

AVRUPA KOMİSYONU

Entegre Kirliliğin Önlenmesi ve Kontrolü
Demirhane ve Dökümhane Endüstrisinde Mevcut
En İyi Tekniklere Dair Referans Belge

Mayıs 2005

Bu belge, aşağıdaki EIPPCB çalışma planı dahilinde oluşturulması öngörülen bir dizi referans belgelerden (yazılma süresinde, tüm belgeleri hazırlanmıştır) biridir:

Tam Başlık	BREF Kodu
Yoğun Kanatlı Hayvan ve Domuz Yetiştirme için Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	ILF
İzleme Genel Esaslarına Dair Referans Belge	MON
Büyükbaş Hayvan ve Dana Derisinin Tabaklanmasına İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	TAN
Cam İmalat Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	GLS
Selüloz ve Kâğıt Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belgesi	PP
Demir ve Çelik Üretimine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	I&S
Çimento ve Kireç Üretim Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	CL
Endüstriyel Soğutma Sistemlerine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklerin Uygulanmasına Dair Referans Belge	CV
Klor-Alkali İmalat Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	CAK
Demir Metaller İşleme Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	FMP
Demir Dışı Metaller Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	NFM
Tekstil Sanayisi İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	TXT
Madeni Yağ ve Gaz Rafinerileri İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	REF
Büyük Hacimli Organik Kimya Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	LVOC
Kimya Sektöründe Atık Su ve Atık Gaz Arıtma / Yönetim Sistemlerine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	CWW
Gıda, İçecek ve Süt Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	FM
Demir ve Döküm Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	SF
Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlara İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	ESB
Ekonomi ve Çapraz - ortam Etkilerine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	ECM
Büyük Yakma Tesisleri İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	LCP
Mezbahalar ve Hayvan Yan Ürünleri Sanayisine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	SA
Madencilik Faaliyetlerinde Mill Atığı ve Atık Kayaç Yönetimine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	MTWR
Metalik Malzemelerin Yüzey İşlemlerine İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	STM
Atık Arıtma Sanayisi İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	WT
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasalların Üretimi (Amonyak, Asitler ve Gübreler) İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	LVIC-AAF
Atık Yakma İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	WI
Polimerlerin İmalatı İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	POL
Enerji Verimliliği Tekniklerine İlişkin Referans Belge	ENE
Organik İnce Tanecikli Kimyasalların İmalatı İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	OFC
Özel İnorganik Kimyasalların İmalatı için Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	SIC
Çözeltiler Kullanılarak Uygulanan Yüzey İşlemleri için Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	STS
Büyük Hacimli İnorganik Kimyasalların İmalatı (Katılar ve Diğerleri) İçin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	LVIC-S
Seramik İmalat Sanayisinde Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge	CER

ÖZET

Demir ve Döküme İlişkin BREF (Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge) 96/61/EC nolu Konsey Direktifi'nin 16 (2) Maddesi kapsamında yürütülen bir bilgi alışverişini yansıtır. İşbu özet, belgenin yapısını, hedeflerini, kullanımını ve yasal öğelerini açıklayan BREF Önsöz ile birlikte okunmak üzere tasarlanmıştır. Özet, ana bulgular, temel MET sonuçları ve ilgili emisyon / tüketim seviyelerini açıklamaktadır. Tek başına bir belge olarak okunabilir veya anlaşılabilir ancak tam BREF metninin tüm detaylarını/karmaşıklığını sunmaz. Bu nedenle MET karar verme işlemi için tam BREF metnine bir alternatif olarak uygun bir belge değildir.

İşbu BREF'in Kapsamı

Bu belge, IPPC Direktifi'nin Ek I, 2.3 (b), 2.4 ve 2.5 (b) kategorileri kapsamındaki faaliyetler üzerine bilgi alışverişini yansıtır

“2.3 Demirli metallerin işlenmesine yönelik tesisatlar:

(b) kalorifik gücü 20 MW aşan, çekiç başına 50 kilojoule aşan enerjiye sahip çekiç kullanılan demirhaneler

2.4. Günde 20 tondan fazla üretim kapasitesi olan demirli metal dökümhaneler

2.5. Tesisatlar

(b) kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan ya da diğer tüm metaller için günde 20 ton aşan bir eritme kapasitesine sahip geri kazanılan ürünler de (rafinaj, döküm kalıplama, vb) dahil olmak üzere demir-dışı metallerin alaşımlama işlemini de kapsayan eritme işlemi.”

Yukarıdaki açıklamaları Avrupa'da mevcut tesislerin gerçek kapasiteleri ile karşılaştırdıktan sonra, TWG, aşağıdaki hususları içeren bir çalışma kapsamı oluşturmuştur:

- Demirli malzemelerin dökümü, örn. lameller dökme demir, temper ve nodüler demir, çelik
- Demir-dışı malzemelerin dökümü, örn. alüminyum, magnezyum, bakır, çinko, kurşun ve alaşımları.

(b) Ek I 2.3 'de belirtilen şartlar yerine getiren herhangi bir Avrupa demirhanesinin rapor edilmemesi sebebiyle demirhaneler bu belgenin kapsamı dışında tutulmuştur. Bu belgede, bu nedenle sadece döküm süreçlerini anlatılır. Kadmiyum, titanyum ve değerli metaller dökümhanelerinin yanı sıra çan döküm ve sanat dökümhaneleri kapasite gerekçesiyle bu kapsamın dışında kalmıştır. Sürekli döküm (plaka ve levha haline) halihazırda; demir ve çelik üretim ve demir dışı metal sanayi ile ilgili BREF belgeleri kapsamındadır ve bu nedenle işbu belgede yer almamaktadır. Bu belgede demir dışı metallerin kapsanmasında, prosesin; külçelerin ve iç hurdanın ya da sıvı metalin eritilmesi ile başladığı kabul edilir.

Proses baz alındığında, bu belgede aşağıdaki döküm prosesi adımları ele alınmaktadır:

- Kalıp yapımı
- Hammadde depolama ve işleme
- Erime ve metal işleme
- Kalıp ve maça üretimi ve kalıplama teknikleri
- Döküm veya dökme ve soğutma
- Kalıp bozma
- Bitirme
- Isıl işlem.

Döküm Sanayi

Dökümhaneler, demir ve demir dışı metalleri ve alaşımları eritir ve erimiş metalin veya alaşımın bir kalıba dökülmesi ve katılaştırılması yoluyla bunları nihai şekillerine veya buna yakın ürünlere dönüştürür. Döküm sanayi, farklılaşmış ve çeşitlilik arz eden bir endüstridir. Bu dökümhaneler, ürün girişine uyacak şekilde seçilen teknoloji ve ünite operasyonlarının bir kombinasyonuna sahip, seri boyutu ve ürün türlerine göre özel tesisatlar ile üretilen küçükten çok büyük tesislere kadar çok çeşitli tesislerden oluşmaktadır. Sektördeki organizasyon metal girdisinin türüne dayanmakta olup, ana ayrım demir ve demir dışı dökümhaneler arasında yapılmaktadır. Genel olarak dökümlerin yarı mamul ürünler olmasından dolayı, dökümhaneler müşterilerine yakın bir mesafede konumlandırılır.

Avrupa döküm endüstrisi, demir dökümde dünyanın en büyük üçüncü, demir dışı dökümde ise en büyük ikinci döküm endüstrisidir. Genişleyen Avrupa Birliği'nde döküm ürünleri yıllık üretimini, 11,7 milyon ton demir döküm ürünü ve 2,8 milyon ton demir dışı döküm ürünü kapsamaktadır. Almanya, Fransa ve İtalya, her biri için iki milyon tonun üzerinde yıllık toplam döküm üretimi ile Avrupa'nın en büyük üç üretici ülkesidir. İspanya son yıllarda, bir milyon tonun üzerinde bir döküm üretimi gerçekleştirerek dördüncü sırayı İngiltere'den devralmıştır. İlk beş ülkenin toplam üretimi Avrupa üretiminin % 80'inden fazlasını karşılamaktadır. Üretim hacmi son birkaç yılda nispeten sabit kalmış olsa da, toplam dökümhane sayısında (şu anda yaklaşık 3000 adet) bir düşüş yaşanmış ve bu durum istihdam rakamlarına da (şu anda yaklaşık 260000 kişi) yansımıştır. Bu durum, döküm ünitelerindeki sürekli yükseltme ve otomasyon ile açıklanabilir. Bununla birlikte, döküm sektörü, % 80'nini 250 kişiden az istihdama sahip şirketlerin oluşturduğu ağırlıklı olarak bir KOBİ sektörüdür.

Döküm endüstrisi tarafından hizmeti sağlanan ana piyasalar, otomotiv (% 50'lik pazar payı), genel mühendislik (% 30) ve inşaat (% 10) sektörleridir. Otomotiv sektöründe artan bir değişim endüstrisinin daha hafif araçlara yönelmesi, alüminyum ve magnezyum döküm ürünleri piyasasında büyümeye de yansımıştır. Demir döküm ürünleri çoğunlukla (yani >% 60) otomotiv sektörüne verilirken, çelik döküm ürünleri; inşaat, makine ve vana yapım sanayilerinde pazar bulmaktadır.

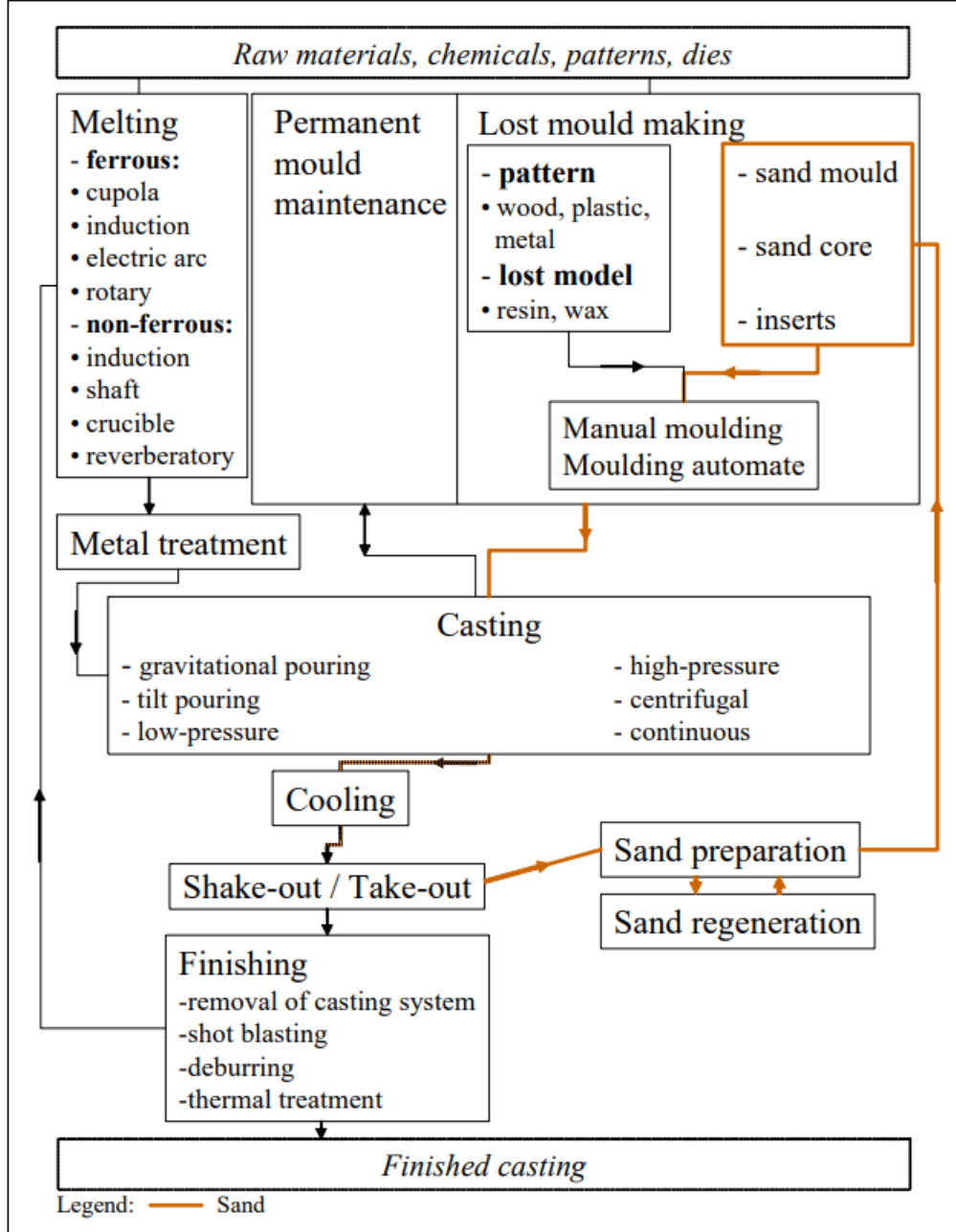
Döküm Prosesi

Döküm prosesinin genel bir akış şeması aşağıdaki şekilde sunulmuştur. Bu proses şu ana faaliyetlere ayrılabilir:

- Eritme ve metal işleme: eritme atölyesi
- Kalıpların ve maçaların hazırlanması: kalıp atölyesi
- Erimiş metalin kalıba dökülmesi, katılaştırmaya yönelik soğutma, dökümü kalıp içerisinde çıkarma: döküm atölyesi
- Ham döküm kaplama: kaplama atölyesi.

Metalin türü, serilerin boyutu ve ürün tipine bağlı olarak, çeşitli proses seçenekleri uygulanabilir. Genel olarak, sektör içindeki temel ayrım metalin türüne (demir veya demir dışı) ve kullanılan kalıplamanın (eriyebilir kalıplar veya kalıcı kalıplar) türüne dayanır. Herhangi bir kombinasyon mümkün olsa da, genellikle demir dökümhaneler büyük ölçüde eriyen kalıpları (örn. kum kalıplama) ve demir dışı dökümhaneler esas olarak kalıcı kalıpları (örn. pres döküm) kullanmaktadır. Bu temel proses seçeneklerinin her birinde, kullanılan fırın tipi, uygulanan kalıplama ve maça yapım sistemi (yaş kum veya çeşitli kimyasal bağlayıcı) ve uygulanan döküm sistemi ve kaplama tekniklerine göre çeşitli teknikler bulunmaktadır. Bunların her biri kendilerine ait teknik, ekonomik ve çevresel özellikler, avantajları ve dezavantajlara sahiptir.

Bu belgenin 2., 3. ve 4. Bölümlerinde, kalıp yapımından kaplama ve ısıl işleme kadar çeşitli işlemleri açıklamaya yönelik bir proses akış yaklaşımı izlenmektedir. Bu bölümlerde, uygulanan teknikler açıklanmakta, emisyon ve tüketim seviyeleri sunulmakta ve çevresel etkileri en aza indirmeye yönelik teknikler tartışılmaktadır. 5. Bölüm'ün yapısı, metalin türü ile kalıplama türü arasındaki ayrıma dayanmaktadır.



Döküm Prosesi

Temel Çevresel Hususlar

Döküm sanayisi metallerin geri dönüşümünde önemli bir ögedir. Çelik, dökme demir ve alüminyum hurdalar yeniden eritilerek yeni ürünlere dönüştürülür. Dökümhanelerin muhtemel olumsuz çevresel etkilerinin çoğu termal bir prosesin varlığı ve mineral katkı maddelerinin kullanımı ile ilgili ilgilidir. Çevresel etkiler bu nedenle ağırlıklı olarak egzoz ve çıkış gazı ve maden artıklarının yeniden kullanımı veya bertarafı ile bağlantılıdır.

Havaya salınan emisyonlar, çevresel açıdan temel endişe kaynağıdır. Döküm prosesi, (metal-yüklü) mineral

Demirhaneler ve Dökümhaneler Endüstrisi

tozlar, asidik bileşikler, eksik yanma ürünleri ve uçucu organik karbonlar üretir. Toz, tüm proses adımlarında farklı tür ve bileşimlerde üretildiği için önemli bir sorundur. Toz emisyonları; metal eritme, kum kalıplama, döküm ve kaplama işlemlerinden kaynaklanır. Üretilen her türlü toz, metal ve metal oksitler içerebilir.

Kokun yakıt olarak kullanılması veya maden eritme potalarının ve fırınların gaz ya da sıvı yakıtlı brülörlerle ısıtılması, NO_x ve SO₂ gibi yanma ürünlerinin emisyonuna neden olabilir. Ayrıca, kok kullanımı ve hurdada yabancı maddelerin (örneğin, yağ, boya, ...) varlığı, eksik yanma veya rekombinasyon ürünlerinin (PCDD / F gibi) ve toz bazlı bazı ürünlerin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Kalıp ve maça yapımında kumun bağlanmasını sağlamak için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Kumun bağlanması ve metalin dökülmesi sırasında reaksiyon ve bozunma ürünleri ortaya çıkar. Bunlar inorganik ve organik (örneğin, aminler, VOC'ler) bileşikler içerir. Bozunma ürünlerinin (özellikle VOC'ler) oluşumu, döküm soğutma ve kalıptan çıkarma işlemleri sırasında da devam eder. Bu ürünler aynı zamanda koku kaynaklı rahatsızlığa da neden olabilir. Döküm prosesinde, havaya emisyonları, genellikle bir (veya birkaç) sabit nokta(lar) ile sınırlı olmayacaktır. Bu proses, çeşitli emisyon kaynaklarını (örneğin sıcak döküm ürünleri, kum, sıcak metal) kapsar. Emisyon azaltımında egzoz ve dış gaz akışının artırılmasının yanı sıra bu akışı yakalamak da önem arz etmektedir.

Kum kalıplama, genellikle 1:1 ile 20:1 arasında değişen kum-sıvı metal ağırlık oranlarına sahip büyük hacimlerde kumun kullanımını gerektirir. Kullanılan kum rejenere edilebilir, yeniden kullanılabilir ya da bertaraf edilebilir. Eritme aşamasında eriyikten safsızlıkların giderilmesi sırasında, maden cürufu ve posası gibi ek mineral kalıntılar ortaya çıkar. Bunlar da yeniden kullanılabilir ya da bertaraf edilebilir.

Dökümhanelerin ısıl işleme tabi olmasından dolayı, enerji verimliliği ve üretilen enerjinin yönetimi ısı önemli çevresel unsurlardır. Ancak, ısı taşıyıcının (örn. metal) yüksek miktarlarda sevkiyatı ve işlenmesi ve yavaş soğuması nedeniyle, ısı geri kazanımı her zaman kolay değildir.

Dökümhaneler örneğin soğutma ve söndürme işlemleri için yüksek su tüketimi özelliğine sahip olabilirler. Dökümhanelerin çoğu su yönetimi, su buharlaştırmanın önemli bir parçası olan, suyun bir iç sirkülasyonunu içerir. Su genellikle elektrik fırınların (indüksiyon veya ark) veya kupol ocağı fırınların soğutma sistemlerinde kullanılır. Genel olarak, nihai atık su hacmi çok azdır. Bununla birlikte, ıslak tozsuzlaştırma teknikleri kullanıldığında, oluşan atık su özel dikkat gerektirir. (Yüksek) basınçlı kalıp döküm işleminde, bertaraf edilmeden önce organik (fenol, yağ) bileşiklerin giderilmesi için artırılması gereken bir atık su akışı oluşur.

Tüketim ve Emisyon Seviyeleri

Döküm prosesinin girdileri ve çıktılarına genel bir bakış, aşağıdaki şekilde sunulmuştur. Resmin merkezinde belirtilen 'Döküm' adımı, aynı zamanda gerekli tüm kalıplama işlemlerini de kapsamaktadır. Ana giriş akımları; metal, enerji, bağlayıcılar ve sudur. Temel emisyonlar; toz, aminler ve VOC'ler ile belirli bir fırın tipleri için ise SO₂, dioksinler ve NO_x'dir.

Erime aşamasın enerji girdisinin %40 – 60'ını kullanır. Enerji kullanımı, belirli bir metal türü için kullanılan fırın tipine bağlıdır. Eritme enerji girişi, demir metaller için 500 ile 1200 kWh/t metal şarjı ve alüminyum için 400 ile 1200 kWh/t metal şarjı arasında değişmektedir.

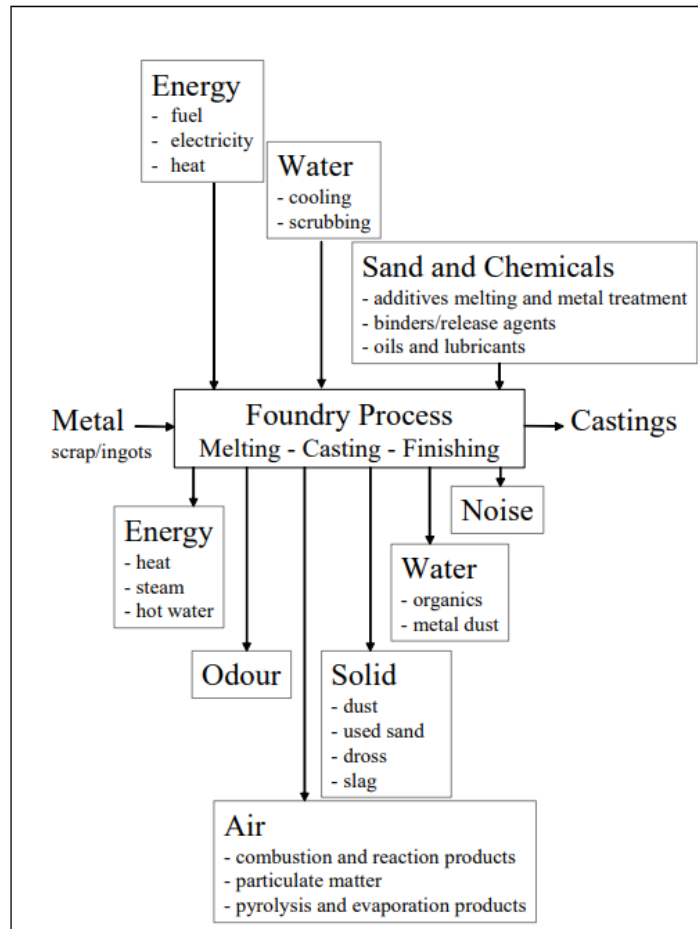
Özellikle büyüklüğü ve şekli ile bağlantılı olmasının yanı sıra seri veya toplu yöntem üretiminin kullanılıp kullanılmadığı ile ilgili olarak kullanılan bağlayıcılar, kimyasallar ve kumun miktarları ve türleri yapılan döküm işlemi türüne önemli oranda bağlıdır.

Su tüketimi büyük ölçüde kullanılan fırın tipine, uygulanan baca gazı temizleme türü ve döküm yöntemine bağlıdır.

Toz, farklı seviyelerde mineral oksit, metal ve metal oksitleri beraberinde getirmesinin yanı sıra proses adımlarının tümünde oluşur. Metal eritme işlemi için toz seviyeleri, belli demir-dışı metaller için tespit sınırının altında olup bazı demir dışı metaller, dökme demirin kupol ocağında eritilmesi için 10 kg / ton üzerindedir. Kayıp mum tekniği ile gerçekleştirilen dökümde kullanılan yüksek miktardaki kum, çeşitli kalıplama aşamaları sırasında toz emisyonuna neden olmaktadır.

Aminler, en yaygın olarak kullanılan maça yapımı sisteminde bir katalizör olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım, maça çıkarma makinelerinden güdümlü emisyonların ve maça işleme makinelerinden dağınık emisyonların oluşmasına sebep olmaktadır.

Uçucu organik bileşik emisyonları (başta solventler, BTEX ve daha az bir ölçüde fenol, formaldehit, vb.) örneğin reçineler, organik çözücülerin veya organik bazlı kaplama, kalıp ve maça yapımı kullanımı sonucu oluşmaktadır. Organik bileşikler metal dökme işlemi sırasında termal olarak ayrıştırılır ve çalkalama soğutma sırasında daha fazla yayılır. Bu belgede 0,1 - 1.5 kg / ton döküm arasındaki emisyon seviyeleri sunulmaktadır.



Döküm Prosesine Kütle Akışı Açısından Genel Bakış

MET'in Belirlenmesinde Dikkate Alınacak Teknikler

Emisyonların en aza indirilmesi, verimli hammadde ve enerji kullanımı, optimum proses kimyasal kullanımı, atık geri kazanım ve dönüşüm ve zararlı maddelerin ikamesi hususlarının tümü IPPC Direktifi'nin önemli ilkelerdir. Hammadde ve enerjinin verimli kullanımı ve her türlü geri dönüşüm ve yeniden kullanım seçenekleri ile birlikte atık azaltma hususları dökümhanelerin hava emisyonları için odak noktalarıdır.

Yukarıda bahsedilen çevre sorunları, çeşitli prosese entegre ve boru-sonu tekniklerin kullanılması ile ele alınmaktadır. Kirliliğin önlenmesi ve kontrolü için, büyük ölçüde proses akışına dayalı olan aşağıdaki 12 tematik başlıklar kapsamında düzenlenen 100'ü aşkın teknik bu belge sunulmuştur:

1. *Hammadde depolama ve işleme:* Malzeme depolama ve işleme teknikleri, toprak ve su kirliliğinin önlenmesini ve metal hurdanın geri dönüşümünün optimize edilmesini amaçlamaktadır.
2. *Metal eritme ve eriyik metalin işlem görmesi:* Her fırın türü için, fırın verimliliğinin optimizasyonu ve herhangi bir kalıntı üretiminin en aza indirilmesi için farklı teknikler düşünülebilir. Bunlar esas olarak proses- içi önlemleri içerir. Fırın tipinin seçiminde çevresel konular da aynı zamanda dikkate alınabilir. Yakın zamana kadar kullanılan ürünlerin (HCE ve SF₆) yüksek kirlilik potansiyeli nedeniyle, alüminyum eriyiğinin temizlenmesine ve magnezyumun eritilmesine özel olarak önem verilmektedir.
3. *Kum hazırlama dahil olmak üzere kalıp ve maça yapımı:* En iyi uygulama önlemleri ve tüketimi en aza indirmeye yönelik teknikler, her bir bağlayıcı sistem tipi için ve kalıp döküm ayırıcı ajanları için uygulanabilir. Kayıp mum tekniğinden kaynaklanan VOC'lerin ve koku emisyonlarının azaltılması için su bazlı kaplamalar ve inorganik solventler kullanılabilir. Su bazlı kaplamalar yaygın olarak kullanılırken, inorganik solventlerin maça yapımında uygulanabilirliği hala sınırlıdır. Bir diğer yaklaşım ise farklı kalıplama yöntemlerinin kullanılmasıdır. Ancak, bu teknikler sadece belirli uygulama alanlarında kullanılmaktadır.
4. *Metal döküm:* Döküm sürecinin verimliliğini artırmak için, metal verimini (örn. eriyik metalin kaplama döküm üzerinden kütle oranını) artırmayı amaçlayan önlemler alınabilir.
5. *Duman, baca gazı ve egzoz havası yakalama ve arıtma:* Tüm farklı döküm süreçlerinde hava emisyonları ile başa çıkmak, yeterli bir yakalama ve arıtma sisteminin uygulanmasını gerektirir. Ünite işlemleri doğrultusunda, yayılan bileşiklerin türüne, atık gazı hacmine ve yakalama kolaylığına bağlı olarak çeşitli teknikler kabul edilebilir. Atık gazı yakalamak için uygulanan teknikler, kaçak emisyonların azaltılmasında önemli bir rol oynar. Ayrıca, kaçak emisyonlar için iyi uygulama önlemleri de dikkate alınabilir.
6. *Atık su önleme ve arıtma:* Birçok durumda, proses içi önlemler alınarak atık su önlenabilir veya en aza indirilebilir. Önlenemeyen atık su, proses içindeki kendi kaynağına bağlı olarak mineral veya metal tozu, aminler, sülfatlar, yağ veya madeni yağ içerebilir. Uygulanabilir arıtma teknikleri bu bileşiklerin her biri için farklılık göstermektedir.
7. *Enerji verimliliği:* Metal eritme, bir dökümhanenin enerji girdisinin %40 – 60'ını tüketir. Bu nedenle enerji verimliliği tedbirlerinde hem eritme hem de diğer prosesleri (örneğin hava sıkıştırma, tesis çalıştırma, hidrolik) dikkate alınmalıdır. Fırın ve çıkış gazı soğutma ihtiyacı, ısının dahili veya harici kullanımına izin verebilecek bir sıcak su veya sıcak hava akımı oluşturur.
8. *Kum: rejenerasyon, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve bertaraf:* Dökümhanelerde inert birincil malzeme olarak kumu yoğun bir şekilde kullandığından, kumun rejenerasyonu veya yeniden kullanımı, çevresel performansın bir parçası olarak dikkate alınması gereken önemli bir noktadır. Bağlayıcı türüne ve kum akışı bileşimine bağlı olarak seçilen kumun rejenerasyonu için (yani arıtma ve kalıplama kumu olarak yeniden kullanım) çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Kum rejenere edilmezse, bertaraf ihtiyacını önlemek için harici yeniden kullanımı düşünülebilir. Çeşitli alanlardaki uygulanmaları kanıtlanmıştır.
- 9 - *Toz ve katı kalıntılar: arıtma ve yeniden kullanım:* Toz kalıntılarının en aza indirilmesi için proses içi teknikler ve operasyonel önlemler düşünülebilir. Toplanan tozların, cürufaların ve diğer katı artıkların dahili

veya harici bir şekilde yeniden kullanımı sağlanabilir.

10. Gürültü azaltma: Çeşitli dökümhane faaliyetleri, noktasal gürültü kaynaklarıdır. Yerleşim yerlerine yakın dökümhaneler için bu durum sıkıntı yaratabilir. Bu nedenle hem genel hem de kaynak- özelinde önlemleri kapsayan bir gürültü azaltma planının oluşturulması ve uygulanması hususları ele alınabilir.

11. *Devre dışı bırakma*: IPPC Direktifi, tesisin devre dışı bırakılması sırasında olası kirliliğin göz önünde bulundurulmasınadikkat edilmesini talep eder. Dökümhaneler, bu aşamada toprak kirliliği için özel bir risk oluşturmaktadır. İşletmeden çıkarma aşamasında kirliliği önlemek için kabul edilebilen ve dökümhaneler dışında çok daha yaygın olarak uygulanan bir dizi genel önlem vardır.

12. *Çevresel yönetim araçları*: Çevresel yönetim sistemleri, genel olarak endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesine yardımcı olmak için yararlı bir araçtır. Bu nedenle bu araçların sunumu, her bir BREF belgesinin standart bir parçasıdır.

Dökümhaneler İçin MET

MET bölümü (Bölüm 5); Bölüm 4'te sunulan bilgilere dayalı olarak, Madde 2 (11)'deki "mevcut en iyi teknikler" teriminin tanımını ve Direktif kapsamındaki Ek IV'de listelenen hususları dikkate alarak TWG'nin döküm sanayisi için genel anlamda MET olarak kabul edildiği teknikleri açıklamaktadır. MET bölümü, emisyon sınır değerlerini belirlemez veya önermez ancak MET kullanımı ile ilgili emisyon seviyelerini önermektedir.

TWG ile bilgi alışverişi sırasında, birçok konu öne sürülmüş ve tartışılmıştır. Bu konulardan bazıları işbu özetle ele alınmıştır. Aşağıdaki paragraflar, ilgili çevresel konuların çoğuna ilişkin temel MET sonuçları özetler niteliktedir.

MET öğelerinin, dökümhane türüne göre ayarlanması gereklidir. Bir dökümhane temel olarak her ikisinin de kendi tedarik zincirlerini barındıran bir ergitme atölyesi ve bir döküm atölyesinden oluşmaktadır. Bu tedarik zinciri, kayıp mum tekniğinde döküm için kalıplama ve maça yapımı ile ilgili tüm faaliyetleri kapsamaktadır. MET bölümünde, demir içeren ya da içermeyen metallerin eritilmesi ve eriyen ya da kalıcı kalıplara dökümü arasında bir ayrım yapılmaktadır.. Her dökümhane, belli bir eritme işleminin ilgili bir kalıplama sınıfı ile kombinasyonu olarak sınıflandırılabilir. Her bir sınıf için MET sunulmuştur. Tüm dökümhaneler için ortak olan genel MET de ayrıca sunulmuştur.

Genel MET

Bazı MET öğeleri geneldir ve faydalandıkları prosesler ve ürettikleri ürünlerin türü gözetilmeksizin tüm dökümhaneler için geçerlidir. Bunlar malzeme akışları, döküm ürünlerinin işlenmesi, gürültü, atık su, çevre yönetimi ve hizmetten çıkarma hususları ile bağlantılıdır.

MET; kirliliğini önlemek, bozulmayı önlemek, yeterli girdi kalitesinin sağlamak, geri dönüşüm ve yeniden kullanıma imkân sağlamak ve proses verimliliğini ilerletmek için iç akışlarının yönetimi ve kontrolünü optimize etmek içindir. BREF; Depolama BREF'i kapsamındaki depolama ve taşıma tekniklerini ele almaktadır ancak bunun yanı sıra, (her ne kadar bir çatı kullanımı bu tür bir sistemi kullanma ihtiyacını azaltsa da) hurdanın drenaj ve toplama sistemi ile su geçirmez bir yüzey üzerine depolanması, kabul edilen malzemeler ve kalıntıların ayrı depolanması, geri dönüştürülebilir konteynerlerin kullanımı, metal verimin optimize edilmesi ve eriyik metal transferi ve pota taşımaya yönelik iyi uygulama tedbirleri gibi depolama ve taşıma işlemlerine ilişkin bazı dökümhaneye özgü MET'leri de ekler.

MET toz üreten kaplama teknikleri ve ısıtma işlem teknikleri için sunulmaktadır. Zımparalı kesme, bilyeli kumlama ve döküm temizleme için MET, sulu ya da kuru bir sistem kullanarak kaplama çıkış gazını toplamak ve arıtmaya yöneliktir. Isıtma işlem için MET, temiz yakıtların (örn. doğal gaz veya düşük seviyeli kükürt içerikli yakıt), otomatik fırın işletimi ve brülör /ısıtıcı kontrolünü kullanmaya ve aynı zamanda ısıtma işlem fırınlarından çıkan egzoz gazını yakalama ve tahliye etmeye yöneliktir.

Gürültü azaltma ile ilgili olarak MET, genel ve kaynak-özelinde önlemler içeren gürültü azaltma stratejisi geliştirmek ve uygulamaya yöneliktir; örneğin silkeleme gibi yüksek gürültülü ünite işlemleri için muhafaza sistemlerinin ve yerel koşullara bağlı olarak ve bu koşullar doğrultusunda ek önlemler uygulanabilmektedir.

Atık su yönetimi için MET, atık su türlerinin önlenmesi, ayrılması, dahili geri dönüşümün en üst düzeye çıkarılması ve her bir nihai akış için yeterli ve uygun bir arıtma işleminin uygulanmasını içermektedir. Bu, örneğin yağ tutucular, filtreleme veya çökeltme gibi teknikleri içerir.

Kaçak emisyonlar, kapsam dışı kaynaklardan (transferler, depolama, dökülmeler) ve tahliye kaynaklarından dolayı ortaya çıkar. MET, malzemenin taşınması ve nakliyesi ile ilgili tedbirlerin bir kombinasyonunu uygulamaya ve bir veya daha fazla yakalama teknikleri ile egzoz gazı yakalama ve temizliğini optimize etmeye yöneliktir. Kaynağa en yakın gazın toplanması tercih edilir.

MET, özel durumlara uygun olacak şekilde, örneğin üst yönetimin taahhüdü, planlama, prosedürlerin oluşturulması ve uygulanması, düzeltici eylemler ve değerlendirmeler ile birlikte performans kontrolü ile ilgili özellikleri bir araya getiren bir Çevresel Yönetim Sistemi'ni (ÇYS) uygulamaya ve bütünleştirmeye yöneliktir.

MET, devre dışı bırakma işlemi üzerine kirliliğini önlemek için gerekli tüm önlemleri uygulamaya yöneliktir. Bu önlemler; tasarım aşamasında risklerin en aza indirilmesi, mevcut tesisler için bir iyileştirme programının uygulanmasını ve yeni/mevcut tesisler için bir alan kapatma planının geliştirilmesi ve kullanımını içermektedir. Bu önlemlerde, en azından aşağıdaki proses bölümleri ele alınır: tanklar, kazanlar, boru tesisatı, yalıtım, lagünler ve depolama alanları.

Demirli metal eritme

Kupol fırınlarının işletilmesi için, MET; bölünmüş patlama işletimi, oksijen zenginleştirme, sürekli ya da uzun operasyon süreli işletimi, iyi eritme uygulama önlemleri ve kok kalite kontrolü gibi verimlilikte artış sağlayabilen teknikleri kapsamaktadır. MET; atık gazları toplama, soğutma ve tozsuzlaştırmaya ve belirli koşullar altında yanma sonrası işleri ve ısı geri kazanımını uygulamaya yöneliktir. Çeşitli toz sistemleri MET dahilindedir ancak sulu tozsuzlaştırma işlemi, basit bir cüruf ile eritme işleminde ve bazı durumlarda dioksin ve furan emisyonlarını önlemeye ve en aza indirmeye yönelik önlemler biri olarak tercih edilir. Sanayi, sadece diğer sektörlerde kanıtlanmış olan dioksin ve furan azaltılması için ikincil önlemlerin uygulanmasına ilişkin endişesini ifade etmiş ve özellikle küçük dökümhaneler için uygulanabilirliğini sorgulamıştır. Kupol ocakları için, kalıntı yönetimi için MET; kok tozunun yeniden dış kullanımını, toplanmasını ve geri dönüşümünün sağlanması adına cüruf oluşumunu en aza indirmeyi ve cürufların ön işleme tabi tutmayı kapsamaktadır.

Elektrik ark ocağının işletilmesi için, MET, ergitme ve arıtma süresini kısaltmak adına güvenilir ve etkin bir süreç uygulamayı, köpüklü cüruf uygulamaları kullanılmasını, fırın kaynaklı atık gazları verimli bir şekilde yakalamayı, fırın çıkış gazlarını soğutmayı ve bir torba filtre kullanarak tozsuzlaştırma işlemlerini kapsamaktadır. MET, EAF fırınına filtre tozu geri dönüştürmeye yöneliktir.

İndüksiyon ocağının işletilmesi için, MET, temiz hurdanın eritilmesi; şarj ve işletme için iyi uygulama önlemlerinin kullanılması, yeni bir fırın kurulurken herhangi bir şebeke frekansını orta frekans gücü ile değiştirme; atık ısı geri kazanım olasılığını değerlendirme ve belirli koşullar altında bir ısı geri kazanım sistemi uygulama hususlarını kapsar. İndüksiyon ocağından çıkan egzozun yakalanması ve arıtılması için, MET, tam çalışma döngüsü sırasında fırın çıkış gazını yakalamak ve çıkış gazı toplama işlemini en üst düzeye çıkarmak için her indüksiyon ocağı üzerinde bir davlumbaz, lip ayırma veya kapak çıkarma işlemlerini uygulama, kuru baca gaz temizliğini uygulama ve toz emisyonları 0,2 kg / ton eriyik demir oranının altında tutmaya yöneliktir.

Döner fırınların işletilmesi için, MET, fırın verimini optimize etmek ve bir oksijen yakıcı kullanmak için önlemlerin bir kombinasyonunu uygulamaya yöneliktir. MET, atık gazı fırın çıkışına yakın toplamaya ve bu gazları bir ısı eşanjörü yardımıyla soğutmaya ve daha sonra kuru tozsuzlaştırma işlemini uygulamaya yöneliktir. Dioksin ve furan emisyonlarını önlenmesi ve en aza indirilmesi için, MET, belirli önlemleri bir arada kullanmaya yöneliktir. Kupol fırınlarının durumuna benzer bir şekilde, endüstride sadece diğer sektörlerde kanıtlanmış olan dioksin ve bir azaltma için ikincil önlemlerin uygulanması hususunda kaygılarını ifade etmiştir ve özellikle de bunların küçük dökümhaneler için uygulanabilirliklerini sorgulamıştır.

Uygulanan gerçek metal arıtma işlemi yapılan ürün tipine bağlıdır. MET bir çatı gölgelik kullanarak AOD dönüştürücüler egzoz gazı toplamaya ve bir torba filtre kullanarak, nodülerizasyondan çıkan atık gazı toplamaya ve arıtmaya yöneliktir. MET, MgO-tozunu geri dönüşüm için kullanılabilir hale getirme adına da kullanılır.

Demirdışı metal eritme

Alüminyum, bakır, kurşun ve çinkonun eritilmesi amacıyla indüksiyon ocağı işletilmesi için MET, şarj ve işletme için iyi uygulama önlemlerinin kullanılması, yeni bir fırın kurulurken herhangi bir şebeke frekansını orta frekans gücü ile değiştirme; atık ısı iyileştirme olasılığını değerlendirme ve belirli koşullar altında bir ısı geri kazanım sistemi uygulama hususlarını kapsar. Bu fırınlardan çıkan egzoz gazı için MET, emisyonların en aza indirilmesine; gerekli görülür ise atık gazların toplanmasına; tam çalışma döngüsü sırasında atık gazı toplama işlemini en üst düzeye çıkarmaya ve kuru baca gaz temizliğini uygulamaya yöneliktir.

Diğer fırın tipleri için MET, özellikle fırın çıkış gazının etkin bir şekilde toplanmasına ve / veya kaçak emisyonların azaltılmasına odaklıdır.

Demir dışı metal arıtma işlemi için MET, gaz alma ve alüminyum temizleme için bir çark istasyonu kullanmaya yöneliktir. MET, 500 ton ve daha fazla bir yıllık çıktıya sahip tesislerde magnezyum eritmek için bir kaplama gaz olarak SO₂ kullanmaya yöneliktir. Küçük tesisler için (<500 ton Mg parçaları çıktı/yıl) MET SO₂ kullanmaya veya SF₆ kullanımını en aza indirmeye yöneliktir. SF₆ kullanıldığı durumda MET ilişkili tüketim seviyesi, kum döküm işlemi için <0.9 kg/ton ve pres kalıp döküm için <1.5 kg/ton dökümdür.

Kayıp Mum Tekniği ile Döküm

Kayıp mum tekniği ile döküm; kalıplama, maça yapımı, dökme, soğutma ve silkeleme işlemlerini içerir. Bu işlemler, yaş kum veya kimyasal bağlı kum kalıpları ve kimyasal bağlı kum maçaların üretimini içerir. MET öğeleri üç kategoride sunulmaktadır: yaş kum kalıplama, kimyasal kum kalıplama ve dökme/soğutma/silkeleme.

Yaş kumun hazırlanması için, MET öğeleri egzoz yakalama ve temizleme ve yakalanan tozun dahili veya harici geri dönüşümü ile ilgilidir. Atıkların bertarafını en aza indirmek amacıyla paralel olarak MET, yaş kumun birincil rejenerasyonunu uygulamaya yöneliktir. % 98 (mono kum) veya %90-94 (uyumsuz maçalara sahip yaş kum) oranlarındaki rejenerasyon, MET kullanımı ile ilişkilidir.

Kimyasal bağlı kum için, önerilen MET, çeşitli teknikleri kapsar ve geniş bir yelpazede çevresel hususu ele alır. MET, bağlayıcı ve reçine tüketimi ve kum kayıpları en aza indirme; maça yapımı ve maça işleme uygulamalarından çıkan egzoz gazını yakalayarak kaçak VOC emisyonlarını en aza indirme; su bazlı kaplamaların kullanılmasına yöneliktir. Alkol bazlı kaplama kullanımı su bazlı kaplamanın uygulanamaz olduğu sınırlı sayıda uygulama için MET'dir. Mümkün olan durumlarda egzoz, kaplama standında yakalanmalıdır. Belirli bir MET, amin emisyonlarını en aza indirmek ve amin geri kazanımını optimize etmek için amin ile sertleştirilmiş ürean-bağlı (örn. soğuk-kutu) maça hazırlama işlemi için belirli bir MET sunulur. Bu sistemler için hem aromatik hem de aromatik olmayan solventler MET'dir. MET, öncelikle bir kimyasal bağlı kum (karışık veya mono kum) rejenerasyon ve / veya yeniden kullanım stratejisi

benimseyerek bertaraf edilecek olan kum miktarını en aza indirmeye yöneliktir. Rejenerasyon durumunda, MET koşulları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Rejenere kum, sadece uyumlu kum sistemlerinde yeniden kullanılır.

Kum Tipi	Teknik	Rejenerasyon Oranı ¹ (%)
Soğuk ayarlı mono kum	Basit mekanik rejenerasyon	75 - 80
Silikat mono kum	Isıtma ve pnömatik işlem	45 - 85
Soğuk kutuların mono kumları, SO ₂ , sıcak kutu, Karışık organik kumların kronlama işlemi	Soğuk mekanik ve ısı rejenerasyon	maçalarda: 40-100 kalıplarda: 90 - 100
Karışık yaş ve organik kum	Mekanik-ısıl-mekanik işlem, öğütme veya or pnömatik reşo	maçalarda: 40 - 100 kalıplarda: 90 - 100
(1) rejenere kum kütlesi/kullanılan kumun toplam kütlesi		

Kum Tipi	Teknik	Rejenerasyon Oranı ¹ (%)
Soğuk ayarlı mono kum	Basit mekanik rejenerasyon	75 - 80
Silikat mono kum	Isıtma ve pnömatik işlem	45 - 85
Soğuk kutuların mono kumları, SO ₂ , sıcak kutu, Karışık organik kumların kronlama işlemi	Soğuk mekanik ve ısı rejenerasyon	maçalarda: 40-100 kalıplarda: 90 - 100
Karışık yaş ve organik kum	Mekanik-ısıl-mekanik işlem, öğütme veya or pnömatik reşo	maçalarda: 40 - 100 kalıplarda: 90 - 100
(1) rejenere kum kütlesi/kullanılan kumun toplam kütlesi		

Kimyasal olarak bağlanmış kum rejenerasyonu için MET (karışık ve filtre kum)

Alternatif kalıplama yöntemleri ve inorganik bağlayıcıların, kalıplama ve döküm işlemlerinin çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için umut verici bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.

Dökme, soğutma ve silkeleme işlemleri toz, VOC ve diğer organik ürün emisyonlarına neden olur. MET, dökme ve soğutma hatlarını çevreleme ve seri dökme hatları için egzozun tahliyesini sağlamaya ve silkeleme ekipmanını dahil etmeden sulu ya da kuru toz kullanarak egzoz gazı arıtmaya yöneliktir.

Kalıcı Kalıp Dökümü

Sürecin farklı doğası nedeniyle, kalıcı kalıba döküm için çevresel hususlar kayıp mum tekniğindeki kalıp döküm tekniklerinden suyun daha belirgin bir öge olarak kullanılması konusu ile farklı bir odak gerektirir. Havaya salınan emisyonlar, diğer proseslerde karşılaşılan toz ve yanma ürünlerinden ziyade, bir yağ buharı şeklindedir. Bu nedenle MET, su ve ayırıcı ajan tüketimini en aza indirmeyi kapsayan önleme tedbirleri üzerine odaklanır. MET yağ tutucuları ve damıtma, vakumlu buharlaştırma veya biyolojik bozunma işlemlerini kullanarak kaçak ve sızıntı suyu toplamaya ve arıtmaya yöneliktir. Yağ buharını önleyici tedbirler dökümhanenin MET ile ilgili emisyon seviyesine ulaşmasına izin vermiyorsa, MET HPDC makinelerinin egzozu için kapama ve elektrostatik çöktürme işlemlerini kullanmaya yöneliktir.

Kimyasal bağlı kumun hazırlanmasına yönelik MET, kayıp mum tekniği dökümü için belirtilen unsurlara benzer. Kullanılan kum yönetimi için MET, maça bozma ünitesini kapamaya ve sulu ya da kuru tozsuzlaştırma işlemini kullanarak egzoz gazını arıtmaya yöneliktir. Yerel bir pazar varsa, MET kumu geri dönüşüm için kullanılabilir.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Aşağıdaki emisyon seviyeleri, yukarıda belirtilen MET önlemleri ile ilişkilidir:

Faaliyet	Tür	Parametre	Emisyon düzeyi (mg/Nm ³)
Döküm ürünlerinin son işlemlerinin yapılması		Toz	5-20
Demirli metal eritme	Genel	Toz ⁽¹⁾ PCDD/PCDF	5-20 < 0.1 ng TEQ/Nm ³
	Sıcak Patlama Kupola Fırını	CO SO ₂ NO _x	20-1000 20-100 10-200
	Soğuk Patlama Kupola Fırını	SO ₂ NO _x NM-VOC	100-400 20-70 10-20
	Koksuz Kupola Fırını	NO _x	160-400
	Elektrik Ark Fırını	NO _x CO	10-50 200
	Döner Fırın	SO ₂ NO _x CO	70-130 50-250 20-30
Demir dışı metal eritme	Genel	Toz	1-20
	Alüminyum eritme	Klor	3
	Alüminyum için şaft fırın	SO ₂ NO _x CO VOC	30-50 120 150 100-150
	Alüminyum için şömine tipi fırın	SO ₂ NO _x CO TOC	15 50 5 5
Kayıp Mum Tekniği kullanılarak kalıplama ve döküm	Genel	Toz	5-20
	Maça alanı	Amin	5
	Rejenerasyon üniteleri	SO ₂ NO _x	120 150
Kalıcı kalıp dökümü	Genel	Toplam C olarak ölçülen Toz ve yağ buharı	5-20 5-10

(1) toz emisyonu seviyeleri; ağır metaller, dioksinler gibi toz bileşenlerine ve onun kütle akışına bağlıdır.

Çeşitli dökümhane faaliyetleri için MET kullanımı ile ilişkili havaya salınan emisyonlar

İlişkili tüm emisyon seviyeleri uygulanabilir ölçüm süresi boyunca ortalama olarak belirtilir. Sürekli izlemenin uygulanabilir olduğu durumlarda, bir günlük ortalama değer kullanılır. Havaya salınan emisyonlar, standart koşullara örn 273 K, 101,3 kPa ve kuru gaz dayanmaktadır.

MET referans belgeleri yasal olarak bağlayıcı standartlar ortaya koymaz, ancak belirtilen teknikleri kullanıldığında ulaşılabilir emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında sanayi, Üye Devletler ve halka rehberlik hizmetine yönelik bilgi sağlar. Herhangi bir özel durum için uygun sınır değerleri, IPPC Direktifi hedefleri ve yerel hususlar dikkate alınarak belirlenmesi gerekecektir.

Gelişen teknikler

Çevresel etkilerin en aza indirilmesine yönelik bazı yeni teknikler halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır veya yakın zamanda piyasaya girmektedir ve bunlar gelişen teknikler olarak kabul edilmektedir. Bu tekniklerin beşi, Bölüm 6'da tartışılmıştır: kupol fırınında eritme uygulamasında düşük yanıcı malzemelerin kullanımı, metal içeren filtre tozun geri dönüşümü, atık gaz geçirgenliği ile amin geri kazanımı, ayırıcı ajanın ve alüminyum kalıp dökümdeki suyun ayrı olarak püskürtülmesi, ve maça yapımı için inorganik bağlayıcı malzeme. Test ve uygulamanın mevcut

sınırlı ölçeği henüz MET seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bir teknik olarak kapsama alınmasına olanak sağlamasa da ikinci teknik özellikle TWG tarafından umut verici olarak belirtilmiştir.

Bilgi Alışverişinde Dikkat Edilecek Noktalar

Bilgi Alışverişi

BREF belgesi, 250'den fazla bilgi kaynağına dayanmaktadır. Dökümhane araştırma enstitüleri, bu bilgilerin önemli düzeyde paylaşılmasını sağlamış ve bilgi alışverişinde aktif bir rol oynamıştır. Çeşitli Üye Devletlerden gelen yerel MET notları, bilgi alışverişine sağlam bir temel kazandırmıştır. bilgi alışverişi sağlanan belgelerin çoğunluğu demirli dökümhaneler uygulanan prosesleri ve teknikleri ele almıştır. BREF belgesinin yazılma süresi boyunca demir dışı dökümhane süreçleri yeterince temsil edilmemiştir. Bu demir dışı dökümhaneler için MET sonuçlarında daha düşük ayrıntı seviyesinde yansıtılmaktadır.

Uzlaşma Düzeyi

Sonuçlarda, genel düzeyde bir fikir birliği ulaşılmıştır ve herhangi bir ayrı görüş kaydedilmemiştir. Sanayi temsili dioksin azaltılmasına yönelik ikincil önlemlerin uygulanma kolaylığına dair endişesini ifade eden bir açıklama eklemiştir.

Gelecekte Yapılacak Çalışmalar İçin Öneriler

Bilgi değişimi ve bu değişimin sonucu, örn. bu belge, döküm sanayi, kirliliğin entegre bir şekilde önlenmesi ve kontrolüne ulaşmada önemli bir adım sunmaktadır. Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, bu bilgi alışverişi sırasında sağlanmayan bilginin toplanması ve değerlendirilmesine odaklanarak bu amacı geliştirebilecektir. Özellikle, gelecekteki çalışmalar daha ayrıntılı olarak aşağıdaki konuları kapsamalıdır:

- VOC azaltımı için kullanılan teknikler: Dökümhanelerden çıkan VOC yüklü egzoz gazlarının etkin bir şekilde yakalanması ve arıtılması için uygulanan yöntemler hakkında bilgi ve veri ihtiyacı vardır. Alternatif bağlayıcı ve kaplama malzemelerinin kullanımı, bu konuda önemli bir önleme tedbiri olarak karşımıza çıkabilir.
- Atık su arıtma: Dökümhanelerde geniş bir yelpazede su arıtma sistemlerinden elde edilecek veriye ihtiyaç vardır, bu verilerin aynı zamanda girdiler ve uygulanan arıtma teknikleri ile ilgili olarak emisyon seviyelerini göstermesi gerekir
- Demir dışı metallerin eritilmesi: Bu belgede demir dışı dökümhaneler için emisyon verileri sadece bazı tesisler için sunulmaktadır. Dökümhaneler demir dışı metal eritme kaynaklı güdümlü ve kaçak emisyon hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Bu bilgi, operasyonel uygulama ve hem emisyon seviyeleri hem de kütle hareketleri olarak ifade edilmelidir.
- MET teknikleri için ekonomik veriler: Bölüm 4'te sunulan tekniklerin çoğu için ekonomik bilgi eksikliği vardır. Bu bilgilerin, sunulan tekniklerin uygulanması ile ilgili projelerden toplanması gerekmektedir.

Ar-Ge Projeleri İçin Önerilen Konular

Bilgi alışverişi, aynı zamanda ek yararlı bilginin araştırma ve geliştirme projeleri elde edilebilir olduğu bazı alanlarda da ortaya çıkmıştır. Bunlar alanlar aşağıdaki konularla ilgilidir:

- *Dioksinin izlenmesi ve azaltılması*: Proses parametrelerinin dioksin oluşumuna etkisine yönelik daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Bu durum, çeşitli tesisler için ve değişik koşullar altında dioksin emisyonlarının izlenmesini gerektirir. Ayrıca, döküm sektöründe dioksin azaltılması için ikincil önlemlerin kullanımı ve etkinliği hakkında araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.
- *Civa emisyonları*: Civanın yüksek volatilitesi toz ile bağlantılı olmayan gaz emisyonlarına neden olabilir. Civa emisyonuna bir Avrupa politikasının uygulanması ele alındığında, genel olarak ergitme prosesleri ve özel olarak (demir dışı) dökümhanelerden kaynaklanan civa emisyonlarında araştırmaya ihtiyaç vardır.
- *Oksi gaz brülörleri ve kupol fırınlarında kullanımı*: TWG devam eden araştırmaların bir sonucu olarak

yeni uygulamaların oluşturulduğunu rapor etmiştir. Daha fazla araştırma ve geliştirme için, bu tekniğin daha da yayılmasını sağlayan bir gelişmişlik düzeyi sağlayacak bir kapsam mevcuttur.

- *Magnezyum eritme işleminde SF₆ için alternatif ikame gazlar:* HFC-134a ve Novec612 gibi SF₆'ların yerine geçecek olan alternatif kapak gazlar geliştirilmiştir ve başarıyla test edilmiştir ancak endüstriyel uygulamalarda kendine yer bulamamıştır. Bu gazlar, SO₂ ikamesi için bir alternatif sunmaktadır. Bu bileşiklerin koruyucu özellikleri, ayrışma özellikleri ve emisyon tipleri hakkında bilgi verecek araştırma ve tanıtım projelerine ihtiyaç vardır. Bu durum, uygulanabilirliğinin net bir göstergesini sunmalıdır ve endüstriyel uygulamayı desteklemelidir.

EC, Ar-Ge programları yoluyla bir dizi temiz teknolojiler ile ilgili projelerini, gelişmekte olan atık su arıtma ve geri dönüşüm teknolojilerini ve yönetim stratejilerini başlatmakta ve desteklemektedir. Potansiyel olarak bu projeler, gelecek BREF görüşlerine faydalı bir katkı sağlayabilir. Okuyucular bu nedenle, (aynı zamanda bu belgenin önsözüne de bakınız) bu belgenin kapsamı ile ilgili herhangi bir araştırma sonuçlarının EIPPCB'ni bilgilendirmeye davet edilmektedir.

ÖNSÖZ

1. Belgenin Durumu

Aksi belirtilmediği sürece, bu belgede "Direktif'e yapılan atıflar, entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolü ile ilgili 96/61/AT Nolu Konsey Direktifi anlamına gelir. Direktif, işyerinde sağlık ve güvenlik ile ilgili Topluluk hükümlerine hâle getirmeksizin geçerli olduğundan, bu belgede de uygulanır.

Bu belge, AB Üye Devletleri ve mevcut en iyi teknikler (MET), bağlantılı izleme ve bu alanlardaki gelişmeler ile ilgili endüstriler arasında bilgi alışverişi sonuçları sunan bir serinin bir parçasıdır. Belge, Direktif'in 16. (2) maddesi uyarınca, Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmıştır ve bu nedenle "mevcut en iyi teknikler" belirlenirken Direktifin Ek IV uyarınca dikkate alınmalıdır.

2. IPPC Direktifinin İlgili Yasal Yükümlülükleri ve MET'in Tanımı

Okuyucunun bu belgenin taslağının oluşturulduğu yasal bağlamı anlamasına yardımcı olmak amacıyla, "mevcut en iyi teknikler" teriminin tanımı da dahil olmak üzere IPPC Direktifinin en ilgili hükümlerinin bazıları işbu önsözde açıklanmıştır. Bu açıklama kaçınılmaz olarak eksiktir ve sadece bilgi verme amacı taşımaktadır. Bu açıklamanın hiçbir hukuki değeri yoktur ve Direktif'in gerçek hükümlerini herhangi bir şekilde değiştiremez veya hükümlere taraf tutmaz.

Direktifin amacı, bir bütün olarak çevrenin yüksek düzeyde korunmasını temin ederek, Direktif'in Ek-I'inde listelenen faaliyetlerden kaynaklanan entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolünü sağlamaktır. Direktifin yasal dayanağı çevresel koruma ile ilgilidir. Bu yasanın uygulanması, Topluluk sanayisinin rekabet gücü gibi diğer Topluluk hedeflerini dikkate almalıdır ve böylece sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmalıdır.

Daha spesifik olarak, endüstriyel tesislerin hem operatörler hem de düzenleyiciler gerektiren belirli kategorileri için, tesisin kirlileme ve tüketme potansiyeline entegre, genel bir bakış açısı kazandırmak adına bir izin sistemi sağlar. Böyle bir entegre yaklaşımın genel amacı, bir bütün olarak çevre için yüksek düzeyde bir koruma sağlayacak şekilde endüstriyel proseslerin yönetimini ve kontrolünü geliştirmek olmalıdır. Bu yaklaşımın merkezini, özellikle operatörlerin, çevresel performansı geliştirmesini sağlayan mevcut en iyi tekniklerin uygulanması yoluyla, kirliliğe karşı uygun tüm önleyici tedbirleri almaları gerektiğini belirten 3. Madde'de yer verilen genel ilke oluşturur.

"Mevcut en iyi teknikler" terimi, Direktif'in 2 (11) nolu maddesinde, "emisyolları ve bir bütün olarak çevre üzerindeki etkisini önlemek, eğer bu mümkün değil ise azaltmak için tasarlanan emisyon sınır değerleri için prensip olarak bir temel sağlamaya yönelik belli tekniklerin pratik uygunluğunu gösteren faaliyetlerin ve bunların işletme yöntemlerinin geliştirilmesinde en etkili ve ileri aşama" olarak açıklanmıştır. Madde 2 (11), aşağıdaki şekilde bu açıklama netleştirmektedir:

"Teknikler", hem kullanılan teknolojiyi hem de tesisin tasarlandığı, inşa edildiği, bakımının yapıldığı, işletildiği ve devre dışı bırakıldığı yöntemi kapsar;

"Mevcut" teknikler, tekniklerin söz konusu Üye Devlet içinde kullanıldığı veya üretildiği, maliyetler ve avantajlar göz önüne alarak, operatör için makul bir şekilde erişilebilir olduğu sürece, ilgili sanayi sektöründe uygulanmasına ekonomik ve teknik koşullar altında izin veren bir ölçekte geliştirilen tekniklerdir ;

"En iyi", bir bütün olarak çevrenin korunmasında yüksek genel bir düzeye ulaşmada en etkili anlamına gelir.

Ayrıca, Direktifin IV. Eki, " bir önlemin muhtemel maliyetlerini ve faydalarını ve önlem ile dikkat ve önleme ilkelerini göz önüne alarak, mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde genel ya da özel durumlarda dikkate alınması gereken hususların ... " bir listesini içerir. Bu hususlar Madde 16 (2) uyarınca Komisyon tarafından yayınlanan bilgileri içerir.

İzinlerinin verilmesinden sorumlu yetkili makamların, izin koşulları belirlerken 3. Maddede belirtilen genel ilkeleri dikkate almaları gereklidir. Bu koşullar, eşdeğer parametreler veya teknik önlemler ile uygun olduğu hallerde desteklenen veya değiştirilen emisyon limit değerleri içermelidir. Direktif'in 9. (4) Maddesine göre, bu emisyon limit değerleri, eşdeğer parametreler ve teknik önlemler; çevresel kalite standartları ile uyumun saklı kalması kaydıyla, herhangi bir teknik veya özel teknoloji kullanımı belirtilmeden, ancak ilgili tesisatın teknik özellikleri, coğrafi konumu ve yerel çevre koşulları dikkate alınarak mevcut en iyi teknikleri esas almalıdır. Her durumda, izin koşulları, uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğinin en aza indirilmesi konusunda hükümler içermelidir ve bir bütün olarak çevre için yüksek bir koruma düzeyi sağlamalıdır.

Üye Devletlerin, Direktif'in 11. Maddesine göre, yetkili makamların mevcut en iyi teknikler alanındaki gelişmeleri takip ettiğini ya da bu gelişmeler hakkında bilgilendirildiklerini temin etme zorunluluğu vardır.

3. Bu Belgenin Amacı

Direktif'in 16 (2) Maddesi, Komisyon'un, "Üye Devletler ve sanayiler arasındaki mevcut en iyi teknikler, ilgili izleme ve kendi içlerindeki gelişmeler hakkında bilgi alışverişini" organize etmesini ve bu değişimin sonuçlarını yayınlamasını gerektirir.

Bilgi alışverişisi amacı, Direktif'in "Topluluk düzeyinde mevcut en iyi teknikler hakkında bilgi gelişimi ve alışverişisi Topluluk'taki teknolojik dengesizliklerin düzeltilmesine yardımcı olacak, Topluluk'ta kullanılan limit değerlerin ve tekniklerin dünya çapında yayılmasını teşvik edecek ve Üye Devletler'in Direktifi etkin bir şekilde uygulamasına yardımcı olacaktır " ifadesine sahip 25. Beyanında verilmektedir.

Komisyon (Çevre Genel Müdürlüğü), Madde 16 (2) kapsamındaki çalışmalara yardımcı olmak üzere bir bilgi alışverişisi forumu (IEF) kurmuştur ve IEF çatısı altında bir dizi teknik çalışma grubu kurulmuştur. Madde 16 (2) gereği olarak hem IEF hem de teknik çalışma grupları, Üye Devletler'de ve sanayide temsil kapsamındadır.

İşbu belge dizilerinin amacı, Madde 16 (2) kapsamında gerekli görüldüğü üzere gerçekleştirilen bilgi alışverişisini doğru şekilde yansıtmak ve izin yetkilisinin izin koşullarını belirlerken dikkate alması gereken ilgili başvuru bilgileri sağlamaktır. Mevcut en iyi teknikler ile ilgili bilgi sunan bu belgeler, çevre performansını artırmak için değerli bir araç olarak görülmelidir.

4. Bilgi Kaynakları

Bu belge, Komisyon çalışmalarına yardımcı olmak için kurulan grupların özellikle uzmanlaştırılması dahil olmak üzere bir dizi kaynaktan toplanan ve Komisyon hizmetleri tarafından doğrulanan bilgilerin bir özetini temsil eder. Tüm katkılar için teşekkür ederiz.

5. Bu Belge Nasıl Anlaşılır ve Kullanılır?

Bu belgede verilen bilgiler, belirli durumlarda MET belirlenmesi için bir girdi olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır. MET belirlenmesinde ve MET bazlı izin koşullarının oluşturulmasında, bir bütün olarak çevre için yüksek koruma düzeyini elde etmeye yönelik genel amacın her zaman dikkate alınması gerekmektedir.

Bu bölümün geri kalanında belgenin her bölümde verilen bilgilerin türü açıklanmaktadır.

Bölüm 1 ve 2, ilgili sanayi sektörü ve sektör içinde kullanılan endüstriyel süreçler hakkında genel bilgi sağlar.

Bölüm 3, belgenin yazıldığı süreçte mevcut tesislerin durumunu yansıtarak, mevcut emisyon ve

tüketim düzeyleri ile ilgili veri ve bilgi sağlar.

Bölüm 4, emisyon azaltma ve MET ve MET bazlı izin koşullarının belirlenmesi için en uygun olduğu düşünülen diğer teknikleri daha ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Bu bilgiler, teknik kullanılarak erişilebilir olarak düşünülen tüketim ve emisyon seviyelerini; tekniği ile ilgili maliyetler ve çapraz ortam konularına yönelik bazı fikirleri ve örneğin yeni, mevcut, büyük ya da küçük tesisler gibi IPPC izni gerektiren tesis aralığı için tekniğin geçerli olduğu ölçüyü kapsamaktadır. Genellikle eski olarak görülen teknikler dahil edilmemiştir.

Bölüm 5, genel anlamda MET ile uyumlu olarak kabul edilen teknikler ile emisyon ve tüketim seviyelerini sunmaktadır. Bu nedenle bu bölümün amacı, MET bazlı izin koşullarının belirlenmesi veya Madde 9 (8) kapsamında genel bağlayıcı kuralların oluşturulması adına yardımcı olmak için uygun bir referans noktası olarak kabul edilebilen emisyon ve tüketim seviyeleri ile ilgili genel göstergeleri sağlamaktır. Ancak bu belgenin, emisyon limit değerleri önermediği vurgulanmalıdır. Uygun izin koşullarının belirlenmesi; ilgili tesisatın teknik özellikleri, coğrafi konumu ve yerel çevre koşulları gibi yerel, sahaya özgü faktörlerin dikkate alınmasını kapsayacaktır. Mevcut tesisler için, onları yükseltmenin teknik ve ekonomik canlılığının da dikkate alınması gerekir. Bir bütün olarak çevre için yüksek düzeyde koruma sağlamaya yönelik tek amaç dahi, genellikle çevresel etkilerin farklı türleri arasındaki çeşitli yargılarda bulunmayı beraberinde getirebilir ve bu yargılar, çoğunlukla yerel hususların etkisinde kalacaktır.

Bu hususlardan bazılarının dikkate alınmasına yönelik bir çaba gösterilse de bunların işbu belgede tam olarak ele alınması mümkün değildir. Bölüm 5'te sunulan teknikler ve seviyeler, bu nedenle muhakkak tüm tesisler için uygun olmayacaktır. Öte yandan, uzun mesafeli veya sınır ötesi kirliliğinin azaltılması da dahil olmak üzere, çevrenin yüksek düzeyde korunmasını sağlama yükümlülüğü, izin koşullarının, sadece yerel hususlar temelinde oluşturulamayacağı anlamına gelir. Bu belgede yer alan bilgilerin tamamen izin veren makamlar tarafından dikkate alınması bu nedenle büyük önem taşımaktadır.

Mevcut en iyi teknikler zamanla değiştiği için, işbu belge uygun olarak gözden geçirilir ve güncellenir. Tüm görüş ve önerilerinizi aşağıdaki adreste yer alan İleri Teknolojik Çalışmalar Enstitüsü'ndeki Avrupa IPPC Bürosu'na yapılmalıdır:

Edificio Expo, c / İnka Garcilaso, s / n, E-41.092 Sevilla, İspanya

Telefon: +34 95 4488 284

Faks: +34 95 4488 426

E-posta: JRC-IPTS-EIPPCB@cec.eu.int

İnternet: <http://eippcb.jrc.es>

Demirhaneler ve Dökümhanelere İlişkin Mevcut En İyi Tekniklere Dair Referans Belge

ÖZET	I
ÖNSÖZ	XIII
KAPSAM	XXXI
1 DÖKÜMHANELERE DAİR GENEL BİLGİ	1
1.1 Sektöre Genel Bakış.....	1
1.1.1 Döküm Sanayisi	1
1.1.2 Döküm Pazarları	8
1.1.3 Dökümhane Türleri	10
1.2 Çevresel Hususlar	11
1.2.1 Hava	11
1.2.2 Kalıntılar	11
1.2.3 Enerji	11
1.2.4 Su	11
2 DÖKÜMHANELERDE UYGULANAN PROSESLER VE TEKNİKLER	13
2.1 Genel Bakış	13
2.1.1 Döküm Prosesi	13
2.1.2 Demir Döküm	15
2.1.3 Çelik Döküm	17
2.1.4 Alüminyum Döküm	19
2.1.5 Magnezyum Döküm	19
2.1.6 Bakır Döküm	20
2.1.7 Çinko Döküm	21
2.1.8 Kurşun Döküm	21
2.1.9 Süper Alaşımların Dökümü	21
2.2 Kalıp Yapma.....	22
2.2.1 Genel Kalıp Yapma.....	22
2.2.2 Hızlı Prototiplendirme (RP)	23
2.3 Ham Maddeler ve Ham Madde İşleme.....	25
2.4 Eritme ve Metal İşleme.....	28
2.4.1 Kupola Fırınlr.....	29
2.4.1.1 Soğuk Hava Kupol Fırını	29
2.4.1.1.1 Tanım	29
2.4.1.1.2 Bakım	30
2.4.1.1.3 Avantajları	30
2.4.1.1.4 Dezavantajları	30
2.4.1.2 Sıcak Hava Kupol Fırını.....	30
2.4.1.2.1 Tanım	30
2.4.1.2.2 Avantajları	32
2.4.1.2.3 Dezavantajları	32
2.4.1.3 Uzun Operasyon Süreli Kupoller	32
2.4.1.4 Atmosferik Emisyonların Yapısı	33
2.4.2 Elektrik Ark Fırını (EAF).....	34
2.4.2.1 Tanım	34
2.4.2.2 Asidik Kaplamalı Elektrik Ark Fırınlrında (EAF) Eritme ve Damıtma.....	35
2.4.2.3 Basit Kaplamalı Elektrik Ark Fırınlrında (EAF) Eritme ve Damıtma	35
2.4.2.4 Atmosferik Emisyonların Yapısı.....	35
2.4.3 İndüksiyon Fırını (IF)	36
2.4.3.1 Maçasız İndüksiyon Fırını	36
2.4.3.1.1 Tanım.....	36
2.4.3.1.2 Eritme Uygulaması	38
2.4.3.1.3 Avantajları	39

2.4.3.1.4	Dezavantajları:	39
2.4.3.2	Kanallı İndüksiyon Fırını	40
2.4.3.2.1	Tanım	40
2.4.3.2.2	Avantajlar	41
2.4.3.2.3	Dezavantajlar	41
2.4.3.3	Emisyonların Yapısı	41
2.4.4	Radyan Çatılı Fırın (Direnç Isıtmalı)	42
2.4.5	Döner Fırınlr	43
2	Tanım	43
3	Eritme Uygulaması	43
4	Metalürji	43
5	Uygulama	44
6	Avantajlar	44
7	Dezavantajlar	44
2.1.4	Şömine Tipi Fırınlr	44
2.1.5	Dikeç (Dikeç) Fırın	45
8	Tanım	45
9	Avantajlar	46
10	Dezavantajlar	46
2.1.4	Potalı Fırın	46
11	Tanım	46
12	Eritme Uygulaması	47
13	Avantajları	47
14	Dezavantajlar	47
2.1.4	Çelik Damıtılmasında Kullanılan Argon Oksijen Karbonsuzlaştırma (AOD) Dönüştürücüsü	48
2.1.5	Çelik Damıtılmasında Kullanılan Vakumlu Oksijen Karbonsuzlaştırma (AOD) Dönüştürücüsü (VODC)	48
2.1.6	Çeliğin Metal İle Damıtılması	49
2.1.7	Döküm Demirin Arıtılması	50
15	Alaşımama	50
16	Homojenleşme	50
17	Kupolda Eritilmiş Demirde Kükürt Giderilmesi ve Yeniden Karbonlama	50
18	Eriyikte Nodularizasyon Damıtma	51
19	Eriyik Malzemenin Aşılması	52
2.1.4	Demir dışı Metal İşlemi	52
2.5	Kalıp ve Maça Üretimi	53
2.5.1	Ham Maddeler	54
2.5.1.1	Refakter Malzemeler	54
2.5.1.1.1	Silika Kumu	55
2.5.1.1.2	Kromit Kumu	56
2.5.1.1.3	Zirkon Kumu	56
2.5.1.1.4	Olivin Kumu	56
2.5.1.2	Bağlayıcılar ve Diğer Kimyasallar	57
2.5.1.2.1	Bentonit	57
2.5.1.2.2	Reçineler	57
2.5.1.2.3	Kömür Tozu	58
2.5.1.2.4	Tahıl Bağlayıcılar	59
2.5.1.2.5	Demir Oksit	59
2.5.1.3	Çalıştırma, Kapılama, Besleme ve Filtreleme	59
2.5.2	Kum Hazırlama (Taşıma, Eleme, Soğutma, Karıştırma)	60
2.5.2.1	Yaş kum Kalıplanmasında Kumun Şartlandırılması	60
2.5.3	Doğal Kum İle Kalıplama	62
2.5.4	Kil Bağlı Kum ile Kalıplama (Yaş Kum Kalıplaması)	62
2.5.5	Bağlanmamış Kum İle Kalıplama (V-Prosesi)	63
2.5.6	Kimyasal Bağlı Kum ile Kalıplama ve Maça Yapımı	65
2.5.6.1	Soğukta Sertleştirme Prosesleri	65
2.5.6.1.1	Fenolik, Katalize Asit	65
2.5.6.1.2	Furan, Katalize Asit	66
2.5.6.1.3	Poliüretan (Fenolik İzosiyanat)	66

2.5.6.1.4	Rezol - Ester (Alkalin Fenolik Ester ile Sertleştirilmiş)	67
2.5.6.1.5	Fırınlanmamış Alkit Yağ	67
2.5.6.1.6	Ester Silikat	67
2.5.6.1.7	Çimento	67
2.5.6.2	Gazda Sertleştirme Prosesleri	67
2.5.6.2.1	Soğuk Kutu (Amin ile Sertleşen Fenolik Üretan)	68
2.5.6.2.2	Rezol - ester (Alkalin Fenolik Metil Format ile Srtleştirilmiş)	68
2.5.6.2.3	SO₂ İle Sertleştirilmiş Furan Reçineler	69
2.5.6.2.4	SO₂ İle Sertleştirilmiş Epoksi/Akrilik(Serbest Radikal Kürleşmesi)	69
2.5.6.2.5	CO₂ İle Sertleştirilmiş Sodyum Silikat (Cam Suyu)	69
2.5.6.2.6	CO₂ İle Sertleştirilmiş Alkalin Fenolik	70
2.5.6.3	Sıcak Kürleşen Prosesler	70
2.5.6.4	Hot curing processes	70
2.5.6.3.1	Sıcak Kutu, Fenolik ve/veya Furan Bazlı	70
2.5.6.3.2	Ilık Kutu	71
2.5.6.3.3	Kabuk Çıkarma (Kroning)	71
2.5.6.3.4	Bezir Yağı	72
2.5.6.3.5	Alkit Yağı, Fırınlanmamış	72
2.5.6.5	Kimyasal Bağlı Kum Kalıplarının ve Maçalarının Kaplanması	73
2.5.6.4.1	Kaplama Kompozisyonu	73
2.5.6.4.2	Kaplama Prosesi	73
2.5.7	Genleşebilir Model Dökümü	74
2.5.7.1	Bağlanmamış Kum – Yitik Köpük Prosesi	74
2.5.7.2	Kimyasal Bağlı Kum – Tam Kalıp Prosesi	76
2.5.8	Kalıcı (Metal) Kalıp Hazırlama	77
2.5.9	Hassas Döküm ve Seramik Kabuk Oluşumu	77
2.6	Döküm	79
2.6.1	Yitik Kalıplara Döküm	79
2.6.1.1	Dökme	79
2.6.1.2	Katılaşma (İlk Soğuma)	81
2.6.1.3	Silkme	82
2.6.1.4	Döküm Soğutma (İkincil Soğutma)	82
2.6.2	Kalıcı Kalıplara Döküm	82
2.6.2.1	Basıncsız ve Düşük Basıncılı Kalıp Döküm	82
2.6.2.2	Yüksek Basıncılı Kalıp Döküm	84
2.6.2.3	Santrifüj Döküm	86
2.6.2.4	Kesintisiz Döküm	86
2.7	Bitirme ve Döküm Sonrası Operasyonlar	87
2.7.1	Çalışma Sisteminin Kaldırılması	88
2.7.2	Kumun Ortadan Kaldırılması	88
2.7.3	Çapakların Yok Edilmesi	89
2.8	Isıl İşlem	90
2.8.1	Giriş	90
2.8.2	Isıl İşlem Fırınları	90
2.8.2.1	Odalı Fırınlarda	90
2.8.2.2	Dikeç Fırınlarda	91
2.8.2.3	Tavlama Fırınları	91
2.8.3	Söndürme	91
2.8.4	Sünek Demirin Isıl İşlemi (SG Demir)	91
2.8.4.1	Gerilim Giderme	92
2.8.4.2	Karbonların Parçalanması	92
2.8.4.3	Ferritli Matris Üretmek için Tavlama	92
2.8.4.4	Perlitli Bir Matris Üretmek İçin Normalleştirme	92
2.8.4.5	Sertleştirilmiş ve Temperlenmiş Yapıların Üretimi	92
2.8.4.6	Östemperlenmiş Sünek Demir (ADI)	92
2.8.5	Çelikte Isıl İşlem	93
2.8.6	Alüminyumda Isıl İşlem	94
2.8.6.1	Gerilim Azaltma ve Tavlama	94
2.8.6.2	Çözelti ile Isıl İşlem ve Söndürme	94

2.8.6.3	Çökeltme	94
2.8.6.4	Yapay Yaşlandırma	94
2.9	Kalite Kontrol	95
3	DÖKÜMHANELERE AİT MEVCUT EMİSYON VE TÜKETİM DÜZEYLERİ	97
3.1	Kitle Akıma Genel Bakış	97
3.1.1	Giriş	97
3.2	Demirli Metallerde Eritme ve Metal İşleme	97
3.2.1	Çelik ve Dökme Demirde Kullanılan Eritme Fırınlarnın Özellikleri	97
3.2.2	Kupol Fırınlr	99
3.2.2.1	Kok ve Enerji Tüketimi	99
3.2.2.2	Partikül Madde	99
3.2.2.3	Atık Gazlar	100
3.2.2.4	Kupol Cürufu	102
3.2.2.5	Atık Refrakter	102
3.2.3	Elektrik Ark Fırınları	103
3.2.3.1	Girdi	103
3.2.3.2	Partikül Madde	103
3.2.3.3	Görülebilir Duman	104
3.2.3.4	Atık Gazlar	104
3.2.3.5	Cüruflar	105
3.2.4	İndüksiyon Fırınları	105
3.2.4.1	Maçasız İndüksiyon Fırınları	105
3.2.4.1.1	Enerji Girdisi	105
3.2.4.1.2	Partikül Madde	106
3.2.4.1.3	Atık Gazlar	107
3.2.4.1.4	Cüruflar	107
3.2.4.2	Kanallı İndüksiyon Fırınları	108
3.2.5	Döner Fırınlr	108
3.2.5.1	Girdi	109
3.2.5.2	Partikül Madde	109
3.2.5.3	Atık Gazlar	109
3.2.6	Argon Oksijen Karbonsuzlaştırma (AOD) Dönüştürücüsü	111
3.2.6.1	Girdi	111
3.2.6.2	Çıktı	111
3.2.6.3	Atık Gazlar	111
3.2.6.4	Cüruflar	112
3.2.7	Vakumlu Oksijen Karbonsuzlaştırma Dönüştürücüsü (VODC)	112
3.2.8	Çelik Damıtma ve Arıtma	112
3.2.9	Döküm Demir Arıtma	112
3.2.9.1	Nodularizasyon	112
3.3	Alüminyum Eritme ve Metal Damıtma	113
3.3.1	Alüminyumda Kullanılan Eritme Fırınlarna Genel Bakış	113
3.3.2	Dikeç Fırın	115
3.3.3	İndüksiyon Fırını	116
3.3.4	Radyan Çatılı Fırın (Direnc Isıtmalı)	116
3.3.5	Şömine Tipi Fırınlr	116
3.3.6	Potalı Fırın (Yakıt ve Direnc Isıtmalı)	117
3.3.7	Alüminyum Eriyik Damıtma	117
3.4	Magnezyumun ve Magnezyum Alaşımlarında Eritme ve Döküm	118
3.4.1	Magnezyum Eriyiğin Korunması	118
3.4.2	Magnezyum Eriyik Damıtma	119
3.4.3	Magnezyum Hurda Döküntüsü	119
3.5	Bakır ve Bakır Alaşımlarda Eritme ve Döküm	120
3.5.1	Eritme ve Döküm Birimleri	120
3.5.2	Bakır ve Bakır Alaşımlarda Metal Damıtma	121
3.6	Çinko ve Çinko Alaşımlarında Eritme ve Döküm	121
3.7	Kurşun Eritme ve Döküm	122
3.8	Atık Gaz Temizleme	122

