93] Matzke, Blei-, Zink- und Alkalientfernung beim Sintern von Reicherzmischungen (Lead, Zinc and Alkali Removal During Sintering of Rich Ore Mixtures), 1987.
- [94] Mc Manus, *Scrap Preheating: A Trend Gains Momentum*, 1995, pp. 60-61.

- [95] Mertins, 'Die Aufbereitung von Hochofengichtgasschlaemmen – ein Beitrag zur Entsorgung eines Abfallstoffes (The Treatment of Blast Furnace Top Gas Sludges – A Contribution for the Disposal of a Solid Waste)', *VCH, Verlag Erzmetal* 39, Vol. No. 7, No 8, 1986, pp. 399-404.
- [96] VDI/DIN, VDI 4211 part 1 Remote sensing - Atmospheric measurements near ground with FTIR spectroscopy - Fundamentals, 2000.
- [97] Murphy et al., 'High Pressure Water Jet Coke-oven Door Cleaning and Mass-flow Charging of Ovens', *Iron and Steel Engineer*, Vol. No. 3, 1991, pp. 23-30.
- [98] Nagai, *Sources of Iron Beyond 2000*, EAF Supplement, 1995.
- [99] DK Recycling, 'DK recycling operational data', Personal Communication, 2009. [100] Nathaus et al., *Wet Quenching Towers with De-dusting Equipment – Brochure and Reference List*, 1997.
- [101] Neuschütz et al., 'Comparison on Thermochemically Calculated and Measured Dioxin Contents in the Off-gas of a Sinter Plant - Part 1', *9th Japan-Germany Seminar on Fundamentals of Iron and Steelmaking*, 1996, on September 8-9.
- [102] Eurofer, Eurofer comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [103] OECD, *Environmental Implications of Energy Use in Industry*, Organisation for Economic Co-operation and Development, 1988.
- [104] te Lindert et al., *Demonstration Plant for Sintering with Reduced Volume of Flue-gases*, 1997.
- [105] Pazdej et al., 'Treatment of BF and BOF Dust and Sludges', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, CZ-Praha.
- [106] Pedersen et al., 'Environmental Aspects of Steel Mill Gas Cleaning', *Steel and the Environment in the 21st Century*, 1996, UK-London on April 2-3.
- [107] N.N., 'Rogesa: Neue Abgasreinigung an Sinteranlage', *Stahl und Eisen*, Vol. 129 Nr.2, 2009, p. 1.
- [108] Philipp et al., 'Umweltschutz in der Stahlindustrie – Entwicklungsstand – Anforderungen – Grenzen (Environmental Protection in the Steel Industry - State of Developments – Requirements – Limits)', *Stahl und Eisen* 107, Vol. No. 11, 1987, pp. 507-514.
- [109] Hein, M. et al, 'Umweltaspekte beim Nasslöschen', *Fachtagung Kokereitechnik*, 2000, Essen.
- [110] Brouhon, Belgium comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [111] Poth, 'Die Schlackengranulation des Hochofens Schwelgern mit einer OCP- Entwaesserung (The Slag Granulation of the Blast Furnace Schwelgern with OCP Dewatering)', *Stahl und Eisen* 105, 1985, pp. 386-389.
- [112] Pütz, 'Uebersicht ueber Dioxinemissionsquellen der Stahlindustrie unter besonderer Beruecksichtigung ihrer Sinteranlagen (Survey about the PCDD/F Sources in the Steel Industry with Special Consideration of Sinter Plants)', *12. Aachener Stahlkolloquium*, 1997.
- [113] Gidlund et al., Information about Swedish pelletisation plants, 2008.
- [114] Remus, Rainer, 'Mission report (Corus Ijmuiden, the Netherlands)', Personal Communication, 2008.
- [115] Walker, D.; Barkdoll, M., 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 14 No.1, 2002. [116] Rentz et al., *Stoffstrommanagement in der Eisen- und Stahlindustrie (Material Flow Management in the Iron and Steel Industry)*, E. Schmidt Verlag, 1996.
- [117] Hoffmann, A. et al, 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 13 No.2, 2001. [118] Rothery, *Desulphurisation of Coke Oven Gas by HSR Process*, 1987.
- [119] Sakuragi et al., *Operation Results of the Exhaust Gas Recirculation System in Tobata No. 3 Sinter Plant*, *La Revue de Métallurgie – CIT*, 1995.

- [120] Schiemann, *Untersuchungen des Sammelchrotts auf PCB-Quelen und Entwicklung geeigneter Vorbehandlungsmaßnahmen (Investigations of Collected Scrap on PCB Sources and Development of an Appropriate Pretreatment)*, 1995.
- [121] Hein, M., 'Cokemaking', *Cokemaking International*, Vol. 14 No.1, 2002.
- [122] Scholz et al., 'The Formation of PCB on Fly Ash and Conversion to PCDD/PCDF', *Organohalogen Compounds* 31, 1997, pp. 538-541.
- [123] SHI, *A System for Waste Heat Recovery in Sintering Plant*, 1987.
- [124] Arendt, P. et al, 'Konventioneller Horizontalkammerofen', *Stahl und Eisen* 126 Nr. 1, 2006. [125] Smith, *New Concept in EAF Energy Saving Commissioned at Sheerness Steel*, I&SM, 1992, pp. 57-59.
- [126] Spencer et al., *Chem. and Eng. Technology* 15, 1992.
- [127] Dr. Fleischanderl, Alexander, 'Improved dry-type gas cleaning process for the treatment of sinter offgas', *MPT International*, Vol. No. 3 2006, 2006.
- [128] Sporenberg, *Messprotokolle und Berichte über die Durchführung von Emissionsmessungen im Kamin der Sinteranlage sowie Nebenanlagen der EKO Stahl GmbH Eisenhüttenstadt*, Umweltschutz Messtechnik GmbH, 2006.
- [129] Stalherm et al., *Design and Start-up of the Third Wide Chamber Coke-oven Battery at Prosper, West-Germany*, 1990, pp. 9-15.
- [130] Stalherm et al., *Cokemaking and the Environment*, *Steel Times International*, 1995, pp. 19- 22.
- [131] Stat Stahl, *Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 1996 (Statistical Yearbook of the Steel Industry 1996)*, 1997.
- [132] Steeghs et al., *High Injection Rates of Coal into the Blast Furnace*, 1994.
- [133] Stieglitz et al., *Investigation of Precursors Reaction in the De-Novo Synthesis of PCDD/PCDF on Fly Ash*, 1997, pp. 1083-1090.
- [134] Strohmeier et al., *Steelworks Residues and the Waelz Kiln Treatment of Electric Arc Furnace Dust*, 1996, pp. 87-90.
- [135] Busink, R., 'Specific emissions to water from direct cooling at continuous casting', Personal Communication, 2009.
- [136] Theobald, *Kreislauffuehrung von Hochofenwaschwasser (Recycling of Blast Furnace Gas Scrubbing Water)*, 1988.
- [137] Theobald, *Ermittlung und Verminderung der Emissionen von halogenierten Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen (Study of the Emissions of Polychlorinated Dibenzodioxins and -furans and Heavy Metals from Iron and Steel Plants)*, 1995.
- [138] Theobald, *Hintergrundpapier zum Anhang 24 (Anforderungen an die Eisen- und Stahlindustrie) zur Rahmen-Abwasserverordnung nach § 7a Wasserhaushaltsgesetz (Background Paper for the Requirements in annex 24 (Requirements for Iron and Steel Industry) of the Waste water Rule According to Section 7a of the German Water Management Act)*, 1997.
- [139] GfA Münster-Roxel, *Emissionen der Primorec S.A.in Differdange, Luxembourg*, 2008. [140]Eurofer, *Compilation of open issues according to the Member state comments and gaps of information on the review of the IS BREF draft*, 2009.
- [141] Ferry, M., *Direct strip casting of metals and alloys*, 2006.
- [142] Hendricks, C., 'Strip casting technology - A revolution in the steel industry?', *MPT International*, Vol. Vol. 18 No. 3, 1995.
- [143] UA-OÖ, 'Quecksilberemissionen aus Sinteranlagen (Mercury Emissions from a Sinter Plant)', Personal Communication, 1998.
- [144] UBA-BSW, *Ermittlung und Verminderung der Emissionen von Dioxinen und Furanen aus thermischen Prozessen; Untersuchung der Zusammenhaenge der Dioxin-/Furanemissionen in Abhaengigkeit von Einsatzstoffen und Minderungstechniken bei*