3.8.1	Azaltma Sistemleri	122
3.8.2	Dioksinler	122
3.9	Kalıp ve Maça Üretimi	125
3.9.1	Giriş.....	125
3.9.2	Kil Bağlı Kum ile Kalıplama (Yaş Kum Kalıplama)	127
3.9.3	Bağlanmamış Kum İle Kalıplama (V-Proses)	127
3.9.4	Kimyasal Bağlı Kum ile Kalıp ve Maça Yapımı	128
3.9.4.1	Kimyasalların Tüketim Seviyeleri	128
3.9.4.2	Emisyon Faktörleri	129
3.9.4.3	Soğukta Sertleştirme Proseslerde Emisyon	129
3.9.4.4	Gazda Sertleştirme Proseslerde Emisyon	130
3.9.4.5	Sıcak Kürleşen Proseslerde Emisyon	130
3.9.5	Kimyasal Bağlı Kum Kalıplarının ve Maçalarının Kaplanması	131
3.9.6	Genleşebilir Model Dökümü (Yitik Köpük/Tam Kalıp Döküm).....	131
3.9.6.1	Bağlanmamış Kum - Yitik Köpük	131
3.9.6.2	Kimyasal Bağlı Kum- Tam Kalıp	132
3.10	Döküm	133
3.10.1	Yitik Kalıplarda Döküm, Soğutma ve Silkme	133
3.10.1.1	Emisyon Seviyeleri	133
3.10.1.2	Kum/Sıvı Metal Oranları	137
3.10.1.3	Metal Verimi	139
3.10.1.4	Kullanılmış Döküm Kumu	140
3.10.2	Kalıcı Kalıplara Döküm	141
3.11	Bitirme/Döküm sonrası İşlemler	142
3.11.1	Kaydırarak Taşlama	142
3.11.2	Bilye Püskürtme	143
3.11.3	Çapak temizleme (Döküm Temizleme).....	143
3.11.4	Çelik Dökümhanelerinde Bitirme İşlemleri	143
3.12	Isıl İşlem	144
3.13	Atık Su	144
3.13.1	Atık Su Kaynakları	144
3.13.2	Hurda Depolama İşleminde Çıkan Atık Su.....	145
3.13.3	Kupol Eritmede Kullanılan Sulu Yıkayıcılardan Çıkan Atık Su	145
3.13.4	Döküm, Soğutma ve Silkme Alanlarından ve Kalıp Üretimi/Kum Ayırma İşlemlerinden Çıkan Atık Su	146
3.13.5	Maça Yapımından Kaynaklanan Atık Su	146
	4 DÖKÜMHANELER İÇİN BAT'IN BELİRLENMESİNDE DİKKATE ALINACAK TEKNİKLER 147	
4.1	Ham Madde Depolama ve İşleme	148
4.1.1	Giriş	148
4.1.2	Kapalı Depolama ve Geçirimsiz Hurda Alanı	148
4.1.3	Bağlayıcı Kimyasallar İçin Depolama Önlemleri	149
4.1.4	Temiz Hurdanın Eritme İşlemi İçin Kullanımı ve İade Malzemesinden Kumun Çıkarılması	
4.1.5	Hurda Demirli Metalin Dahili Geri Dönüşümü	151
4.1.6	Magnezyum Hurdanın Dahili Geri Dönüşümü	152
4.1.7	Kullanılmış Konteynerlerin Geri Dönüşümü	155
4.2	Metal Eritme ve Eriyik Metal Arıtma	155
4.2.1	Kupol Fırınları.....	155
4.2.1.1	Fırın İşletiminin Optimizasyonu	155
4.2.1.2	Kok Girdisinin Kalite Kontrolü	156
4.2.1.3	Asidik veya Bazik Cüruf İle İşletim.....	158
4.2.1.4	Soğuk Hava Kupol Fırınının CBC) Dikeç Yüksekliğini Artırma	158
4.2.1.5	Soğuk Hava Kupol Fırını (CBC) İçin İkincil Tuyer Dizisinin Kurulumu	159
4.2.1.6	Üfleme Kaynağında Oksijen Zenginleştirme	161
4.2.1.7	Sıcak Hava Kupolü (HBC) Üfleme Havasını Üst Isıtma	163
4.2.1.8	HBC için Minimal Üfleme Kesme Dönemleri.....	164
4.2.1.9	Koksuz Kupol Fırını	165
4.2.1.10	Gaz Yakıtlı Kok-Kupol Fırını	169
4.2.2	Elektrik Ark Fırını	171

4.2.2.1	Eritme ve Arıtma Süresinin Kısaltılması	171
4.2.2.2	Köpüklü Cüruf Uygulaması	172
4.2.3	İndüksiyon Fırını	173
4.2.3.1	Proses Optimizasyonu: Şarj Malzemelerini Optimize Etme, Şarj Etme ve İşletim	173
4.2.3.2	Şebeke Frekanslı Fırınlardan Orta Frekanslı Fırınlara Dönüşüm	174
4.2.4	Döner Fırın	175
4.2.4.1	Fırın Verimliliğinin Artırılması	175
4.2.4.2	Oksi-brülör Kullanımı	176
4.2.5	Dökme Demir Eritme İşlemi İçin Kupol Fırınına Karşın İndüksiyon veya Döner Fırın Seçimi	177
4.2.6	Şömine Tipi Fırın	181
4.2.6.1	Oksi-brülör Kullanımı	181
4.2.7	Diğer Fırın Türleri	181
4.2.7.1	Mg-eritme İçin Bir Örtü Gazı Olarak SF6'nın Kullanımına Yönelik Alternatifler	181
4.2.8	Demir Dışı Metal Arıtma	184
4.2.8.1	Bir Fan İstasyonu Kullanarak Alüminyum Gaz Giderme ve Temizleme İşlemleri	184
4.3	Kum Hazırlama İşlemini Kapsayan Kalıp ve Maça Yapımı	185
4.3.1	Kalıp Türünün Seçimi	185
4.3.2	Kil Bağlı Kum ile Kalıplama (Yaş Kum Kalıplama)	186
4.3.2.1	Vakum Karıştırma ve Soğutma Yoluyla Kil Bağlı Kum Hazırlama	186
4.3.3	Kimyasal Bağlı Kum İle Kalıplama ve Maça Yapımı	188
4.3.3.1	Bağlayıcı ve Reçine Tüketimini En Aza İndirme	188
4.3.3.2	Kalıp ve Maça Kum Kayıplarını En Aza İndirme	190
4.3.3.3	Soğukta Sertleştirme Prosesi İçin En İyi Uygulama	191
4.3.3.4	Gazda Sertleştirme Prosesleri İçin En İyi Uygulama	191
4.3.3.5	Alkol Bazlı Kaplamaların Su Bazlı Kaplamalar İle Değişimi	192
4.3.3.6	Su Bazlı Kaplama İçin Mikrodalga Kurutma	195
4.3.3.7	Soğuk Kutu Maça Üretimi İçin Non-aromatik Solventlerin Kullanımı	197
4.3.4	Alternatif Kalıplama/Maça Yapımı Yöntemleri	200
4.3.4.1	Yitik Köpük Dökümü	200
4.3.4.2	Seramik Kabuk Kalıplama	202
4.3.5	Kalıcı (Metal) Kalıplar ve Pres Kalıp Hazırlama	203
4.3.5.1	Ayırıcı Madde ve Su Tüketiminin En Aza İndirilmesi	203
4.3.5.2	Ayırıcı Maddede Kapalı Kalıp Uygulaması	203
4.4	Metal Döküm	204
4.4.1	Metal Verimi Geliştirme	204
4.5	Duman, Baca Gazı ve Egzoz Havasını Yakalama ve Arıtma	206
4.5.1	Genel İlkeler	206
4.5.1.1	Kaçak Emisyonları Azaltma	207
4.5.1.2	Çok Bacalı Çatı Kullanımı	209
4.5.1.3	Azaltma Teknikleri	209
4.5.1.4	Dioksin Önleme ve Azaltma	213
4.5.1.5	Koku Azaltma	216
4.5.2	Kupol Fırın	216
4.5.2.1	Gaz Toplama, Temizleme ve Soğutma	216
4.5.2.2	Bir HBC Yakma Odasında Yanma Sonrası İşlemi	221
4.5.2.3	Kupol Fırını Milinde Yanma Sonrası İşlemi	224
4.5.3	EAF	227
4.5.3.1	Çıkış Gazı Toplama	227
4.5.3.2	Egzoz Gazı Temizleme	229
4.5.4	İndüksiyon Fırını	230
4.5.4.1	Çıkış Gazı Toplama	230
4.5.4.2	Egzoz Gazı Temizleme	232
4.5.5	Döner Fırın	234
4.5.5.1	Çıkış Gazı Toplama ve Atık Gaz Temizleme	234
4.5.6	Pota, Hazneli Tür ve Işıyan Çatılı Fırımlar	235
4.5.6.1	Eritme ve Metal Artıma Sırasında Görünür ve Kaçak Emisyonların Önlenmesi	235
4.5.7	Metal İşlemi	236
4.5.7.1	AOD Dönüştürücü: Egzoz Gazı Yakalama ve Arıtma	236

4.5.7.2	Nodularizasyon: Çıkış Gazı Toplama ve Tozsuzlaştırma	236
4.5.8	Kalıp ve Maça Yapımı.....	238
4.5.8.1	Yaş Kum Hazırlama (Kum Tesisi) ve Tozsuzlaştırma İşlemlerinden Kaynaklanan Tozda Egzoz Yakalama İşlemi.....	238
4.5.8.2	Yaş Kum Kalıplama Atölyesi Çalışma Alanından ve Tozsuzlaştırma İşlemlerinden Kaynaklanan Tozda Egzoz Yakalama	239
4.5.8.3	Maça Yapımı Kaynaklı Egzozun Yakalanması- Genel Hususları	239
4.5.8.4	Soğuk Kutu: Amin Buharı Yakalama ve Egzoz Arıtma	240
4.5.8.5	VOC-Toplama ve Giderme	241
4.5.8.6	Biyofiltre Kullanarak Egzoz Gazı Temizleme	242
4.5.8.7	Kesintisiz Kalıplama : Ayrıcı Madde Emisyonlarının Toplanması	245
4.5.9	Döküm/Soğutma/Silkme.....	245
4.5.9.1	Giriş	245
4.5.9.2	Dökme ve Soğutma Hatlarını Kapsülleme	246
4.5.9.3	Silkme İşleminde Çıkan Egzoz Yakalama ve Arıtma	246
4.5.9.4	Biyofiltre Kullanarak Çıkış Gazı Temizleme	248
4.5.10	Kaplama/Döküm Sonrası İşlemleri: Çıkış Gazı Toplama ve Arıtma	249
4.5.10.1	Toplanan Çıkış Gazının Bitirme İşlemi	249
4.5.10.2	Egzoz Hava Temizleme Teknikleri.....	250
4.5.11	Isıl İşlem Atık Gazının Toplama ve Temizleme	251
4.5.11.1	Yakıt Isıtmalı Isıl İşlem Fırınlarında Temiz Yakıtların Kullanımı	251
4.5.11.2	Suverme Banyoları	252
4.6	Atık Su Önleme ve Arıtma	253
4.6.1	Atık Su Oluşumunu Önlemeye Yönelik Tedbirler	253
4.6.2	Yıkama Suyunun ve Diğer Atık Su Akıntılarının Arıtılması	255
4.6.3	Atık Su Önleme ve Azaltmaya Yönelik Örnek Tesis	256
4.6.4	Yağ Önleyicileri	260
4.6.5	Yıkama Suyundan Çıkan Aminin Geri Kazanımı	260
4.6.6	Kalıp Döküm Atık Su Akımlarında Glikollerin Azaltılması	262
4.7	Enerji Verimliliği.....	262
4.8	Giriş	262
4.9	İndüksiyon Fırını: Atık Isı Kullanımı	263
4.10	Kupol Fırını: Atık Isı Kullanımı	265
4.11	Enerji Kaybının Azaltılması/Potalarda Ön ısıtma Uygulamasının Geliştirilmesi	267
4.11	Kum:Rejenerasyon, Geri Kazanım, Yeniden Kullanım ve Bertaraf	268
4.11	Giriş	268
4.11	Yaş kumun Optimize Koşullar Altında Rejenerasyonu (Birincil Rejenerasyon)	272
4.11	Soğukta Sertleşen Kumun Basit Mekanik Rejenerasyonu	274
4.11	Taşlama Çarkı Ünitesi Kullanılarak Soğuk Mekanik Rejenerasyon	275
4.11	Darbe Tamburu Kullanılarak Soğuk Mekanik Rejenerasyon	278
4.11	Pnömatik Sistem Kullanılarak Gerçekleştirilen Soğuk Rejenerasyon.....	279
4.11	Termal Rejenerasyon	281
4.11	Karışık Organik Bentonit Kumlar İçin Birleşik Rejenerasyon (Mekanik-Termal-Mekanik)	285
4.11	Islak Kum Rejenerasyonu	288
4.11	Pnömatik Sistemleri Kullanarak Su Camı Rejenerasyonu	289
4.11	Kürlenmemiş Maça Kumunun Dahili Yeniden Kullanımı.....	291
4.11	Yaş Kum Döngüsünden Elde Edilen Tozların Kalıp Yapımında Tekrar Kullanılması	292
4.11	Kum Döngüsü Ve Yenilenme Proseslerinden Kullanılmış Kumun Ve Elek Altının Harici Yeniden Kullanımı	293
4.11	Toz ve Katı Kalıntılar: Arıtma ve Yeniden Kullanım.....	294
4.11	Giriş	294
4.11	Katı Kalıntıların Harici Yeniden Kullanımı (İçin Ön işleme)	295
4.11	Cüruf Oluşumunun En Aza İndirilmesi	297
4.11	Kupol Fırını	298
4.11	Kok Tozunun Toplanması ve Geri Dönüşümü.....	298
4.11	Filtre Tozunun Kupol Fırınına Yeniden Devir Daimi	298
4.11	EAF	302
4.11	(EAF Ergitmesinden Çıkan) Filtre Tozun ve Çamurun Geri Dönüşümü.....	302
4.11	A1 Cürufların ve Kalıntıların Geri Dönüşümü.....	303

4.11	Gürültü Azaltma	303
4.11	Devredışı Bırakma	305
4.11	Çevresel Yönetim araçları	305
5	DÖKÜMHANELER İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER	313
4.11	Genel MET (Dökümhane Endüstrisi İçin)	314
4.11	Demirli Metal Eritme	317
4.11	Demirdışı Metal Eritme	319
4.11	Yitik Kalıp Dökümü	321
4.11	Kokil Kalıpla Döküm	323
6	DÖKÜMHANELER İÇİN GELİŞEN TEKNİKLER	325
5.1	Kupol Fırınında Eritme İşleminde Düşük Maliyetli Yanıcı Maddelerin Kullanımı	325
5.2	Metal İçerikli Filtre Tozunun (Demirli Metal) Geri Dönüşümü	325
5.3	Maça Yapımından Kaynaklanan Atık Gazdan, Gaz Süzmesi Yöntemiyle Amin Geri Kazanımı	326
5.4	Alüminyum Pres – Dökümünde Ayırıcı Madde ile Suyun Ayrı Ayrı Püskürtülmesi	327
5.5	Maça Yapımı İçin Inorganik Bağlayıcı Madde	328
	SONSÖZ	331
5.6	Çalışmanın Zamanlanması	331
5.7	Bilgi Kaynakları	331
5.8	Varılan Fikir Birliğinin Derecesi	332
5.9	Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler	333
5.10	Gelecekteki Ar-Ge Projeleri İçin Önerilen Konular	333
	REFERANSLAR	335
	SÖZLÜK	343
5.11	Kısaltmalar	343
5.12	Terimler	345
5.13	Sözlük	348
	EKLER	351
5.14	Ek 1 Çeşitli Kupol Fırını Türleri ve İndüksiyon Fırınında Döküm Demir Eritmeye Yönelik Verilere Genel Bakış	351
5.15	Ek 2 Büyük Ölçekli Otomotiv Dökümünde Toz kontrol Ekipmanı	361

Şekil Listesi

Şekil 1.1: Çeşitli Avrupa Ülkesi İçin Demirli Döküm Verimlilik Verileri.....	8
Şekil 1.2: Nispi Sektörel Pazar Payları	9
Şekil 1.3: Demir Döküm Ürünleri İçin Piyasasa Payları (İspanya Piyasası İçin Veri).....	9
Şekil 1.4: Çelik Döküm Ürünleri İçin Piyasasa Payları (İspanya Piyasası İçin Veri)	10
Şekil 2.1: Döküm Prosesi.....	13
Şekil 2.2: Döküm Demirin Eritilmesi ve Metal İşlemi için Proses Akışı Diyagramları	16
Şekil 2.3: Çeliğin Eritilmesi ve Metal İşlemi için Proses Akışı Diyagramları.....	18
Şekil 2.4: Ahşap Kalıp.....	23
Şekil 2.5: MaçaSandıkları.....	23
Şekil 2.6: Bir RP Makinesinde Termopolimer (Balmumu) Kalıplar	24
Şekil 2.7: Alüminyum Hurda(solda) ve Külçe (sağda).....	25
Şekil 2.8: Tozlaştırılmış Malzemeler İçin Pnömatik Konveyörler ve Silolar	25
Şekil 2.9: (Soğuk Hava) Kupol Fırnının Şematik Taslağı ve Minyatür Modeli.....	29
Şekil 2.10: Hava Fırın Verimliliğinde Havanın Önısıtılmasının Etkisi	31

Şekil 2.11: Uzun Operasyon Süreli Kupol Fırınının Şematik Sunumu.....	32
Şekil 2.12: EAF Fırını	34
Şekil 2.13: Maçasız İndüksiyon Fırınının Genel Düzeni.....	37
Şekil 2.14: Maçasız İndüksiyon Fırınları	38
Şekil 2.15: Tipik Bir Kanallı Fırın Düzenegi	40
Şekil 2.16: Kanal İndüksiyon Fırını.....	41
Şekil 2.17: Radyan Çatılı Fırını.....	42
Şekil 2.18: Şömine Tipi Bir Fırının Enine Kesiti.....	44
Şekil 2.19: Dikey Fırın.....	46
Şekil 2.20: Potalı Fırınlr.....	47
Şekil 2.21: AOD Dönüştürücü	48
Şekil 2.22: Alüminyum Tel Kullanarak Gerçekleştirilen Deoksidasyon	49
Şekil 2.23: Nodülerizasyon İçin Sandviç Yöntemi.....	51
Şekil 2.24: Dökme İşlemi Sırasında Aşılama	52
Şekil 2.25: Silika Döküm Kumunda Tipik Tane Boyutu Dağılımı.....	55
Şekil 2.26: Çalıştırma ve Kapılama Sistemlerinin Bileşenleri	60
Şekil 2.27: Çeşitli Filtre Türleri.....	60
Şekil 2.28: Tipik Bir Yaş Kum Tesisinin Akış Şeması	61
Şekil 2.29: Çeşitli Kum Karıştırıcıları Türleri.....	61
Şekil 2.30: Vakumda Kalıplama.....	64
Şekil 2.31: Furan Maça.....	66
Şekil 2.32: Soğuk Kutu Maça	68
Şekil 2.33: Kronlama Maçaları (üstte) ve Kalıplar (altta).....	72
Şekil 2.34: Alkol Bazlı Kaplama Malzemesi İle Akıtmalı Kaplama ve Akabinde Ateşleme ve Kurutma İşlemleri	73
Şekil 2.35: Su Bazlı Kaplama Malzemeleri İle Daldırılmalı Kaplama ve Akabinde Sıcak Hava Fırınında Kurutma İşlemi	74
Şekil 2.36: Yitik Köpük Prosesi	75
Şekil 2.37: Yitik Köpük Prosesi İçin Genleşen Polistiren Modeli (sağda) ve Yitik Kalıp Metodu ile Üretilen Bir Döküm Örneği (solda)	76
Şekil 2.38: Hassas Döküm Prosesi	78
Şekil 2.39: Eriyik Metal Dökme İşleminde Kullanılan Dudaklı Dökme Potası.....	80
Şekil 2.40: Eriyik Metal Dökme İşleminde Kullanılan Çaydanlık Tipi Pota.....	80
Şekil 2.41: Eriyik Metal Dökme İşleminde Kullanılan Tabandan Dökümlü Pota	81
Şekil 2.42: Dökme Fırını	81
Şekil 2.43: Otomatik Kalıplama Hattının Sonunda Silkme	82
Şekil 2.44: Düşük Basıncı Bir Kalıp Döküm Makinesinin Çalışma Prensibi.....	83
Şekil 2.45: Düşük Basıncı Kalıp Döküm Makinesi.....	83
Şekil 2.46: Soğuk Oda ve Sıcak Oda Yüksek Basıncı Döküm Cihazları	84
Şekil 2.47: Santrifüj Döküm Makinasının Şematik Sunumu	86
Şekil 2.48: Kesintisiz Dökümde Kullanılan Yiv Döküm Makinesinin Şematik Sunumu.....	87
Şekil 2.49: Çalıştırma ve Kapılama Sisteminin Dökümü	88
Şekil 2.50: Üfleme Yoluyla Kum Kaldırma İşlemi Öncesinde (solda,ortada) ve Sonrasındaki (sağda) Döküm Ürünleri	88
Şekil 2.51: Çapak (solda) ve BilemeTaşı (ortada) ve Sürgü Taşlama İşlemi (sağda) Kullanarak Çapağın Kaldırılması	89
Şekil 2.52: Isıl İşlemin Hemen Ardından Sıcak Dökümün Sulanması.....	91
Şekil 2.53: Tipik Östemperleme Isıl İşlem Aşamaları.....	93
Şekil 3.1: Dökümhanelere Ait Kitle Akış Şeması.....	97
Şekil 3.2: Şebeke Frekanslı Maçasız İndüksiyon Fırınından Kaynaklanan Genel Enerji Kayıpları.....	106
Şekil 3.3: Bir Transfer Tonaj İşlevi Olarak Enerji Tüketimi (kWh/ton) ve Kanal İndüksiyon Fırınları İçin Isı Kaybı	108
Şekil 3.4: AB ülkeleri Tarafından Ton/Yıl oranında Mg Kalıp Döküm ve Cover Gaz (SO ₂ veya SF ₆) Üretimi	119
Şekil 3.5: Dolu ve Boş Kalıplarda Dökme İşlemi Sonrasında Oluşan Atık Gaz Yükü.....	133
Şekil 3.6: Yaş Kum Demir Dökümhanesi İçin Dökme, Soğutma ve Silkme İşlemleri Sonrasında Oluşan Kirleticilerin Emisyon Düzeyleri	136
Şekil 3.7: Yaş Kum Demir Dökümhanesi İçin Dökme, Soğutma ve Silkme İşlemleri Sonrasında Oluşan Partikül Maddelerin Emisyon Düzeyleri	137
Şekil 3.8: Demir Dökümhanelerinde Yaş Kum-Sıvı Metal Oranları	138

Şekil 3.9: Bakır Dökümhanelerinde Yaş kum-Sıvı Metal Oranları	138
Şekil 3.10: İngiltere Dökümhanelerinde Toplam Karışık Kum-Sıvı Metal Oranları.....	139
Şekil 4.1 : 1. Sınıf Magnezyum Hurdanın Eritkensiz Yeniden Eritilmesi İçin Kütle Akım Şeması.....	153
Şekil 4.2: 1. Sınıf Magnezyum Hurdanın Tuz İle Yeniden Eritilmesi İçin Kütle Akım Şeması	154
Şekil 4.3: Çeşitli Oksijen Enjeksiyonu Metodları	162
Şekil 4.4: Üfleme Sonrası Kupola Fırında Döküm Sıcaklığına Üfleme Kesme Periyodlarının Etkisi.....	164
Şekil 4.5: Çift Yönlü İşletimde Koksuz Kupol Fırını	166
Şekil 4.6: Vakum Karıştırıcı-Soğutucu İle Kalıplama-kumunun Hazırlanması.....	187
Şekil 4.7: % 72 Kapasite ile Çalışan Bir Maça Kurutma Sobasının Termal Dengesi	194
Şekil 4.8: Maçaları Mikrodalga İle Kurutmanın Termal Dengesi	196
Şekil 4.9: Aromatik ve VegeTablo Bazlı Solventler Kullanan Çeşitli Proses Adımlarından Kaynaklanan Toplam Karbon Emisyonları	199
Şekil 4.10: Torba Filtre Üniteleri; İç (solda) ve Dış (sağda) Görüntüleri.....	210
Şekil 4.11: Sıcak Havalı Kupol Fırını Çıkış Gazının Sulu ve Kuru Tozsuzlaştırılma İşleminin İşletimsel Koşulları	212
Şekil 4.12: Isı Geri Kazanımı, Soğutma ve Bir Torba Filtre İle Soğuk Hava Kupol Fırınının Akış Listesi	218
Şekil 4.13: Bir Isı Geri Kazanıcı ve Sulu Yıkayıcıya Sahip Sıcak Hava Kupol Fırını.....	221
Şekil 4.14: Bir Isı Geri Kazanıcı ve Torba Filtreye Sahip Sıcak Hava Kupol Fırını.....	222
Şekil 4.15: Soğuk Hava Kupol Fırınında Yakma Sonrası ve Çıkış Gazı Soğutma İlkesi	225
Şekil 4.16: (a) Çatıya Monte Bir Davlumbaz, (b) Yandan Çekimli Bir Davlumbaz ve (c) Dördüncü Bir Delik İçinden Doğrudan Boşaltım Sistemlerinin Ana Çizimleri	227
Şekil 4.17: Bir Silme Izgarası ve Büyük Ççekli yığın Döküm Ürünleri İçin Brülör Odacığı Kapağı s	248
Şekil 4.18: Bir Kupol Fırınının Sulu Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Atık Suyun ve Çamurun Arıtılması	256
Şekil 4.19: Bir Kupol Fırınının Sulu Tozsuzlaştırma İşlemi İçin Su Devresi	258
Şekil 4.20: Bir Kupol Fırını Baca Gazının Sulu Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Çamur İçin Arıtma Sistemi	259
Şekil 4.21: Amin Geri Dönüşüm Tesisi	261
Şekil 4.22: Atık Isının Hurda Kurutma İşleminde Kullanımı.....	264
Şekil 4.23: Bir Buhar Kazanı, Türbin ve Jeneratöre Sahip Bir Sıcak Havalı Kupol Fırınının Şematik Sunumu	266
Şekil 4.24: Isı Geri Kazanımına Sahip Bir Sıcak Havalı Kupol Fırınının Proses Akış Şeması.....	267
Şekil 4.25: Bir Termal/Mekanik Rejenerasyon Sistemi İçin Kum Dengesi Şeması.....	271
Şekil 4.26: Taşlama İşlemi Kullanılarak Gerçekleştirilen Soğuk Mekanik Rejenerasyon.....	275
Şekil 4.27: Hollanda'da Yer Alan Bir Yaş kum Dökümhanesinin Kum Döngüsüne İlişkin İşletim Verileri.....	276
Şekil 4.28: Soğukta Sertleşen Bağlayıcı Madde İçeren Kumun Mekanik Rejenerasyonu İçin Ton Başına Euro Bazında Sabit Maliyetleri	277
Şekil 4.29: Bir Pnömatik Sistem Kullanılarak Gerçekleştirilen Soğuk Mekanik Rejenerasyon.....	280
Şekil 4.30: Karışık Kumların Termal Rejenerasyonu ve Yüksek Düzeyde Mekanik Rejenerasyon İçin Ton Başına Euro Bazında Sabit Maliyetleri	284
Şekil 4.31: Mekanik-Termal-Mekanik Kum Rejenerasyon Ünitesi.....	285
Şekil 4.32: Döner Mekanik Rejenerasyon Ünitesi	290
Şekil 4.33: 20 Günlük Enjeksiyon İşlemi Sonrasında Tuyer Enjeksiyonu İçin Çinko Dağılımı	300
Şekil 4.34: 11 Günlük Şarj İşlemi Sonrasında Şarj Aracılığıyla Devir Daim İçin Çinko Dağılımı.....	301
Şekil 6.1: Su ve Ayırıcı Ajan İçin Ayrı Uçlara Sahip Püskürtme Başlığı	327
Şekil 10.1 : Kupol Fırınında Eritme İşlemine Ait Çeşitli Teknik Değişiklikler İçin Girdi-Çıktı Dengesi	353
Şekil 10.2: Ham madde Maliyeti (Fransa: 1993-2003).....	360
Şekil 10.3: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonlar İçin İzleme Verisi (24 Saat Sürekli İzleme)	362
Şekil 10.4: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonlar İçin İzleme Verisi (2 Hafta Sürekli İzleme)	362
Şekil 10.5: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonlar İçin İzleme Verisi (30 Gün Sürekli İzleme)	363

Tablo Listesi

Tablo 1.1: Demirli Dökümler Örn, Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Avrupa Üretim Verileri (kiloton bazında) 2	
Tablo 1.2: Demirdışı Dökümler İçin Avrupa Üretim Verileri (kiloton bazında)	3
Tablo 1.3: Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Dökümhane (Üretim Üniteleri) Sayısı	4
Tablo 1.4: Demirdışı Dökümler İçin Dökümhane (Üretim Üniteleri) Sayısı	5
Tablo 1.5: Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Döküm Endüstrisindeki İstihdam	6
Tablo 1.6: Demirdışı Dökümler İçin Döküm Endüstrisindeki İstihdam	7
Tablo 2.1: A1 İçin Uygulanan Döküm Tekniklerinin Nispi Payları	19

Tablo 2.2: En Yaygın Çinko Alaşımları, % Üzerinden İçeriği.....	21
Tablo 2.3: Hızlı Prototipleme Tekniklerinin Tanımı.....	24
Tablo 2.4: Demirli Döküm Hammaddelerinden Kaynaklanan Potansiyel Toprak Kirliliği.....	27
Tablo 2.5: Eritme (m) ve Tutunma (h) İçin Fırın Tiplerinin Uygulanabilirliği.....	28
Tablo 2.6: Mevcut İndüksiyon Fırınlarının Frekansları açısından Uygulama Alanları	38
Tablo 2.7: Çeşitli Reçine Türleri ve Uygulanabilirlikleri Üzerine Araştırma.....	58
Tablo 2.8: Doğal Kumun Kompozisyonu.....	62
Tablo 2.9: Yaş kumun Hazırlanmasında Kullanılan Katkı Karışımın Kompozisyonu (Su Hariç)	63
Tablo 2.10: Almanya'da 48 Otomobil Dökümhanesinde Kullanılan Maça Yapımı Prosesleri, 1991	65
Tablo 3.1: Tipik Bir Eritme Fırınının Özellikleri ve Emisyon Verileri.....	98
Tablo 3.2: Çıkış Gazı Arıtma ve Tutma İşlemleri İçin Ortalama Enerji Tüketimi.....	99
Tablo 3.3: Çeşitli Kupol Fırını Türlerinden Çıkan Toz Emisyon Düzeyleri (Ham Kupol Çıkış Gazı).....	99
Tablo 3.4: Kupola ait Toz Emisyon Düzeyleri ve PM Büyüklük Dağılımı.....	100
Tablo 3.5: Kupol Tozunun Genel Bileşimi, Veriler Ağırlık Yüzdesindedir.....	100
Tablo 3.6: Kupol Fırını İçin Yanmamış Üst Gaz Bileşimi.....	101
Tablo 3.7: Farklı Ayarlarda Çalışan Sıcak Hava ve Soğuk Hava Kupolları İçin Emisyon Verileri	102
Tablo 3.8:Tipik Kupol Cürufu Bileşimi.....	102
Tablo 3.9: Çelik Dökümhanelerden Çıkan EAF Tozunun Kimyasal Bileşimi	103
Tablo 3.10: EAF Fırınları İçin Genel Emisyon Değerleri.....	104
Tablo 3.11: EAF Cürufunun Kimyasal Bileşimi	105
Tablo 3.12: IF Toz Emisyon Düzeyi ve PM Büyüklük Dağılımları	106
Tablo 3.13: Dökme Demir Dökümhanelerinde İndüksiyon Fırınlarından Çıkan Tozun Kimyasal Bileşimi	107
Tablo 3.14: Demirli Dökümhanelerde İndüksiyon Fırınında Eritme İşlemi İçin Genel Emisyon Verileri.....	107
Tablo 3.15: İndüksiyon Fırını Cürufunun Kimyasal Bileşimi	108
Tablo 3.16: Demirli Dökümhanelerde Döner Fırından Çıkan Tozun Kimyasal Bileşimi.....	109
Tablo 3.17: Baca Gazı Ekipmanı Olmaksızın Döner Fırın ve Döküm Demir Eritme İçin Ölçülen Emisyonlar	110
Tablo 3.18: Çeliğin AOD İşlemi İçin Tüketim Seviyeleri	111
Tablo 3.19: AOD Cüruf Bileşimi	112
Tablo 3.20: Çeşitli Nodularizasyon Prosedürlerinin Karşılaştırılması	112
Tablo 3.21: Alüminyum Eritmede Kullanılan Genel Fırın Özellikleri ve Emisyon Verileri	114
Tablo 3.22: Dikeç Fırında Alüminyum Eritmeye Yönelik Girdi ve Çıktılar	115
Tablo 3.23: A1 Eriten 2 Ton Eritme Kapasitesine Sahip Bir Dikeç Fırında 6 Günlük Bir Deneme Eritmesinin Sonuçları	115
Tablo 3.24: Bir Yağ Yakmalı Hazneli Tür Fırında Eritme Al İçin emisyon Verileri.....	117
Tablo 3.25: Alüminyumun Potada Eritilmesi İçin Tüketim ve Emisyon Verileri.....	117
Tablo 3.26: Çeşitli İşletme Koşulları Altında Pres Kalıp Döküm İşletimlerinde SF ₆ Kullanımı	118
Tablo 3.27: Kokil Döküm İşletimlerinde SF ₆ Kullanımı	118
Tablo 3.28: Magnezyum Hurda Derece Sınıfları	119
Tablo 3.29: Bir Pirinç Düşük Basıncılı Kalıp Dökme Dökümhanesi İçin (Eritme+Kalıp Döküm İşlemleri) Kütle Balans Verileri	120
Tablo 3.30: Bakır Alaşımlarının Potada Eritilmesinden Çıkan Partikül Emisyonları	121
Tablo 3.31: Çinko Pres Kalıp Döküm için genel Kütle ve Enerji Verileri.....	121
Tablo 3.32: Bazı Toz Azaltma Uygulamalarından Çıkan Mevcut Emisyonlar Örneği	122
Tablo 3.33: Çeşitli Dökümhane Türleri İçin Dioksin Emisyonu Verileri	123
Tablo 3.34: Kupol Fırında Dioksin Emisyonları.....	124
Tablo 3.35: Bağlayıcı Sistemlerin Çevresel Etkileri	126
Tablo 3.36: Egzoz Temizleme Sonrasında Kalıplama Atölyesinden Çıkan Toz Emisyonları İçin Emisyon Değerleri ve Emisyon Ögeleri	126
Tablo 3.37: Kalıp ve Maça Yapımı İçin Toz Emisyonları ve Madde Boyutuna Dair Örnek.....	126
Tablo 3.38: 105 Demir Dökümhanesinden Alınan 105 Kum Numunesi Baz Alınarak Ölçülen Yaş kumun Genel Özellikleri	127
Tablo 3.39: Kimyasal Bağlı Kumun Hazırlanmasında Kullanılan Çeşitli Reçine, Katalizör, Sertleştirici ve Katkı Maddelerinin Bileşim Düzeyleri	128
Tablo 3.40: Kalıp Yapımına Yönelik Emisyon Ögeleri	129
Tablo 3.41: Maça Yapımına Yönelik Emisyon Ögeleri	129
Tablo 3.42: Sıcak Kutu Prosesi Kullanan Pirinç Döküm Maçası İçin Kütle Balans Verileri	131

Tablo 3.43: Yitik Köpük ve Yaş Kum ile Yapılan Alüminyum Dökümünden Çıkan Kalıntı Madde Üretimi İçin Karşılaştırmalı Veriler

131

Tablo 3.44: Yitik Köpük ve Yaş Kum Proseslerini Kullanan Alüminyum Dökümhaneleri İçin Yığın Emisyon Verileri

..... 132

Tablo 3.45: Bağlayıcı Sistemlerin Dökme, Silme ve Soğutma İşlemleri Üzerindeki Çevresel Etkisi 135

Tablo 3.46: Soğukta Sertleşen Reçine Bağlı Kum Kalıplarında Demir Döküm İçin Emisyon Faktörleri..... 135

Tablo 3.47: Baca Gazı Temizliği Sonrasında Ortaya Çıkan Toz Emisyonları İçin Emisyon Değerleri ve Emisyon Faktörleri 137

Tablo 3.48: Ana Alışım Sektörlerine ait Metal Verimi..... 140

Tablo 3.49: Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilen Kullanılmış Dökümhane Kumunun Analizi Sonuçları..... 140

Tablo 3.50: Kullanılmış Dökümhane Kumlarının PAH ve Fenol İçerikleri 141

Tablo 3.51: Alüminyum Pres Kalıp Döküm Üniteleri İçin Kütle Balans Verileri, Egzoz ve Atık Madde Bileşimi 141

Tablo 3.52: Tunç, Pirinç ve Zamak Maddelerinin Dökümüne ait Endikatif Emisyon Ögeleri 142

Tablo 3.53: Alüminyum Dökümlerinde Yandan Taşlama İşlemine Yönelik Girdi-Çıktı Dengesi..... 142

[Tablo 3.54: Çeşitli Tozsuzlaştırma Tekniklerini Kullanan Yüksek Basıncılı Kumlama İşleminde Çıkan Egzoz Gazı İçin Emisyon Verileri](#) 143

Tablo 3.55: Çeşitli Tozsuzlaştırma Tekniklerini Kullanan Çapak Temizleme İşleminde Çıkan Egzoz Gazı İçin Emisyon Verileri..... 143

Tablo 3.56: Çelik Dökümhanelerinde Bitirme İşlemine ait Ortalama Toz Emisyonu..... 143

Tablo 3.57: Belli Hurda Türleri İçin Olası Safsızlıklar 145

Tablo 3.58: Kupol Fırınlarının Sulu Temizleyicilerinden Çıkan Çamurun Susuzlaştırılmasından Kaynaklanan Filtre Atık Maddelerin Kirlenici Yoğunlukları 146

Tablo 4.1: Bölüm 4'te Verilen Her Teknikte Yer Alan Bilgi 147

Tablo 4.2: Sıvı Bağlayıcı Kimyasalların Yanlış Depolanmasından Kaynaklanan Problemler..... 149

Tablo 4.3: Bir Magnezyum Arıtma Tesisi İçin Girdiler ve Çıktılar..... 153

Tablo 4.4: Dökümhane Koklarının Genel Özellikleri..... 157

Tablo 4.5: Dikey Yüksekliği Gereksinimleri..... 158

Tablo 4.6: Dikey Yüksekliğinin Artırılması Sonrasında Kok Tüketimindeki Değişiklik İçin Örnek Veriler..... 159

Tablo 4.7: Koksuz Bir Kupol Fırını İçin Genel İşletimsel Veriler..... 167

Tablo 4.8: Koksuz Kupol ve Sıcak Hava Kupolü İçin Emisyon Verileri..... 168

Tablo 4.9: Sıcak Havalı Kupol Fırınına Nazaran Koksuz Kupolün İşletimsel Maliyetleri (%100 Üzerinden)169

Tablo 4.10: Bir Sıcak Hava Kupolü İçin Oksigaz Brülörlerinin Baca Gazı Bileşimlerine % Üzerinden Etkisi170

Tablo 4.11: Oksigaz Brülörlerine Sahip Olan Ya Da Olmayan Soğuk Havalı Kupol İçin Operasyonel Maliyetler

..... 171

Tablo 4.12: Normal Cüruf ve Köpük Cürufa Sahip EAF Fırınında Eritme İşlemi İçin Enerji ve Sıcaklık Verileri

.....172

Tablo 4.13: Enerji Tüketimleri Tablosu (Minimum Eriyik) 177

Tablo 4.14: Döküm Demir Eritme İşlemi İçin Eritme Ekipmanı Teknik Seçimi..... 179

Tablo 4.15: Mevcut Kupolün Döner veya İndüksiyon Fırını İle Değiştirilmesi İçin Örnek Tesis Maliyeti 180

Tablo 4.16: Koruyucu Gaz Atmosferleri İçin Kullanılan SO₂ ve SF₆ nın Maliyet Karşılaştırması 182

Tablo 4.17: 1000 ton/yıl Mg'lık Çıktıya Sahip Yeni Bir Kalıp Döküm Tesisi İçin İşletim ve Mali Veriler 183

Tablo 4.18: Bir Çark İstasyonu İçin Yatırım Maliyetleri..... 184

[Tablo 4.19: Çeşitli Kalıplama Türlerinin Uygulanabilirliği](#)..... 185

Tablo 4.20: Çeşitli Kalıplama Türlerinin Teknik Özellikleri 186

Tablo 4.21: Proses Değişkenleri ve Bunların Karıştırıcı Performansını Nasıl Gösterdikleri 189

Tablo 4.22: Örnek Tesis Karıştırıcısı Kontrolü İçin Yıllık Tasarruflar, Maliyet ve Geri Ödeme..... 190

Tablo 4.23: Sıcak Hava ve Mikrodalga Fırınları Kullanılarak Maça Yapımı İşleminin Test Kampanyasının Sonuçları

..... 196

Tablo 4.24: Alüminyum Dökümhanelerinde Soğuk Kutu Maça Sistemleri İçin Silme Izgarası ve Egzoz Hava

Yığımında Ölçülen Emisyon Verileri 198

Tablo 4.25: VegeTablo Bazlı ve Soğuk Kutu Maça Sistemlerinden Çıkan Seçilmiş Bileşenlerin Emisyonları (%) 198

Tablo 4.26: Çeşitli Yöntemler Kullanılarak Benzer Bir Döküm Demir Kompresör Dökümünün Üretimi İçin Operasyonel Veriler 201

Tablo 4.27: Alüminyum Yitik Köpük Dökümhanesi İçin Ekonomik Veriler..... 201

[Tablo 4.28: Kum Döküm İşlemine Nazaran Vanaların Seramik Kapak Dökümü İçin Nispi Ağırlık Azaltımı](#)..... 202

Tablo 4.29: Farklı Demir Döküm Türleri İçin Genel Metal Verimleri 205

Tablo 4.30: 82 İngiltere Demirli Dökümhanesindeki Verim Performansının Ölçülen Ortalaması, 1981 - 1987....	205
Tablo 4.31: Farklı Demirli Dökümhane Aşamalarından Kaynaklanan Hava Emisyonlarına İlişkin Araştırma	207
Tablo 4.32: Dökümhaneler İçin Sulu ve Kuru Azaltma Sistemlerinin Özellikleri.....	212
Tablo 4.33: Çeşitli Azaltma Sistemleri İçin Yatırım ve Enerji Tüketimi Verileri	213
Tablo 4.34: HBC'ye İlave Edilen Karbon Enjeksiyon Tesisatı İçin Yatırım Maliyeti Tahmini	215
Tablo 4.35: HBC'ye İlave Edilen Karbon Enjeksiyon Tesisatı İçin Toplam Maliyetler.....	216
Tablo 4.36: Toz Azaltma İçin Bir Torba Filtreye Sahip Soğuk Hava Kupol Fırınlarına Dair İşletim Verileri	220
Tablo 4.37: Toz Yakalama İçin Bir Torba Filtreye Sahip Sıcak Hava Kupol Fırınlarına Dair İşletim Verileri	223
Tablo 4.38: Sıcak Hava Kupol Fırınların Enerji Tüketimi.....	224
Tablo 4.39: Su Soğutma (sağda) ve Hava Soğutma (solda) İşlemlerini Kapsayan Patlama Sonrası Uygulamasını Kullanan İki Örnek Konfigürasyona Dair İşletim Verileri	226
Tablo 4.40: Baca Gazlarının Su Soğutma (sağda) ve Hava Soğutma (solda) İşlemlerini Kapsayan Patlama Sonrası Uygulaması İçin Analitik Sonuçlar ve Uygulanabilir (Fransız) Mevzuatı	226
Tablo 4.41: EAF Egzoz Yakalama Sistemlerinin Genel Egzoz Akış Oranları (m ³ /s) ve Partikül Kaldırma Etkinliği	228
Tablo 4.42: EAF Baca Gazı Yakalama ve Temizleme Ekipmanı İçin Maliyet Verileri.....	230
Tablo 4.43: İndüksiyonda Eritme ve Torba Filtreli Bir Merkezi Egzoz Sistemini Kullanan Bir Döküm Demir Dökümhanesi İçin Emisyon Verileri	233
Tablo 4.44: Çeşitli Nihai Toz Emisyon Seviyelerine Sahip İndüksiyon Fırınlarında Bir Torba Filtre Ünitesi İçin Yatırım Maliyeti ve Güç Tüketimi	233
Tablo 4.45: Boşaltma ve Döküm Sırasında Görülür Dumanlar İçin Bir Azaltma Sisteminin Kurulması İçin Bir Maliyet Tahmini	235
Tablo 4.46: MgO Dumanı Azaltma İçin Maliyet Hesaplaması.....	238
Tablo 4.47: Kalıplama ve Döküm Sonrası Alanlardan Kaynaklanan Toz Emisyon Değerleri	239
Tablo 4.48: Bir Asit Temizleyici Kullanan Bir Soğuk Kutu Maça Yapımı Alanı İçin Emisyon Değerleri	241
Tablo 4.49: Soğuk Kutu Maça Alanı Egzozuna Ait Bir Amin Temizleyici İçin Şartname ve Yatırım ..	241
Tablo 4.50: Soğuk Kutu Maça Yapımı Çıkış Gazının Biofiltrasyonu İçin İşletim Verileri.....	243
Tablo 4.51: Yaş Kum Dökme ve Bir Soğutma Hattından Kaynaklanan Egzozun Biofiltrasyonu İçin Emisyon Verileri	244
Tablo 4.52: EP-temiz HPDC Çıkış Gazından Kaynaklanan Emisyon Verileri.....	245
Tablo 4.53: Çeşitli Kaplama İşlemi İçin Toz Yakalama Tekniklerinin Uygulanabilirliği	250
Tablo 4.54: Doğal Gaz Brülör Sistemine Geçtikten Önce ve Sonra Bir Isıl İşlem Fırınından Kaynaklanan Emisyon Seviyeleri	252
Tablo 4.55: Sulama Banyoları İçin Duman toplama Tekniklerinin Uygulanabilirliği.....	253
Tablo 4.56: Örnek Dökümhane İçin Üretim ve Su Tüketimi Verileri (yıllık bazda).....	257
Tablo 4.57: Çamur Arıtma İşlemini Kapsayan Bir Atık Su Sisteminin Genişletilmesi İçin Bertaraf Maliyetleri259	
Tablo 4.58: Demirdışı ve EAF Çelik Dökümhanede Genel Enerji Tüketimi.....	263
Tablo 4.59: Monokumlar İçin Farklı Rejenerasyon Sistemlerinin Uygulama Alanları	270
Tablo 4.60: Karışık Kumlar İçin Farklı Rejenerasyon Sistemlerinin Uygulama Alanları	270
Tablo 4.61: Çeşitli Kum Rejenerasyonlarının Çeşitli Kum türlerine Uygulanabilirliği.....	271
Tablo 4.62: Rejenere Kaynak Kumlarının Çeşitli Bağlayıcılar İle Uyumluluğu	272
Tablo 4.63: Birincil Yeniden Kullanma Uygulamasının Maliyet Kazançları.....	274
Tablo 4.64: Termal Kum Rejenerasyonunu Uygulayan 3 Alman Referans Dökümhanesine Ait İşletim Verileri	283
Tablo 4.65: Mekanik-Termal-Mekanik (Pnömatik- Akışkan Yataklı-Pnömatik) İşlem Sistemine Ait İşletim Verileri	286
Tablo 4.66: Bir Silikat Kumu Rejenerasyon Ünitesine Ait İşletim Verileri	290
Tablo 4.67: Katı Kalıntıların Harici Yeniden Kullanımı İçin Gerekli İşlemler ve Muhtemel Kısıtlamalar	295
Tablo 4.68: Katı Dökümhane Kalıntıları İçin Harici Yeniden Kullanım Uygulamalarının Özeti (1999'daki durum)	296
Tablo 4.69: Kupol Fırını Tozunun Devir Daimi İçin Enjeksiyon Tekniklerinin Özellikleri.....	299
Tablo 5.1: Demirli Metal Eritme ve Arıtma İŞLEMİ İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyon	319
Tablo 5.2: Demirli Metallerin Kupol Fırında Eritilmesi İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar	319
Tablo 5.3: Demirli Metallerin EAF Fırında Eritilmesi İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar	319
Tablo 5.4: Demirli Metallerin Döner Fırında Eritilmesi İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar	319
Tablo 5.5: Alüminyumun Eritilmesi İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar.....	321

Tablo 5.6: Yitik Kalıpların Kullanıldığı Kalıplama ve Döküm İşlemleri İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar 323

[Tablo 5.7: Kalıcı Kalıp Dökümü İçin BAT'ın Kullanımı İle Bağlantılı Havaya Emisyonlar \(HPDC Dahil\) 324](#)

Tablo 10.1: Soğuk Hava Kupol İçin İşletim Verileri (10 ton/s) 354

Tablo 10.2: Sıcak Hava Uzun Çalışma Süreli Kupol İçin İşletimsel Veriler (10 ton/s) 355

Tablo 10.3: Koksuz Kupol ve Hava Ön Isıtmalı Sıcak Havalı Kupol İçin İşletim Verileri 356

Tablo 10.4: Sıvı Döküm Demir Maliyetlerinin Karşılaştırılması –Haziran 2003. Kitle Üretim - 10 t/s 357

Tablo 10.5: Lamelar Dökme Demirin Fiyatı: Metalik Şarj + Enerji..... 358

Tablo 10.6: Nodüler Döküm Demirin Fiyatı: Metalik Şarj + Enerji 35

KAPSAM

Bu belge, IPPC Direktifi'nin I.Eki'nde yer alan örn. 2.3 (b), 2.4 ve 2.5 (b) kategorileri kapsamındaki faaliyetler hakkında bilgi alışverişini yansıtmaktadır.

"2.3 Demirli metallerin işlenmesi için tesisatlar:

(b) Kullanılan kalorifik gücün 20 MW'ı aştığı, çekiç başına 50 kilojul aşan enerjiye sahip çekiçli demirhaneler

2.4. Günde 20 tondan fazla üretim kapasitesi olan demirli metal dökümhaneler

2.5. Tesisatlar

(b) Kurşun ve kadmiyum için günde 4 tonu aşan ya da diğer tüm metaller için günde 20 tonluk bir eritme kapasitesine sahip olan geri kazanılan ürünler (rafınaj, dökümhanede döküm, vb) de dahil olmak üzere, demir-dışı metallerin alaşımını da kapsayan izabe işlemi."

Bu belge için çalışma kapsamı oluşturulurken, TWG eşik değerlerin olası yorumlarını dikkate almıştır. TWG, önceden tanımlanmış IPPC kapsamını, Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerde yukarıdaki tanımları karşılayan tesislerin fiili varlığı ile karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma, aşağıdakileri kapsayan bir çalışma kapsamı ile sonuçlanmıştır:

- Demirli malzemelerin dökümü, örn. gri dökme demir, dövülebilir ve küresel dökme demir, çelik
- Demir dışı malzemelerin dökümü, örn. alüminyum, magnezyum, bakır, çinko, kurşun ve alaşımları.

Hiçbir Avrupa demirhanesinin Ek I 2.3 (b)'de belirtilen koşulları örn."Kullanılan kalorifik gücün 20 MW değerini aştığı (ve) çekiç başına 50 kilojul değerini aşan enerjiye sahip çekiçli demirhaneler" karşılamadığı kaydedilmesi dolayısıyla demirhaneler belgenin kapsamı dışında tutulmuştur. Buna göre, kadmiyum, titanyum ve değerli metaller dökümhanelerin yanı sıra çan ve sanat dökümevleri, kapasite gerekçesiyle belge kapsamında yer almamaktadır.

Sürekli döküm (levha ve plaka haline), demir ve çelik üretimi ve demir dışı metal sanayi hakkındaki BREF belgeleri halihazırda kapsam dahiline alınmıştır. Bu nedenle bu belgede ele alınmamıştır.

Demir dışı metallerin izabe, alaşım ve rafınaj işlemleri, demir dışı metal sanayi hakkındaki BREF belgesinde ele alınmıştır ve bu nedenle bu belgenin kapsamı dışında tutulacaktır. Bu belgede demir dışı metaller kapsanması hususunda, sürecin, külçe ve iç hurda ya da sıvı metalin eritilmesi ile başlayacağı kabul edilir.

Süreç baz alındığında, bu belgenin kapsamı aşağıdaki döküm prosesi adımlarını ele alınmaktadır:

- Kalıp yapımı
- Hammadde depolama ve işleme
- Eritme ve metal işleme
- Kalıp ve maça üretimi ve kalıplama teknikleri
- Döküm veya dökme ve soğutma
- Kalıp Bozma
- Bitirme
- Isıl işlem.

1 DÖKÜMHANELERE DAİR GENEL BİLGİ

1.1 Sektöre Genel Bakış

1.1.1 Döküm Sanayisi

Dökümhaneler, demir ve demir dışı metalleri ve alaşımları eritir ve eriyik metal veya alaşımın bir kalıba dökme ve katılaştırma yoluyla yeniden şekillendirerek nihai şekil ve ürünlere dönüştürür. Döküm sanayi, farklılaşmış ve çeşitli bir sanayidir. Dökümhaneler, her birinin girdiye uyacak şekilde seçilen teknoloji ve ünite işletimlerinin belirli bir tesiste üretilen serilerin boyutu ve ürünün türü ile kombinasyonuna sahip olan küçükten çok büyük tesislere kadar geniş bir yelpazede tesisten oluşmaktadır. Sektör içindeki organizasyon, demir ve demir dışı dökümhaneler arasında yapılan ana ayrım ile birlikte metal girdinin tipine dayanmaktadır.

Avrupa döküm endüstrisi demir döküm için dünyanın en büyük üçüncü, demir dışı döküm için ise en büyük ikinci döküm endüstrisidir. Avrupa Birliği'nde döküm ürünleri toplam üretimi Tablo 1.1 ve Tablo 1.2'de verilmiştir. Kuzey İrlanda, Lüksemburg ve katılımcı ülkelerin bazıları için veri sunulmamıştır ancak, bu bölgelerdeki faaliyetin listede yer alan bölgelere göre düşük olduğu bilinmektedir. Almanya, Fransa ve İtalya, her biri için iki milyon tonun üzerinde bir toplam döküm ürünü yıllık üretim ile Avrupa'nın en büyük üç üretim ülkesidir. İspanya son yıllarda, bir milyon tonun üzerinde bir döküm ürünü üretimine sahip olan İngiltere'nin yerini alıp dördüncü sıraya yerleşmiştir. Buna ek olarak, ilk beş ülke Avrupa toplam üretiminin % 80'inden fazlasını üretir.

Tek tek ülkeler için bazı dalgalanmalar meydana gelse de Avrupa'da toplam demir döküm üretim tonajı, son beş yılda istikrar göstermiştir. Örneğin İspanya için trend büyümeye yönelik iken, İngiltere için verilen rakamlar, üretim çıktısında genel bir düşüş trendinin varlığına işaret etmektedir. Demir dışı döküm sektöründe 1998 yılından bu yana istikrarlı bir büyüme gerçekleşmiştir. 2001 yılı için toplam rakam, İngiltere'ye ait veri eksikliği nedeniyle net değildir. Genel olarak, Tablo 1.2 'de görülebildiği üzere çoğu ülkede üretimi artmıştır. Bu durum sadece büyük üretici ülkeler için değil, aynı zamanda düşük miktarda üretime sahip ülkeler için de geçerlidir.

Ülke	1998	1999	2000	2001	2002	2000:2001	2001:2002
						% değişim	
Avusturya	190.1	181.7	191.4	192.4	181.2	0.5	-5.8
Belçika	144.4	149.3	149.8	149.5	143.7	-0.2	-3.9
Çek Cumhuriyeti	493	379.1	390.3	415.3	381.6	6.4	-8.1
Danimarka	85.8	86	96.4	85.7	87.3	-11.1	1.9
Estonya	n.d	n.d	0.94	1.07	1.1	13.8	2.8
Finlandiya	122.6	109	117.6	119.5	112.5	1.6	-5.8
Fransa	2250.8	2146.6	2283.1	2147.4	2128.6	-5.9	-0.9
Almanya	3662.9	3555.2	3758.2	3801.4	3749.7	1.1	-1.4
İngiltere	1076.3 ^a	949.2 ^a	968.2 ^a	906.3 ^a	886.3 ^a	-6.4	-2.2
Macaristan	78.1	68.7	74.8	62.8	67.9	-16.0	8.2
İrlanda	450	480	520	275	n.d	-47.1	
İtalya	1508.4	1492.6	1516.4	1433.3	1460.9	-5.5	1.9
Hollanda	140.6	121	136	132.3	123.7	-2.7	-6.5
Norveç	65.3	67.7	70.1	73.4	67.3	4.7	-8.3
Polonya	675	610.2	671.2	673	598.0	0.3	-11.1
Portekiz	98.6	97.7	102.3	100	96.7	-2.2	-3.3
Slovakya	n.d	n.d	n.d	47.5	n.d		
Slovenya	89.8	81.9	86.9	96.3	n.d	10.8	
İspanya	706.6	759.3	950.5	955.7	992.9	0.5	3.9
İsveç	264.2	253.2	266.7	244.7	234.6	-8.2	-4.1
İsviçre	122.8 ^b	122 ^b	119.9 ^b	105.5 ^b	81.8 ^b	-12.0	-22.5
Toplam	12225	11710	12471	12018	11396		
Tam Toplam^c				12018	11815		

a) Çelik döküm ürünleri olmaksızın

b) Çelik ve dövülebilir demir döküm ürünleri olmaksızın

c) Hakkında veri sunulmayan yıllar için mevcut en son numaraları kullanarak hesaplanan tam toplam

Tablo 1.1: Demirli Dökümler Örn, Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Avrupa Üretim Verileri (kiloton bazında) [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Demirli dökümhaneler için son yıllarda malzeme ikamesinin ilerlemesi, demir döküm üretimindeki toplam payını 2001 yılında % 58,9 iken 2002 yılında % 58,2'ye kadar gerilemiş ve kısmi olarak üretimdeki payının düşmesine sebep olmuştur. Aynı zamanda, nodüler demir döküm üreticileri 2001 yılına göre 0,5 puanlık bir artış ile 2002 yılında toplam üretimde % 34,3 'lük bir paya sahip olmuştur. Dövülebilir döküm üreticileri 2001 yılında %1,1 olan payını 2002 yılında %1,3'e çıkarmayı başarırken çelik dökümlerin toplam üretimdeki payı 2002 yılında %5,8 civarında seyretmiştir (2001 yılında %5,9).

Ülke	1998	1999	2000	2001	2002	2000:2001	2001:2002
						% değişim	
Avusturya	90.4	92.4	105.9	113.3	116.2	7.0	2.6
Belçika	25.3	23.8	27.2	26.3	26.7	-3.3	1.6
Çek Cumhuriyeti	44.8	48	57.7	58.1	59.6	0.7	2.6
Danimarka	1.7 ^a	4	4	4.8	4.6	20.0	-3.2
Estonya	n.d	n.d	0	0	0		
Finlandiya	10.5	10	10	10	9.7	0.0	-3.3
Fransa	338.2	343.8	373.9	394.7	390.3	5.6	-1.1
Almanya	783.9	777	842.1	849.6	845.8	0.9	-0.4
İngiltere	121 ^a	n.d	n.d	n.d	n.d		
Macaristan	24.8	35	44.8	58.4	68.3	30.4	16.9
İrlanda ^b	25.8	25.8	26	26.6	n.d	2.3	
İtalya	832.3	832.1	959.1	960	979.7	0.1	2.1
Hollanda	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
Norveç	22.2	25.2	26.4	30.9	26.7	17.0	-13.5
Polonya	66.5	84	84	72.2	76.3	-14.0	5.7
Portekiz	17.5	21.2	22.6	25.4	25.6	12.4	0.6
Slovakya	n.d	n.d	n.d	7.6	n.d		
Slovenya	15.9	17.3	23.6	24.8	n.d	5.1	
İspanya	140.7	153.6	121.1	142.1	149.9	17.3	5.5
İsveç	51.8	55.7	58.5	53.3	52.9	-8.9	-0.8
İsviçre	22.3	22.9	25.1	24.1	21.1	-4.0	-12.3
Toplam	2636	2572	2812	2481	2853		
Tam Toplam ^c				2602	3033		

a) Sadece alüminyum

b) Sadece bakır levha üretimi

c) Hakkında veri sunulmayan yıllar için mevcut en son numaraları kullanarak hesaplanan tam toplam

Tablo 1.2: Demir dışı Dökümler İçin Avrupa Üretim Verileri (kiloton bazında) [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Demir dışı metal alaşımları çıktısında bir önceki yıla göre 3.5 puanlık bir düşüşe rağmen,% 75.1'lik bir pay ile hafif metal döküm hakimdir. Bakır alaşımlarının payı 10.1'den % 9,8'e ve çinko alaşımları üreticilerinin sahip olduğu pay benzer şekilde 8.7'den % 7.3' inmiştir. Fark, istatistiklerde ayrıntılı olarak verilen muhtelif demir dışı metaller ve prosesler ile absorbe edilmiştir.

Dökümhane sayısı ile ilgili veriler, Tablo 1.3 ve Tablo 1.4 'te verilmiştir. Bu veriler, 1998 yılından bu yana, her yıl mevcut dökümhanelerde yaklaşık %5 azalma ile dökümhane sayısında genel bir düşüş olduğunu göstermektedir. Bu düşüş aynı zamanda, Tablo 1.5 ve Tablo 1.6 'da verilen istihdam rakamlarına da yansımaktadır.

Ülke	1998	1999	2000	2001	2002	2000:2001	2001:2002
						% değişim	
Avusturya	28	26	25	24	41	-4.0	70.8
Belçika	40 ^a	25	24	21	21	-12.5	0.0
Çek Cumhuriyeti	n.d	n.d	n.d	140	143		2.1
Danimarka	n.d	n.d	12	12	12	0.0	0.0
Estonya	n.d	n.d	1	1	1	0.0	0.0
Finlandiya	19	23	20	19	19	-5.0	0.0
Fransa	169	167	167	163	159	-2.4	-2.5
Almanya	324	310	299	288	273	-3.7	-5.2
İngiltere	228 ^b	214 ^b	198 ^b	188 ^b	179 ^b	-5.1	-4.8
Macaristan	34	34	32	33	n.d	3.1	
İrlanda ^b	n.d	n.d	n.d	1	n.d		
İtalya	310	307	293	291	281	-0.7	-3.4
Hollanda	22	n.d	n.d	28	n.d		
Norveç	12	12	12	11	11	-8.3	0.0
Polonya	234	230	230	220	190	-4.3	-13.6
Portekiz	62	61	61	61	61	0.0	0.0
Slovakya	n.d	n.d	n.d	12	n.d		
Slovenya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
İspanya	224	221	105	102	98	-2.9	-3.9
İsveç	48	49	49	49	50	0.0	2.0
İsviçre	23	23	23	22	20	-4.3	-9.1
Toplam	1777	1702	1551	1686	1559		
Tam Toplam ^c			1732	1686	1633		
a) Sadece üyeler b) Çelik döküm ürünleri olmaksızın c) Hakkında veri sunulmayan yıllar için mevcut en son numaraları kullanarak hesaplanan tam toplam							

Tablo 1.3: Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Dökümhane (Üretim Üniteleri) Sayısı [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Ülke	Toplam		Pres Kalıp Döküm		Diğer Hafif Döküm		Diğer Ağır Metal alaşım Dökümü	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Avusturya	63	61	20	21	28	25	15	15
Belçika	12	10	3	3	6	5	3	2
Çek Cumhuriyeti	58	63	39 ^a	40	n.d	n.d	n.d	23
Danimarka	8	8	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	
Estonya	0	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	22	25	4	6	11	12	7	7
Fransa	288	283	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Almanya	414	400	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
İngiltere	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Macaristan	78	n.d	23	n.d	35	n.d	20	n.d
İrlanda ^b	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
İtalya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Hollanda	10	13	3	3	7	6		4
Norveç	290	280	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Polonya	67	54	38	32	12	9	17	13
Portekiz	7	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Slovakya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Slovenya	55 ^b	57	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
İspanya	84	84	43	n.d	29	n.d	12	n.d
İsveç	49	48	15	14	23	23	11	11
Toplam	1505	1386	149	119	151	80	85	75
a) Tüm hafif döküm işlemlerini kapsar								
b) Sadece üyeler								

Tablo 1.4: Demir dışı Dökümler İçin Dökümhane (Üretim Üniteleri) Sayısı [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Ülke	1998	1999	2000	2001	2002	2000:2001	2001:2002
						% değişim	
Avusturya	3465	3314	3342	3936	3067	17.8	-22.1
Belçika	2823	2299	3260	1847	1936	-43.3	4.8
Çek Cumhuriyeti	n.d	n.d	n.d	17536	14847		-15.3
Danimarka	n.d	n.d	1481	1393	1290	-5.9	-7.4
Estonya	n.d	n.d	125	133	129	6.4	-3.0
Finlandiya	2326	2058	2027	2090	2045	3.1	-2.2
Fransa	26407 ^a	25714	25613	24871	24651	-2.9	-0.9
Almanya	46944	45157	44896	44796	42748	-0.2	-4.6
İngiltere	24000 ^b	20000 ^b	18000 ^b	16500 ^b	15900 ^b	-8.3	-3.6
Macaristan	3485	3285	3175	2734	n.d	-13.9	
İrlanda ^b	502	503	509	309	n.d	-39.3	
İtalya	22050	22200	22100	21400	20630	-3.2	-3.6
Hollanda	2462	2122	2119	2148	1830	1.4	-14.8
Norveç	1864	1706	1730	1754	1564	1.4	-10.8
Polonya	33600	28500	26800	26370	24500	-1.6	-7.1
Portekiz	2649	2800	2782	2780	2710	-0.1	-2.5
Slovakya	n.d	n.d	n.d	1925	n.d		
Slovenya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
İspanya	13860	14040	11803	11006	11385	-6.8	3.4
İsveç	3650	3650	3650	3800	3800	4.1	0.0
İsviçre	2400	2300	2400	2400	1930	0.0	-19.6
Toplam	192487	179648	175812	189728	174962		
Full total ^c			195273	189728	179930		

a) Serilerin devamlılığında ara

b) Çelik döküm ürünleri olmaksızın

c) Hakkında veri sunulmayan yıllar için mevcut en son numaraları kullanarak hesaplanan tam toplam

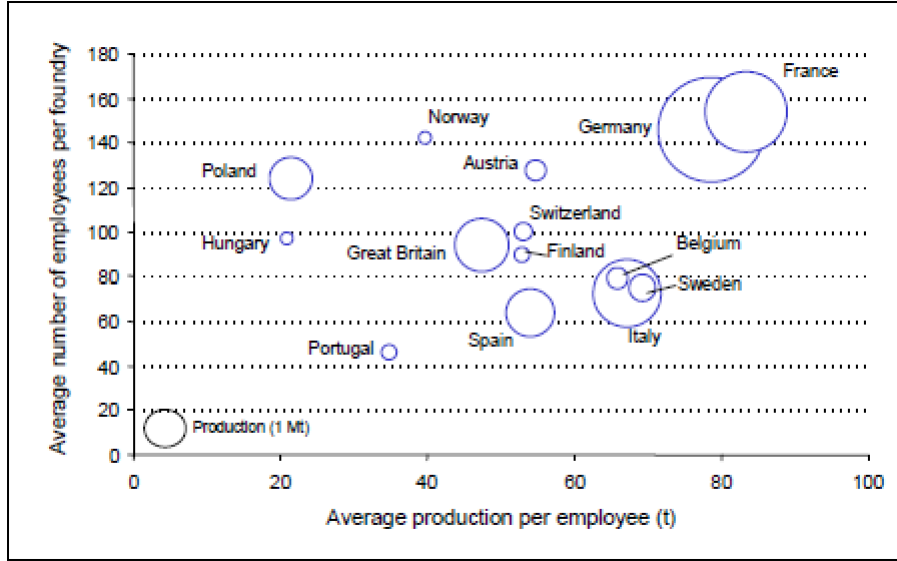
Tablo 1.5: Demir, Çelik ve Dövülebilir Demir Dökümler İçin Döküm Endüstrisindeki İstihdam [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Ülke	1998	1999	2000	2001	2002	2000:2001	2001:2002
						% değişim	
Avusturya	4029	4179	4349	4585	4398	5.4	-4.1
Belçika	1824	803	800	n.d	558		
Çek Cumhuriyeti	n.d	n.d	n.d	5083	5374		5.7
Danimarka	n.d	n.d	377	372	349	-1.3	-6.2
Estonya	n.d	n.d	0	0	0		
Finlandiya	708	744	884	718	730	-18.8	1.7
Fransa	17926	17821	17651	17932	17720	1.6	-1.2
Almanya	32000	33000	33000	34500	34390	4.5	-0.3
İngiltere	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
Macaristan	3208	3941	5503	4702	n.d	-14.6	
İrlanda ³	70	70	70	70	n.d	0.0	
İtalya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
Hollanda	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
Norveç	1271	1411	1483	1491	1307	0.5	-12.3
Polonya	4433	6500	6200	4130	4100	-33.4	-0.7
Portekiz	1200	1230	1280	1380	1350	7.8	-2.2
Slovakya	n.d	n.d	n.d	845	n.d		
Slovenya	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d		
İspanya	5650	5620	4810	5034	4994	4.7	-0.8
İsveç	3700	3700	3700	3700	3700	0.0	0.0
İsviçre	1900	2000	2100	2200	1900	4.8	-13.6
Toplam	77919	81019	82207	86742	80870		
Tam Toplam^b			88135	87300	86487		

a) Sadece kurşun
b) Hakkında veri sunulmayan yıllar için mevcut en son numaraları kullanarak hesaplanan tam toplam

Tablo 1.6: Demir dışı Dökümler İçin Döküm Endüstrisindeki İstihdam [168, CAEF, 2002], [202, TWG, 2002]

Tablolar, Avrupa'daki üretim seviyelerini nispeten sabit olduğunu veya kısmen yükseldiğini, ancak bu üretimin artık daha az ünite ve daha az çalışandan kaynaklandığı sonucunu göstermektedir. Bu durum, döküm ünitelerinde gerçekleştirilen artımlı yükseltme ve otomasyon işlemleri ile açıklanabilir. Ünite büyüklüğü ve üretim ve istihdam arasındaki ilişki Şekil 1.1 'de gösterilmiştir. Bu durum aynı zamanda büyük Batı Avrupa (Almanya, Fransa) üreticilerinin daha az kişi ile yüksek verimliliklere ulaşmak istediklerini gösterir. Doğu ve Güney Avrupa'da (Polonya, Macaristan, Portekiz) daha emek-yoğun üniteler bulunmaktadır.

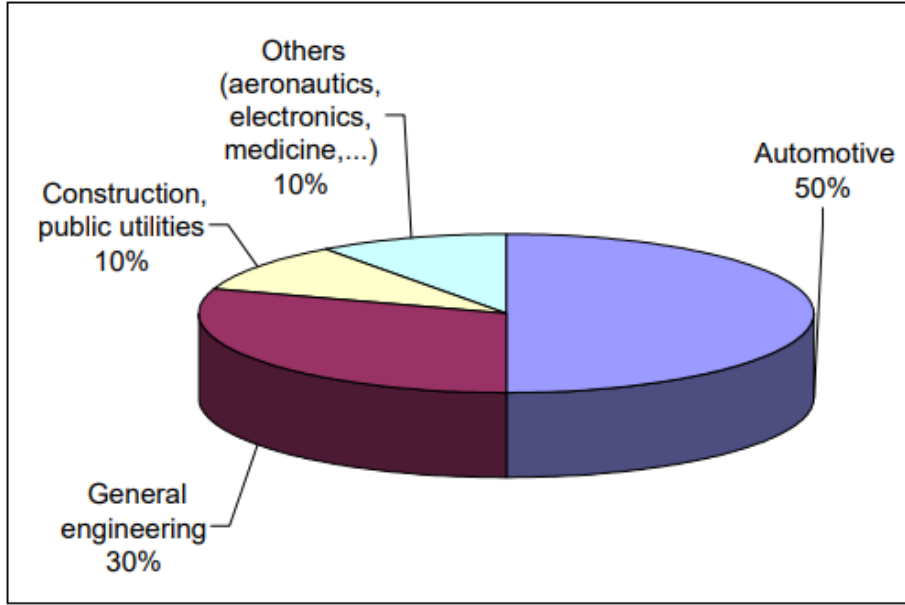


Şekil 1.1: Çeşitli Avrupa Ülkesi İçin Demirli Döküm Verimlilik Verileri

Metal döküm, M.Ö. 3000'den ötesine uzanan eski bir faaliyettir. Avrupa döküm sanayinin gelişmesi hem metal hem de otomotiv sanayi gelişimi ile bağlantılıdır. Mevcut dökümhanelerin geçmişi genellikle 20. yüzyılın başına kadar uzanır. Başlangıçta genellikle şehirlerin dışlarında bulunmaktaydılar, ancak çevrelerindeki köy ve kentlerin büyümesiyle artık genellikle yerleşim yerleri ile çevrilidir. Dökümhane sektörü temelde bir KOBİ sektörüdür ve şirketlerin %80'i 250'den az kişi istihdam etmektedir. Genel olarak döküm ürünleri, yarı mamul ürünler olduğundan, dökümhaneler müşterilerine yakın bir mesafede bulunmaktadır.

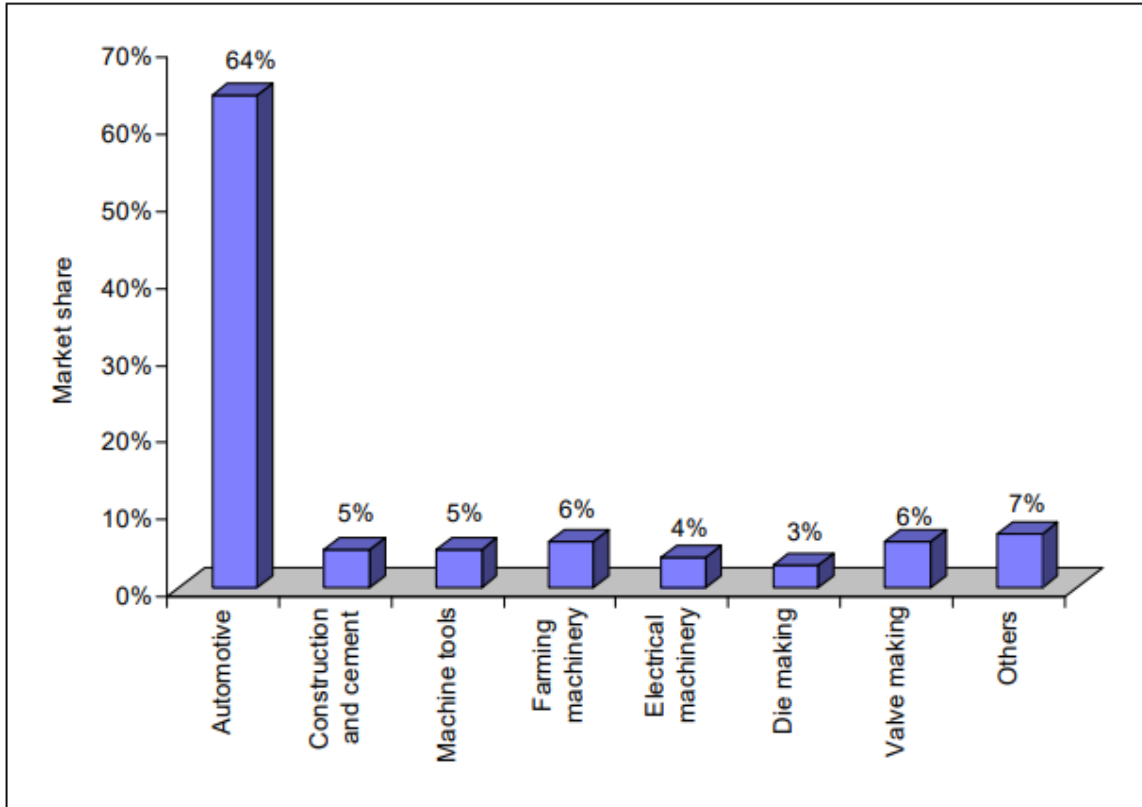
1.1.2 Döküm Pazarları

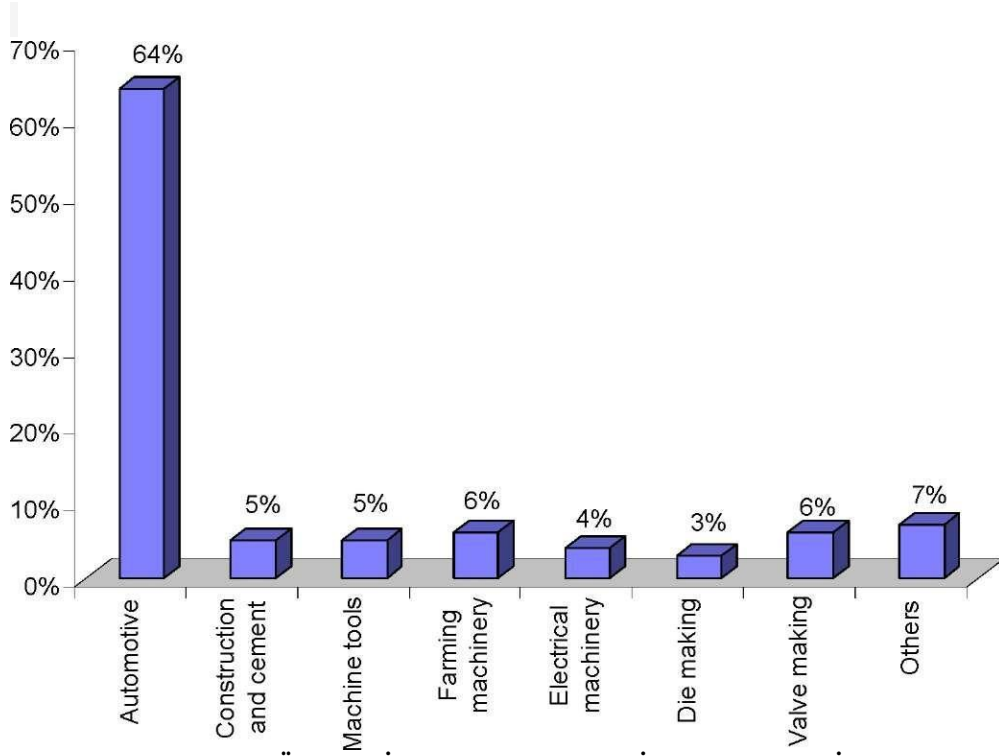
Dökmecilik sanayisinin hizmet sağladığı ana pazarlar temel olarak otomotiv, genel mühendislik ve inşaat sektörleridir. Döküm endüstrisi için yeni pazarlar olarak bu sektörlerin payları Şekil 1.2 'de verilmiştir. Otomotiv sektörüne olan yüksek bağımlılık, döküm sektörü faaliyetlerinde önemli bir etkiye sahiptir ve ekonomi, konum, kalite standartları, çevre standartları, yeni gelişmeler vb gibi çeşitli etkenler ile ilişkilidir. Otomotiv sektöründeki daha hafif araçlara yönelik bir kayma, bu bağımlılığa bir örnek olarak alüminyum ve magnezyum döküm için artan bir talep (ve dolayısıyla pazar) ile bu sektörlerin büyümesini sağlayarak, döküm sanayisinde yansıtılmıştır.