- Elektro-Lichtbogenöfen (Determination and Minimisation of PCDD/F Emissions from Thermal Processes, Investigation of the Effect of Electric Arc Furnace Input and Emission Control Techniques on the Formation of PCDD/F Emissions)*, sponsored by the Federal Environmental Protection Agency of Germany, Berlin, 1996.
- [145] UBA Comments, *Comments on the draft 'Dutch Notes on Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the Production of Primary Iron and Steel'*, Environmental Protection Agency of Germany (UBA), Berlin, 1997.
- [146] Schäperkötter, M. et al, *Energieeinsparung, CO₂-Emissionsminderung und Ressourcenschonung bei der Herstellung und Anwendung von (hochfesten und duktilen) HSD-Stählen*, BMBF, 2009.
- [147] UK EAF, *Chief Inspector's Guidance to Inspectors - Process Guidance Note IPR 2/3*, 1994.
- [148] UK Coke, *Chief Inspector's Guidance Note, Series 2 (S2) - Processes Subject to Integrated Pollution Control*, 1995.
- [149] Kemper, G., 'State of the Art in Continuous Casting Technology', *Stahl 2008*, 2008, Düsseldorf.
- [150] Bakker, Wim, Dutch comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [151] TÜV Süd Industrie Service GmbH, *Emissionsmessungen an diffusen Quellen im Oxygenstahlwerk 1; hier:Dachreitern der Mischerhalle und über den Konvertern bei Thyssen Krupp Stahl AG Duisburg-Bruckhausen*, 2005.
- [152] Ullmann's, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5. edition Steel*, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1994.
- [153] UN-ECE, *The Recuperation and Economic Utilization of By-products of the Iron and Steel Industry*, United Nations, Economic Commission for Europe CH-Geneve, 1990.
- [154] UN-ECE, *"By-Product Utilization from Stationary Installations" – Status Report*, Austrian Federal Ministry of the Environment, A-Vienna, 1996.
- [155] UN-ECE Pops, *Long-range Transboundary Air Pollution*, United Nations/Economic Commission for Europe, 1997.
- [156] Coke oven manager association, List of UK and European Coal and Coke Works, 2008. [157]Thompson, P. et al, *Process related pattern in dioxin emissions: a simplified eassessment procedure applied to coke combustion in sinter plant*, sciencedirect, 2003.
- [158] Dr. Ameling, D., 'Steel - Innovative solutions for energy and ressource challenges', *8th International Arab Iron and Steel Confernece*, 2008, Doha-Qatar.
- [159] VAI, 'Successful Application of the Top-layer-sintering Process for Recycling of Ferrous Residuals Contaminated with Organic Substances', *56th Ironmaking Conference*, 1997, US-Chicago on April 13-16.
- [160] IEA Clean Coal Centre, Use of PCI in blast furnaces, 2006.
- [161] Vos, 'Environmental Control at Hoogovens IJmuiden Coke Oven Plant', *European Symposium on Environmental Control in Steel Industry*, 1995, Praha.
- [162] Voss-Spilker et al., 'Emission Prevention and Energy Saving in Electric Arc Furnaces by the Fuchs Shaft Furnace Technology', *Steel and the Environment in the 21st Century*, 1996, UK-London on April 2-3.
- [163] Infomil, Range of achieved emission concentrations applying Arsenic removal in a pelletisation plant, 2009.
- [164] Weiss, 'Minderung der PCDD/PCDF-Emissionen an einer Eisenerzsinteranlage (Reduction of PCDD/F Emissions from a Iron Ore Sinter Plant)', *VDI-Colloquium "Dioxins – Occurrence, Reduction, Monitoring"*, 1996, D-Fulda on October 29-30.
- [165] VDI/DIN, VDI 3790 part 3 Environmental meteorology - Emission of gases, odours and dusts from diffuse sources - Storage, transshipment and transportation of bulk materials, 1999.

- [166] Lundqvist, A., 'Operational data from the plants located in Malmberget and Kiruna, Sweden', Personal Communication, 2009.
- [167] Werner, *Control of Organic Micropollutants from the EAF*, International Iron and Steel Institute, 1997, pp. 247-255.
- [168] EC, *BREF on Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others (LVIC-S)*, 2007. [169] LKAB, *Ökad pelletskapacitet i Karuna - Teknisk beskrivning*, 2004.
- [170] N.N., 'Chimie industrielle: Proposition de facteurs d'émission por la sidérurgie wallonne; chargement du haut fourneau (SNAP 040202)', Personal Communication, 1997.
- [171] N.N., *EIE relative à une demande de permis d'environnement. Redémarrage du haut fourneau No.6 de Seraing*. ArcelorMittal, SGA Belgium S.A., 2007.
- [172] Fandrich et al., 'Actual review on secondary metallurgy', *La Revue de Métallurgie - CIT*, 2008, pp. 364 - 374.
- [173] UBA-Germany, Data for waste water treatment in a coking plant, 2005.
- [174] Euroslag, *Legal Staus of Slags - Position Paper*, The European Slag Association, 2006. [175] Eurofer, Contribution to the second revised IS BREF draft July 2009, 2009.
- [176] EPA, Miscellaneous Sources, AP 42, 2009.
- [177] Eurofer, Comments on the second revised IS BREF draft from July 2009, 2009. [178] N.N., *Untersuchung einer Abwasserprobe der BSW Kehl*, 2008.
- [179] Metz et al., *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2005.
- [180] N.N., *CO₂ Capture and Storage - A key carbon abatement option*, IEA International Energy Agency, 2008.
- [181] Vangkilde-Pedersen et al., *Towards Hydrogen and Electricity Production with Carbon Capture and Storage*, 2007.
- [182] Infomil, 'Infomil contribution on BOF emissions at Corus IJmuiden', Personal Communication, 2009.
- [183] Weiss, *Massnahmen zur Verbesserung der Entstaubung einer Eisenerzsinteranlage mit nach folgenden Untersuchungen zur Minderung der PCDD/PCDF-Emissionen*, Stahlwerke Bremen, 1998.
- [184] European Union, *Commission staff working document - updated sectoral overview*, 2009. [185] EC, *Reference Document on Economics and Cross-Media Effects (ECM)*, 2006. [186] Sowa et al., 'Advanced Technologies for Desulphurisation of Coke Oven Gas', *COG Desulphurisation ICC 2009 Ranchi*, 2009, Ranchi, India.
- [187] TÜV SÜD, *Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen zur Ermittlung der Konzentrationen an polychlorierten Dibenzo-Dioxinen und Furanen (PCDD/F) im gereinigten Abgas der Sinterbänder 2, 3 und 4 einer Sinteranlage der ThyssenKrupp Steel AG*, 2007.
- [188] European Commission, *BREF on Ferrous Metals Processing Industry*, 2001. [189] N.N., 'Data from the Emission register', Personal Communication, 2008.
- [190] Eurofer, 'Sinter plant ArcelorMittal Bremen, Dust Emission 1999 to 2009', Personal Communication, 2010.
- [191] Infomil, 'Infomil Contribution on EAF emissions in the Netherlands', Personal Communication, 2010.
- [192] Schlüter, 'Hydro-Hybrid Filter for BOF gas cleaning', Personal Communication, 2009.
- [193] Voestalpine Linz, *Emissionsmessungen Sinterband 5 - Reingas Quecksilber -*, 2010.
- [194] Leroy et al, New abatement techniques of the atmospheric emissions of large sinter plant, 2007.

- [195] Werner, 'Data about the utilisation of EAF slags in 2008', Personal Communication, 2010. [196] Josis, 'New data for the biological waste water treatment plant at Sidmar and Seremange', Personal Communication, 2010.
- [197] Jost, 'New data for the biological waste water treatment plant at Dillingen', Personal Communication, 2010.
- [198] Mensink, C. et al, 'Source Analysis and Emission Abatement Measures for PM10 Hot spot Regions in Flanders', *11th conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, 2007, Cambridge.
- [199] Mark et al., 'Port Talbot PM 10: A Study into industrial source identification, reduction and improvement', *IUAPPA- 17th EFCA conference*, 2006, Lille, France.
- [200] Commission, *BREF on the Production of Iron and Steel*, European Commission, Sevilla, 2001.
- [201] Colin et al., *Amélioration de la stabilité de fonctionnement et des performances des stations d'épuration biologique d'effluents de cokerie*, Cinquieme Programme de Recherches, CECA, 2003, p. 8.
- [202] USEPA, *Development Document for Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Iron and Steel Manufacturing Point Source Category*, USA Environmental Protection Agency, 2002, p. 12.
- [203] Liszlo et al., 'Design and first operational experience of the Pressure Regulated Oven System (Proven) at the coke plant 'Schwelgern'', *2nd International Meeting on Ironmaking - 1st International Symposium on Iron ore*, 2004, Vitória, Espírito Santo, Brazil.
- [204] Neuwirth et al., 'State-of-the-art plant technology for cokemaking', *MPT International*, Vol. 5, No 2003, 2003, pp. 38-48.
- [205] Cleary et al., 'Coke production and demand today and tomorrow - face up to the reality?', *Stahl und eisen*, Vol. 125 (2005) Nr.1, 2005, pp. 17-27.
- [206] Diemer et al., 'Potentials for utilisation of coke oven gas in integrated iron and steel works', *Stahl und eisen*, Vol. 124 (2004) Nr. 7, 2004, pp. 21-30.
- [207] Ameling et al., 'The coke scenario of the German and EU15 steel industry', *Stahl und eisen*, Vol. 124 Nr.9, 2004, pp. 25-34.
- [208] Lindfors et al., *BAT examples from the Nordic iron and steel industry*, Nordic Council of Ministers. Norden, 2006, p. 156.
- [209] EC, *Preparatory work for new dioxin measurement requirements for the European metal industry. Final report*, EC, 2005, p. 151.
- [210] Brouhon, 'Comments of EUROFER to the Stockholm Convention on POPs', Personal Communication, 2006.
- [211] Remus, Rainer, *Mission report Voestalpine Linz and Donawitz*, 2008.
- [212] EC CLM BREF, *Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries (CLM BREF)*, 2009.
- [213] Bittner et al., 'Chemistry of intermediate species in the rich combustion of benzene', 1983, pp. 95-125.
- [214] Richter et al., 'Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their radicals in a nearly sooting premixed benzene flame', *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol. 28, 2000, pp. 2609-2617.
- [215] BSS, *Air Quality. Several case studies*, 2007, pp. 26-32.
- [216] sniffers et al., *Technical description of fugitive emission monitoring & management*, The Sniffers nv/sa, 2006, p. 18.
- [217] Siemens-vai, *Sinter solutions*, Siemens-vai, 2006, p. 14.
- [218] Dong et al., 'A multistage approach to the cohort analysis of lifetime lung cancer risk among steelworkers exposed to coke oven emissions', *American Journal of Epidemiology*, Vol. Vol. 128, No. 4, 1988, pp. 860-873.

- [219] Van den Berg et al., 'Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife', *Environmental Health Perspectives*, Vol. 106, No 12, 1998, p. 21.
- [220] Eurofer, 'Comments from Eurofer on the Iron and Steel BREF first draft', Personal Communication, 2008.
- [221] Thomas et al., *Blast furnace tuyere injection of iron and steelmaking by-products*, 2002, p. 116.
- [222] Janhsen et al., *Coke quality for blast furnace operation with high levels of coal/oil injection*, 2002, p. 205.
- [223] USEPA, *Emission Factor Documentation for AP-42. Section 12.2. Coke production. Draft July 2001*, U.S. Environmental Protection Agency, 2001, p. 313.
- [224] Xhrouet, *Contribution a l'étude d'une technique de réduction de la formation des dioxines dans le procédé d'agglomération des minerais de fer*, Université de Liège. Faculté des Sciences Appliquées, 2002.
- [225] Brouhon, *Emissions from French coke ovens. Focus on PAH and Dioxins*, 2006. [226]EEA, *Emission Inventory Guidebook. CORINAIR. Solid Fuel Transformation Plants. Emission Factors of sub-processes of coke production*, US Environmental Protection Agency, 1999, p. 1.
- [227] WB, *Coke Manufacturing. Pollution Prevention and Abatement Handbook*, The World Bank Group and UNEP, 1998, pp. 286-290.
- [228] UNEP, *Standardized toolkit for identification and quantification of Dioxin and Furan releases*, United Nations Environmental Programme, 2001, pp. 51-52.
- [229] Green, 'Emission report for an Australian Iron and Steel installation', Personal Communication, 2004.
- [230] Brouhon et al., *Control of the PCDD/Fs generation at the Sinter plant*, CRM, Collective Research Programme 1999-2000, 2001, p. 23.
- [231] Xhrouet et al., 'Amines compounds as inhibitors of PCDD/Fs de Novo Formation on Sintering Process fly ash', *Environmental Science Technology*, Vol. 36, 2002, pp. 2760- 2765.
- [232] Brouhon et al., *Traitement Chimique de Destruction spécifique des cyanures*, CEBEDEAU- CRM, 1990, p. 50.
- [233] Poos et al., *Etude des émissions de cyanures au haut-fourneau en marche journalière et en descente des charges*, CCE, 1993, p. 50.
- [234] Poland, *Emission data from Polish iron and steel plants*, 2007, p. 18.
- [235] Ailor, *Principal environmental issues facing the U.S. coke industry in 1999 and beyond*, 1999, p. 40.
- [236] Germany, *TA Luft 2002*, 2002, p. 6.
- [237] USEPA, *Risk Assessment Document for Coke Oven MACT Residual Risk*, USEPA, 2003, p. 269.
- [238] Janke et al., *Verwertung von ölkontaminierten Walzunderschlämme und Shreddermüll über Hochöfen*, DBU, 1997, p. 119.
- [239] Setterstig, *Dioxin removal by the ADIOX technology*, Götaverken Miljö AB, 2006, p. 22. [240]UKEA, *IPPC. Guidance for the Production of Coke, Iron and Steel*, UK environmental agency, 2004, p. 185.
- [241]Poland, *Technical information on Polish iron and steel plants*, 2007, p. 8. [242]Caughlin, *UK comments to the I&S BREF*, UK Environmental Agency, 2007, p. 8. [243]Eurofer, *Revision of solid residues/by-products of the I&S BREF*, 2007, p. 3. [244]Plickert, *Performance values of iron and steel plants in Germany*, UBA, 2007, p. 6.
- [245] Kuhn et al., *Chrome immobilisation in EAF slags from high-alloy steelmaking: development of a slag treatment process*, 2004, p. 97.

- [246] EC, *Iron and Steel - a materials system analysis*, European Environment Agency, 2005, p. 90.
- [247] Netherlands, *Comments from the Netherlands to some information provided by Eurofer*, 2007, p. 2.
- [248] Eurofer, *Response from Eurofer to the comments from the Netherlands*, Eurofer, 2007. [249]Netherlands, *Contribution from the Netherlands to the revision of the I&S BREF*, 2007, p. 8.
- [250] EC, European Steel Technology Platform, ESTEP, 2006.
- [251] Eurofer, *Comments from Eurofer to the contribution from the Netherlands*, 2007, p. 3. [252]France, *Contribution from France to the revision of the I&S BREF*, 2007, p. 5.
- [253] ICSTI' 06, 'The 4th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking', *The 4th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking*, 2006, Osaka, Japan.
- [254] Eurofer, *Comments from Eurofer to the contribution from France*, 2007, p. 2.
- [255] Kasai et al., 'Effect of additives on the dioxins emissions in the iron ore sintering process', *ISIJ international*, Vol. Vol 41, No 1, 2001, pp. 93-97.
- [256] Kasai et al., 'Behavior of dioxins in the sintering process of iron ores', *Tetsu-to-Hagané*, Vol. Vol. 87, No. 5, 2001, pp. 24-33.
- [257] Kawaguchi et al., 'Behaviour of trace chlorine in sintering bet and its effect on dioxins concentration in exhaust gas of iron ore sintering', *Tetsu-to-Hagané*, Vol. Vol. 88, No.2, 2002, pp. 9-15.
- [258] Kuzuhara et al., 'Formation of PCDD/Fs during oxidation of carbonaceous materials at low temperatures', *Tetsu-to-Hagané*, Vol. Vol. 89, No. 8, 2003, pp. 1-8.
- [259] Kasama et al., 'Investigation on the dioxin emission from a commercial sintering plant', *ISIJ International*, Vol. Vol. 46, No. 7, 2006, pp. 1014-1019.
- [260] Germany, *Contribution from Germany to the revision of the I&S BREF*, 2007, p. 10. [261]Kasama et al., 'Analysis of exhaust gas visibility in iron ore sintering plant', *ISIJ international*, Vol. Vol. 46, No. 7, 2006, pp. 1027-1032.
- [262] Pütz et al., *Untersuchungsergebnisse über Möglichkeiten zur primärseitigen Dioxinminderung bei der Eisenerzsinterung*, VDI Berichte, 1996, pp. 249-268.
- [263] Kasai et al., 'Macroscopic behaviours of dioxins in the iron ore sintering plants', *ISIJ international*, Vol. Vol. 41, No. 1, 2001, pp. 86-92.
- [264] Germany, *Dust emission from CSQ wet quenching tower*, 2007, p. 1.
- [265] Tan et al., 'Study on polychlorinated dibenzo-p-dioxin/furan formation in iron ore sintering process', *Metallurgical and materials transactions B*, Vol. Vol 35B, 2004, pp. 983-991.
- [266] Kawaguchi et al., 'Promoter material and inhibitor material for dioxins formation in sintering process', *Tetsu-to-Hagané*, Vol. Vol. 88, No. 7, 2002, pp. 12-19.
- [267] Kawaguchi et al., *Effect of properties of solid fuel on dioxin concentration of the exhaust gas in the iron ore sintering process*, *Tetsu-to-Hagané*, 2002, pp. 20-27.
- [268] SHI, *Gas cleaning system using activated char*, 2006, p. 15.
- [269]Germany, *Coke transport by pipe conveyors*, 2007, p. 1.
- [270] Reynard, *Slags from iron and steel production*, End-of-Waste Project. Aggregates case study, 2007, p. 20.
- [271] Luo, *The end of waste criteria. A case study on scrap metal*, End of Waste criteria. 23/3/07, 2007, p. 24.
- [272] Germany, *Nitrification-denitrification concept in the biological treatment plant for coke oven waste water*, 2007, p. 5.
- [273] Eurofer, *Comments from Eurofer to the information provided by Germany*, 2007, p. 5.