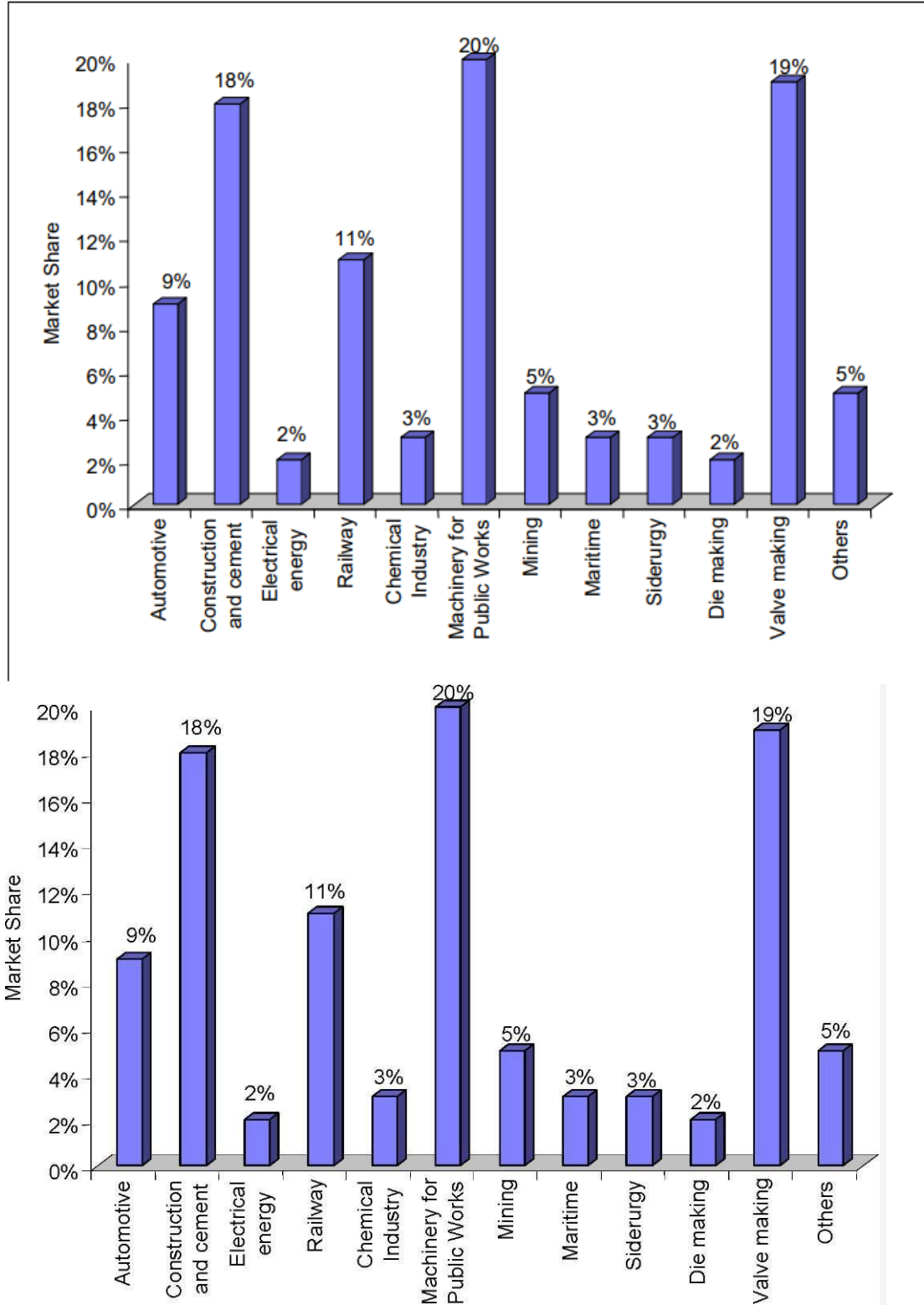
Şekil 1.2: Nispi Sektörel Pazar Payları

Pazar payları metal ürünün türüne göre farklılık gösterir. Bu farklılık, Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'de sunulduğu gibi İspanyol döküm pazar verileri ile gösterilmiştir. İspanya'daki dökümhanelerdeki tüm demir döküm ürünlerinin % 60'ından daha fazlasını otomotiv sektörü kapsar. Öte yandan (düşük alaşımların yanı sıra paslanmazlar ve diğer alaşımlar da dahil olmak üzere) çelik dökümler, makine parçaları ve vana yapımında kullanılır ve bu nedenle sektörlerde geniş bir yelpazede hizmet vermektedir. Aslen, valf yapımı için pazarın en büyük payına paslanmaz döküm ürünleri sahiptir.





Şekil 1.3: Demir Döküm Ürünleri İçin Piyasasa Payları (İspanya Piyasası İçin Veri) [108, FEAF, 1999]



Şekil 1.4: Çelik Döküm Ürünleri İçin Piyasaya Payları (İspanya Piyasası İçin Veri) [108 FEAF, 1999]

Avrupa'nın Doğu'ya açılması, büyük Avrupa üreticilerinin Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Macaristan gibi ülkelerdeki mevcut döküm faaliyetlerine gittikçe artan bir ilgi göstermesinde yol açmıştır. Bazı büyük Avrupa şirketleri bu bölgelerde yatırım yapmıştır. Doğu Avrupa ülkeleri için, içeriye dönük yabancı sermaye yatırımları ile birlikte piyasaların açılması, verimliliğin artırılması ve çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması sonuçları ile birlikte yeni tekniklerin uygulanmasına izin vermiştir. Bu ülkelerdeki düşük işgücü

maliyetleri nedeniyle, bu ülkelerin rekabet gücü, özellikle büyük döküm üreten taşeron dökümhaneler ve geniş bir yelpazede ürün üreten dökümhaneler kaynaklıdır. Dünya pazarında rekabet edebilmek için, Batı Avrupa dökümhaneleri, kendi teknolojik becerilerine, yüksek hassasiyete sahip özel kalite gereksinimleri olan ya da hızlı veya tam zamanında teslim gerektiren karmaşık döküm gerektiren niş pazarlarını seçmeye odaklanmıştır.

1.1.3 Dökümhane Türleri

Metal türü dışında (demir / demir dışı) dökümhanelerin boyutu büyük ölçüde döküm ürünlerinin ve serilerin boyutuna bağlıdır. Küçük bir seri dökümhane 'taşeron dökümhane' olarak ve büyük bir seri dökümhane 'seri dökümhane' olarak adlandırılır. Dökümhaneler ayrıca üretilen metal türüne, yani demir veya demir dışı dökümhane türüne göre sınıflandırılabilir. Oyuncak arabalar için büyük oranlarda çerçeve üreten bir çinko dökümhanesi ile rüzgâr türbinleri için rotor yuvaları üreten bir dökme demir dökümhanesi arasında büyük bir fark vardır. Dökümhaneler, işin serisi, boyutu ve tekrarlanabilirliğine göre farklı derecelerde otomasyon uygulamaktadırlar. Uygulanan tekniklere ilişkin olarak, kullanılan eritme fırınının türü (örneğin kupol, elektrik, döner, ...) ve kalıp türü (örneğin kum kalıplama, kalıp döküm) arasındaki temel ayrım yapılmıştır. Bu hususlar Bölüm 2'de daha ayrıntılı olarak açıklanacak ve tartışılacaktır.

1.2 Çevresel Hususlar

Dökmecilik endüstrisi, metallerin geri dönüşümünde önemli bir role sahiptir. Çelik, dökme demir ve alüminyum hurda, yeni ürünlere dönüştürülmek üzere yeniden eritilebilir. Termal bir sürecin varlığı ve mineral katkı maddelerinin kullanımı dökümhanelerin olası olumsuz çevresel etkilerinin sonucudur. Bu nedenle, döküm prosesinin çevresel etkileri özellikle egzoz ve çıkış gazılar ile maden artıklarının yeniden kullanımı veya bertarafı ile ilgilidir.

1.2.1 Hava

Metallerin eritilmesi ve arıtılmasından kaynaklanan zararlı emisyonlar genellikle katkı maddeleri ve yakıtların kullanımı veya besleme maddesindeki safsızlıklar ile ilişkilidir. Kokların ve yakıtların kullanımı veya potaların gaz ya da yakıtlı brülörler ile ısıtılması yanma ürünlerinin emisyonlarına neden olabilir. Ayrıca metal işlem proseslerinde katkı maddelerinin uygulanması reaksiyon ürünleri üretir. Tekrar eritme işlemi için kullanılan hurdadaki yabancı maddelerin varlığı (örneğin, yağ, boya, ...) potansiyel olarak eksik yanma veya rekombinasyon ve toz ürünlerin oluşmasına neden olabilir. Ayrıca üretilen her türlü toz, metal ve metal oksit içerebilir. Yüksek buhar basıncına sahip elementlerin buharlaşması eritme sırasında meydana gelir ve küçük metal parçacıkları banyodan kaçar. Metalik parçacıklar aynı zamanda öğütme ve kaplama işlemleri sırasında da ortaya çıkar.

Kalıpların ve maçaların yapımında kumu bağlamak için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Kumun bağlanmasında ve metalin dökülmesinde reaksiyon ve bozunma ürünleri oluşur. Bunlar, hem inorganik hem de organik ürünleri kapsar. Ayrışma ürünlerinin üretimi, döküm ve soğutma-döküm işlemleri sırasında daha da devam eder.

Toz ve partikül emisyonları, döküm prosesinin tüm aşamaları ve kullanılan tüm prosesler için genel bir sorundur. Kum kalıp ve maça üretimi ve işleminin yanı sıra döküm ürünlerinin son işlemlerinde (hem kayıp mum tekniği kalıplarından hem de kalıcı kalıplardan) kaynaklı toz emisyonu meydana gelir.

Döküm prosesinde hava emisyonları, bir (veya birkaç) sabit nokta(lar) ile sınırlı değildir. Bu proses, çeşitli emisyon kaynaklarını (örneğin sıcak döküm, kum, sıcak metal kaynaklı) içerir. Sadece egzoz ve çıkış gazı akışının artırılması değil aynı zamanda onu yakalamak da emisyon azaltmada önemli bir konudur.

1.2.2 Kalıntılar

Kum kalıplama, kum/sıvı meyal ağırlık oranlarının genellikle 1:1 ila 20:01 arasında değiştiği büyük hacimlerde kumun kullanımını içerir. Kalıplama işlemi sonunda kullanılan kum, rejenere edilebilir, yeniden

kullanılabilir ya da bertaraf edilebilir. Cüruf ve posa gibi ek mineral kalıntıları eritme aşamasında eriyik malzemeden yabancı maddelerin uzaklaştırılması sırasında oluşturulur. Bunlar aynı zamanda yeniden kullanım veya bertaraf işlemleri için de dikkate alınmalıdır.

1.2.3 Enerji

Dökümhanelerin ısı işlemini kapsamından dolayı, enerji verimliliği ve üretilen ısıнын yönetimi önemli çevresel hususlardır. Ancak, yüksek ısı taşıyıcı (yani metalin) yüksek miktarda taşınması ve kullanılması ve yavaş soğuması nedeniyle, ısıнын geri kazanılması her zaman kolay değildir.

1.2.4 Su

Birçok dökümhanede su yönetimi bir iç su sirkülasyonunu kapsar, ancak suyun büyük bir kısmı buharlaşır. Su genellikle elektrik fırınları (indüksiyon veya ark) ve kupol fırınlarının soğutma sistemlerinde kullanılır. Genel olarak, bu nedenle çıkan atık su akışı çok azdır. (Yüksek) pres kalıp döküm için, bertaraf işleminden önce organik (fenol, yağ) bileşiklerin giderimi için arıtılması gereken bir atık su akışı oluşur.

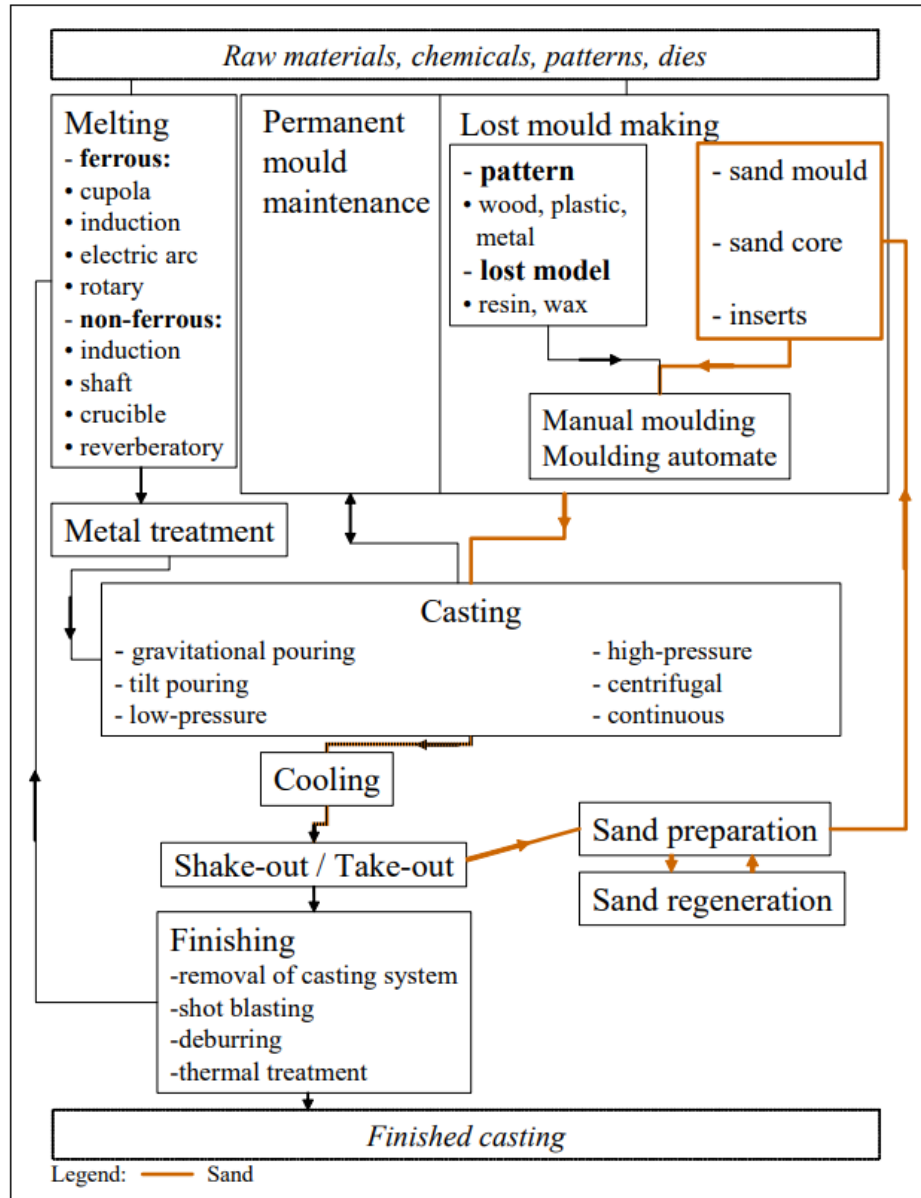
2 DÖKÜMHANELERDE UYGULANAN PROSESLER VE TEKNİKLERİ

2.1 Genel Bakış

2.1.1 Döküm Prosesi

Döküm prosesinin genel bir akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Bu proses aşağıdaki ana faaliyetlere ayrılabilir:

- Eritme ve metal işleme: Eritme atölyesi
- Kalıpların hazırlanması: Kalıplama atölyesi
- Eriyik metalin kalıba dökümü, katılaştırma için soğutma işlemi ve dökümün kalıptan çıkarılması: Döküm atölyesi
- Ham döküm kaplama: Kaplama atölyesi.



Şekil 2.1: Dökümhane prosesi

Dökümhaneler, döküm hurda (belirli bir kimyasal bileşime göre seçilmiş hurda) ya da külçeler ile başlayarak kaplanmış döküm üretir. Genellikle bunlar bir nihai ürün elde etmek için daha fazla arıtma veya montaj gerektiren bileşenlerdir.

Kalıplama ele alındığında, kalıcı ve kayıp mum tekniği kalıpları arasında temel bir ayrım yapılır. Kalıcı kalıplara döküm yapan dökümhaneler bu metal kalıpları (kalıp) dışarıdan satın alır, ancak genellikle bir kurum içi kalıp tamir ve bakım atölyesinde işletilirler. Kayıp mum tekniği kalıplarına döküm yapan dökümhaneler genellikle ahşap, metal veya plastik şablonları (kendi kalıp tasarımı için) satın alır ve bir kurum içi şablon bakım ve onarım atölyesinde işletir. Kalıplar, maçalar ve kayıp modeller, genellikle döküm sürecinin bir parçası olarak üretilmektedir.

Geleneksel olarak, döküm sektöründe yapılan temel ayrım, demir ve demir dışı dökümhaneler arasındadır. Bu durum özellikle her iki sektörde de uygulanan işlemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Demir dışı dökümhaneler genellikle kalıp döküm tekniklerini uygulamaktadır. Bunlar, alüminyum ve pirinç uygulamalarının birçoğu için önemli olan daha iyi bir yüzey kaplama işleminin gerçekleştirilmesini sağlar. Yüksek soğutma hızı sayesinde, yüksek mekanik dayanıklılığına sahip döküm ürünleri üretilmektedir. Ancak, bu teknik, kum döküm tekniklerini gerektiren yığın veya büyük parçaların üretimine izin vermez. Kum döküm teknikleri büyük seriler halinde üretilen bu ürünler için demir dışı dökümhanelerde uygulanır. Bu belgede anlatılan demir dışı metaller (ve onların alaşımları) aşağıdaki gibidir:

- Alüminyum
- Magnezyum
- Bakır
- Çinko
- Kurşun.

Demirli dökümhaneler genellikle kayıp mum tekniklerini uygular. Daha fazla sertlik ve sağlamlık özellikleri nedeniyle, demirli alaşımlar, demir dışı alaşımların farklı uygulamalarında kullanılır. Üretilebilecek olan ürünlerin boyutu neredeyse sınırsızdır. Demirli metaller daha yüksek bir erime noktasına sahiptir ve bu nedenle farklı ergitme teknikleri gerektirir. Bu belgede anlatılan demirli metaller ve alaşımlar, (özelliklerine göre veya grafit türüne göre sınıflandırılabilen) dökme demirin ve döküm çeliğin çeşitli türleridir.

Nikel gibi yüksek bir alaşım elementi içeriğine sahip üstün alaşımlar da ele alınacaktır.

Dökümhaneler verimlilik ihtiyacı ve seri boyutlarına bağlı olarak mekanizasyon ve otomasyon kullanmaktadır. En esnek tesis genellikle taşeron dökümhanedir. Bu tür, az sayıda (<100) çeşitli ürünler üretmektedir. Genel olarak, bu tip bir dökümhane, reçine bağlı kum kalıplarına sahip manuel kalıplama tekniklerini uygular. Eritme fırını, kolay bir alaşım değişiminin sağlanmasına olanak tanımak için yığın bazında çalışır. Bu fırınlardan kasıt indüksiyon veya döner fırınlarıdır.

Orta ölçekli seriler (<1000 parça) için mekanize kalıplama ve döküm hatları kullanılır. Kayıp mum tekniğinde kalıp dökümhaneleri kalıp makineleri kullanmaktadır. Bu hızlı kalıp, yaş kum kullanımı anlamına gelir. Kalıp yapma makinelerinin boyutu döküm ürünlerinin maksimum boyut sınırlarını belirler. Döküm, elle ya da dökme makinesi kullanarak yapılabilir. Kum hazırlama gibi yardımcı yan prosesler, uzaktan kumanda ile yarı otomatik bir şekilde işletilmektedir. Hem sürekli fırınlar (kupol, shaft) hem de yığın fırınlar kullanılır. Demir dışı alaşımlar için kalıp döküm teknikleri uygulanır.

Geniş serilerde küçük döküm ürünleri, derecesiz yaş kum kalıplama işlemi ile yapılır. Özel uygulamalar için, kalıp döküm tekniği gerçekte sadece sınırlı bir uygulama bulmasına rağmen nihai döküm kalitesi bu tekniği gerektiriyorsa demirli dökümhanelerde kullanılabilir. Orta ölçekli seriler için temel fark, kalıplamanın

otomasyonu, kalite kontrol ve kalıp montajı işlemlerinin daha ileri olmasıdır. Daha fazla otomasyon, demir dışı alaşım tesislerindeki kalıp döküm için genellikle uygulanır; bu uygulama özellikle pres kalıp döküm atölyelerinde uygulanır.

Sürekli kalıp döküm, santrifüjlü döküm ve sürekli döküm gibi özel döküm teknikleri, ürün tipinin gerektirdiği hallerde uygulanır.

2.1.2 Demir Döküm

Dökme demir arasında genelde% 2.4 ve 4 oranında karbon içeren demir-karbon alaşımıdır. Minimum karbon içeriği % 1.8'dir. Silisyum, manganez, kükürt ve fosfor da değişik oranlarda bulunmaktadır. Çeşitli düzeylerde nikel, krom ve diğer metal içeren belli derecelerde demir malzeme üretilmektedir. Yüksek karbon içeriği nedeniyle, dökme demir, çeliğe kıyasla düşük erime noktası ve iyi bir döküm yeteneğine sahiptir. Esneklik özelliği düşüktür ve haddeleme veya dövme işlemlerine izin vermez. Özelliklerindeki farklılıklar, değişen karbon/silisyum oranı, alaşım ve ısıtma işlemi ile elde edilebilir.

Karbonun (lameller, küresel ya da kompakt) konsantrasyonuna ve şekline bağlı olarak çeşitli dökme demir türleri tanımlanabilir:

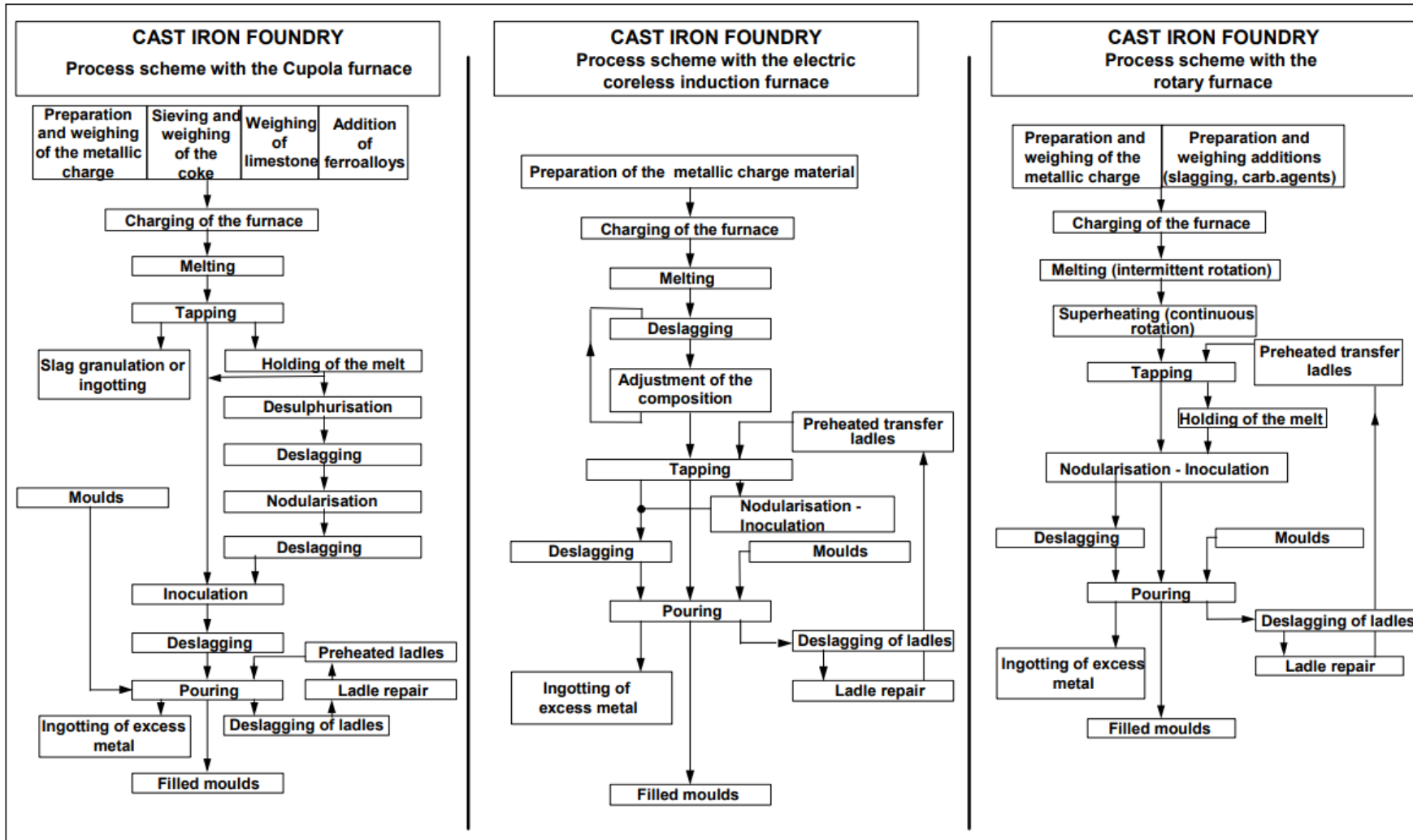
- Lameller demir: pul şeklindeki karbon
- Nodüler demir: küre şeklindeki karbon
- Kompakt grafit demir: bağlaşık şeklindeki karbon.

Dökme demirin sınıflandırılması genellikle malzeme özelliklerine göre yapılır:

- Gri demir: Gri kırık bir yüzeye sahip demidir. Lameller, nodüler ve kompakt grafit demir için geçerli olsa da, bu terim genellikle lameller demirin eş anlamlısı olarak kullanılır.
- Esnek/Yumuşak demir: Artırılmış esnekliğe sahip bir dökme demirdir. Nodülerizasyonun yol açtığı etkileri biri olarak aynı zamanda dövülebilir demir için de geçerli bir demirdir. Bu terim genellikle nodüler demir ile eş anlamlı olarak kullanılır.
- Dövülebilir demir: Genleşme veya çekiç altında şekillendirilebilme özelliğine sahip demirdir. Bu özellik, çoğu bağlaşık şeklindeki karbonu bırakan düşük karbon içeriği ile ilgilidir.

Dökme demir; kupol fırını, indüksiyon fırını (genellikle maçasız tip, ama çok nadiren kanal tipi olabilir) veya döner fırında eritilebilir. Elektrik ark fırını, çok nadir olarak dökme demirin hazırlanması için kullanılır. Şekil 2.2 üç farklı fırın türünde dökme demirin eritilmesi ve metal işlemi için proses akış şemalarını sunar. Bu proses genel olarak erime - akıtma - metal işleme – dökme işlemlerinden oluşur.

Eritme ve metal işlem, aşağıdaki bölümlerde çeşitli yönleriyle ele alınmıştır. Metal işlem; kükürt giderme, nodülerizasyon, aşılama ve cüruf giderme gibi çeşitli adımları içerir. Kupolda eritme işlemindeki kükürt giderme adımı da, örneğin maça telli proses gibi kükürtü eş zamanlı olarak tutan bir nodülerizasyon süreci kullanarak nodülerizasyon işlemine dahil edilebilir.



Şekil 2.2: Dökme demirin ergitilmesi ve metal işlemesi için proses akış diyagramları [32, CAEF, 1997]

Kupol, Avrupa'da demirin yeniden eritilmesi için lider cihazdır. Bu fırın, Batı Avrupa'da üretilen demir döküm tonajının yaklaşık % 55'inden sorumludur. Günümüzde, kupol, pazar hakimiyetinde giderek daha büyük zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum kısmen, arıtma gerektiren baca gazı kalitesinden kaynaklanmaktadır. Bir baca gazı arıtma tesisine yatırım yapma ve daha sonra bu tesisi amortize etmenin olası finansal yükü ile karşı karşıya kalan birçok küçük ve orta ölçekli ünite, elektrik veya oksigaz erime üniteleri kullanımına geri dönmüştür. Bu nedenle dökümhanelerde kullanılan kupol sayısı düşmektedir, ancak bunların ortalama büyüklüğü artmaktadır. Özellikle kok endüstrisinin yeniden yapılandırılması nedeniyle son yıllarda Avrupa'daki kupol pazarında büyük değişiklikler yaşanmıştır ve bu durum da tedarikçilerin sayısında azalmaya ve Avrupa'ya kok kömürü ithal etmek için bir ihtiyacın oluşmasına sebep olmuştur.

Bir başka önemli değişiklik ise sıcak hava fırın pazarında bir Alman firmasının yarı-tekel halinde olması ile birlikte kupol üreticilerinin sayısındaki azalmadır.

Tekrarlayan demir döküm ürünlerinin çoğunluğu reçine-bağlı maçalara sahip yaş kum kalıplarda yapılır. En yaygın olarak soğuk kutu amin ve sıcak kutu teknikleri kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyet ve iyi yüzeyin gerekli olduğu durumlarda "Kronlama reçine yüzeyi" kalıplama prosesi kullanılır. Kayıp köpük döküm prosesi, tekrarlanan dökümler için sınırlı ölçüde kullanılır. Daha az sayıda yapılan döküm ürünleri, kimyasal bağli kum kalıplarda yapılır. Vakum kalıp ve tam kalıp gibi özel kum prosesleri, belirli demir döküm ürünleri için kullanılır. Döküm ürünlerinin yapımı için birkaç sürekli döküm (kalıp döküm) dökümhaneleri de mevcuttur, ancak sadece birkaç bin bileşen yapma kapasitesi ile sınırlı olan bir kalıbın kısa kalıp ömrü, demirli kalıp döküm kullanımını kısıtlanmıştır.

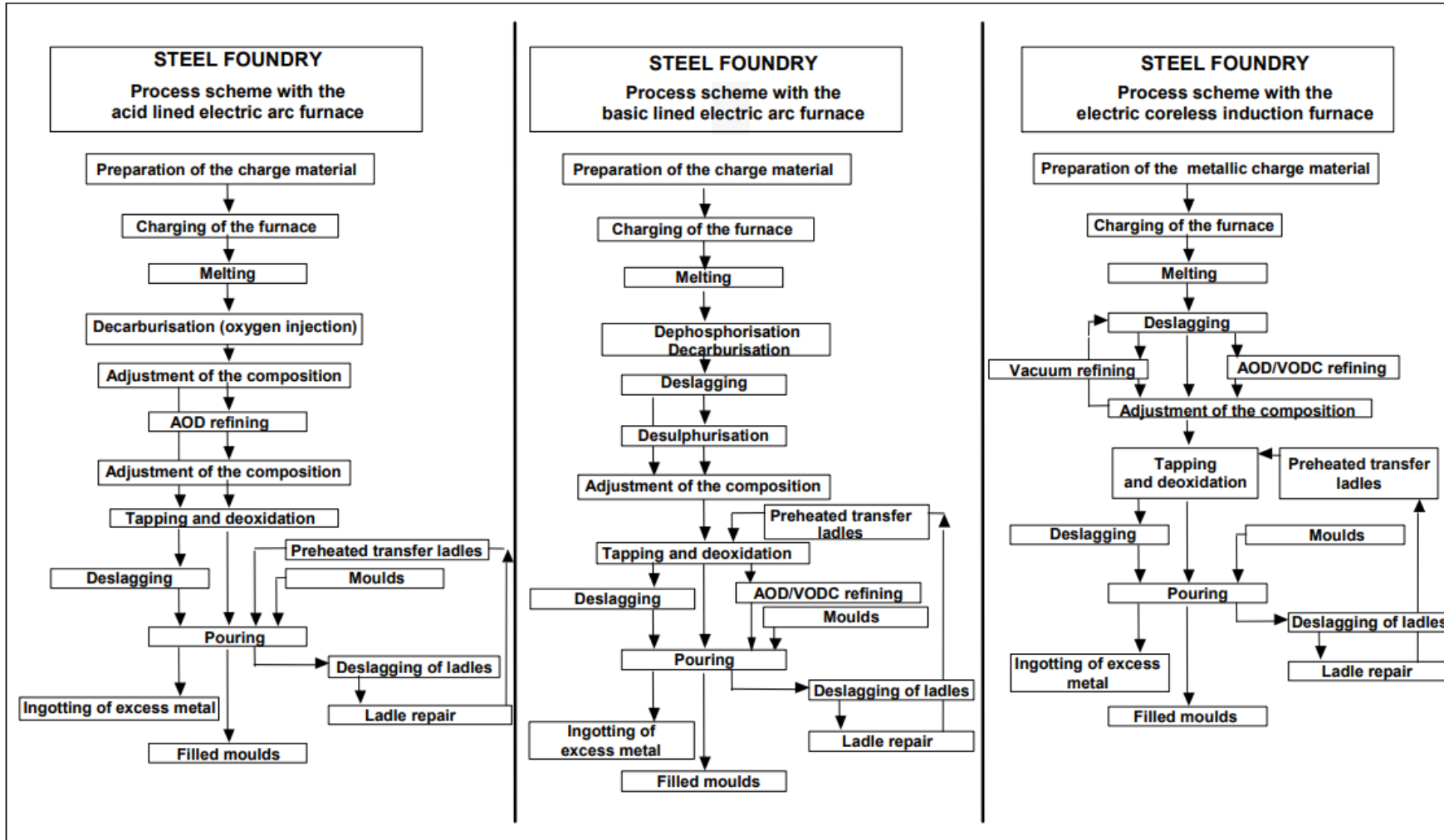
[156, Godinot, 2001], [174, Brown, 2000]

2.1.3 Çelik Döküm

Çelik, demirin (kütleye) içeriği diğer herhangi bir elemente kıyasla daha fazla olan, % 2'den daha düşük karbon içeriğine sahip ve genellikle diğer elementleri içeren bir maddedir. Sınırlı sayıda krom çelik türleri %2'den fazla karbon içerebilir, ancak % 2 oranı, çeliği dökme demirden ayırt etmek için kullanılan genel kesme sınırıdır [201, CEN, 2000]. Çeliğin özellikle yararlı bir yönü ise sıcakta işlem görebilmesidir. Düşük alaşımlı çelik döküm ürünleri, %5'ten daha az miktarlarda Mn, Cr, Ni ve Mo gibi elementleri içerir. Yüksek alaşımlı çelik, %5'ten fazla alaşım elementlerini içerir, örneğin %12 Cr ve %8 Ni. Yüksek çelik sınıfları, daha yüksek manyetik geçirgenlik; korozyon, yorulma veya aşınmaya karşı daha fazla direnç; ve kaynak işlemi sırasında ya da yüksek veya düşük sıcaklıklarda gelişmiş tepki gibi zenginleştirilmiş özellikler ile üretilir.

Dökme çelik, normal şartlarda elektrik ark fırınlarında (EAF) veya maçasız indüksiyon fırınlarında (IF) eritilir. Temel malzeme ve kaplanmış ürünün kalite gereksinimlerine bağlı olarak, önceden eritilen sıvı metal, rafine edilebilir (örn. karbon, silisyum, kükürt ve fosforun çıkarılması) ve oksijeni giderilebilir (metalik oksitleri azaltma). Şekil 2.3'te farklı fırın tipleri için dökme çeliğin ergitilmesi ve metal işleme tabi tutulması için proses akış şemaları verilmektedir.

[32, CAEF, 1997]



Şekil 2.3: Çeliğin ergitilmesi ve metal işleme için proses akış diyagramları [32, CAEF, 1997]

2.1.4 Alüminyum Döküm

Alüminyum döküm ürünlerinin yaklaşık üçte ikisi araba, otobüs, kamyon, tren ve uçaklarda olmak üzere otomotiv sektöründe kullanılır. Araç yakıt tüketimi ve ağırlığını azaltma ihtiyacı alüminyuma gösterilen ilginin artmasına sebep olmuştur. Bir Avrupa arabasında bulunan toplam alüminyum kütlesi 1990 ve 2000 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmıştır. Alüminyumun başlıca kullanıcısı olan bu sektörde artan alüminyum kullanımı üretilen döküm ürünlerinin toplam sayısını da çeşitli yönlerden etkilemiştir.

Alüminyum başlıca iki kalıba dökülür. A1 için uygulanan döküm tekniklerinin nispi payları Tablo 2.1’de verilmiştir:

Döküm türü	Nispi pay (%)
Basınçlı döküm	59
Düşük basınçlı döküm & basınçsız döküm	37
Kuma döküm	3
Diğerleri	1

Tablo 2.1: A1 İçin Uygulanan Döküm Tekniklerinin Nispi Payları 143, Inasmet ve CTIF, 2002], [225, TWG, 2003]

Alüminyum dökümde birçok farklı eritme fırını kullanılır ve hangi türde fırının seçileceği bireysel ihtiyaçlara bağlıdır. Bu bağlamda, yakıt ya da elektrik kullanılarak doğrudan ya da dolaylı yollarla ısıtılmış fırınlar kullanılır. Halihazırda bu amaç doğrultusunda kullanılan fosil yakıtlar doğal gaz, likit petrol gazı (LPG) ve petroldür. Uygun ortamlarda doğal gaz birçok dökümde tercih edilen yakıt türüdür. Bunun yanı sıra, direnç elemanları ya da indüksiyon yoluyla elektrikli ısıtma da elde edilebilir. Eritme ve bekletme fırınlarında en önemli parametrelerden birisi kapasitedir. Günümüz koşullarında, indüksiyon fırınları genellikle 10 ton/saat’ten yüksek eritme kapasitesine ihtiyaç duyulduğunda kullanılır. Buna karşın, şaftlı ergitme ve bekletme fırınları ile potalı fırınlar genellikle 5 ton/saat’ten az eritme kapasitesine ihtiyaç duyulduğunda kullanılır. Küçük ve orta boyutlu potalı fırınlar da genellikle alışımla kolaylıkla değiştirilebilmesi gerektiğinde ya da üretim hızı düşük olduğunda kullanılır.

Bekletme bakımından, elektrikli fırınlar brülör gazı salmama ve nispeten daha az enerji masrafı ile eriyik kütle içerisinde homojen bir sıcaklık idame ettirebilme avantajına sahiptir.

Dökümcülükte alüminyum eritme genellikle başlangıç materyali olarak alaşımlı külçeler (ingotlar) aracılığı ile gerçekleştirilir. Buna karşın bazı durumlarda metal zaten sıvı halde iletilir. Dökümcülükte alüminyum hurdada ikincil eritme tekniği genellikle kullanılmaz. Bu teknik bu belgenin kapsamı dışındadır, ancak demir dışı (demirsiz) metal sanayi için Mevcut En İyi Teknikler referans dokümanında açıklanmıştır.

[48, ETSU, 1994] [148, Eurofine, 2002], [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]

2.1.5 Magnezyum Döküm

Magnezyum alaşımlı dökümler havacılık ve otomotiv sektöründe ve elektronik uygulamalarında kullanılır. Bu tür dökümlerin başlıca avantajı düşük ağırlıklarıdır; tipik bir magnezyum alaşımının yoğunluğu 2.7 g/ml yoğunluktaki alüminyum alaşımları ile karşılaştırıldığında 1.8 g/ml'dir. Magnezyum bazlı döküm alaşımlarının ana alaşımlama bileşeni alüminyumdur. Buna karşın çinko ve manganez de küçük oranlarda bulunur. Basınçlı döküm, düşük döküm sıcaklığı (650-700 °C) nedeniyle en sık kullanılan döküm sürecidir; bu süreçte hem sıcak hem de soğuk oda döküm makineleri kullanılır. Kum kalıplama daha az uygulanan bir süreçtir. Magnezyum döküm alüminyumda olduğundan daha ince duvarlar ile gerçekleştirilebilir, ancak sertlik problemi nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Duvarların daha ince olması bileşenlerin ağırlığının önemli ölçüde düşmesine imkân tanır ve bu şekilde kilogram başına düşen daha fazla alaşım maliyeti telafi edilmiş olur. Bilhassa fazlasıyla gergin döküm ürünlerinde, basınçsız döküm ve kuma döküm de kullanılan teknikler arasındadır. Otomotiv bileşenlerinde magnezyum alaşımlı dökümün kullanımı hızla artmaktadır. Hatta bazı araçlarda şimdiden 10-20 kg Mg bileşeni bulunmaktadır. Günümüzde bu yolla üretilen en popüler parçalar kontrol paneli substratları, araba çapraz kirişleri, tekerlekleri hareket ettiren çarklar ve koltuk çerçeveleridir.

Eritilmiş magnezyum alaşımları ateş tuğlasına ve refrakter fırın kaplamalarına hücum eder ve zararlı silikon kirlenmesine sebep olur. Bu nedenle çelik potalar kullanılır. Demirin de magnezyum içerisinde hafifçe çözünme özelliği vardır, ancak yine de silikona kıyasla çok daha az tehlikeli etkilere sahiptir. Silikon yükselmesine karşın başka bir önlem olarak, yapışık kumların ortadan kaldırılması için hurda genellikle temizlenir ve mümkünse bilye püskürtme işlemine tabi tutulur. Kepçe ile boşaltmamak adına, mümkünse eriyik alaşım doğrudan eritme kapından boşaltılır.

Kolay oksitlenme özelliğinden dolayı, oksidasyon kayıplarını ve kalıntıların engellemek amacıyla magnezyum alaşımlar temizleyici akış ya da kaplama gazı kullanılarak etrafı kapalı halde eritilir. İnhibitör tozlar, bekletme ve dökme sırasında açığa çıkan herhangi bir metalin kaplanıp kapatılması için kullanılır ve kimyasal reaksiyonların önlenmesi için kalıplama kumuna ilave edilir. Mg alaşımlarının akıntı kullanmaksızın eritilmesi ise başka türde bir eriyik koruma tekniğini gerektirir. Bu amaç doğrultusunda, sıvı magnezyum üzerinde oksitlenmeyi engelleyen koruyucu bir film oluşmasını sağladığı için sülfür hekzaflorür (SF₆) kullanılır. Bu hava ya da hava/CO₂ karışımında düşük konsantrasyonlarda (<%0,3 hac.) kullanılır. SF₆ bir çeşit sera gazıdır. Bu gazın atmosfer için tehlikeli olduğu kabul edilir ve bu gaz, kapsamına giren gazların kullanımının asgari düzeye indirilmesini gerektiren Kyoto protokolünün kapsamına girer. Avusturya ve Danimarka SF₆'nın kullanımı yasaklamak üzere sırasıyla 2003 ve 2006 yıllarında yönetmelikler çıkarmıştır.

Magnezyum alaşımlarda karbonlu materyal ile aşılama yoluyla gerçekleştirilen tane küçültme işlemi uygulanır. Bu işlemde daha önceleri heksakloroetan kullanılmıştır; ancak 1 Temmuz 2003 tarihinden itibaren bu ürün genel olarak çevrenin korunmasını sağlamak amacıyla ve sağlık ve güvenlik sebepleri doğrultusunda Avrupa'da yasaklanmıştır. Bu hem magnezyum hem de alüminyum alaşımlar için geçerlidir. [175, Brown, 1999], [225, TWG, 2003]

2.1.6 Bakır Döküm

Bakır her birinde bakırın ana element olduğu çeşitli alaşım grupları biçiminde dökülür. Bunlardan bazılarının kısa açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- *Yüksek iletken bakırlar:* Bunlar genellikle yüksek elektrik ve ısı iletkenliği özelliği nedeniyle kullanılır. İlgili uygulamalar, maden eritme fırınlarının ve sıcak hava kupol fırınlarının tüyerlerini, su soğutmalı elektrot kelepçelerini, şalterleri vb. parçaları içerir.
- *Pirinç alaşımlar:* Çinkonun ana alaşım elementi olduğu Cu-Zn alaşımları. Bunların dökümü kolaydır, bunun yanı sıra işlenebilirliği mükemmeldir ve bunlar havada ve tatlı suda korozyona karşı iyi direnç gösterir. Bunlar sıhhi tesisat bağlantısı parçalarında sıklıkla kullanılır. Yüksek gerilimli pirinçler daha yüksek düzeyde alaşımlanır ve bunların kullanım alanlarından birisi de gemi mühendisliğidir. Pirinçler hem kuma hem de kalıcı kalıplara dökülür.
- *Kalay tuncu:* Kalayın ana alaşım elementi olduğu Cu-Sn alaşımları. % 10-12 kalay içeriği ile, kalay tuncu döküm ürünleri pirinçten daha pahalıdır. Korozyona dirençleri yüksektir ve bunlar asitli su ve kaynak besleme suyu gibi ortamları tutmak için uygundur. Yüksek kalay alaşımlar suya dirençli uygulamalarda kullanılır. Bunlarda uygulanan döküm teknikleri kuma döküm ve santrifüjlü dökümdür.
- *Fosfor tunçlar:* Yaklaşık % 0.4-1.0 P ilavesi ile Cu-Sn alaşımları. Bunlar kalay tunçlardan daha serttir; ancak bunların süneklikleri daha fazladır. Kullanım alanları yükün ve çalışma hızının fazla olduğu mesnetler ve sonsuz dişli çarkı gibi dişlilerdir.
- *Kurşun tunçlar:* Cu-Sn-Pb alaşımları. Bunlar neredeyse yalnızca yükün ve hızın ortalama seviyede olduğu mesnetlerde kullanılır.
- *Bakır-Çinko-Kalay Alaşımı:* Cu-Sn-Zn-Pb alaşımları. Bunlar kuma döküm için optimal alaşımlardır. Dökülebilirliği, işlenebilirliği, kuvveti ve korozyon direnci iyi alaşımlardır. Valflar ve pompalar gibi karmaşık, basınca dayanıklı dökümlerde kullanılır. Ayrıca, yükün ve hızın orta seviyede olduğu mesnetlerde de kullanılır.
- *Alüminyum tunçlar:* Ana alaşım elementinin Al olduğu Cu-Al alaşımları. Bunların yüksek kuvvete ve korozyona karşı yüksek dirence sahiptir. Uygulama alanları dekoratif mimari özelliklerden fazlasıyla gerilimli mühendislik bileşenlerine kadar değişiklik gösterir. Bunlar pervaneler, pompalar ve valflar gibi gemilerin çeşitli parçalarında da kendisine kullanım alanı bulur. Ateşlemesiz aletlerin imalatında da kullanılır. Uygulamalarında Al döküm teknikleri kullanılır.
- *Bakır- Nikel:* Ana alaşım elementinin Ni olduğu Cu-Ni alaşımları. Bunlar çeşitli koşullarda boru hatları gibi çeşitli gemi uygulamalarında kullanılır.
- *Bakır-berilyum alaşımları:* Korozyona yüksek direnç gerektiren ve karmaşık mekanik özellikleri olan parçaların üretiminde berilyum bakır-berilyum alaşımı olarak dökülür. Uygulama alanları döküm makinelerinin piston uçları, elektrik ve mekanik sanayi, saat yapımı, şekillendirme ve ölçüm aletlerindeki hassas parçaları içerir. Bu bağlamda iki alaşım türü kullanılır: % 2 Be içeriği ile bakır- berilyum alaşımı ve % 0.5 Be içeriği ile bakır-kobalt-berilyum alaşımı. Bilinen kanserojen özelliğinden dolayı alaşımlarda berilyumu azaltma ya da tamamen ortadan kaldırma şeklinde bir eğilim vardır. Döküm basınçlı ya da basınçsız döküm tekniği kullanılarak kalıcı kalıplara yapılır. Hassas parçaların dökümlerinde hassas döküm tekniği kullanılır.

[175, Brown, 1999]

2.1.7 Çinko Döküm

Çinko dökümde neredeyse yalnızca basınçlı döküm tekniği kullanılır. Avrupa Birliğinde kullanımda olan başlıca iki alaşım vardır ve bunların kompozisyonları Tablo 2.2’de verilmiştir. Bunlara ayrıca esasen bir ticari marka ismi olan Zamac adı da verilir. Bu alaşımların temeli saf çinkodur.

Sembol	Alaşım numarası	Al	Cu	Mg
ZnAl4Cu1	ZP0410	3.7 - 4.3	0.7 - 1.2	0.025 - 0.06
ZnAl4	ZP0400	3.7 - 4.3	0.25	0.025 - 0.06

Tablo 2.2: En yaygın çinko alaşımları, % üzerinden içeriği

Çinko alaşım neredeyse yalnızca sıcak oda tipi döküm makinesinde eritilir. Bazı nadir durumlarda ve sadece yüksek üretim kapasitesine ihtiyaç duyulduğunda merkezi ergitme uygulanabilir.

Çinko alaşımların alüminyuma benzer özellikleri vardır. Ana farklılıkları çinko alaşımların düşük erime noktası ve yüksek yoğunluklarıdır (6.7 g/cm^3 ’e karşı $2.6\text{-}2.7 \text{ g/cm}^3$). Bunlar genellikle fazla hassasiyet ve düşük duvar kalınlığı gerektiren küçük parçalarda kullanılır. Bu alaşımlar ayrıca daha yüksek bir döküm hızında çalışılmasına imkân tanır ve 10 kat daha fazla döküm ömrüne sahiptir (800000-1200000 atım). Tüm bu özellikler de bu alaşımları küçük parçaların büyük seriler halinde üretimi için daha uygun kılar. Çinko alaşımlar elektrikle ya da yakıtla ısıtılmış dökme demir potalarında eritilir ve sıcak oda tipi dökme makineleri kullanılarak dökülür. İlgili ürünler örneğin otomotiv ve elektronik bileşenlerinde ve makine yapım uygulamalarında kullanılır.

2.1.8 Kurşun Döküm

Kurşun kolay eriyen (erime noktası $327 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ağır bir metaldir. Kurşun nispeten yumuşak ve korozyona dirençli olma ve kendiliğinden yağlanma gibi özelliklere sahiptir. Kurşun döküm ürünlerinin kullanım alanları akümülatör tabakaları, röntgenler ve nükleer uygulamalar için perdeleme materyalleri ve balast ve karşıt yük materyallerini içerir. Bu bağlamda genellikle basınçlı ve basınçsız döküm teknikleri kullanılır.

2.1.9 Süper Alaşımların Dökümü

Süper alaşımlar tipik olarak Cr, Ti, W, Al ilavesi içeren Ni, Ni-Fe ve Co bazlı alaşımlardır. Bunlar önceki zamanlarda yüksek sıcaklıktaki uygulamalar (810 °C'den yüksek) ya da aşırı aşındırıcı ortamlarda kullanılmıştır. Süper alaşımlar yüksek alaşımlı çeliklerden farklıdır (bkz. Bölüm 2.1.3'teki açıklama). Ana bileşen demir olmadığı için ([201, CEN, 2000]'de açıklandığı üzere), bunlar demir dışı (demirsiz) materyaller olarak kabul edilir. Süper alaşımların dökümü bazı hassas döküm dökümhanelerinde ve kısmen de yüksek alaşımlı çeliğin niteliklerine uygun dökümhanelerde gerçekleştirilebilir. Nikel bazlı alaşımlar genellikle %50'den fazla nikel ve %10'dan az demir bileşeni içeren bir grup alaşımdan üretilebilir. Bunlar genellikle ostenit matriste metaller arası çökme yoluyla kuvvet kazanır. Kobalt bazlı alaşımların daha fazla Co (%40–70 arası), daha fazla Cr (%20'den fazla) ve daha fazla W içeriği (%7-15 arası) bulunur ve bunlar karpit ve katı çözelti sertleştiricileri kombinasyonu aracılığı ile kuvvet kazanır.

Bazı süper alaşımlar, bilhassa da Ni-Fe ve Co bazlı alaşımlar, genellikle paslanmaz çeliğe uygulanabilen klasik yöntemler kullanılarak doğrudan elektrikli fırınlarda eritilir. Ancak, Ni ve özel Ni-Fe süper alaşımlarında ara yer gazı (O, H, N) içeriğini çok daha alt bir seviyeye indirmek için vakumda endükleme eritme tekniğinin kullanımı gerekir. Bu şekilde dökümhaneler Ti ya da Al gibi yüksek ancak kontrol edilebilir oksitlenebilir element içerikleri elde edebilir.

Ara yer gazlarının ve oksitlenebilir elementlerin kontrolü ürünün mekanik özellikleri, korozyon direnci ve güvenilirliği için oldukça önemlidir. Genel olarak, süper alaşımlar makinede işlemenin mümkün olmadığı karmaşık nihai şekillere dökülür. Bu nedenden dolayı, bunlar genellikle hassas döküm tekniği ile üretilir (diğer bir deyişle seramik kalıp kullanılarak). Bu döküm işlemi çok pürüzsüz bir yüzeye sahip ve çok hassas boyutları olan ürünlerin üretilmesine imkân tanır. Bunun yanı sıra, HIP (sıcak izostatik presleme) gibi ilave işlemler de büyük döküm ürünlerinde karşılaşılabilecek ürün içi boşlukları ortadan kaldırmak için kullanılabilir. Hava taşıtı gaz türbini manifoldlarında, sıklıkla yönsel döküm teknolojisi uygulanır. Bu teknoloji tane sınırlarını ortadan kaldırır ve materyalin kuvvetini büyük ölçüde artırır.

Başlangıçta süper alaşımlar yüksek sıcaklıktaki uygulamalar için geliştirilmiştir. Ancak, bunların kullanım alanları gün geçtikçe genişlemektedir ve halihazırda kriyojenik sıcak uygulamaları ve ortopedik protezleri ve diş protezleri gibi alanları kapsamına dahil etmiştir. Genelde süper alaşımlar hava taşıtı ve sınıai gaz türbinlerinde, nükleer reaktörlerde, hava taşıtı ve uzay taşıtı yapılarında, petrokimyasal üretimde ve tıbbi uygulamalarda kullanılır.

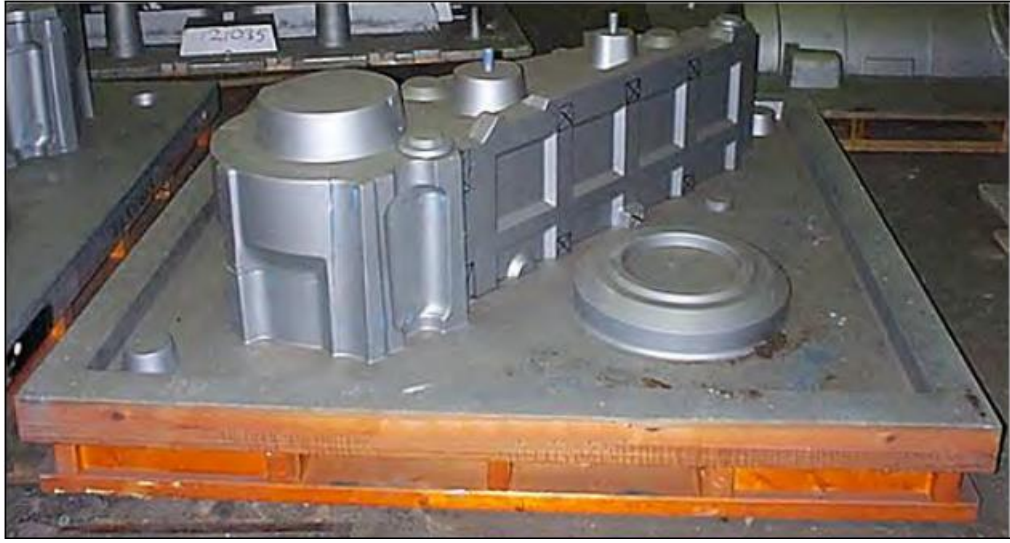
[202, TWG, 2002]

2.2 Kalıp Yapımı

2.2.1 Genel Kalıp Yapımı

Kalıp yapımı ya da diğer adıyla dökümhane takımları, kalıplar ve maça kutuları için gerekli olan yakın toleransları elde etmek için yüksek düzeyde beceri gerektirir. Üretilen döküm ürünleri bunlarda kullanılan kalıplardan daha iyi olamayacağı için bu adım döküm sürecinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Döküm modelleri bilgisayarlı sayısal denetim (CNC) makinelerinde el aletleri, evrensel makineler ya da CAD/CAM sistemi kullanılarak yapılır. Bazı kalıp yapma atölyelerinde kalıpların tasarlanması için bilgisayar destekli tasarım (CAD) kullanılır. Bunun yanı sıra, kesici alet hareket yolları bilgisayar destekli üretim (CAM) yoluyla tasarlanır. Bu bilgisayarlardan alınan sayısal çıktı daha sonra üretim modellerini şekillendirmek üzere kesen CNC makinelerine gönderilir. Bu tür bilgisayar destekli sistemlerin boyut doğruluğu ve tutarlılığı manüel yöntemlerde olduğundan daha iyidir.

Döküm modelleri (Şekil 2.4) ve maça sandığı materyalleri (Şekil 2.5) tipik olarak metal, plastik, ahşap ya da plasterdir. Bunun yanı sıra bal mumu ve polistiren de sırasıyla hassas döküm ve Yitik köpük döküm süreçlerinde kullanılır. Kalıp üreticileri ahşap işleme aletleri ve metal talaş kaldırma aletleri gibi birçok farklı aletten yararlanır. Bu bağlamda, mekanik bağlayıcılar ve yapıştırıcılar kalıp parçalarını birbirini ilıstirmekte kullanılır. Bal mumu macunu ya da plastik veya polyester macun ise kare kenarların etrafını çevrelemek ya da doldurmak amacıyla dolgu olarak kullanılır [42, US EPA, 1998].



Şekil 2.4: Ahşap kalıp
[237, HUT, 2003]



Şekil 2.5: Maça sandıkları
[237, HUT, 2003]

2.2.2 Hızlı Prototiplendirme

Hızlı prototiplendirme hızlı bir şekilde ürün kavramından döküm prototipine geçmede kullanılan bir tekniktir. “Hızlı Prototiplendirme” terimi ürün kavramının oluşturulmasından ürünün üretilmesine kadar tüm teknik ve organizasyonel faaliyetleri kapsar. Hızlı prototiplendirme ürün geliştirmenin her bir adımında kullanılabilir. Diğer bir deyişle, kavram modellerinde, geometrik prototiplerde, işlevsel prototiplerde ya da teknik prototipler veya satış prototiplerinde kullanılabilir. Mevcut tüm teknikler üç boyutlu çizimlerden prototip parçası üretimini mümkün kılar. Bunlar ayrıca kalıp ya da maça üretiminde kumun doğrudan külçeleşmesi için de kullanılır. Bu teknik polimer reçine, bal mumu, kâğıt ya da seramik tozu gibi ham maddelerin partiküllerini ya da katmanlarını bir araya getirerek tasarım modelinde bir nesne oluşturmaktan meydana gelir. Şekil 2.6’da bal mumu kalıp örneği verilmiştir.



Şekil 2.6: Hızlı prototiplendirme makinesinde termopolimer (bal mumu) kalıp [237, HUT, 2003]

Hızlı prototiplendirmede başlıca 4 adım vardır:

1. 3 Boyutlu CAD modeli oluşturma
2. 3 Boyutlu CAD sistemi ile hızlı prototiplendirme sistemi arasında ara yüz oluşturma. Örneğin, CAD verileri STL (Standart Dönüşüm Formatı) dosya formatına dönüştürülebilir.
3. STL dosyasını ince çapraz kesitsel katmanlara ayırma
4. Hızlı Prototiplendirme modelini gerçekleştirme

Özellikle karmaşık formlar için Hızlı Prototiplendirme modelinin avantajları aşağıdaki gibidir:

- Daha kısa geliştirme süresi ve geliştirme sırasında hızlı modifikasyon ihtimali
- Maliyet, malzeme ve zaman tasarrufu
- Erken hata tespiti

[202, TWG, 2002], [203, Linxe, 2002]

Mevcut tekniklere yönelik özet bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir:

Süreç	İlke	Materyal	Özellikler
Sıvı- katı	Işığa duyarlı reçinenin yerel UV maruziyeti neticesinde polimerleşmesi	Işığa duyarlı reçine, Akrilat, epoksi	-Büzülme ve deformasyon -Modelin desteğe ihtiyacı var
Katı- katı	Katmanın konturlarını folyodan kesme.	Kağıt, metal, polimer	-Destek ihtiyacı yok -Baz materyalin tüketimi
	Termal füzyonu gösteren materyalin birikmesi	ABS, bal mumu, elastomer	-modelin desteğe ihtiyacı var
	Malzeme püskürtme	Bal mumu, polimer	-modelin desteğe ihtiyacı var
Toz- katı	Külçeleşme yoluyla tozun yığılması	Metal, seramik, kum, polistiren, naylon, poliamid, balmumu	-Destek ihtiyacı yok -Gözeneklilik -Büzülme
	Bağlayıcı yoluyla tozun yığılması	Alümin	-Destek ihtiyacı yok -Gözeneklilik

Tablo 2.3: Hızlı prototiplendirme tekniklerinin tanımı
[203, Linxe, 2002]

2.3 Ham Maddeler ve Ham Madde İşleme

Dökümhaneye giren ana ham madde akışı metal külçeler, döküm hurdaları ve kumdan oluşur. Bu bağlamda, demirli (demirli) ve demir dışı (demirsiz) dökümhaneler arasında bir ayrım yapılabilir. Demir dışı dökümhanelerinde genellikle sadece tesis içi kalıntı materyalleri ve alaşım külçeleri eritilir (Şekil 2.7). Tesis dışı hurdanın yeniden eritilmesi genellikle ayrı bir faaliyet olarak kabul edilir ve çoğunlukla ikincil metal üretiminin bir parçasını oluşturur. Tesis dışı hurda elde edilmesi durumunda, alaşım türünü belirlemek üzere bu hurda öncelikle spektroskopi analizine tabi tutulur. Demirli dökümhanelerde tesis içi kalıntı materyallerinin yanı sıra başlangıç materyali olarak pik demiri, seçilmiş demir ve çelik hurda döküntüleri kullanır. Çeşitli nitelikteki besleme metalleri eritme fırınının kontrollü şekilde beslenmesini sağlamak için farklı alanlarda depolanır.



Şekil 2.7: Alüminyum Hurda(solda) ve Külçe (sağda)
[237, HUT, 2003]

Yığın ve toz halindeki eriktenler; kupol fırınları için döküm kokları, deoksidanlar; ve refrakterler dahil hammaddeler normalde kapalı halde depolanır. Teslimat sonrasında, hammaddeye elle müdahale asgari düzeyde tutulur. Şekil 2.8’de gösterildiği üzere, toz haline getirilmiş maddeler kapalı silolarda depolanıp pnömatik biçimde iletilebilir ya da kapalı torbalarda tutulabilir.



Şekil 2.8: Tozlaştırılmış Malzemeler İçin Pnömatik Konveyörler ve Silolar
[237, HUT, 2003]

Kum normalde toplu halde getirilir ve pnömatik taşıyıcı, taşıyıcı kayış ya da kepçe yoluyla doğrudan siloya boşaltılır. Özel bazı kumlar torbalarda ya da tankerler aracılığı ile de getirilebilir. Kullanılmış kumlar rejenerasyon amacıyla silolarda ya da tesis dışı yeniden kullanım veya bertaraf amacıyla başka bir yere nakledilmek üzere yine silolarda veya yığın halinde depolanır.

Sıvı bağlayıcılar ve yağ ürünleri toplu konteynerler ya da karayolu tankerleri aracılığı ile varillerde taşınır. Bunlar teslimat konteynerlerinde depolanır ya da raylı tankerler kullanılıyor ise belirlenmiş bir depoya boşaltılır. Konteynerler borular yoluyla doğrudan kum / reçine / katalizör karıştırma birimine bağlıdır. Bu bağlamda, bazı katalizör ve ko-reaktantlar gaz biçiminde kullanılır; ancak bunlar aynı zamanda sıvı biçimde de iletilebilir ve buharlaştırılmadan ve taşıyıcı gaz ile karıştırılmadan önce aynı şekilde işlenebilir. Buharlaştırma kapalı ortamda meydana gelir ve çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Refrakterler, ayırıcı maddeler ve diğer küçük çıktılar kapalı ortamda depolanır.

Kullanılmış refrakter ve cüruf gibi kalın katı kalıntılar alt bölmelere ayrılmış depolama alanlarında ya da kutularda ayrı yığınlar olarak depolanır. Bunlar küçük yük kaldırma araçları kullanılarak hareket ettirilir ve taşınır. İnce katı kalıntılar ise filtre biriminden geçerek büyük torbalarda ya da konteynerlerde toplanır ve bertaraf amacıyla nakledilmeden önceki ara dönemde depolanabilir. Bu kapsamda, çeşitli materyallerin sebep olabileceği toprak kirlenmesini engellemek amacıyla bazı özel önlemler alınır. Bunların potansiyel etkileri Tablo 2.5'te listelenmiştir.

Eritme fırınına şarj edilecek metal, doğru kompozisyonu elde etmek adına dikkatli bir şekilde seçilir ve tartılır. Şarj kompozisyonu her bir bileşenin ortalama kimyasal kompozisyonuna, erime sırasında meydana gelen oksitlenme kayıplarına ve dökümün gerektirdiği nihai kompozisyona göre hesaplanır. Farklı şarj elementleri bir devirme miktatısı aracılığı ile, doğru miktarın elde edilmesini sağlamak üzere genellikle üzerinde bir tartma sistemi bulunan şarj cihazında bir araya getirilir (örneğin, alttan döker skip, titreşimli besleyici, skip vinci).

İlave alaşım elementleri, FeSi, FeMn, FeCr gibi ferro-alaşımlar halinde ya da Cu, C, Ni gibi saf halde şarja ilave edilebilir. Bunun yanı sıra, çoğu alaşım oksitlenme nedeniyle meydana gelebilen metal kayıplarını engellemek için eriyik metale ilave edilir. Alaşım elementleri genellikle dökümde küçük miktarlarda bulunur ve her zaman yapının içerisinde, tercihen de eritme tesisinin yakınında depolanır.

[32, CAEF, 1997]

Faaliyetler	İlgili kirleticiler		Potansiyel Etki
Hammadde depolama			
Hurda döküntüsü depolama – tesis dışı, genellikle toprakta	Hurdadan gelen gevşek materyaller- metallere ve kaplamalar		Yer yüzeyinin yerel anlamada kirlenmesi
	Yağlar -aşağıdakileri içerebilir: - Yanmalı motor yağlarından gelen PAH - Kapasitörlerden gelen PCB’ler (PCB kaldırma işlemi başarılı bir şekilde gerçekleşmemiş ise genellikle dilimlenmiş hurdada) Kesme sıvıları -klorlu olabilir		Yer altı sularına ve yakınlardaki yerüstü sularına sızma
Yer altı tanklarında sıvı depolama	Petrol ürünleri, örneğin fuel-oil dizel		Yeraltı ve yerüstü sularına sızarak toprağa bulaşma
Hammadde işleme, nakletme ve kullanma			
Kimyasal bağlayıcı ürünler – sızma ya da dökülme kazaları	Fenolik reçineler	% 0.5 - 5 arası serbest fenol içeriği	Suda çözünür; yeraltı sularına karışabilir. 400 ppm’den az ise hızlı bozunma. Konsantrasyon daha büyük hacimli sızıntılar bakteri zehirliliği nedeniyle daha yavaş bozunur.
	Reçinelerdeki çözücü taşıyıcıları	Örneğin, % 20’ye kadar metanol	Genellikle suda çözünür, yeraltı suyuna karışabilir.
	Üretan reçineler	Aromatik çözücüler ¹	Çözücüler yer altı suyuna karışabilir.
	Füzan sertleştiriciler	Toluen-, ksilen-, Benzen- sülfonik asitler	Yeraltı suyuna karışabilir ya da toprağın özelliklerini değiştirebilir. Örneğin, metallerin hareketi
	Üre bazlı reçineler	Amonyak	Yeraltı ve yerüstü sularına karışabilir.
	Silikat reçineler	Alkalın pH	Yeraltı suyuna karışabilir ya da toprağın özelliklerini değiştirebilir. Örneğin, metallerin hareketi
Kalıp kaplamaları	İzopropil alkol (IPA)		Suda çözünür; yeraltı sularına karışabilir.
Yakıtlar, bakım ürünleri: - Dökülme ya da sızma kazaları (bilhassa doldurma bölgelerinde civarında) Yere kasıtlı şekilde bertaraf	Akaryakıtlar, dizel, yanma sonrası- PAH & SO ²⁻ ile petrol; Yağlama yağı & hidrolik yağlar; Suverme yağı; Transformatör yağı (PCB potansiyeli)		Yağlar yeraltı ve yerüstü sularına karışabilir. Akaryakıtların yanması sonrasında havada PAH ve SO ²⁻ birikmesi. SO ²⁻ yer ₄ profiline sızabilir. PAH, PCB’ler toprak tarafından emilme eğilimindedir.
¹ Önceki formüllerde PAH bulunmaktaydı (genellikle naftalin); ancak naftalinsiz formüller geliştirilmiş ve bu kirletici ortadan kaldırılmıştır.			

Tablo 2.4: Demirli Döküm Hammaddelerinden Kaynaklanan Potansiyel Toprak Kirliliği
[140, AB Tematik Döküm Atık Ağı, 2001], [225, TWG, 2003]

2.4 Eritme ve Metal İşleme

Eritme fırınının seçimi döküm sürecinin oluşturulmasında önemli bir yere sahiptir. Her bir fırın türünün besleme gerekliliklerine ve alaşım olasılıklarına ilişkin kendine özgü bazı özellikleri vardır ve bu özellikler en nihayetinde tüm döküm süreci üzerinde bazı etkilere sahiptir. Diğer taraftan, eritilecek olan metalin türü kullanılabilecek ya da kullanılamayacak olan fırının belirlenmesini sağlar. Çeşitli fırın türlerinin kullanılabilirliği Tablo 2.5'te verilmiştir.

	Kupol	Elektrik arkı	Kanallı indüksiyon	Maçasız indüksiyon	Döner	Şömine tipi	Dikeç	Potalı/ Kepçeli
Demir	m	m*	h	m, h	m*	m		h
Çelik		m		m				h
Alüminyum			m, h	m, h	M	m	m	m, h
Magnezyum								m, h
Bakır			h	m, h		m		m, h
Kurşun				m, h				m, h
Çinko				m, h				m, h
* daha az yaygın								

Tablo 2.5: Eritme (m) ve Tutunma (h) İçin Fırın Tiplerinin Uygulanabilirliği

Demir dökümhaneleri kalıplama hattının değişen taleplerini karşılamaya yetecek şekilde, kontrollü bir kompozisyon ve sıcaklıktaki metallerin kullanılması gerekir. Eritilecek olan metalik şarj genellikle ferro-silikon, ferro-fosfor ve ferro-manganez gibi alaşım katkı malzemelerinin yanı sıra dökümhane kalıntıları, demir ve çelik hurda döküntüleri ve pik demirinden oluşur. Şarj genellikle kupol fırınında ya da elektrikli indüksiyon fırınında eritilir. Kupol tipiyle karşılaştırıldığında, indüksiyon fırınları piyasada giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, eritme işlemi için maçasız indüksiyon fırınları da kullanılır. Kanallı indüksiyon fırınları ise yalnızca bekletme işlemi için kullanılır ve bunlar genellikle dubleks konfigürasyon denilen sistem içerisinde kupul fırın ile beraber kullanılır. Bu bağlamda, gaz ateşlemeli ya da petrol ateşlemeli döner fırınlar da kullanılabilir; ancak bunların kullanımı daha az yaygındır. Kısa süreli bekletme, nakliye ve metali tutma işlemleri ise potalarda gerçekleştirilir.

Çelik hem elektrikli fırınlarda hem de indüksiyon fırınlarında eritilir. Büyük çelik dökümhanelerinde elektrik arkı fırınları kullanılabilir; ancak bu tip tesislerde indüksiyon fırınlarının kullanımı daha yaygındır. Ark fırınlarında, damıtma işlemi fırın içerisinde gerçekleştiğinden, düşük maliyetli hurda şarjları kullanılabilir. Fakat bu fırınlarda her zaman grafit elektrotlardan karbon yükselmesi söz konusudur; bu nedenden dolayı bunlarda çok düşük karbonlu paslanmaz çelik (<0.03 %C) üretilmez. Indüksiyon fırınlarında damıtma mümkün değildir; bu nedenden dolayı kullanılacak şarj dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Ancak, bunlarda her türlü çelik eritilebilir. Kısa süreli bekletme, nakliye ve metali tutma işlemleri potalarda gerçekleştirilir.

Demir dışı eritme işleminde kullanılan eritme fırını dökümhanenin büyüklüğüne bağlıdır. Demir dışı dökümhanelerde genellikle birçok farklı alaşım kullanılır ve/veya bunların eritme kapasitesi sınırlıdır. Eritme işlemi küçük hacimli fırınlarda gerçekleştirilir ve bu bağlamda en uygun fırın potalı fırınlardır. Bunun yanı sıra, basınçlı döküm bunlarda kullanılan başlıca döküm tekniğidir. Bu gibi durumlarda eritme (ve bekletme) fırını döküm makinesine entegre olduğu için merkezi eritmeye genellikle gerek yoktur. Daha büyük kapasitesi olan ve merkezi eritmeye ihtiyaç duyan demir dışı dökümhanelerde, tipik olarak eritme işlemi için indüksiyon tipi, şömine tipi ya da dikeç tipi fırınlar kullanılır ve daha sonra eriyik metal bekletme fırınlarına ve döküm potalarına aktarılır [174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003].

2.4.1 Kupol Fırınlr

2.4.1.1 Soğuk Hava Kupol Fırını

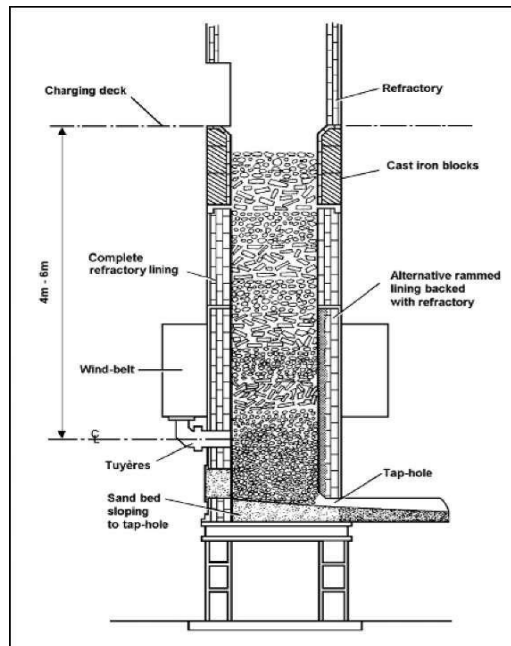
2.4.1.1.1 Açıklama

Kupol refrakter şekilde kaplanmış, alt kısmında metal şarjın (“ocak”) kokun yanması sonucu ısındığı bir şaft fırındır. Fanlar tarafından desteklenen yanma havası belirli sayıdaki egzoz borusu aracılığı ile (“tüyerler”) şömineye enjekte edilir. Bir adet bobin ve kontrol vanası yanma havasının tüyerlerden kontrollü ve eşit dağılmış şekilde akmasına imkân tanır. Metal (pik demiri, çelik hurda döküntüleri, hurda demir, döküm kalıntıları), kok, alaşım elementleri (örneğin FeSi, SiC), cüruf (SiO_2) ve eriktenler (örneğin CaCO_3) dikecin üst kısmındaki şarj kapısı aracılığı ile dikece ilave edilir. Yanma gazları şömineden yukarı doğru hareket eder ve kupol çatısından doğru fırını terk etmeden önce ısı – şarj alışverişi gerçekleştirir.

Önceden ısıtılmış şarj yanma bölgesine eriştiğinde metalik kısımlar yüksek sıcaklık nedeniyle erir ve şarj olmuş kok oksijenle karşılaşır yanmaya başlar. Eriyik metal damlaları kok yatağı boyunca akar ve kuyu denilen ve yanma bölgesinin altında bulunan bölgede toplanır. Tüm kir genellikle SiO_2 , CaO , Al_2O_3 ve FeO ’dan oluşan cüruf içerisinde hapsolür. Erikenler erime noktasını ve cürufun akışkanlığını alt seviyelere düşürür. Düşük yoğunluk nedeniyle, kuyudaki cüruf eriyik metalin üzerinde yüzmeye başlar. Kuyudaki sıvı metal belirli bir seviyeye ulaştığında musluk deliği açılır. Metal refrakter şekilde kaplanmış bir kanal ya da oluk aracılığı ile kesintili bir şekilde musluk deliğinden toplama kabına ya da potasına akar. Alternatif olarak, eriyik metal kesintisiz bir şekilde bekletme fırınına da yönlendirilebilir.

Cüruf bir hazne ve daha yüksek bir seviyeye yerleştirilen bir cüruf musluğu aracılığı ile ayrı bir şekilde toplanır. Kesintili bir şekilde potlarda toplanır ya da kesintisiz bir şekilde akan suda veya kuru granülasyon için özel bir tesiste granüle edilir.

Temel konfigürasyonunda kupol **soğuk hava kupolu** olarak adlandırılır. Bu atmosfer basıncı ve normal ortam sıcaklığındaki havayı kullanan kupol türüdür.



Şekil 2.9: Soğuk hava kupol fırınının şematik taslağı ve minyatür modeli
[44, ETSU, 1993], [237, HUT, 2003]

CO emisyonunu azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla soğuk hava fırınlarının sıcak hava fırınına dönüştürülmesi düşünülebilir (bkz Bölüm 4.5.2). Ancak, ayda 2000 tondan daha az mal dökümü gerçekleştiren orta ölçekli dökümhaneler için gerektirdiği büyük yatırımdan dolayı sıcak hava kupolu çok öngörülebilir olmayabilir. Sıcak üfleme kupolasının kullanımı da sürekli eritme ile sınırlıdır, aksi takdirde işletme maliyetleri çok yüksektir. Bu bağlamda, soğuk hava kupolları emayeli demir döküm ürünleri, mutfak gereçleri, ısıtma apareyleri ve denge ağırlıkları gibi bazı üren türleri için yaygınlığını korumaktadır. Bu tür döküm ürünleri eritme yatağında yüksek miktarlarda eski sanayi Avrupa ülkelerinde hala bol olan ve soğuk hava kupollarına uygun olan eski dökme demir kullanımına imkân tanır.

[44, ETSU, 1993], [156, Godinot, 2001], [202, TWG, 2002]

2.4.1.1.2 Bakım

Kupol fırının özelliklerinden bir tanesi eritme ve ısıtma bölgelerinde fırın kaplama materyalinin ömrünün (kuartz-kil karışımı) sadece bir eritme döngüsü ile sınırlı olmasıdır. Yoğun sıcaklık ve cürufun varlığı kimyasal ayrışmaya ve kaplamanın mekanik olarak aşınmasına sebep olur ve sonuç olarak materyali cürufa çevirir. Bu nedenden dolayı kupol fırınları çift olarak imal edilir. Bir fırın eritme işlemini gerçekleştirirken diğer bir fırın yeni refrakter materyal ile kaplanır ve operasyon bir sonraki gün bu fırında devam edebilir. [110, Vito, 2001]

2.4.1.1.3 Avantajları:

Yatırım maliyeti, tozdan arındırma tesisinin maliyeti dahil, saat başına kurulan ton başına 125000-150000 EURO'dur.

Temizleme ve karbürleme operasyonuna bağlı olarak farklı türde (ucuz) hurda döküntüleri kullanılabilir.

Uygun önlemler alınır ise ısı verim kabul edilebilir düzeylerde.

2.4.1.1.4 Dezavantajları:

- Üretim rejimi esnek değildir.
- Sistemin yavaşlığından dolayı üretim yönetimi zordur.
- Az miktarda çelik hurda döküntüleri ve pik demiri ile pahalı şarj
- Hızlı alaşım değişimi ihtimali yoktur.
- Kupolda sülfür birikmesi / yükselmesi
- Döküm çevresel yük oluşturur; diğer bir deyişle, büyük miktarda toz, cüruf ve refrakter kaplama atığı
- Yüksek baca gazı oranları nedeniyle büyük tozdan arındırma tesislerine ihtiyaç duyulur.

[110, Vito, 2001]

2.4.1.2 Sıcak Hava Kupol Fırını

2.4.1.2.1 Açıklama

Kupol fırınının verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için yanma havası önceden ısıtılabilir. Bu ilke **sıcak hava fırınlarında** diğer bir değişle önceden ısıtılmış havayı kullanan kupollarda uygulanır.

Sıcak hava operasyonun avantajları aşağıda özetlenmiştir:

- daha az kok tüketimi
- daha fazla metal sıcaklığı
- daha yüksek erime hızı
- daha az sülfür yükselmesi
- daha az erime kaybı
- daha fazla karbon yükselmesi ve böylece fırın şarjında çelik hurda döküntülerinin pik demiri yerine kullanılabilmesi

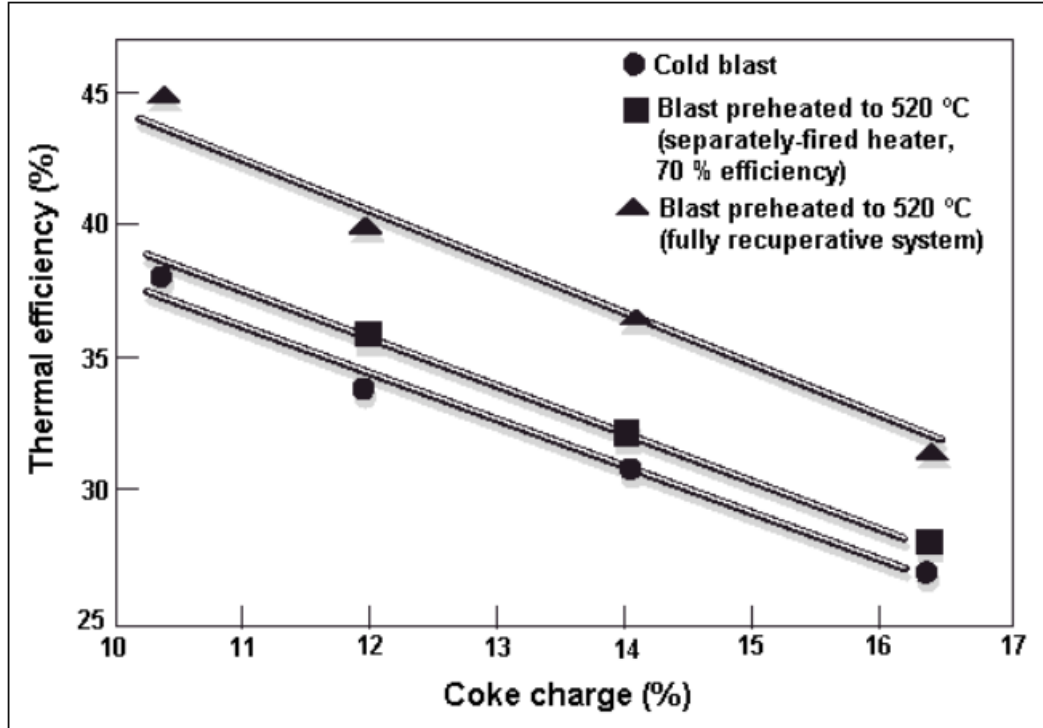
Tüm bu avantajların aynı anda elde edilemeyebileceğinin dikkate alınması gerekir. Örneğin, fırın şarjında daha fazla oranlarda çelik hurda döküntüsünün bulunması yeniden karbürleme işlemi için daha fazla oranda kok gerektirebilir ve bu da sonuç olarak ergitme hızını düşürerek sülfür birikimini artırabilir.