- [274] Eurofer et al., *Zinc coated steel*, Association of Eurofer, IZA-Europe and EGGA association, 1999, p. 24.
- [275] Kobelco, Environmental sustainability report 2005, 2005.
- [276] Italy, *Contribution from Italy to the revision of the I&S BREF*, 2007, p. 14. [277] Wiesenberger, *Review of the BREF Iron and Steel Production - Austrian Comments*, UBA, 2007, p. 35.
- [278] J-P. Birat et al., *Quality of heavy market scrap: development of new and simple methods for quality assessment and quality improvement*, 2002, p. 139.
- [279] IISI, *The Steel Industry. Industry sector report for the United Nations World Summit on Sustainable Development*, IISI, 2002, p. 55.
- [280] Aguado-Monsonet, 'Visits to Iron and Steel plants', Personal Communication, 2007. [281] Eurofer, *Contribution to the Energy Management section*, 2007, p. 11.
- [282] EC, *BREF on Large Combustion Plants (LCP)*, 2006. [283] EC, *BREF on Emissions from Storage (EFS)*, 2006. [284] EC, *BREF on Non-Ferrous Metal processes*, 2001. [285] EC, *BREF on Waste Incineration (WI)*, 2006.
- [286] Stahl, *Statistisches Jahrbuch der Stahlindustrie 2009-2010*, Stahleisen-Verlag, 2008.
- [287] MVAE, 'International conference on Clean Technologies in the Steel industry', *International conference on Clean Technologies in the Steel industry*, Tardy, 2005, Balatonfüred (Hungary).
- [288] IA, *Projecto "Emissões para a atmosfera no sector da transformação de metais com processos metalúrgicos, e sua aplicação ao contexto nacional" (Air emissions from metal industry in Portugal)*, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2006, p. 177.
- [289] EC, *Community implementation plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*, EC, 2007, p. 92.
- [290] Nippon Steel Engineering Co., 'Comments on Coke Dry Quenching', Personal Communication, 2008.
- [291] EC, *Panorama of the European Union*, Eurostat, 2006, p. 162.
- [292] DGENTR, *Possible developments in the structure of the EU and World steel industries*, Commission, 2007, p. 11.
- [293] DGENTR, *Overview of the EU Steel sector*, DGENTR, 2007, p. 16.
- [294] Fleischanderl, *MEROS - An improved dry-type gas-cleaning process for the treatment of sinter offgas*, *The Revue de Métallurgie - CIT*, 2006, pp. 481-486.
- [295] Hartig et al., *Cleaning of sinter waste gases. State of the art*, *La Revue de la Métallurgie - CIT*, 2006, pp. 258-265.
- [296] Leroy et al., 'Treatment of sinter plant flue gas', *DustConf 2007*, 2007. [297] Hekkema et al., *H₂S-noodwasinstallatie*, Corus and Tebodin, 2004, p. 20. [298] Fleischanderl, *Scrubbed clean. Meros*, *Metals & mining*, 2006, pp. 38-39. [299] Eurofer, *Contemporary data across all European plants*, Eurofer, 2007, p. 4. [300] Eurofer, *General review of Sintering section of BREF*, Eurofer, 2007, p. 22.
- [301] Eurofer, *Update technique continuous and undisturbed sinter plant operation to minimise emissions*, Eurofer, 2007, p. 2.
- [302] Eurofer, *Update technique Use of residues in the sinter plant*, Eurofer, 2007, p. 2. [303] Eurofer, *Update technique lowering the content of volatile hydrocarbons in the sinter feed*, Eurofer, 2007, p. 3.

- [304] Eurofer, *Update technique lowering the sulphur content of the sinter feed*, Eurofer, 2007, p. 2.
- [305] Eurofer, *Update technique Heat recovery from sintering and sinter cooling*, Eurofer, 2007, p. 4.
- [306] Eurofer, *Update technique suppression of dioxin formation by addition of urea*, Eurofer, 2007, p. 3.
- [307] Eurofer, *Update technique partial waste gas recycling*, Eurofer, 2007, p. 10. [308]Eurofer, *Update electrostatic precipitator*, Eurofer, 2007, p. 5.
- [309]Eurofer, *Update technique on fabric filters*, Eurofer, 2007, p. 6. [310]Eurofer, *Update information on cyclones*, Eurofer, 2007, p. 2. [311]Eurofer, *Update fine wet scrubber*, Eurofer, 2007, p. 5.
- [312]Dr. Michael Degner et al., *Steel Manual*, Steel Institute VDEh, Düsseldorf, 2008. [313]Eurofer, *Update wet desulphurisation*, Eurofer, 2007, p. 4.
- [314] Eurofer, *Update technique regenerative activated carbon*, Eurofer, 2007.
- [315] Van den Berg., et al, Project for the re-evaluation of human and mammalin toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds, 2006.
- [316] Eurofer, ‘Water and Waste Waster Management in Integrated Steelworks’, Personal Communication, 2009.
- [317] Endemann, G. et al, ‘Dust, scale and sludge generation and utilisation in German steelworks’, *Stahl und Eisen*, Vol. 126 Nr. 9, 2006.
- [318] Eurofer, *Review of the pelletisation chapter*, Eurofer, 2007, p. 21. [319]Eurofer, *Cold briquetting in pelletisation plants*, Eurofer, 2007, p. 2. [320]Eurofer, *Review of coke oven plants chapter*, 2007, p. 62. [321]Eurofer, *Review of coke handling and screening*, 2007, p. 1.
- [322]Eurofer, *Review of collection and treatment of COG with recoveryof by-products*, 2007. [323]Eurofer, *Review of Mass stream overview of coke ovens*, 2007.
- [324]Eurofer, *Review of input/output data from coke oven plants in EU*, 2007, p. 1. [325]Eurofer, *Review of quantities of emissions to water from coke ovens*, 2007, p. 1.
- [326] Buchwalder, J. et al, ‘Verminderung der Staubemissionen an der Sinteranlage von ArcelorMittal Eisenhüttenstadt’, *Stahl und Eisen*, Vol. 126 Nr. 9, 2008.
- [327] Eurofer, *Review of waste water from wet oxidation desulphurisation process from coke ovens*, 2007, p. 1.
- [328] Eurofer, *Review of energy demand in coke ovens*, 2007, p. 1. [329]Eurofer, *New information on Pressure regulation in coke ovens*, 2007, p. 2. [330]Eurofer, *Review of maintenance of coke ovens*, 2007, p. 1.
- [331]Eurofer, *Review of improvement of oven door and frame seals*, 2007, p. 1. [332]Eurofer, *Review of cleaning of oven doors and frame seals*, 2007, p. 1. [333]Eurofer, *Review of emission reduction at coke oven firing*, 2007, p. 2. [334]Eurofer, *Review of quenching techniques for coke*, 2007, p. 3. [335]Eurofer, *Review of section on larger coke oven chambers*, 2007, p. 2.
- [336]Eurofer, *Review of non-recovery coking*, 2007, p. 3.
- [337] Eurofer, *Review of minimising oven charging emissions*, 2007, p. 2.
- [338] Eurofer, *Review section on minimising leakage between coke oven chamber and heating chamber*, 2007, p. 1.
- [339] Eurofer, *Review DeNOx of waste gas from coke oven firing*, 2007, p. 1.

- [340] Eurofer, *Review of removing tar from the coal water in coke ovens*, 2007, p. 1. [341]Eurofer, *Review of waste water treatment plant*, 2007, p. 4.
- [342]GWAA Bremen, *Messberichte: Emissionsmessungen im Abgas vor und nach Eisenerzsinteranlage*, 2005.
- [343]Eurofer, *Review of emerging techniques in the coke ovens*, 2007, p. 4. [344]Eurofer, *Review blast furnace chapter*, 2007, p. 20.
- [345]n.n., ‘Euroslag Proceedings of the 3rd European Slag Conference’, *Euroslag Proceedings of the 3rd European Slag Conference*, 2002, Nottingham.
- [346]Eurofer, *Review input/output tables of blast furnace chapter*, 2007. [347]Eurofer, *Review blast furnace slag processing*, 2007, p. 5.
- [348] Eurofer, *Review of technique direct injection of reducing agents in blast furnaces*, 2007, p. 5.
- [349] Eurofer, *New technique on direct injection in blast furnaces of used oils, fats and emulsions as reducing agents and of solid iron residues*, 2007, p. 3.
- [350] Eurofer, *Review of top gas pressure energy recovery in blast furnaces*, 2007, p. 2. [351]Eurofer, *Review technique on use of tar-free runner linings in blast furnaces*, 2007, p. 2. [352]Eurofer, *Review technique on blast furnace gas treatment*, 2007, p. 3.
- [353] Eurofer, *Review of technique on de-dusting of tapholes and runners and fume suppression during casting in blast furnaces*, 2007, p. 3.
- [354] Eurofer, *Review technique condensation of fume slag processing in blast furnaces*, 2007, p. 2.
- [355] Plickert, *Retrofitting the Waste Gas exhaustion system (2005-2007). First measurement results on dust and PCDD/PCDF emission*, 2007, p. 12.
- [356] Eurofer, *Review of the emerging technique section of the blast furnace chapter*, 2007, p. 3. [357]Germany, *Data for the review of table on pollutants load of waste water from blast furnace slag granulation*, 2007, p. 1.
- [358] Germany, *Review of the table on pollutant load of waste water discharged from blast furnace gas scrubbing water*, 2007, p. 1.
- [359] Netherlands, *Permit rule for an oxygen steel plant for roof emissions*, 2007, p. 1.
- [360] Sick-Maihak, ‘FW300 Laser transmissiometer. Precise and instant measurement in harsh conditions’, 2006, p. 2.
- [361] Sigmund, ‘Fine dust - a challenge for Voestalpine’, 2007, p. 13.
- [362]Germany, *Wastewater from continuous casting*, 2007, p. 1.
- [363]Eurofer, *Review of the Chapter on Basic oxygen steel making and casting (1)*, 2007, p. 73. [364]Fuchs, G., ‘New Energy Saving Electric Arc Furnace Design’, 2008.
- [365] Eurofer, *Eurofer comments on tables and figures of Chapter 8. BOF and continuous casting*, 2007, p. 12.
- [366] Dornseiffer et al., *Air and Noise Protection in Steelmaking Electric Arc Furnace in Luxembourg*, Ministere de l’environnement in Luxembourg, 2007, p. 10.
- [367] Prüm et al., ‘Reducing dioxin emissions in electric steel mills’, *MPT international*, Vol. 1, No 2005, 2005, pp. 36-42.
- [368] Prüm et al., ‘Verringerung der dioxinmission bei elektrostahlwerken (Reducing dioxin emissions in electric steel mills)’, *stahl und eisen*, Vol. 124 (2004) Nr. 10, 2004, pp. 61-67.
- [369] Eurofer, *Material flow stainless steel meltshop*, 2007, p. 1.
- [370] Öberg, ‘Emissions of persistant organic pollutants from Swedish steel mills’, 2007, p. 6. [371]Eurofer, *Update input/output data for electric arc furnaces*, Eurofer, 2007, p. 1.