İki türlü ısıtma yöntemi vardır:

- *Rekuperatif (iyileştirici) ısıtma:* Bu yöntem baca gazının kalıntı ("gizil") ısısının yanma havasına transferini kapsar. Baca gazları fırının üst kısmında toplanır, yeterli hava ile karışır ve daha sonra art-yanma biriminde yanar. Bu işlem CO'nun ekzotermik oksitlenmesine yol açar. Yanmış gazlar ısı eşanjörü (rekuperatör) aracılığı ile yanma havasına aktarılır. Tipik olarak basınçlı üfleme havası 500 - 600°C arasında ısıtılır. Bu derecenin üstünde bir sıcaklık uygulandığında, fırın tozunun rekuperatör yüzeyinde külleşmesi nedeniyle problemler meydana gelir.
- *Harici ısıtma:* Bu yöntemde yanma havası harici yollar ile ısıtılır; örneğin gaz ya da yakıt yakıcı, elektrik direnci ya da plazmalı şaloma aracılığı ile.

Bu iki ısıtma yönteminin kombinasyonu basınçlı üfleme havasının 1000 °C'ye kadar ısınmasına imkan tanır. Ancak bu tür yüksek sıcaklıklar daha pahalı refrakter materyal kullanımını gerektirir ve çok yüksek ergitme sıcaklığına neden olabilir.

Rekuperatif sistemler daha fazla enerji verimliliği ve ısı verimlilik sunar. Havayı önceden ısıtmanın ısı verimliliği üzerindeki ve kok kullanımı üzerindeki etkisi Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Bu bağlamda, kok kalitesinin basınçlı üfleme havasının genel verimliliğini etkileyebileceği dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.10: Hava Fırın Verimliliğinde Havanın Ön ısıtılmasının Etkisi
[44, ETSU, 1993]

Ayda 2000 tondan daha az mal dökümü gerçekleştiren orta ölçekli dökümhaneler için gerektirdiği büyük yatırımdan dolayı sıcak hava kupolu çok öngörülebilir olmayabilir. Bu gibi durumlarda, bazı ürün türleri için soğuk hava kupolu yaygınlığını korumaktadır. Buna karşın, toplu üretim dökümhanelerinde sıcak hava kupolu en yaygın kullanılan eritme cihazı olmaya devam etmektedir. Örneğin, otomobil parçaları, santrifüj döküm ve yol aksesuarları için.

Normalde sıcak hava kupolları başka fırına geçme olayını gerektirmemek ve bakımda harcanan süreyi ve çabayı asgari düzeye indirmek için uzun operasyon döngüleri boyunca çalışacak şekilde üretilir.

[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [156, Godinot, 2001]

2.4.1.2.2 Avantajlar:

- Daha az kok tüketimi
- Yüksek musluk sıcaklığı
- Yüksek ergitme kapasitesi
- Kupolda daha az sülfür toplanması
- Farklı türlerde ucuz ve daha düşük kaliteli demirli hurda döküntüleri kullanabilme ihtimali
- Pısk demiri ile daha fazla karbon yükselmesi nedeniyle daha fazla hurda çelik kullanabilme olasılığı.

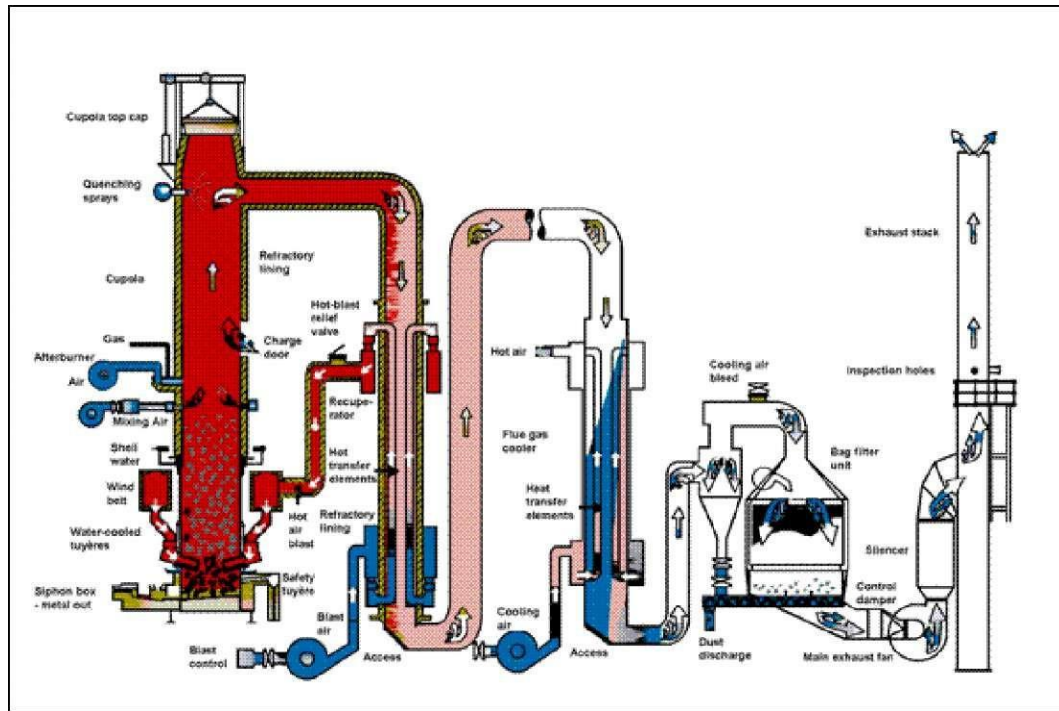
2.4.1.2.3 Dezavantajlar:

- İlave çevresel önlemler alınması gerektiğinden çok maliyetli bir yatırım gerektirir.
- Üretim rejimi esnek değildir.
- Sistemin yavaşlığı nedeniyle üretim yönetimi zordur.
- Yalnızca demir alaşımlar ile sınırlıdır ve hızlı alaşım değişikliği ihtimali yoktur.
- Dökümhane çevresel yük oluşturur. Örneğin, fazla miktarda toz, cüruf ve refrakter kaplama atığı.
- Yüksek baca gazı oranları nedeniyle büyük tozdan arındırma tesislerine ihtiyaç duyulur.

[110, Vito, 2001]

2.4.1.3 Uzun Operasyon Süreli Kupollar

Uzun operasyon süreli kupollar soğuk hava kupolu ya da sıcak hava kupolu olabilen, genellikle su soğutmalı refrakter kaplaması olan kupol türüdür. Bu tür kupollar günlük bir, iki ya da üç döngü boyunca çalıştırılır ve genellikle sadece tek birim halinde kullanılır. Bu türlerin operasyon ömrü birkaç hafta ya da aydır. Kaplamasız kupolların operasyon ömrü daha uzundur; ancak fırının dış yüzeyinde meydana gelen ısı kaybı oldukça fazladır. Uzun operasyon süreli kupolların ömrünü ve maliyet etkinliğini artırmaya yönelik olarak refrakterler ve çalışma uygulamalarına ilişkin araştırmalarda gelişmeler kaydedilmektedir. Dikeç-içi art-yakıcı ile beraber uzun operasyon süreli kupolların şematik gösterimi Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11: Uzun operasyon süreli kupolun şematik sunumu

[150, ETSU, 1998]

Uzun süreli operasyonlarda aşağıdaki önlemleri alınması gerekir:

- Dikeçte, tabanda ve şöminede daha dayanıklı (refrakter) kaplama uygulanması
- Fırın duvarında su soğutmasının gerçekleştirilmesi: bu işlem duvar sıcaklığının düşük seyretmesini sağlayarak şömine kaplamasının kısa sürede aşınmasını engelleyecektir.
- Fırın dikecinin daha derinlerine inen su soğutmalı hava borularının kullanılması. Bu bağlamda, yanma bölgesi fırın kaplaması ile doğrudan temas etmez. Ayrıca su soğutması refrakter tüketimini azaltmaktan başka sebepler için de kullanılır. Bu sebeplerden bazıları aşağıdaki gibidir:

- Erime süresini uzatmak
- Fırının iç çapını artırmak ve böylece daha yüksek eritme oranına erişmek

Kaplamasız operasyonlarda şarj su soğutmalı çelik fırın yüzeyi ile doğrudan temas halindedir. Kaplamasız operasyonlar yalnızca uzun süreli eritme gerçekleştiren nispeten büyük kapasiteli kupollarda kullanılır. Bunun avantajları aşağıdaki gibidir:

- Tek bir kupola ihtiyaç duyulur
- Kupol bir ya da birkaç haftalık operasyondan sonra sadece iç onarıma ihtiyaç duyar
- Günlük yatak koku tüketimi azalır
- Çapın tutarlılığı ve daha istikrarlı erime koşulları nedeniyle operasyon döngüsü sırasında izleme daha kolaydır.

Özel uzun operasyon süreli kupol türlerinden bir tanesi de koksuz kupoldur. Bu kupol türü Bölüm 4.2.1.8’de açıklanmıştır.

[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [110, Vito, 2001], [150, ETSU, 1998]

2.4.1.4 Atmosferik Emisyonlarının Yapısı

Kupollar pas, kum ve demir dışı maddeler gibi gevşek partiküller içerebilen birçok farklı materyal ile şarj edilebilir. Metalürjik kok ve ilave edilen erikten maddeler bölünüp küçük parçalara ayrılabilir. Şarj hazırlığı ve şarj işlemi sırasında bölünme ve mekanik aşınma bazıları hemen dışarı salınan çeşitli partiküller üretir.

Eritme sırasında şarjın refrakter kaplamayı giderek aşındırması da toz meydana getirebilir.

Üçüncü partikül madde kaynağı ise erime bölgesinde oluşan ve cüruf fazında tutulmayan kok külüdür.

Yeterince hafif ise farklı kaynaklardan gelen partikül maddeler kupolun yanma gazlarına karışabilir. Belirli koşullar altında erime bölgesinde metalürjik duman üretilebilir ve bu durumda kupol çatısından gözle görülür bir duman bulutu yükselir. Şarj edilen çelik ya da demir hurda döküntüsünde galvanizli ya da boyalı hurda döküntüleri gibi metaller mevcut ise, duman partikülleri ZnO ve PbO gibi metalik oksitler ve küre biçiminde is partiküllerinden oluşan mikron altı yığınlardan meydana gelir. Duman emisyonları kokun ve şarjdaki kirleticilerin oranını, basınçlı üfleme havasının sıcaklığını ve oksijen enjeksiyon oranını artırır.

Karbonlu duman havada taşınan bir maddedir ve kupolda organik maddenin tam olarak yanmaması sonucu meydana gelir. Yağ, gres, ahşap, tekstil ürünü ve kauçuk gibi hurda kirleticileri baca gazı içerisinde yağlı buhar oluşumuna sebep olur. Buhar ve kısmen yanmış organik madde kötü kokulara yol açabilir.

Hurdanın temizliği ve yapısı emisyonların yapısını da önemli ölçüde etkiler. Kokun yakılması CO₂, CO ve SO₂ içeren kokulu gaz emisyonlarına sebep olur. Kok şarjının oranının düşürülmesi (ısı verimliliği artırarak) ya da kokun yerine (kısmen ya da tamamen) doğal gaz kullanılması bu maddelerin seviyelerini düşürmeye yardımcı olabilir.

2.4.2 Elektrik Arkı Fırınları

2.4.2.1 Tanım

Elektrik arkı fırını refrakter kaplaması olan ve büyük bir kâse şeklinde bir gövde ve tabak şeklinde bir ocaktan oluşan bir yığın ergitme fırınıdır. Fırının geniş yapısı toplu şarj materyalinin işlenmesine ve cüruf ve metal arasında etkin reaksiyonlara imkân tanır. Tipik olarak yüzey çapı 2–4 m arasındadır. Şekil 2.12’de gösterildiği üzere fırının üzerinde üç grafit elektrot için kapıları bulunan refrakter bir çatı bulunur. Elektrotlar aşağı yukarı hareketi sağlayan kollar ile desteklenir. Çoğu fırında çatı şarjı yöntemi kullanılır: çatı ve elektrotlar bir tarafa hareket ettirilerek, fırın alttan döker şarj kovanı ya da mıknaş yoluyla şarj edilebilir. Metal şarj üç grafit elektrot arasındaki üç fazlı alternatif akım sonucu meydana gelen elektrikli ark yoluyla ısıtılır. Bunlar kendisi nötr olarak işlev gören şarjın üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 2.12: Elektrikli ark fırını

[237, HUT, 2003]

Fırının içindeki eriyik fırın eğilerek boşaltılır; bu şekilde metalin musluktan dışarı akması sağlanır. Musluğun karşısında bulunan işlevsel kapı boşaltma işleminden önce cüruf atma ve numune alma operasyonları gerçekleştirilmesine imkân tanır.

Fırının kaplaması asidik (SiO_2 bazlı refrakter) ya da bazik (MgO bazlı refrakter) olabilir. Bazik kaplama neredeyse her çeşit çelik hurda döküntüsünün kullanılmasına olanak tanır. Fırın ayrıca yüksek alaşımlı çelik ve mangan çeliği üretiminde de kullanılabilir. Fosfor ya da sülfür içerikli hurda döküntüsü kullanılır ise, fosforun ve kükürdün giderilmesi için genellikle kireç ya da kireç taşı ilave edilir. Bu tür bileşenler asidik kaplamaya zarar verir. Bu nedenden dolayı, asidik tipteki refrakterler sadece sülfür ya da fosfor içeriği az olan eritme hurdalarında kullanılır.

Elektrikli ark fırınları neredeyse yalnızca çeliğin eritilmesinde kullanılır. Sadece birkaç durumda dökme demir üretiminde de kullanılır ve bu durumlarda eriyiğe kömür tozu eklenmesi gerekir. Çelik dökümcülüğü için tasarlanmış elektrik arkı fırınlarının kapasitesi genellikle 2 ila 50 ton arasında değişir. Bunlar aralıklı olarak çalıştırılabilir ve çeliğe yönelik birçok analiz için uygundur. Ayrıca, bunlar yüksek sıcaklıklarda tipik olarak bir – iki saat eritme süresi ile çelik üretebilir ve aynı zamanda % 80’e kadar yüksek ısı verim sağlayabilir¹. Elektrik tüketimi, fırın kapasitesine, sıcak metal tüketimine, damıtma tekniklerine, boşaltma sıcaklığına ve uygulanan kirlilik kontrol ekipmanına bağlı olarak 500 – 800 kilovat saat/ton eriyik çeliktir. Toplam erime süresi ise tipik olarak 1 ila 4 saat arasındadır.

2.4.2.2 Asidik Kaplamalı Elektrik Arkı Fırınlarında Eritme ve Damıtma

Asidik kaplamanın yapısından dolayı (SiO_2) bu tür fırınların damıtma özellikleri karbonsuzlaştırma ile sınırlıdır. Sonuç olarak, asitli eritme uygulaması esnasında kaybolmayacakları için, kabul edilebilir seviyede sülfür ve fosfora yönelik uygun şarj seçilirken bilhassa dikkatli olunması gerekmektedir. Şarj uygun seviyede pik demiri, döküm kalıntıları ve satın alınmış hurda döküntülerinden oluşur. Şarj içerisindeki karbon yeterince yüksek seviyede tutulur ve böylece eritme işleminde sonra da son seviyenin üzerinde % 0.2 – 0.4 arasında kalır.

Karbonsuzlaştırma işlemi sıvı metal yunağına oksijen enjekte etmekle başlar. Bu güçlü bir tetikleme eylemi olarak işlev görür ve eriyikteki karbonun yanmasını sağlar. Aynı zamanda, “kaynama” Si ’yi yakar ve sıvı metal yunağında H_2 ve N_2 ’yi açığa çıkarır. Tüm kirler (oksitler) cüruf içerisinde hapsolür. Eritme sırasında, cürufun uygun kıvama getirilmesi için kum (SiO_2) ilave edilebilir. Karbon uygun konsantrasyona ulaştığında oksijen enjeksiyonu durdurulur ve kaynatma reaksiyonuna son vermek üzere silikon ve manganez ilave edilir.

Cürufun atılmasından sonra metal kompozisyonu kontrol edilir ve gerekli ayarlamalar yapılır. Son olarak, katılaşma sırasında CO baloncuklarının oluşmasını engellemek üzere boşaltma sırasında eriyik akışına alüminyum ya da benzeri diğer maddeler eklenerek oksijen giderilir (deoksidasyon). Bunun yanı sıra, AOD ya da VODC dönüştürücülerinde ilave sülfür giderme ve/veya fosfor giderme işlemleri gerçekleştirilebilir.

(Bkz Bölüm 2.4.9 ve 2.4.10).

[32, CAEF, 1997], [161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

¹ Elektrik üretiminin verimliliği dikkate alınmamıştır.

2.4.2.3

Bazık Kaplamalı Elektrik Arklı Fırınlarda Ergitme ve Damıtma

Elektrik arklı fırınları alkalın MgO bazlı kaplama metalin fırın içerisinde damıtılmasına olanak sağlar. Bu nedenden dolayı, fırını neredeyse her türlü çelik ve döküm kalıntısı kombinasyonu ile şarj etmek mümkündür. Bazık kaplama uygulaması satın alınmış çeliğin istenilenden daha üst seviyede fosfor ve/veya sülfür içerdiği durumlarda kullanılır.

Eriyikteki fosforun giderilmesi eritme sırasında belirli aralıklarla kireç eklenmesi yoluyla gerçekleştirilir. Sıvı metal yunağına oksijen enjekte edilmesi üzerine, fosfor oksit açığa çıkar ve metal oksit ve kirler ile beraber cüruf içerisinde hapsolur. Kireç cürufu bazık seviyede tutar ve bu şekilde fosfor oksit dengeye kavuşur. Aynı zamanda karbon yakımı işlemi gerçekleşir. Yeterli reaksiyon süresi dolduğunda, oksijen enjeksiyonu kesilir ve cüruf tamamen atılır.

Sülfür giderme benzeri şekilde ancak daha yüksek bir sıcaklıkta olmak üzere ikinci aşamada gerçekleşir. Yine kireç ya da kireç taşı eriyiğe ilave edilir ve sülfür ile reaksiyona girerek çözünmez CaS'yi açığa çıkarır ve bu da cüruf içerisinde hapsolur. Düzenli aralıklarla karbon, alüminyum ya da FeSi ilave edilmesi metal oksitleri azaltır (örneğin, mangan-, krom oksitler) ve böylece sıvı metal yunağında bu elementlerin kayıplarını asgari düzeye indirir. Diğer tüm kirler (oksitler) cüruf içerisinde hapsolur ve nihai cüruf atma operasyonu sırasında ortadan kaldırılır.

Metal kompozisyonu bu şekilde damıtıldıktan sonra kontrol edilir ve gerekli ayarlamak yapılır. Son olarak, katılma sırasında CO baloncuklarının oluşmasını engellemek üzere boşaltmadan önce sıvı metal yunağına alüminyum ya da benzeri diğer maddeler ilave edilerek oksijen giderilir. Nihai alaşım kompozisyonunun gerektirdiği takdirde, AOD ya da VODC dönüştürücüleri kullanılarak metale yönelik daha ileri damıtma işlemleri gerçekleştirilebilir.

[32, CAEF, 1997], [161, İngiltere Çevre Ajansı 2002]

2.4.2.4

Atmosfer Emisyonlarının Yapısı

Elektrik Arklı Fırınlardan salınan emisyonlar şarj, eritme ya da damıtma operasyonları esnasında ya da fırının boşaltılması sırasında meydana gelebilir.

Şarj sırasında açık olan fırın gövdesinden toz ve kir salınır. Sıcak fırın şarj edilirken (örneğin bilhassa eriyik ökçe yöntemi [fırının içerisinde her daim asgari düzeyde eriyik bulundurulması] ile eritirken), gres, boya ya da yağ gibi alev alabilir her türlü madde tutuşur ve yanığın, bilhassa yanmış organik materyallerin dumanı ve toz partikülleri salınır. Fırın kaplamasının mekanik olarak aşınması da ilave toz yaratır.

Erime sırasında hurda döküntülerinin ısınması metal oksit dumanı oluşturur ve bu karbonsuzlaştırma sırasında önemli ölçüde artar. Eriyik metale oksijen gazının enjekte edilmesi büyük boyutlarda demir oksit dumanı meydana getirir ve bu duman fırını kırmızı duman bulutu şeklinde terk eder. Cüruf oluşturu materyallerin ilave edilmesi ise küçük miktarda ve kısa süreliğine olsa da fırın emisyonlarını artırır.

Eriyik metalin potaya ya da bekletme fırınına aktarılması sırasında da az miktarda emisyon meydana gelir.

Eritme işleminin bizzat yaydığı emisyonlara birincil emisyonlar denir. İkincil emisyonlar ise şarj ve boşaltmadan kaynaklanan duman ve tozlardır.

Emisyonların yapısı ve miktarı ile ilgili olarak; yukarıda belirtilen farklı kaynaklara ait toz ve duman emisyonları şarj edilen metalin temizliğine, uygulanan şarj prosedürüne, şarjın kompozisyonuna, damıtma işlemlerine ve eriğe ilave edilen maddelere bağlı olarak döküm işleminden döküm işlemine büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Fırında kömür ya da akaryakıt yakılmadığı için emisyonlar sadece bu parametrelere bağlıdır.

2.4.3 İndüksiyon Fırınları (IF)

İndüksiyon fırınları hem demirli hem de demir dışı metallerin eritilmesi için kullanılır. Birkaç indüksiyon fırını çeşidi mevcuttur, ancak hepsi fırının etrafına sarılı bir bobinden geçen elektrik akımının yarattığı güçlü manyetik alanı kullanarak çalışır. Buna karşın, manyetik alan eritilecek metale yönelik bir gerilim ve sonrasında metalin içerisinde elektrik akımı oluşturur. Metalin elektrik direnci ısı meydana getirir ve bu da metali eritir. İndüksiyon fırınları çeşitli boyutlarda üretilir. Şarj ve enerji taşıyıcısı arasında temas olmadığı için uygun kaplama materyali bulunabildiği takdirde indüksiyon fırınları çeliğin, dökme demirin ve demir dışı metallerin eritilmesi için uygundur.

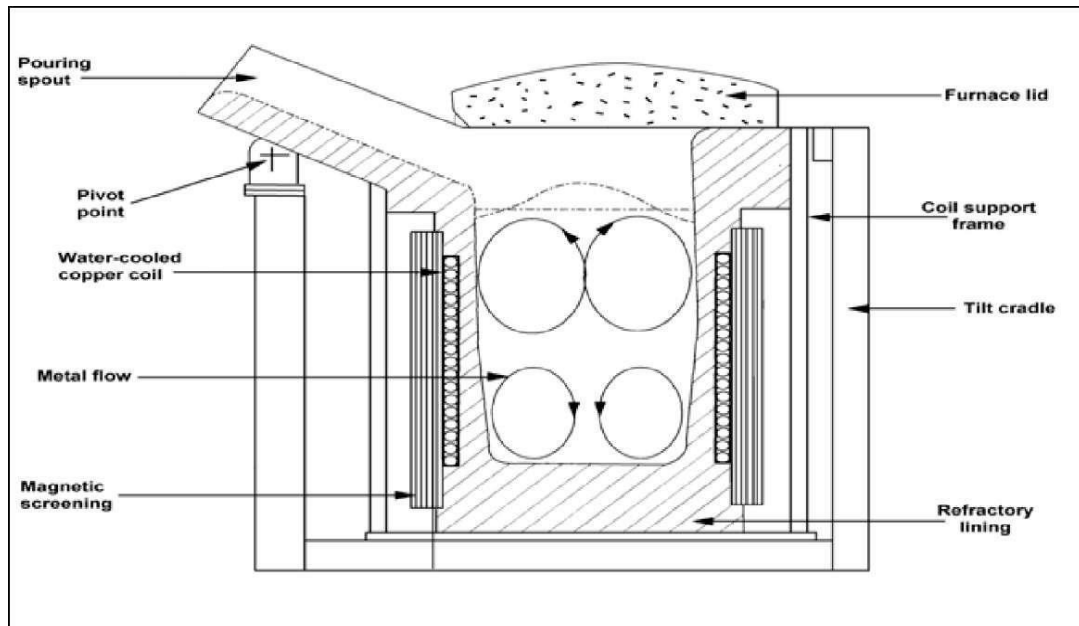
Su soğutma devrelerinin uygun şekilde çalışması bobinin aşırı ısınmasını engellemek için oldukça önemlidir. Su soğutma sistemleri bu nedenden dolayı en üst düzey güvenilirlik sağlayacak şekilde tasarlanır ve çeşitli termostat ve akış ölçerler içerir.

[42, US EPA, 1998], [47, ETSU, 1992], [110, Vito, 2001]

2.4.3.1 Maçasız İndüksiyon Fırını

2.4.3.1.1 Açıklama

Maçasız İndüksiyon Fırınları içeride refrakter kaplaması olan ve su soğutmalı bir bakır bobin içeren yığın eritme fırınlarıdır. Fırının dışı yalıtımlıdır ve çelik yüzey ile çevrelenmiştir. Fırın gövdesi eğilme mekanizması bulunan bir çerçeveye asılıdır. Maçasız indüksiyon fırınları normalde üstü şarj ve cüruf atma operasyonları için açık olan ve refrakter kaplaması bulunan kova şeklinde bir refrakterdir (Bkz Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Maçasız indüksiyon fırının genel düzeni [47, ETSU, 1992]

Kapasitesine bağlı olarak, fırın kaldırma mıknatısı, skip kova, titreşimli taşıyıcı yoluyla ya da elle şarj edilebilir. Birçok dökümhane nispeten küçük yığınları çok çeşitli sayıda kompozisyonlar halinde üretmek için indüksiyon fırınlarını kullanır. Fırının kapasitesi 10 kg ila 30 ton arasında değişir. Maça şebeke, orta ve yüksek frekanslı alternatif akım yoluyla beslenir (sırasıyla 50, 250 ya da 1000 Hz).

Yüklenen gücün yoğunluğuna ve eritme uygulamasına bağlı olarak ısı verim %80'i² aşabilir; ancak bu verim genellikle %60-%70 arasındadır. Elektrik üretiminin verimliliği dikkate alınır ise, genel olarak %15-20 verimlilik sağlanır. Bu verimlilik diğer fırın türlerindeki verimlilikle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Maçasız indüksiyon fırınları 50 Hz'den yukarı herhangi bir frekansta çalışacak şekilde tasarlanabilir. Sıvı metalin indüksiyonla ısıtılması tetikleme işlevi görür. Birincil akım frekansı ne kadar düşük olursa tetikleme de o kadar yoğun olur. Bu nedenden dolayı, 50 ya da 60 Hz'de çalışan şebeke frekanslı fırınlarda türbülans daha yüksek frekanslarda çalışan fırınlarda olduğundan daha fazladır. Yüksek türbülans nedeniyle şebeke frekanslı fırına elektrik girişi ton başına yaklaşık 250 kW ile sınırlıdır. Yüksek frekanslarda elektrik yoğunluğu bu seviyenin üç ya da dört katına kadar çıkabilir.

Operasyonun frekansı akım nüfuzunu da etkiler. Frekans ne kadar yüksek ise nüfuzun derinliği o kadar azdır. Bu asgari şarj parçası boyutunu ve etkili olabilecek fırın boyutunu da etkiler. 50 Hz'de çalışan fırınlar 750 kg'nin altında kapasitede elverişli değildir. 10 Hz'de, çapı 10 mm'den küçük olan şarj parçaları ısıtılabilir ve böylece kapasitesi 5 kg kadar az olan fırınlar kullanılabilir. Tablo 2.6'da gösterildiği gibi, güvenilir frekans dönüştürücülerinin geliştirilmesi uygulamaya-özel birimlerin oluşturulmasını sağlamıştır. Daha yüksek frekanslarda metal homojenizasyonu yetersiz olduğundan, frekanslar genellikle 250-350 Hz ile sınırlıdır (değişken frekanslar durumunda). Yüksek frekanslar çok küçük fırınlar gibi özel durumlarda kullanılır. Şekil 2.14 çeşitli boyutlardaki maçasız indüksiyon fırınlarını göstermektedir.

Frekans (Hz)	Uygulama
70	Pirinç talaşı
100	Alüminyum tıraşlama
100 - 150	Dökme demir talaşı
250	Alüminyum ekstrüzyon hurdası
250	Döküm kalıntılarından çıkan demir ve çelik hurda
500 ve 1000	Çelik eritme ve sulu dökme demir talaşı eritme
1000 ve 3000	Birçok bakır alaşım çeşidi
3000	Hassas döküm
10000	Mücevher ticareti

Tablo 2.6: Mevcut İndüksiyon Fırınlarının Frekansları açısından Uygulama Alanları [174, Brown, 2000]

²Elektrik üretiminin verimliliği dikkate alınmamıştır.



Şekil 2.14: Maçasız indüksiyon fırınları
[237, HUT, 2003]

Su soğutma sistemleri maçasız indüksiyon fırınlarının gerektiği şekilde çalışması açısından oldukça önemlidir. Bobinin soğutulması hem bobini hem de yalıtımı sadece normal operasyon sırasında değil aynı zamanda elektrik kesildiğinde ya da fırın boşaltıldığında da soğuma dönemi boyunca ısıl zarardan korur. Isı eşanjörlü kapalı devreler kullanan ya da açık buharlaştırıcı sistemler kullanan çeşitli soğutma türleri vardır. Soğutma sisteminin kullanılması tesis içi enerji geri kazanımına imkân tanır.

[32, CAEF, 1997], [47, ETSU, 1992], [110, Vito, 2001], [174, Brown, 2000], [176, ETSU, 1998], [202, TWG, 2002]

2.4.3.1.2 Eritme Uygulaması

Maçasız indüksiyon fırınları eritme için kullanılır; ancak damıtma için kullanılamaz. Bu nedenden dolayı, çelik dökümhanelerinde indüksiyon fırınının “doğru” kompozisyondaki ham maddeler ile şarj edilmesi gerekir – diğer bir deyişle, eriyiğin ihtiyaç duyduğu kompozisyondaki ham maddeler ile şarj edilmesi gerekir; bu bağlamda genellikle metal hurda döküntüleri kullanılır. Eğer gerekli ise, metal daha sonra AOD dönüştürücüsünde ya da özel arıtma potalarında da damıtılabilir (bkz Bölüm 2.4.12).

Çok güçlü fırınlar “boşalt ve şarj et” yöntemini takiben erimenin gerçekleşmesini mümkün kılar. Burada, fırın tam olarak boşaltılır ve bir sonraki eritme döngüsünü başlatmak üzere soğuk materyal ile şarj edilir. Soğuk şarj materyali ilave edilmeden önce eriyiğin yaklaşık üçte birinin boşaltıldığı düşük güçteki fırınlarda (şebeke frekanslı) “eriyik ökçe” yöntemi kullanılır. Daha az yoğunluktaki katı (soğuk) şarj ile karşılaştırıldığında, eriyik sıvı ve bobin arasındaki elektromanyetik bağlantı daha iyi olduğundan düşük güçteki fırınlarda ikinci yöntemin kullanılması üretim hızını önemli ölçüde artırır.

% 0.2’den fazla Al, Ti ve Zr gibi reaktif element içeren çelik sınıfları hava gibi oksitleyici bir ortamda eritilemez. Bunlar nötr atmosfere ya da vakumlu eritme ve döküm yöntemlerine ihtiyaç duyar. Bu ortam indüksiyon fırınının vakum odasına ya da hava sızdırmaz bir odaya yerleştirilmesiyle elde edilebilir. Vakum uygulanması eriyiğin gazının çok iyi bir şekilde alınmasını sağlar. Fazlasıyla oksitlenebilir elementler vakum içerisinde ya da geri doldurma işleminden sonra soy gazı ile ilave edilebilir.

İndüksiyon fırınları çok iyi eritme birimleridir; ancak genel anlamda bekletme konusunda daha verimsizdir. Sadece eritme için kullanıldıklarında, eriyik metal genellikle istenilen sıcaklığa erişir erişmez verimli bir bekletme fırınına aktarılır. Sabit ya da hareketli potaları bulunabilen birçok maçasız indüksiyon fırını çeşidi mevcuttur. Alüminyum ergitme ve bekletme için hem kanallı hem de maçalı indüksiyon fırınları vardır. Ancak, kanalı açık tutmanın zorluğundan ve her daim belirli düzeyde eriyik madde bulundurulması gereğinden dolayı kanal tipi indüksiyon fırınları daha nadir kullanılır. [32, CAEF, 1997], [48, ETSU, 1994]

2.4.3.1.3 Avantajlar:

İndüksiyon fırınları birçok avantaja sahip olmasından dolayı giderek daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Bu tip fırınların başlıca avantajları aşağıdaki gibidir:

- Alaşımlarda ve eritme rejiminde daha fazla esneklik imkânı tanır ve böylece taşeron dökümhaneler ve özel alaşımlar için ideal bir eritme tekniği haline gelir.
- Kısa erime süresi.
- Dökümhane daha az çevresel yük oluşturur.
- Refrakter kaplamanın ömrüne bağlı olarak bakım ihtiyacı daha azdır.
- İyi süreç kontrolü: bilgisayar kontrolü ve tam otomatik operasyon ihtimali bulunur ve bu durum optimal sıcaklık kontrolüne imkân tanır.
- Süreç parametreleri bölgesel olarak hesaplanır ve kurulur ise, azami ısı verim sağlanabilir.
- Sıvı metal yunağı içerisindeki yoğun tetikleme işlemi eriğin homojen olmasını sağlar.
- (Bakır ve alüminyumda daha yüksek bekletme verimliliği rapor edilmiş olmakla beraber) tipik olarak düşük verimlilikte olsa da bekletilen sıvı metalde şarj etme, numune alma, cüruf giderme, vb.

2.4.3.1.4 Dezavantajlar:

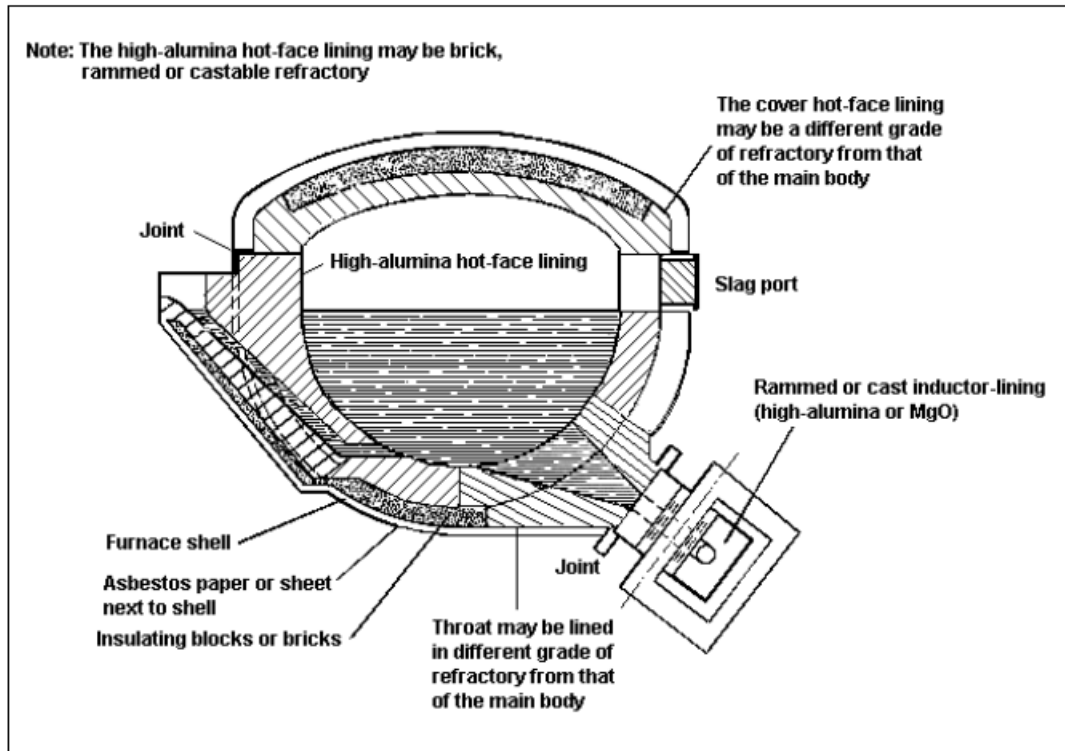
- Yerel elektrik tedarikçisinin tekelinden dolayı, operatör tamamen yerel elektrik şebekesine bağlı koşullara, enerji maliyetine ve diğer muhtemel ekstra maliyetlere bağlıdır (pik kontrolü, vb).
- Enerji maliyeti fosil yakıt kullanımı maliyetinden daha yüksektir.
- Az miktardaki cüruf ve cüruf ve eriyik arasındaki nispeten az orandaki temas nedeniyle indüksiyon fırınının eriyik üzerindeki temizleme faaliyeti sınırlıdır. Bu durum yüksek kalitede ve dolayısıyla kupol fırınları ya da elektrik arkı fırınlarında kullanılandan daha pahalı şarjların kullanımını gerektirir.
- Operatör çevreye yönelik ilave yatırımlardan tasarruf sağlasa da kurulum büyük bir yatırım gerektirir. Fırın başına kurulan ton başına net maliyet 375000 EURO'dur.
- Saat başına 15 tondan fazla kapasite gerektiren durumlar için diğer eritme teknikleri daha uygundur. Bu bağlamda, söz konusu alaşıma bağlı olarak, sıcak hava kupolu ya da elektrik arkı fırını düşünülebilir.
- Su soğulmalı indüksiyon bobinindeki ısı kaybından dolayı bekletme sırasında verimlilik düşüktür.
- [110, Vito, 2001]

2.4.3.2 Kanallı İndüksiyon Fırını

2.4.3.2.1 Açıklama

Bu tür fırınlar genellikle bekletme amacıyla kullanılmakla beraber kombine ergitme ve bekletme fırını olarak da kullanılabilir.

Kanallı indüksiyon fırını şarjın içeri verilmesi için üstünde yalıtımlı bir kapağı bulunan, büyük ve ısı yalıtımı yapılmış bir kovadan oluşur (bkz Şekil 2.15). Tabanda bir ya da birden çok U şeklinde kanal bulunur. Bu kanalların etrafında su soğutmalı indüksiyon bobini vardır ve bu bobin metali ısıtır ve fırın boyunca yayar. İndüksiyon akımı yerel elektrik şebekesi frekansına sahiptir. Fırın, boşaltma ya da bakım operasyonlarının gerçekleştirilebilmesi için genellikle hidrolik olarak eğilebilir bir çerçeveye monte edilmiş vaziyettedir. Bunların yanı sıra, basınçlı ve eğilmez fırınlar da kullanılmaktadır.



Şekil 2.15: Tipik bir kanallı fırın düzeneği
[55, ETSU, 1993]

Fırının çalışması için pota ve kanal içerisinde asgari düzeyde eriyik metal bulundurulması ve ayrıca potanın kapasitesinin üçte birinin dolu olması gerekir. Bir bekletme fırınının kapasitesi tanımlanırken genellikle iki değer belirtilir. Bunlar toplam kapasite ve kullanılabilir kapasitedir; örneğin 60/35 ton. Bu iki değer arasındaki fark fırında tutulması gereken metalin miktarını temsil eder.

Soğutma suyunda ve fırın duvarında meydana gelen ısı kayıpları maçasız indüksiyon fırınında meydana gelen kayıplardan daha azdır. “Çaydanlık ilkesi” uyarınca fırına boşaltma kanalları yerleştirmek eriyiğin daha az oksitlenmesine ve refrakterin daha az aşınmasına olanak tanır.

Potanın geniş içeriği eriyik kompozisyonunda her türlü değişikliğe imkân tanır. Ancak başka bir eriyik kompozisyonuna geçme uzun bir geçiş süresi gerektirdiğinden bu ilke fırının esnekliğini azaltır. Bu nedenle uygulamada eriyik kompozisyonu oldukça sabit tutulur.



Şekil 2.16: Kanallı indüksiyon fırını [237, HUT, 2003]

Kanallı indüksiyon fırını başlıca demir dökümhanelerinde bekletme fırını olarak kullanılır. Bu bağlamda Şekil 2.16’da örnek bir resim verilmiştir. Kupol fırınlar ile beraber dubleks operasyonlarda kullanım için tercih edilen fırındır. Kapasitesi 5 tondan başlayıp 100 tonun üzerine çıkabilir. Bekletme fırını eritme ve döküm atölyeleri arasında tampon görevi görür. Bekletme fırını kullanıp kullanmamaya karar verirken döküm ve üretim gerekliliklerinin iyi değerlendirilmesi gerekir. İlgili gereklilikleri karşılamamanın daha maliyet-etkin ve enerji-verimli yöntemleri olabilir ve bu nedenle bir karara varmadan önce tüm muhtemel çözümlerin etrafıca araştırılması tavsiye edilir. Kanalı açık tutmanın zorluğundan ve her daim belirli bir düzeyde eriyik madde bulundurulması gerektiğinden alüminyum için kanal tip fırınlar nadiren kullanılır.

Çıktı gereklilikleri kanal tipi fırının boyutuna karar verirken dikkate alınması gereken önemli bir unsurdur. Küçük bir fırının seçilmesi oldukça avantajlı olabilir. Küçük fırınlar daha verimsiz olsa da büyük fırınlar ile karşılaştırıldığında, verimlilik kaybı daha az yıllık elektrik tüketimi ile telafi edilecektir.

[48, ETSU, 1994], [55, ETSU, 1993], [110, Vito, 2001],

2.4.3.2.2 Avantajlar:

- Bekletme fırını olarak yüksek ısı verim sunar.
- Aşım elementlerinin asgari seviyede yanması sağlanır.
- Nadiren bakıma ihtiyaç duyar.

2.4.3.2.3 Dezavantajlar:

- Fırının elektrikte düzgün çalışmasını sağlamak için fırın gövdesinde asgari düzeyde eriyik demir bulundurulmalıdır. Bu eriyik fırın kapasitesinin önemli bir kısmı kadardır.
- Çevrimde elde edilebilecek sınırlı elektrik yoğunluğu nedeniyle fırın soğuk çalıştırma yöntemi ile çalıştırılmaz.
- Kanaldaki aşınmayı izlemek zordur.
- Tabandaki indüksiyon bobini nedeniyle, sızıntı kazaları meydana gelme tehlikesi vardır.
- Soğutma suyu ile metal arasındaki temasın önlenmesi zordur.

[110, Vito, 2001]

2.4.3.3 Emisyonların Yapısı

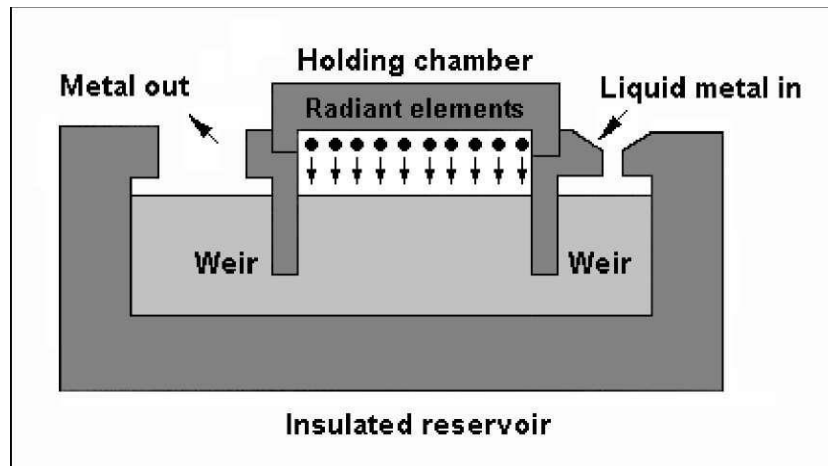
İndüksiyon fırınında kömür ya da akaryakıt yakılmadığı ve damıtma prosedürü uygulanmadığı için emisyonlar yalnızca şarj edilen materyalin temizliğine ve kompozisyonuna bağlıdır. Bu bağlamda ana iki emisyon kategorisi belirlenebilir. Birinci ve başlıca kategori şarj temizliği ile ilgilidir. Örneğin, pas, kir, dökümhane kumu, boya, yağ, galvanize veya lehimli metal. Bunların hepsi toz ve duman emisyonuna (organik ya da metalik) sebep olan unsurlardır. İkinci kategori ise yüksek sıcaklıklardaki kimyasal reaksiyonlar ile ilgilidir (örneğin, metal kompozisyonunu bekletirken ya da üzerinde ayarlamalar yaparken). Bunlar da oksitlenmeye dayalı olarak metalürjik duman emisyonuna sebep olabilir.

Bunların yanı sıra, refrakter kaplama (asit SiO_2 bazlı, nötr Al_2O_3 bazlı ya da bazik MgO bazlı) emisyonuna az miktarda toz partikülü ilave edebilir.

Emisyonlar açısından önemli bir parametre olan şarj temizliği dökümhaneden dökümhaneye değişiklik gösterdiğinden ortalama emisyon verileri elde etmek zordur.

2.4.4 Radyan Çatılı Fırınlr (Direnç Isıtmalı)

Radyan çatılı fırın hareketli ve yalıtımlı çatısında direnç element grupları bulunan fazlasıyla yalıtılmış bir kutu tasarımıdır. enerji tasarruflu bir bekletme fırınıdır. Bunlar genellikle merkezi eritme tesisleri bulunan demir dışı (alüminyum) basınçlı döküm atölyelerinde kullanılır. Tipik bir birim 5 kW – 12 kW bağlanmış yük ile beraber 250–1000 kg arası kapasiteye sahiptir. Boşaltma ve şarj kuyuları ana yunaktan refrakter duvarlar ile ayrılır ve tabanda temiz metalin bir yerden diğerine geçmesini sağlayan bağlantılar bulunur. Şekil 2.17 radyan çatı ilkesinin şematik bir görüntüsünü verir.



Şekil 2.17: Radyan çatılı fırın [48, ETSU, 1994]

Radyan çatılı fırınların avantajları aşağıdaki gibidir:

- Potaya ihtiyaç duyulmaz.
- Düşük enerji maliyeti.
- Yakın sıcaklık kontrolü.
- Temiz, soğuk ve sessiz çalışma koşulları.

Genellikle enerji tasarruflu bekletme fırınlarının çoğu tek bir döküm makinesine hizmet eder. Bazı büyük fırınlar toplu eriticiler ile makine fırınları arasında tampon görevi görür. Bu şekilde bir kullanım nadiren verimli bir bekletici olarak işlev gören eriticinin daha iyi bir şekilde kullanılmasına imkan tanır.

Bazı dökümhanelerde düşük basınçlı döküm tekniği ile eriyik metal üretmek üzere eritici olarak gücü daha yüksek olan büyük radyan çatılı fırınlar kullanılır. Bazı üreticiler dozlama fırını olarak işlev görmek üzere tamamen kapatılabilen, sızdırmaz, gaz basınçlı radyan çatılı fırın versiyonları üretmektedir. Dozlama fırınları basınçlı ya da basınçsız döküm teknikleri için hassas metal atımları gerçekleştirir ve belirli bir dereceye kadar otomatik dökme sistemleri olarak mekanik pota sistemleri ile yarışır. Dikkatli şekilde kullanılması ve bakımının yapılması şartıyla, radyan çatılı fırınlar hem sıcaklığın hem de atım ağırlığının kontrolünü düzgün bir şekilde sağlayabilir ve verimi artırabilir.

[48, ETSU, 1994].

2.4.5 Döner Fırınlar

2.4.5.1 Tanım

Döner fırın, metal şarjın fırının bir tarafına yerleştirilmiş bir yakıcı ile ısıtıldığı, yatay silindirik bir kaptan oluşur. Baca gazları fırını karşı taraftan terk eder. İstenilen ısıyı elde etmek için, akaryakıt ya da doğal gaz hava veya saf oksijen ile kombine vaziyette kullanılır.

Eğme mekanizması fırının belirli bir açıya ya da dikey pozisyona getirilmesine imkân tanır. Bu pozisyon fırının alttan döker kova ya da titreşimli kızak aracılığı ile şarj edilmesi ve kaplamanın onarılması ya da yenilenmesi sırasında kullanılır. Isıtma ve eritme esnasında fırın ısı transferini ve yayılımını sağlamak üzere yavaş bir şekilde döner. Fırın atmosferi hava (oksijen) / yakıt oranı ile kontrol edilir.

Metal eritildiğinde ve kompozisyon kontrolü ve ayarlaması gerçekleştirildiğinde, fırının önündeki musluk deliği açılır ve fırın içerisindeki eriyik potalara boşaltılır. Düşük yoğunluğu nedeniyle cüruf fırın içerisinde sıvı metal yunağı üzerinde yüzmeye başlar ve en nihayetinde musluk deliğinden geçerek cüruf potalarına boşalır.

Bir eritme döngüsü birkaç saat sürer. Devamlı eriyik metal üretimi için dökümhanelerde 2-4 adet döner fırın kurulumu gerçekleştirilir ve bunlar ardışık bir şekilde çalıştırılır. Döner fırının ısı verimi oldukça Yüksektir, diğer bir deyişle kapasitesine bağlı olarak %50–65'e kadar çıkabilir³. Bu yüksek verim yanma ortamı olarak hava yerine saf oksijen kullanılarak elde edilir.

[32, CAEF, 1997].

³Oksijen üretimi için harcanan enerji dikkate alınmamıştır. Oksijen üretimi hesaba katıldığında bu verim % 10-15 daha az olacaktır.

2.4.5.2 Eritme Uygulaması

Dökme demir eritmesinde, fırın pik demiri, dökümhane kalıntıları, çelik hurda döküntüleri, cüruf oluşturma maddeleri (örneğin kum ve kireç) ve karbonlama maddeleri (örneğin grafit) ile şarj edilir. Eritme döngüsü en yüksek enerji girişini sağlayan (hava faktörü, $\lambda = 1.03$), hafif şekilde oksitleyici, kısa bir alev ile başlar. Fırın 90°'ye doğru adım adım döner ve bu dönüşün yönü zaman zaman değişir. Bu şekilde, fırın duvarları ısı yayılımı yoluyla ısı – şarj alışverişini gerçekleştirir. Şarj erir erimez alaşım elementlerinin aşırı oksitlenmesini engellemek üzere alev azalır. Aşırı kızdırma ve bekletme sırasında uzun ve az bir alev uygulanır ($\lambda=0.9$); fırın hareketi değişir ve fırın tam ve devamlı dönüş yapmaya başlar. Cüruf tabakası ısı yalıtımını sağlar ve alaşım elementlerinin yanmasını önler. Eriyik kompozisyonu ve sıcaklığın kontrolünden ve ayarlanmasından sonra, musluk deliği açılır ve metal potalara boşaltılır. Cüruf sıvı metal yunağı üzerinde yüzmeye başlar ve metal çıkarıldıktan sonra ayrı bir şekilde toplanır.

Refrakterin ömrü büyük ölçüde kızdırma sıcaklığına ve şarj kompozisyonuna bağlıdır. Şarj operasyonu sırasında, mekanik şokların ve soğuk başlamanın önlenmesi gerekir. Fırın atmosferi, bekletme süresi, dönme hızı ve yakıcının pozisyonu da refrakterin ömrünü etkiler. Normal koşullar altında refrakter ömrü 100 – 300 eritme döngüsü kadardır.

[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001]

2.4.5.3 Metalürji

Döner fırın yıllardır demir dışı eritme işlemlerinde kullanılan bir fırın türüdür. Bu uygulamada geleneksel yağ-hava yakıcıları nispeten düşük eritme sıcaklıkları elde edebilmektedir. Oksijen-hava brülörlerinin geliştirilmesi daha yüksek miktarda çelik hurdası kullanarak ve karbürizasyon için grafit uygulayarak dökme demir üretimi gerçekleştirmeye imkân sağlamıştır.

Döner fırınların önemli bir dezavantajı bunların ayrıca Fe, C, Si, Mn ve S de yakmasıdır. Bu kayıpların eritmeden önce ya da sonra alaşım elementlerinin ilave edilmesi ile telafi edilmesi gerekir. Bu elementlerin emme verimi oldukça düşüktür. Eksenel hareket eksikliğinden ve geniş yunak yüzeyi üzerindeki atmosfer ve radyasyondaki homojensizlikten dolayı sıvı metal yunağının önü ve arkası arasında konsantrasyon eğrileri meydana gelebilir.

[110, Vito, 2001]

2.4.5.4 Uygulama

Harmanlama özelliği nedeniyle, döner fırın dökme demir dökümhanelerinde maçasız indüksiyon fırınları ile eşit esnekliğe sahiptir. Ancak yatırım maliyeti daha düşüktür. 5 tonluk bir fırın maliyeti 500000 – 600000 EURO'dur ve bu maliyetin % 30'u egzoz ve toz atma sistemlerine aittir. Döner fırın ayrıca büyük ölçüde esnek olması ve çevresel maliyetinin düşük olması nedeniyle küçük boyutlu soğuk hava kupoluna da iyi bir alternatiftir. Saatte 1-6 ton üretim kapasitesine sahip olan döner fırınlar 2–20 ton eritme hacminde kullanılır. [110, Vito, 2001]

2.4.5.5 Avantajlar:

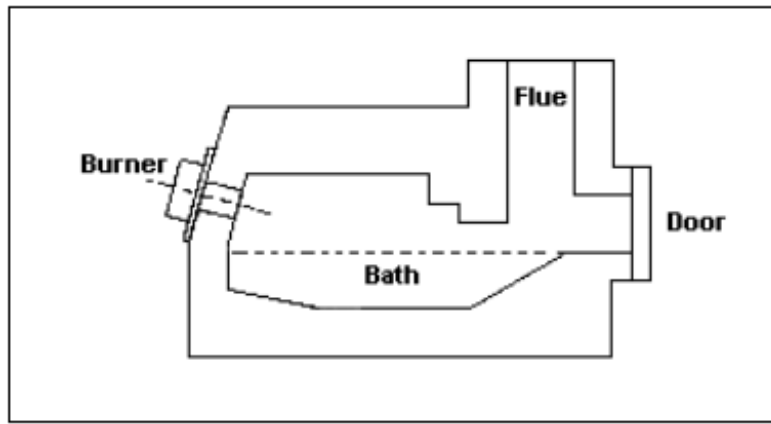
- Hızlı alaşım değişikliği ihtimali sunar
- Kirlenme olmaksızın eritme; örneğin sülfür yükselmesi olmaksızın eritme sağlar
- Düşük yatırım maliyetleri
- Düşük baca gazı oranları nedeniyle küçük toz atma sistemlerine ihtiyaç duyar
- Onarımı kolaydır

2.4.5.6 Dezavantajlar:

- C, Si, Mn kolaylıkla yanar
- Devamlı çalıştırılmıyor ise, gaz ve oksijen kullanımı yüksek olabilir
- Şarja daha fazla çelik ilave edilir ise enerji tüketimi artar. [110, Vito, 2001]

2.4.6 Hazne Tipli Fırınlr

Hazneli tip fırınlar aynı zamanda yansmalı fırınlar ya da boşaltma fırınları diye de adlandırılır. Doğrudan ısıtma sağlayan statik fırınlardır. Yağ veya gaz brülörlerinden gelen sıcak hava ve yanma gazları (eriyik) metale doğru üflenir ve fırından dışarı atılır. Hazneli tip fırınların ana kullanım alanı demir dışı metalin eritilmesidir. Tipik bir fırın tasarımı Şekil 2.18’de verilmiştir.



Şekil 2.18: Hazneli tip bir fırının enine kesiti
[175, Brown, 1999]

Bu çeşit fırınlar duvara ya da çatıya monte edilmiş yakıcılar ile yanan, refrakter kaplaması olan, dikdörtgen ya da çember şeklindeki yunak fırınlardır. Bu fırınlarda çeşitli yakıtlar kullanılır ve bunların yanı sıra erime hızını artırmak üzere oksijen - akaryakıt yakıcılar da kullanılabilir. Fırın içerisinde yanma gazlarının çıkarılması ya da artırılması işlemleri gerçekleşir ve bunun için fırın kısmen sızdırmazdır. Başlıklar ve üstü kapalı oluklar sayesinde boşaltma ve şarj sırasında çıkarma (ekstraksiyon) işlemi gerçekleştirilir. Fırın kullanılan metale ve uygulamaya bağlı olarak çeşitli konfigürasyonlarda üretilebilir; özel eritme türlerine yönelik olarak eğimli şöminelerin ve yan kuyuların eklenmesi, gaz ilavesi için tüyerlerin ve üfleme borularının eklenmesi bu konfigürasyonlardan bazılarıdır. Fırın metalin boşaltılması ya da körüklenmesi amacıyla eğilebilir.

Şömine tipi fırınların eritme verimliliği yakıcıdan transfer edilen ısıнын güçlü olmaması nedeniyle genellikle çok iyi değildir. Uygulamada verimlilik, oksijen zenginleştirilmesi aracılığı ile ya da alev uzunluğunu artırmak üzere gaz ve katı yakıt kombinasyonlarının kullanılması yoluyla artırılmaktadır. Bu tür fırınlar yunağın eritilmesi, damıtma ve çeşitli metallerin bekletilmesi amacıyla kullanılır. Buna karşın, şömine tipi fırınlar genellikle büyük miktarda demir dışı metalin eritilmesi için kullanılır [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001].

Büyük şömine tipi fırınlar hızlı eritme gerçekleştirir ve toplu şarj materyallerini işleyebilir; ancak alev ve şarj arasındaki doğrudan temas yüksek metal kayıplarına, gaz yükselmesine ve büyük ölçüde oksit kirliliğine sebep olabilir. Bu tip fırınlarda sıcaklık kontrolü de zor olabilmektedir. Bu zorluklar iyi uygulama yoluyla belirli bir dereceye kadar aşılabılır. Örneğin, cüruv uygun flakslama uygulaması ile giderilebilir ve modern brülörlerin kullanılması yoluyla sıcaklık kontrolü ile ilgili problem azaltılabilir. Boşaltma işleminden sonra, metal bekletme fırınlarına aktarılırken filtreleme, gazdan arındırma ve diğer arıtma işlemleri uygulanabilir.

[42, US EPA, 1998], [48, ETSU, 1994], [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001], [175, Brown, 1999]

2.4.7 Şaft Fırınlr

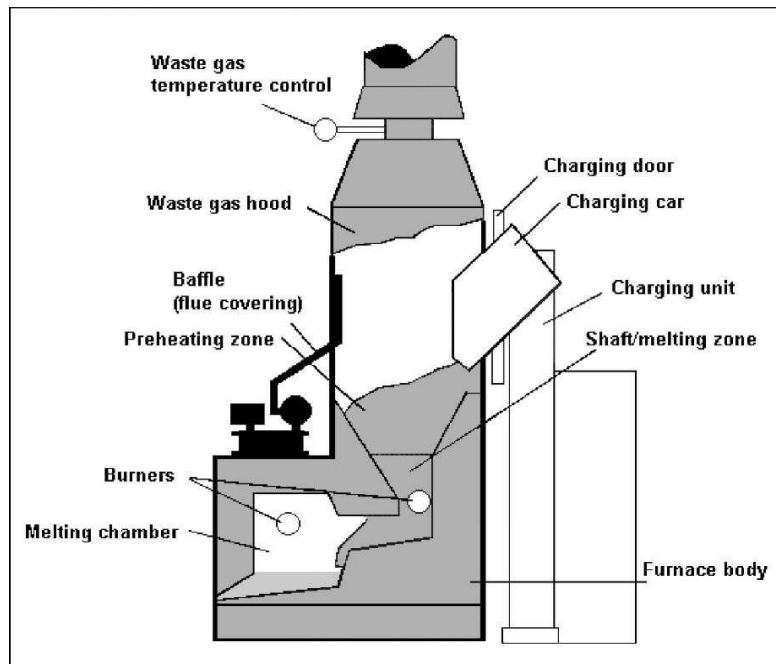
2.4.7.1 Tanım

Bu tür fırınlar alt uçta brülör sistemi ve toplama ocağı (fırının içerisinde ya da dışarısında) ve üst tarafında malzeme şarj sistemi bulunan basit dikey fırınlardır. Yakıcılar genellikle gaz ateşlemelidir. Metal fırının üst kısmından beslenir ve şafttan aşağı geçerken eritilir. Yakıt/hava oranının bağımsız kontrolü genellikle her brülör için sağlanır. Ayrıca, bu tip fırınlarda her bir brülör hattında CO ya da hidrojen devamlı olarak izlenir ve her bir brülörden gelen yanma gazı gözlemlenir. Yanma gazları genel olarak çıkarılır ve temizlenir. Ortaya çıkan karbon monoksit, yağ, VOC veya dioksinlerin ayrıştırılması için zaman zaman art-yakıcılar da kullanılabilir. Dikecin ya da basınçlı üfleme havası fırınlarının üst kısımlarında son-yanmayı sağlamak üzere eritme bölgesinin üzerinde oksijen ilavesi gerçekleştirilir.

Bu tür fırınlar saf metalin eritilmesi için kullanılır; ancak zaman zaman organik materyal ile kirlenmiş metal de kullanılabilir. Fırın yağlı metal ile beslenir ise, bu metal şarj alanı ve yakıcılar arasında bulunan sıcaklık eğrisinden geçer. Bu bağlamda, düşük sıcaklık kısmen yanmış organik materyalden dolayı sis oluşturabilir. Dikeç fırınlar aynı zamanda izabe öncesi şarj materyalinin ön-ısıtması için de kullanılır. Bu tür fırınların tipik bir görüntüsü şekil 2.19’da verilmiştir.

Bu tip fırınlar genellikle alüminyum olmak üzere yalnızca demir dışı metalin eritilmesi için kullanılır. Refrakterin karmaşık yapısı ve yenilenmesinin zorluğundan dolayı, fırın yalnızca düşük erime noktasına sahip metaller için kullanılır. Bu nedenden dolayı, fırın kaplamasının onarım ihtiyacı oldukça azdır. Tipik bir refrakter ömrü 4 ila 8 yıldır.

Bilgisayar kontrollü yakıcı sistemleri bulunan modern tip fırınlar 650 kilovat saat / ton eriyik Al şeklinde bir enerji kullanımına erişebilir (720 °C’de). Teoride ihtiyaç duyulan enerji 320 kilovat saat / tondur. Böylece ısı verim %50’dir. Dikeç fırınlar 0.5 – 5 ton/saat arasında değişen yüksek kapasiteye sahip devamlı eritme fırınlarıdır ve 50 tona kadar bekletme kapasiteleri vardır. Bekletme işlevinden dolayı, alایشim değişikliği zordur. [48, ETSU, 1994], [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]



Şekil 2.19: Şaft fırın
[48, ETSU, 1994]

2.4.7.2 Avantajlar:

- Uzun ön ısıtma süreci nedeniyle, eritme başlamadan önce şarj oldukça kurudur. Bu durum azalan hidrojen yükselmesi riskinden dolayı fırını Al için uygun hale getirir.
- Yatırım ve işletme maliyeti nispeten düşüktür. İşletme maliyeti etkili ön ısıtma, otomatik kontrol ve uzun refrakter ömrü sayesinde düşük seyredir.
- Teknik avantajları: düşük gaz yükselmesi, çok iyi sıcaklık kontrolü ve düşük metal kayıpları

2.4.7.3 Dezavantajlar:

- Muhtemel bir alaşım değişikliğine ilişkin esnekliği yoktur. [110, Vito, 2001]

2.4.8 Potalı Fırınlr

2.4.8.1 Tanım

Bunlar dışarısında gazın ya da yağın yanmasıyla meydana gelen yanma gazlarıyla ya da elektrik ile ısınan veya daha düşük sıcaklıklarda termal sıvı ile ısınan basit potalardır. Potaların tabanında lokal sıcak bölgelerin oluşmasını engellemek için alev ile doğrudan temas önlenir ve böylece metalin oksitlenmesini ve buharlaşmasını engellemek için eriyik içerisinde iyi bir sıcaklık kontrolü idame ettirilebilir.

Bu tip fırınlar yalnızca non-feroz metalin eritilmesi için kullanılır. Dolaylı ısıtma nedeniyle (pota duvarı boyunca) yanma ya da gaz yükselmesi gerçekleşmez. Bu tip fırınlar düşük üretim kapasitelerinde, az miktarda eriyik metal üretimi (yunak başına 500 kg'den daha az) için kullanılır. Örnek fırınlar Şekil 2.20'de verilmiştir.



Şekil 2.20: Potalı fırınlar
[237, HUT, 2003]

Eriyik metali kalıba dökmek için pota vinç yardımıyla manüel olarak ya da otomatik bir şekilde eğilir. Bakır bazlı materyaller için, sadece grafit veya karborandum (silisyum karbür) potaları kullanılırken alüminyum dökme demir potalarında da eritilebilir.

Demirli dökümhanelerde metal bekletme, nakletme ya da arıtma için kullanılan potalar kepçe olarak adlandırılır. [110, Vito, 2001], [126, Teknologisk, 2000], [225, TWG, 2003]

2.4.8.2 Eritme Uygulaması

Soğuk yük potaya yerleştirilir ve yükü eritmek üzere ısıtma tam güçte başlatılır. Eritme sıcaklığının 50-100 °C altında güç kesilir ve yük potanın içerisindeki termal atmosfer ile ısınmaya devam eder. Daha sonra, kontrol sistemi aracılığı ile sıcaklık dengelenir. Cüruf atma işleminden sonra metal arıtma gerçekleştirilir. Bu işlem oksijen ve gaz atılması, tane küçültme ve çinko ve magnezyum gibi uçucu metallerin düzenlenmesi süreçlerini içerir. Daha sonra, döküm işlemi gerçekleşmeden önce bir kez daha cüruf atılır.

Potanın düzenli olarak yenilenmesinin yanı sıra bakımının yapılmasına da ihtiyaç vardır. Yenilenme zamanı öncelikle eritilecek olan alaşıma bağlıdır. Birden çok alaşım değişikliği potanın daha kısa sürede yıpranmasına neden olur. Düşük erime sıcaklıklı alaşımlar için kullanılan SiC - potaları 130–150 şarjlık kullanım ömrüne sahiptir. Yüksek sıcaklıkta eriyen alaşımlarda ise kullanım ömrü 50-80 şarj kadardır.

Isıl verim 750 – 3000 kilovat saat/ton alüminyum'dur – diğer bir deyişle, % 15-30 ısı verim söz konusudur [34, Binninger, 1994], [110, Vito, 2001], [126, Teknologisk, 2000]

2.4.8.3 Avantajlar:

- Basit bir teknoloji kullanır.
- Bakım ihtiyacı daha azdır.
- Alaşım değişikliğine ilişkin esneklik sunar.

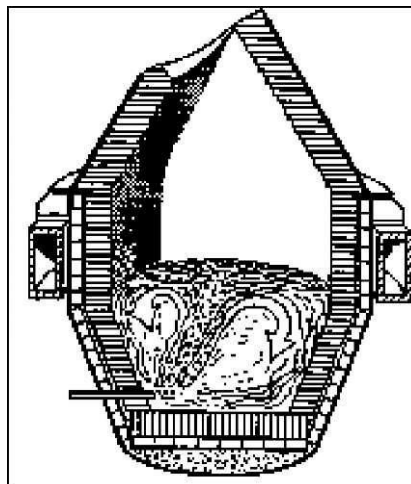
2.4.8.4 Dezavantajlar:

- Düşük verim ve üretim kapasitesine sahiptir.

[110, Vito, 2001]

2.4.9 Çeliğin Damıtılmasında Kullanılan Argon Oksijen Karbonsuzlaştırma (AOD) Dönüştürücüsü

AOD dönüştürücüsü çeliğin damıtılması için kullanılan özel bir kaptır. Eriyik metal doğrudan eritme fırınından (genellikle elektrikli ark ya da indüksiyon fırını) dönüştürücüye aktarılır. Şekil 2.21'de gösterildiği üzere, metalin damıtılması amacıyla alt kısımlara yerleştirilmiş tüyerler aracılığı ile dönüştürücüye oksijen (karbon ve silikonun atılması için) ve argon gazı (tetikleme etkisi için) enjekte edilebilir. Dönüştürücü doldurma ve boşaltma için kullanılan bir eğme mekanizmasına sahiptir. AOD ile hassas kimyali çelikler üretilebilir; ancak bunun maliyeti yüksektir. Bu sistem Amerika Birleşik Devletleri dışındaki ülkelerin çelik dökümhanelerinde yaygın kullanıma sahip değildir.



Şekil 2.21: AOD dönüştürücüsü
[237, HUT, 2003]

Damıtmanın ilk aşaması konvertöre oksijen enjekte edilmesi yoluyla karbonsuzlaştırma işleminden oluşur. Bu şarj materyalinin karbon içeriğini isteğe göre belirli bir aralıkta tutmaya yarayan bir damıtma işlemidir. Karbonsuzlaştırma metal yunağına oksijen enjekte edilmesi ile başlar. Bu durum bir tetikleme etkisi yaratır ve böylece eriyik içerisindeki karbon yanmaya başlar. Aynı zamanda, “kaynama” silikonu da yakar ve metal yunağında hidrojen ve nitrojeni açığa çıkarır. Tüm kirler (oksitler) cüruf içerisinde hapsolür. Erime sırasında, cürufun istenilen bazlılığa getirilmesi için kireç ilave edilebilir. Karbon gerekli konsantrasyona ulaştığında oksijen enjeksiyonu kesilir ve bilhassa paslanmaz çelik üretiminde kaynama reaksiyonuna son vermek üzere silikon ve manganez ilavesi gerçekleştirilir. Oksijenin argon ya da nitrojen ile seyreltilmesi, demir ve krom gibi metal elementler tercih edildiğinde karbonun oksidasyonunu kolaylaştırır ve iyi bir metal verimi elde edilmesini sağlar. Sonuç olarak, sülfürü yok etmek amacıyla Al ya da Si ve kireçtaşı metale ilave edilir ve argon enjeksiyonu gerçekleştirilir. Devamlı gaz enjeksiyonu şiddetli bir tetikleme etkisine ve cüruf ve metalin sıkıca karışmasına ve bu şekilde sülfür değerlerinin % 0.005’in altına düşürülebilmesine neden olur. Damıtılan metalin artık gaz içeriği (hidrojen ve azot) oldukça düşüktür. Tüm yabancı maddeler cüruf içinde hapsedilir ve onunla birlikte uzaklaştırılır. Sıcaklık ve alaşım düzenlemesinden sonra metal döküm için potalara aktarılır. [174, Brown, 2000], [32, CAEF, 1997]

2.4.10 Çeliğin Arıtılmasında Kullanılan Vakumlu Oksijen Karbonsuzlaştırma Dönüştürücüsü (VODC)

VODC (Vakumlu Oksijen Karbonsuzlaştırma Dönüştürücüsü), eriyik çeliğin vakum pompaları, buhar ejektörleri ve argon gazı kaynağına bağlı olan dönüştürücü içerisine alınması yoluyla çalışır. Yüksek kalite elde etmek üzere paslanmaz çeliğin vakumlu yollarla damıtılmasında kullanılan iki farklı süreç vardır.

Öncelikle, eriyiğe oksijen enjekte edilmesi yoluyla çelik karbonsuzlaştırılır. Aynı zamanda, dönüştürücü tabanından bir miktar argon enjekte edilir. Dönüştürücü kromu çok fazla oksitlendirmeden etkili bir karbonsuzlaştırma işlemi gerçekleştirecek kadar karbon monoksitin kısmi basıncını azaltmak için vakum pompalarını kullanır. Bu ilk süreç AOD yoluyla karbonsuzlaştırmaya benzer, ancak daha düşük toplam gaz basıncı olması ve sürecin çok daha etkili olması nedeniyle daha az argona ihtiyaç duyulur. Oksitlenen krom alüminyum ile tekrar sıvı çeliğe indirgenir.

İkinci süreç gaz arıtma sürecidir. Dönüştürücü su çemberli pompa ve buhar ejektörlerinin kullanımı yoluyla derin vakuma tabi tutulur (1 - 5 mbar). Etkili bir çelik hareketi idame ettirmek amacıyla hafif şekilde argon köpürmesi devam ettirilir. Çok düşük basınçta, hidrojen ve nitrojen gibi gaz kirleri etkin şekilde ortadan kaldırılır. Aynı zamanda, toplam oksijen içeriği ve sülfür içeriği çarpıcı bir şekilde düşürülür. Bu durum nihai çeliğin mekanik özellikleri için yararlıdır.

Düşük alaşımlı çeliklerin normalde yalnızca gazı alınır.

VODC süreçleri çeliğin diğer yöntemler ile elde edemeyeceği nitelikler elde etmesini sağlar. Ayrıca, VODC süreçleri sırasında eriyikten yüksek miktarda oksit kalıntıları atıldığından ve çözünmüş oksijenin çoğu bir sonraki gaz atma aşamasında da atıldığından, toplam oksijen içeriği tipik olarak elektrik arkında eritilen ve AOD dönüştürücüsünde damıtılan çeliktekinden daha düşüktür.

[202, TWG, 2002]

2.4.11 Çeliğin Metal ile Damıtılması

İyi bir döküm kalitesi elde etmek üzere, dökme çeliğin tüm kirden ve muhtemel kusur kaynaklarının ortadan kaldırılması için daha fazla işleme ihtiyacı vardır, örneğin:

- **Deoksidasyon:** Oksijen sıvı çelikte FeO biçiminde çözünür. Daha sonra, katılaşma esnasında oksijen CO oluşturmak üzere çelik içerisinde C ile birleşebilir. Bu süreç çeliğin kompozisyonunu değiştirebilir ve çelik üzerinde gözenekler oluşturabilir. Bu nedenden dolayı deoksidasyon her zaman gerekli olan bir süreçtir. Deoksidasyon tercihen oksijeni bağlayan bir element ile gerçekleştirilir. Silikon, kalsiyum silikat, titanyum, zirkonyum ve alüminyum muhtemel deoksidanlardır. Bunlar içerisinde alüminyum en güçlüsü ve en sık kullanılanıdır. Alüminyum çubuk ya da tel şeklinde çeliğe ilave edilir (bkz Şekil 2.22). Damıtma genellikle fırında ya da kepçede gerçekleştirilir. Üretilen alüminyum oksit eriyikte çözünmez ve cüruf ile karışır.



Şekil 2.22: Alüminyum tel kullanılarak gerçekleştirilen deoksidasyon [237, HUT, 2003]

- *Sülfür oluşumu:* Çeliğin çekme dayanımı arttıkça sülfürün zararlı etkisi de artar. Sülfür sıvı çelikte çözünebilir; ancak katılaşmada MnS olarak çöker. Çökme çeşitli biçimlerde meydana gelebilir ve bunların farklı etkileri vardır. Sülfürün biçimi deoksidasyondan sonra kalan alüminyum içeriği ile ilgilidir. Kalıntı Al miktarı tip III sülfidlerin oluşumuna izin vermemelidir. [110, Vito, 2001], [174, Brown, 2000]

2.4.12 Dökme Demirin Arıtılması

2.4.12.1 Alaşımlama

- Erime sırasında eriyik içerisindeki bazı elementler oksitlenir ve cüruf içerisinde kaybolur. Erime sürecinin sonunda uygun nihai kaliteye ulaşmak için kompozisyonun düzeltilmesi gerekir. Alaşımlanmamış dökme demir için, buna şu elementlerde ihtiyaç duyulur: C, Si, Mn, S ve P. Özel bazı nitelikler elde edilmek isteniyorsa, %1'den az % 30'dan fazla konsantrasyonlarda alüminyumdan zirkonyuma özel alaşımlama elementleri ilave edilebilir. Genel olarak, bunlar demirli alaşım blokları ya da damarları halinde ilave edilir. İlaveler oksidasyon kaybı riskini azaltmak üzere sıvı demire yapılır. İlaveler fırında, boşaltma sırasında eriyik metal akışına ya da eriyik metal içerisine boşaltılmadan önce nakil kepçesinde gerçekleştirilebilir. [110, Vito, 2001]

2.4.12.2 Homojenleşme

Alaşımlama elementlerinin ilave edilmesi demirde oksit, sülfür ya da karbit gibi yabancı maddelerin oluşmasına neden olabilir. Bu bileşenlerin negatif etkilerini azaltmak üzere metal 1480-1500 °C'de kızdırılır. Ancak kızma katılaşma sırasında grafit çökmesini etkileyebilir. Homojenleşme aşağıdaki pozitif etkilere sahiptir:

- C'nin -CO baloncukları oluşturma yoluyla- oksitleri azaltması (FeO, SiO₂, MnO). Eriyik boyunca ilerleyen bu baloncuklar eriyikten H₂ ve N₂'yi uzaklaştırır.
- Yüksek sıcaklık ve yoğun yunak hareketleri nedeniyle kirler pıhtılaşır ve eriyik yüzeyine daha hızlı yükselir ve burada cürufa katılır.
- [110, Vito, 2001]

2.4.12.3 Kupolda Eritilmiş Demirde Kükürt Giderilmesi ve Yeniden Karbonlama

Sıvı metal ile kok arasındaki sıkı temas nedeniyle, kupolda eritilmiş demir nispeten yüksek sülfür içeriğine sahiptir. Kupolda sülfür yükselmesi sıvı metalin kıvamlılığını azaltır. Bu bazı durumlarda, örneğin ince duvarlı gri demir döküm ürünlerinde avantajlı bir durumdur.

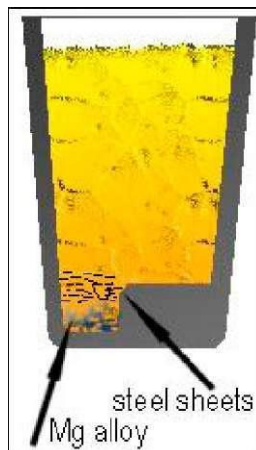
Ancak, dökme demir küresel grafitli dökme demir kalitesi elde etmek üzere Mg ile damıtılacak ise (bir sonraki bölümde açıklandığı üzere), sülfürün nötrleştirilmesi ve böylece aşırı Mg tüketiminin önlenmesi gerekir. Bu mevcut birçok yöntemden bir tanesinin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. Gözenekli piriz yönteminde, metali ajite etmek için nitrojen ya da argon kullanılabilir ve metale CaC₂ tozu eklenir. Sıvı metal ile temas ettiğinde CaS oluşur ve bu cüruf olarak atılır. Damıtılan metal daha sonra bekletme kepçesine akıtılır ve daha ileri damıtma için burada bekletilir.

2.4.12.4 Eriyikte Nodularizasyon Damıtma

Küresel grafitli dökme demir, eriyik metale saf ya da FeSiMg veya NiMg alaşımı halinde Mg ilave edilmesi yoluyla elde edilir. Bundan önce, başarılı bir nodularizasyon işlemi için kükürt giderme işlemi gerekebilir. Eriyikte Mg bulunması grafit fazın mikroskobik kürecikler halinde katılaşmasına neden olur. Bu kuvvet ve süneklik gibi daha üstün mekanik özelliklerin elde edilmesini sağlar.