- [372] Czech TWG member, Czech Republik comments on the first draft of the reviewed IS BREF, 2008.
- [373] Eurofer, *Review of the EAF chapter of the current BREF*, Eurofer, 2007, p. 42.
- [374] Eisen, H.-P. et al, 'Construction of the exhaust recycling facilities at a sintering plant', *Stahl und Eisen*, Vol. 124 Nr. 5, 2004.
- [375] ISI, *Energy Use in the Steel industry*, 1998, p. 120. [376]Eurofer, *Review of dust composition from EAF*, 2007, p. 1.
- [377] Heidenreich et al., 'Catalytic filter elements for combined particle separation and nitrogen oxides removal from gas streams', 2007, p. 9.
- [378] Eurofer, *ULCOS project. CO₂ and air emissions*, Eurofer, 2007, p. 5. [379]Corus IJmuiden, *Biological Treatment Plant - Corus IJmuiden*, 2010.
- [380] Voestalpine Linz, *Emission measurement pure gas sinter belt 5 - hydrogen cyanide content*, Voestalpine Linz, 2008.
- [381] Pall, 'Pall gas solid separation systems', 2006, p. 16.
- [382] Linz, 'Emission data for the sinter plant provided for the Voestalpine steelworks in Linz for the year 2008 and 2009', Personal Communication, 2008.
- [383] EIPPCB, *Alternative techniques for Iron and steel production*, 2006, p. 6.
- [384] Max-Planck-Institut et al., *The formation and prevention of scale during twin roller strip casting*, 2002, p. 131.
- [385] Malmberg et al., *Online slag analysis utilising contact-free microwave technology*, 2005, p. 71.
- [386] Cores et al., *Efficient utilisation of raw materials used in secondary steelmaking as flux in steelmaking furnaces*, 2005, p. 89.
- [387] Fisher et al., *Influence of sinter mix materials on the environmental impact of high productivity iron ore sintering*, 2005, p. 101.
- [388] Fisher et al., *Effects of operational factors on the formation of toxic organic micropollutants in EAF steelmaking*, 2005, p. 154.
- [389] Briggs et al., *Reductions in dust and gaseous emissions from sinter strands*, 2004, p. 166. [390]Atkinson et al., *Injectant coal gasification, char formation and char utilisation at high injection rates*, 2004, p. 193.
- [391] Tavernier et al., *Foaming of the slag and recycling of stainless steel dusts by injection into the electric arc furnace for stainless steels*, 2004, p. 92.
- [392] Schmidt et al., *Optimised blast furnace slag water quenching with sulphur compounds control*, 2003, p. 149.
- [393] Turpin et al., 'Effects of flattening the stockpile crest and of the presence of buildings on dust emissions from industrial open storage systems', *XVIIth International Conference of Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution*, 2009.
- [394] Colletta et al., *High-purity zinc and ferroalloy recovery from EAF dusts through a combined pyro-metallurgical treatment*, 2002, p. 76.
- [395] Badr et al., 'Effect of aggregate storage piles configuration on dust emissions', *Atmospheric Environment*, Vol. Vol. 41, 2007, pp. p. 360 - 368.
- [396] Reg. 1221/, REGULATION (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC., 2009.
- [397] DG Environment, What is EMAS? http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm, 2010.
- [398] ISO, ISO 14001: 2004 http://www.iso.org/iso/iso_14000_essentials.htm, 2004.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Bu sözlüğün amacı, bu MET-Ref’de yer alan bilgilerin anlaşılmasını kolaylaştırmaktır. Bu sözlükteki terimlerin tanımları yasal tanımlar değildir (bazıları Avrupa mevzuatında verilen tanımlarla örtüşse bile). Okuyucunun bu MET-Ref kapsamındaki ilgili sektördeki kullanımları bağlamında bazı temel terimleri anlamasına yardımcı olmak amacıyla verilmektedirler.

Bu sözlük aşağıdaki bölümlere ayrılmıştır:

- I. Genel hususlar
- II. Para birimleri
- III. ISO ülke kodları
- IV. Birim ön ekleri
- V. Birimler
- VI. Kimyasal elementler
- VII. Kısaltmalar ve teknik tanımlar

I. Genel hususlar

EMİSYONLARIN İFADESİ

Bu MET-Ref’de havaya salınan emisyonlar şu şekilde ifade edilir:

- su buharı içeriği düşüldükten sonra, standart koşullar altında (273,15 K, 101,3 kPa) atık gaz hacmi başına salınan maddelerin g/Nm^3 , mg/Nm^3 , $\mu g/Nm^3$ veya ng/Nm^3 cinsinden kütlesi veya
- kg/s ve g/s olarak ifade edilen, zamanla ilişkili olarak salınan madde kütlesi veya
- üretilen veya işlenen ürünlerin birim kütlesi başına salınan maddelerin (tüketim veya emisyon faktörleri) kg/t , g/t , mg/t , $\mu g/t$ veya ng/t cinsinden kütlesi.

Suya salınan emisyonlar şu şekilde ifade edilir:

- atık su hacmi başına salınan maddelerin g/l , mg/l veya $\mu g/l$ cinsinden kütlesi.

II. Para birimleri

Kod ⁽¹⁾	Ülke/bölge	Para birimi
Üye Devlet para birimleri		
EUR	Avro bölgesi ⁽²⁾	avro
ECU	Avrupa para birimi	ECU (EUR ile değiştirilmiştir)
GBP	Birleşik Krallık	İngiliz sterlini
Diğer para birimleri		
USD	Amerika Birleşik Devletleri ⁽³⁾	ABD doları
(1) ISO 4217 kodları. (2) Avusturya, Belçika, Kıbrıs, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya'yı içerir. (3) Ayrıca Amerikan Samoası, İngiliz Virgin Adaları, Doğu Timor, Ekvador, Guam, Marshall Adaları, Mikronezya, Kuzey Marianas, Palau, Porto Riko, Turks ve Caicos Adaları, Amerika Birleşik Devletleri Küçük Dış Adaları ve ABD Virgin Adaları.		

III. ISO ülke kodları

ISO kodu	Ülke
Üye Devletler (*)	
BE	Belçika
DK	Danimarka
DE	Almanya
ES	İspanya
FR	Fransa
LU	Lüksemburg
NL	Hollanda
AT	Avusturya
SE	Slovenya
SK	Slovakya
FI	Finlandiya
UK	Birleşik Krallık
Üye olmayan ülkeler	
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
(*) Üye Devletlerin protokol sıralamasında orijinal dil(ler)indeki coğrafi adlarının alfabetik sırası esas alınmıştır.	

IV. Birim ön ekleri

Sembol	Ön ek	Terim	Sayı
T	tera	10^{12}	1 000 000 000 000
G	giga	10^9	1 000 000 000
M	mega	10^6	1 000 000
k	kilo	10^3	1000
saat	hekta	10^2	100
da	deka	10^1	10
-----	-----	1 birim	1
d	desi	10^{-1}	0,1
c	santi	10^{-2}	0,01
m	mili	10^{-3}	0,001
μ	mikro	10^{-6}	0,000 001
n	nano	10^{-9}	0,000 000 001

V. Birimler

Terim	Anlam
kWh	kilowatt-saat
milyar	bin milyon (10^9)
°C	santigrat derece
cm	santimetre
g	gün
g	gram
GWh	gigawatt saat
s	saat
hPa	hektopaskal
J	joule
K	kelvin ($0\text{ °C} = 273,15\text{ K}$)
kcal	kilokalori ($1\text{ kcal} = 4,19\text{ kJ}$)
k	kilowatt
kWh	kilowatt-saat ($1\text{ kWh} = 3,6\text{ MJ}$)
l	litre

Terim	Anlam
m	metre
Mt	megaton
MW _e	megawatt elektrik (enerji)
MW	megawatt
Nm ³	normal metreküp (101,325 kPa, 273 K'da)
ppb	milyarda parça (1 ppb = 10 ⁻⁹)
ppm	milyonda parça (1 ppm = 10 ⁻⁶)
ppmv	milyonda parça (hacimce)
sn	saniye
t	metrik ton (1000 kg veya 10 ⁶ g)
t/gün	günlük ton
trilyon	milyon milyon (10 ¹²)
t/y	yıllık ton
% hac.	hacimce yüzde
% ağı.	ağırlıkça yüzde
W	watt (1 W = 1 J/sn)
y	yıl
µg	mikrogram
µm	mikrometre (1 µm = 10 ⁻⁶ m)
µs	mikrosiemens
Ω	ohm, elektriksel direnç birimi

VI. Kimyasal elementler

Sembol	Ad	Sembol	Ad
Al	Alüminyum	N	Azot
As	Arsenik	Na	Sodyum
C	Karbon	Ni	Nikel
Ca	Kalsiyum	O	Oksijen
Cd	Kadmiyum	P	Fosfor
Cl	Klor	Pb	Kurşun
Cm	Küriyum	Pt	Platin
Co	Kobalt	S	Kükürt
Cr	Krom	Sb	Antimon
Cu	Bakır	Se	Selenyum
F	Flor	Si	Silisyum
Fe	Demir	Sn	Kalay
H	Hidrojen	Te	Tellür
Hg	Cıva	Ti	Titanyum
K	Potasyum	V	Vanadyum
Mg	Magnezyum	W	Tungsten
Mn	Manganez	Zn	Çinko
Mo	Molibden		