Sıvı metale Mg ilave etmede kullanılabilecek çeşitli teknikler vardır:

- *Üzerine dökme tekniği:* Bu sıvı metalin kepçenin dibindeki Mg alaşımının üzerine döküldüğü en basit yöntemdir.
- *Sandviç yöntemi:* Burada Mg alaşımı özel olarak tasarlanmış bir kepçenin dibine yerleştirilir ve Şekil 2.23'te gösterildiği üzere çelik tabakalar ya da FeSi ile üstü kaplanır. Metal kepçeye dökülür ve üstteki tabaka eridikten sonra Mg reaksiyonu meydana gelir.
- *Sıvı çelik potası kapağı:* Bu gelişmiş bir sandviç yöntemidir. Burada Mg alaşımı kepçenin dibine yerleştirildikten sonra kepçenin üstü bir kapak ile kapatılır. Metal konkav kapağın üzerine dökülür ve bir delikten doğru kepçenin içine doğru akar ve sonra reaksiyon meydana gelir.
- *Daldırma yöntemi:* Dalgıç zil kullanılarak, reaksiyon bitene kadar Mg alaşımı sıvı metalin içerisine batırılır. Damıtma sırasında kepçe kapağı MgO duman emisyonlarını engellemek için kapalı tutulur.
- *G Fischer dönüştürücüsü:* Bu süreç metal yatay pozisyonundaki dönüştürücünün içerisine döküldükten sonra bir kapak ile sıkıca örtülen özel bir kepçenin kullanımı ile gerçekleştirilir. Dönüştürücü daha sonra dikey pozisyona getirilir ve böylece Mg alaşımı metal ile reaksiyona girer. Reaksiyon son bulduğunda dönüştürücü tekrar yatay pozisyona getirilir ve kapağı açılıp içi boşaltılır.
- *Maça teli enjeksiyonu:* Burada çok iyi şekilde toz haline getirilmiş Mg alaşımı ince çelik bir tabakaya sarılır ve bu şekilde içi dolu bir tel oluşturulur. Bu tel daha sonra kontrollü bir mekanizma ile minyon görümlü kepçenin içerisine enjekte edilir ve burada Mg salınımı gerçekleşir.
- *İçine akıtma yöntemi:* Burada metal içerisine Mg alaşımı daha önceden yerleştirilmiş olan özel tasarımlı bir reaksiyon odacığına dökülür.
- *Düktilatör:* Bu yöntemde metal bir reaksiyon odacığına dökülür ve burada akış bir girdap oluşturmaya zorlanır. Mg alaşımı taşıyıcı soy gaz ile girdabın içerisine enjekte edilir. Damıtma büyük miktardaki metal üzerinde ya da kalıplara doldurma sırasında gerçekleştirilebilir.
- *Kalıp içi süreç:* Bu süreçte tablet şeklindeki Mg alaşımı doğrudan kalıp boşluğuna yerleştirilir (geçit sistemi). Reaksiyon yüksek verim sağlayacak şekilde kalıpların doldurulması sırasında gerçekleşir.



Şekil 2.23: Nodularizasyon için sandviç yöntemi [237, HUT, 2003]

Mg etkisinin kısa süreli olması ve belirli bir zaman sınırı aşılar ise (10 – 15 dakika) yeni bir işlem gerektirmesi nedeniyle, damıtmadan sonra metalin belirli bir süre içerisinde kalıba boşaltılması gerekir.

2.4.12.5 Eriyiğin Aşılması

Metal matrisinde iri taneli grafitlerin bulunması materyalin mekanik kalitesinin düşmesine neden olur. İyi bir kristalin metalürjik yapı elde etmek için döküm işleminden önce eriyiğin aşılması gerekir. Bu süreç kristal büyüme için metal eriyiğin içerisine tohum ilave edilmesinden oluşur. Bu amaçla genellikle FeSi alaşımları kullanılır. Bunun yanı sıra, Ca, Al ve nadir bulunan toprak materyalleri de genellikle aşının içerisinde bulunur.

Eriyik metalin aşılması için çeşitli teknikler kullanılabilir:

- Boşaltma sırasında enjeksiyon: Burada aşı boşaltma sırasında doğrudan metal akışına enjekte edilir.
- Dökme sırasında enjeksiyon: Burada aşı kalıba dökme sırasında doğrudan metal akışına enjekte edilir (bkz Şekil 2.24).
- Eriyiğe içi dolu tel enjeksiyonu (bkz Bölüm 2.4.12.4)
- Kalıp içi süreç (bkz Bölüm 2.4.12.4).



Şekil 2.24: Dökme sırasında aşılama
[237, HUT, 2003]

2.4.13 Demir dışı Metalin Damıtılması

Alüminyum eritme süreçlerinde kullanılan başlıca üç arıtma (ya da damıtma) işlemi vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- *Gazını alma:* Erimiş alüminyum hidrojeni çözer ve bu da soğuduktan sonra açığa çıkar ve bu nedenle bitmiş dökümde gözenekliliğe yol açar. Bu sebepten dolayı hidrojenin atılması gerekir. Bu soy gazın eriyik içerisinde baloncuklanması ile gerçekleşir. İyi bir gaz alma yöntemi direnç süresi ve yüzey alanı fazla olan baloncukların oluşmasını sağlar. Alüminyumun gazının alınması genellikle pervane istasyonu kullanılarak gerçekleştirilir. Bu arıtma işlemi sırasında hızlı dönen bir mikser kullanılır ve eriyiğe nitrojen enjekte edilir. Gaz alma genellikle eriyiğin temizlenmesi işlemi ile birlikte gerçekleştirilir. Temizleme işlemi alkali ya da Ca gibi alkalin toprak metallerinin atılması için gerçekleştirilir. Temizleme Cl_2 - gazı ile yapılabilir. Avrupa Birliğinde bu amaç doğrultusunda HCE kullanımı yasaklanmıştır (Direktif 97/16/EC). Eş zamanlı gaz alma ve temizleme için genellikle nitrojen ve % 3 Cl_2 karışımı kullanılır. Bazı alternatif gaz alma yöntemlerinde bekletme fırınında tabletler, gözenekli başlığı olan borular ya da gözenekli taşlar kullanılır.
- *Modifikasyon ve tane küçültme:* Alüminyum alaşımlarda bu yöntem genellikle eriyiğe küçük miktarlarda metal ilave edilmesinden oluşur. Bu ilaveler tane boyutunu kontrol eder ve katılaştıran metalin mikro yapısını değiştirir ve bu şekilde dökümün mekanik kalitesini artırır. Modifikasyon için sodyum ya da stronsiyum kullanılırken, tane küçültme için titanyum, titanyum borür, zirkon ya da karbon kullanılır. Bu arıtma işlemi belirlenmiş bir metal arıtma istasyonunda genellikle gaz alma işlemi ile birlikte gerçekleştirilir.
- *Eritkenleme (Flakslama):* Bu yöntem genellikle katı flüorür bazlı eritkenlerin eriyiğe ilave edilmesi ve bu şekilde katı kirleticilerin atılmasından oluşur.

Magnezyum eritme süreçlerinde kullanılan başlıca dört tane metal arıtma (ya da damıtma) operasyonu vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- *Tane modifikasyonu:* Magnezyum alaşımlarında kullanılan tane modifiye ediciler genellikle zirkonyum ya da (eskiden) heksakloroetan biçimindedir. Bu amaç doğrultusunda HCE kullanımı Avrupa Birliğinde yasaklanmıştır (Direktif 97/16/EC).
- *Eritkenleme (Flakslama):* Bu yöntem genellikle katı kirleticilerin atılması için eriyiğe alkali, toprak alkali, klor ve flüorür bazlı eritkenlerin ilave edilmesinden oluşur.
- *Gazını alma:* Magnezyum arıtma süreçlerinde gaz alma ve oksitlerin atılması için nitrojen ya da argon gazı kullanılabilir. Magnezyum alaşımlarının gazının alınması argonun taşıyıcı gaz olarak kullanıldığı argon ve klor gazları karışımı ile de gerçekleştirilebilir.
- *Oksidasyon kontrolü:* Eriyikte berilyum bulunması oksidasyonu modifiye eder ve durdurur. Bitmiş magnezyum alaşımları ağırlık itibarıyla 15 ppm'ye kadar berilyum içerebilir. Bu berilyum yüklemesini sağlamak üzere eriyik magnezyum alaşımına nominal %5'e kadar berilyum içeren alüminyum / berilyum ön alaşımı ilave edilebilir. Oksidasyon kontrolü metalin yüzeyi %4'e kadar sülfür heksaflüorür içeren karbon dioksit ya da argon gibi taşıyıcı gazlar ile kaplanarak da gerçekleştirilebilir. Günümüzde SF₆'nın eritkensiz tek alternatifi SO₂'dir. SO₂ SF₆'dan çok daha ucuzdur; ancak kullanımındaki ana engel zehirliliğidir. Sonuç olarak, operasyonların daha dikkatli gerçekleştirilmesi gerekir. Bugüne kadar Avrupa'da dökümhanelerin yalnızca üçte birinde SO₂ kullanılmıştır. Zaman zaman oksidasyon kontrolü eriyiğin yüzeyine sülfür tozu serpilerek de gerçekleştirilebilir. Bu husus Bölüm 4.2.7.1'de daha geniş bir şekilde ele alınmıştır.

Bakır eritme süreçlerinde kullanılan başlıca üç tane metal arıtma (ya da damıtma) operasyonu vardır. Erimiş bakır oksijen ve hidrojeni çözer ve daha sonra bunlar su buharı oluşturmak üzere tekrar bir araya gelebilir. Sonuç olarak bu durum dökümde gözenekliliğe neden olur. Bu sebepten dolayı sırasıyla hidrojenin ve oksijenin atılması için gaz alma ve deoksidasyon (oksijenin atılması) işlemlerinin uygulanması gerekir. Uygulanan metal arıtma operasyonları aşağıdaki gibidir:

- *Deoksidasyon:* Deoksidasyon oksijeni bağlayan ve sıvı cüruf oluşturan ayırıcın ilave edilmesi ile gerçekleştirilir. Deoksidasyon ürünlerinin katılaşmış döküm içerisinde hapsolmasını ve kalıntı deoksidanların alaşım kalitesini kötü yönde etkilemesini engellemek için operasyon dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır. Fosfor en sık kullanılan deoksidasyon ayırıcısıdır. Alternatif ayırıcılar ise magnezyum, mangan, kalsiyum, silikon ve bordur.
- *Gazdan arındırma:* Hidrojen, eriyik içerisinde baloncuklanan bir soy gaz aracılığı ile eriyikten atılır. Burada hem argon hem de nitrojen kullanılabilir. Bu teknik alüminyumda gaz alma tekniğine benzer.
- *Eritkenleme (Flakslama):* Alaşımlardaki alüminyum oksitlenebilir ve oksit parçaları oluşturabilir. Bu durum döküm için bazı problemlere neden olabilir. Alüminyum dışı alaşımlarda, eser alüminyum kusurlara sebep olabilir. Bu nedenden dolayı bunların eritken maddelerin yardımı ile eriyikten atılması gerekir. Eritkenler ayrıca erime esnasında oksidasyonu, çinko kayıplarını ve hidrojen yükselmesini engellemek üzere yüzeyi kaplamak için de kullanılır. Her bir arıtma çeşidi için özel eritken maddeler bulunur.

[165, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [182, Closset, 2002]

2.5 Kalıp ve Maça Üretimi

Kalıplama eriyik metalin içine döküleceği kalıbın yapılması işlemidir. Yüksek kalitede döküm üreten ve aşağıdakileri sağlayabilen kalıplar üretebilmek için kalıpların belirli özelliklere sahip olması gerekebilir.

- Yüksek boyutsal hassasiyet ile kalıpnın aynısı üretebilen
- Aşırı sıvama gerçekleştirilmesizin döküme pürüzsüz bir yüzey kazandıran
- Dökümde çatlak, kırık, delik vb kusurlar oluşturmayan

Kalıp dökümün dış şeklini belirlerken, maça da iç şeklini ya da en azından kalıplama yoluyla doğrudan elde edilemeyen parça şekillerini belirler.

Kalıplar iki büyük grup altında sınıflandırılabilir:

- **Kayıp mum kalıpları** (tek kullanımlık kalıplar): Bunlar her bir döküme özel olarak üretilir ve her bir döküm işleminden sonra atılır. Kalıplar genellikle kumdan yapılmıştır ve genellikle kimyasal yollarla bağlanmış, kil ile bağlanmış ya da hiç bağlanmamıştır. Hassas döküm bu grup altında düşünebilir.
- **Kalıcı kalıplar** (çok kullanımlık kalıplar): Bu tür kalıplar basınçsız ve düşük basınçlı döküm, basınçlı döküm ve santrifüj döküm için kullanılır. Tipik olarak bu tür kalıplar metaliktir.

Demirli döküm ürünleri için kullanılan maçalar neredeyse her zaman kumdan yapılır. Seçilen bağlama (yapıştırma) teknolojisi dökümün boyutu, üretim hızı, dökülen metal, silikme özellikleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Kum ile kalıplamada, kalıp el ile ya da sarsma, sıkma, hava etkisi ve titreşim gibi mekanik kum dövme hareketleri ile üretilir. Kalıp yeterli kuvvete ulaştığında modelden çıkarılır ve model daha sonra yeni bir kalıbın üretiminde kullanılabilir.

Genel olarak maçalar kalıp üretiminde kullanılan teknikler aracılığı ile üretilir; ancak küçük ya da orta boy maçalar genellikle ahşap, plastik ya da metal maça kalıplarına üflenir ya da atılır.

Demir dışı dökümde, bakır alaşımların yaklaşık % 30'u kum kalıplara dökülür. Hafif demir dışı metallerin sadece yaklaşık % 10'u tek kullanımlık kalıplara dökülür.

Desen ve boyaların üretimi genellikle harici tedarikçiler tarafından gerçekleştirilir. Bu faaliyetler metal ve plastik ağırlama sektörlerinde karşımıza çıkar

[2, Hoffmeister, et al., 1997], [32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001].

2.5.2 Ham Maddeler

2.5.2.1 Refrakter Malzemeler

Ne tür bağlayıcı uygulanırsa uygulansın, kalıp ve maçaların yapımında kullanılan refrakter materyallerin kimyasal özellikleri kalıp ve maçaların özelliklerini ve döküm sırasında bunların göstereceği hareketleri etkiler. Bu materyaller kullanılan ürünlerin % 95-99'unu oluşturduğu için bu durum hiç de şaşırtıcı değildir.

Her bir kum türünün satın alma fiyatı dört ana bileşene ayrılır – çıkarma (ekstraksiyon), hazırlama, ambalajlama ve ulaştırma. Ulaştırma maliyeti bölgelere göre farklılık gösterecektir. Ancak fiyatta ana unsur kum tipidir. Farklı tiplerdeki kumların fiyatları büyük ölçüde farklılık gösterebilir. 1995 yılında İngiltere’de yapılan bir araştırmaya göre, kromit ve zirkon kumunun tonaj fiyatları silika kumunun fiyatından sırasıyla 9 ve 14 kat daha yüksek bulunmuştur. Bunun yanı sıra, Portekiz’de kumun fiyatı satın alınan miktara göre değişmekle beraber genellikle İspanya, Fransa ya da İtalya’dakinden daha düşüktür. Portekiz’de kum fiyatları kuru AFS 55 kum için ton başına 20-25 EURO + ulaştırmadır (2003 yılı verileri). Çek Cumhuriyetinde ise silika kumun fiyatı 10-20 EURO arasında değişmektedir ve fiyat kumun hacmine, ambalajına ve damıtılmasına bağlı olarak değişebilmektedir (2003 yılı verileri). Buna karşın, kromit kumunun fiyatı ton başına 250-300 EURO ve zirkon kumunun fiyatı ton başına 250-400 EURO’dur.

[72, ETSU, 1995], [225, TWG, 2003]

Döküm amaçlı kullanılan refrakter farklı kum tipleri ileriki bölümlerde açıklanmıştır.

2.5.1.1.1 Silika Kum

Bu kum tipi genellikle kolay bulunabilmesi ve nispeten ucuz olması nedeniyle en sık kullanılan kum tipidir. Silika kumu kökenine bağlı olarak saf ve temiz sayılabilecek “kuartz” (SiO_2) mineralinden oluşur. Parçaya-özel kuru ağırlığı 2.5 ila 2.8 kg/dm^3 arasında değişir. Silika kumun kuru topluluk yoğunluğu (ya da gevşek hacim ağırlığı) 1.4 to 1.6 kg/dm^3 arasındadır.

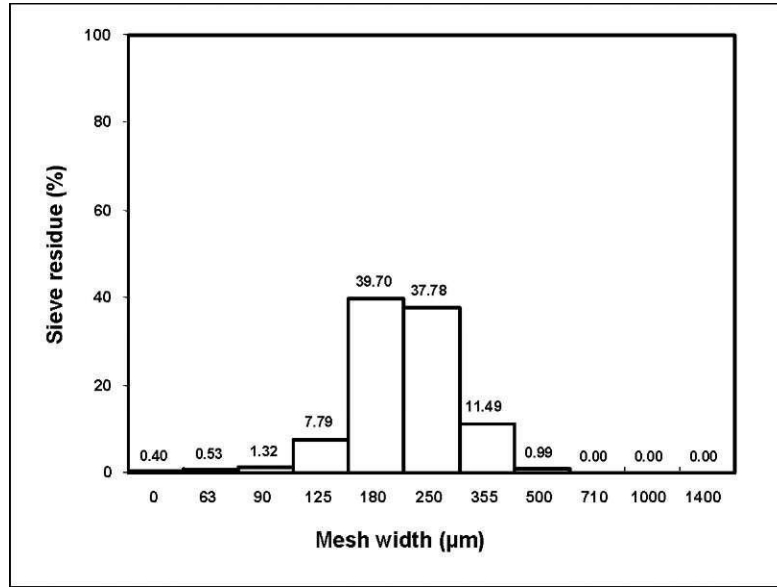
Silika kumun ısı genleşmesi dökme ve soğuma sırasında kalıbın hareketlenmesine neden olur. Bu nedenden dolayı döküm hatalarını önlemek üzere özellikle maçaların üretiminde bazı özel katkı maddeleri kullanılır. Bunlar ahşap tüyü, demir oksit ya da kür uygulanmış döküm kumu olabilir. Feldispat içeren kumun ısı genleşmesi saf kuartz kumundan daha düşüktür. Bunun yanı sıra topaklanma noktası da daha düşüktür ve dökümde genleşme kusurlarını asgari düzeye indirmek için bu tür kumlar sık sık kullanılır.

Silika kumu nötrdür ve tüm bağlayıcılarla ve normal döküm alaşımları ile uyumludur. Kuartz’ın solunabilir partikül madde (RPM) fraksiyonu IARC tarafından karsinogen olarak sınıflandırılır [233, IARC, 1997]. Bu bir sağlık ve güvenlik sorunudur. Buna karşın bu maddenin hava kirliliği sorunu da teşkil edip etmediğini belirlemeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Tozdaki kuartz miktarı girdi materyallerinin kuartz içeriği ile ifade edilir.

Yaş kum kalıplama teknolojilerinde tane boyutunun kontrolü oldukça önemlidir. Bu bağlamda, Şekil 2.25 silika kumunda tipik tane boyutu dağılımını gösterir. Tane boyutu dağılımı AFS-sayısını hesaplamak için kullanılır (AFS = Amerikan Dökümcülük Derneği). Bu hesaplama kumun genel ayarını verir. AFS-sayısı büyüdükçe kumun ayarının daha iyi olduğu anlaşılır. Alternatif bir sınıflandırma sistemi de orta tane sayısı ya da MK'dır.

Ayarı daha iyi olan kumda gram başına daha fazla tane vardır ve bu nedenden dolayı yüzey alanı daha fazladır. Bu durum eşdeğer bir kalıp kuvveti elde edebilmek için daha fazla bağlayıcının ilave edilmesini gerektirir. Bu nedenden dolayı operatörler kaba ancak yine de iyi bir yüzey bitirmesi sağlayan kumları kullanmaya çalışır. Bunların standart AFS-sayıları 50 - 60'tır. Çok pürüzsüz yüzeylerde iyi ayarda kuma ihtiyaç duyulur ve tipik olarak AFS'si 90 – 110 olan kumlar kullanılır. İyi ayardaki kumlar ayrıca bazı durumlarda kalıp kaplamasının yerine de kullanılır.

[110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]



Şekil 2.25: Silika döküm kumunda tipik tane boyutu dağılımı [110, Vito, 2001]

2.5.1.1.1.2 Kromit Kumu

Kromit magnezyum ve alüminyum oksit gibi diğer bileşenleri de içeren teorik formülü $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ olan bir krom cevheridir. Dökümcülükte kullanıldığında, düşük sıcaklıkta topaklaşmayı engellemek üzere silika içeriği % 2'den daha az olmalıdır. Bu kumun özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Yoğunluk: 4.3 - 4.6, silika kumu için cf. 2.65
- Teorik erime noktası: 2180 °C, ancak kirin varlığı bu değeri 1800 °C'e düşürebilir.
- Isıl yayılım: silika kumundan % 25 daha fazla
- Isıl genleşme: düzenli, geçiş noktası yok, silika kumundan daha düşük
- pH: oldukça bazik, 7 – 10 arası.

Kromit kumu silika ile karşılaştırıldığında ateşe daha dayanıklıdır. Isıl anlamda daha istikrarlıdır ve daha yüksek soğutma kuvveti vardır. Kromit kumu büyük dökümler üzerinde daha iyi yüzey bitirmesi sağlar. Bu nedenden dolayı büyük döküm ürünlerinde ve kalıbın soğutmaya ihtiyacı olan alanlarında kullanılır. [32, CAEF, 1997]

2.5.1.1.1.3 Zirkon Kumu

Zirkon formülü ZrSiO_4 olan bir zirkonyum silikattır. Zirkon en yaygın zirkonyum cevheridir. Bu kumun özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Yoğunluk: 4.4 - 4.7, silika kumu için cf. 2.65
- Erime noktası: 2000 °C'den daha fazla
- Isıl yayılım: silika kumundan % 30 daha fazla
- Isıl genleşme: düzenli, geçiş noktası yok, silika kumundan daha düşük.

Zirkon kumunun genel özellikleri kromit kumunun özellikleri ile benzerdir, ancak zirkon kumunun yüzey bitirmesi ve sınıf ayarı daha iyidir. Bu fiziksel ve ısıl özellikler fiyatının gayet yüksek olmasına rağmen bu materyalin zor durumlarda kalıp ya da maça yapımında kullanılmasına imkan tanır. [32, CAEF, 1997], [72, ETSU, 1995]

2.5.1.1.1.4 Olivin Kumu

Olivin kumları forsterit, fayalit ve benzerilerini içeren bir mineral grubudur. Olivin kumunun özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Erime noktası: forsterit: 1890 °C, fayalit: 1205 °C
- Yoğunluk: 3.2 - 3.6
- pH: 9 civarı.

Bazik pH bu kum tipinin asit ile katalize edilmiş bağlayıcı sistemlerde kullanımının uygun olmamasının sebebidir.

Olivin kumu doğal kayaların parçalanması ile oluşur; bu durum da kumun değişken özelliklerinin nedenidir. Genellikle mangan çeliği dökümlerinde kalıp ve maça yapımı için kullanılır. Manganezin varlığı silikanın varlığını engeller. Çünkü bu iki bileşen ortaya kolay eriyebilen bir bileşik çıkarmak üzere reaksiyona girer. İspanya'da rapor edilen satın alma fiyatı ton başına 130 EURO'dur (2002 verileri). [32, CAEF, 1997], [210, Martinez de Morentin Ronda, 2002]

2.5.1.1.2 Bağlayıcılar ve Diğer Kimyasallar

2.5.1.1.2.1 Bentonit

Bentonit katmanlı yapısı olan, leke çıkarıcı bir kildir. Su ilave edildiğinde su moleküllerini emen kil şişer. Daha sonra kil kullanıma hazır hale gelir ve karıştırma sırasında kum tanelerini kaplamak üzere kumun üstüne yayılabilir.

Doğal kalsiyum bentonitler su ile karıştırıldığında büyümeyi ya da jelleşmez. Bunlar nadiren olmak üzere halihazırda sadece çok özel dökümlerde kullanılır. Alternatif olarak, bu materyaller “soda ile aktive edilmiş bentonitler” elde etmek üzere sodyum karbonat ile işlenerek “aktive” edilebilir. Bunlar Avrupa’da demirli dökümhanelerde sıklıkla kullanılır. Bunların özellikleri doğal sodyum bentonitlerin özelliklerine yakındır.

Doğal sodyum bentonitler su ile karıştırıldığında büyük ölçüde şişer. Yaş kumda ana özellikleri, yüksek kuru dayancı, değişen su içeriğine yüksek toleransı, yanmaya karşı yüksek direnci ve yüksek sıcaklıklara karşı yüksek dayanıklılığıdır. Bunlar kullanımı oldukça yaygın olan Amerika Birleşik Devletlerinden ithal edildiği için, fiyatları yüksektir ve bu nedenden dolayı kullanımları genellikle yüksek değerli çelik dökümleri ya da aktive edilmiş kalsiyum bentonitleri karışımları ile sınırlıdır.

Eriyik metal yaş kum kalıbına dökülürken kalıplama kumu yüksek ısıya maruz kalır. Bu ısı kumdaki nemi alır ve kil ile bağlanmış yapıyı (ve katkı maddelerini) tahrip eder. Dökme ve soğutma sırasında bentonit deaktivasyon sıcaklığının altında kalır ise, katmanlı yapı ve şişme ve kohezyon özellikleri korunmuş olur. Deaktivasyon sıcaklığı bentonit tipine göre farklılık gösterir.

Bentonit fiyatları ambalaj ve ürün türüne bağlı olmakla beraber ton başına 70 – 250 EURO arasında değişir (Çek Cumhuriyeti 2003 verileri). [32, CAEF, 1997], [73, ETSU, 1995], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.1.1.2.2 Reçineler

Geçtiğimiz yıllarda birçok kimyasal bağlayıcı ortaya çıkmıştır. Bunlar tanelerin hepsi ince bir film tabakası ile kaplanana kadar döküm kumu ile karıştırılan tek ya da çok bileşenli sistemlerdir. Karıştırma işleminden sonra sertleştirici bir reaksiyon başlar ve bu reaksiyon kum tanelerini birbirine bağlar ve kalıbın kuvvetini artırır. Reçineler sertleştirme yöntemine göre sınıflandırılabilir:

- Soğuk sertleşen reçineler
- Gaz ile sertleşen reçineler
- Sıcak sertleşen reçineler.

Reçine türleri Bölüm 2.5.6’da daha detaylı olarak açıklanmıştır. Tablo 2.7 çeşitli reçine türlerinin uygulanabilirliğini gösterir.

Sertleşme	Reçine tipi ("ticari isim")	Kalıp üretimi	Maça üretimi	Kürleşme sıcaklığı	Sertleşme süresi (*)	Metal tipleri	Seri boyutları
Soğuk sertleşen	Füran	Orta – büyük	Bazı	10 - 30°C	10 - 120 dk	Demirli + non- demirli	Küçük büyük
	Fenolik	Büyük	Yok	10 - 30°C	10 - 180 dk	Demirli	Küçük büyük
	Poliüretan ("Pepset/Pentex")	Küçük – orta	Bazı	10 - 30°C	5 – 60 dk	Demirli + non- demirli	Küçük büyük
	Rezol - ester ("Alfaset")	Küçük – büyük	Bazı	10 - 30°C	5 - 400 dk	Demirli + non- demirli	Küçük büyük
	Alkit yağı	Büyük	Bazı	10 - 30°C	50 dk	Çelik	Küçük
	Silikat – cam suyu	Orta – büyük	Yok	10 - 30°C	1 – 60 dk	Demirli + non- demirli	Küçük orta
Gaz ile sertleşen	Fenolik / Füran ¹ ("Hardox")	Küçük	Var	10 - 30°C	<60 sn	Demirli + non- demirli	Hepsi
	Poliüretan ("Cold- box")	Küçük	Var	10 - 30°C	<60 sn	Demirli + non- demirli	Hepsi
	Rezol ("Betaset")	Küçük	Var	10 - 30°C	<60 sn	Demirli + non- demirli	Hepsi
	Akril / Epoksi ("Isoet")	Yok	Var	10 - 30°C	<60 sn	Demirli + non- demirli	Hepsi
	Silikat	Küçük	Var	10 - 30°C	<60 sn	Demirli + non- demirli	Hepsi
Sıcak sertleşen	Yağ	Küçük	Var	180 - 240°C	10 – 60 dk	Demirli	Küçük
	"Warm-box" (Ilık Kalıp)	Nadir	Var	150 - 220°C	20 - 60 sn	Demirli	Orta büyük
	"Hot-box" (Sıcak kalıp)	Nadir	Var	220 - 250 °C	20 - 60 sn	Ferrous + non- ferrous	Orta büyük
	"Kronlama" (Kronlama)	Var	Var	250 - 270 °C	120 - 180sn	Ferrous + non- ferrous	Büyük

(*) çıkarma zamanı – diğer bir deyişle kalıbın / maçanın örnek modelden çıkarılabilecek yeterli kuvvete ulaşma zamanı
¹Günlük 20 tondan düşük kapasitede uygulanmaz.

Tablo 2.7: Çeşitli Reçine Türleri ve Bunların Uygulanabilirlikleri Üzerine Araştırma [110, Vito, 2001]

2.5.1.1.2.3 Kömür Tozu

Kömür tozu genellikle dökme demir kalıplamada yaş kuma ilave edilir. Bazı demir dışı dökümhanelerde kısıtlı şekilde kullanılır. Kömür tozu küçük miktarda reçine ve yağ ürünleri ile karıştırılabilir. Döküm sırasında, ısıl bozunma “parlak karbon” oluşumuna sebep olur; bu da dökümün yüzey bitirme ve silkme özelliklerini iyileştirir. Kömür tozu üç sebepten dolayı kullanılır:

- Organik bileşiklerin yanması yoluyla, boşaltma işlemi sırasında kalıp boşluğunda nötr atmosfer oluşturmak ve sonuçta metal oksidasyonunu yavaşlatmak (cüruf oluşumu).
- Grafit film aracılığı ile metalin kuartz tanelerinin arasına girmesini engellemek ve ayrıca pürüzsüz bir döküm yüzeyi elde etmek.
- Silkmeden sonra döküm yüzeyinde kalan kum miktarını azaltmak.

İşlemeden kaynaklanan siyah ve yapışkan tozun yanı sıra, kömür tozu boşaltma sırasında polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) da içerebilir ya da üretebilir.

Çelik dökümlerde kömür tozu karbon tutması nedeniyle kullanılmaz. Bu gibi durumlarda, kömür tozunun yerine genellikle nişasta ya da dekstrin gibi tahıl bağlayıcılar kullanılır.

Kömür tozunun yerine kullanılabilen çeşitli materyaller mevcuttur. Bunlar yüksek uçuculuğa sahip, kil ile karışmış fazlasıyla yüksek parlak karbon materyalleridir. Kömür tozu ile karşılaştırıldıklarında, bunlar genellikle daha çevre dostudur. Diğer bir değişle, kömür tozunun yerine kullanılan bazı materyaller kumda daha fazla PAH ürettiği olmasına rağmen bunlar döküm esnasında daha az duman üretir.

[174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

2.5.1.1.2.4 Tahıl Bağlayıcılar

Tahıl bağlayıcılar genellikle yaş kumun kuvvetini ve sertliğini artırmak üzere çelik dökümhanelerinde kullanılır. Başlıca iki tür tahıl bağlayıcı vardır: nişasta ve dekstrin. Nişasta temel materyaldir ve çeşitli bitki materyallerinden üretilir. Bunlar arasında mısır nişastası dökümcülükte en sık kullanılandır. Dekstrin nişastanın daha sonra asit ile ve ısıl yollarla arıtılması yoluyla üretilen, nişastanın yeniden polimerleşmiş halidir.

Nişasta yandıkça kum tanelerinin kalıbı deforme etmeksizin deforme olmasını sağladığından genleşmeden kaynaklanan kusurların azaltılmasına yardımcı olur. Tahıl kumun kuvvetini, kuru dayancını ve sertliğini artırır; ancak akışkanlığını azaltabilir. Dekstrin akışkanlığı artırır ve nem tutulumunu sağlar; böylece kalıpların kurummasını ve kenarlarının kırılmasını engeller.

Tahıl katkı maddeleri kumun erozyona ya da metal dalmasına direncini artırmaz. [174, Brown, 2000], [175, Brown, 1999]

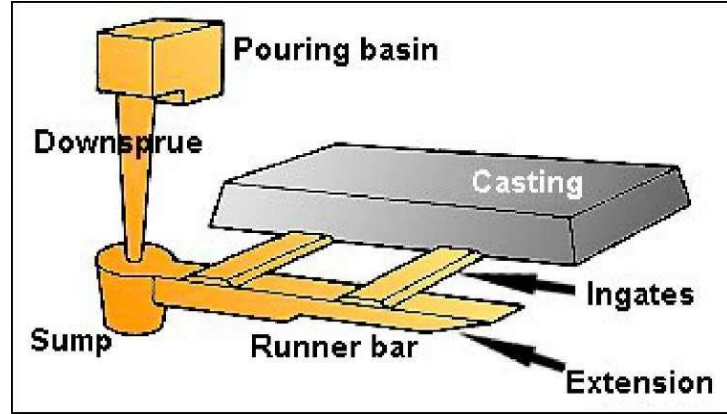
2.5.1.1.2.5 Demir Oksit

Demir oksit yüksek sıcaklıklarda kuartz ile reaksiyona girer ve kolay eriyen bir bileşik olan fayaliti oluşturur. Bu camsı plastik ürün taneleri bir araya getirip topaklaştırır. Genellikle maça kumu üretiminde damar oluşumunu azaltmak için kullanılır. [110, Vito, 2001]

2.5.1.1.3 Çalıştırma, Geçitleme, Besleme ve Filtreleme

Çalıştırma ve geçitleme sisteminin farklı parçaları Şekil 2.26’da gösterilmiştir. Sistem aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir:

- Dökümde soğuk metal kusurlarının önlenmesi için metalin gereken hızda kalıp boşluğuna akışını kontrol eder.
- Kalıba giren metalde türbülans oluşumunu engeller.
- Eriyikte bulunan cüruf ve posanın kalıba girmesini engeller.
- Metal akışın maça ya da kalıp yüzeyine yüksek hızla çarpmasını engeller.
- Döküm içerisinde ısıl eğimlerin oluşmasını sağlar ve böylece daha sağlam dökümlerini üretilmesine yardımcı olur.
- Dökümün çalıştırma / kapılama sisteminden kolaylıkla ayrılmasını sağlar.



Şekil 2.26: Çalıştırma ve kapılama sisteminin bileşenleri [237, HUT, 2003]

Çalıştırma sisteminin tasarımında dökülecek metalin değişen cüruf ve posa oluşturma özellikleri dikkate alınmalıdır. Örneğin:

- Katmanlı (lamelar) demirde, fırın cürufu bulunabilir ancak eriyikte oksidasyondan kaynaklanan kalıntı oluşumu gözlemlenmez.
- Küresel grafitli demirde, nodülarizasyon arıtmasından kaynaklanan magnezyum silikat ve sülfür posası bulunur.
- Çelik oksidasyona ve cüruf oluşumuna tabidir.
- Alüminyum alaşımlar (ve alüminyum tuncu) posa oluşumuna tabidir. Burada havaya kavuşan herhangi bir metalin üzerinde derhal oksit bir film oluşur.

Çelikteki kalıntılar cüruf sıkışmasından, fırın, kepçe kaplaması ya da refrakterlerin aşınmasından veya deoksidasyondan kaynaklanıyor olabilir. Günümüzde kalıntıların azaltılmasında filtreleme sık kullanılan bir yöntemdir. Seramik filtrelerin ortaya çıkması çalışma ve kapılama sistemlerinin tasarımını dahi kolaylaştırmıştır. Çeşitli filtre türleri Şekil 2.27’de gösterilmiştir.



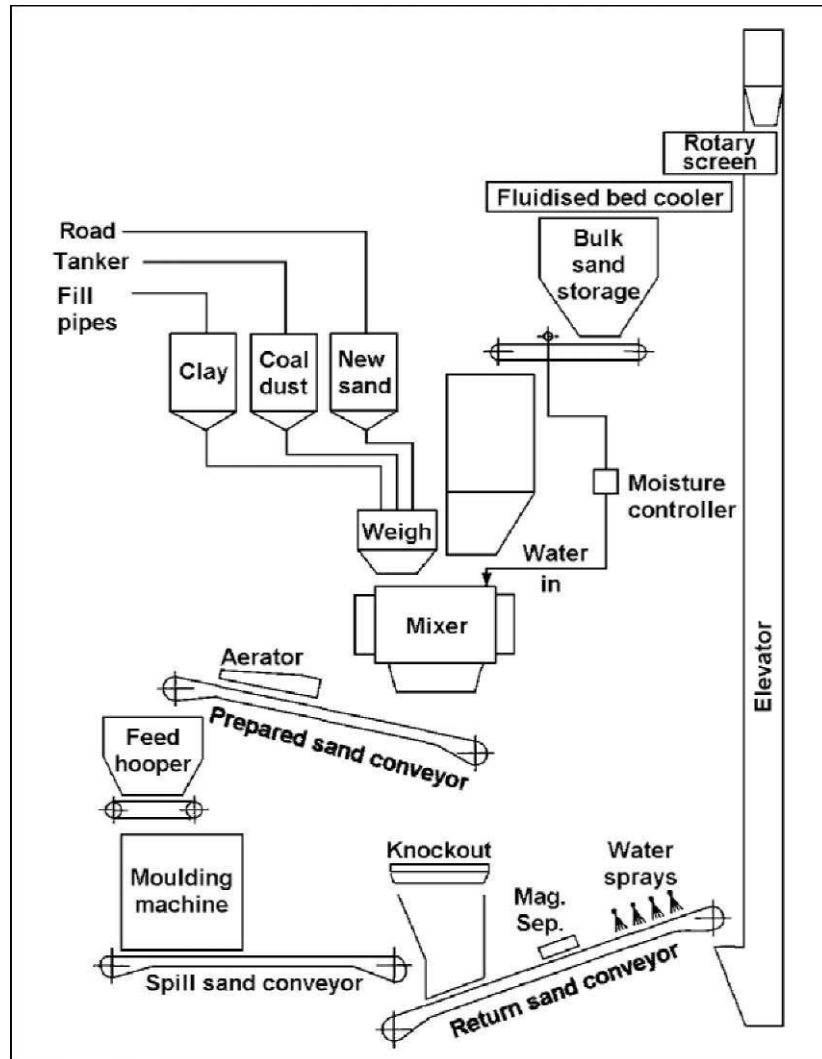
Şekil 2.27: Çeşitli filtre türleri

[237, HUT, 2003]

2.5.1.2 Kumu Hazırlama (Taşıma, Eleme, Soğutma, Karıştırma)

2.5.1.2.1 Yaş Kum Kalıplamasında Kumun Şartlandırılması

Yaş kum kalıplarının kullanılmasının başlıca avantajlarından biri kalıplardan gelen kumun birçok kez yeniden kullanılmak üzere yenilenebilmesidir. Tipik bir yaş kum tesisinin yerleşimi şekil 2.28’de ve bazı kum karıştırıcısı (mikser) örnekleri de şekil 2.29’da gösterilmiştir.



Şekil 2.28: Tipik bir yaş kum tesisinin akış şeması [174, Brown, 2000]



Şekil 2.29: Çeşitli kum karıştırıcısı türleri
[237, HUT, 2003]

Kumda genellikle döküm delikleri, döküm damlaları ve hatta küçük döküm parçaları gibi metal elementler bulunduğu için, bunların hepsinin öncelikle manyetik demir ayırıcıları ile ayıklanması gerekir. Bu şekilde bir ayırım işlemi gerçekleştirilemiyor ise ya da mümkün değil ise, ayırım Eddy akım ayırıcıları aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Daha sonra, kalıntı kum yığınları bir tarafa ayrılır. Kum ve bentonit karışımının bozulmaması için kumun kırılmamasına özen gösterilir.

Hazırlanan kumun nem seviyesini mümkün olduğunca sabit tutmak ve buharlaşma yoluyla ortaya çıkabilecek kayıpları engellemek için kumun genellikle soğutulması gerekir. Soğutma işlemi genellikle akışkan yatakta gerçekleşir ve böylece aynı zamanda aşırı ince taneler atılarak kumun tozunun alınması da sağlanır.

Kum daha sonra kalıntı yığınların atılması amacıyla taranır ve yaş kum yeniden kullanım için hazırlanmak üzere kil ve su gibi gerekli miktarda katkı maddesi ile karıştırılmadan evvel depolanır.

[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.1.3 Doğal Kum ile Kalıplama

Bazı dökümhanelerde doğal yollarla bağlanmış kumlar kullanılır. Bu doğal olarak belirli bir yüzdede kil içeren kum tipidir. Bağlama kapasitesini harekete geçirmek için yalnızca su ilave edilmesi gerekir. Eğer gerekir ise, bazı diğer katkı maddeleri de ilave edilebilir. Doğal kumun yaklaşık kompozisyonu Tablo 2.8’de verilmiştir.

Bileşenler	Yaklaşık %
Kuartz kumu	80
Kil	15
Su	5

Tablo 2.8: Doğal kumun kompozisyonu
[126, Teknologisk, 2000]

Doğada hazır karışım halinde bulunabilen doğal kum sentetik kumun gerektirdiği kadar karıştırma ekipmanı gerektirmez. Bu kum genellikle küçük ölçekli demir dışı (örneğin; bakır) dökümhanelerde kullanılırken demir döküm ve çelik dökümhanelerinde kullanılmaz.

2.5.1.4 Kil Bağlı Kum ile Kalıplama (Yaş Kum Kalıplaması)

Yaş kum kalıplaması en sık kullanılan kalıplama sürecidir. Yaş kum genellikle maça yapımında kullanılmaz. Maçalar kimyasal bağlama sistemleri kullanılarak üretilir. Yaş kum süreci nemli kum karışımı kullanılan tek süreçtir. Karışım % 85-90 silika kumundan (ya da olivin veya zirkon); % 5-10 bentonit kilinden; % 3-9 toz haline getirilmiş kömür (deniz kömürü), petrol ürünleri, mısır nişastası ya da ağaç unu gibi karbonlu materyallerden; ve % 2-5 sudan oluşur. Kil ve su bağlayıcı olarak işlev görür ve kum tanelerini bir arada tutar. Karbonlu materyaller eriyik metal kalıba döküldüğünde yanar ve katılaştıkça metalin oksitlenmesini engellemek üzere indirgen atmosfer oluşturur. Tablo 2.9 çeşitli metal döküm tiplerinde kullanılan katkı maddelerini gösterir.

Metal	Yaş kumun hazırlanmasında kullanılan katkı maddeleri
Küresel grafitli dökme demir Katmanlı (lamelar) demir döküm Temper demir döküm	Bentonit Tahıl bağlayıcı* Kömür tozu
Çelik döküm	Bentonit Tahıl bağlayıcı*
Hafif metal ve alüminyum döküm	Bentonit Tahıl bağlayıcı*
Magnezyum alaşımlı alüminyum döküm	Bentonit Borik asit
Magnezyum döküm	Bentonit Toz haline getirilmiş sülfür Borik asit
Ağır metal döküm (bakır alaşımlar)	Bentonit Tahıl bağlayıcı* Kömür tozu
* İsteğe göre kullanılan katkı maddeleri	

Tablo 2.9: Yaş kumun hazırlanmasında kullanılan katkı karışımının kompozisyonu (su hariç)
[36, Winterhalter, et al., 1992]

Yaş kum, çok yaygın olarak kullanılmasından da anlaşılacağı üzere, diğer döküm yöntemlerine kıyasla birçok avantaja sahiptir. Bu süreç hem demirli hem de demir dışı metal dökümde kullanılabilir ve diğer döküm yöntemlerine kıyasla daha fazla ürün aralığında işlem gerçekleştirebilir. Örneğin, yaş kum küçük hassas dökümlerden bir tona kadar büyük dökümlere her boyuttaki dökümde kullanılabilir. Kumun yeknesak şekilde sıkıştırılması ve özelliklerinin düzgün bir şekilde kontrolü sağlanır ise, çok sıkı paylar elde edilebilir. Bu sürecin ayrıca diğerlerine kıyasla nispeten daha kısa sürede kalıp üretme avantajı vardır. Bunun yanı sıra, sürecin nispeten basit olması bunun mekanize süreçler için de ideal olmasını sağlar.

Elle kalıplama hala kullanılmakta olan bir yöntem olsa da makine kalıplaması halihazırda en sık kullanılan kalıplama yöntemidir. Kalıplama makinesinde iki ardışık operasyonun gerçekleştirilmesi gerekir: öncelikle kumun dövülmesi ve sonrasında modelin sıkıştırılmış kumdan ayrılması. En sık kullanılan süreçler ileride açıklanacak olan çalışma ilkelerine bağlıdır.

Sıkma yoluyla kalıplama makinesi kumu bir araya toplamak için baskı uygular. Bu baskı sıkıştırma başlığı ya da çok pistonlu sıkıştırma başlığı aracılığı ile uygulanır. Sadece sıkma ile kalıplama, yarım kalıbın derinliği arttığında çok etkili değildir. Bu gibi durumlarda, çalışma masasının sarsılması kumun sıkışmasına büyük ölçüde yardımcı olur.

Darbeli kalıplamada, kum yer çekiminin etkisiyle kalıba gönderilir ve hızlı bir şekilde harekete geçen bir valf aracılığı ile basınçlı havanın aniden salınması yoluyla sıkışır. Bu süreç özellikle modelin etrafını saran kumda yüksek ve yeknesak yoğunlaşma sağlar.

Hem dikey hem de yatay bölmesi olan, derecesiz kalıplama makinesi ile büyük üretim verimliliği elde edilebilir. Yüksek kalıp doğruluğu sağlanabilir; ancak bu süreç istenilen hedefe ulaşılabilmesi için etkili bir kurulum ve yüksek kalitede bir model gerektirir.

[32, CAEF, 1997], [42, US EPA, 1998]

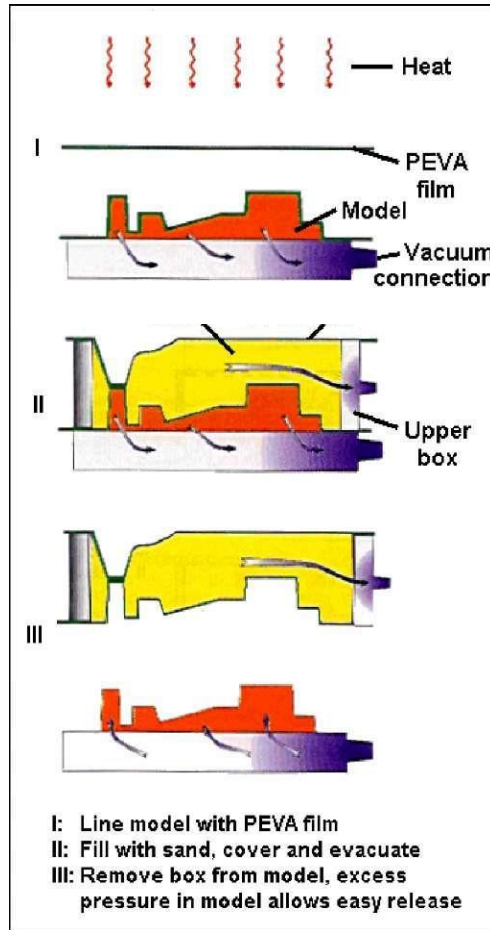
2.5.1.5 Bağılanmamış Kum ile Kalıplama (V Prosesi)

Bu süreçte herhangi bir bağlayıcı katkı maddesi kullanılmaksızın titreşim yoluyla dövülmüş kuru kum kullanır. Kum kısmi vakum ile iki polietilen tabaka arasında tutulur.

Yarım kalıp üretimi Şekil 2.30'da gösterilmiştir. Bu sürecin sonraki aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Model vakum pompasına bağlı hava sızdırmaz bir odacığa sabitlenir. Hava sızdırmaz odacığa bağlı küçük çaplı delikler aracılığı ile model havalandırılır.
- 75 ila 100 mikron kalınlığındaki ince bir polietilen vinil asetat (PEVA) filmi 85 °C'ye kadar ısıtılır.
- Isı etkisiyle genişleyen bu film model üzerine uygulanır ve hava sızdırmaz odacık boyunca uygulanan vakum ile sabitlenir.
- İçerisinde vakumun oluşturulabileceği kalıplama kutusu modelin üzerine yerleştirilir ve kuru kum ile doldurulur.
- Bu kum titreştirme yoluyla sıkıştırılır ve homojen hale getirilir; daha sonra ikinci bir PEVA film kuma uygulanır.
- Kalıplama kutusunun içerisindeki hava çekilir ve aynı zamanda vakum hava sızdırmaz odacıkta serbest bırakılır; vakum kumu sertleştirir ve yarım kalıp daha sonra modelden çıkarılabilir.
- İkinci yarım kalıp aynı şekilde yapılır ve ikisi de bir araya getirilir ve kapatılır. Bu esnada vakum uygulaması devam eder.
- Daha sonra metal dökülür. Bu sırada iki kalıplama kutusu döküm silkilebilecek kadar soğuyana dek vakum altında kalmaya devam eder.
- Silkleme işlemi basit bir şekilde vakumun kesilmesi ile meydana gelir; kum kutudan şebeke boyunca akar ve toz alma ve yanmamış plastik tabakaların ayrılması işleminden sonra geri dönüştürülebilir.

[174, Brown, 2000]



Şekil 2.30: Vakumda kalıplama [179, Hoppenstedt, 2002]

2.5.1.6 Kimyasal Bağlı Kum ile Kalıplama ve Maça Yapımı

Maça yapımında genellikle kimyasal bağlama sistemleri kullanılır. Maçalar kalıplara kıyasla farklı fiziksel özellikler gerektirir ve bu nedenden dolayı maça yapımında kullanılan bağlama sistemleri kalıplarda kullanılanlardan farklı olabilir. Maçaların eriyik metal kalıbı doldurduğunda meydana gelecek kuvvete dayanabilecek şekilde üretilmesi ve genellikle katılaşmış dökümdeki küçük pasajlardan daha sonra sökülmesi gerekir. Bu kullanılan bağlama sisteminin döküm sertleştikten sonra sökülebilmek üzere çökecek kuvvetli ve sert maçalar üretmesi gerektiği anlamına gelir. Bu nedenden dolayı tipik olarak maçalar silika kumundan (zaman zaman da olivin, zirkon ya da kromit kumundan) ve kuvvetli kimyasal bağlayıcılar kullanılarak üretilir. Kum ve bağlayıcı karışım maça sandığına yerleştirilir ve burada istenilen şekilde sertleşir ve daha sonra buradan çıkarılır. Sertleşme ya da kürleşme kimyasal veya katalitik reaksiyon ya da ısı yoluyla elde edilir.

Tablo 2.10 1991 yılında Alman otomotiv dökümhanelerinde kullanılan çeşitli maça yapım süreçlerinin nispi paylarını gösterir. Tablodan da anlaşılabacağı üzere amin soğuk kalıp ve sıcak kalıp sistemleri piyasaya hakim durumdadır. Otomobil dökümhanelerinin % 90'ından fazlasında amin soğuk kalıp sistemleri kullanılmaktadır. Diğer süreçler (kronlama, CO₂-silikat) genellikle ilave kullanım amaçlı olarak işe koşulmaktadır. Diğer bir deyişle, özel gereklilikleri (boyut, kalınlık, vb) olan maçaların yapımında kullanılmaktadır.

[42, US EPA, 1998], [174, Brown, 2000]

Sistem	Sayı
Amin soğuk kalıp	44
Sıcak kalıp	10
Kabuk çıkarma / kronlama	9
CO ₂ - silikat	3

Tablo 2.10: Almanya'da 48 otomobil dökümhanesinde kullanılan maça yapım prosesleri, 1991 [174, Brown, 2000]

2.5.1.6.1 Soğukta Sertleştirme Prosesleri

Soğukta sertleşen kumun kürleşmesi ortam sıcaklığında etkilidir. Süreç formülün son bileşeni karışıma katıldığında başlar. Daha sonra süreç, bağlayıcının miktarına ve sertleştirici maddenin kuvvetine bağlı olarak birkaç dakika ila birkaç saat arasında devam eder.

Bu süreçler maça yapımından ziyade kalıp yapımında, özellikle de orta ya da büyük boy dökümler ürünlerinde kullanılır.

2.5.1.6.1.1 Fenolik, Katalize Asit

Bu süreç 1958 yılından beri kullanılmaktadır. Bileşenler oldukça ucuz olduğundan genellikle büyük parçaların üretiminde kullanılır. Tüm alaşım tiplerine uygulanabilir. Bu reçinelerinin sertleşmesi fûran reçinelerine kıyasla daha zor ve daha düzensizdir.

Reçineler ya fenol-formaldehit (PF) ya da üre-formaldehit / fenol-formaldehit kopolimerdir (UF/PH). İkisi de formaldehit / fenol oranı birden yüksek birer rezoldur ve katalizörler, genellikle seyredilmiş halde kullanılan sülfürik asit ilavesi içerebilen paratoluen, ksilen ya da benzen-sülfonik gibi kuvvetli sülfonik asitlerdir.

2.5.1.6.1.2 Fûran, Katalize Asit

Bu bağlayıcılar ilk olarak 1958'de kullanılmaya başlanmıştır. Halihazırda, orta ve büyük parçalara yönelik kalıplama ve maça yapımında, küçük ya da orta boy seri üretimde ve tüm alaşım tiplerinde kullanılır. Çatlaklar, kırıklar ya da delikler oluşabileceğinden çelik dökümde yalnızca belirli türler kullanılır. Bu süreç uygulama ve özellikler bakımından esneklik imkânı tanır. Furfuril alkol (FA) (stratejik) bazik bir ürün olma dezavantajına sahiptir ve bu nedenden dolayı piyasada fiyat değişikliklerine tabidir. İki süreçte de kullanılan sertleşme mekanizması ve asitli katalizörler aynı olduğundan fûran bağlayıcılar fenolik bağlayıcılara benzer. Bazı fûran maça örnekleri Şekil 2.31'de gösterilmiştir.



Şekil 2.31: Fûran maçalar [237, HUT, 2003]

Fûran reçineye asitli katalizör ilave edilmesi ekzotermik çoklu yoğunlaşmaya neden olur. Bu durum bağlayıcıyı sertleştirir. Fûran reçineler farklı formüllerde bulunabilir. Bunların hepsinin bazında furfuril alkol vardır:

- fûran reçine	FA
- üre - formaldehit - furfuril alkol	UF - FA
- fenol - formaldehit - furfuril alkol	PF - FA
- üre - formaldehit- fenol - furfuril alkol	UF - PF - FA
- resorsinol - furfuril alkol	R - FA.

Reçine-kum bağını kuvvetlendirmek için neredeyse her zaman silan ilave edilir. Katalizörler genellikle seyreltilmiş halde kullanılan sülfürik ya da fosforik asit gibi ilaveler içerebilen paratoluen, ksilen ya da benzen-sülfonik gibi kuvvetli asitlerdir.

[110, Vito, 2001]

2.5.1.6.1.3 Poliüretan (Fenolik İzosiyanat)

Bu süreç kalıp ve maça yapımında fazlaca kullanılmaz. Çatlak, kırık ya da delikler oluşabileceğinden çelik yapımında da kısıtlı kullanılır. Ancak bu olumsuzlar demir oksit ilavesi ile ve kalıpların ve maçaların kurutulması ile giderilebilir. Bazı ülkelerde (örneğin İsveç) büyük ölçüde çalışma ortamı üzerindeki etkilerinden dolayı bu tür bağlayıcılar 25 yıldır kullanılmamaktadır.

Bu süreç piridin türevi ile katalize edilmiş izosiyanat (genellikle MDI) ve fenolik reçine arasında meydana gelecek bir reaksiyona tabidir: sonuç olarak poliüretan bir yapı ortaya çıkar. Tüm bileşenler yüksek kaynama noktasına sahip aromatik ve/veya polar çözücü içerisinde (diğer bir deyişle alifatik çözücü) solüsyon halinde bulunur. Su izosiyanat ile kuvvetli şekilde reaksiyona girdiğinden su bulaşmasının mutlaka engellenmesi gerekir.

2.5.1.6.1.4 Rezol-ester (Alkalın Fenolik Ester ile Sertleştirilmiş)

Bu proses küçük ya da orta seri üretimde kullanılır. Tüm alaşım türlerinde kullanılabilir; ancak silikme kolaylığından dolayı genellikle hafif alaşımlarda tercih edilir. Bileşik ayrıçalarında nitrojenin bulunmaması çelik dökümleri için bir avantajdır.

Reçine likit ester ile reaksiyona giren alkalın fenolik rezol çözeltisidir. Reçine ve ester sabit olmayan bir karışım oluşturur ve jelleşmeye neden olur. Karışım ayrışır ve reçinenin çapraz polimerleşmesine neden olur ve tuz ve alkol üretir.

Bu süreçte kürleşme hızı sertleştiricinin ilave edilme hızına göre değil farklı seviyelerin kullanılması yoluyla ayarlanır. Sertleşme süresi birkaç dakika sürebilir ya da bir saati aşabilir. Sertleşmeden hemen sonra mekanik özellikler oldukça iyi değildir; ancak depolamadan sonra bu özellikler iyileşmeye başlar.

2.5.1.6.1.5 Fırınlanmamış Alkid Yağı

Bu süreç genellikle tekli dökümler için ya da çelik dökümhanelerinde küçük seri üretimler için kullanılır. İyi yüzey bitirme kalitesi ve iyi kalıptan çıkarma özellikleri sunar. Ancak pahalı bir süreçtir.

Yağ ile modifiye edilmiş polyester reçine izosiyanat ile karıştırılır ve yavaş yavaş sertleşen bir poliüretan reçine üretilir. Kalıbın kürleşmesi katalizör aracılığı ile hızlandırılır ve 150 °C'e kadar ısıtılarak tamamlanır.

2.5.1.6.1.6 Ester Silikat

Bu süreç genellikle çelik dökümhanelerinde orta ve küçük serilerde üretilen orta ve büyük boy dökümlerde kullanılır. Fırınlanmamış alkid yağı sürecine benzer. Ancak, silikme özelliği kötüdür ve organik reçine ile bağlanmış sistemler ile kıyaslandığında mekanik direnci daha düşüktür.

Silikat - ester kumun sertleşmesi esterin alkalın silikat çözeltisi ile hidrolizinden oluşan bir adım ile başlar. Hidroliz gliserol ve asetik asit oluşturur ve bu da başlangıç bağını meydana getirmek üzere silikat jel çökeltisi oluşturur. Kalan silikat kurudukça kuvvet de artar.

2.5.1.6.1.7 Çimento

Bu süreç yalnızca çok büyük boyuttaki dökümler için kullanılır. Genellikle kamu bayındırlık işlerinde uygulanır. Kalıp ya da maça yapımı sırasında emisyon problemi doğurmaz.

2.5.1.6.2 Gazda Sertleştirme Prosesleri

Bu süreçlerde kürleşme gaz halinde bir sertleştirici ya da katalizör enjeksiyonu ile gerçekleşir. Kürleşme hızı çok yüksek olabilir ve bu durum yüksek üretim hızı elde edilmesine imkan tanır. Bunlar sınırlı boyuttaki kalıp ve maçalarda orta seri ya da toplu üretim için uygundur. Geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde bunların kullanım alanı genişlemiştir.

Bu tür gaz ile sertleşen süreçlerin altında yatan kimya soğuk sertleşen süreçlerin kimyası ile aynıdır. Katalizörlerin gaz halinde olması nedeniyle, bazen bunların emisyonlarını toplama ve arıtma ihtiyacı ortaya çıkabilir.

2.5.1.6.2.1 Soğuk Kutu (Amin ile Sertleşen Fenolik Üretan)

Bu proses genellikle 100 kg ve üzeri ağırlığa sahip maçaların ve küçük kalıpların yapımında kullanılır. Çok pürüzsüz bir bitirme yüzeyi sağlar ve boyutsal hassasiyeti (doğruluğu) oldukça yüksektir. Maçayı çıkarma özellikleri mükemmeldir ve kum kolaylıkla yeniden kullanılabilir. Bu süreç en çok maça yapımında kullanılır. Soğuk kalıp maça örneği Şekil 2.32’de verilmiştir.



Şekil 2.32: Soğuk kalıp maça
[237, HUT, 2003]

Bu poliüretan bazlı sürecin kimyası poliüretan soğuk sertleşen sürecin kimyasına benzer. Örneğin, fenolik reçine ve izosiyanat (MDI) içerir. Yalnızca katalizör farklıdır; burada trietilamin (TEA), dimetiletilamin (DMEA), dimetilizopropilamin (DMIA) ya da dimetilpropilamin (DMPA) gibi üçüncül aminler kullanılır. Basınçlı hava, nitrojen ya da CO₂ taşıyıcı gaz olarak kullanılarak buhar şeklinde amin uygulaması gerçekleştirilir. Hem reçine hem de izosiyanat yüksek kaynama noktalarına sahip aromatik ve/veya polar çözücülerin içinde solüsyon halinde bulunur. Su izosiyanat ile kuvvetli bir şekilde reaksiyona girdiğinden ve bağlayıcıyı zayıflattığından su bulaşması kesinlikle önlenmelidir.

Amin, tercihen inert olan destekleyici bir gazın amin buharları ile doyurulduğu bir jeneratör ya da işlemin gerektirdiği doğru miktarda amini ölçen bir enjektör aracılığı ile uygulanır. Bunlardan ikincisi kuma basınçlı hava ya da gaz halindeki nitrojen ile taşınır. Bağlayıcının ilave edilme oranı, kumun ağırlığına bağlı olarak ve reçine ve izosiyanat oranı 50:50 olacak şekilde %1.0 ila 2.0 arasında değişir.

Amin sadece bir katalizördür ve reaksiyonda tükenmez. Kürleşmeden sonra kalıp ya da maça kumunda kalır ve arındırılması gerekir. Arındırma süresi aminin enjeksiyonundan 10 - 15 kat daha uzun sürer. Kürleşme için gereken amin kumun ağırlığına bağlı olarak yaklaşık % 0.05'tir; ancak tipik olarak %0.10 ila 0.15 arasında kullanılır.

“Soğuk kalıp Plus” adlı sürecin bir başka varyasyonunda maça kalıbı dolaşan sıcak su yardımı ile 40 ila 80°C'ye kadar ısıtılır. Bu durum daha da iyi mekanik özelliklere sahip maçaların üretimine imkân tanır; ancak daha yüksek aralık sürelerine neden olur. [110, Vito, 2001]

2.5.1.6.2.2 Rezol - Ester (Alkalın Fenolik Metil Format ile Sertleştirilmiş)

Bu süreç nispeten yeni bir süreçtir. Avantajları ve dezavantajları kendisinden türediği soğuk sertleşen sürecinkilere benzer. Fiyatı nispeten yüksek olduğundan bu süreç genellikle maça yapımında kullanılır. Kullanılmış kumun geri dönüşümü konusunda bazı problemler rapor edilmiş olsa da bu süreç genellikle silkme özellikleri, çatlama, damarlanma ve delinmeleri önleme yeteneği ve düşük koku emisyonundan dolayı yaygın şekilde kullanılır. Süreç her türlü seride ve alışımda kullanılabilir; ancak genellikle hafif ve süper hafif alışımlarda (kolay silkme) ve çelikte (düşük çatlak riski) kullanılır.

Reçine metil format ile reaksiyona giren ve metanol üreten alkalın fenolik resol ve alkalın formattır. Fenolik reçine jel halinde çökelir ve tüm bileşenleri birbirine bağlar. Çapraz bağlama depolamadan sonra kuvvetin daha da artmasına neden olur.

Metil format ortam sıcaklığında bir sıvıdır. Kaynama noktası 32°C'dir; ancak tipik olarak 80°C'ye kadar ısıtılmış hava ile gaz haline dönüşür ve süreçte ayrıca taşıyıcı olarak işlev görür. Gazlaştırma dönemini her zaman hava arındırması takip eder. Bunun amacı metil formatı kum kütlesi boyunca eşit şekilde dağıtmaktır.

2.5.1.6.2.3 SO₂ ile Serleştirilmiş Furan Reçineler

Herhangi bir alışımda, küçük ila orta boyutlu kalıp ve maçaların üretiminde birçok uygulama için uygun olsa da bu süreç artık yaygın şekilde kullanılmamaktadır. Sülfür katalizör sünek demir döküm ürünlerinin yüzeyinde bazı metalürjik problemlere neden olabilir. Sağladığı başlıca avantajlar hazırlanan kumun uzun ömürlü olması, iyi mekanik özellikleri ve silkme performansı ve çatlakları önlemesidir. Ancak reçinenin yapışkan karakterinden ve sertleştirici olarak sülfür dioksit kullanılması konusundaki endişelerden dolayı etkili şekilde kullanılabilirdiği durumlar sınırlıdır.

Bu süreçte % 80 oranında furfural alkol içeren furan reçineler kullanılır. Reçinelerden her biri asidik şartlar altında polimerleşir. Bu reçinelerin kum ve organik peroksitler ya da hidrojen peroksit gibi oksitleyici maddeler ile karıştırılması gerekir. Bu peroksitler ve enjekte edilen sülfür dioksit arasında meydana gelen reaksiyon daha sonra sülfürik asit oluşturur ve bu da hızlı polimerizasyon sağlar. Gazlaşma sürecini her zaman arındırma süreci takip eder. Bunun amacı reaksiyona girmemiş sülfür dioksit fazlasının kum kütlesinden atılmasıdır.

[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.1.6.2.4 SO₂ ile Sertleştirilmiş Epoksi / Akrilik (Serbest Radikal Kürleşmesi)

Bu prosesin birçok avantajı vardır: iyi sıkıştırma yeteneği, hazırlanan kumun uzun ömürlü olması (mikserlerin ya da atım başlıklarının temizlenmeye ihtiyacı yoktur); iyi mekanik özellikler; nitrojen, fenol ya da formaldehit bulunmaması; iyi silkme performansı ve kırık oluşmaması. Buna karşın, bağlayıcı bileşenlerin fiyatlarının yüksek olması başlıca dezavantajlarından bir tanesidir.

Bu süreç reçinenin türü ile değil serbest radikaller boyunca meydana gelen çapraz bağlama ilkesi ile tasvir edilir. Reçinenin karbon çift bağ içermesi gerekir: polyester – akrilik, polyester – ürethan ya da polyester – epoksi reçineler kullanılabilir. Bu reçineler genellikle düşük moleküler ağırlığa sahiptir ve yaklaşık %50'si ağırlığındaki organik çözücüler ile seyreltilir. Buna karşın çözültüsüz türleri de bulunmaktadır. Bunlar reaksiyon başlatıcısı olarak işlev gören organik peroksit ile karıştırılır. Kürleşme için sülfür dioksit karbon dioksit ya da nitrojen gibi bir soy gaz aracılığı ile kum boyunca taşınır.

Gazlaştırma sürecinin peşi sıra her zaman kürleşme için kullanılan soy gaz ile arındırma süreci gelir. Bunun amacı reaksiyona girmemiş sülfür dioksit fazlasının kum kütlelerinden atılmasıdır.

2.5.1.6.2.5 CO₂ ile Sertleştirilmiş Sodyum Silikat (Cam Suyu)

Bu sürecin sunduğu bazı önemli avantajlar vardır: ucuzdur, kullanımı kolaydır ve çevre dostudur. Ayrıca, çalışanların sağlığı ve operasyonun güvenilirliği açısından da bu tekniğin organik bağlayıcılara kıyasla bazı avantajları vardır. Ancak, kullanımı kötü sıkıştırma yeteneği ve çökme ile ilgili problemler gibi teknik nedenler, kötü mekanik kuvvet, sarsılmaya karşı hassas olma, nem toplaması ve yeniden kullanılabilirlikte sorunlar yaşatması nedeniyle eskisi kadar yaygın değildir. Bunların yanı sıra, cam suyunun kullanımı temizlik masraflarının artmasına da neden olabilir. Maçalar yalnızca kuruma sürecinden sonra tam kuvvetine erişir. Bu durum bunların otomatik süreçlerde kullanımını kısıtlar. Bu nedenden dolayı tekniğin ana kullanım alanı küçük ölçekli dökümhanelerdir.

Kullanılan silikat genellikle konsantrasyonu (kuru katı içerik) ve modülü (silika soda oranı SiO₂/Na₂O) ile tanımlanan sodyum silikattır. Bu modül 2.0 ila 2.8 arasında değişmekte olup en yaygın kullanılanı 2.0 ila 2.3 arasındadır. Bu silikat %2 ila 4 konsantrasyonunda kum ile karıştırılır. Silkme ve maçadan ayırma için yaygın olarak katkı maddeleri kullanılır ve bunlar genellikle silikat ile önceden karıştırılmış olarak uygulanır.

Kürleşme hafif asidik karakterinden dolayı karbon dioksit ile gazlaşma yoluyla meydana gelir. CO₂ oranının kum kütlelerinin %1-2'sini geçmemesi gerekir. Gazlaşma süresi ise 10 ila 60 saniye arasındadır. Kürleşen kalıplar ve maçalar arıtma gerektirmez.

[126, Teknologisk, 2000], [152, Notzon and Heil, 1998]

2.5.1.6.2.6 CO₂ ile Sertleştirilmiş Alkalın Fenolik

Bu süreç ilk olarak 1989'da ortaya çıkmıştır ve o zamandan geri çeşitli gelişmelere tabi olmuştur. Halihazırda ticari olarak birkaç yerde kullanılmaktadır; ancak kullanımı henüz yaygın değildir.

Reçine ortalama 14 olmak üzere yüksek pH'de stabilize bağlayıcı madde içeren alkalın fenolik reçinedir. Kürleşme reçinenin su çözeltisinde çözünen ve böylece pH değerini düşüren ve bağlayıcı maddeyi aktive eden karbon dioksit ile gazlaşma yoluyla meydana gelir.

2.5.1.6.3 Sıcak Kürleşen Prosesler

Bu süreçlerde, kürleşme kum - reçine karışımının ısıtılması ya da daha yaygın olarak bunun ısınmış model ekipmanı ile temasa geçirilmesi ile meydana gelir. Bunlar yüksek boyutsal hassasiyete sahiptir. Bu hassasiyet yalnızca gayet pahalı olabilen, yüksek kalitede (metal) modellerin kullanılması yoluyla elde edilebilir. Bu nedenden dolayı, sıcak kürleşen süreçler sınırlı boyuttaki maçaların üretiminde ve genellikle toplu üretim süreçlerinde kullanılır. Yıllardır oldukça yaygın olan kullanımları halihazırda popülerliğini kaybetmektedir ve bunlar yerlerini gaz ile kürleşen süreçlere bırakmaktadır.

Sıcak kürleşen süreçler büyük emisyon problemlerini beraberinde getirir; ısıtıldıklarında reçine ve katalizörler koku kirliliği oluşturabilen amonyak ve formaldehit dahil zehirli kimyasalları ortama salar. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için ovalama, yakma ya da biyolojik azaltma gibi çeşitli azaltma teknikleri denenmiştir; ancak bunların hiçbirisi problemlerin çözümünde etkili olamamıştır.

2.5.1.6.3.1 Sıcak Kutu, Fenolik ve/veya Furan Bazlı

Bu proses yüksek boyutsal hassasiyete sahip ve mekanik anlamda kuvvetli maçalar üretebilir; ancak bunun gerçekleştirilmesi için operatörlerin üretim sürecine dair fazlaca bilgiye sahip olması ve süreci kontrol edebilmesi gerekir. Süreç özellikle reçine, enerji ve model ekipmanı açısından maliyetinin yüksekliği ve ortaya çıkan kötü tesis içi çalışma koşulları nedeniyle bazı kısıtlılıklara tabidir. Bu süreç halihazırda toplu üretimde, küçük ya da orta boy maçaların üretimine kullanılır.

Reçine bağlayıcı madde ve ısı ile aktive edilmiş katalizör kum ile önceden karıştırılır ve karışım ısıtılmış maça kalıbına ya da modeline üflenir ve burada yaklaşık 5 – 60 saniye boyunca kürleşir.

Bu bağlamda aşağıdakiler dahil birçok reçine kullanılabilir:

- Üre- formaldehit	UF
- üre - formaldehit - furfuril alkol	UF - FA
- fenol - formaldehit	PF
- fenol - formaldehit - furfuril alkol	PF - FA
- üre - formaldehit - fenol - formaldehit	UF - PF
- üre - formaldehit - fenol - formaldehit - furfuril alkol	UF - PF - FA.

Katalizörler mineral asitlerin amonyum tuzlarıdır ve bazen serbest formaldehiti azaltmak için üre ilavesi içerir. Bunun yanı sıra, silan, demir oksit, koruyucu madde ve silikon yağı gibi diğer ilave maddeler de kullanılır.

Reçinelerin ilave madde oranları kumun ağırlığına bağlı olarak ve ortalama % 1,8 olmak üzere % 1,2 ila %3,0 arasında değişir. Katalizörlerin ilave madde oranı ise reçinenin ağırlığına bağlı olarak çoğu formülde optimize oran % 20 olmak üzere % 10 ila 25 arasında değişir. Optimal sıcaklık aralığı 220 °C ila 250 °C arasında olmakla beraber modellerde kullanılan sıcaklık 230 °C ila 290 °C arasında değişir. Kürleşme süresini hızlandırmak için aşırı ısınma gerçekleştirilir ise, maça yüzeyi yanabilir ve dökme esnasında kırılabilirlik meydana gelebilir.

2.5.1.6.3.2 Warm-box (Ilık-kutu)

Bu işlem hot-box (sıcak kalıp) işlemine oldukça benzer ve aynı üretim teknikleri kullanılır. Yalnızca seçilen reçine türü farklıdır; böylece daha düşük sıcaklıkta kürleşme elde edilir. Ancak, bu tür bir reçine sıcak kalıp sürecinde kullanılanlardan daha pahalıdır. Bu nedende dolayı, bazı önemli avantajları olmasına rağmen ılık kalıp süreci genellikle yaygın bir kullanım alanı bulamaz.

Bağlayıcı madde furfuril alkol bazlıdır ve tipik bir kompozisyonda yaklaşık %70 furfuril alkol ya da alçak furfuril alkol polimeri bulunur. Katalizörler su ya da alkol solüsyonunda, aromatik sülfonik asitlerden türeyen bakır tuzlarıdır. Bu katalizörlerin ayırıcı özellikleri ortam sıcaklığındaki mükemmel istikrarı ve nispeten düşük çözülme sıcaklığıdır (150-170 °C). Bu doğrultuda, alet sıcaklığı 180°C civarında tutulabilir. Bu durum sıcak kalıp süreci ile karşılaştırıldığında % 15–25 arasında büyük enerji tasarruflarına imkan tanır.

2.5.1.6.3.3 Kabuk Çıkarma (Kronlama)

Kumun önceden bitirilmesi işleminin dökümhanede de gerçekleştirilebilmesine rağmen, bu süreç tüm kalıp ve maça yapımı süreçleri arasında tedarikçilerden doğrudan temin edilen ve kullanıma hazır önceden kaplanmış kum kullanabilen tek süreçtir.

Kum metal bir model içerisinde ısıtılarak ve sertleşmiş bir yüzey tabakası oluşturularak kürleştirilir. Isıtılmamış ya da kürleştirilmemiş kum model baş aşağı çevrilerek atılabilir ve daha sonra tekrar kullanılabilir. Kürleşmiş kum bir “kabuk” oluşturur. Sürece ismini veren de budur.

Bu süreç yüksek boyutsal hassasiyete, dökümlerde iyi yüzey bitirmesine, iyi silkme ve maçadan çıkarma özelliklerine sahiptir ve önceden kaplanmış kum için neredeyse sınırsız depolama süresi elde edilmesini sağlar. Sürecin kısıtlılıkları önceden kaplanmış kum ve model ekipmanlarının fiyatıdır. Kullanımı toplu üretimde küçük ve orta boy kalıp ve maça yapımı ile sınırlıdır. Örnek maça ve kalıplar Şekil 2.33’te verilmiştir.



Şekil 2.33: Kronlama maçaları (üstte) ve kalıpları (altta) [237, HUT, 2003]

Ön kaplama için kullanılan reçine fenolik “novolak”tır. Formaldehit / fenol oranı ise 1’den azdır. Heksametileneteramin sertleştirici olarak reçineye ilave edilir. “Heksa” 160 °C’de iki temel bileşeni olan formaldehit ve amonyağa ayrılır. Önceden kaplanmış kum ısınmış model ile temas ettiğinde, heksametilenetetramin bileşenlerine ayrılır ve formaldehit reçine bağlayıcı maddenin çapraz bağlanmasını sağlar ve kuvvetli bir bağ oluşturur.

2.5.1.6.3.4 Keten Tohumu (Bezir) Yağı

Bu süreç muhtemelen kimyasal yollarla bağlanan kumlarda kullanılan en eski süreçtir. Kullanımı oldukça kolaydır ve gelişmiş modellere ihtiyaç duymaz. Damarlanma ve çatlamaya karşı direnci yüksektir. Özel küçük maçalarda kullanımı hala oldukça yaygındır.

Bu kumlar kurutucu yağlardan oluşan bir karışım ile bağlanır. Bunlar genellikle büyük ölçüde bezir yağıdır ve sıklıkla dekstrin ve küçük bir yüzde de su ilavesi içerir. Yağın ilave edilme oranı kumun ağırlığına bağlı olmak üzere %0,8 ila %4 arasında değişir. Kurutucu maddeler de ilave edilebilir. Kürleşme kurutucu yağlarda bulunan doymamış yağ asitlerinin çapraz bağlanması yoluyla gerçekleşir. Süreç atmosfer oksijeni ile tetiklenir ve 1-2 saat boyunca 190–260 °C arasındaki bir sıcaklıkta kurutma fırınında ısıtma yoluyla da hızlandırılır.

2.5.1.6.3.5 Alkid Yağı, Fırınlanmış

Bu süreç daha önce açıklanmış olan fırınlanmamış alkid yağı süresine oldukça benzer. Aralarındaki tek fark bu durumda kürleşmeyi hızlandırmak için parçalara uygulanan ısıtma işlemidir.

2.5.1.6.4 Kimyasal Bağlı Kum Kalıplarının ve Maçalarının Kaplanması

Bir dökümhanenin yeteneği sadece asgari düzeyde bitirme ve onarım gerektiren, kusursuz, yüksek kalitede döküm ürünleri üretebilmesi ile ölçülür. Bunu başarabilmek için ideal olan, döküm sırasında kalıp, maça ve metal arasında meydana gelebilecek tüm etkileşimleri asgari düzeye indirmektir. Bu etkiler kumun genleşmesi, kum dövme kusurları, kumun aşınması, metal dalması, kimyasal bileşenlere ayrılma ya da bağlayıcı maddeler arası etkileşim gibi farklı sebeplerden dolayı ortaya çıkabilir.

Bu sebeplerden dolayı, dökümde pürüzsüz bir yüzey elde etmek ve döküm maliyetini azaltmak için kalıp veya maçanın refrakter bir astar ile kaplanması genellikle yararlıdır.

2.5.1.6.4.1 Kaplamaların Kompozisyonu

Kaplamalar kullanıma hazır ürünler olarak ya da su veya alkol ile seyreltilecek bir kütle olarak bulunur. Genellikle aşağıdaki bileşenleri içerir:

- Talk, profilit, mika, zirkon, manyezit, kuartz ve benzeri gibi bir veya birden fazla refrakter dolgu ya da karbon
- düzenleme sıvısı; alkol (örneğin izopropanol, etanol) ya da su olabilir.
- bentonit, reçine, borik asit gibi yüksek sıcaklıkta bağlayıcı maddeler.
- bentonit ya da sentetik polimer gibi reolojik maddeler.
- Yüzey aktif maddeler, köpük önleyici ve mantar ilaçları gibi katkı maddeleri.

2.5.1.6.4.2 Kaplama Prosesi

Kaplama kalıp ya da maça üzerine farklı yollarla uygulanabilir:

- Küçük maçalar ya da lokal uygulamalar için fırçalama yoluyla,
- Karmaşık şekilli maçalar için daldırma yoluyla; bu süreç genellikle otomatiktir,
- Genellikle havasız olmak üzere püskürtme yoluyla,
- Büyük ve orta boy kalıp ya da maçalar için akıtmalı kaplama yoluyla.

Alkol bazlı kaplamalar uygulanır ise, patlama ya da yangın tehlikesinin önüne geçmek üzere çalışma alanı havalandırılmalıdır. Kaplanmış kalıp ve maçalar genellikle yanıktır ve bu durum emisyonları sınırlandırır. Eğer bunlar yanık değil ise, VOC emisyonları kontrol altında tutulmak üzere kurutma işlemi gerçekleştirilir. Alkol tabanlı kaplamalarda akıtmalı kaplama ve sonrasında uygulanan ateşleme ve kurutma işlemleri Şekil 2.34’de gösterilmiştir.



Şekil 2.34: Alkol bazlı kaplamalarda akıtmalı kaplama ve akabinde ateşleme ve kurutma [237, HUT, 2003]

Su bazlı kaplamaların kurutulması sıcak hava, kızılötesi veya mikro dalgalar kullanılarak kurutma fırınında ısıtma yoluyla gerçekleştirilir. Maçaların daldırılarak kaplanması ve sonrasında uygulanan sıcak hava kurutması Şekil 2.35’te gösterilmiştir. Su bazlı kaplamalar kaplama ya da kurutma esnasında emisyon problemleri olmaz. Bu nedenlerden dolayı, su bazlı kaplamalar günümüzde giderek artan bir şekilde alkol bazlı kaplamaların yerini almaktadır.

Ancak, bu tür uygulamalar kaplama kalitesinin sürdürülebilirliği bakımından teknik kısıtlılıklar ya da kurutma kısıtlılıkları doğurmaktadır. Su bazlı kaplamalara karşı alkol bazlı kaplamalara ilişkin daha detaylı açıklama Bölüm 4.3.3.5’te verilmiştir 4.3.3.5. [143, Inasmet ve CTIF, 2002].



Şekil 2.35: Su Bazlı Kaplama Malzemeleri İle Daldırılmalı Kaplama ve Akabinde Sıcak Hava Fırınında Kurutma İşlemi [237, HUT, 2003]

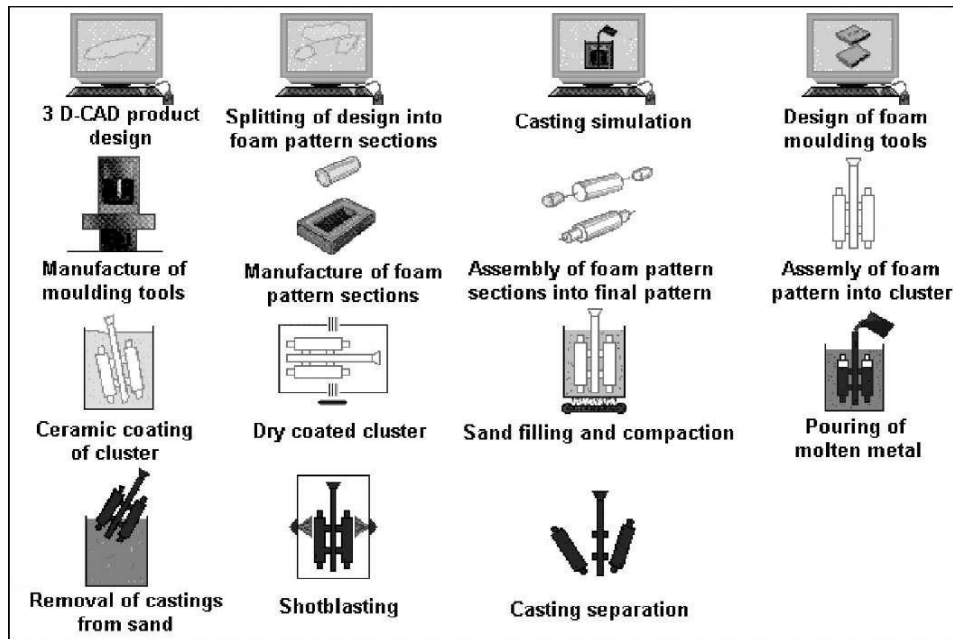
2.5.1.7 Genleşebilir Model Dökümü

Genleşebilir model dökümünde model dökme işleminden önce kalıptan çıkarılmaz. Genleşen materyalden yapılan model tek kullanımlıktır ve döküm işleminden sonra atılır. Bu genleşebilir modeller ya kimyasal olarak bağlanmış kumda ya da titreşim yoluyla sertleştirilmiş bağlayıcı madde içermeyen kumda bulunabilir.

Genellikle “kayıp köpük dökümü” olarak adlandırılan bu süreç 30 yıl önce ortaya çıkmıştır ve ticari gelişimi oldukça yavaş olmuştur. Ancak, tüm kurulum güçlüklerine rağmen son 10 – 15 yıl içerisinde özellikle otomotiv parçalarının ya da benzeri ürünlerin toplu üretiminde daha sık kullanılmaya başlanmıştır.

2.5.1.7.1 Bağılanmamış Kum – Kayıp Köpük Prosesi

Kayıp köpük süreci (Şekil 2.36) otomatik enjeksiyon kalıplama makineleri aracılığıyla genişletilmiş polistirenden (EPS) ya da PMMA'dan yapılmış, hassas kalıplı bir köpük modelinin 3D-CAD tasarımı ve üretimi ile başlar. Bu modeller tek bir parçadan ya da birden çok parçanın yapıştırıcı yoluyla bir araya getirilmesinden oluşabilir. Burada genellikle boyuta bağlı olarak birden çok model, modeller ile aynı materyalden yapılmış ağız aşağıya bakan bir kapılama sistemine sabitlenir ve böylece bir küme oluşturulur.



Şekil 2.36: Kayıp köpük süreci
[110, Vito, 2001]

Kümeler su bazlı refrakter tip kaplamanın içerisine daldırılır ve döküm esnasında eriyik metal ile kum arasında bir bariyer oluşturur. Kurumadan sonra, küme bağlanmamış kum ile dolu olan kalıplama tüpüne yerleştirilir. Bu aşamada, sıkıştırma sırasında oluşabilecek deformasyonları önlemek için kuma düşük viskoziteli reçine ilave edilebilir. Kum modeller etrafındaki deliklere giren ve tam olarak tüm detayları oluşturan ve böylece maçı ve maça yapım ekipmanlarını gereksiz kılan üç eksenli titreşim yoluyla sıkıştırılır. Döküm işleminden sonra eriyik metal polistirenin ısı etkisiyle erimesine (piroliz) neden olur ve açılan boşluğu doldurur.

Piroliz gazlarının tahliyesini sağlamak üzere, kumun (genellikle kuartz) geçirgen olması gerekir. Bu bağlamda AFS-numarası 35 – 50 olan kumlar kullanılır. Dökümün yarıda kesilmesi kum kalıbının çökmesine neden olabilir. Bu nedenden dolayı genellikle otomatik döküm sistemleri kullanılır.

Şekil 2.37’de gösterildiği üzere, döküm parçalarının boyutsal hassasiyeti oldukça iyidir. Her türlü alışımda kullanılabilmeyle beraber bu teknik orta ya da büyük boy seri üretim için uygulanır. Kalıplama sırasında süreç çevre dostudur; ancak genişletilebilir modellerin buharlaşmasından dolayı döküm ve silme sırasında gaz emisyonları yayar. Kayıp köpük dökümü, dökümcünün genellikle diğer yöntemler ile elde edemeyeceği karmaşık parçaları üretmesini sağlar. Bunun yanı sıra, makine ihtiyacını azaltarak ve toplama ve bir araya getirme operasyonlarının sayısını asgari düzeye indirerek tasarımcının daha karmaşık şekiller geliştirmesine imkan tanır.

Yüksek kalitede döküm ürünlerinin sürekliliğini sağlamak için sürecin her adımında gerekli kontrollerin uygun şekilde gerçekleştirilmesi gerekir. Uygun kontrol önlemlerinin nasıl oluşturulacağına dair sektörde derinlemesine bilgi sahibi olunmaması Yitik köpük döküm sürecinin benimsenmesini yavaşlatmıştır.

[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [144, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bak. 1998]



Şekil 2.37: Kayıp Köpük Prosesi İçin Genleşen Polistiren Modeli (sağda) ve Yitik Kalıp Metodu ile Üretilen Bir Döküm Örneği (solda)
[237, HUT, 2003]

2.5.1.7.2 Kimyasal Yollarla Bağlanmış Kum – Tam Kalıp Prosesi

Kayıp köpük süreci tek parça prototiplerin üretiminde kullanılabilir ve böylece teslim süresi de kısalmış olur. Bunun yanı sıra, bu teknik dökme demir, çelik ya da demir dışı alaşımlarda metal işleme makinelerinin tabanları ya da presler gibi oldukça büyük parçaların üretiminde de uygulanabilir. Duvar kalınlığı 5 mm -1000 mm arasında değişebilir. 50 tona kadar olan parçaların dökümü bu teknik kullanılarak gerçekleştirilir. Bu büyük parçaların üretiminde gerekli kalıp kuvvetini elde etmek için (füran) bağlayıcı uygulanması gerekir.

Bu durumda “tam kalıp süreci” olarak da adlandırılan, kimyasal yollarla bağlanmış kum ile uygulanan Yitik köpük süreci genellikle tekli üretim ya da küçük çaplı seri üretimde orta ya da büyük boy dökümlerin üretiminde kullanılır.

Modeller aşağıdakiler gibi düşük yoğunluklu genleşen materyallerden yapılır:

- 16 - 20 g / dm³ yoğunlukta soğuk, köpürtülmüş polistiren,
- 18 - 22 g / dm³ yoğunlukta “poresta-mavi” olarak da adlandırılan mavi, köpürtülmüş polistiren
- 25 g / dm³ yoğunlukta PMMA olarak da adlandırılan polimetilmetakrilat.

Bu materyaller çeşitli parçalar halinde kesilir ve sıcak eriyik yapıştırıcı yoluyla bir araya getirilir ve birbirine yapıştırılır; bu şekilde metalin büzülme ihtimali de göz önüne alınarak döküme nihai şekli verilir.

Kapılama ve besleme sistemi ile toplanan ve bir araya getirilen modelin genellikle su bazlı bir kaplama sistemli ile bitirilmesi ve kuma gömülmeden önce iyice kurutulması gerekir. Döküm işleminden önce modelde nem birikmesini önlemek için kumun bağlama sürecinin özel olarak seçilmesi gerekir.

Bu süreç kalıplama açısından çevre dostudur; ancak dökme ve silkme sırasında genleşebilir modellerin buharlaşması ve kum bağlayıcısının tahrip olması nedeniyle gaz emisyonları yayar.

Bağlanmamış süreçte olduğu gibi, bu süreçte de kalıbın çökmesini engellemek için kesintisiz döküm oldukça önemlidir. Büyük parçaların dökümünde boşaltma işlemi iki (ya da daha fazla) boşaltma kepçesi ve iki (ya da daha fazla) giriş deliğinin eş zamanlı olarak kullanılması yoluyla gerçekleştirilir.

Tam kalıp süreci aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- Yüksek boyut hassasiyeti
 - Özellikle iç boşluklarda olmak üzere karmaşık geometrilerin üretimi
 - Birden çok parçanın dökülmüş tek bir parçada entegre olması
 - Çıkarma kenarlarının azlığı ya da bulunmaması
 - Isıl kum rejenerasyonu ihtimali.
- Uzun süredir biliyor olmalarına rağmen, Yitip Köpük ve tam kalıp teknikleri Avrupa’da yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır. Bunun başlıca sebebi optimizasyonlarının fazlasıyla araştırma ve geliştirmeye ihtiyaç duymasıdır. Başlıca zorlukları aşağıdaki gibidir:
- Ürün yelpazesinin tanımlanması: geleneksel yöntemlere kıyasla hangi parçaların daha kolay yapılabileceğinin belirlenmesi
 - Sıkıştırma tekniğinin seçilmesi: tüm boşluklar mükemmel bir şekilde doldurulacak şekilde kumun uygulanması
 - Kaplama ve kum türünün seçilmesi: yanma gazlarının tahliyesine izin verecek yeterli gaz geçirgenliğine sahip olması.

[110, Vito, 2001]

2.5.1.8 Kalıcı (Metal) Kalıp Hazırlama

Kalıcı kalıplar kurulumu kalıplamaya, boşaltmaya ya da dökümün kalıptan çıkarılmasını sağlayan, dökümün şekline uyarlanan metal elementlerden yapılan kalıplardır. Bu metal kalıplar basınçsız döküm, yüksek basınçlı döküm, santrifüj döküm, kesintisiz döküm ve düşük basınçlı dökümde kullanılabilir. Kum kalıplarından farklı olarak, birçok kez yeniden kullanılabilir ve bu nedenden dolayı bunlara kalıcı kalıplar denir.

Döküm şekli metalik maça pimlerinin kullanımı yoluyla kolaylıkla oluşturulamaz ise kum maçaları kullanılır. Örneğin, santrifüj döküm borularının genişletilmesi için kum maçaları kullanılır.

Kalıcı kalıplar genellikle “beyaz ya da siyah sıvı” ile kaplanır; bu su bazlı ayırıcı maddeler beyaz olması durumunda refrakter bazlı ve siyah olması durumunda grafit bazlıdır. Fonksiyonları kalıbın korunmasını sağlamak, suyun buharlaşması yoluyla kalıp soğumasını düzenlemek ve yağlama sağlamaktır. Bunlar ayrıca ayırma bileşiği olarak da işlev görür.

Bazı durumlarda havanın yokluğunda asetilenin yakılması yoluyla kararma elde edilir, bu şekilde asetilen karası kısmen kalıba yapışır. Yapışmayan karanın daha sonra toplanması ve emisyon yayılımından önce filtrelenmesi gerekir.

Basınçlı döküm dökümhanelerinde kalıbın kurulumu, bakımı ve onarımı için kullanılan bir atölye bulunsa da, kalıcı kalıplar genellikle dökümhanede yapılmaz. Buna karşın bu tür bir operasyonun çevreye herhangi bir etkisi yoktur.

2.5.1.9 Hassas Döküm ve Seramik Kabuk Oluşumu

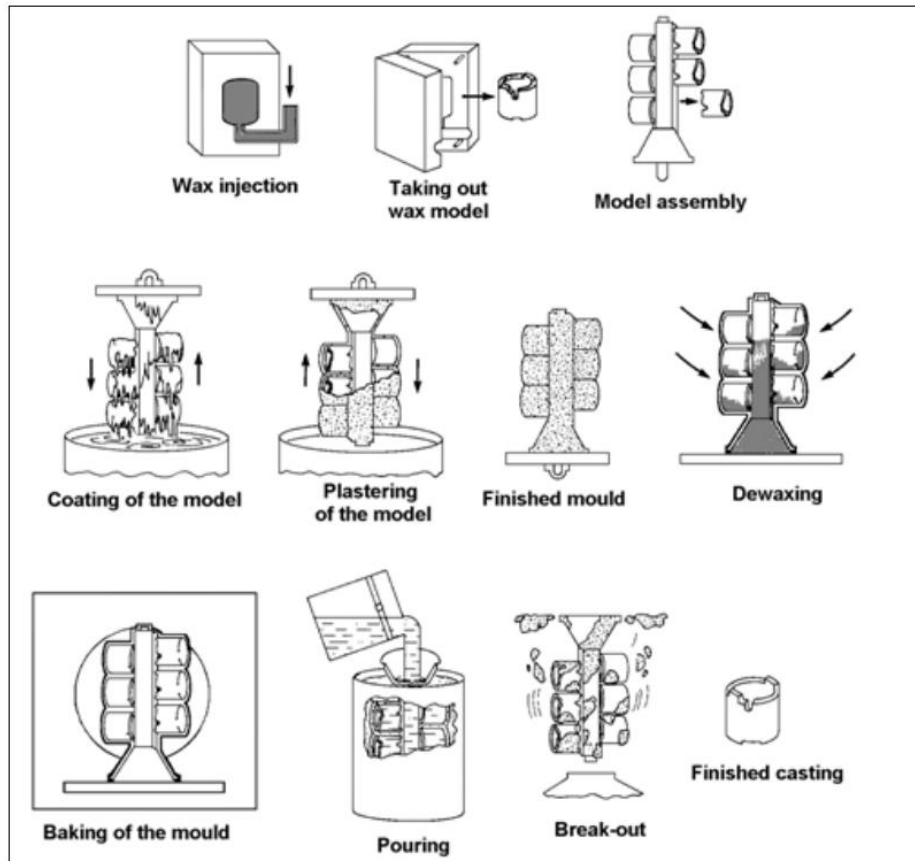
Bu süreç yüksek boyutsal hassasiyeti, ince detayları ve oldukça pürüzsüz yüzeyleri olan karmaşık ve ince bölüm parçalarının üretilmesinde kullanılır.

Süreç adımları Şekil 2.38’de gösterilmiştir. Süreç istenilen dökümün neredeyse aynen kopyası olan bir model oluşturmak için, eriyik bal mumunun alüminyum ya da epoksi kalıba enjekte edilmesi yoluyla genişletilebilir bal mumu modellerinin üretimi ile başlar. Bal mumu dolgu maddeleri içerebilir. Daha küçük dökümlerde, birkaç bal mumu modeli bir bal mumu kapılama sistemine iliştilir. Bal mumu modelinin oturmasını kolaylaştırmak için suda çözünebilir kalıp ayırıcı maddeleri kullanılır.

Bal mumu modelleri su ya da organik çözücü ile yıkanır ve ıslatma maddesi ile kaplanır. Bu durum seramik bulamacın bal mumuna yapışmasına yardımcı olur. Küme daha sonra sıvı seramik bulamaca daldırılır, granüler silika, zirkon ya da alümin / silika refrakterler ile sıvanır ve bir sonraki kaplama uygulanmadan önce kurutulur. Kaplama süreci yeterli kalınlıkta kabuk oluşumu sağlanana kadar devam eder.

Kurutulan kalıp daha sonra içerisinde modellerin eritildiği bir buharlı otoklava ya da içerisinde bal mumunun kısmen yanabileceği bir “flash-fırına” yerleştirilerek bal mumu giderme işlemi başlatılır.

Bu işlemten sonra, kabuk yüksek sıcaklıkta fırın içerisinde yakılır. Bu kalıntı bal mumlarını eritir ve seramiği sertleştirir. Böylece ortada sadece içerisine döküm ürününü oluşturmak üzere eriyik metalin boşaltılabileceği tek parça seramik kabuk kalır.



Şekil 2.38: Hassas döküm süreci [110, Vito, 2001]

Bu süreç boyunca iki işlem sırasında hava kirliliği oluşabilir: hassas dökme ve balmumunu giderme.

Hassas dökme:

Sıvı seramik bulamaç bağlayıcı madde ve çok ince bir refrakter tozundan oluşur ve sürekli karıştırma yoluyla cıvık madde haline getirilir. Bağlayıcı madde koloidal silika, hidrolize etil silika ya da hidrolize sodyum silika olabilir. Uygulanan teknolojinin seçimi teknik sebeplere bağlıdır. Etil silika kullanırken, kuruma daha hızlıdır; bu da daha yüksek bir döngü hızı elde edilmesine imkan tanır. Ancak etil alkol buharı emisyonu gerçekleşir. Bu buhar çok büyük miktarlarda ise, bunun toplanması ve emisyon yayılımı gerçekleşmeden önce artırılması gerekir.

Balmumunu giderme ve yakma:

Buharlı otoklav aracılığı ile gerçekleştirilen bal mumu giderme işleminin hava üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Ancak, balmumu kalıntıların yakılması için bal mumu giderme işlemi yakma fırınında gerçekleştirildiğinde ve kabuğun fırınlanması sırasında aynı durum söz konusu değildir.

Bu yanma olayı genellikle havanın yokluğunda meydana gelir ve sonuç olarak ortaya karbon siyahında partiküller çıkar. Bu partiküllerin toplanması ve ikincil yakma işlemi ile yok edilmesi ya da atılması gerekir. Bu amaç doğrultusunda başarılı sonuçlar veren seramik filtreler kullanılır. Bunlar yüksek sıcaklıktaki egzoz gazlarına uygundur; ancak oldukça yeni olan bu teknoloji henüz yaygınlaşmamıştır.

Bu teknoloji örneğin hassas döküm ve sanat dökümlerinde kullanılır. Genellikle büyük ölçekli dökümhanelerde (günlük kapasitesi 20 tondan fazla olan) uygulanmaz ve bu nedenden dolayı burada yalnızca bilgilendirme amacıyla bahsedilmiştir.

Seramik kabuk oluşturma süreci (patent sahibi Replicast®) Yitik köpük ve hassas döküm ilkelerini bir arada kullanarak hassas dökümün kalitesini ve hassasiyetini daha fazla bileşeni kapsayacak şekilde artırır. Bu teknikte inert, fırınlanmış seramik kalıp kullanılır. Kalıbı oluşturmak için, gerekli bileşenin genleşmiş polistiren kopyası üretilir. Bunun boyutsal hassasiyeti yüksek ve yüzey bitirmesi oldukça iyidir. Ek yerlerine, maçalara ya da koniklik açısına ihtiyaç duyulmaz. Polistiren kopyalar karmaşık geometriler elde etmek için birbirine yapıştırılabilir. Dökümden önce polistiren yakılır ve kalıp içerisine ultra düşük karbonlu paslanmaz çelikten nikel bazlı alaşımlara kadar birçok alaşım türünün dökülmesine olanak tanınır. Yitik köpük sürecinde ise durum bu şekilde değildir. Orada sıvı metal polistiren modeli tüketir ve modelin yerini alır ve bu nedenden dolayı çelik bileşenlerinin çoğu için uygunsuz hale gelir (ağırlık itibarıyla polistiren % 92).

[219, Uluslararası Döküm Teknolojileri, 2003]

2.5.2 Döküm

Döküm ürünü üretiminde boşaltma işlemi merkezi faaliyetidir. Bitmiş kalıp yer çekimi, merkez kaç ya da basınç etkisi ile sıvı metal ile doldurulur. Boşaltma işleminden sonra döküm katılaşmayı sağlamak üzere soğutulur ve daha sonra daha da soğumak ve işlenmek üzere kalıptan çıkarılır.

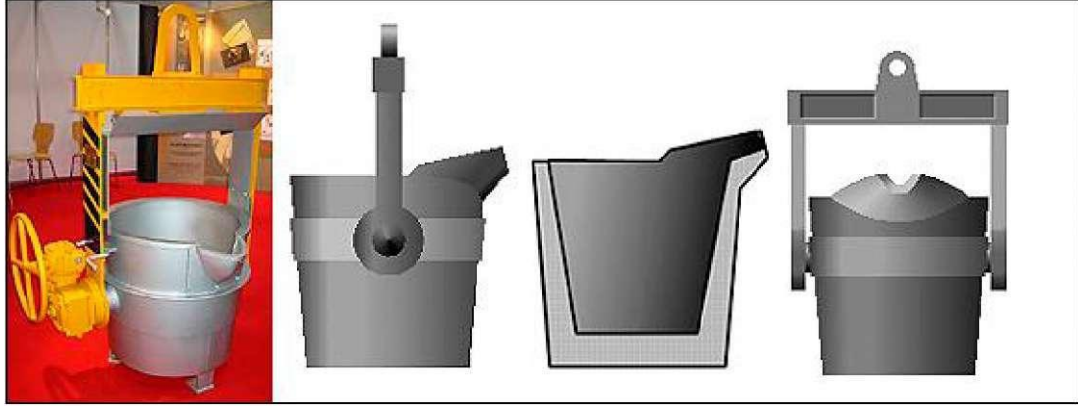
[32, CAEF, 1997]

2.5.2.1 Yitik kalıplara Döküm

2.5.2.1.1 Dökme

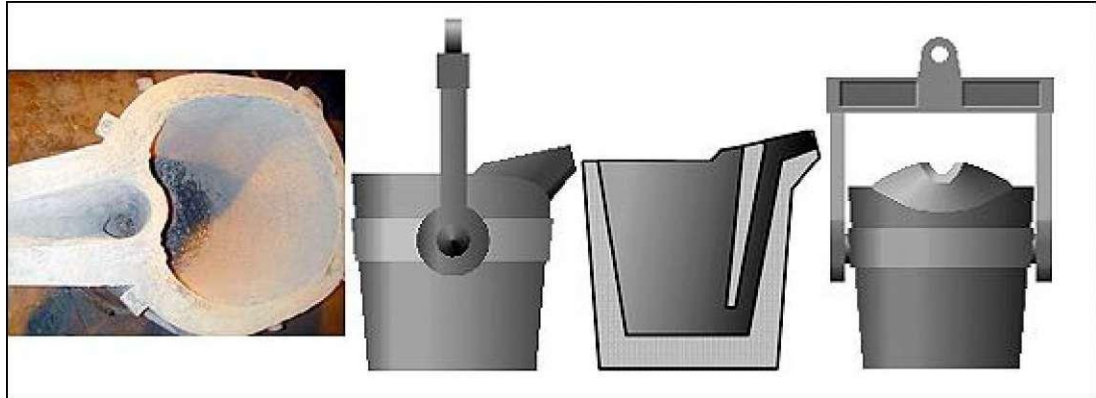
Sıvı metalin boşaltılmasında kullanılan genel olarak iki tür pota vardır: dudaklı pota ve çaydanlık tipi pota. Üçüncü bir tür ise (diğer bir deyişle tabandan boşaltılmalı pota) daha çok çeliğe özeldir.

- *Ağızlı Pota ile boşaltma:* Bu pota türünde (Şekil 2.39) çarklı bir tutacak kullanılarak potanın eğimi sağlanmak suretiyle akış kontrol edilerek metal dudaktan doğru şarj edilir. Metal potanın üst kısmından doğru aktığı için metal yüzeyinin cürufsuz olması ya da cürufun kalıba girmesinin önlenmesi için kevgir kullanılması gerekir.



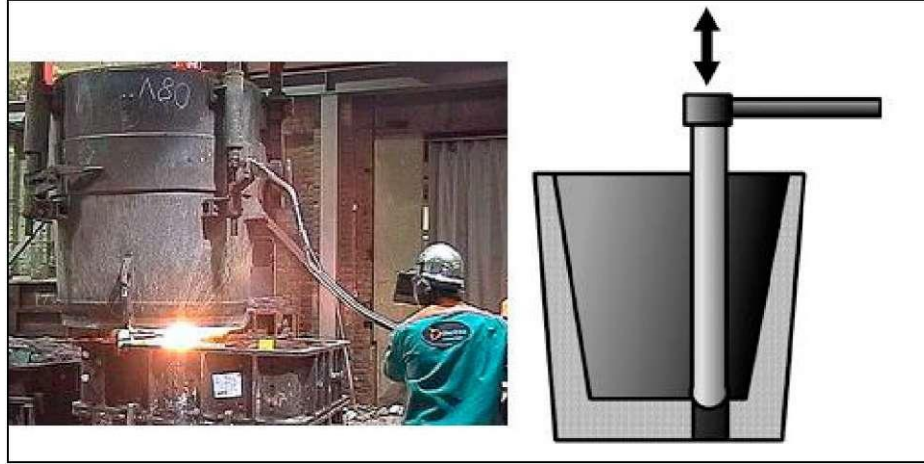
Şekil 2.39: Eriyik metalin boşaltılmasında kullanılan ağızlı dökme potası
[237, HUT, 2003]

- *Çaydanlık tipi potalar:* Şekil 2.40'da gösterildiği üzere, pota dudağının önündeki refrakter baraj metal potanın tabanından çekilir iken metalin cürufsuz olmasını sağlar. Eriyik metal genellikle dudaklı potalarda olduğundan daha temizdir. Buna karşın, dezavantajlarından bir tanesi dar ağızlılığın, ısıya soğuk olarak dokunması veya dökme işleminin uzun sürmesi durumunda sıvı çeliğin donmasına izin vermesidir.



Şekil 2.40: Eriyik metalin boşaltılmasında kullanılan çaydanlık tipi pota
[237, HUT, 2003]

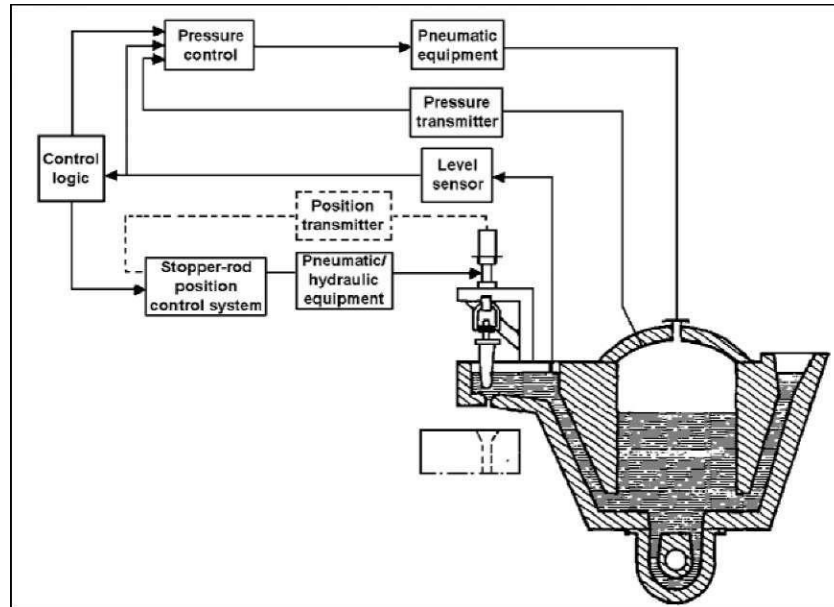
- *Tabandan boşaltılmalı potalar:* Burada potanın temeline bir boşaltma ağızlığı sabitlenir ve refrakter durdurucu kol tertibatı ile kapatılır. Metal potanın tabanından çekilir ve bu nedenden dolayı cürufsuzdur ve deoksidasyon ürünleri gibi metalik olmayan cisimler eriyikten akıp gidebilir. Metal aşağı doğru akar ve böylece boşaltma sırasında akım hareketi gerçekleşmez. Potanın dezavantajı boşaltma sırasında ferro-statik başlık değiştiği için akış hızının ve oranının da değişmesidir.



Şekil 2.41: Eriyik metalin boşaltılmasında kullanılan tabandan dökümlü pota
[237, HUT, 2003]

Otomatik döküm hatlarında genellikle boşaltma fırını da bulunur. Örnek bir fırının çalışma ilkesi Şekil 2.42’de gösterilmiştir. Döküm hattı kalıp doğru pozisyona geldiğinde durur- diğer bir deyişle boşaltma çıkışının altında. Metal durdurucunun yükseltilmesi yoluyla sabit bir süre boyunca boşaltılır. Döküm alıcısındaki metal seviyesi sabit tutulduğundan, kalıba sabit miktarda eriyik metal boşaltılır. Fırındaki metal seviyesi fırının içerisindeki gaz basıncını kontrol eden yüzer cihaz yardımı ile kontrol edilir. Döküm fırını sabit zaman aralıklarında eritme fırınından gelen metal ile yeniden doldurulur.

[110, Vito, 2001], [174, Brown, 2000]



Şekil 2.42: Dökme fırını
[110, Vito, 2001]

2.5.2.1.2 Katılaşma (1. Soğutma)

Boşaltılan metal kalıplama hattı boyunca soğutma hatlarına doğru taşınır. Soğutma hattının uzunluğu silkeleme noktasında dökümün nihai sıcaklığını belirler. Bu sıcaklığın silkeleme ve sonraki manipülasyonlar sırasında dökümün yeterli kuvvete sahip olmasını sağlayacak kadar düşük olması gerekir.

Büyük kalıplar soğuma sırasında hareket ettirilmez. Soğuma süresi birkaç günü bulabilir.
[110, Vito, 2001]

2.5.2.1.3 Silkeleme

Tekil kalıplama durumunda, kil ile ya da kimyasal yollarla bağlanmış kalıplar genellikle titreşim yoluyla imha edilebilir. Çoğu durumda bu kalıp kutusunun vinç yardımı ile titreşimli ızgara üzerine yerleştirilmesi yoluyla gerçekleştirilir. Titreşimin sonucunda kum döküm ürünü ve dökme kalıbından ayrılır. Döküm ürünü ve dökme kalıbı ızgara çubuklarının üzerinde kalırken kum ızgara çubuklarının arasından geçer gider ve daha sonra yeniden işlenir. Döküm ürünü genellikle ortam sıcaklığında daha da soğuması için soğuma alanına nakledilir (ikincil soğuma).

Benzeri bir silme prosedürü genellikle mekanik sistemlerde ve eski düşük kapasiteli otomatik sistemlerde gerçekleştirilir (Şekil 2.43). Burada dökme kalıpları kaldırıcı ya da diğer transfer ekipmanlarının yardımı ile taşıma kayışlarından alınır ve vibratörlerin üzerine yerleştirilir. Son olarak, döküm ürünleri soğumaya bırakılır ya da soğutma cihazına yerleştirilir. Çoğu sistemde, kum döküm ürünü döküm kalıbından presleme yoluyla çıkarılır. Daha sonra döküm ve kumun kontrollü soğuması soğutma varilleri, döner borular, zincirli taşıyıcılar ve akışkan yataklı soğutucular gibi kombine ya da bağımsız soğutma cihazlarında gerçekleştirilir.



Şekil 2.43: Otomatik kalıplama hattının sonunda silme [237, HUT, 2003]

Vakum ile bağlanmış kum kalıpları vakumun serbest bırakılması yoluyla imha edilir. Gevşek kumu ve döküm ürünü içeren döküm kovası ya da döküm kalıbı boşaltılır ve daha sonra döküm belirtilmiş olan yöntemlerden herhangi biri kullanılarak soğutulur.

[32, CAEF, 1997]

2.5.2.1.4 Döküm Soğutma (2. Soğutma)

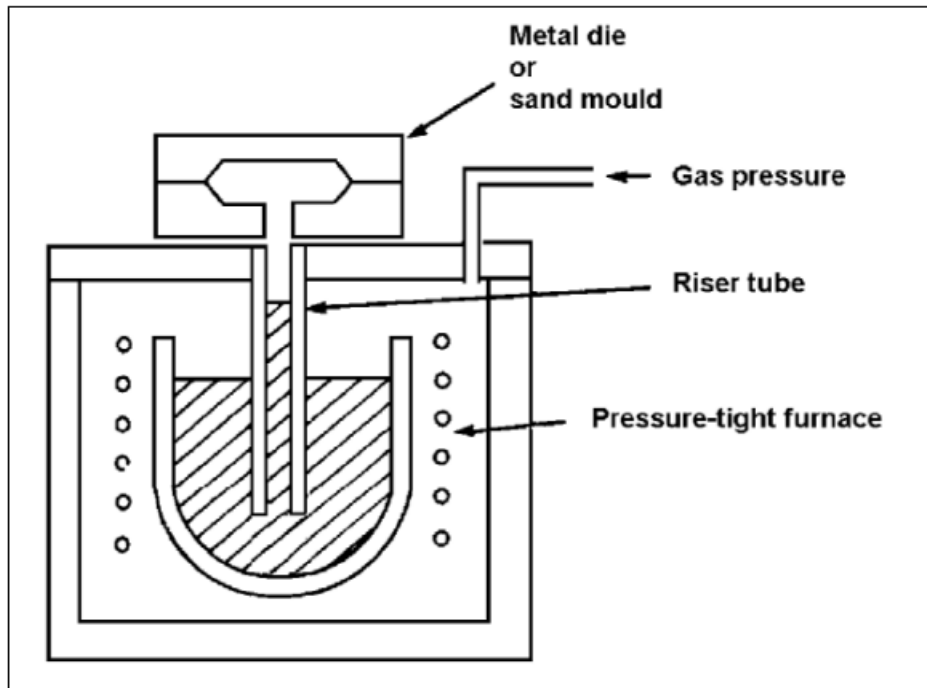
Döküm ürünlerinin ve kumun kontrollü soğuması rotatif ya da döner variller içerisinde veya sarsak oluklarda gerçekleştirilir. Döküm ürünü sarsak oluklarda ya da kablolu vagonlarda soğutulur. Çoğu durumda soğutma için genellikle döküm ürününün doğrudan karşı tarafından gelen hava akışı kullanılır. Bazı durumlarda da soğutma etkisini artırmak için fiskiyeler kullanılır.

2.5.2.2 Kalıcı Kalıplara Döküm

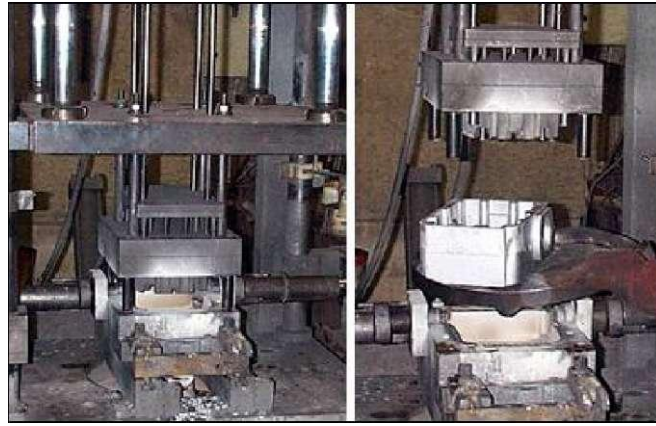
2.5.2.2.1 Basıncsız ve Düşük Basıncılı Kalıp Döküm

Basıncsız ve düşük basınçlı dökümde, içerisine yer çekimi ya da düşük basıncın etkisiyle eriyiğin döküldüğü kalıcı bir çelik döküm kalıbından yararlanılır. Kum maçaları dökümde alt oyuklar ve karmaşık iç şekiller oluşturmak için kullanılabilir. Hızlı katılaşma sürecinden dolayı, kalıcı döküm kalıbı ürünlerinin oldukça kuvvetli, yoğun ince taneli bir yapısı vardır.

Düşük basınçlı dökümün çalışma ilkesi şekil 2.44'de gösterilmiştir. Metal döküm kalıbı eriyik metal içeren kapalı fırının üzerine monte edilir. Refrakter kaplamalı yükseltici tüp kalıbın dibinden eriyik metalin içerisine doğru uzanır. Düşük basınç altında (15 - 100 kPa) fırına hava verildiği zaman eriyik metal tüpte yükselir ve düşük türbülans eşliğinde kalıp boşluğuna doğru akar; bu sırada kalıptaki hava, hava deliklerinden ve kalıbın bölmelerinden dışarı çıkar. Metal katılaştığında, hava basıncı kesilir ve yükseltici tüpte bulunan hala eriyik olan metal fırına geri düşer. Bir süre daha soğuma gerçekleştikten sonra, kalıp açılır ve döküm dışarı çıkarılır. Besleyicilerin ve kalıp kanallarının bulunmaması elde edilen yüksek verimi sıra dışı kılar (genellikle % 90'ın üzerinde). İyi bir boyutsal hassasiyet ve yüzey bitirmesi sağlanması mümkündür ve kum maçalar kullanılarak karmaşık döküm ürünleri elde edilebilir. Bu teknik tipik olarak direksiyon, silindir başlık ve elektronik motor gövdeleri gibi otomotiv parçaları ve evlerde kullanılan mutfak gereçleri gibi alüminyum dökümlerde kullanılır. Döküm ürününün kalıptan çıkarılmasını ve soğutulmasını en iyi şekilde sağlamak için kalıbın bitirilmesi gerekir. Genellikle, her bir devir başına bir kalıp kaplama işlemi uygulanır. Kalıp ömrü normalde 30000 – 50000 atım kadardır. Şekil 2.45'te düşük basınçlı döküm makinesi örneği verilmiştir.



Şekil 2.44: Düşük Basıncılı Bir Kalıp Döküm Makinesinin Çalışma Prensibi
[175, Brown, 1999]



Şekil 2.45: Düşük basınçlı kalıp döküm makinesi [237, HUT, 2003]

Basıncsız dökümde, eriyik metal yer çekiminin etkisi ile kalıcı bir kalıba ya da döküm kalıbına boşaltılır. Boşaltma işleminin el ile gerçekleştirildiği basit, elle çalıştırılan kremayer ya da pinyon döküm kalıbı setlerinden genellikle kalıbı doldurmak için kullanılan bir eğme mekanizması bulunan ve boşaltma işleminin genellikle boşaltma robotu ile gerçekleştirdiği döner makinelere kadar farklı basıncsız döküm makineleri vardır. Kalıplar refrakter bazlı kaplama ile kaplanır ve soğuma hızını kontrol eder. Döküm kalıptan çıkarılmadan önceki süre dökümün tipine bağlı olarak 4 ila 10 dk arasında değişir. Bu nedenden dolayı, süreç basınçlı döküm ile karşılaştırıldığında oldukça yavaştır. Makul çıktılar elde edebilmek için, manüel bir operatör sırasıyla 2 – 4 adet kalıp setini çalıştırır ve saatte 30 – 60 döküm ürünü üretir. Otomatik döner makineler çoklu döküm setlerini çalıştıran 4 – 6 adet istasyona sahip olabilir ve böylece dakikada yaklaşık 1 döküm üretilmesine imkan tanıyabilir. Bu süreç alüminyum dökümde en çok yılda 1000 ila 100000'den fazla parça üretilen seriler için kullanılır (örneğin, manifold, silindir başlık ve su pompaları)

Kalıcı kalıp kaplamaları tipik olarak taşıyıcı olarak kullanılan su, yüksek sıcaklıkta bağlayıcı madde (normalde sodyum silikat) ve refrakter dolgu ya da dolgu karışımları kullanılarak oluşturulur. İki kaplama sınıfı vardır:

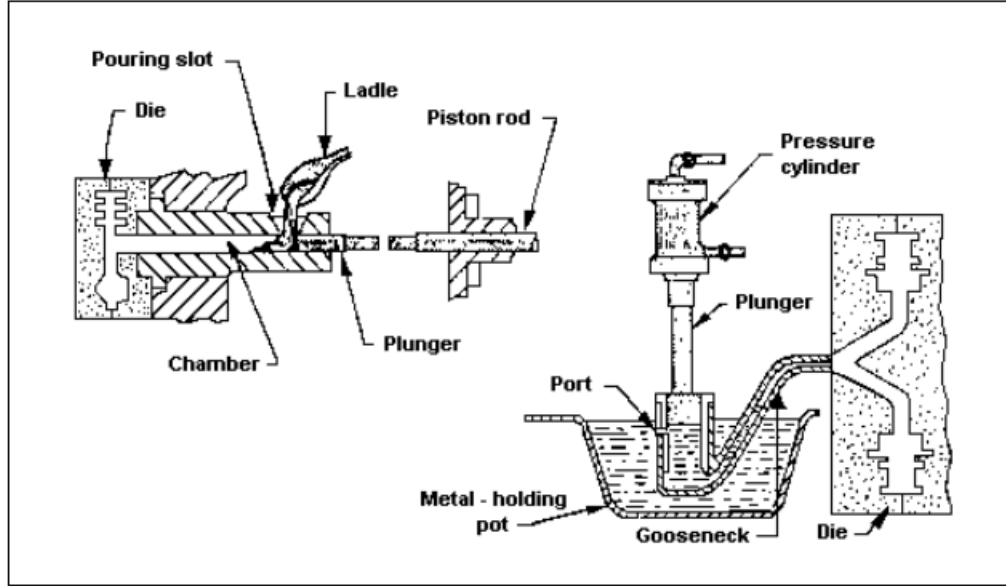
- yalıtıcı: talk, mika, kizelgur, titanyum dioksit ve alümin gibi yalıtkan mineralleri içerisinde harmanlayan karışımlar içeren,
- yağlayıcı: dökümün kalıptan çıkmasına yardımcı olmak üzere koloidal grafit ya da bor nitrür bazlı.

Kaplamalar genellikle kalıba püskürtülür. Kalıp hazırlama, kaplama hazırlama ve uygulama ve kullanılan kaplama ekipmanının türüne gösterilen özen kalite ve verimliliği önemli ölçüde etkiler.

[175, Brown, 1999]

2.5.2.2 Yüksek Basınçlı Kalıp Döküm

“Kalıba döküm” terimi genellikle “yüksek basınçlı döküm” anlamına gelir. Bu süreçte içerisine yüksek basınç altında eriyik metalin doldurulduğu kalıcı bir döküm kalıbı (metal kalıp) kullanılır. Yüksek basınç uygulaması yüksek ve türbülanslı metal akışına sebep olur; bu da yüksek yüzey alanlı ve düşük duvar kalınlıklı döküm ürünlerinin üretilmesini sağlar. Kalıplar genellikle her biri boşluğun bir kısmını içeren ve döküm yapılırken birbirine kilitlenen iki çelik bloğundan oluşur. Yüksek metal basıncından dolayı, dökümlerin azami boyutu döküm yarımlarının azami kilitlenme kuvveti ile sınırlıdır. İç yüzeylerin oluşturulmasında çıkarılabilir ve hareketli maçalar kullanılır. Yüksek metal basıncından dolayı yalnızca metal maçalar kullanılabilir. Bu dökülen parçanın karmaşıklığını sınırlar. Soğuyup katılaşana kadar metal basınç altında tutulur. Kalıp yarımları daha sonra açılır ve döküm genellikle otomatik bir çıkarma sistemi ile dışarıya çıkarılır. Kalıplar kullanılmadan önce ön ısıtmaya ve yağlamaya tabi tutulur ve bunlar istenilen çalışma sıcaklığını idame ettirmek üzere hava ya da su soğutmalıdır. Başlıca iki yüksek basınçlı döküm makinesi kullanılır: sıcak oda ya da soğuk oda (bkz Şekil 2.46).



Şekil 2.46: Soğuk oda ve sıcak oda yüksek basınçlı döküm cihazları
[42, US EPA, 1998]

Sıcak oda yüksek basınçlı döküm makineleri eriyik metal haznesi, döküm kalıbı ve metal eriyiği havzadan otomatik olarak çeken ve kalıbın içerisine gönderen metal taşıyıcı cihazdan oluşur. Kalıp içerisinde ihtiyaç duyulan basıncı oluşturmak için kaz boyunlu bir silindir sistem ve çelik bir piston kullanılır. Kaz boyunlu makine eriyik metali havzadan çekip kalıp içerisine göndermek için demir döküm kanalından yararlanır. Basınç birkaç bar ile 350 barın üzerinde olabilir. Sıcak oda teknikleri genellikle çinko ve magnezyum alaşımlarda kullanılır.

Soğuk oda yüksek basınçlı döküm makineleri döküm makinesinden ayrı eriyik metal havzalarına sahiptir. El yardımı ile ya da mekanik yollarla bir döküm için yeterli olacak kadar metal küçük odaya kepçe ile doldurulur ve buradan da yüksek basınç altında kalıbın içerisine gönderilir. Basınç pistonla bağlı hidrolik bir sistem aracılığı ile oluşturulur ve tipik olarak birkaç yüz bar ile 700 bar arasında değişir. Soğuk oda makinelerinde, metal erime notasının hemen üzerindedir ve çamur benzeri bir kıvama sahiptir. Metal piston ve silindir ile sadece kısa bir süreliğine temas ettiğinden, bu süreç genellikle alüminyum alaşımlara ve az da olsa magnezyum ve çinko alaşımlara ve hatta pirinç ve bronz gibi yüksek erime noktalarına sahip alaşımlara uygulanır.

Kalıpların ve dalıcı pistonların düzgün bir şekilde yağlanması yüksek basınçlı dökümün başarılı olması için oldukça önemlidir. Kalıbın yağlanması döküm kalitesini, yoğunluğunu ve yüzey bitirmesini, kalıp boşluğunun doldurulma kolaylığını ve dökümün kalıptan çıkarılma kolaylığını etkiler. Düzgün bir yağlama işlemi döküm hızını da artırır, bakım ihtiyacını azaltır ve materyalin kalıp yüzünde birikme ihtimalini azaltır. Özel formüller bulunmakla beraber, yağlayıcılar (ya da ayırıcı maddeler) genellikle yağlayıcı madde ve taşıyıcı materyal karışımından oluşur. Bazı formüller korozyonu engellemek, depolama sırasında istikrarı artırmak ve bakteriyel bozunmaya karşı direnci artırmak için katkı maddeleri de içerebilir. Yağlayıcı materyaller tipik olarak suda mum ve mineral yağ emülsiyonundan oluşur. Silikon yağları ve sentetik mumlar da giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Günümüzde hem su bazlı hem de çözücü bazlı yağlayıcılar kullanılır. Ancak su bazlı yağlayıcılar piyasaya daha çok hakimdir (% 95). Yağlayıcı her bir atım arasında püskürtme yoluyla açık kalıba uygulanır. Yağlayıcıların seyreltik çözeltileri kullanılır (1:20-1:200 ayırıcı madde:su oranı). Alternatif elektrostatik toz kaplamaları da halihazırda geliştirilmektedir.

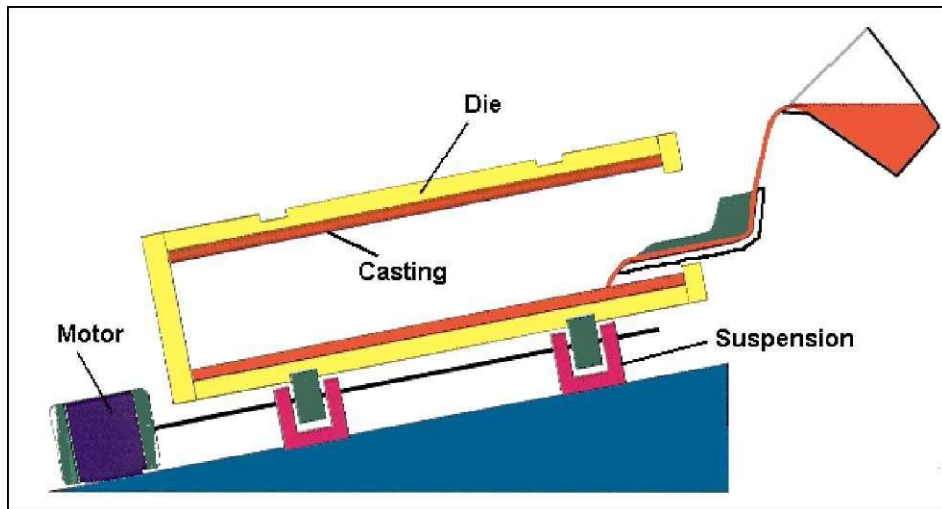
Yüksek basınçlı döküm çelik ve yüksek erime noktalı alaşımlara uygulanmaz. Bu teknik alüminyum dökümlerde yaygın olarak kullanılır. Döküm kalıpları pahalıdır; ancak 150000 atımlık ömürleri vardır. Bu nedenden dolayı süreç uzun döküm devirleri için daha uygundur. Yüksek basınçlı döküm tekniğinin diğer döküm yöntemlerine kıyasla en büyük avantajlarından bir tanesi üretilen döküm ürünün çok karmaşık şekillere sahip olabilmesidir. Karmaşık şekiller üretebilme yeteneği bu tekniğin bir araya getirilmiş birkaç döküm bileşeni yerine basit tek bir dökümden ürün üretebilmesini sağlar. Bu durum döküm maliyetini ve fabrikasyon ve makine ile işleme maliyetini büyük ölçüde azaltır. Bunun yanı sıra, yüksek basınçlı döküm diğer döküm yöntemleri ile karşılaştırıldığında, yüksek boyutsal hassasiyeti ve iyi yüzey bitirmesi olan ve böylece makine ile işlemeyen kaynakların masrafları azaltmaya ya da tamamen ortadan kaldırmaya yardımcı olan döküm ürünleri üretir. Son olarak, yüksek basınçlı döküm yöntemi kullanılarak oldukça ince duvar bölümlerine sahip döküm ürünleri üretilir. Bu durum materyal masraflarını ve bileşen ağırlığını önemli ölçüde düşürebilir.

Diğer metal döküm süreçleri ile karşılaştırıldığında, yüksek basınçlı döküm sürecinde nispeten az atık üretimi gerçekleşir. Buna karşın, metal enjeksiyonu sırasında gaz ve duman emisyonu meydana gelir. Metalin bir kısmı buharlaşıp yoğunlaştıkça metal oksit dumanı ortaya çıkar. Gaz emisyonlarının kaynağı şunlar olabilir: eriyik metalin kendisi; sıcak metal kalıba püskürtüldüğünde ve eriyik metal ile temas ettiğinde yağlayıcıdan gelen kimyasalların dönüşümü. Soğutma suyunun yanı sıra hidrolik ya da ısıtma yağında meydana gelen sızıntı ya da dökümler de suda emisyon yayılımına neden olabilir. [42, US EPA, 1998], [128, IHOBE, 1998], [175, Brown, 1999], [225, TWG, 2003]

2.5.2.2.3 Santrifüj Döküm

Santrifüj dökümde, metal boşaltıldıkça kalıcı bir kalıp yüksek bir hızda kendi ekseninde döner. Dönüşün hızı ve metali boşaltma hızı alaşıma ve dökümün boyutu ve şekline göre değişir. Dönme eksenini genellikle yataydır ya da küçük bir açıya sahiptir (Bkz şekil 2.47). Bazı özel cihazlar dikey eksenler etrafında döner. Sonuç olarak ortaya çıkan materyal oldukça yoğun bir yapıya ve kum dökümü ile elde edilemeyecek özelliklere sahiptir.

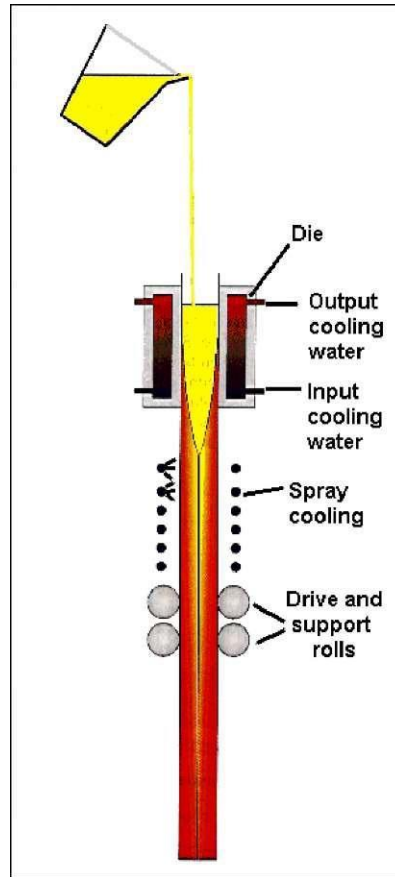
Bu teknik dökme demir, çelik ve alüminyum, bakır ve nikel alaşımlarda silindirik ürünlerin üretiminde kullanılır. Bu süreç yardımıyla üretilen tipik parçalar borular, basınçlı kaplar, volanlar, silindir gömlekler ve benzeri simetrik eksenli parçalardır. [179, Hoppenstedt, 2002]



Şekil 2.47: Santrifüj döküm makinesinin şematik sunumu [179, Hoppenstedt, 2002]

2.5.2.2.4 Sürekli Döküm

Sürekli döküm, hızlı soğutma yoluyla iyi mekanik özelliklere sahip ince taneli materyal üretimi gerçekleştiren, çubuk, tüp ve profil üretiminde yüksek verimlilik gösteren bir cihazdır. Sürekli dökümde eriyik metal tabanından ya da kenarından açılan su soğutmalı kalıba dökülür (bkz şekil 2.48). Kalıp ürüne istenilen biçimi verir. Yoğun bir soğutma işlemi aracılığı ile metal ürünün dış kısmı katılaşır ve bu sırada ürün yavaşça kalıptan dışarı çekilir. Ürün kalıptan dışarı çekilirken kesintisiz boşaltma ve kalıptan çıkarma yoluyla ürün uzatılır. Ürün istenilen uzunluğa eriştiğinde brülör ürünü keser. Bu teknik hem demirli hem de demir dışı döküm için kullanılır. Demir, çelik ve demir dışı metallerin üretiminde nihai adım olarak çubukların, plakların ve levhaların dökümünde kullanılır. Tekniğin bu bağlamdaki kullanımı demir dışı metal sanayisine yönelik olarak BREF’te açıklanmıştır. [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001] ve demir ve çelik üretimine ilişkin BREF [211, Avrupa IPPC Bürosu, 2000].



Şekil 2.48: Sürekli döküm için kullanılan bir çizgi-oluk döküm makinesinin şematik gösterimi [179, Hoppenstedt, 2002]

2.5.3 Bitirme ve Döküm Sonrası İşlemleri

Ham döküm ürünlerinin bitirilmesi bitmiş bir ürün ortaya koymak için gereken tüm uygulamaların tamamlanmış olması anlamına gelir. Bu süreçte, aşağıdakiler gibi çeşitli adımların atılmasına ihtiyaç duyulabilir:

- çalıştırma sisteminin kaldırılması
- yüzeydeki kalıntı kalıp kumlarının ve döküm boşluklarındaki maça kalıntılarının ortadan kaldırılması
- boşaltma çapaklarının ortadan kaldırılması
- döküm hatalarının onarılması
- dökümün mekanik art-işleme, kurulum, ısıl işlem, kaplama, vb için hazırlanması

Bazı durumlarda, dökümhanelerde döküm ürünlerinin kurulumu, yüzey bitirmesi ve kaplaması da gerçekleştirilebilir. Ancak, bu faaliyetler bu dökümda daha fazla yer almayacaktır. Yüzey bitirme ve kaplama teknikleri Metallerin Yüzey İşlemlerine ilişkin BREF ve Çözücüler Kullanılarak Gerçekleştirilen Yüzey İşlemlerine ilişkin BREF'te açıklanmıştır.

[110, Vito, 2001], [225, TWG, 2003]

2.5.3.1 Çalışma Sisteminin Kaldırılması

Ham döküm ürünlerinin bitirilmesinde ve çalışma sisteminin kaldırılmasında (bkz Şekil 2.49) aşağıdaki operasyonlar gerçekleştirilir:

- *Dövme, presleme:* gri dökme demir ve beyaz temper dökme demir gibi kırılğan materyallerde, oluk ve besleyiciler genellikle hizmet dışı bırakılabilir. Bu görev için giderek yaygın bir şekilde bir şekilde hidrolik ekipmanlar kullanılmaktadır.
- *Bileyici çarklar ile bileme:* bunlar elle ile tutulabilir veya yarı otomatik ya da otomatik olabilir.
- *Kesme:* karbon çelik ya da düşük alaşımlı çelikteki büyük parçaların ortadan kaldırılması için oksijen – asetilen kesici kullanılır. Dökme demir ya da yüksek alaşımlı çelikte ise oksijen – asetilen – toz kesiciler ya da oksijen – LPG – toz kesiciler kullanılır.
- *Testere ile kesme:* Alüminyum alaşımlar gibi ısıya hassas malzemeler genellikle testere ile kesilir.



Şekil 2.49: Çalıştırma ve kaplama sisteminin dökümü [237, HUT, 2003]

Bağlantı noktalarının iyi bir şekilde tasarlanması yoluyla besleme sistemi silkme sırasında bile hizmet dışı kalabilir. Bu genellikle gri demir için olasıdır. [32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002]

2.5.3.2 Kumun Ortadan Kaldırılması

Kumun ortadan kaldırılması püskürtme kabinlerinde gerçekleşir. Püskürtme ortamı işlenecek olan materyale uyarlanır ve püskürtme kırmalı püskürtmeden cam boncuklara kadar değişiklik gösterir. Model plakların ve kalıcı kalıpların temizlenmesi cam boncuklar, alüminyum boncuklar ya da CO₂ buz tanecikleri aracılığı ile gerçekleştirilir. Püskürtmeden önce ve sonraya ait döküm ürünü örnekleri şekil 2.50’de verilmiştir.



Şekil 2.50: Üfleme Yoluyla Kum Kaldırma İşlemi Öncesinde (solda, ortada) ve Sonrasındaki (sağda) Döküm Ürünleri [237, HUT, 2003]

Çeşitli püskürtme teknikleri mevcuttur. Kırmalı püskürtmede hızlandırma basınçlı hava ya da türbin bıçakları aracılığı ile sağlanır. İşlem kauçuk keçeli kapıları bulunan kapalı bir odada uygulanır.

Döküm ürünleri tekli ray üzerine asılır ve püskürtme kabini boyunca yığın yönünde hareket eder. Küçük parçalar için özel bir hareket kayışı kullanılır. Büyük parçalarda püskürtme kapalı bir kabinde el yoluyla kepçe kullanımı ile sağlanır. Bu durumda, kişisel koruyucu önlemler oldukça önemlidir. Bu gibi durumlarda, toz maskesi ve kaskın yanı sıra solunum ekipmanına da ihtiyaç duyulur.

Parçalara püskürtme işleminin uygulanmasından meydana gelen kaba toz (kum ve metal taneleri) iri kum taneleri ile beraber toplanır. Daha sonra tozdan arındırma, manyetik olarak ayırma ve kalburdan geçirme işlemleri gerçekleştirilir. Torba filtre kullanılarak ince kısım kaba kısım ile beraber egzoz havasından atılır. Kalıntı kumlar fırlatma küreklerinin hızlı bir şekilde aşınmasına neden olabileceğinden, tesis içi yeniden kullanımdan önce kumtaşlarının temizlenmesi oldukça önemlidir.

2.7.3 Çapakların Yok Edilmesi

Kalıp ve maça parçalarının birleştiği noktalarda, damarlarda ve diğer yüzey bozukluklarının olduğu yerlerde meydana gelen çapaklar bileme çarkları ve bileme taşları kullanılarak ortadan kaldırılır. Bileme çarkları elle tutulur. Bileme taşları kullanıldığında ise döküm ürünü döner bir taşla preslenir.

Uygulanan diğer teknikler aşağıdaki gibidir:

- Kayarak bileme: bileme çapakları ve döküm yüzeyindeki diğer fazlalıklar elle bileme dışında bazı teknikler ile de ortadan kaldırılabilir. Parçalar birbirlerine ve aşındırıcı çarklara sürtünmelerine neden olan bazı aşındırıcı şekiller içeren varillerde ya da titreşimli konteynerlerde döndürülür. Tipik bir birimde döküm primat şeklinde bileme taşlarından oluşan bir yataкта su - sabun emülsiyonun ilave edilmesi ile beraber bilendir. Bileme taşlarının pürüzlülüğü ve boyu döküm ürününün boyutuna bağlı olarak değişir.
- Yuvarlama: bu tekniğe aynı zamanda üfürme yoluyla kaldırma da denir. İnce çapakların ve ince döküm kalıntılarının yok edilmesinde kullanılır. Bu süreç sırasında, havasız üfürme yoluyla temizleme sürecinde çapaklar döner varilin içerisinde her beraber etkilenecek kendilerini yok eder. Aynı zamanda köşeler yuvarlanır. Süreçte yardımcı olması amacıyla bazen sıvı da kullanılır.



Şekil 2.51: Çapak (solda) ve Bileme Taşı (ortada) ve Sürgü Taşlama İşlemi (sağda) Kullanarak Çapağın Kaldırılması [237, HUT, 2003]

Bu operasyonların otomatikleştirilmesi çapakların çok farklı şekillerde olabilmesi ve dökümlerin kolayca ve hızla sabitlenmesi gerektiğinden dolayı zordur. Ancak, otomatik bileme makineleri seri üretimde giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Ham döküm parçaları yeniden aletle işleme ya da elle daha ileri bileme işlemine gerek duymayan uygun şekilde işlenmiş parçalar üreten bu tür makinelere yerleştirilir.

Bunların yanı sıra, otomatik hatlarda aşağıdaki teknikler uygulanır:

- Zımbalama: Kesme ve biçimlendirme tekniklerinin kullanımından dolayı, seri döküm parçaları önceden belirlenmiş miktarlarda, genellikle işleme sırasında kolaylıkla erişilebilir olan kaçınılmaz çapaklar meydana gelecek şekilde tasarlanır. Seri yeterince büyük ise, ilgili çapağı kolayca ortadan kaldıracak ve döküme yeknesak bir kontur sağlayacak şekilde zımbalama aletleri tasarlanabilir.
- Frezeleme: İşleme makinelerinde elektronik kontrollerin ortaya çıkması ile bireysel parçaları işlemek üzere programlar düzenlemek giderek kolaylaşmıştır. Bu nedenden dolayı, zımba makinesi yerine daha küçük serilerde frezeleme makineleri kullanılabilir. İlgili süreç sırasında, parçalar cihaz tarafından alınır ve bir dizi farklı frezeleme makinesinden geçirilir.

Son olarak, döküm ürünlerini birleştirmek ve döküm hatalarını onarmak için lehimleme uygulanabilir. Bu durumların çoğunda, ark kaynağı kullanılır. Gerekliliklere ve ekipmana bağlı olarak, uygulama elle işletilen elektrot çubukları ya da lehim teli kullanılarak, soy gazı ile ya da soy gazı olmaksızın gerçekleştirilebilir. Çelik dökümlerde gerilimin giderilmesi için oyukların kullanılmasından oluşan geçme (scarfing) işlemi uygulanır.

[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

2.5.4 Isıl İşlem

2.5.4.1 Giriş

Demirli dökümlerde uygulanabilen temel olarak iki ısıl işlem tipi vardır: tavlama ve sertleştirme. Tavlama boşaltma ve döküm ürününün daha sonra soğutulması neticesinde işlem görecektir parçada meydana gelen gerilim azaltılır ve eşit bir yapı oluşturulur. Sertleştirmede ise ısı seviyesi dönüşüm sıcaklığının üzerine çıkarılır ve daha sonra işlem görecektir parça söndürme denen işlem yoluyla hızla soğutulur. Bu durum metalin özelliklerinin değişmesine neden olur. Su, yağ ya da hava söndürmesi kullanılarak farklı sonuçlar elde edilebilir. İşlem görecektir parçanın söndürmeden sonra sertleşme sıcaklığına kadar yeniden ısıtıldığı ve söndürme prosedürünün sonra tekrarlandığı bu prosedürün adı “Söndür ve Sertleştir” prosedürüdür.

Demir temperleştirme, tavlama ve sertleştirme prosedüründen farklı bir ısıl işlemdir. Burada, bitmemiş temper döküm ürünü uygulanan prosedüre bağlı olarak ya beyaz ya da siyah temper döküme dönüştürülür.

Çoğu demir dışı döküm “döküldüğü gibi” kullanılır, ancak bazı uygulamalarda materyalin “döküldüğü halde” iken sahip olduğundan daha yüksek mekanik özelliklere ihtiyaç duyulur. Bu aşamada, mümkün işlemler tavlama, kontrollü soğutma, çözündürme ısıl işlemi, yapay yaşlandırma ve çöktürme işlemidir.

[32, CAEF, 1997], [175, Brown, 1999]

2.5.4.2 Isıl İşlem Fırınları

2.5.4.2.1 Odalı Fırınlr

Odalı fırınlar en sık görülen fırın yapısıdır. Bunların ana tasarımları çeşitli döküm ya da üretim türlerinin değişen ısıl işlem ihtiyaçlarına cevap vermek adına alt formlara uyarlanmıştır. Bazı odalı fırın örnekleri boji şömine tipi fırınlar, üst başlıklı fırınlar ve açık şömine tipi göbekli fırınlardır. Kesintisiz çalışan taşıma hatları bulunan odalı fırınlara tünel fırınlar denir. Isıtma elektrik, gaz ya da akar yakıt ile sağlanır.

Demir dışı materyallerde bazı ısıl işlemler dökümün erime noktasına yakın seviyelerinde gerçekleştirilir; böylece doğru sıcaklık kontrolü sağlanabilir. Fırının her yerinde sıcaklığı sabit ve eşit tutmak amacıyla zorunlu hava dolaşımı sağlanır. [32, CAEF, 1997], [175, Brown, 1999]

2.5.4.2.2 Şaft Fırınları

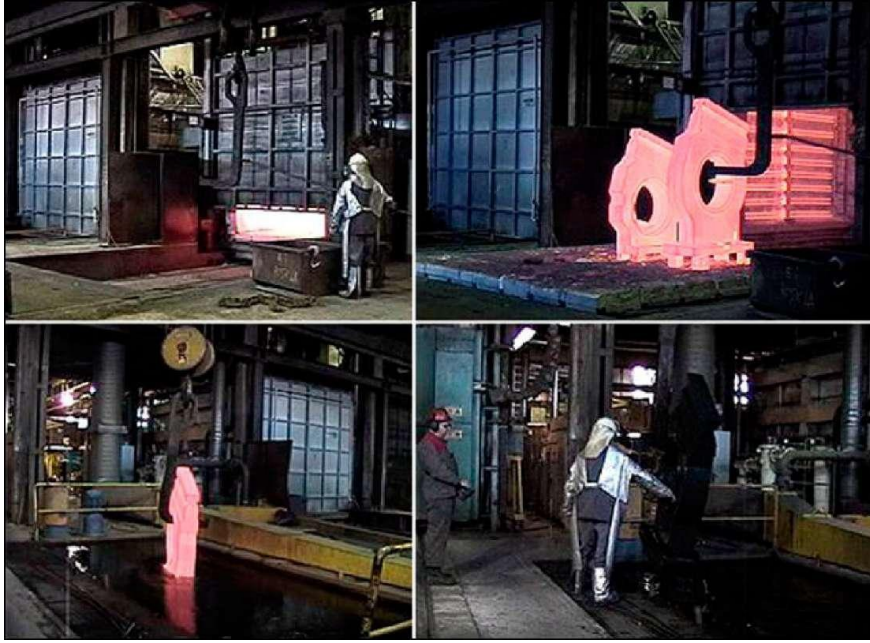
Borular, uzun dalgalar ve benzeri parçalar genellikle dikeç fırınlar içerisinde dikey konumda asılı olarak işleme tabi tutulur. Şaft fırınlarda ısıtma elektrik, gaz ya da akar yakıt ile sağlanır.

2.5.4.2.3 Tavlama Fırınları

Bitmemiş döküm ürünlerini temperlemek için odalı, üst başlıklı ya da tünel fırınlar kullanılır. Bu tür fırınlarda ısıtma elektrik, gaz ya da akar yakıt ile sağlanır.

2.5.4.3 Söndürme

Isıl işlem süreçlerinde serinletme, işlem gören parçanın ılık havada olduğundan hava yüksek bir hızda soğutulmasıdır. Bu, parçanın su ya da yağ içerisine (bkz şekil 2.52) hızla batırılması ya da zorunlu hava soğutması yoluyla gerçekleştirilebilir. İşlem gören parçaların yeknesak bir oranda soğutulmasına özen gösterilmelidir. İşlem gören parçaların tam ve eşit soğumasının sağlanması için, sıvı içerisine batırıldıklarında ya parçaların hareket ettirilmesi ya da sıvının devamlı bir şekilde dolaşımının sağlanması gerekir. Benzeri bir şekilde, söndürmede de havanın tüm yüzeyi kaplamasını sağlamak için üfürme prosedürün uygulanması gerekir.



Şekil 2.52: Isıl İşlemden Hemen Sonra Sıcak Dökümün Sulanması [237, HUT, 2003]

2.5.4.4 Sünek Demirde Isıl İşlem (SG Demir)

İleri işlem gerekliliğini önlemek için, istenilen metal özelliklerinin materyal “döküldüğü halde” iken elde edilmesi arzulanan bir durumdur; ancak kısımların kalınlıklarında ve benzeri durumlardaki farklılıklardan dolayı bu her zaman mümkün değildir. Döküm ürünlerinde uygulanan ısıtma işlemi ince kısımlardaki karbitleri yok edebilir, daha tutarlı matris yapıları oluşturabilir ve bilhassa tane yapısını normalleştirerek ilgili yapıda genellikle mekanik özellikleri iyileştirebilir. Teperleştirilmiş martensit yapıları ihtiyaç duyulduğunda ısıtma işlemi oldukça önemlidir. [32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.4.4.1 Gerilim Giderme

Gerilimin azaltılması, döküm ürünlerinin 50-100 °C/saat - 600 °C arasında ısıtılması (610 °C’yi geçmemeye özen göstererek) ve devamında bunların en az bir saat ve en kalın kesitlerdeki her bir 25 mm kesit kalınlığı için ekstra bir saat suda bekletilmesi ve daha sonra 50 - 100 °C/saat ya da daha az bir sıcaklıkta soğutulmasından oluşur. Döküm ürünlerinin gerilime maruz kalmaması için fırın içerisinde yeterince desteklenmesi gerekir.

2.5.4.4.2 Karbitlerin Parçalanması

İnce kesit döküm ürünleri “döküldüğü halde” iken karbit içerebilir. Bunların 900-925 °C’de 3 ila 5 saat boyunca suda bekletilmesi yoluyla bu karbitler ortadan kaldırılabilir.

2.5.4.4.3 Ferritli Matris Üretmek İçin Tavlama

Tavlama, döküm ürünlerinin 900 - 925 °C’de 3 ila 5 saat boyunca suda bekletilmesi, devamında kritik bir sıcaklık aralığında (yaklaşık 800 - 710 °C) saatte yaklaşık 20 – 35 °C’de yavaşça soğutulması ve son olarak yaklaşık 50 – 100°C/saat - 200°C arasında fırın soğutmasından meydana gelir.

2.5.4.4.4 Perlitli Matris Üretmek İçin Normalleştirme

Normalleştirmede kritik sıcaklığın üzerinde döküm ürünlerinin suda bekletilmesi ve devamında hava soğutması gereklidir. Yine karbitlerin parçalanmasını sağlamak üzere 900 – 925 °C ısıtma sıcaklığı kullanılır. Perlit oluşumu için zorunlu hava soğutması uygulanır. Mevcut ısıtma fırınının türü ve yükün boyutu mümkün olan süreç döngüsünü belirler. Tam olarak perlitli yapıların oluşumuna yardımcı olması için metal kompozisyonun kalay ve bakır ile ayarlanması gerekebilir.

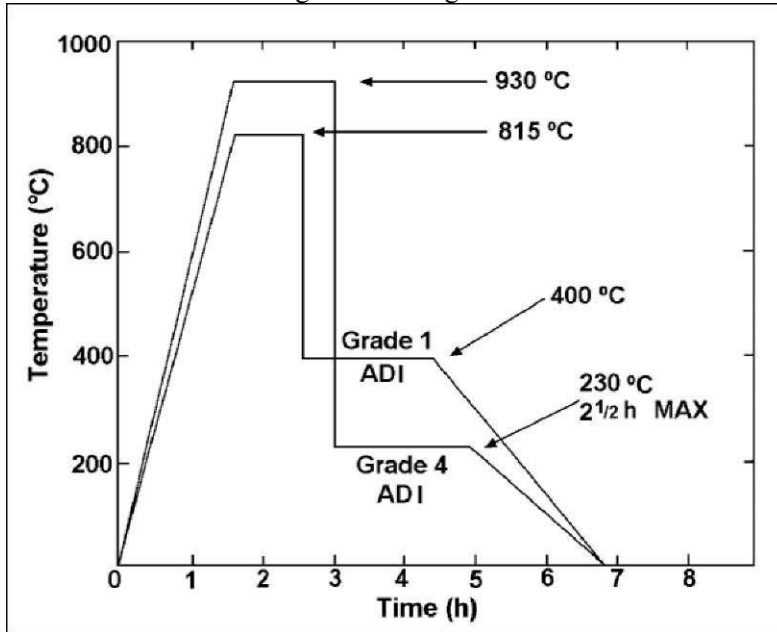
2.5.4.4.5 Sertleşmiş ve Temperlenmiş Yapıların Üretimi

Sertleşmiş yapılar dökümün 900 - 920 °C'de ostenitlenmesi ve devamında yağ söndürmesi uygulanması ile üretilir. Temperleme genellikle 600 - 650 °C'de uygulanır.

2.5.4.4.6 Östemperlenmiş Sünek Demir

Östemperleme ausferrit yapılar oluşturmada kullanılan bir izotermal ısıtma işlemi türüdür. Bu işlem sünek demirin kuvvetini iki katına çıkarabilir ve aynı zamanda iyi bir süneklik ve dayanıklılık elde etmesini sağlayabilir. Aşınmaya karşı direnç ve yorulma özellikleri muhteşemdir. Bu bağlamda, östemperlenmiş sünek demir dövülmüş ve serleştirilmiş – temperlenmiş çelik ile yarışabilir.

Östemperlenmiş sünek demirde gerçekleştirilen ısıtma işlemi şekil 2.53'te gösterildiği üzere iki aşamalı bir süreçtir. Östenitleme matrisi tam olarak östenite dönüştürmek üzere 815-930 °C'de gerçekleştirilir. Bu ya oksidan olmayan atmosfer fırınlarında ya da yüksek sıcaklıktaki tuz yunaklarında yapılır. Sıcaklık ve zaman kimyasal kompozisyona, kesit boyutuna ve gereken östemperlenmiş sünek demirin sınıfına bağlıdır; genellikle 1–1,5 saat yeterlidir. Karmaşık şekillerin çatlama riskini ortadan kaldırmak için dökümün yavaş bir şekilde başlangıç ısıtmasına tabi tutulması idea olan uygulamadır. Daha sonra döküm ürünleri istenilen izotermal ısıtma sıcaklığına kadar (genellikle 210-400 °C arası) söndürülür. Bu genellikle tuz yunaklarında gerçekleştirilir. Döküm ürünleri östenitin ausferrite dönüşümünün tamamlanması için bu sıcaklıkta 1 -2 saat tutulur. Düşük sıcaklıklar yüksek sertlik, kuvvet ve aşınmaya direnç özellikleri kazandırırken yüksek sıcaklıklar daha fazla süneklik ve dayanıklılık kazandırır. İzotermal işleminden sonra döküm ürünleri ortam sıcaklığına kadar soğutulur.



Şekil 2.53: Tipik östemperleme ısıtma işlemi aşamaları [174, Brown, 2000]

Alaşımlanmış sünek demirler 8 mm'ye kadar kalınlığa sahip kesitler halinde östemperlenebilir. Kalın kesit dökümler sertleşebilirliği artırmak için Mo ya da Ni ilavesi gerektirir.

Östemperlenmiş sünek demir ziraat, demir yolları, otomotiv ve genel mühendislik endüstrisinde örneğin saban ucu, kepçe dişleri, kulak takozu, arka aks takozu, şalterler vb. parçalar için dövme çelik bileşenlerin yerine kullanılır. Östemperlenmiş sünek demir üretimi giderek artmaktadır; ancak kullanımı uygun ısı işlem tesislerinin eksikliğinden dolayı belirli bir dereceye kadar kısıtlıdır.

[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.4.5 Çelikte Isıl İşlem

Çelik dökümler normalde teslimattan önce normalleştirme gibi bir ısı işlemine tabi tutulur ve bu ısı işlemi aracılığı ile yapısal değişiklikler elde edilir. Bunun yanı sıra, potansiyel döküm geriliminin azaltılması gerekir (gerilim azaltma için tavlama). Çoğu çelik döküm ürününün gerilim azaltmak için uygulanan tavlama işleminden sonra ilaveten temperlenmesi gerekir (sertleştirme ve temperleme).

Çoğu çelik döküm ürünü istenilen mekanik özellikleri elde etmek, gerilimi azaltmak, doğru korozyon direncini elde etmek ve bitirme operasyonları esnasında ortaya çıkabilecek zorlukları önlemek için ısı işlemine tabi tutulur. Isıl işlem çeliğin sınıfına göre belirlenir. Kimyasal ve yapısal farklılıkları ortadan kaldırmak için genellikle yüksek sıcaklıkta tavlama gerçekleştirilir. Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler aşağıdakilere tabi tutulur:

- Normalleştirme ve hava soğutması, ya da
- Ostenitleme, söndürme ve temperleme.

Ostenitli ya da dubleks pas tutmaz çelikler çözeltiyle tavlama ve su ile söndürme ısı işlemlerine tabi tutulur. Bunların yanı sıra, gerilimin azaltılması için uygulanan ısı işlemleri ya da lehim sonrası işlem gibi ısı işlemleri de materyalin içerisindeki gerilimi ortadan kaldırmak için kullanılır.

[32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.4.6 Alüminyumda Isıl İşlem

Alüminyum döküm ürünleri şunlar için ısı işlemine tabi tutulur: homojenleştirme, gerilim azaltma, daha iyi boyutsal istikrar ve işlenebilirlik, yüksek kuvvet, süneklik, dayanıklılık ve korozyon direnci sağlama. Genellikle ısı işlemi değişen etkiler arasında bir anlaşmaya varma gibi düşünülebilir; genellikle de birinin önemli özelliğini diğerlerinin pahasına en üst seviyeye çıkarır. Alüminyum alaşıma yönelik ısı işlemleri şunları içerir: tavlama, çözelti ile ısı işlemi, söndürme, yapay yaşlandırma ve çöktürme. Uygulanan işlemin türü alaşım seçimine bağlıdır. Buna temper seçimi denir. Kumlu, basınçsız ve düşük basınçlı dökümlerde hepsi standartlaştırılmış olmasa da tüm işlemler mümkündür. Basınçlı döküm kumlu, basınçsız ve düşük basınçlı dökümlerde olduğu gibi çözelti işlemine tabi tutulmaz ve söndürülmez. Bu durumda sıkışmış gaz baloncukları genişleyebilir ve döküm hataları ortaya çıkabilir. Yüksek basınçlı dökümlerde ısı işlemi sık görülen bir adım değildir; bu tür dökümlerin yalnızca %1'i ısı işlemine tabi tutulur. Tüm kalıp döküm ürünleri zararlı bir etkiye maruz kalmaksızın söndürme, çöktürme ve gerilim azaltma işlemlerine tabi tutulabilir. Alüminyum tekerleklerin düşük basınçlı dökümlerinin üretiminde, döküm ürünlerinin %90'ı ısı işlemine tabi tutulur.

[225, TWG, 2003].

2.5.4.6.1 Gerilim Azaltma ve Tavlama

Kesit değişiklikleri olan ya da karmaşık şekillere sahip olan döküm ürünlerinin içerisinde gerilim olması muhtemeldir. Bunlar makine ile işlemeden sonra boyut değişikliklerine neden olabilir. Dökümü istikrara kavuşturmak ve içerisindeki gerilimi ortadan kaldırmak için, dökümler 5 saat boyunca 200°C sıcaklıkta ısıtılır ve sonrasında fırın içerisinde yavaşça soğutulur.

2.5.4.6.2 Çözelti ile Isıl İşlem ve Söndürme

Döküm ürünleri erime sıcaklığının hemen altındaki sıcaklıklarda ısıtılır ve alaşım bileşenlerini homojen katı bir çözelti haline getirmek için uzun bir süre de orada tutulur. Döküm ürünleri daha sonra çözeltideki elementleri korumak için söndürme yoluyla hızla oda sıcaklığına kadar soğutulur. Bu bağlamda su ya da özel bazı söndürücüler kullanılır. Söndürme tankeri hızla soğutmayı mümkün kılmak üzere fırının yakınına yerleştirilir. Söndürme aralığına olan hassasiyet alaşımlar arasında değişiklik gösterse de iyi uygulamada bu aralık 5–10 sn ile sınırlı tutulmalıdır.

2.5.4.6.3 Çökeltme

Alaşım bileşenlerinin kontrollü şekilde çökmesi döküm ürününün 150–200 °C arasındaki bir sıcaklığa kadar ısıtılması yoluyla gerçekleşir. Böylece döküm ürününün kuvveti ve sertliği artar. Bu nedende dolayı bu sürece yapısal sertleşme de denir. Her bir alaşımın optimal bir ısı işlem döngüsü vardır.

2.5.4.6.4 Yapay Yaşlandırma

Bazı döküm alaşımlarının kuvveti ve sertliği oda sıcaklığında bekletilirken artar. Bu süreç birkaç hafta sürebilir; ancak oda sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta ısıtma ve daha sonra zaman içerisinde bu sıcaklığı sürdürme yoluyla hızlandırılabilir.

[175, Brown, 1999], [202, TWG, 2002], [213, CTIF ve CQRDA, 2002], [212, Zalensas, 1993]

2.5.5 Kalite Kontrol

Kalite kontrol sırasında bitmiş döküm ürünü boyut, metal yapısındaki kusurlar ve yapının yüzeyi gibi ürünle ilgili gerekliliklerin sağlanıp sağlanmadığı bakımından kontrol edilir. Dökümün türüne ve serinin büyüklüğüne bağlı olarak kalite kontrol görsel teftiş yoluyla, ölçüm cihazlarının kullanımı ile ya da otomatik olarak gerçekleştirilebilir.