VII. Kısaltmalar ve tanımlar

Kısaltma	Tanım
AC	Alternatif akım
AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
AOD	Argon oksijen dekarburizasyonu
AOX	Soğurulabilen organik bağlı halojenler
AS	Aktif çamur
ASK	Ammoniumsulphide Kreislaufwäscher
BaP	Benzo(a)piren
YF	Yüksek fırın
BOİ	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
BOF	Bazık oksijen fırını
Borneff 6	Altı PAH'nin toplamı (Floranten, Benzo[b]floranten, Benzo[k]floranten, Benzo[a]piren, Indeno[1,2,3-cd]piren ve Benzo[g,h,i]perilen)
Bq	Bequerel
BTX	Benzen, toluen, ksilen
c.	yaklaşık
CAS	Chemical Abstracts Service (Amerikan Kimya Derneğinin bir birimi)
CAS-OB	Kapalı argon köpürtme ile bileşim ayarı
SDF	Siklon dönüştürücü fırın
KÇGT	Kombine çevrim gaz türbini
SDM	Sürekli döküm makinesi
KÇES	Kombine çevrim enerji santrali
KYD	Karbon yakalama ve depolama
KKS	Kok kuru söndürme
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi
CFD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
KIG	Kombine Isı ve Güç
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
KFG	Kok fırını gazı
COS	Karbon oksisülfür
CRI	Kok reaktivite endeksi
CHF	Çok Hazneli Fırın
KSS	Kok stabilizasyonlu söndürme
CSR	Reaksiyondan sonra kok mukavemeti
CV	Isıl değer
GOD	Günlük ortalama değer
dBA	A ağırlıklı desibel
DC	Doğru akım
DKE	Doğrudan karbon enjeksiyonu
DH	Dortmund-Hörder
Yaygın emisyon	Kömür ve kokun taşınması, kömür ve kokun nakliyesi, kömür harmanlama yatakları, yükselme boruları, kok itme, kok söndürme gibi düzenli işlemler sırasında yaygın emisyonlar meydana gelir; bunlar yakalanmazlarsa çatıdan, çatı kapağından, pencereden veya depolanan malzemelerden salınabilirler. Yalnızca önleme ve/veya bunların kanalize emisyonlara aktarılmasından (yani, yakalandıktan sonra) sonra ek arıtma ile en aza indirilmeleri mümkündür.
DIOS	Doğrudan Demir Cevheri Eritme
ÇOK	Çözülmüş organik karbon
Dİ	Doğrudan indirgeme
DİD	Doğrudan indirgenmiş demir
DSC	Doğrudan şerit döküm
DSI	Doğrudan numune indüksiyonu
EAF	Elektrik ark fırını
ECO	Ekonomizör
ECSC	Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu
ECU	Avrupa para birimi
EINECS	Avrupa mevcut ticari kimyasal maddeler envanteri
ELPI	Elektrikli alçak basınç çarpma tertibatı
ESD	Emisyon sınır değeri

Kısaltma	Tanım
ÇYS	Çevre yönetim sistemi
EMAS	Eko-Yönetim ve Denetim Programı
EN ISO 14001	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından çevre yönetim standartları ile ilgili olarak yayımlanan Avrupa normu (EN).
EOF	Enerji optimizasyonlu fırın
EOS	Emisyon optimizasyonlu sinterleme
EPA	Çevre Koruma Ajansı (ABD)
ESF	Elektrostatik filtre
EATS	Elektrostatik Alan Temizleyici Süper
EKÇ	Elektrostatik katran çöktürücü
AB-10	Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Macaristan, Letonya, Litvanya, Malta, Polonya, Slovakya ve Slovenya
AB-15	Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Portekiz, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık
AB-25	AB-10 + AB-15: Avusturya, Belçika, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık
AB-27	Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık
KF	Kumaş filtre
İnce toz	Bu MET-Ref kapsamında ince toz, 10 mikrometreden küçük ince parçacıklı madde anlamına gelir
Kaçak emisyonlar	Düzensiz çalışma sırasında bataryadaki sızıntılardan kaçak emisyonlar (örneğin kaplardan, fırın kapaklarından, flanşlardan veya yan ürün tesisinden sızıntı nedeniyle) meydana gelir. En azı indirme için ilk seçenek, iyi bakımla önlemedir. Benzo(a)piren (BaP) ve benzen gibi PAH bileşikler, kaçak emisyonlar açısından önemli bir rol oynamaktadır.
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
GSA	Gaz süspansiyonu emici
SBD	Sıcak briketlenmiş demir
HCB	Hekzaklorobenzen
YSOD	Yarım saatlik ortalama değer
SM	Sıcak metal
hPa	Hektopaskal
IISI	Uluslararası Demir ve Çelik Enstitüsü
I-TEQ	Uluslararası toksik eş değerlik faktörü
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
KOBM	Klöckner Oxygen Blowing Maximillanshuette
kW	kilowatt
LD	Linz-Donawitz
LD-AC	Linz-Donawitz-Arbed-CRM prosesi.
LEEP	Düşük emisyonlu ve enerji açısından optimize edilmiş sinterleme prosesi
Leq	Eş Değer Sürekli Ses Seviyesi
LIBS	İlazer oluşturmali plazma spektroskopisi)
LIDAR	Işık tespiti ve uzaklık tayini
LPG	Sıvılaştırılmış petrol gazı
SÇ	Sıvı çelik
LTE	Lans tüyer dengesi
L _{WA}	Ağırlıklı ses gücü seviyesi
LWS	Loire-Wendel-Sprunck prosesi
MEA	Monoetanolamin
HEEF	Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Filtre
MEROS	Sinterlemede maksimum emisyon azaltımı
CHF	Çok hazneli fırın
KSAM	Karışık sıvıda askıda katı maddeler

Kısaltma	Tanım
DG	Doğal gaz
MOVOC	Metan olmayan uçucu organik bileşikler
OBM	Oksijen tabanlı Maxhuette prosesi
ADP	Açık devre prosesi
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
PCB	Poliklorlu bifeniller
PCDD/F	Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler/dibenyo-furanlar
TKE	Toz kömür enjeksiyonu
PLC	Programlanabilir lojik kontrolör
PM ₁₀ , PM _{2.5}	Hava kalitesine dair 2008/50/EC Direktifindeki tanıma göre 10 veya 2,5 mikrometreden küçük partikül madde
POM	Polisiklik organik madde
KOK'lar	Kalıcı organik kirleticiler
PTFE	Politetrafloroetilen
Q-BOP	Oksijen tabanlı Maxhuette prosesi
RAC	Rejeneratif aktif karbon
RAFT	Hava oluğu adyabatik alev sıcaklığı
RDM	Ters yayılım modellemesi
RH	Ruhrstahl-Heraeus
DHF	Döner hazneli fırın
SCN	Tiyosiyanat
SCOPE 21	21. yüzyıla doğru verimlilik ve çevre iyileştirme için süper kok fırını
SCR	Seçici katalitik indirgeme
SI	Parçalanma indeksi
İİ	İzabe indirgeme
İİF	İzabe indirgeme fırını
AKM	Askıda katı maddeler
STP	Standart sıcaklık ve basınç
TEA	Trietanolamin
TEQ	Toksik eş değer miktar
TEF	Toksik eş değerlik faktörü
TBM	Thyssen üfleme metalürjisi prosesi
TOC	Toplam organik karbon
TÇG	Teknik çalışma grubu
UHP	Ultra yüksek güçte çalışma
ULCOS	Ultra Düşük CO ₂ ile Çelik Üretimi. Çelik üretiminden kaynaklanan CO ₂ emisyonlarını azaltmaya yönelik Avrupa Komisyonu araştırma programı finansmanı
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Uçucu organik bileşikler
VOD	Vakumlu oksijen dekarbürizasyonu
ss	Su sütunu
Wobbe Endeksi	Wobbe Endeksi (WI), doğal gaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve Hava Gazı gibi yakıt gazlarının birbiriyle değiştirilebilirliğinin bir göstergesidir ve gaz tedariki ve taşıma tesislerinin şartnamelerinde sıklıkla kullanılır. Eğer V_C üst ısıtma değeri veya ısı değeri ve G_S özgül ağırlıkla Wobbe Endeksi I_W şu şekilde tanımlanır: $I_W = V_C / (G_S)^{1/2}$
AAT	Atık su arıtma tesisi
WHO TEF'ler	Dünya Sağlık Örgütü toksik eş değerlik faktörleri Bu toksik eş değerlik faktörü (TEF) değeri, şu anda yalnızca PCDD ve PCDF değerlerini değil, aynı zamanda 'dioksin benzeri' PCB'yi de hesaba katan tek değerdir [219, Van den Berg ve diğ. 1998]

13 EKLER

13.1 Ek I. Atık sulara çevre açısından hassas bazı elementlerin belirlenmesi

[208, Lindfors ve diğ. 2006]

Açıklama

Atık su numunesi nitrik asitle korunur ve kalıntıları çözmek için bir mikrodalga fırında sindirilir. Çözelti, bir ultrasonik nebulizatörde önceden konsantre edilir ve elementlerin yayılan ışığının yoğunluklarının ölçüldüğü endüktif olarak eşleştirilmiş bir plazma optik emisyon spektroskopisine (ICP-OES) nebulize edilir. Dahili standart olarak Sc ve Te kullanılır. Referans çözeltilerin eklenmesiyle Milli-Q suyu içeren bir matris üzerinde kalibrasyon gerçekleştirilir. Aşağıdaki elementler eş zamanlı olarak belirlenir:

Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, P, Pb, V, Zn.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu prosedür, günümüzün mevzuat gerekliliklerinin altındaki seviyeleri belirleme imkanı sunar. Atık sulara çevre açısından hassas bazı elementler için saptama sınırları

Tablo 13.1: Atık sulara çevre açısından hassas bazı elementler için saptama sınırları

Parametre	Saptama sınırı (µg/l)
Al	2
Cd	0,03
Co	0,2
Cr	0,1
Cu	0,6
Fe	0,1
Mn	0,03
Mo	0,2
Ni	0,2
P	1,8
Pb	0,6
V	0,6
Zn	0,06

Bu teknik, standart ekipmanların kullanıldığı hızlı ve verimli bir teknik olarak kabul edilebilir. Artan seviyelerin gözlemlenmesinden düzeltici eylemlere kadar geçen süre nispeten kısadır.

Çapraz ortam etkileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

İşletim verileri

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Uygulanabilirlik

Farklı kaynaklardan gelen su izlenebilir (örneğin atık su, içme suyu).

Uygulamanın gerekçesi

Uygulamanın gerekçesi, ulusal mevzuata ve Avrupa mevzuatına uygunluğu sağlamaktır.

Ekonomik boyut

Hiçbir veri sunulmamıştır.

Referans tesis

Sandvik Materials Technology, Sandviken/İsveç

13.2 Ek II. Dioksin emisyonları

[209, EC 2005]

Dioksin oluşumunu etkileyen başlıca faktörler şunlardır:

- proses beslemesi (ham maddeler)
- metalürjik proses türü
- başta yanma kalitesi olmak üzere proses işletim koşulları
- başta bir kazanın veya diğer ısı eşanjörlerinin varlığı olmak üzere baca gazı soğutma koşulları
- çıkış gazı arıtma sistemlerinin türü
- bellek etkileri. Borular ve ısı eşanjörlerinde önemli tortular oluşabilir ve bu da zamanla emisyonları ve ayrıca dioksin oluşumunu artırabilir.

PCDD/F ve diğer KOK'lar

Her iki PCDD/F'ye de her zaman, yanmadan kalan çeşitli başka bileşikler eşlik eder (örneğin benzen, alkilbenzenler, naftalin, fenantren, antrasen, furan, benzofuran, dibenzofuran ve diğer birçok alifatik ve siklik bileşik). Bunların çok sayıda olması, analitik prosedürlerin karmaşıklığını artırır. [209, EC 2005]'te, bu bileşiklere yalnızca sınırlı bir ilgi gösterilmiştir, ancak bunların vekiller ve öncüller olarak potansiyel rolleri vurgulanmıştır. Dibenzo-p-dioksin (DD) yapısının iki fenol molekülünden kolayca sentezlendiği yeterince gösterilmiştir. Aynı şey klorlu türdeşleri için de geçerlidir. Benzer şekilde, poliklorlu dibenzofuran (DF) yapısı, PCB'nin hafif bir oksidasyonu ile kolayca oluşturulur. Bu nedenle, hem klorofenoller hem de PCB, PCDD/F oluşumu için potansiyel öncüllerdir. Bu bileşiklerin bazıları, kendi başlarına KOK'lar olarak önemlidir, örneğin:

- heksaklorobenzen
- PCB
- poliklorlu naftalinler.

PCDD/F emisyon yolları

PCDD/F veya aslında hemen hemen her türlü kirletici, havaya, suya ve toprağa salınan emisyonlar olarak ortaya çıkabilir veya ortadan kaldırılacak veya geri dönüştürülecek atık akışları olarak ortaya çıkabilir.

Metalürji endüstrisinden kaynaklanan PCDD/F emisyonları aşağıdakiler gibi farklı biçimlerde olabilir:

- yönlendirilen baca emisyonlarında meydana gelen çıkış gazları
- yaygın emisyonlar olarak meydana gelen çıkış gazları
- atık su ve çamur
- kalıntılar
- ticari ürünler.

İzleme

AB'de bulunan PCDD/F izleme modları Tablo 13.2'de verilmiştir.

Tablo 13.2: PCDD/F izleme modları

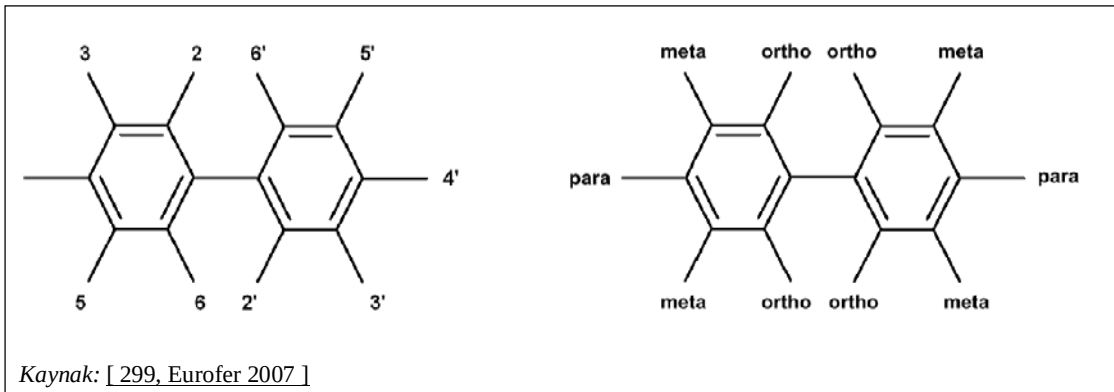
Tip	İzleme sıklıkları	Ölçüm süresi	Birim ler
Düzenli	Ayda 1		
Arada sırada (yalnızca sektördeki bazı tesislerde izleme)	Yılda 6 Yılda 3 Yılda 2 Yılda 1	1 gün 3 gün 1 hafta	TEQ değerleri I-TEQ değerleri (17 türdeş) 5 PCDD + 5 PCDF Parmak izi
Gönüllü (örneğin sektör mutabakatı)	3 – 6 yılda 1		
Kaynak: [209, EC 2005].			

Ölçüm yöntemleri

Bazı ölçüm yöntemi örnekleri [209, EC 2005] raporunda bulunabilir.

13.3 Ek III. WHO-12 PCB

Poliklorlu bifeniller (PCB), 209 türdeşten oluşan klorlu yarı uçucu organik bileşikler sınıfıdır. EUROFER veri talebindeki türdeşlerin numaralandırılması, Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimyagerler Birliği (IUPAC) tarafından kabul edilen sözleşmeye göre yapılır. Şekil 13.1, IUPAC numaralandırma sisteminin yanı sıra konumsal klorlu ikame terminolojisini göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 'dioksin benzeri' davranış sergileyen 12 PCB'lık bir grup tanımlanmış ve grubun üyelerine 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin'e göre toksik eş değerlik faktörleri (TEF'ler) atanmıştır. TEF'ler, bu "WHO-12 PCB"nin, proses emisyonlarında ve diğer çevresel numunelerde genel dioksin WHO-TEQ konsantrasyonunun bir parçası olarak dahil edilmesini sağlar. EUROFER tarafından toplanan verilerde, PCDD/F verileri daha yaygın olan I-TEQ biriminde istenmiştir; bu nedenle PCB verilerini içermez ve iki bileşik grubu arasında net bir ayrım yapılabilir ve geçmiş PCDD/F verileriyle karşılaştırmalar yapılabilir. WHO-TEQ kullanımının gelecekte artacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 13.1: IUPAC numaralandırma sistemi ve PCB'nin konumsal isimlendirmesi

WHO-12 PCB için TEF'lerin bir listesi Tablo 13.3'te verilmiştir.

Tablo 13.3: WHO-12 PCB türdeşleri için toksik eş değerlik faktörleri tablosu

IUPAC No.	Tip	Yapı	WHO-TEF
77	Orto olmayan	3,3',4,4' TeCB	0,0001
81		3,4,4',5TeCB	0,0001
126		3,3',4,4',5PeB	0,1
169		3,3',4,4',5,5'HxCB	0,01
105	Mono-orto	2,3,4,4',5 PeCB	0,0005
114		2,3,4,4',5PeCB	0,0005
118		2,3',4,4',5PeCB	0,0001
123		2',3,4,4',5PeCB	0,0001
156		2,3,3',4,4',5HxCB	0,0005
157		2,3,3',4,4',5'HxCB	0,0005
167		2,3',4,4',5,5'HpCB	0,00001
189		2,3,3',4,4',5,5'HpCB	0,0001
Kaynak: [299, Eurofer 2007]			

13.4 Ek IV. Sürekli izleme için kütle akış eşikleri örneği

[236, Almanya 2002]

1 ila 3 kg/s kütle akışına sahip tesisler, ilgili kaynaklarında, atık gaz arıtma tesisinin işleyişini ve belirlenmiş emisyon sınır değerlerini sürekli olarak izleyebilen ölçüm cihazları (nitel ölçüm cihazları) ile donatılır.

Partikül kütle akışları 3 kg/s'nin üzerinde olan tesisler, ilgili kaynaklarında sürekli olarak toz emisyon kütle konsantrasyonlarını belirleyen ölçüm cihazları ile donatılır.

Hava Teknik Talimatlarının (TA Luft) [236, Almanya 2002] Bölüm 5.2.2 veya 5.2.5 Sınıf I veya 5.2.7'si kapsamında toz emisyonlu maddelere sahip tesisler, ilgili kaynaklarında, emisyon kütle akışı, ilgili kütle akışlarının birinden beş kat daha fazla ise toplam partikül konsantrasyonlarını sürekli olarak belirleyen ölçüm cihazlarıyla donatılır.