Alüminyum tekerleklerin üretiminde döküm ürünleri x-ray analizi ile kontrol edilir. Burada, bilgisayar programı ile doğrulama yapmak için iyi bir döküm ürününün standart bir görüntüsü kullanılır. Herhangi bir farklılık var ise görüntü operatör kişi tarafından değerlendirilir. Alaşıma yönelik rastgele testler spektral analiz yoluyla kontrol edilir.

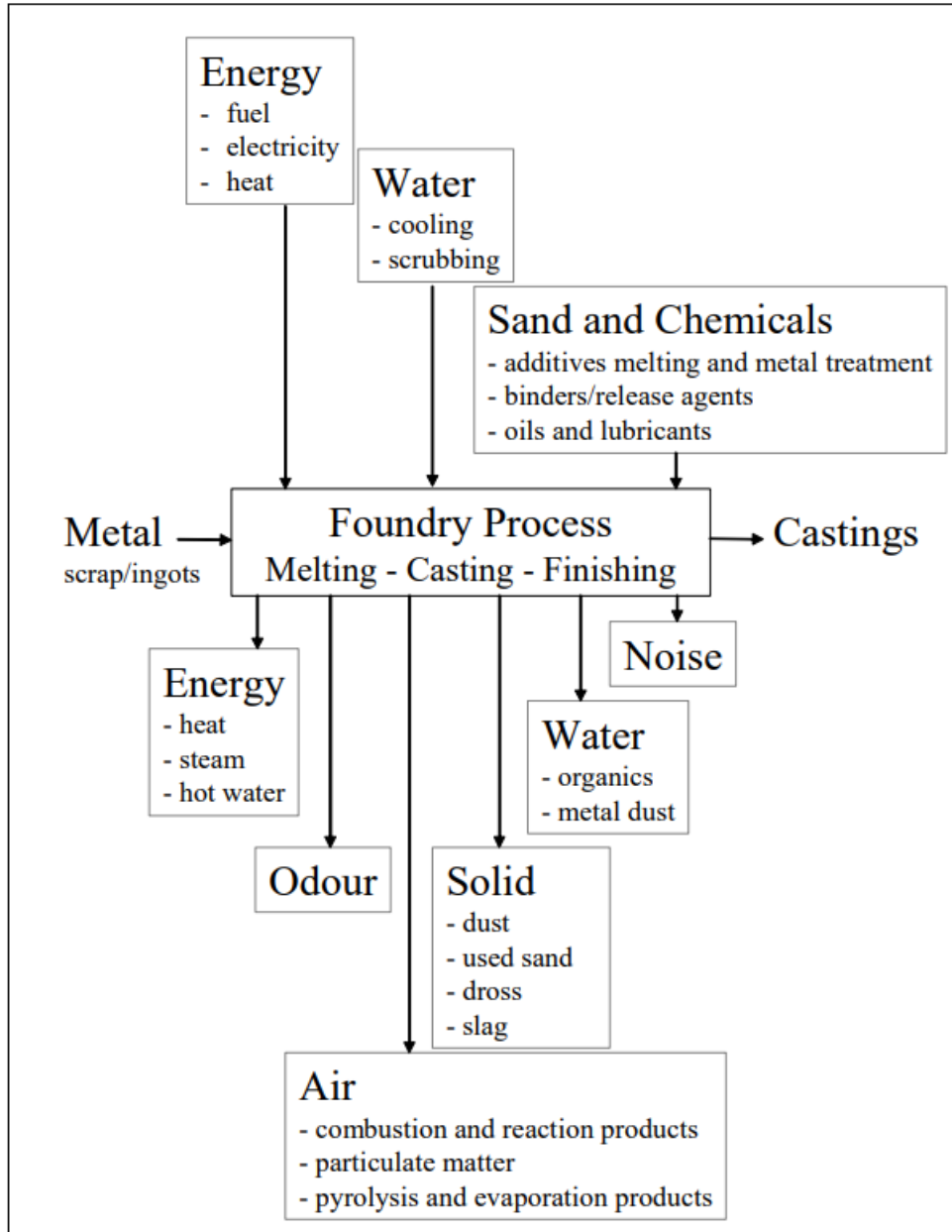
Kalite kontrol prosedürü döküm ürününün reddedilme ya da piyasaya sürülme kararını etkiler. Reddedilen döküm ürünleri yeniden eritilmek üzere ham materyal girdisine ilave edilir. [225, TWG, 2003]

3 DÖKÜMHANELERE AİT MEVCUT EMİSYON VE TÜKETİM SEVİYELERİ

3.1 Kütleye Akışına Genel Bakış

3.1.1 Giriş

Dökümhanelere yönelik genel bir toplu akış görüntüsü Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu şema genellikle demirli ve demir dışı dökümhanelere uygundur. Çeşitli süreç adımları ve türlerinin özel bazı yönleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1: Dökümhanelere ait kitle akış şeması

3.2 Demirli Metallerde Eritme ve Metal İşleme

3.2.1 Çelik ve Dökme Demirde Kullanılan Eritme Fırınlarının Özellikleri

Tablo 3.1 çelik ve dökme demir için kullanılan eritme fırınlarının tipik özelliklerine yönelik genel bir bakış sunmaktadır. Veriler ileriki bölümlerde tartışılacaktır.

Süreç	Çelik			Dökme Demir					
Tür ^e	ELEKTRİK ARKI FIRINLARI		ENDÜKSİYON F.	ENDÜKSİYON F.	KUPOL FIRINLAR				DÖNER FIRINLAR
Alt tür	Asit kaplama	Bazık kaplama	Maçasız	Maçasız	Soğuk hava	Sıcak hava	Sıcak hava- Uzun operasyon süreli	Koksuz - dubleks	
Enerji kaynağı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Kok	Kok	Kok	Gaz / yakıt	Gaz / yakıt
Isıl verim ¹ (%)	60-70	60-70	50-60	50-60	30-40	40-45	35-45	50-60	50-60
Birincil ısı verim ² (%)	21 -25	21-25	15-20	15-20	30-40	40-45	35-45	45-50	35-45 ³
Kilovat saat / ton metal şarjı	500 - 700	500 – 700	520 - 800	520 - 800	950 - 1200	800 - 900	810-1100	700 - 800	600 - 800
Seri / kesintisiz	Seri	Seri	Seri	Seri	Kesintisiz	Kesintisiz	Kesintisiz	Kesintisiz	Seri
Üretim hız ⁴ (ton / saat)					2-10	8-70	8-70	>5	
Fırın kapasitesi ⁵ (ton)	2-50	2-50	0.01-30	0.01-30					1 -20
Erime süresi (saat)	1 -4	1 -4	1 -2	1 -2					2-4
Damıtma yeteneği	Mümkün	Mümkün	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır
Sermaye maliyeti	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
Cüruf üretimi (kg / ton metal şarjı)	10-40	20-80	10- -20		40-80	40 -80		40-80	20-60
Toz üretimi (kg / ton metal şarjı)	5 - 8		0.0 -1 6		5 - 13	4 -12		0.8	0.3-2.9
Atık gaz ⁷ emisyonu (kg / ton metal şarjı)									
CO ⁸	Elektrik üretimine bağlı		Elektrik üretimine bağlı		400 - 500	35 - 480 0		100-120	120
CO	7.5 - 25 (karbonsuzlaştırma)		n.a.		Possible ⁹	0. -2.5 5		<10	1.0-1.5
SO ₂	<1		Az		1 -2	<1		Yakıta bağlı	2.5-3.0
NO _x	n.a.		n.a.		<1	<1		0.5	0.3-0.4

1 Verilen değerler büyüklük sırasındadır; ancak genellikle metal sıcaklığı, fırın kapasitesi ve üretim hızı gibi kullanım koşullarına bağlıdır.

2 Elektrik üretimi verimi % 35 olarak kabul edilmiştir.

3 Oksijen üretimine yönelik enerji tüketimi ve erime sırasında oksitlenmiş elementlerin yerini alacak grafit ve FeSi gibi ham maddeler dikkate alınarak

4 Sadece kesintisiz süreçleri için

5 Sadece seri süreçler için

6 Gösterilen değerler literatürde bulunan genel değerlerdir.

7 Gösterilen değerler literatürde bulunan genel değerlerdir.

8 Tam yanma durumunda

9 Yerel kullanım koşullarına ve yapıya bağlı olarak

Tablo 3.1: Tipik bir eritme fırınının özellikleri ve emisyon verileri
[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003] CTIF yorumları

3.2.2 Kupol Fırınlr

Girdi	Çıktı
- demirli materyal, (pik demiri, çelik hurda döküntüsü, dökümhane kalıntıları, ...)	- metal alaşım (dökme demir)
- alaşım metalleri (ferro-alaşımlar ...)	-toz (metal içerikli)
- eritkenler (kireç taşı...)	- CO/CO ₂ , SO ₂ , NO _x
- enerji (kok, gaz, yağ, elektrik)	- HF
- oksijen	- Dioksinler, fûranlar
- soğutma suyu	- organik kirleticiler
- su	- cüruf
	- atık refrakter

3.2.2.1 Kok ve Enerji Tüketimi

Soğuk hava operasyonlarında şarjlar arası kok tüketimi genellikle 90 – 120 kg / ton metal şarjıdır; ancak, örneğin karışık yüklerin bulunması durumunda 70 kg / tondan da az olabilir. Yataktaki kok miktarı hesaplandığında 110 – 140 kg / ton metal şarjı kadar bir kok tüketimi ortaya çıkar. Avrupa kokunun kalorisel değeri 8.5 kilovat saat / kg olduğundan, bu miktar 950 – 1200 kilovat saat / ton metal şarjı kadar bir kalori girdisine denk düşer.

Sıcak hava fırınlarında toplam kok oranı 110 – 145 kg / ton metal şarjıdır. Ancak, ortalama çelik yüzdesi % 50 olduğundan ve yeniden karbonlama yaklaşık % 1.5'lik bir tüketim gerçekleştirdiğinden, gerçekten yanan kok oranı 95 – 130 kg / ton metal şarjıdır ve bu da 810 – 1100 kilovat saat / ton metal şarjına denk düşer. Bu durumda ısı verim de % 35 – 45 kadardır.

Tesisin yapısına bağlı olarak, duman arıtma ekipmanı ve bekletme fırını tarafından tüketilen enerji de Tablo 3.2'de gösterildiği gibi bunlara ilave edilebilir. Alman verileri baca gazı temizleme ekipmanı için iyi bir dökümde c. 20 kilovat saat / ton gibi özel bir elektrik kullanımına dikkat çekmektedir. [202, TWG, 2002]

Enerji taşıma türü	Ortalama tüketim kilovat saat / ton metal şarjı
Yakma odası için gaz	40
Baca gazı temizleme ekipmanı için elektrik (fanlar, vb.)	40
Bekletme fırını için elektrik	60

Tablo 3.2: Çıkış Gazı Arıtma ve Tutma İşlemleri İçin Ortalama Enerji Tüketimi

3.2.2.2 Partikül Madde

Partikül maddelerin emisyon aralığı oldukça geniştir. Partikül emisyonlar Tablo 3.3'te gösterildiği gibi bilhassa kullanılan kupol türüne bağlıdır:

Kupol türü	Toz emisyonu (kg / ton metal şarjı)	Kok oranı (kg / ton metal şarjı)
Soğuk hava	5 – 13	110 - 140
Sıcak hava	4 – 10	95 - 130
Kaplamasız sıcak hava üfleme	5 – 12	115 - 135
Koksuz	0.8	0

Tablo 3.3: Çeşitli Kupol Fırını Türlerinden Çıkan Toz Emisyon Düzeyleri (Ham Kupol Çıkış Gazı)
[32, CAEF, 1997]

Üç Alman fırınında ölçülmüş toz emisyon seviyeleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Baca gazı temizleme	Hacim (m ³ / s)	Toplam toz (mg / m ³)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)
Şarj deliği üzerinde boşaltma kanalı; torba filtre	28500	7	88	47
Siklon, venturi, reküperatör	16000	68 - 94	96	88
n.d	6000 (Nm ³ /s kuru)	75	100	45 - 85

Tablo 3.4: Kupola ait toz emisyon seviyeleri ve PM büyüklük dağılımı [202, TWG, 2002]

Genel olarak, partikül büyüklükleri 1 pp'den az ya da 10 mm'ye kadar olabilir. Bunların % 50'si 100pm'den küçüktür. Ancak, % 5 – 20'si 2 pm'den küçüktür ve bu durum toz toplama işlemini daha da zorlaştırır. Kupol tozu Tablo 3.5'ye gösterildiği gibi büyük ölçüde kok, silika, pas ve kireç tozundan oluşur.

Madde	Kompozisyon (%)	
	[32, CAEF, 1997]	[158, Charbonnier, et al., 1998]
Demir oksit	30 – 60	15 - 25
SiO ₂	± 25	15 - 30
Kok tozu	3 – 15	n.d
MnO	3 – 10	2 - 5
Al ₂ O ₃	1 - 3	2 - 5
MgO	1 – 3	0 - 2
CaO	<1	5 - 10
S	<2	n.d
ZnO, şarja bağlı olarak	<3	0 - 30 Zn*
PbO, şarja bağlı olarak	<1	0 - 5 Pb*
* Oksit ve silikat biçiminde; Zn-zenginleştirilmiş tozlar için geçerli		

Tablo 3.5:Kupol tozunun genel bileşimi - veriler ağırlık yüzdesindedir [32, CAEF, 1997] ve [158, Charbonnier, et al., 1998]

3.2.2.3 Atık Gazlar

Kok ateşlemeli kupol gazı genel olarak N₂, CO₂, H₂O ve CO'den oluşur ve küçük miktarlarda da SO₂ içerir. Salınan gazın şarj kapısının üzerinde toplandığı geleneksel kupollarda, ortam havası açık şarj kapısından doğru sürüklenbildiğinden şarj kapısının altında ve üzerindeki duman gazlarının durumu arasında bir ayrım yapılması gerekir. Bu girdi toplam hava akışını önemli ölçüde değiştirir.

Kupol gazları yeterince sıcak ise ve yeterince CO mevcut ise, gazlar içeri sürüklenen hava (CO + O₂ ^ 2CO₂) ile beraber kendiliğinden yanabilir ve bu durumda sıcaklık 900 °C'ye çıkabilir. Bu durumda egzozda ya hiç CO kalmayacak ya da çok az kalacaktır. Yanma gerçekleşmez ise, hava girdisi 100 – 300

°C arasında bir soğuma etkisine neden olacak ve CO/CO₂ dengesi aynı kalacaktır. Şarj kapısının hemen altındaki gazların sıcaklığı büyük ölçüde şarj yüksekliğine bağlıdır; ortam havası girdisi fan kapasitesi ya da mevcut doğal cereyan tarafından belirlenir.

Seyreltilmemiş kupol üstü gazların akışı kok tüketimi ile orantısaldır. Şarjdaki kok oranının artırılması, üfürme havası aynı seviyede idame ettirilir ise, üretim hızını (ton eriyik metal / saat) düşürecektir. Bu durumda üretime ayak uydurmak için üfürümü artırmak gerekebilir. Bu bağlamda metal sıcaklığı da artacaktır. Yanma hızına (C + O₂ ^ CO₂) atfen, daha fazla kok ve üfürme havası artan egzoz gazı akışa neden olacaktır.

İlgili bir fırında, kok ve üfürme havası tüketimi hedeflenen eritme hızı ve metal sıcaklığına bağlıdır. Bunlar saat başı değişebilir. Literatürde rapor edilen tipik akış oranları soğuk hava kupolu için 600 – 800 Nm³ / ton metal şarjı iken sıcak hava kupolu için 500 – 700 Nm³ / ton metal şarjıdır. Yanmamış kupol üstü gaz kompozisyonu aşağıdaki gibi olabilir (Tablo 3.6):

Madde	Hacim %
CO ₂	10 - 18
CO	5 - 15
H ₂	<1
SO ₂	<0.05
N ₂	Kalıntı

Tablo 3.6: Kupol Fırını İçin Yanmamış Üst Gaz Bileşimi
[32, CAEF, 1997]

Şarj kapısının üzerinde egzoz gazlarının akış oranları, seyreltilmiş gazın hedeflenen sıcaklığına bağlı olarak (uygulanan toz yakalama sisteminin türüne bağlıdır) ve reküperatif sıcak hava kupolu durumunda da art-yakma odasının varlığına bağlı olarak iki ya da beş kat daha fazla olabilir. Tipik akış oranları soğuk hava kupollarında 3000 – 4000 Nm³ / ton metal şarjı iken art-yakma uygulandığında 900 – 1400 Nm³ / ton metal şarjıdır. Gaz kompozisyonu seyreltmenin hızına (doğal cereyan ya da fan gücü), CO'nun kendiliğinden yanma derecesine ya da tam veya kısmi akışta uygulanabilecek olan art-yakma işlemine bağlıdır.[32, CAEF, 1997]

Başlıca yanma gazı bileşenlerine yönelik emisyon verileri Tablo 3.7'de verilmiştir. Burada farklı eritme kapasitelerine sahip sıcak hava ve soğuk hava kupolları listelenmiştir. Tablo aynı zamanda salınan gazın şarj kapısının altından mı yoksa üstünden mi toplandığına yönelik de bilgi verir. Sıcak hava üfleme sistemlerinde daha düşük SO₂ emisyon seviyeleri görülür. Dezentegratör (parçalayıcı) venturi gaz temizleyicilerinden daha iyi bir toz arındırma performansı gösterir. Art yakma işleminin uygulanması optimal çalışma koşulları altında hem CO hem de NO_x seviyelerini etkiler. Tam ölçüm operasyonu verileri sıcak hava kupolunun standart altı çalıştırılmasının daha fazla CO emisyonuna sebep olduğunu göstermektedir: optimal koşullarda 5 – 20 mg / Nm³ iken burada 2000 mg / Nm³. Bu bağlamda, VOC ve PAH emisyonları da aynı doğrultuda artmaktadır. [110, Vito, 2001]

Kuru toz arındırma işleminin uygulanması (diğer bir deyişle torba filtre) 20 mg / Nm³'ten daha az toz emisyon seviyeleri ile sonuçlanmaktadır. İtalyan dökümhanelerinden elde edilmiş envanter verileri torba filtre uygulandığında toz seviyelerinin 30 mg / Nm³'ten az (0.1 – 32 mg / Nm³ arasında değişir) seyrettiğini göstermektedir. Buna karşın, sulu toz arındırma 80 mg / Nm³'e kadar toz emisyonu ile sonuçlanmaktadır (5.4 – 78 mg / Nm³ arasında değişir) [180, Assofond, 2002]. Sulu toz arındırma sistemi kullanan bir Alman kupolunda bu değer 68 - 94 mg / m³ olarak rapor edilmiştir (Bkz Tablo 3.4).

Kupol Türü	Kapasite Ton / saat	Egzoz Türü	Akış m ³ / s	D. Gaz Temiz. Ekipmanı	Toz Mg / Nm ³	SO ₂ Mg / Nm ³	CO Mg / Nm ³	NO _x Mg / Nm ³	HF Mg / Nm ³	O ₂ Hacim %
Sıcak hava ¹⁻¹	19	UC	29000	Venturi ¹⁻¹	41	21	17798	21	n.d	11
Sıcak hava	20	UC	40000	Dezentegratör (parçalayıcı)	5	57	712	11	n.d	11
Sıcak hava	24	UC	46445	Torba filtre	1.1 - 1.4	20	14 - 17	70 - 75	7	11
Sıcak hava	25	UC	35000	Venturi	36	28	21	16	n.d	11
Sıcak hava	60	UC	75000	Dezentegratör	5	58	9	7	n.d	11
Soğuk hava	3.2	AC	12000	Torba filtre	10	401	5084	16	1	11
Soğuk hava	5	AC	23000	Torba filtre	6	434	28558	63	n.d	11
Soğuk hava	8	AC	20000	Torba filtre	20	401	936	36	n.d	11
Soğuk hava	9	UC	22000	Torba filtre	4	105	17286	60	n.d	11

1) Eski bir reküperatör ile çalışan

UC: Şarj altı gaz toplama; AC: şarj üstü gaz toplama. Tüm veriler devamlı izlenen günlük ortalama değerlerdir.

Tablo 3.7 Farklı Ayarlarda Çalışan Sıcak Hava ve Soğuk Hava Kupolları İçin Emisyon Verileri [29, Batz, 1986], [202, TWG, 2002], veriler % 11 O₂ olacak şekilde yeniden hesaplanmıştır.

3.2.2.4 Kupol Cürufu

Cüruf besleme materyalinin içerisinde bulunan kirden, fırın refrakterinin aşınmasından, kok külünden ve metal şarjın erime kayıplarından meydana gelen, eriyiğin üzerinde yüzen oksitlerden oluşur [225, TWG, 2003]. Cüruflar vermikülit gibi bağlayıcı maddelerin ilave edilmesi yoluyla bağlanır. Kupol cürufunun tipik kompozisyonu Tablo 3.8’de verilmiştir. Kupol fırını tipik olarak sıvı demir tonu başına 40 – 80 kg cüruf üretir.

Bileşik	%
SiO ₂	45 - 55
CaO	25 - 40
Al ₂ O ₃	8 - 20
MgO	1 - 3
MnO	1 - 4
FeO	1 - 6
Sülfür	<1
TiO ₂	<1
ZnO	<0.1

Tablo 3.8: Tipik bir kupol cürufu bileşimi [172, Neumann, 1994], [156, Godinot, 2001]

Kupol cürufu % 30 refrakter materyal, % 10 kum (içerideki hurdadan), % 40 CaO (eritken), % 10 kok külü ve % 10 yanma materyalinden oluşur.

Kupol cürufuna dair önemli bir husus yüksek SiO₂- içeriğidir. Söndürmeden sonra, cüruf camlaşmış bir yapıya kavuşur. Bu da durağan sızmaz bir materyal oluşturur.

3.2.2.5 Atık Refrakter

Kupol fırının eritme bölgesi üzerindeki kaplama materyali (kuartz – kil karşımı) yalnızca bir eritme operasyonu boyunca dayanma özelliğine sahiptir. Refrakterin ana bölümü bu aşamada cürufa dönüşür. Çıkarılıp atık olarak bertaraf edilmesi gereken miktar uygulanan miktardan çok daha küçüktür.

3.2.3 Elektrikli Ark Fırınları

Girdi	Çıktı
- demirli materyal (çelik hurda döküntüsü, dökümhane kalıntıları, talaş, pik demiri, ...)	- metal alaşım (dökme çelik)
- alaşım metali (ferro-alaşımlar, ...)	- toz (metal içeriği, refrakter)
- eritken (kireç taşı, ...)	- NO _x , CO ₂ , CO
- enerji (elektrik, gaz i yağ)	- organik hava kirleticileri, HC
- oksijen	- metal oksit dumanları
- elektrotlar	- cüruf (CaO, SiO ₂ , MgO)
	- atık refrakterler

3.2.3.1 Girdi

Bir ton çeliğin eritilmesi ve döküm sıcaklığına getirilmesi için 500 - 600 kilovat saat elektrik kullanılır. Fırınlarda normalde ton başına 500 kVA’da 1.5 saatlik eritme süresine sahiptir.

Elektrotlar grafitten oluşur ve operasyon boyunca oksidasyon, volatilizasyon (uçma) ve kırılma yoluyla tüketilir. Bu nedenden dolayı gerektiğinde bunların yerini başkalarının alması gerekir. Üç tonluk bir fırın tipik olarak 200 mm çapında elektrotlar kullanır. Elektrot tüketimi arkla eritme maliyetinde önemli bir faktördür ve bu bağlamda rakamlar üretilen çeliğin türüne ve kullanılan uygulamaya bağlı olarak eritilen çelik tonu başına 3 – 10 kg arasında değişebilmektedir. [174, Brown, 2000]

3.2.3.2 Partikül Madde

Literatürde rapor edilen partikül emisyon oranları ton başına ortalama 5 – 8 kg olmak üzere, şarj edilen demir tonu başına 2 – 20 kg arasında değişmektedir. En yüksek emisyon oranları eritme döngüsünün başında, karbonsuzlaştırma işlemi sırasında ve geri şarj etme sırasında kaydedilir [173, Huelsen, 1985]. Partikül büyüklükleri 1 pm'den az ya da 100 pm'ye kadar olabilir. Bunun yanı sıra bunların % 50'si 3 – 5 pm'den daha küçüktür. Oksijen artması sırasında uygulanan bir analiz partiküllerin neredeyse % 90'ının 5 pm'den daha küçük olduğunu göstermiştir.

Partikül maddelerin kimyasal kompozisyonlarına bakıldığında, daha büyük aralıkta ölçüm verilerine ulaşılabilir. Tablo 3.9 literatürde rapor edilen rakamları vermektedir.

Madde	Ağırlık yüzdesi (%)
FeO + Fe ₂ O ₃	30 - 60
SiO ₂	5 - 35
CaO	1 - 15
MgO	0 - 15
ZnO	0 - 16
SiO ₂	0 - 8
MnO	2 - 10
Al ₂ O ₃	0 - 5
MoO ₃	<1
NiO	<1
Pb	<1
Cd	<0.01
TiO ₂	<0.05
V ₂ O ₅	<0.05
Kızdırma kaybı	0 - 4

Tablo 3.9: Çelik Dökümhanelerden Çıkan EAF Tozunun Kimyasal Bileşimi [32, CAEF, 1997]

Fırın tozunun kompozisyonu genel olarak üretilecek çeliğin sınıfına bağlıdır. Örneğin, düşük alaşımlı çelikler krom ya da nikel içerikli emisyon yaymazken, paslanmaz çelik yayacaktır. Diğer önemli bir unsur ise hurda kalitesidir. Galvanize çelik hurda döküntüsünün eritilmesi büyük oranlarda çinko oksit emisyonuna sebep olacaktır.

Fırının uygun bir şekilde bitirilmesi fırın tozunun % 98'inin yakalanmasına imkan tanır. Yakalanan egzoz gazı daha sonra genellikle torba filtre aracılığı ile temizlenir. Bu toz emisyon seviyelerini 10 mg / Nm³'ün altına düşürür. [29, Batz, 1986]

3.2.3.3 Gözle Görülebilir Duman

Gözle görülebilir duman sıcak fırınların şarj edilmesi sırasında ve eritme döngüsünün başında salınır. Mevcut literatür bu tür ikincil emisyonların miktarına ve kompozisyonuna ilişkin bilgi rapor etmez. Burada da dumanın yapısı şarj materyalinin yağ, gres, boya ya da diğer organik madde içeriği bakımından temizliğine bağlıdır.

3.2.3.4 Atık Gazlar

Elektrikli ark fırınları genellikle çeliğin eritilmesinde kullanılır. Bunlar genellikle nitrojen oksit, karbon monoksit ve organik bileşikler gibi gaz bileşikler ve toz emisyonları üretir. Organik bileşiklerin yapısı besleme materyalinin içerisindeki kirin miktarına ve türüne bağlıdır. Dökümhanelerde şarj malzemesi olarak kullanılan bu ham malzemeler genellikle dioksin üretebilecek malzemeler içermeyecek şekilde seçilir. Yanma sonrası olmadan hurda ön-ısıtması uygulanmadığı sürece organik bileşikler zararsız ürünlere ayrışır. [29, Batz, 1986]

Başlıca yanma gazı bileşenlerine ait emisyon verileri Tablo 3.10'da verilmiştir. İtalyan dökümhanelerinden elde edilmiş envanter verileri torba filtre kullanıldığında toz seviyesinin 10 mg / Nm³'ün altında olduğunu göstermektedir (1,2-8,3 mg / Nm³ arasında değişir). Sulu toz arındırma uygulandığında ise 25 mg / Nm³'ün altında toz emisyonu sağlanır (12-24.5 mg / Nm³ arasında değişir). [180, Assofond, 2002]

	Kapasite ton/ şarj	Salınan gazı Toplama	Akış m3 / saat	Baca gazı top. ekipmanı	Toz Mg / Nm3	SO ₂ Mg / Nm3	CO Mg / Nm3	NO _x Mg / Nm3	HF Mg / Nm3	O ₂ Hac. %
EAF	50	FH	265000	Torba filtre	2	n.d	n.d	50	n.d	20
EAF	2 x 50	FH	380000	Torba filtre	4	n.d	n.d	n.d	n.d	20
EAF	10	PH	160000	Torba filtre	1	1	200	5	0.1	20
FH: tam kaplama; PH: Yarım kaplama										

Tablo 3.10: EAF Fırınları İçin Genel Emisyon Değerleri [29, Batz, 1986]

Eritme ve damıtma sırasında metal yunağında karbon ve grafit elektrotların oksitlenmesi nedeniyle CO oluşur. Tahmini miktar, şarj materyalinin başlangıçtaki karbon içeriğine ve işlemiden sonra istenilen karbon seviyesine bağlı olmakla beraber, 6 – 20 Nm³ CO / tondur (ya da 7.5 – 25 kg CO / ton). Oksijen enjeksiyonu metal yunağından demir oksit (kırmızı duman) emisyonuna neden olur. Bunlar dışında önemli bir emisyon rapor edilmemiştir. [32, CAEF, 1997]

3.2.3.5 Cüruflar

Elektrikli ark fırınlarına ait cürufların kimyasal bileşimi Tablo 3.11’de verilmiştir. Rapor edilen değerler 3 numunenin analizine dayanır.

Bileşik	Ortalama (%)	Aralık (%)
SiO ₂	36.2	28,6- 41,8
CaO	12.4	7,2- 17,7
MgO	22.1	18,3- 27,0
Al ₂ O ₃	8.4	7,4- 0,1
FeO	0.7	0,5- 1,0
MnO	14.8	4,0- 29,6
TiO ₂	1.2	0,39- 2,7
Na ₂ O	0.3	0,11- 0,57
K ₂ O	0.1	0,1- 0,23

Tablo 3.11: EAF Cürufunun Kimyasal Bileşimi [171, Döküm Geliştirme Merkezi, 1999]

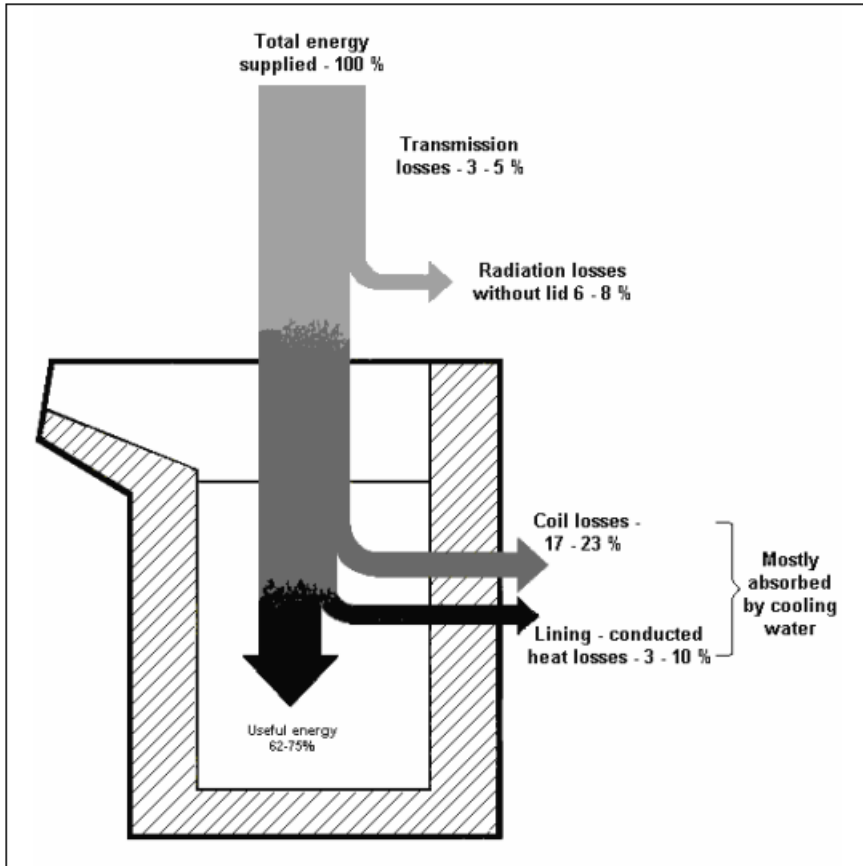
3.2.4 İndüksiyon Fırınları

Girdi	Çıktı
- demirli materyal (pik demiri, çelik hurda döküntüsü, talaş, dökümhane kalıntıları, ...)	- metal alaşım (dökme demir, dökme çelik)
- alaşım metali (ferro-alaşımlar, ...)	- toz
- karbürleme maddesi, eritken	- organik ve metalik duman
- enerji (elektrik)	- CO
- soğutma suyu	- cüruf
	- refrakter atığı

3.2.4.1 Maçasız İndüksiyon Fırınları

3.2.4.1.1. Enerji Girdisi

Maçasız indüksiyon fırınları 600 kilovat saat elektrik kullanarak bir ton demiri eritebilir ve sıvı metal sıcaklığını 1450°C'ye çıkarabilir. Ancak, uygulamada yalnızca birkaç dökümhanede haftalık bir temelde bu özel tüketim seviyesine erişilebilir. Asıl enerji tüketimi fırının çalışma rejimine ve boyutuna göre değişir. Günde 24 saat çalışan ve eriyik ökçe kullanan büyük fırınlar 600 kilovat saat / ton değerine erişebilir. Dökümhanelere yönelik araştırmalar 520 – 800 kilovat / ton metal şarjı tüketiminin yaygın olduğunu ve boşaltma hattının eriyik metali kabul etme hızı ve fırın kapaklarının etkili bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı gibi bireysel eritme uygulamalarına göre değerlerin değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Enerji tasarrufu önlemlerinin uygulanması ile 550 – 650 kilovat saat / ton metal şarjı rakamlarına erişilebilir. Maçasız indüksiyon fırınlarındaki tipik ısı kayıpları Şekil 3.2'de verilmiştir. [47, ETSU, 1992], [174, Brown, 2000], [202, TWG, 2002]



Şekil 3.2: Şebeke Frekanslı Maçasız İndüksiyon Fırınından Kaynaklanan Genel Enerji Kayıpları [47, ETSU, 1992]

3.2.4.1.2. Partikül Madde

Literatürde 0.06 – 1 kg / ton metal şarjı değerinde emisyon oranları rapor edilmiştir; ancak halihazırda

0.04 – 3 kg / ton emisyon oranları normal kabul edilir. En yüksek emisyon oranları şarj etme sırasında ve eritme döngüsünün başında meydana gelir. Partikül büyüklükleri 1 – 100 am arasında değişir. Bunun yanı sıra bunların % 50'sinden fazlası 10 – 20 µm'den küçüktür. [32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002]

Alman indüksiyon fırınlarına ait toz emisyon seviyeleri ve PM dağılımı Tablo 3.12'de verilmiştir.

Baca gazı temizleme	Hacim (m ³ / s)	Toplam toz (mg / m ³)	PM ₁₀ (%)	PM ₂₅ (%)
Kaplama ve torba filtre	10400	c. 0.4	78	50

Tablo 3.12: IF Toz Emisyon Düzeyi ve PM Büyüklük Dağılımları [202, TWG, 2002]

Çeliğin eritilmesi sırasında ortaya çıkan partikül maddelerin kimyasal kompozisyonuna ilişkin yayımlanmış bir veri bulunmamaktadır; ancak Tablo 3.13'te gösterildiği üzere dökme demirin eritilmesi sırasında salınan tozun kompozisyonuna yakın olduğu düşünülmektedir. Zn, Pb ya da Cd bulunması şarjın eritilmesi sırasında metal dumanlarına neden olur.

Madde	Ağırlık yüzdesi (%)
FeO + Fe ₂ O ₃	30 - 70
SiO ₂ (kaplama materyaline bağlı olarak)	5 - 25
MnO	<5
Al ₂ O ₃ (kaplama materyaline bağlı olarak)	3 - 10
CaO	<1
ZnO (şarj materyaline bağlı olarak)	<5
Metal oksitler (şarj materyaline bağlı olarak)	<0.1
Kızdırma kaybı	0 - 10

Tablo 3.13: Dökme Demir Dökümhanelerinde İndüksiyon Fırınlardan Çıkan Tozun Kimyasal Bileşimi [32, CAEF, 1997]

3.2.4.1.3. Atık Gazlar

İndüksiyon fırınlarında demir ve çeliğin eritilmesi sonucu ortaya kupol fırınları ile kıyaslandığında az miktarda emisyon çıkar. Bilhassa fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar önlenir. Yan-cereyan, hareketli kaplamalar ve fırının kısmen bitirilmesi gibi özel bazı duman yakalama sistemlerinin kullanılması yoluyla % 95'e kadar egzoz yakalama verimliliği elde etmek mümkündür. Salınan gazların filtrelenmesi genellikle kuru sistemler aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu sayede 5mg / Nm³'ün altında emisyon seviyelerine ulaşılabilir. [225, TWG, 2003]. Tipik emisyon verileri Tablo 3.14'te verilmiştir.

	Kapasite Fırın sayısı x ton / şarj	Salınan gazı toplama	Akış m ³ /s	D. gazı toplama ekipmanı	Toz mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³	NO _x mg/m ³	HF mg/m ³	O ₂ vol %
IF	(2 x 10) + (3 x 3)	Yan-cereyan	54000	Torba filtre	5	n.d	n.d	n.d	n.d	21

Tablo 3.14: Demirli Dökümhanelerde İndüksiyon Fırınında Eritme İşlemi İçin Genel Emisyon Verileri [29, Batz, 1986]

Yağlı hurda döküntülerinin ve talaşların soğuk fırınlara şarj edilmesi egzoz gazında organik buharlara neden olur ve bunlar eritme döngüsünün başında meydana geldiği için yanmaz. Bu tür hurda döküntülerinin eriyik metal yunağına ilave edilmesi (diğer bir deyişle eriyik ökçe uygulaması) metal yunağında ufak çaplı patlamalar meydana gelebileceğinden ve bu patlamalar da fırının dışına metal damlaları sıçratabileceğinden oldukça tehlikelidir.

Bu çalışmanın kapsamı yalnızca dökümcülük ile sınırlı olduğundan elektrik enerjisi üretimine ilişkin emisyon verileri dikkate alınmamıştır.

3.2.4.1.4. Cüruflar

İndüksiyon fırınlarına ait cürufların tipik özellikleri Tablo 3.15'te verilmiştir. İndüksiyon fırınları metal şarjı tonu başına 10 - 20 kg cüruf üretir. Üretilen cürufun miktarı şarj materyalinin kalitesine bağlıdır. İçerideki hurda döküntüsü yeniden eritilmeden önce temizlenir (üfürüme tabi tutulur) ise verilen aralığın sınırları düşecektir.

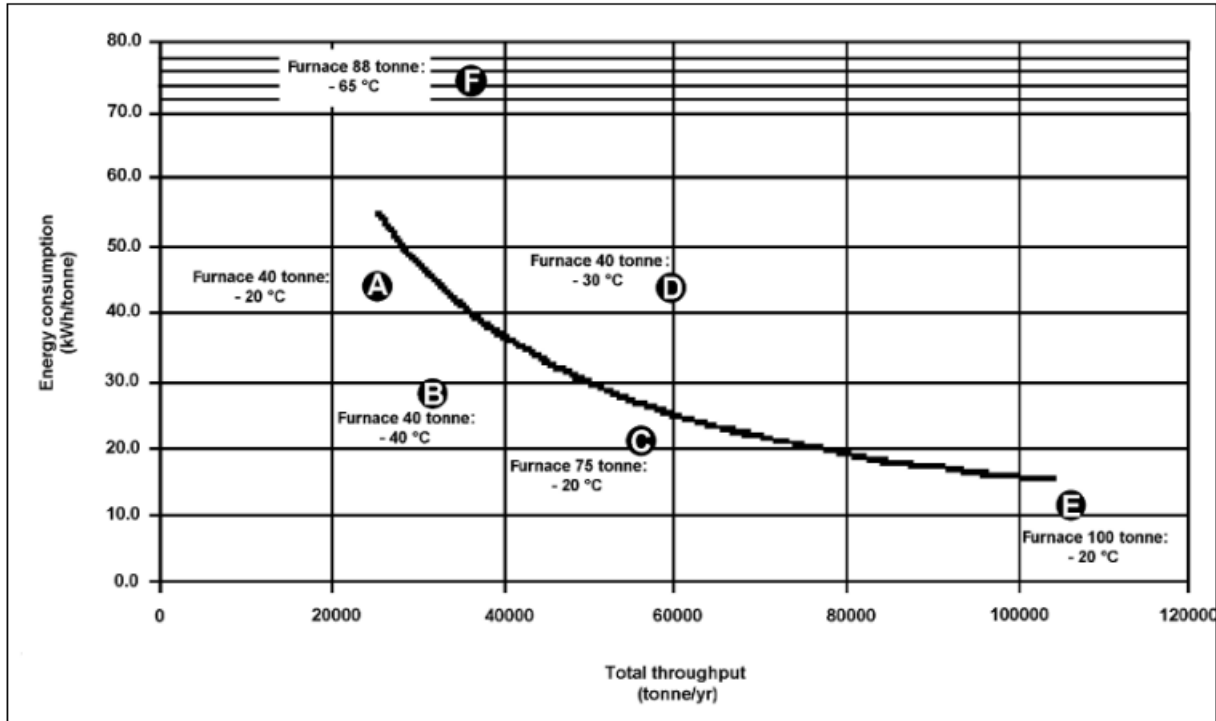
Bileşik	%
SiÜ ₂	40 - 70
FeO	10 - 30
Al ₂ O ₃	2 - 15
MnO	2 - 10
CaO	0 - 3
MgO	0 - 3

Tablo 3.15: İndüksiyon Fırını Cürufunun Kimyasal Bileşimi [172, Neumann, 1994]

3.2.4.2 Kanallı İndüksiyon Fırınları

Demirli metal dökümhanelerinde kanallı indüksiyon fırınları genellikle bekletme fırınları olarak kullanılır. Sıcak hava kupolları ile çiftli operasyonlarda tercih edilen bir fırın türüdür. Bu durumda, fonksiyonu metali bekletmek, kimyasal kompozisyonunu homojenleştirmek ya da döküme eriyik metal havzası olarak hizmet etmektir. Fırının rolü metal sıcaklığını artırmak değildir; daha ziyade fırın istenmeyen soğumayı engellemek için kullanılır.

Şekil 3.3 bazı temsili kanallı indüksiyon fırınlarının enerji tüketimini gösterir. Tüketim bekletme süresi gibi süreç ile ilgili parametrelere bağlıdır. Grafik yıllık tonajın artması ile tüketimin düştüğünü göstermektedir. Uç değerler aktarılan ton başına 80 ve 20 kilovat saattir.



Şekil 3.3: Bir Transfer Tonaj İşlevi Olarak Enerji Tüketimi (kWh/ton) ve Kanallı İndüksiyon Fırınları İçin Isı Kaybı [140, AB Tematik Döküm Ağı Atıkları, 2001]

3.2.5 Döner Fırınlr

Girdi	Çıktı
- demirli materyal (pik demiri, çelik hurda döküntüsü, talaş, dökümhane kalıntıları, ...)	- metal alaşımlar (dökme demir)
- alaşım metali (ferro-alaşımlar, ...)	- toz
- karbürleme maddesi, eritken	- organik ve metalik dumanlar
- enerji (elektrik, yağ, gaz)	- cüruf
- soğutma suyu	- refrakter atığı

3.2.5.1 Girdi

Elektrikli ergitmede olduğu gibi, döner fırınlarda kullanılan enerji kaynağı, özellikle doğal gaz veya propan gazı kullanılıyor ise, temiz bir süreç elde edilmesine izin verir. Yüklü hurdanın kirlenme derecesi, ortaya çıkan emisyonun miktarı ve yapısı bakımından oldukça önemlidir. Bu gerçek, neden tek bir emisyon biçiminin oluşmadığını ve neden ölçüm verilerinde büyük farklılıklar olabileceğini açıklamaktadır.

3.2.5.2 Partikül Madde

Partikül madde şarj materyaline yapışan kir, şarj etme ya da eritme sırasında kaplamada meydana gelen aşınma, alaşım elementlerinin yanması ve şarjdaki farklı katkı maddelerinden kaynaklanır. Rapor edilen veriler genel emisyon verilerini 0,3 – 2,9 kg / ton metal şarjı olarak gösterir. Tane büyüklüğü oldukça küçük olmakla beraber 1 am – 100 am arasında değişir. Bunların % 20'si 1 µm'den küçük, % 60'ı 10 µm'den küçük ve % 95'i 50 µm'den küçüktür. [32, CAEF, 1997], [204, Carnicer Alfonso, 2001]. Döner fırınlara ait tozun kimyasal kompozisyonu Tablo 3.16'da verilmiştir.

Bileşik	%
Demir oksitler	50 - 75
MnO	<1
SiO ₂	<1
MgO	1 - 2
CaO	<0.5
ZnO	<1
Pb	<0.5
Sn	0.2
Kızdırma kaybı	5 - 10

Tablo 3.16: Demirli Dökümhanelerde Döner Fırından Çıkan Tozun Kimyasal Bileşimi [204, Carnicer Alfonso, 2001]

3.2.5.3 Atık Gazlar

CO₂ üretiminin 120 kg / ton metal şarjı olduğu tahmin edilmektedir. Fırınlrın ısı verimi kapasiteye bağlı olmakla beraber % 50- 65¹ kadar yüksektir. Bu yüksek verim yanma ortamı olarak hava yerine saf oksijen kullanılmasından kaynaklanır. Azalan alev koşulları altında yakıtın ya da gazın yanması tamamlanmayabilir. Bu koşullar altında CO üretimi gerçekleşebilir. Ancak, bu noktada egzoz gazları fırını 1500°C sıcaklıkta terk eder ve gazları soğutmak için kullanılan ortam havası ile temas ettiğinde kendiliğinden yanar.

Sülfür taşıyan bir yakıt kullanılır ise, SO₂ emisyonu önemli boyutlara ulaşabilir. Ancak, doğal gaz ve propan gazı ciddi bir SO₂ emisyonuna sebep olmaz.

5 tonluk bir fırından salınan gazlarda 50 – 250 ppm NO_x emisyonu ölçülmüştür. NO_x ortam havası yakıcının kapısından doğru fırının içerisine sızıyor ise yüksek alev sıcaklıklarında (2800 °C) hava azotunun oksitlenmesinden kaynaklanır. Oksitleyici alev rejimi sırasında üretilen NO_x ciddi boyutlardadır; ancak azaltma rejimi sırasında bu üretim düşüktür. Muhtemelen fırındaki yüksek alev sıcaklığı ve şarj materyalinin oldukça temiz olması nedeniyle, karbon emisyonlarına ilişkin rapor yayımlanmamıştır. [32, CAEF, 1997]

¹ Oksijen üretiminde kullanılan enerji dikkate alınmadığında durum bu şekildedir. Oksijen üretimi ile beraber verim %10-15 daha az olacaktır. Bunun yanı sıra yanan şarj elementlerinin (C, Si) yerine kullanılan enerji de bu değerden düşülür ise ortaya çıkan birincil verim yalnızca %30-35 olacaktır.

Basit hava / yakıt yakıcıları ve art yakıcı ile çalışan demirli döner fırınlarda, toz emisyonu eritme

4 döngüsünün katı aşamalarında kısa süreler halinde $250 \text{ mg} / \text{m}^3$ civarında en üst seviyeye (pik seviye) erişir (3 saniye aralıkla devamlı olarak; aynı zamanda bir dakikalık bir dönem boyunca kesintili olarak). Daha sonra, şarj sıvılaşmaya başladığında toz emisyonları normal çalışma sırasında $30 \text{ mg} / \text{m}^3$ 'ün altına düşer. Eriğin katı aşamalarında emisyonlar devamlı olarak $150 - 200 \text{ mg} / \text{m}^3$ kadar yüksek seyredebilir. Emisyonların % 40'ının yanabilir emisyon olması yaygın görülen bir durumdur. Döner fırınlardan yayılan

yüksek emisyonlar en az % 80 yanmamış yakıttan oluşur ve şarj etme operasyonları sırasında, ana fırın yakıcısı söndürüldüğünde ve yeniden yakıldığında meydana gelir. Yukarıda bahsedilen emisyonlar sadece şarj etme dahil tüm süreç boyunca dumanlar tam işlevsel olarak bekletilen bir art yakıcı ile kanalizasyon ile sevk edilir. [163, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]. Art yakıcısı bulunmayan oksijen - gaz döner fırınlar için aşağıdaki ham gaz tozu seviyeleri rapor edilmiştir: iki ayrı eritme aşamasında ortalama $400 - 450 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ toz yükü. Bu aşamalar, $150 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ toz emisyon seviyesine sahip katı aşama ve dönme eyleminin başlangıcında $1500 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ ve normal operasyon sırasında $600 - 700 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ pik seviyesine sahip sıvı metal aşamasıdır. [204, Carnicer Alfonso, 2001]

Tipik emisyon verileri Tablo 3.17'de verilmiştir. Bu veriler baca gazı temizleme ekipmanı bulunmayan

1.4 ton / saat dökme demir eritme kapasitesine sahip bir eritme fırınından elde edilmiştir. İtalyan dökümhanelerinden alınmış envanter verileri torba filtre kullanıldığında toz seviyelerinin $15 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ 'ün altına düştüğünü göstermektedir ($0.6 - 14.6 \text{ mg} / \text{Nm}^3$ arasında değişir). [180, Assofond, 2002]

Parametre	Ölçülen değer	Parametre	Ölçülen değer
Gaz akışı (Nm^3/s)	9000	Klor (mg/Nm^3)	0.01
Kapasite (ton/s)	1.4	Dioksinler (ngTEQ/Nm^3)	0.018
SO_2 (mg/Nm^3)	70 ± 60	PAH'lar (ng/Nm^3)	
NO_x (mg/Nm^3)	200 ± 200	Naftalin	548
CO (mg/Nm^3)	20 ± 10	Fenanten	269
Hidrokarbonlar (mg/Nm^3)	<1	Antrasen	9
HCl (mg/Nm^3)	1.64	Flüoranten	102
HF (mg/Nm^3)	0.91	Piren	55
Toz (mg/Nm^3)	220	Benzo(a)antrasen	10
Cıva (mg/Nm^3)	0.35	Krizen	73
Kadmiyum (mg/Nm^3)	0.001	Benzo(a)flüoranten	3
Talyum (mg/Nm^3)	<0.0015	Benzo(b)+(k)flüoranten	39
Arsenik (mg/Nm^3)	0.0002	Benzo(a)piren	12
Nikel (mg/Nm^3)	0.015	Benzo(e)piren	20
Kobalt (mg/Nm^3)	0.0001	Indeno (1,2,3-cd)piren	10
Kurşun (mg/Nm^3)	0.38	Dibenzo(a,h)+(a,c)antrasen	3
Krom (mg/Nm^3)	0.022	Benzo(g,h,i)perilen	11
Bakır (mg/Nm^3)	0.196	Perilen	4
Manganez (mg/Nm^3)	0.38	Antantren	3
Antimon (mg/Nm^3)	<0.0001		
Vanadyum (mg/Nm^3)	0.011		
Kalay (mg/Nm^3)	0.0187		
Selenyum (mg/Nm^3)	<0.0001		
Platin (mg/Nm^3)	<0.0006		
Paladyum (mg/Nm^3)	<0.0029		
Rodyum (mg/Nm^3)	<0.0016		
Çinko (mg/Nm^3)	1.768		
Demir (mg/Nm^3)	64.63		
- Baca gazı temizlemesi olmaksızın tesis verileri			
- 3 ölçümün ortalama değerleri; standart sapma % 30'dan büyük iken değerler elde edilmiştir.			

Tablo 3.17: Baca Gazı Ekipmanı Olmaksızın Döner Fırın ve Döküm Demir Eritme İçin Ölçülen Emisyonlar [110, Vito, 2001]

3.2.6 Argon Oksijen Karbonsuzlaştırma (AOD) Dönüştürücüsü

Girdi	Çıktı
- eriyik çelik	- karbonsuzlaşmış çelik
- alaşım metalleri (ferro-alaşımlar)	- metal oksit tozu ve dumanı (Fe,Mn,Cr,Ni)
- Al, FeSi, kireç	- gazlar (CO ₂ , CO, soy gazları)
- O ₂ , N ₂ , Ar	- cüruf (CaO,SiO ₂ , AlO ₃)

3.2.6.1 Girdi

AOD dönüştürücüsü genellikle düşük karbonlu paslanmaz çelik üretiminde ve özel bazı durumlarda karbonlu ve düşük alaşımlı çelikte; karbon, sülfür ve oksit gibi kirlerin ortadan kaldırılmasında; ve aynı zamanda yüksek kromlu paslanmaz çeliğin karbonsuzlaştırılmasında kullanılır. İşlenen materyal elektrik arkı fırınları ya da indüksiyon fırınlarında eritilen ve daha sonra kepçeler yoluyla kaplara boşaltılan sıvı çeliktir. Bu teknik genellikle çelik endüstrisinde görülür; ancak sınırlı seviyede olsa da dökümhanelerde de uygulanır. Karbonsuzlaştırma için, dönüştürücüye oksijen enjekte edilir. Oksijen CO gazına dönüştürecek şekilde karbonu oksitler ve bu da sıvı metalden kaçar. Oksidasyon sırasında oksijen ve karbon arasında meydana gelen ve daha sonrasında azaltma sırasında oksijen ve alüminyum (ve/veya silikon) arasında meydana gelen yanma reaksiyonundaki enerji haricinde bir enerji kaynağı kullanılmaz.

Karbon tüketimi çelik tonu başına 50 – 120 m³ CO ve 25 – 60 m³ oksijen olmak üzere, % 0.4 – 1 arasında değişir. Sülfürü yok etmek için tamamen azaltılmış sıvı çelikte yüksek bazlı cüruf kullanılması gerekir. Alüminyum ya da silikon ve kireç gibi azaltma materyalleri AOD çevirisinde şarj edilir. Tüketim seviyeleri çeliğin kalitesine bağlıdır ve Tablo 3.18’de verilmiştir.

Bileşik	Tüketim (çelik tonu başına)
CO	50 - 120 m ³
O ₂	25 - 60 m ³
Al	1 - 2.5 kg
Kireç	10 - 20 kg
Si	1 - 2 kg
Ar	1 - 5 m ³

Tablo 3.18: Çeliğin AOD İşlemi İçin Tüketim Seviyeleri [202, TWG, 2002]

3.2.6.2 Çıktı

Toz emisyonları hem nitelik hem de nicelik bakımından elektrik arkı fırınlarında oluşan tozlara benzer. AOD tozu emisyonlarının hurda şarjından kaynaklanan kalıntı (organik) madde seviyeleri düşüktür; diğer taraftan AOD kaplarında işlenen genellikle paslanmaz çelik olduğundan metal oksit (Cr, Ni) seviyeleri yüksektir.

3.2.6.3 Atık Gazlar

AOD ağızından yayılan atık gazlar karbon monoksit ve soy gazlarından oluşur. Karbon monoksit yayılımının oranı tüyerlerdeki oksijen enjeksiyon oranı ve oksijen verimliliğine ya da karbon ile reaksiyona giren oksijenin yüzdesine bağlıdır. Bu oksijen verimliliği, ya da geleneksel olarak AOD operasyonunda adlandırıldığı şekliyle “karbon atma verimliliği” yunaktaki karbon seviyesi, sıcaklık, yunak kimyası ve enjekte edilen gazların karışımı gibi değişkenlerin bir araya gelmesi sonucu AOD üfürümünün seyri esnasında değişir.

CO ve soy gaz karışımı yaklaşık yunak sıcaklığında kabı terk eder. Kaptan ayrılan CO karışımı CO’yu tam olarak yakmak ve CO₂ elde etmek için kısa süre içerisinde egzoz borusunda aşırı yanma havası ile karıştırılır. Bu yanabilir ya da patlayabilir karışımların kanaldan aşağıya akıp filtreleme ekipmanına erişmesinin engellenmesi için yapılır.

3.2.6.4 Cüruflar

Sürecin özellikleri nedeniyle bunlar genellikle tüketildiğinden metal oksit cürufları oldukça “temizdir”. Cüruf kompozisyonu Tablo 3.19’da verilmiştir.

Bileşik	%
CaO	50 - 70
Al ₂ O ₃	5 - 25
SiO ₂	10 - 25
MgO	5 - 15

Tablo 3.19: AOD cürufu bileşimi [202, TWG, 2002]

3.2.7 Vakumlu Oksijen Karbonsuzlaştırma Dönüştürücüsü (VODC)

VODC süreci düşük basınç altında karbonsuzlaştırma işleminden oluşur. AOD sürecinden çok daha az kullanılan bir süreçtir. Vakum süreci (Elektrik arkı fırını / vakum) 1991 yılında Batı Dünyasında paslanmaz çelik üretiminin %5,8'ini oluşturmuştur. Bu teknik çelik tonu başına 1 Nm³ Ar tüketimi gerçekleştirir. Krom oksitlenmesi düşük olan bu teknik 3 – 5 kg / ton silikon tüketimi gerçekleştirir. VODC ultra düşük karbon ve nitrojen sınıflarının üretilmesine imkan tanır. [202, TWG, 2002]

3.2.8 Çelik Damıtma ve Arıtma

Deoksidasyon amacıyla alüminyum genellikle çubuk şeklinde kullanılır. İlave edilme oranları orta düzeyde karbonlu çelik için %0,1'den düşük karbonlu çelik için %0.2'ye kadar değişiklik gösterir. Geri kazanım % 35-% 80 arasındadır. Bu bağlamda alüminyum telin mekanik yollarla beslenmesi de kullanılan bir yöntemdir. [174, Brown, 2000].

3.2.9 Dökme Demir Arıtma

3.2.9.1 Nodülarizasyon

Çeşitli nodülarizasyon yöntemlerinin karmaşıklığı, verimliliği ve baca gazı üretimleri Tablo 3.20'de verilmiştir.

	Sandviç	Tandış kaplama	Daldırma	Devridaim (Flow through)	Tel enjeksiyonu	Kalıp içi (inmould)	Düktilatör
Mg-verimliliği (%)	35 - 50	45 - 60	40 - 60	40 - 50	20 - 50	70 - 90	60 - 75
Baca gazı üretimi	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yok	Yüksek
Yorum	Kolay operasyon	Optimize sandviç ama daha fazla bakım	Yüksek bakım	Yüksek bakım	Pahalı kurulum	Farklı boşaltma sistemi tasarımı	Yüksek bakım

Tablo 3.20: Çeşitli nodülarizasyon prosedürlerinin karşılaştırılması [110, Vito, 2001], [225, TWG, 2003]

3.3 Alüminyum Eritme ve Metal Damıtma

3.3.1 Alüminyumda Kullanılan Eritme Fırınlarına Genel Bakış

Tablo 3.21 çeşitli alüminyum eritme fırınlarının özelliklerini ve tüketim ve emisyon verilerini göstermektedir. Fırın kapasitelerinin ve kurulumlarının oldukça farklı olabilmesi nedeniyle literatür her daim tutarlı tüketim aralıkları sunmamaktadır. Tüketim seviyeleri büyük ölçüde fırın kapasitesi, metal sıcaklığı ve şarj yoğunluğu gibi kullanım şartlarına bağlıdır.

Saf başlangıç materyalinin ve genellikle elektrik ve gaz ateşlemeli ısıtmanın kullanılması eritme işleminden nispeten düşük emisyon yayılımına neden olur. Salınan gazın kalitesine yönelik büyük endişeler bulunmadığından baca gazının kompozisyonuna yönelik sınırlı bilgi bulunur.

Alüminyum eritme operasyonlarında, metal duman üretimi gerçekleşmez ve metal sadece posa oluştuğunda kaybolur. Bu tür kayıplar yanma kaybı olarak adlandırılır ve aslında eriyik metalin oksitlenmesidir. Bu, çevreleyen cürufun miktarına ve yanmanın meydana gelip gelmediğine bağlıdır. Fırına hava sızması ya da yakıcının düzgün çalışmaması sonucu meydana gelebilir. Bu tür kayıpların maliyetleri yüksek olabilir, hatta bazen enerji maliyetinden de yüksek olabilir. [148, Eurofine, 2002]

	Birimler	Döner fırın	Şömine tipi fırın	Dikeç fırın	Potalı fırın		
Alt tip			Tek odalı		Yakıt ısıtmalı	Direnç ısıtmalı	İndüksiyon
Enerji kaynakları		Yakıt (sıvı, gaz)	Yakıt (sıvı, gaz)	Yakıt (sıvı, gaz)	Yakıt (sıvı, gaz)	Elektrik	Elektrik
Isıl verim ¹	%	15 - 40	<30 - 57	35 - 60	15 - 40	65	65 - 70
Birincil ısıl verim ²	%	15 - 40	<30 - 57	35 - 60	15 - 40	22	22 - 25
Özel enerji talebi ³	Kilovat saat/t Al ⁴	600 - 1250	975 - 1150	580 - 900 <i>610-720</i>	900 - 1200 <i>610-680</i>	750 <i>470-590</i>	475 - 640 <i>440-470</i>
Seri / kesintisiz		Seri	Seri	Kesintisiz	Seri	Seri	Seri
Eritme kapasitesi	t	3 - 10	0.5 - 30	0.5 - 4 (-15)	0.1 - 1.2	0.1 - 0.4	0.2 - 25
Bekletme kapasitesi	t	n.a	n.a	1.5 - 10	0.1 - 1.5	0.1 - 1.5	0.15 - 6
Erime süresi		2 - 4	3 - 4	0.5 - 1	0.5 - 1	4 - 5	0.2 - 0.5
Damıtma yeteneği		Düşük	Düşük	Düşük	İyi	Çok iyi	Düşük
Yanma kaybı	%	n.d	n.d	1 - 3	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Toz üretimi	kg/t Al ⁴	n.d	<1	<1	<1	Az	Az
NO _x ⁵	kg/t Al ⁴	n.d	<1 - 6	<1 - 6	<1 - 6	n.a	n.a
Yatırım maliyeti ⁶	EURO '000	Girdi n.d	n.d	190 - 370	20 - 50	12 - 100	190 - 500
İşletme maliyeti	EURO '000	n.d	n.d	20 - 100	3 - 20	15 - 45	35 - 150
Azaltma teknikleri		Büyük tesisler için torbalı filtreler - enerji	Büyük tesisler için torbalı filtreler	Büyük tesisler için torbalı filtreler - toz	Küçük fırın boyutu nedeniyle tipik olarak gerekli değil	Gerekli değil	Gerekli değil

¹ Tanım: eriyik metal yunağının ısısı ile temin edilen yakıt ısısı arasındaki ilişki; verilen değerler büyüklük sırasındadır ancak büyük ölçüde metal sıcaklığı gibi kullanım koşullarına bağlıdır.
 ² Elektrik enerjisi üretiminin verimliliği (yakıt) % 35 olarak kabul edilmiştir.
 ³ Isı geri kazanım önlemlerine bağlıdır; sadece eritme için geçerlidir; italik değerler [148, Eurofine, 2002] tarafından temin edilmiştir.
 ⁴ “Al tonu başına” birimler eriyik alüminyum alaşımı tonu anlamına gelir.
 ⁵ Yakıcının tasarımına ve operasyon performansına bağlıdır.
 ⁶ Isı geri kazanım önlemlerine bağlıdır; sadece eritme için geçerlidir.
 Bilgi kaynakları: VDG içsel çalışması; Aluminium Taschenbuch, Band 2, 15. Auflage, Aluminium Verlag GmbH, Düsseldorf, 1996; Alüminyum geri dönüşümü, Aluminium Verlag GmbH, Düsseldorf, 2000; [148, Eurofine, 2002]; CTIF yorumu

Tablo 3.21: Alüminyum eritmede kullanılan genel fırın özellikleri ve emisyon verileri [148, Eurofine, 2002] ve CTIF ve VDG yorumları

Her bir fırın türene ilişkin veriler ilerleyen bölümlerde detaylı bir şekilde verilecektir.

3.3.2 Şaft Fırınları

Input	Output
– aluminium ingots, foundry returns	– molten aluminium
– energy	– dust
– deoxidation and gas removal products	– NO _x , CO
	– used refractory

Aşağıdaki varsayımlara dayanarak, iyi bir dökümde ton başına emisyon faktörleri belirtilmiştir:

- Ortalama eriyik metal verimi: 70 % (döküm / eriyik metal)
- Ortalama hurda değeri: 5 % (bitirme hurdası / döküm)
- Global metal verimi: 0.7 x 0.95 = 66.5 % (iyi döküm / eriyik metal)

Alüminyum eriten 3 t/s kapasiteli bir dikeç fırında iyi bir döküme yönelik ton başına tüketim ve emisyon verileri Tablo 3.22’de verilmiştir. Bu tablo ayrıca temizlemeye tabi tutulmayan ham gaza yönelik baca gazı emisyon seviyelerini de içermektedir.

Girdi	Değer Ton başına	Değer Nm ³ başına
Alüminyum külçeleri	1503 kg/t	
Doğal gaz	717 kWh/t	
Elektrik enerjisi	172 kWh/t	
Toplam enerji kullanımı	889 kWh/t	
Çıktı		
Cüruf (%35 - 40 Al ile)	40.3 kg/t	
Kullanılmış refrakter	0.3 kg/t	
Emisyon (baca gazı temizlemesi olmadan)		
Partiküller	0.12 kg/t	112 mg/Nm ³
NO _x	0.18 kg/t	113 mg/Nm ³
VOC	0.12 kg/t	
SO ₂	0.04 kg/t	
CO		150 mg/Nm ³
Pb + Cr + Cu		0.98 mg/Nm ³
Cd + Hg		0.01 mg/Nm ³
As + Ni		0.03 mg/Nm ³
İyi dökümde ton başına hesaplanan veriler		

Tablo 3.22: Dikeç fırında alüminyum eritmeye yönelik girdi ve çıktılar [177, Silva Ribeiro, 2002]

Tablo 3.23 alüminyum eriten iki ton eritme kapasiteli dikeç fırının tüketim seviyelerini vermektedir.

	Toplam ölçülen tüketim	Şarj metali tonu başına özel tüketim
Şarj edilen metal	115332 kg (% 54 külçe, % 46 hurda)	1 ton
Boşaltılan metal	113983 kg	0.988 kg/ton
Metal kaybı	1349 kg	0.012 kg/ton - % 1.2
Kaldırılan posa	1412 kg	0.012 kg/ton - %1.2
Gaz tüketimi	92786 kilovat saat	804 kilovat saat / ton

Tablo 3.23: Al eriten iki ton eritme kapasiteli dikeç fırında gerçekleştirilen 6 günlük deneme eritmesinin sonuçları [48, ETSU, 1994]

3.3.3 İndüksiyon Fırınları

Input	Output
– aluminium ingots, foundry returns	– molten aluminium
– electrical energy	– dust
– cooling water	– used refractory

Alüminyum indüksiyon ocakları genellikle 500 kg ila 2 ton kapasite arasında değişir ve 250-1000 Hz frekanslarda çalışır.

Örneğin, bir kurulumda, iki adet 1,5 ton alüminyum kapasiteli çelik kabuklu tilter, alternatif fırınların eritilmesine olanak tanıyan bir değiştirme anahtarına sahip 1250 kW, 250 Hz güç kaynağı ile çalıştırılmaktadır. Bu sistemle 1,5 ton 40 dakika içinde eritilebilir.

İndüksiyon fırınları enerji bakımından verimli eriticilerdir. Eritmede tüketilen enerji, şarjın yoğunluğu ve kullanılan eritme uygulamasına bağlıdır. Yunak eritme uygulaması eriyik ökçe kullanıldığı durumlardan daha az verimlidir. %50 eriyik ökçe en verimli olanıdır. Enerji tüketimi yüksek yoğunlukta toplu şarjlar için (küçük hurda döküntüleri ve külçeler) 540 kilovat saat / tondan düşük yoğunluklu hurda döküntüleri için (basınçlı döküm külçeleri gibi) 600 kilovat saat / tona kadar değişiklik gösterir.

İndüksiyon fırını bobini soğutma sistemine ihtiyaç duyar. Soğutma suyu kapalı bir devrede ya da açık bir buharlaştırma sistemi içerisinde dolaşabilir.

3.3.4 Radyan Çatılı Fırınlr (Direnc Isıtmalı)

Bu direnc ısıtmalı fırınlar genellikle alüminyum alaşımlar için kullanılan bekletme fırınlarıdır. Emisyonları kullanılan metale, bekletme sıcaklığına, yüzey alanına, “içerideki metale”, “dışarıdaki metale” ve bilhassa eritme süresine bağlıdır. Emisyonlar çok düşük seviyede olduğundan mevcut bir ölçüm yoktur. [202, TWG, 2002]

3.3.5 Ocak Tipi Fırınlr

Şömine tipi (ya da yansımalı) fırınlar çeşitli boyutlarda ve şekillerde olabilir. Geniş şömine tipi fırınlar hızlı erime imkanı tanır ve büyük şarj materyallerini işleyebilir; ancak alev ve şarj materyali arasındaki doğrudan temas yüksek metal kayıplarına, gaz yükselmesine ve ciddi oksit kirlenmesine neden olabilir. Sıcaklık kontrolü de zor olabilir. Bu tip fırınlar nispeten düşük olan ısı verimleri nedeniyle (1100 kilovat saat / ton) daha az kullanılır. Şömine tipi fırınlar bakır alaşımların eritilmesinde de kullanılır. (Bkz Bölüm 3.5.1). [175, Brown, 1999]

Tablo 3.24 baca gazı arıtma sistemi bulunmayan, alüminyum eriten 450 kg/s kapasiteli, yağ-ateşlemeli şömine tipi bir fırına ait emisyon verilerini göstermektedir.

Bileşik	Emisyon seviyesi (mg / Nm ³)	Kütle akışı (g/s)	Yıllık kütle akışı (ton / yıl)
O ₂	17.6 %		
CO ₂	2.2 %		
CO	<4	<24	<0.0438
NO _x	45	270	0.4928
SO ₂	13	78	0.1424
Toz	1	6	0.011
TOC	5	30	0.0548
Al	0.092	0.552	0.001
Baca gazı akışı: 6000 Nm ³ /s (kuru); çalışma saatleri: 1825 s/yıl			

Tablo 3.24: Al eriten, yağ-ateşlemeli şömine tipi bir fırına ait emisyon verileri [183, Goovaerts, 2002]

3.3.6 Potalı Fırınlr (Yakıt ve Direnç Isıtmalı)

Girdi	Çıktı
- alüminyum külçeleri, dökümhane kalıntıları ya da bekletme fırını olarak kullanılıyor ise sıvı alüminyum	- eriyik alüminyum
- elektrik enerjisi ya da yakıt	- toz

Potalı fırınlar yakıt ateşlemeli yakıcılar ya da elektrik direnci kullanılarak dolaylı olarak ısıtılır. Yakma ürünlerinin ısını kullanmak zor olduğundan, yakıt ateşlemeli potalarda ısı verim diğer eritme fırınlarında olduğu kadar yüksek değildir. Bunlar nispeten ucuzdur ve alev ve eriyik metal arasında doğrudan temas bulunmadığından metal kaybı azdır ve metal kalitesi yüksektir. Ayrıca, alaşım değişikliği kolayca gerçekleştirilebilir. [175, Brown, 1999]

Alüminyum alaşımlarda partikül miktarı kabaca 0.3 kg / ton eriyik metal olarak tahmin edilebilir. [126, Teknologisk, 2000]

Alüminyum eriten, 3 t/s kapasiteli bir potalı fırında iyi bir döküm için tüketim ve emisyon verileri Tablo 3.25'te verilmiştir.

Girdi	
Doğal gaz	538 kilovat saat / ton
Elektrik	414 kilovat saat / ton
Toplam enerji girdisi	952 kilovat saat / ton
Çıktı	
Cüruf	61 kg / ton
Refrakter	6.87 kg / ton
Emisyon (torba filtreden sonra)	
NO _x	0.18 kg / ton
SO ₂	0.04 kg / ton
VOC	0.12 kg / ton
Toz	0.12 kg / ton
Tüm veriler bir ton iyi döküme yinelik hesaplanan değerlerdir.	

Tablo 3.25: Alüminyum eriten potalı fırına ait tüketim ve emisyon verileri [177, Silva Ribeiro, 2002]

3.3.7 Alüminyum Eriyik Damıtma

Çarklı bir istasyon içerisinde gaz alma ve temizle işlemlerinin bir arada gerçekleştirilmesi için %3 Cl₂ içermek üzere genellikle argon ve nitrojen karışımı kullanılır. Tek başına gaz alma işlemi için, Cl₂ içermeksizin genellikle Ar ya da N₂ kullanılır. Uygulanan akış ve gaz alma süresi kullanılan alaşım türüne ve damıtma kabının büyüklüğüne bağlıdır.

Modifikasyon maddeleri, tane küçültücü ve eritkenlerin tüketimi alaşım türüne bağlı olmakla beraber genellikle 50 kg eriyik metalde 100 g–1 kg şeklindedir.

3.4Magnezyum ve Magnezyum Alaşımlarda Eritme ve Döküm

3.4.1 Magnezyum Eriyiğin Korunması

Eriyik magnezyumun oksitlenmesini (ya da yanmasını) engellemek için kaplayıcı gaz olarak SF₆ ve SO₂ kullanılır. Kullanımı, zehirli olan SO₂'nin kullanımından daha kolay olduğu için 1970'lerin ortasında ortaya çıktığından beri kaplama gazı olarak tercih edilen gaz SF₆ olmuştur. SF₆'nın küresel ısınma potansiyeli (100 yıllık zaman düzleminde) 22200'dir (GWP) ve atmosferdeki ömrü 3200 yıldır. [194, UNEP IPCC, 2002].

Çeşitli çalışma koşullarında kullanılan SF₆ miktarları Tablo 3.26'de (basıncılı döküm) ve Tablo 3.27'de (basıncsız döküm) verilmiştir. Bu konsantrasyonlar eriyik yüzeyine yakın tutulmalıdır. [191, IMA, et al.]. Tablodaki değerler Uluslararası Magnezyum Derneğinin (IMA) SF₆ kullanımına yönelik tavsiye ettiği uygulamalardır. Uygulamada, zaman zaman daha yüksek konsantrasyonlar kullanılabilir (örneğin % 99.4 CO₂, % 0.6 SF₆) [202, TWG, 2002].

Eriyik sıcak. (°C)	Eriyik üzerindeki atmosfer (% hac.)	Yüzey gerilmesi	Kalıntı akış ^{1*}	Eriyik koruma
650 - 705	Hava / 0.04 SF ₆	Hayır	Hayır	Mükemmel
650 - 705	Hava / 0.2 SF ₆	Evet	Hayır	Mükemmel
650 - 705	75 hava / 25 CO ₂ / 0.2 SF ₆	Evet	Evet	Mükemmel
705 - 760	50 hava / 50 CO ₂ / 0.3 SF ₆	Evet	No	Mükemmel
705 - 760	50 hava / 50 CO ₂ / 0.3 SF ₆	Evet	Evet	Çok iyi
1) Önceki operasyonlardan kalmış olabilir. 2) Kontrollü koşullar altında minimum konsantrasyon. Not: Karışımda kuru hava (<% 0.1 H ₂ O) kullanılmalıdır.				

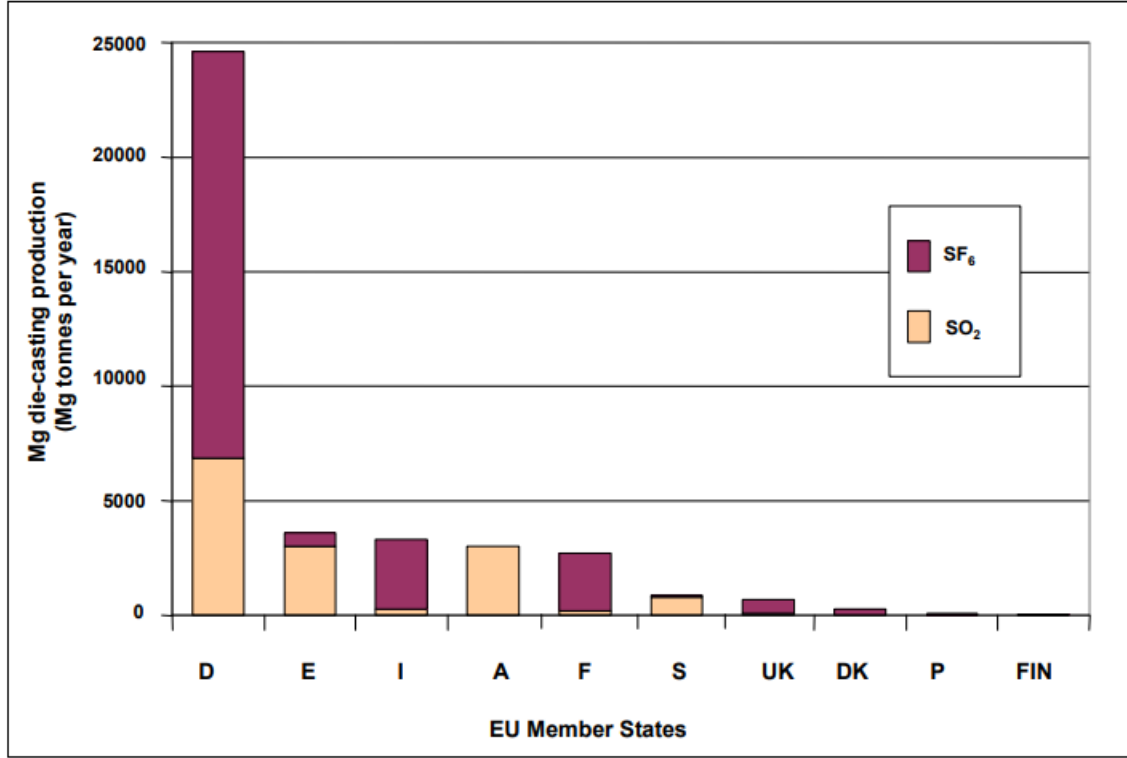
Tablo 3.26: Çeşitli çalışma koşulları altında basınçlı dökümde SF₆ kullanımı [191, IMA, et al.]

Pota çapı (cm)	Durgun (eritme / bekletme), düşük gaz akış hızı		Gergin (alaşım/boşaltma) yüksek gaz akış hızı	
	SF ₆ (ml / dk)	CO ₂ (l / dk)	SF ₆ (ml / dk)	CO ₂ (l / dk)
30	60	3.5	200	10
50	60	3.5	550	30
75	90	5	900	50
Not: Verilen akış oranları hacim itibarıyla % 1.7 - % 2 SF ₆ 'dır.				

Tablo 3.27: Basıncsız döküm operasyonlarında SF₆ kullanımı [191, IMA, et al.]

Günümüzde SF₆'nın akışsız tek alternatifi SO₂'dir. Sorunsuz bir eriyikte tipik kullanım 5 – 10l/dk akış hızındaki hava ya da nitrojende %1 – 2 şeklindedir. [182, Closset, 2002], [218, Harnisch ve Schwarz, 2003]

2001 yılında AB genelinde toplam magnezyum parça üretimi 39100 tonu bulmuştur; bunun % 37'si SO₂ ile ve % 63'ü ya da 24500 tonu da SF₆ ile üretilmiştir (bkz Şekil 3.4). Bu konu Bölüm 4.2.7.1'de daha detaylı olarak tartışılacaktır.



Şekil 3.4: AB Üye Devletlerinde ton / yıl olarak ve kaplama gazına göre Mg döküm üretimi (SO₂ ya da SF₆) (2001 verileri)
[218, Harnisch ve Schwarz, 2003]

3.4.2 Magnezyum Eriyik Damıtma

Alüminyum içeren magnezyum alaşımlar tane küçültmede heksakloroetan (HCE) ile damıtılır. Bu damıtma bütün magnezyum alaşımlarının %10'unu oluşturan kum döküm ve basınçsız döküm alaşımlarına uygulanır. Gerekli HCE miktarı üretilecek bileşenin türüne ve her bir dökümhanenin tecrübesine dayalı olarak elde ettiği verilere bağlıdır. Bunun yanı sıra, alüminyum içeren magnezyum alaşımda ton başına yaklaşık 2 kg HCE rapor edilmiştir. [178, Wenk, 1995]

3.4.3 Magnezyum Hurdası

Mg basınçsız döküm dökümhanesinde, kalıntı materyal miktarı (Mg – hurda döküntüsü) neredeyse iyi döküm miktarına eşittir. Kalıntı materyalin yaklaşık %80'i sınıf 1 hurda döküntüsü ile uyumludur. (bkz Tablo 3.28).