Aşağıdaki kütle akışlarını aşan gaz halindeki maddeler yayan tesislerde, ilgili kaynaklar, ilgili maddelerin kütle konsantrasyonlarını sürekli olarak belirleyen ölçüm cihazları ile donatılır:

- kükürt dioksit: 30 kg/s
- azot dioksit olarak belirtilen azot monoksit ve azot dioksit: 30 kg/s
- yanma proseslerinin verimliliğini değerlendirmek için başlıca madde olarak karbonmonoksit: 5 kg/s
- karbonmonoksit, diğer tüm durumlar: 100 kg/s
- hidrojen florür olarak belirtilecek flor ve gaz halindeki inorganik flor bileşikleri: 0,3 kg/s
- hidrojen klorür olarak belirtilecek gaz halindeki inorganik klor bileşikleri: 1,5 kg/s
- klor: 0,3 kg/s
- hidrojen sülfid: 0,3 kg/s.

Kükürt dioksit kütle konsantrasyonları sürekli olarak ölçülüyorsa, kükürt trioksit kütle konsantrasyonları kalibrasyon sırasında belirlenmeli ve hesaplama dahil edilmelidir. Ölçümler, azot oksit emisyonlarındaki azot dioksit oranlarının yüzde 10'dan az olduğunu gösteriyorsa, azot dioksitin sürekli ölçümü bırakılır ve oranı hesaplanır.

Toplam karbon olarak belirtilecek organik madde kütle akışı olan tesisler, aşağıdakiler aşıyorsa:

- Bölüm 5.2.5 Sınıf I kapsamındaki maddeler: 1 kg/s
- Bölüm 5.2.5 kapsamındaki maddeler: 2,5 kg/s

ilgili kaynaklarında toplam karbonu sürekli olarak belirleyen ölçüm cihazları ile donatılır.

Hg olarak belirtilecek cıva ve bileşiklerinin kütle akışları 2,5 g/s'nin üzerinde olan tesisler, kütle konsantrasyonlarının Bölüm 5.2.2 Sınıf I'de belirtilenlerin yüzde 20'sinden az olduğu güvenilir bir şekilde kanıtlanmadığı sürece, ilgili kaynaklarında cıva kütle konsantrasyonlarını sürekli olarak belirleyen ölçüm cihazlarıyla donatılır.

Yetkili makam, Bölüm 5.2.2 Sınıf I ve II'de listelenen maddeleri veya Bölüm 5.2.7'de listelenen maddeleri yayan tesislerin, kütle akışının ilgili kütle akışlarından birini beş kattan fazla aşması durumunda ve uygun ölçüm aletleri mevcutsa, kütle konsantrasyonlarını belirlemek için sürekli ölçüm cihazlarıyla donatılmasını şart koşar.

13.5 Ek V. Demir ve çelik sektöründe çevresel verilerin derlenmesi için örnek şablon

Tablo 13.4: Demir-çelik sektöründe çevresel verilerin derlenmesi için örnek şablon

Şirket												
Birim/Yer												
Tesis türü												
Yapım tarihi									Son modernizasyon tarihi			
Kaynaklar/Enerji			Ürünler/Yan ürünler			Emisyon/Atıklar						
Ad	Birimler	Kullanım	Ad	Birimler	Miktar	Ad	Birimler	Miktar	Ad	Birimler	Miktar	
Ham maddeler			Ürünler			Emisyon			Toz			
Kömür/Antrasit			Kok			Toz (toplam)			Fe (toplam)	% a.ğ.		
Kok			Sinter			SO ₂			SiO ₂	% a.ğ.		
Demir cevheri			Sıcak metal			NO _x			CaO	% a.ğ.		
Peletler			Sıvı çelik			CO			Al ₂ O ₃	% a.ğ.		
Kireç			Külçeler			CO ₂			MgO	% a.ğ.		
Dolomit			Üretim artıkları			Benzen			P ₂ O ₅	% a.ğ.		
Sinter			Yan ürünler			Benzo(a)piren			MnO	% a.ğ.		
Pik demir			Benzen			Piridin			Cr ₂ O ₃	% a.ğ.		
Hurda			Katran			Toluen			Na ₂ O	% a.ğ.		
Sıvı çelik			Sodyum fenolat			Ksilen			K ₂ O	% a.ğ.		
Metalik yük			Amonyum sülfat			Katran			Zn	% a.ğ.		
Alaşımlar			Granül/havada soğutulan			F (HF)			Pb	% a.ğ.		
Metalik olmayan bileşikler			cüruf			Cl (HCl)			Cd	% a.ğ.		
Diğer			Demir sülfat			Fenol			Cu	% a.ğ.		
Enerji			Demir oksit			Metan			Ni	% a.ğ.		
Doğal gaz			Katı atıklar			HCN			V	% a.ğ.		
Elektrik			YF cürufu			H ₂ S			Co	% a.ğ.		
Su			BOF cürufu			Amonyum			As	% a.ğ.		
Teknolojik buhar			Enerjik kül ve cüruf			CS ₂			Hg	% a.ğ.		
Kok gazı			Demirli çamur			NaOH			Cl	% a.ğ.		
YF gazı			Refrakterler			H ₂ SO ₄			F	% a.ğ.		
Oksijen			Kükürt			PCDD/F			S	% a.ğ.		
Oksijen (sıvı)			Toz			Kanalize olmayan emisyon			C	% a.ğ.		
Argon									Baziklik	pH		
Azot									Nem	% a.ğ.		
Azot (şişelerde)												
Hidrojen												
Basınçlı hava												
YF üfleme havası												
Asetilen												
Diğer teknik gazlar												

Avrupa Komisyonu

EUR 25521 – Ortak Araştırma Merkezi – İleri Teknolojik Araştırmalar Enstitüsü Başlık: Demir-Çelik Üretimi için Mevcut En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi

Yazar(lar): Rainer Remus, Miguel A. Aguado-Monsonet., Serge Roudier, Luis Delgado Sancho Lüksemburg Avrupa Birliği

Yayınlar Ofisi

2013 – 621 sayfa – 21,0 x 29,7 cm

EUR – Bilimsel ve Teknik Araştırma serisi – ISSN 1831-9424 (çevrim içi), ISSN 1018-5593 (basılı),

ISBN 978-92-79-26475-7 (pdf)

ISBN 978-92-79-26476-4 (basılı) doi:10.2791/97469

Özet

‘Demir-Çelik Üretimi’ başlıklı MET Referans Belgesi, Direktifin 13 (1) Maddesinde öngörüldüğü üzere MET referans belgelerinin hazırlanması, gözden geçirilmesi ve gerekli olması durumunda güncellenmesi amacıyla; AB Üye Devletleri, ilgili endüstriler, çevrenin korunması için çalışan sivil toplum kuruluşları ve Komisyon arasında yapılan bilgi alışverişinin sonuçlarını ortaya koyan bir dizi belgeden oluşmaktadır. Bu belge, Direktifin 13(6) Maddesi uyarınca Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır. Demir-çelik üretim endüstrisine ilişkin bu MET-Ref, 2010/75/EU Direktifi Ek I’de belirtilen aşağıdaki hususları kapsar:

- Faaliyet 1.3: Kok üretimi
- Faaliyet 2.1: Maden cevheri (sülfür cevheri dahil) kavurma veya sinterleme
- Faaliyet 2.2: Saatte 2,5 tonu aşan kapasite ile sürekli döküm dahil olmak üzere pik demir veya çelik üretimi (birincil veya ikincil füzyon)

Belge ayrıca, bu faaliyetlerle doğrudan ilişkili olabilecek ve aynı tesiste gerçekleştirilen bazı faaliyetleri de kapsar. Demir-çelik üretiminde 2010/75/EU sayılı Direktifin uygulanmasında önemli hususlar havaya salınan emisyonların azaltılması, enerji ve ham maddelerin verimli kullanımı, proses kalıntılarının en aza indirilmesi, geri kazanılması ve geri dönüştürülmesi ve bunların yanı sıra, etkili çevre ve enerji yönetim sistemleridir.

MET-Ref belgesi 13 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölüm, demir-çelik sektörü hakkında genel bilgiler içerir. 2. Bölümde, sektörde kullanılan genel endüstriyel prosesler hakkında bilgi ve veriler sunulmaktadır. 3 ila 8. Bölümler arasında, demir-çelik prosesleri (sinter tesisleri, peletleme, kok fırınları, yüksek fırınlar, bazik oksijen fırınında çelik üretimi ve dökümü, elektrik ark fırınında çelik üretimi ve dökümü) hakkında bilgi verilmektedir. 9. Bölümde Direktifin 3(12) Maddesinde tanımlandığı gibi, Bölüm 2 - 8 arasında açıklanan sektörlere ilişkin MET sonuçları sunulmaktadır.

Komisyonun kurum içi bilimsel hizmetlerinden sorumlu Ortak Araştırma Merkezinin misyonu, AB politikalarına, politika döngüsünün tamamı boyunca bağımsız, kanıta dayalı bilimsel ve teknik destek sağlamaktır.

Politika Genel Müdürlükleri ile yakın işbirliği içinde çalışan Ortak Araştırma Merkezi; yeni standartlar, yöntemler ve araçlar geliştirerek ve bilgi birikimini Üye Devletler ve uluslararası toplulukla paylaşarak ve aktararak yeniliği teşvik ederken, başlıca toplumsal zorlukları da ele alır.

Temel politika alanları çevre ve iklim değişikliği, enerji ve ulaşım, tarım ve gıda güvenliği, sağlık ve tüketiciyi koruma, bilgi toplumu ve dijital gündem, nükleer dahil güvenlik ve emniyetten oluşur ve bunların tamamı, paralel ve çok disiplinli bir yaklaşımla desteklenir.



ISBN 978-92-79-26475-7