Sınıf	Tanım
Sınıf 1	Bilinen bir kompozisyonu olan temiz, kompakt hurda döküntüsü Besleyiciler: temiz Pres kalıntıları: temiz Kötü dökümler: temiz, kaplamasız
Sınıf 2	Hurda dökümler, boyalı (Aralarda kısmen Fe, Al; bakır ve nikel kirlenmesi yok)
Sınıf 3	Temiz olmayan kompakt metal hurda (yağlı, sulu, kum, bakır, nikel, ferrosilikon ile kirlenmiş) diğer bir deyişle, genellikle tüketim sonrası hurda.
Sınıf 4	Talaş: temiz, kuru Talaş: yağlı, sulu Kalıntılar: yağlı, sulu
Sınıf 5	Posa (metal yüzeyinden)
Sınıf 6	Pota cürufu
Sınıf 7	Hurda içeren eritken, kullanılmış kum (siyah posa)
Sınıf 8	Metal olmayan hurda
Sınıf 9	Ara metalikler

Tablo 3.28: Magnezyum hurda döküntüsü sınıfları [206, Ditze ve Scharf, 2000]

3.5 Bakır ve Bakır Alaşımlarda Eritme ve Döküm

3.5.1 Eritme ve Döküm Birimleri

Bakır ve bakır alaşımlar genellikle potalı fırınlarda eritilir. Bu fırınlar aşağıdaki değer aralıklarında çalışır:

şarj:	30 - 1800 kg
kapasite:	30 - 400 kg
enerji tüketimi (yağ):	0.4 l / kg
enerji tüketimi (bütan):	0.3 Nm ³ / kg

Silika ya da alümin kaplamalı orta frekans indüksiyon fırınları da kullanılmaktadır.

Tablo 3.29 musluk üretimi yapan bir pirinç dökümhanesindeki tipik kütle balansını gösterir. Veriler birleşik ergitme ve düşük basınçlı döküm operasyonlarına yöneliktir (ancak bitirme ya da maça yapımı yok). Tüm veriler satılan iyi döküm ürünün bir tonuna dayanır. Veriler 1 ton/s kapasiteli, gaz ateşlemeli potalı fırınlarda eritme işlemi için geçerlidir.

Input	
Electric energy	1360 kWh
Propane gas	14
Compressed air	48 kWh
Water	85.7 l
Gas removal tablets	0.6 units
Deoxidant	0.9 units
Copper alloy	0.44
Cover flux	0.31
Cores	286
Graphite paint	3.4
Output	
Non-poured sand	101
Poured sand	6.7
Graphite paint	61.4 l
Zinc powder	0.075
Slag	36.3
Brass scrap	57.1
Brass swarf	18.4
Emissions (without flue-gas cleaning)	
Dust	3.9
VOC	3.3
SO ₂	0.1
NO _x	0.03
Copper	0.081
Zinc	26.3
All data per tonne of casting sold, data in kg unless stated differently	

Tablo 3.29: Düşük basınçlı döküm yapan bir pirinç dökümhanesine ait kütle balans verileri (eritme + döküm)

Bakır alaşımlarda, salınan partikül miktarı alaşımın çinko içeriğine bağlıdır. Yönlendirme amaçlı olarak, Tablo 3.30'daki değerler salınan partikül miktarı ile çinko içeriği arasındaki ilişkiyi gösterir.

	Zn içeriği (%)	Partikül emisyonu (kg / ton eriyik metal)
Tunç	0 – 7	0,3 - 1.5
Pirinç	20 – 40	0,5 - 16

Tablo 3.30: Bakır alaşım eriten potalı fırınlarda partikül emisyonu [126, Teknologisk, 2000]

Cüruf ve posa üretimi 60 kg / ton eriyik metaldir. İndüksiyon ve ocak tipi fırınlarda çeşitli alaşım tiplerinin eritilmesinde de benzer bir değer vermek mümkündür. Cürufun kompozisyonu eritilen alaşımın türüne bağlıdır. Genel olarak, bakır içeriği %45 – 55 kadardır. Dökümhaneden gelen çeşitli türde cüruflar özel olarak karıştırılarak tutarlı bir cüruf kalitesi elde edilebilir. Harici geri dönüşümde bu tutarlı kaliteye ihtiyaç duyulacaktır.

Refrakter atık üretimi indüksiyon fırınlarında 8 – 9 kg / ton eriyik metal iken, yağ ateşlemeli şömine tipi fırınlarda 7,5 kg / ton eriyik metaldir. [34, Binninger, 1994]

3.5.2 Bakır ve Bakır Alaşımlarda Metal Damıtma

Bakırın gazını almak için soy gaz baloncukları kullanıldığında, her 100 kg bakır için 50 – 70 litre gaz kullanılır. Alternatif olarak özel tabletler ya da briketler kullanılabilir. Gaz alma eriyiğin boyutuna bağlı olmakla beraber genellikle 3 -10 dk sürer. İhtiyaç duyulan net deoksidan miktarı kullanılan eritme uygulamasına bağlıdır. [175, Brown, 1999]

3.6 Çinko ve Çinko Alaşımlarda Eritme ve Döküm

Tablo 3.31 basınçlı döküm gerçekleştiren bir çinko dökümhanesine ait tipik kütle balans değerlerini vermektedir. Bu tablo zamac ($ZnAl_4Cu_1$ ya da $ZnAl_4$) dökümü için geçerlidir. Çinko alaşım külçeleri gaz ateşlemeli potalı fırınlarda besleyici ve ısıkartalar ile beraber eritilir. Dökümden önce kalıbın üzerine ayırıcı madde püskürtülür. Dökülen parça bir su yunağında soğutulur ve besleyici sistem ortadan kaldırılır. Döküm daha sonra yağdan arındırılır ve bilenir. Eriyikten salınan gazlar kuru bir sistem içerisinde toplanır ve tozdan arındırılır. Maça üretimi ve bitirme ile ilgili veriler Bölüm 3.9 ve 3.11’de verilmiştir.

Girdi	
Çinko alaşım	1040
Döküm ısıkartaları	50
Besleyiciler	450
Ayırıcı madde	20 l
Su	1 m ³
Elektrik enerjisi	700 kilovat saat
Doğal gaz	70 Nm ³
Çıktı	
İyi dökümler	1000
Talaş	3
Posa	30
Temizleme ve bilemeden kaynaklanan çamur	2
Salınan gaz	10000 Nm ³
Partiküller	1
Tüm veriler satılan döküm tonuna dayanır. Aksi belirtilmediği sürece değerler kg olarak düşünülür.	

Tablo 3.31: Basınçlı çinko döküme ait tipik kütle ve enerji verileri

3.7 Kurşun Eritme ve Döküm

Kurşuna yönelik döküm süreçleri aşağıdakilere ayrılabilir:

- Kurşunun basınçlı dökümü
- Akümülatörler için döküm
- Korumalı ekranlara yönelik kum döküm

3.8 Atık Gaz Temizleme

3.8.1 Azaltma Sistemleri

Dökümcülük endüstrisinde çeşitli atık gaz ve egzoz gazı temizleme teknikleri kullanılır. Bunların ilkeleri demir dışı metal endüstrilerine ilişkin BREF dokümanında tartışılmıştır. Toz azaltma sistemlerinin özellikleri ve emisyon seviyeleri Tablo 3.32’de verilmiştir. Azaltma tekniklerinin seçimi, bunları çeşitli dökümcülük süreçlerinde uygulanabilirliği ve elde edilebilecek emisyon seviyeleri Bölüm 4.5’te Mevcut En İyi Teknik seçiminde düşünülmesi gereken tekniklerin bir parçası olarak açıklanmıştır.

Teknik	Partikül boyutu (Nm)	Toplama verimi 1 ^m (%)	Maksimum çalışma sıcaklığı (°C)	Elde edilebilecek emisyon aralıkları (mg / Nm ³)	Yorumlar
Sıcak EP	<0.1	>99 tasarıma bağlı olarak	450	5 - 15 (ön azaltma >50)	4 ya da 5 bölge. Genel uygulama ön azaltmadır.
Sulu EP	0.01	<99	80	1 - 5 (görsel olarak temiz)	Seride 2 bölge ile EP. Büyük ölçüde buğu çökeltme
Siklon	10	40	1100	100 - 300	Kaba partiküller. Diğer yöntemlere yardımcı olarak kullanılır
Bez fitre	0.01	>99.5	220	1 - 5	Uygun toz tipinde iyi performans
Sulu toz temizleyici	1 - 3	>80 – 99	Giriş 1000 Çıkış 80	4-50	Uygun toz tipinde iyi performans. Asit gazı azaltma
EP: Elektrostatik çöktürücü					

Tablo 3.32: Bazı toz azaltma uygulamalarının güncel emisyon seviyeleri [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]

3.8.2 Dioksinler

Eritme süreçlerinde, bu tür kirleticilerin oluşmasını sağlayan koşullar aynı zaman ve yerde mevcut ise dioksinler meydana gelebilir. Bu koşullar aşağıdaki gibidir:

- Klorür iyonunun varlığı – bunlar kirlenmiş hurda döküntülerinden, kömür, kok, akaryakıt kullanımından ya da belirli eritkenlerden meydana gelebilir.
- Organik karbonun varlığı – bunlar kirlenmiş hurda döküntülerinden ve yakıt olarak kömür, kok ya da yağ kullanımından meydana gelebilir.
- 250 °C - 450 °C arasında sıcaklık koşulları ve bu sıcaklık aralığında yeterli gaz alıkonma süresi.
- Bakır gibi katalizörlerin varlığı.
- Oksijenin varlığı.

Dioksin oluşumu riskini değerlendirirken, demirli ve demir dışı dökümhaneler arasında bir ayırım yapılabilir:

- *Demir dışı dökümhaneler:* yalnızca külçeler ve dahili hurda döküntüleri eritildiğinde, eritme aşamasında dioksin oluşumu riski düşüktür. Saf demir dışı metaller eritilirken dioksin oluşumu için ihtiyaç duyulan klor ve karbon bulunmaz. Ancak, harici demir dışı hurda materyallerinin metal üretimi için yeniden eritilmesi dioksin oluşumu riskini taşıyabilir. Ancak, bu eylem bu dökümanın kapsamı dışındadır ve [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]'de ele alınmıştır.
- *Demirli dökümhaneler:* fırın türüne ve metal yüküne bağlı olarak dioksin oluşumuna neden olan koşullar meydana gelebilir. Eritme fırını içerisindeki yüksek sıcaklık dikkate alındığında, dioksin emisyonları (eğer varsa) büyük ölçüde *yeniden biresimden (de novo sentezinden)* kaynaklanacaktır. Yukarıda bahsedilen koşullar dioksin oluşumu riskini değerlendirmede kullanılabilir.

Dioksin emisyonu verileri çok çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir. Tablo 3.33 çeşitli metallere ve fırın tiplerine yönelik veriler sunar. Boş alanlar sayının belirtilmemiş olduğu anlamına gelir. Araştırmadaki tüm sistemler özel dioksin yakalama teknikleri sunmamaktadır. Dioksin seviyelerinin oldukça düşük olduğu (<0.05 ng / Nm³) ya da geniş bir aralığı kapsadığı (<0.01 - 3 ng / Nm³) iki teknik grubu arasında bir ayırım yapılabilir. İlk grup alüminyum eritme, demirin indüksiyon fırınında eritilmesi ve çeliğin elektrik arkı

fırınında eritilmesini kapsar. İkinci grup ise demirin döner fırında eritilmesi ve kupol fırında eritilmesini kapsar. Literatür verilerinin analiz edilmesi sonucu ikinci grup içerisindeki farklılıkların nedenlerine yönelik tam bir açıklama ile karşılaşılmaz. Ancak, sulu toz temizleme sistemleri bulunan HBC'lerin (sıcak hava kupolları) aşikar bir şekilde daha düşük PCDD/F emisyonu yaydığı anlaşılar.

Ürün tipi	Fırın	Eritme (ton / s)	Baca gazı (m ³ / s)	Azaltma	O ₂ (%)	PCDD/F (ngTEQ/Nm ³)
Alüminyum	Şömine tipi	n.d	n.d		n.d	0.002
Alüminyum	Şömine tipi	0.45	9300	Yok	18.8	0.002
Alüminyum	Dikeç	1.5	8400	Yok	18.4	0.01
Dökme demir	CBC	3.4	15900	Torba filtre	n.d	0.04
Dökme demir	CBC	3.7	14300	Torba filtre	16	0.09
Dökme demir	CBC	4.5	14300	Torba filtre	n.d	0.09
Dökme demir	CBC	3.4	n.d		n.d	0.33
Dökme demir	CBC	5.5	17400	Torba filtre	15.9	0.51
Dökme demir	CBC	6.5	17500	Torba filtre	n.d	0.51
Dökme demir	CBC	6	27600	Torba + PC	n.d	3.14
Dökme demir	HBC	45.5	55000	Dezentegratör	6	0.003
Dökme demir	HBC	60	n.d	Dezentegratör	n.d	0.003
Dökme demir	HBC	40.6	75000	Torba filtre	12.5	0.05
Dökme demir	HBC	50	75000	Torba filtre	n.d	0.07
Dökme demir	HBC	15	36400	Torba + PC	n.d	0.05
Dökme demir	HBC	13	n.d		n.d	0.10
Dökme demir	HBC	18.2	29100	Torba filtre	8.6	0.20
Dökme demir	HBC	17.1	22500	Torba filtre	7.5	0.29
Dökme demir	HBC	27	n.d		n.d	1.00
Dökme demir	HBC	28	37000	Torba filtre	n.d	2.08
Dökme demir	HBC	21	32000	Torba + PC	n.d	3.09
Dökme demir	IF	19.5	208000	Torba filtre	20.2	0.003
Dökme demir	IF	n.d	n.d	Torba filtre	n.d	0.01
Dökme demir	RF	8	n.d		n.d	0.004
Dökme demir	RF	1.4	9000	Yok	n.d	0.02
Dökme demir	RF	2.1	18600	Torba filtre	19.9	0.45
Dökme demir	RF	3.5	n.d	Torba filtre	n.d	0.61
Çelik	EAF	5.4	54150	Torba filtre	20.9	0.003
Çelik	EAF	9	5000	Sulu gaz yıkayıcı	n.d	0.02

CBC: soğuk hava kupolu; HBC: sıcak hava kupolu; RF: döner fırın; IF: indüksiyon fırını; EAF: elektrik arkı fırını.

Tablo 3.33: Çeşitli Dökümhane Türleri İçin Dioksin Emisyonu Verileri

[21, Strauß, 1994], [23, Brettschneider ve Vennebusch, 1992], [27, Kran, et al., 1995], [43, Batz, 1996], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003], kişisel iletişimler

Çeşitli demirli metal eritme fırınlarına ait dioksin emisyonu verileri aşağıda açıklanmıştır.

- *Kupol fırınlar*: kupol fırınlarda, her zaman kok kaynaklı büyük bir klor fazlası bulunur. Yine kok kaynaklı yeteri seviyede karbon da bulunur. Ancak hurda kalitesinin düşük olduğu durumlarda ilave karbon girdisine ihtiyaç duyulabilir. Özel çalışma koşulları altında, dioksin oluşum koşulları meydana gelebilir. *Yeniden biresim* genellikle duman gazlarının soğuması sırasında meydana geldiğinden bu durum hem sıcak hava hem de soğuk hava kupolları için geçerlidir. Tablo 3.34'te CBC ve HBC'ye yönelik olarak Tablo 3.33'teki tüm ölçüm verilerinin istatistiksel analizi verilmiştir. Tablo 3.33 tesis başına ortalama değerler verirken, Tablo 3.34'te genel bir analiz yapmak için bireysel ölçümler kullanılmıştır.

	Birim	Soğuk hava	Sıcak hava
Ortalama	ngTEQ / Nm ³	0,54	0,75
Stan. Sapma	ngTEQ / Nm ³	1,08	1,3
Ortamn	ngTEQ / Nm ³	0,18	0,09
Minimum	ngTEQ / Nm ³	0,001	0,001
Maksimum	ngTEQ / Nm ³	5,1	4,4
Ölçüm sayısı		35	18
Fırın sayısı		11	11

Tablo 3.34: Kupol fırında dioksin emisyonu

[21, Strauß, 1994], [23, Brettschneider ve Vennebusch, 1992], [27, Kran, et al., 1995], [43, Batz, 1996], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003], kişisel iletişimler

Bir Alman araştırmasından elde edilen veriler (6 tesis, 18 ölçüm) 0.006 - 0.22 ng TEQ / Nm³ aralığı ile 0.0724 ng TEQ / Nm³ (0.0608 i-TEQ / Nm³) ortalamasını ortaya koymuştur. Araştırmaya ait veri setleri yukarıda sunulan veriler ile kısmen örtüşmektedir; ancak araştırma bu verileri genişletmeye yetecek kadar bilgi vermemektedir. [224, Helber, et al., 2000]

Veriler ortalamanın, standart sapmanın ve değerler aralığının soğuk hava ve sıcak hava fırınlarında benzer olduğunu ortaya koymuştur. Sıcak hava fırınlarına ait ortamın değeri soğuk hava fırınlarınınkinden daha düşüktür. Bu durum [224, Helber, et al., 2000]'de bulunan sıcak ve soğuk hava kupollarına ait dioksin emisyonları arasında istatistiksel bir farklılık yoktur ifadesini teyit etmektedir. Yüksek standart sapma verilerin ortalama değer nezdinden ziyade tesis-tesis yorumlanması gerektiğini göstermektedir.

Dezentegratör ile sulu toz arındırma işleminde, salınan gaz toz arındırmadan sonra kritik sıcaklık penceresinden geçer (250 - 450 °C)- diğer bir değişle düşük toz içeriği ile. Bunun yanı sıra, klorür de yıkanmış olur. Bu durum *yeniden biresim* riskini büyük ölçüde azaltır.

- *Döner fırınlar*: sınırlı alaşımlama olasılığı nedeniyle, döner fırın şarjı genellikle temiz materyalden oluşur. Yüksek alev sıcaklığından dolayı, sıcak gazlar fırını 1000 - 1300 °C sıcaklıkta terk eder. Art-yakma fırın içerisinde meydana gelir. Duman gazları yavaş yavaş soğur ise *yeniden biresim* ihtimali ortaya çıkar. Rapor edilen veriler 0.004 - 0.61 ngTEQ / Nm³ aralığında değişiklik gösterir.

- *İndüksiyon fırınları*: sınırlı alaşımlama olasılığı nedeniyle, indüksiyon fırını şarjı genellikle temiz materyalden oluşur. Bunun yanı sıra, fırın yavaş yavaş soğuyan, kanaldan akan yüksek sıcaklıkta buhar gazı üretmez.

- *Elektrik arkı fırınları*: Elektrik arkı fırınları bazik kaplama uygulaması ile çalıştırıldığında eriyiğin damıtılmasına ve alaşımlamaya imkan tanır. Bu durum eritmede ham materyal olarak kirli hurda döküntüsü kullanılmasına olanak tanır. Organik ve/veya klorlu bileşikler içeren hurda döküntüleri ile şarj edildiğinde, baca gazı akışının soğumasını sırasında dioksin oluşumu gerçekleşebilir. Bu örneğin, elektronik ekipman, transformatör ve dilinmiş araçlardan meydana gelen hurdalar kullanıldığında gerçekleşebilir. Elektrik arkı fırınları asitli kaplama uygulaması ile kullanıldığında metalin damıtılmasına imkan Açıklama az ve böylece kirlenmiş hurda döküntüsü ile besleme yapma ihtimalini azaltır. Bu durum ayrıca dioksin oluşumu ihtimalini de azaltır.

[161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

3.9 Kalıp ve Maça Üretimi

3.9.1 Giriş

Kalıp ve maça üretimi kumun çeşitli kimyasallarla karıştırılması ve bazı durumlarda bu işlemi takiben bir ısıtma adımının uygulanmasını kapsar. Bu sırada, gaz ya da uçucu reaksiyon ürünleri ve fazla ayırıklar

ortama salınır. Tablo 3.35 emisyonlara ve maça ve kalıp üretiminde karıştırma, sertleşme ve depolama işlemlerinin çevreye olan diğer etkilerine yönelik bir araştırma sunar. Her bir bağlayıcı madde türüne yönelik emisyon ve tüketim seviyeleri ileriki bölümlerde daha detaylı olarak tartışılacaktır.

Sistem adı ve bağlayıcı bileşenler	Sertleşme yöntemi ve nispi enerji ihtiyacı	Karıştırma ve sertleşme sırasında meydana gelen emisyon	Çevreye olan diğer etkiler
YAŞ KUM Kil Kömür tozu ya da ikame suyu	Basınç – düşük	Partikül madde – çevreye ciddi bir emisyon söz konusu değil	Emisyon kaçağı ihtimalini azaltmak için taşıyıcıların etrafına kum sızmasını engellemek gerekir. Karıştırma sürecinde azaltma çok mühim değildir (süreç genellikle yeri değiştirilmiş havanın dökümhaneye verildiği bağımsız bir süreçtir)
KABUK KUM Fenol - formaldehit (Novalak) Reçine	Isıtma - yüksek	Formaldehit* Amonyak* Fenol* Aromatikler HCN	Kabuk oluşturma makineleri normalde havaya doğru çekildiğinden koku sorunu yaşanabilir.
ALKALİN FENOLİK Rezol - Alkalın fenol-formaldehit reçine 1. Gaz ile sertleşen (alkalin fenolik soğuk kalıp) 2. Kendiliğinden sertleşen (alkalin fenolik, fırınlanma yok)	Metil format buharı ile sertleşen - düşük Ester ile soğuk sertleşen – düşük	Formaldehit* Fenol* Metil format Formaldehit* Fenol* Ester	
FENOLİK ÜRETAN 1. gaz ile sertleşen: soğuk kalıp 2. Kendiliğinden sertleşen (fenolik üretan, fırınlama yok)	Amin buharı – düşük İkame piridin ile kendiliğinden sertleşen – düşük	Izosiyanat (MDI) Amin* Formaldehit* Fenol Izosiyanat (MDI) Formaldehit* Fenol	Koku sık yaşanan bir problemdir – DMEA kullanıldığında koku meydana gelir ve azaltma uygulanması mühimdir. Bu yakma ya da gaz temizleme (sülfürik ya da fosforik asit kullanarak) yoluyla gerçekleştirilebilir – bunlardan ikincisi özel bir atık olan likör oluşumuna neden olur. TEA kullanıldığında ise sadece koku problemi meydana gelir ise temizlemeye ihtiyaç duyulur.
FÜRAN Aşağıdakilerin kombinasyonundan oluşan reçineler: Fenol Üre Furfuril alkol Formaldehit	Asit ile soğuk sertleşen – düşük	Formaldehit* Fenol* Furfuril alkol* Hidrojen sülfür Asit buğuları	Reçineler ve asitler birbirinden ayrı tutulmalıdır (eğer kum yok ise). Çünkü bunlar temas ettiklerinde oldukça ekzotermik hale gelir.
SICAK KALIP Aşağıdakilerin kombinasyonundan oluşan reçineler: Fenol Üre Furfuril alkol Formaldehit	Isı – yüksek	Formaldehit* Asit Furfuril alkol* Fenol* Amonyak Izosiyanik asit Metil izosiyanat	Kabuk oluşturma makineleri normalde havaya doğru çekildiğinden koku sorunu yaşanabilir.

Sistem adı ve bağlayıcı bileşenler	Sertleşme yöntemi ve nispi enerji ihtiyacı	Karıştırma ve sertleşme sırasında meydana gelen emisyon	Çevreye olan diğer etkiler
YAĞLI KUM Bezir yağı ve nişasta	Isı – yüksek	Akrolein* karmaşık organikler	Maça fırınları genellikle havaya doğru çekildiğinden koku sorunu meydana gelebilir.
CO₂ SÜRECİ Sodyum silikat	CO ₂ gazı ile sertleşen – düşük	Yok	
SİLİKAT ESTER Sodyum silikat	Ester ile soğuk sertleşen – düşük	Ester	

Not 1 : Yukarıda değinilen süreçlerin hepsi düzenli depolama tesislerine gönderilmek üzere harcanmış kum oluşumuna neden olur (kırılmış maçalar, sızıntılar ve mikser kalıntıları dahil). Not 2: * ile işaretli olan maddeler bahsi geçen süreçte koku oluşumuna neden olma olasılığı en yüksek olan maddelerdir.

Not 3 : Bütün reçine bağlayıcı bileşenler bertaraf edilecek özel atıklar olarak kabul edilir ve bunlar ortama sızar ise su sistemlerinin kirlenmesi riskini doğurabilir. Not 4: Gaz ile sertleştirmede kullanılan amin ve metil format ileri düzeyde tutuşabilir madde ve koku kaynaklarıdır. Depolama esnasından bunların sızmasının önlenmesi oldukça mühimdir.

Tablo 3.35: Bağlayıcı sistemlerin çevresel etkileri

[126, Teknologisk, 2000], [160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [225, TWG, 2003], [229, Lilja, et al., 2000]

Bir İtalyan dökümcülük araştırmasında kalıplama atölyelerine ait toz emisyonlarına yönelik niceliksel veriler elde edilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 3.36'da verilmiştir. Tüm egzoz temizleme sistemlerinin ulaştığı seviye 15 mg / Nm³'ten küçüktür.

	Konsantrasyon (mg / Nm ³)			Emisyon faktörü (g / ton)*		
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum
Torba filtre	3.2	0.4	12.1	24.4	0.5	108.3
Sulu toz arındırıcı	5.2	3.6	6.7	6.2	4.0	8.0
Sulu Venturi sistemi	9.6	8.5	10.9	34.2	30.1	39.9

Birimler: g/ton iyi döküm
Veri kaynaklarının adeti: torba filtre: 33; sulu toz arındırıcı: 4; sulu venturi sistemi: 3

Tablo 3.36: Egzoz Temizleme Sonrasında Kalıplama Atölyesinden Çıkan Toz Emisyonları İçin Emisyon Değerleri ve Emisyon Ögeleri [180, Assofond, 2002]

Tablo 3.35'te verilen emisyon değerleri kalıp ve maçalara yönelik karıştırma, sertleşme ve depolama safhalarını kapsar. Piroлиз ürünlerinin ilave edilmesi ile, emisyonların çoğu metal boşaltma ve döküm soğutma aşamalarında meydana gelir. Bunlar Bölüm 3.10.1'de daha detaylı olarak tartışılacaktır.

Tablo 3.37 bir Alman ölçüm araştırmasından elde edilen toz emisyon verilerini içermektedir. Burada toz PM₁₀, PM_{2.5} ve PM₁ kesitleri halinde analiz edilmiştir.

Faaliyet	Salınan gaz hacmi (Nm ³ /s)	Gaz temizleme ekipmanı	Toplam toz (mg / m ²)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)	PM ₁ (%)
Kum hazırlama	25600	Torba filtre	0.3			
Yaş kum hazırlama	24400	Davlumbaz, torba filtre	0.7	88	38	
Kum hazırlama	70400	ESP	22 - 28.3	79	18	
Maça atölyesi	4670 (kuru)	Amin yıkayıcı	0.7	98	47 - 62	
Kalıp atölyesi	52300 (kuru)	Torba filtre	0.7	95 - 97	50 - 60	2 - 5
Bitirme	22000 (kuru)	Torba filtre	5.3	100	45 - 48	9

Tablo 3.37: Kalıp ve Maça Yapımı İçin Toz Emisyonları ve Madde Boyutuna Dair Örnek [202, TWG, 2002]

3.9.2 Kil Bağlı Kum ile Kalıplama (Yaş Kum ile Kalıplama)

Girdi	Çıktı
- kum	- yaş kum kalıpları
- bağlayıcı kil (örn. bentonit)	- toz (silika tanecikleri, kısmen yanmış kil, yanmamış kömür tozu ve kül)
- kömür tozu, dekstrin	
- su (kalıp karışımını hazırlamak için)	

Kuma eklenen bentonit kompozisyonu kumun ve bentonitin özelliklerinin yanı sıra bitmiş kalıpta istenilen kuvvete ve gaz geçirgenliğine bağlıdır. Tablo 3.33 demir dökümhanelerinden elde edilmiş 105 adet kum numunesine ait kil ile bağlanmış kuma yönelik bazı parametreler sunar.

Parametre	Birim	Ortalama	Ortalama %±10 aralığında numunelerin %'si	Maksimum değer	Minimum değer
			Aralık		
Su içeriği	%	4.1	3.4 - 4.5	48	6.9
Bentonit içeriği	%	8.3	7.5 - 9.1	45	11.9
Yoğunluk	g /cm ³	0.940	1.00 - 0.85	75	1.06
Yanma kaybı	%	5.0	4.5 - 5.5	20	15.0
Basınç dayanımı	N/cm ²	18.6	16.7 - 20.5	54	24.5
					13.2

Tablo 3.38: 105 Demir Dökümhanesinden Alınan 105 Kum Numunesi Baz Alınarak Ölçülen Yaş kumun Genel Özellikleri [36, Winterhalter, et al., 1992]

Yaş kum karışımına aşağıdaki katkı maddeleri de ilave edilir:

- *Kömür tozu:* Genellikle demir dökümhanelerinde kullanılmakla beraber bazı demir dışı dökümhanelerde de kısıtlı seviyede kullanılır. Yaş kumdaki kömür tozu seviyeleri küçük dökümlerde % 2 - 3 ila büyük kesitli dökümlerde % 7 - 8 arasında değişir. Çok fazla kömür tozunun olması dökümde deliklerin meydana gelmesine neden olabilir. Kömür tozunun yerine kullanılabilecek çeşitli ürünler mevcuttur. Bunlar genellikle kömür tozuna kıyasla biraz daha farklı bir konsantrasyonda karışıma ilave edilir.
- *Tahıl bağlayıcılar:* Silika genişlemesinden kaynaklanan kusurları önlemek ve kum karışımındaki nem fazlalığını kontrol etmek için çelik dökümhanelerinde genellikle nişasta ve dekstrin kullanılır. Yeni yaş kum karışımlarına ilave edilen etkili tahıl bağlayıcısı aralıkları % 0.5 ve 0.75'tir. Birim tipi yaş

kumlarda tahlılın bir kısmı döküm süreci esnasında yok olur. Her bir döngüde tavsiye edilen ilave oranı yanan tahlılın miktarına ve maça ve yeni kumun seyreltisine bağlı olarak % 0.1 – 0.25 arasındadır. [174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

3.9.3 Bağlanmamış Kum ile Kalıplama (V - Prosesi)

Girdi	Çıktı
- kuru kum	- kalıp
- PE tabakaları	- toz
- enerji (vakum üretmek ve vakumu idame ettirmek için)	

Eriyik metal tarafından tetiklenen ısıl şok kum tanelerini parçalar ve genellikle silkeleme sırasında salınmak üzere toz oluşumuna neden olur. Kalıplama amacıyla kumun yeniden kullanılmasını sağlamak için kumdaki kalıntı tozun ortadan kaldırılması gerekir. Bu yöntem uygulandığında, kalıplar doldurulduğu esnada yalnızca az miktarda toz oluşumu meydana gelir. Çevreye olan etkisinin az olması bu süreci ilgi odağı yapmaktadır. Ancak, süreç döngüsü çok sayıda adım içerdiğinden kalıplama hızı düşüktür ve her bir yeni döküm işlemi arasında geçen süre oldukça uzundur. Bunun yanı sıra, yatırım maliyeti de çok yüksektir. Sonuç olarak, bu süreç kendine sadece sınırlı bir uygulama alanı bulabilmiştir.

3.9.4 Kimyasal Bağlı Kum ile Kalıp ve Maça Yapımı

Girdi	Çıktı
- kum	- kum kalıpları ve maçaları
- reçine	- fazladan ayırıcı
- katalizör, sertleştirici, katkı maddeleri	- reaksiyon ürünleri
	- toz

3.9.4.1 Kimyasalları Tüketim Seviyeleri

Çeşitli bağlayıcı madde, katalizör ve katkı maddesi türlerine yönelik tüketim seviyeleri Tablo 3.39'da verilmiştir:

Sertleşme türü	Reçine türü	Reçine ilavesi Kum ağırlığına göre %	Katalizör/ sertleştirici türü	Katalizör/ sertleştirici ilavesi Reçine ağırlığına göre %	Katkı maddesi türü	Katkı maddesi ilavesi Kum ağırlığına göre %
Soğuk setleşen	Füran	0.8 - 1.5	Sülfonik asit	25 - 60	Silan	0.1 - 0.2
	Fenolik	1 - 2	Sülfonik asit	25 - 50	n.a	n.a
	Poliüretan	0.8 - 1.5	Piridin türevi	2 - 6	n.a	n.a
	Rezol	1.0 - 1.5	Ester	22 - 25	n.a	n.a
	Alkid yağı	1.0 - 2.0	Izosiyanat	18 - 20	katalizör	0.002 - 0.2
	Ester silikat	2.0 - 4.5	Ester	10 - 15	n.a	n.a
Sertleşme türü	Reçine türü	Reçine ilavesi Kum ağırlığına göre %	Katalizör türü	Katalizör ilavesi Kum ağırlığına göre %	Katkı maddesi türü	Katkı maddesi türü, kum ağırlığına göre %
Gaz ile sertleşen	Fenolik / Füran	0.8 - 1.2	SO ₂	0.3 - 3	Peroksit	0.1 - 0.5
	Poliüretan soğuk-kalıp	1.0 - 1.8	Amine	0.05 - 0.15	n.a	n.a
	Rezol	1.2 - 1.8	Metil format	0.3 - 0.5	n.a	n.a
	Rezol	2 - 2.5	CO ₂	0.7 - 1.25	n.a	n.a
	Akril / Epoksi	1.2 - 1.6	SO ₂	0.02 - 0.05	Peroksit	0.05 - 0.06
	Silikat	2 - 4	CO ₂	1 - 2	n.a	n.a
Sertleşme türü	Reçine türü	Reçine ilavesi Kum ağırlığına göre %	Katalizör türü	Katalizör ilavesi reçine ağırlığına göre %	Katkı maddesi türü	Katkı maddesi türü, kum ağırlığına göre %
Sıcak sertleşen	Yağ	0.8 - 4			n.a	n.a
	Ilık kalıp furfuril alkol bazlı	1.0 - 1.5	Sülfonik asitlerin Cu tuzları	10 - 30	n.a	n.a
	Sıcak kalıp Fenolik ya da füran bazlı	1.2 - 3.0	Amonyum tuzları	10 - 25	n.a	n.a
	Kronlama fenolik	1.5 - 5	Heksametilen-tetramin	15	n.a	n.a

Tablo 3.39: Kimyasal Bağlı Kumun Hazırlanmasında Kullanılan Çeşitli Reçine, Katalizör, Sertleştirici ve Katkı Maddelerinin Bileşim Düzeyleri
[174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

3.9.4.2 Emisyon Faktörleri

Kimyasal bağlayıcıların kullanılması Tablo 3.35'te gösterildiği gibi, karıştırma, kalıp ve maça yapımı, depolama, boşaltma ve soğutma sırasında çeşitli bileşiklerin üretilmesine neden olur. Çeşitli süreçlere yönelik bazı endikatif emisyon faktörleri Tablo 3.40 ve Tablo 3.41'de verilmiştir.

	Füran kum	Fenolik kum
Organik çözücüler	1.4	1.25
Fenol	0.02	0.18
Formaldehit	0.08	0.15
Tüm veriler kg/ton eriyik metal cinsindendir.		

Tablo 3.40: Kalıp yapımına yönelik emisyon faktörleri [110, Vito, 2001]

	Soğuk kalıp	Sıcak kalıp	Kabuk
Toz	n.a	0.003	0.003
Furfuril alkol	0.1	n.a	n.a
Formaldehit	0.01	n.a	0.003
Organik çözücüler	n.a	0.03	n.a
Aromatik çözücüler	0.12	n.a	n.a
Aminler	0.13	n.a	n.a
Tüm veriler kg/ton eriyik metal cinsindendir / n.a: uygun değil			

Tablo 3.41: Maça yapımına yönelik emisyon faktörleri [110, Vito, 2001]

3.9.4.3 Soğukta Serleştirme Proseslerinde Emisyon

Soğukta sertleştirme prosesleri için tanımlanan emisyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- *Fenolik*: Bileşenlerin buhar basıncına bağlı olarak formaldehit ve fenol buharı emisyonu gerçekleşebilir. Ancak, polimerleşme ortam sıcaklığında meydana geldiğinden buhar basıncı düşüktür ve tüketim oranları dikkate alındığında emisyon yayılımı önemsiz boyutlardadır.
- *Füran*: Bileşenlerin buhar basıncına bağlı olarak formaldehit, fenol, furfuril alkol ve alkol emisyonu gerçekleşebilir. Ancak polimerleşme ortam sıcaklığında meydana geldiğinden buhar basıncı düşüktür ve tüketim oranları dikkate alındığında emisyon yayılımı önemsiz boyutlardadır.
- *Poliüretan*: Bileşenlerin buhar basıncına bağlı olarak formaldehit, izosiyanat ve aromatik çözücü emisyonu gerçekleşebilir. Polimerleşme ortam sıcaklığında meydana geldiğinden buhar basıncı düşüktür ve tüketim oranları dikkate alındığında emisyon yayılımı önemsiz boyutlardadır. Kalıp alanında kötü kokular meydana gelebilir; fakat genellikle etrafı rahatsız edecek boyutlara ulaşmaz.
- *Rezol-ester*: Reçine reaksiyona girmemiş fenol ve formaldehit içerir; ancak bunların emisyonu oldukça düşüktür ve çevreye olan etkileri önemsiz boyutlardadır.
- *Alkid-yağı*: Kalıp ve maçaların korunması sırasında ısı ile kürleştirilmedikleri müddetçe emisyon problemi yaşanmaz. Isı ile kürleştirildiklerinde koku problemleri meydana gelebilir.
- *Ester silikat*: Bu süreç herhangi bir emisyon problemi yaratmaz.

[32, CAEF, 1997]

3.9.4.4 Gazda Sertleştirme Proseslerinde Emisyon

Gaz ile sertleşen süreçlere ait emisyonlar aşağıdaki şekilde tasvir edilebilir:

- *Soğuk kalıp*: Buhar basıncı düşük olmasına rağmen, düşük miktarlarda formaldehit, fenol, izosiyanat ve aromatik çözücü emisyonu gerçekleşir. Aromatik çözücüler en fazla arıtma sırasında salınır. En ciddi emisyonlar ise aminlerde gerçekleşir. Bunların koku tespit eşikleri düşüktür ve bu kokular etrafı rahatsız edebilir. Aminler tehlikelidir ve maruz kalma değerleri nispeten düşüktür. Bunlar çok düşük konsantrasyonlarda güçlü koku verme özelliğine sahiptir.

- *Rezol-ester*: Reçine reaksiyona girmemiş fenol ve formaldehit içerir; fakat gaz ayrıştırma ve arıtma işlemleri sırasındaki emisyon seviyeleri çok düşüktür. Metil format zehirli değildir ve hoş olmayan kokular barındırmaz. Maruz kalma sınırı da nispeten yüksektir.
 - *Rezol-CO₂*: Reçine düşük miktarda reaksiyona girmemiş fenol ve formaldehit içeriğine sahiptir ve bunların emisyon seviyeleri gaz ayrıştırma ve arıtma işlemleri sırasında bile çok düşüktür.
 - *SO₂ ile sertleşen fenolik ve füran reçine*: Reçineler ve hazır kum formaldehit emisyonu gerçekleştirir. Başlıca emisyon problemini oldukça tehlikeli olan sülfür dioksit oluşturur.
 - *SO₂ ile sertleşen epoksi/akrilik*: Maça yapımı sırasında az miktarda emisyon meydana gelir.
 - *CO₂ silikat*: Bu süreç kalıp ya da maça yapımı sırasında herhangi bir emisyon problemi yaratmaz.
- [32, CAEF, 1997]

3.9.4.5 Sıcak Kürleşen Süreçlerde Emisyon

Sıcak kürleşen süreçlere ait emisyonlar aşağıdaki şekilde tasvir edilebilir:

- *Sıcak kalıp emisyonları*: Modeller genellikle açık gaz türbinleri aracılığı ile ısıtılırken yanma gazı emisyonu gerçekleşir. Salınan gazlar fenol, amonyak, formaldehit ve monoizosiyanat (eğer reçine nitrojen içeriyor ise) içerebilir.
- *Ilık kalıp emisyonları*: Sıcak kalıp süreci ile karşılaştırıldığında emisyon seviyeleri oldukça düşüktür. Emisyon içerisinde fenol ya da amonyak bulunmaz ve formaldehit emisyonları da 4 faktör kadar azdır. Model sıcaklığı sıcak kalıp süreçlerinde kullanılan kalıpların sıcaklığından daha düşük olduğundan, çalışma koşulları da daha iyidir. Bu bağlamda, çevreye olan etki oldukça düşüktür.
- *Kabuk oluşturma emisyonları*: Sıcak kalıp süreci ile karşılaştırıldığında küre tabi tutulmuş kum tüketimi çok düşüktür. Ancak, önceden kaplanmış kumda 2 - 3 kat daha fazla reçine bulunur. Buna karşın, model sıcaklıkları neredeyse aynı olduğundan çalışma koşulları üzerinde meydana gelen etki aynıdır.
- *Bezir yağı emisyonları*: Yağlar genellikle nafta ya da kerosen gibi organik çözücülerde solüsyon halinde bulunduğundan kürleşme sırasında büyük miktarda VOC üretilir. Bu da sonuç olarak etrafı rahatsız eden kokular meydana getirebilir. Bu problem boşaltma sırasında daha net gözlemlenebilir. Bu tür problemler ve kötü verim bu süreçte olan ilginin düşmesinin sebeplerinden birisidir.

[32, CAEF, 1997]

Bir sıcak kalıp maça atölyesine ait kütle balans değerleri Tablo 3.42'de verilmiştir. Veriler düşük basınçlı pirinç dökümü yapan bir maça atölyesinden elde edilmiştir. [177, Silva Ribeiro, 2002].

Input	
New sand	371
Electric energy	352.9 kWh
Propane gas	7
Compressed air	187.1 kWh
Resin	8.3
Conservative	0.51
Catalyst	0.76
Coating	1.7
Output	
Cores	287.7
Sand not poured	84.3
Resin	1.4 l
Metallic and plastic containers	
Emissions (after bag filter)	
Particulate emissions	0.11
VOCs	0.83
All data are per tonne of castings sold, values in kg unless stated differently	

Tablo 3.42: Sıcak kutu prosesi kullanan pirinç döküm çekirdeği için kütle dengesi verileri[177, Silva Ribeiro, 2002]

3.9.5 Kimyasal Bağlı Kum Kalıp ve Maçalarının Kaplanması

Girdi	Çıktı
- kullanıma hazır kaplamalar ya da su veya alkol ile seyreltilecek kütleler	- VOC (alkol bazlı)
- çözücü buharlaşması için ısı	

3.9.6 Genleşebilir Model Dökümü (Kayıp köpük / Tam Kalıp Dökümü)

3.9.6.1 Bağlanmamış Kum – Kayıp köpük

Girdi	Çıktı
- EPS granül	- kum kalıp
- EPS yapıştırıcı	- EPS kalıntıları
- refrakter kaplama	- piroliz ve yanma ürünleri
- kum	- toz

Alüminyum döküm üretiminde yaklaşık 15 kg / ton EPS tanesi iyi döküm tüketilir. Refrakter kaplama tüketimi ise 20 kg / ton iyi dökümdür.

Tablo 3.43 ikisi de yılda 5490 ton iyi döküm ürünü üreten, yaş kum ya da kayıp kömür sürecini kullanan iki alüminyum dökümhanesine yönelik kıyaslamalı bir analiz sunar. Değerlerin tesis içi rejenerasyonu dikkate almadığını akılda tutmakta yarar vardır. Uygulamada, her iki dökümhane türü de rejenerasyon uygulayacaktır; bu nedenden dolayı etkin bir şekilde bertaraf edilmek üzere bırakılan kalıntı miktarı düşecektir.

Kalıntı türü	Yitik köpük dökümhanesi	Yaş kum dökümhanesi.
Dökümhane kumu (tesis içi rejenerasyon olmadan)	1.04	2.95
Filtre tozu (tesis içi rejenerasyon olmadan)	0.056	0.22
Filtre tozu (tesis içi rejenerasyon olduğunda)	0.056	0.61
EPS kalıntısı	0.0027	-
Tüm değerler kg/ton iyi döküm cinsindendir.		

Tablo 3.43: Yitik Köpük ve Yaş Kum ile Yapılan Alüminyum Dökümünden Çıkan Kalıntı Madde Üretimi İçin Karşılaştırmalı Veriler

[96, Spillner, 1997]

Organik bileşiklere ait emisyon verileri Tablo 3.44’te verilmiştir. Bunlar 1.2 ton/saat üretim kapasitesine sahip ve saatte 1.9 ton soğuk kalıp maçası kullanan yaş kum dökümhanesi ile karşılaştırıldığında 1.5 ton/saat kapasitede üretim gerçekleştiren Yitik köpük alüminyum dökümhanesi için geçerlidir. Yitik köpük dökümhanesinde torbalı süzgeç odası ve art-yakma birimi kullanılmaktadır. Buna karşın, yaş kum verileri torbalı filtreleme gerçekleştiren bir birim için geçerlidir. Veriler, daha yoğun baca gazı temizliği uygulaması ile Yitik köpük dökümhanesinin daha yüksek seviyede BTEX ve formaldehit emisyonu gerçekleştiren açık bir şekilde daha düşük organik karbon seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, boşaltmadan sonra meydana gelen EPS pirolizinin meydana getirdiği ürünleri ayrıştırmak için salınan gazlara yönelik art-yakma işlemi uygulanması gerekir.

Bileşik	Kayıp köpük dökümhanesi	Yaş kum dökümhanesi.
Benzen	35.33	8.5
Tolüen, ksilen, etilbenzen, stiren	354.67	18.58
Bilinmeyen organik bileşenler	96.67	655.0
Toplam organik karbon	857.33	1283.33
PAH	1.45	1.43
Formaldehit	18.00	2.08
Fenol	18.00	69.83
Tüm veriler g/ton eriyik alüminyum cinsindendir.		

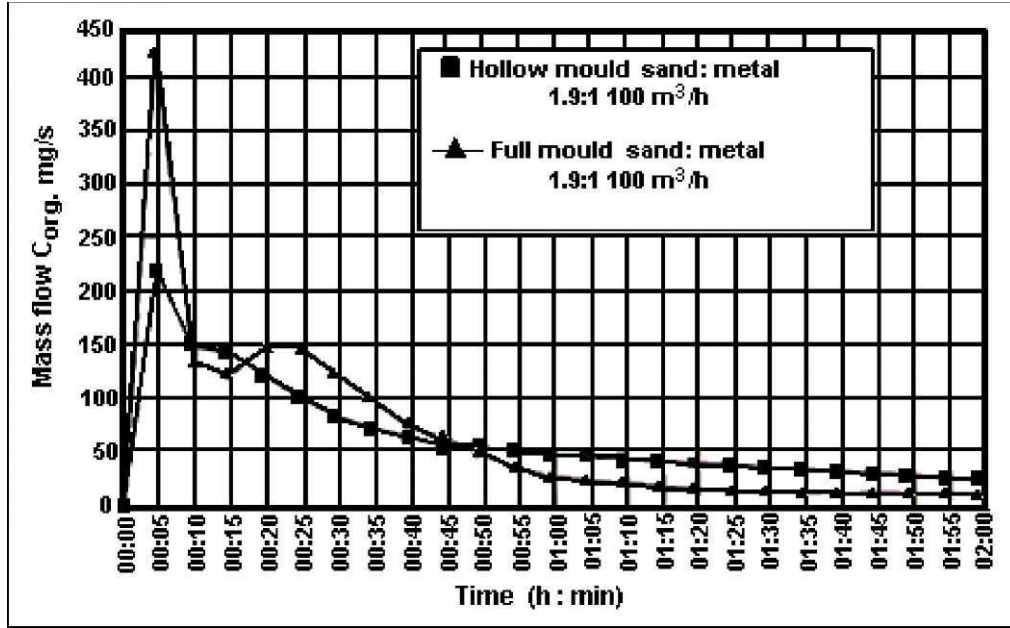
Tablo 3.44: Kayıp Köpük ve Yaş Kum Proseslerini Kullanan Alüminyum Dökümhaneleri İçin Yığın Emisyon Verileri [96, Spillner, 1997]

3.9.6.2 Kimyasal Bağlı Kum – Tam Kalıp

Girdi	Çıktı
- EPS taneleri	- kum kalıpları
- EPS yapıştırıcı	- EPS kalıntıları
- refrakter kaplama	- piroliz ve yakma ürünleri
- kum	- toz
- bağlayıcılar	

Tam kalıp ve içi boş kalıp döküm süreçlerinde meydana gelen emisyon akışları benzerdir. Bu benzerlik, boşaltma işleminden sonra zaman içerisinde meydana gelen toplu organik karbon akışını gösteren Şekil 3.5’te de görülebilir. Zaman “0:00” boşaltmanın başladığı andır. Veriler füzan ile bağlanmış kum kullanılarak yapılan hem tam hem de içi boş kalıplara yöneliktir.

Tam kalıp prosesi, dökme sırasında yüksek bir emisyon seviyesi ve dökme işleminden sonra 1 saat içerisinde düzelen bir başlangıç pik emisyon seviyesini gösterir. İçi boş kalıp süreçleri ise başlangıçta daha düşük bir emisyon seviyesine işaret etmektedir; ancak burada emisyon seviyesi daha yavaş düşmekte ve bu 2 saat kadar sürmektedir. Bu bağlamda, tüm soğutma aşaması boyunca elde edilen toplam organik karbon emisyonu iki süreçte de aynıdır. İlave bazı ölçümler aynı profilin benzen, etil benzen, fenol ve furfuril alkol için de geçerli olduğunu göstermiştir. Stiren ve tolüende maksimum emisyon seviyesine 15-30 dakika sonra erişilir. Bunun nedeni başlangıçta kalıbın soğuk kısımlarında moleküllerin yoğunlaşmasıdır. [215, Müller, 1996]



Şekil 3.5: Dolu ve Boş Kalıplarda Dökme İşlemi Sonrasında Oluşan Atık Gaz Yükü döküm alaşımı: katmanlı demir; kalıp: füren ile bağlanmış kum; 1.9 ton kum: 1 ton Fe [215, Müller, 1996]

3.10 Döküm

3.10.1 Eriyen Kalıpların Kullanılması ile Döküm, Soğutma ve Silkeleme

3.10.1.1 Emisyon Seviyeleri

Girdi

- bitmiş kalıp
- eriyik metal

Çıktı

- döküm ürünü
- kullanılmış kum
- yakma ürünleri (boşaltma kepçelerinin ön ısınmasına bağlı olarak)
- piroliz ve bağlayıcının ısıl bozunmasından kaynaklanan organik kirleticiler, karartma kalıpları, vb
- (fenol, formaldehit, amin, hidrojen siyanit, PAH, benzen, VOC)
- koku
- egzoz havası temizleme atıkları (kuru/çamur)
- silkeleme tozu

Kepçeler **ön ısıtmaya** tabi tutulurken genel enerji kaynağı olarak doğal gazın kullanılması nedeniyle yakma gazları meydana gelir.

Döküm sırasında aşağıdaki emisyon türleri meydana gelebilir:

- Ekzotermik astar gibi termal olarak bozunabilen bileşenler, duman ve/veya buhar salınımı yapar.
- Termal bozunma ve/veya buharlaşma sonucu salınabilen bağlayıcı maddeye ait kimyasal bileşenler ve bazı karartma sistemleri; örneğin, yanma gazları, su buharı ve uçucu organik bileşenler. Bozunma ürünlerinin bazıları koku yayabilir.

Deneyimler, maksimum emisyonların (toplam-C ile ilgili) dökümden 10 dk ya da daha sonra ortaya çıktığını göstermektedir. CO ana bileşendir ve CO seviyesi diğer bileşiklerin emisyonunun da göstergesidir. [110, Vito, 2001]

Soğuma ve silkeleme sırasında termal ayrışma süreçleri devam eder ve genellikle difüzyon ve buharlaşma oranları ile kontrol edilen uçucu bileşikler oluşur. Kalıpların en azından kısmen kırılması gerektiğinden, kum kalıp ve maçalarının dökümden çıkarılması (silkeleme) yoğun toz yoğun bir işlemdir.

İkincil soğutma aşamasında, su spreyinin soğumaya yardımcı olması için kullanıldığı tesislerde meydana gelen su buharı dışında herhangi bir salınım gerçekleşmez. [32, CAEF, 1997]

Döküm işlemi sırasında meydana gelen emisyon türleri kullanılan bağlayıcı maddenin türüne bağlıdır. Meydana gelen emisyonlar, karıştırma aşamasında, piroliz ürünlerinin ilavesi edilmesi üzerine, sıcak metal ile temas gerçekleştiğinde meydana gelen emisyonlara benzer. Tablo 3.45 çeşitli bağlayıcı madde türleri ile ilişkili emisyonlara yönelik niceliksel bir araştırmanın sonuçlarını verir.

Sistem adı ve bağlayıcı bileşenleri	Döküm sırasında havaya yayılan emisyon	Yorumlar
YAŞ KUM Kil Kömür tozu ya da ikame su	Partikül madde – kömürün yanmasından oluşan is Karbon monoksit ve karbon dioksit Benzen Tolüen Ksilen	Koku problemi meydana gelme ihtimali var (kömürün sülfür içeriği ile ilgili olabilir)
KABUK KUM Fenol - Formaldehit (Novalak) Reçine	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Fenol*, krezol* ve ksilenol* Amonyak Aldehit Benzen PAH	Koku problemleri daha yaygındır – dağıtım kafi gelebilmekle beraber arıtmaya da ihtiyaç duyulabilir
ALKALİN FENOLİK Rezol - Alkalın fenol Formaldehit reçine 1. Gaz ile sertleşen 2. Kendiliğinden sertleşen	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Formaldehit Fenol, kresol ve ksilenol Aromatikler	Koku problemi meydana gelebilir
FENOLİK ÜRETAN 1. Gaz ile sertleşen örn. Soğuk kalıp 2. Kendiliğinden sertleşen (fenolik üretan, fırınlama yok)	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Nitrojen oksit Monoizosiyanat Formaldehit Fenol, krezol ve ksilenol Aromatikler (polisiklikler dahil) Anilin Naftalin Amonyak	Koku problemi meydana gelebilir

Sistem adı ve bağlayıcı bileşenleri	Döküm sırasında çevreye yayılan emisyonlar	Yorumlar
FÜRAN Aşağıdakilerden oluşan kombinasyon reçineleri: Fenol Üre Furfuril alkol Formaldehit	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Fenol, krezol ve ksilenol Formaldehit Aromatikler (polisiklikler dahil) Sülfür dioksit Amonyak Anilin Izosiyamik asit* Metil izosiyanat*	Zaman zaman koku problemi meydana gelebilir
SICAK KALIP Aşağıdakilerden oluşan kombinasyon reçineleri: Fenol Üre Furfuril alkol Formaldehit	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Nitrojen oksit Formaldehit Fenol, krezol ve ksilenol Aromatikler (polisiklikler dahil) Anilin Amonyak Izosiyamik asit* Metil izosiyanat*	
YAĞLI KUM Bezir yağı ve nişasta	Partikül madde – karbon bazlı reçinelerin tam olarak yanmamasından kaynaklanan is Karbon oksit Bütadiyen Keton Akrolein	Koku problemi meydana gelebilir
CO2 SÜRECİ Sodyum silikat	Karbon oksit	
SİLİKAT ESTER Sodyum silikat	Karbon oksit Alkan Aseton Asetik asit Akrolein	
* nitrojen (üre) içeren reçineler için		

Tablo 3.45: Bağlayıcı Sistemlerin Dökme, Silkme ve Soğutma İşlemleri Üzerindeki Çevresel Etkisi [160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

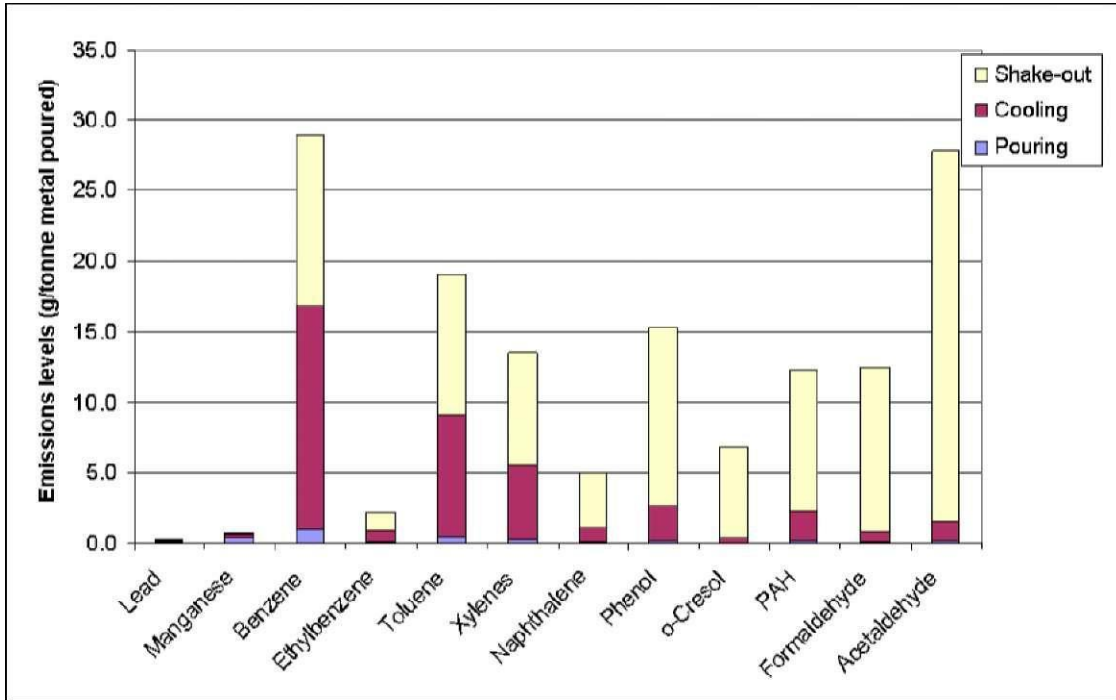
Belçika’da soğuk sertleşen kum kalıplarında demir döküme yönelik emisyon faktörleri Tablo 3.46’da verilmiştir.

Bileşen	Ortalama kg / ton eriyik
CO	1.1
Alifatik heterosiklik hidrokarbonlar	0.22
Aromatik hidrokarbonlar	0.05
HCN	0.03
Formaldehit	0.02
Sülfür bileşikler (paratolüen sülfonik asit kullanıldığında)	0.10
Uçucu organofosforlu bileşikler (fosforik asit kullanıldığında)	0.11

Tablo 3.46: Soğukta Sertleşen Reçine Bağlı Kum Kalıplarında Demir Döküm İçin Emisyon Faktörleri [110, Vito, 2001]

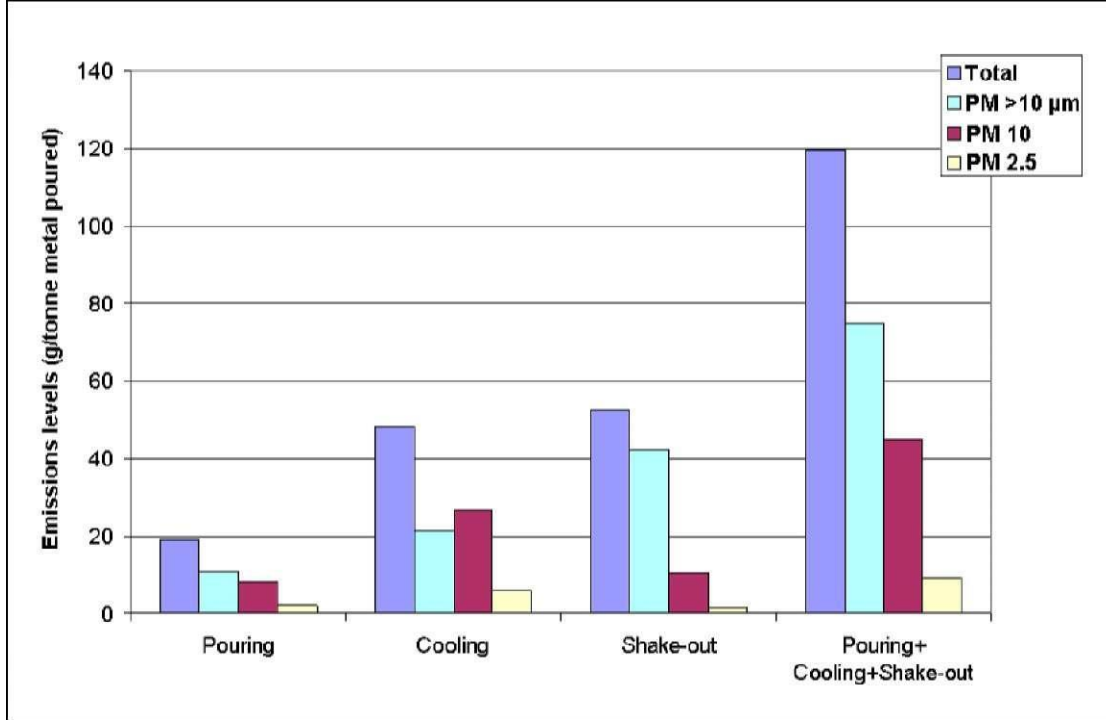
Karışık kum sistemlerinde boşaltma, silkleme ve soğutma sırasında meydana gelen emisyon faktörleri Meksika'da iki otomotiv dökümhanesinde kapsamlı bir ölçüm programı aracılığı ile belirlenmiştir. Çalışma kapsamındaki dökümhaneler yaş kum kalıpları ve kimyasal yollarla bağlanmış kum maçalarını kullanarak demir döküm ürünleri üretmişlerdir. Emisyon faktörleri büyük ölçüde sürece-özeldir ve kalıp ya da maçanın kompozisyonundaki değişikliklere ve soğutma süresi ya da kullanılan silkleme cihazının türü gibi uygulanan teknikteki değişikliklere göre farklılık gösterir. Ancak, elde edilen emisyon faktörleri emisyon türlerine ve çeşitli süreç aşamalarının nispi önemine yönelik yararlı bilgiler vermektedir. Tespit edilen en önemli hava kirleticilerine ilişkin emisyon faktörleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Veriler en fazla emisyon seviyelerine silkleme sırasında ulaşıldığını ve boşaltma sırasında yalnızca düşük seviyede emisyon yayılımı gerçekleştiğini göstermektedir. PAH emisyonuna genel olarak naftalin ve monometilat naftalinler neden olmaktadır. Bu kategoriye yönelik ileri bir analiz, benzeno(a)piren gibi karsinojen PAH'ların çoğunun tespit edilmediğini ortaya çıkarmıştır.

Başlıca metal emisyonları manganez, kurşun, nikel, bakır ve kromdan oluşur. Bunlardan en yüksek seviyelere sahip olanları ise kurşun ve manganezdir. [141, CERP, 1999]



Şekil 3.6: Yaş Kum Demir Dökümhanesi İçin Dökme, Soğutma ve Silkleme İşlemleri Sonrasında Oluşan Kirleticilerin Emisyon Düzeyleri [141, CERP, 1999]

Partikül maddelere yönelik emisyon faktörleri Şekil 3.7’de verilmiştir. Bunlar toplam toz, PM₁₀ (10 pm’den küçük ya da 10 pm’ye eşit partiküller) ve PM_{2.5} (1.5 pm’den küçük ya da 2.5 pm’ye eşit partiküller) üzerinde yapılan ölçümlere dayanmaktadır. Açıklama itibariyle PM₁₀ ‘un PM_{2.5} içerdiği akılda bulundurulmalıdır. [141, CERP, 1999]



Şekil 3.7: Yaş Kum Demir Dökümhanesi İçin Dökme, Soğutma ve Silme İşlemleri Sonrasında Oluşan Partikül Maddelerin Emisyon Düzeyleri
(Toplam = PM₁₀ + PM_{>10})
[141, CERP, 1999]

Yukarıda verilen rakamsal veriler ham gaz için geçerlidir. Bir İtalyan sektörel araştırmasında temizlenmiş egzoz akımlarına yönelik emisyon verileri toplanmıştır ve bu veriler Tablo 3.17’de verilmiştir. [180, Assofond, 2002]. Tüm egzoz temizleme türlerinin ulaştığı toz emisyon seviyesi 20 mg / Nm³’den küçüktür. Bu bağlamda, sulu toz arındırma en iyi performansa sahiptir. Ancak verilerin yalnızca üç adet ölçüme dayandığı da akılda bulundurulmalıdır.

Baca gazı temizleme ekipmanı	Konsantrasyon (mg / Nm ³)			Emisyon faktörü (g / ton)*		
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum
Torba filtre	5.8	1.0	16.8	68.5	7.8	206.9
Sulu gaz yıkayıcı	2.3	1.8	2.8	16.3	13.3	18.0
Sulu çoklu siklon	18.6	14.6	21.9	202.2	163.6	224.4
Sulu Venturi sistemi	11.7	6.2	16.9	116.3	38.2	187.7

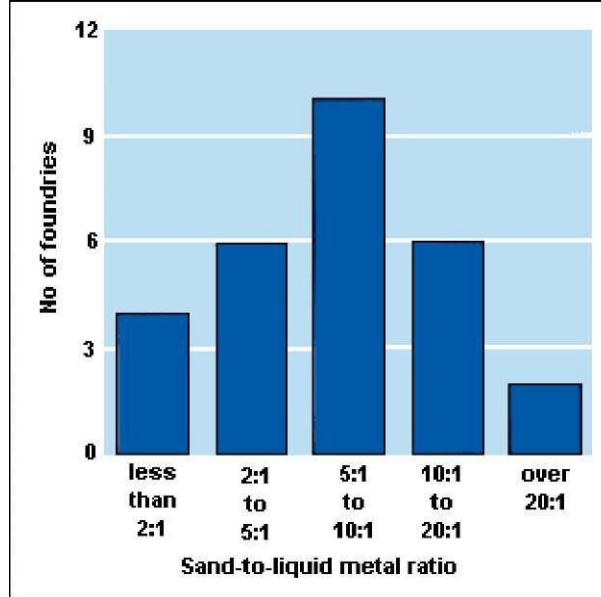
* Emisyon faktörleri g/ton iyi döküm cinsindendir.

Tablo 3.47: Baca Gazı Temizliği Sonrasında Ortaya Çıkan Toz Emisyonları İçin Emisyon Değerleri ve Emisyon Faktörleri
[180, Assofond, 2002]

3.10.1.2 Kum – Sıvı Metal Oranları

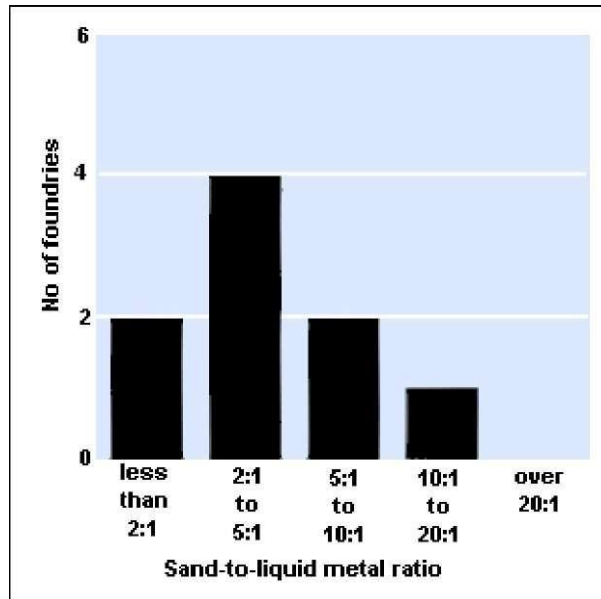
Kalıplama sistemlerinde aşırı miktarda kum gereksiz sermaye ve işletme maliyetlerine neden olur. Daha düşük kum – sıvı metal oranlarının kullanılması sistemdeki toplam kum hacmini düşürecek ve bu nedenden dolayı yeni materyal tüketimini azaltacaktır.

Demir sektöründe yaş kuma yönelik kum – sıvı metal oranlarının dağılımı Şekil 3.8’de verilmiştir. Veriler İngiltere dökümcülük sektörüne yönelik gerçekleştirilen bir araştırmadan elde edilmiştir. Bu sektörde ortalama kum – sıvı metal oranı 9.1 iken bazı dökümhaneler bu rakamın ya oldukça üstünde ya da oldukça altında çalışabilmektedir. Daha düşük oranlar genellikle belirli bir metal kalıbı türünde ya da kalıp boyutu / döküm kombinasyonlarının daha kolay bir şekilde optimize edilebildiği tek-ürün dökümhanelerinde görülmüştür. Yüksek oranlar ise genellikle taşeronluk ya da kısa süreli çalışma durumunda meydana gelmiştir. Burada, birbirinden farklılık gösteren birçok döküm konfigürasyonu (ve bu nedenden dolayı model konfigürasyonları) kullanılmaya başlanmış olabilir ya da başlangıçtaki ürün / ürün karışımı tesis tasarlandığından beri anlamlı ölçüde değişmiş olabilir.



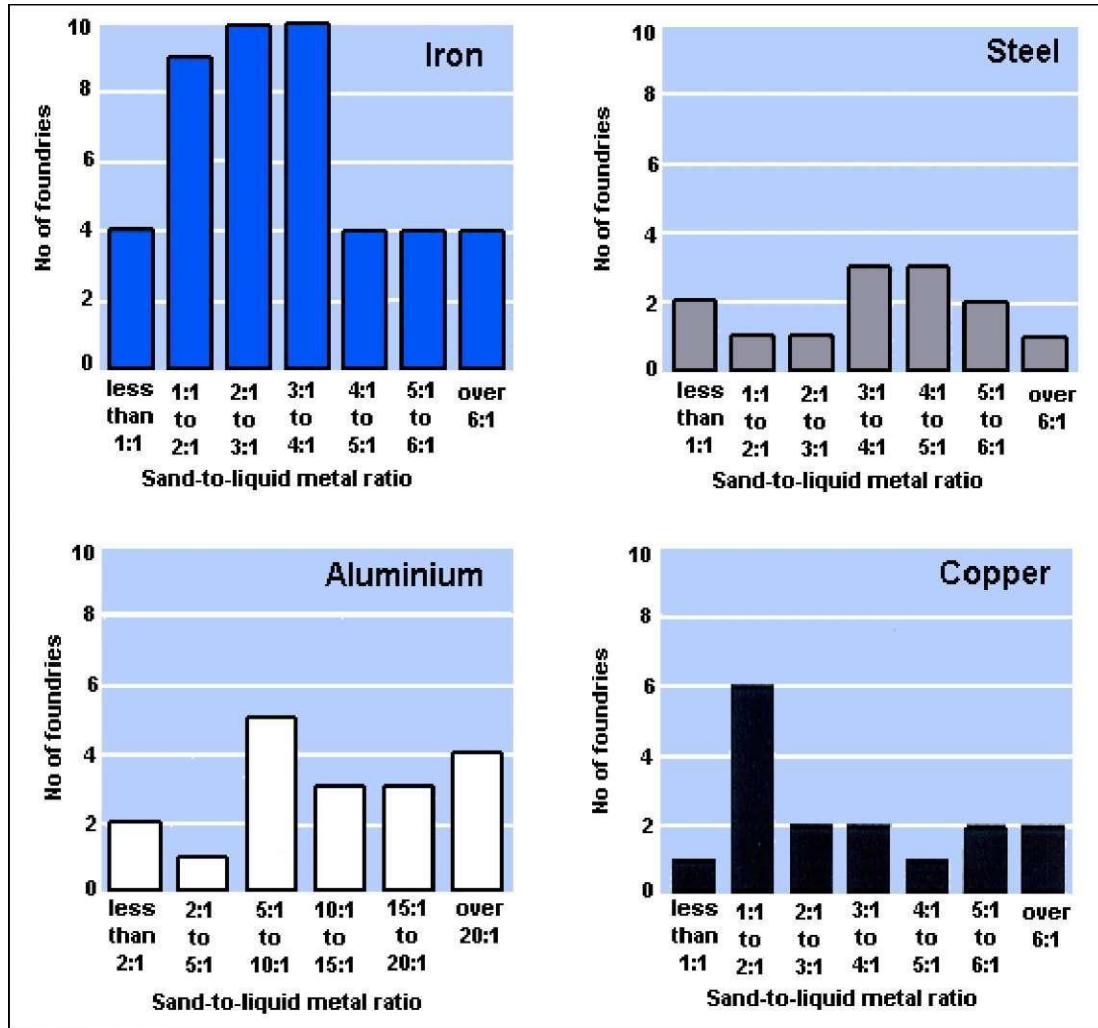
Şekil 3.8: Demir dökümhanelerinde yaş kum – sıvı metal oranları [73, ETSU, 1995]

Şekil 3.9 yaş kuma yönelik bakır sektöründe kum – sıvı metal oranlarının dağılımı göstermektedir. Burada ortalama kum – sıvı metal oranı yaklaşık 4.1’dir. Bu değerin demir sektöründe elde edilen değerden düşük olmasının altında yatan sebep büyük ölçüde çoğu bakır dökümhanesinin optimize kalıp boyutları kullanan ürün odaklı tesisler olmasıdır.



Şekil 3.9: Bakır dökümhanelerinde yaş kum – sıvı metal oranları [73, ETSU, 1995]

Çeşitli metal türlerine yönelik kimyasal yollarla bağlanmış kum – sıvı metal oranları Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10: İngiltere dökümhanelerinde toplam karışık kum – sıvı metal oranları [72, ETSU, 1995]

3.10.1.3 Metal Verimi

Metal verimi eriyen metal miktarının bitmiş iyi döküm ürünü ağırlığına oranıdır. Başlıca beş faktör metal verimini etkiler. Bunlar aşağıdaki gibidir:

- Kalite gerekliliği
- Kalıp boyutu seçimi
- Çalıştırma ve besleme sistemlerinin kapsamı
- Metal büzüşmesi
- Hurma döküm oranı

Metal veriminin kum kullanımı üzerinde doğrudan bir etkisi yoktur. Ancak, verimdeki artış daha az sayıda kalıbın üretilmesine neden olabilir. Bu da genel anlamda daha az kumun tüketildiği anlamına gelecektir. Düşük metal verimi genellikle daha üst düzey kalite standartlarını gerektiren yüksek enterite ürünlerden kaynaklanıyor olabilir. Buna karşın, düşük verim ayrıca yüksek hurda oranları ve aşırı besleme sistemlerinin de bir göstergesi olabilir. Bu gibi durumlarda, dökümhanelerin süreç kontrol ve kalıp koruma yöntemlerini gözden geçirmeleri gerekir. Ana alaşım sektörlerine ait ortalama metal verimleri Tablo 3.48'de verilmiştir.

Sektör	Ortalama metal verimi (%)	Rapor edilen verim aralıkları (%)
Katmanlı demir	68	40 - 90
Nodüler demir	63	40 - 90
Alüminyum	57	40 - 80
Bakır	58	30 - 90
Çelik	45	n.d

Tablo 3.48: Ana alayım sektörlerine ait metal verimleri
[73, ETSU, 1995], [225, TWG, 2003]

Veriler İngiltere dökümcülük sektörü üzerine düzenlenen bir araştırmadan ve Portekiz Dökümcülük Birliğinden (bunlardan ikincisi çelikle ilgilidir) elde edilmiştir. Bilhassa alüminyum ve bakır sektörlerinde araştırmaya katılanların önemli bir kısmı verime yönelik veri sunmayı reddetmiştir. Ancak, metal verimine yönelik bazı genel yorumlar yapılabilir:

- katmanlı demir ve nodüler demir için rapor edilen verim aralığı % 40 - % 90 arasında değişmektedir.
- Alüminyum dökümhaneleri tarafından rapor edilen metal verimleri % 40 ve % 80 arasında oldukça eşit bir şekilde dağılmaktadır. Ancak, alüminyum dökümhanelerinin % 50'sinden fazlası veri sunmamayı tercih etmiştir.
- Veri sunan az sayıdaki bakır dökümhanesinin yarısı % 50 - % 60 oranında verim elde etmektedir. Buna karşın rapor edilen aralık % 30 - % 90 arasındadır. [73, ETSU, 1995]

3.10.1.4 Kullanılmış Döküm Kumu

Finlandiya'da dökümhanenin atık kum kalitesi ve kompozisyonuna yönelik bir inceleme ve araştırma gerçekleştirilmiştir. Veriler literatürden ve kendi tecrübelerimizden elde edilmiştir. [169, Orkas, 2001].

Birkaç çalışmada çeşitli kaynaklara ait kullanılmış dökümhane kumuna yönelik kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. En önemli sonuçların özeti Tablo 3.49'da verilmiştir. Veriler kullanılmış dökümhane kumundaki metalik ve organik zararlı bileşik içeriğinin normalde düşük olduğunu göstermektedir. Genel olarak, organik ve metalik tehlikeli bileşik içeriği kimyasal yollarla bağlanmış kumlara kıyasla yaş kumda daha yüksektir. İnorganik kumlar temel olarak oldukça temizdir.

Bileşik	Yaş kum (mg/kg)	Organik kum (mg/kg)	İnorganik kum (mg/kg)
Ba	35 - 118	2.4 - 5.5	n.d
Cr	1.7 - 13.5	1.2 - 7.2	<5
Fe	2950 - 21000	640 - 16300	530 - 1700
Zn	1.5 - 1450	1.6 - 49	<10 - 30.0
Cd	0.03 - 6.7	0.01 - 0.03	0.02
Pb	1.6 - 390	0.4 - 2.1	1.3
Cu	4.7 - 5.0	2.7 - 4.4	<1.5 - 6.0
Ni	<2.5 - 20.0	0.3 - 8.5	2.5 - 8.3
Mn	76 - 78	22 - 79	25 - 34
As	0.2 - 2.1	0.2 - 1.8	<0.5 - 0.51
Fenol	1.1 - 29.6	0.1 - 14	0.03
Toplam PAH	1.0 - 206.6	0.1 - 8.8	<1.75

Tablo 3.49: Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilen Kullanılmış Dökümhane Kumunun Analizi Sonuçları
[169, Orkas, 2001]

Döküm Geliştirme Merkezi farklı kullanılmış dökümhane kumlarının PAH değerlerini (toplam PAH, naftalin ve karsinojen PAH) ve fenol içeriklerini analiz etmiştir. Sonuçlar Tablo 3.50'de gösterilmiştir.

Belirli bir kum üretim hattında, kullanılmış kumdaki PAH ve fenol içeriği değişkenlikleri nispeten düşüktür.

Kum sistemi	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, (mg / kg)			Fenol	
	Naftalin	Karsinojen PAH	Toplam PAH	Toplam (mg/kg)	Katıdan özütlenebilir (µg/l)
Yaş kum	<1.0 - 7.4	0.03 - <1.0	<10 - 11	1.4 - 63	26 - 1600
Alkalın fenolik	1.1 - 4.8	0.026 - 0.096	2.3 - 8.1	1.4 - 210	0.025 - 4400
Füran	0.87 - <1.0	0.014 - 1.5	1.0 - <10	0.18 - 15	1.2 - 19
Rezin kabuk	0.11 - 7.1	0.01 - 0.67	0.75 - 9.3	3.7 - 3300	0.025 - 3200

Tablo 3.50: Kullanılmış dökümhane kumlarının PAH ve fenol içeriği
[169, Orkas, 2001]

Katıdan özütleme testleri metallerin metal özütlemesinin genellikle düşük olduğunu ve kromit kumun varlığından dolayı meydana gelen krom özütlemesinin ise görmezden gelinebilecek düzeylerde olduğunu göstermiştir. [169, Orkas, 2001].

3.10.2 Kalıcı Kalıplara Döküm

Girdi	Çıktı
- su bazlı ayırıcı madde	- döküm ürünü
- soğutma suyu	- ayırıcı madde püskürtülmesinden kaynaklanan yağlı buğu
- eriyik metal	- maça bağlayıcının ısı bozunmasından kaynaklanan organik kirleticiler
- maçalar	- bekletme fırınından gelen tozları içeren metal oksit
	- maçaların silkinmesinden kaynaklanan toz
	- atık su

Eriyik alüminyumda basınçlı döküm uygulayan üç farklı dökümhaneye ait kütle balans verileri Tablo 3.51'de verilmiştir.

	Dökümhane A	Dökümhane B	Dökümhane C
Girdi			
Su	802 l/ton	935 l/ton	1709 l/ton
Ayırıcı madde	16 l/ton	8.26 l/ton	1.12 l/ton
Elektrik	1103 kilovat saat/ton	1380 kilovat saat/ton	652 kilovat saat/ton
Çıktı			
Atık su ¹ COD pH SS	18000 mg/l	122 l/ton	126 mg/l 7.5 1 mg/l
Yağ ve gres	7.5 1300 mg/l		1 mg/l (toplam
BOD5	3000 mg/l 2000		hidrokarbonlar) 78
Al	mg/l 15 mg/l		mg/l 0.6 mg/l
Egzoz gazı		0.006 kg/ton 0.28	0.14 - 0.27 kg/ton
NOx		kg/ton 1.8 kg/ton	0.030 - 0.16 kg/ton
VOC			
Toz			
Tüm veriler iyi döküm tonu başnadır ya da mg/l atık madde olarak verilmiştir. Dökümhane C'de, arıtma tesisi ve soğutma – buharlaştırma kulelerinde gerçekleştirilen damıtmadan sonra ilgili atık su kalitesine ulaşılır.			

Tablo 3.51: Alüminyum Pres Kalıp Döküm Üniteleri İçin Kütle Balans Verileri, Egzoz ve Atık Madde Bileşimi
[177, Silva Ribeiro, 2002], [202, TWG, 2002]

Hali hazırda kullanılan basınçlı döküm uygulamasında, su bazlı ayırıcı maddeler 1:50 – 1:200 oranında seyreltildikten sonra açık kalıp üzerine püskürtülür. Kalıp kaplamasının yanı sıra, bu püskürtme işlemi kalıp soğutması için de kullanılır. Bu durum, tabloda gösterilen su kullanımlarındaki farklılıkları açıklar. Bu uygulama su dökülmesi ve kaybına ve ayrıca dökümhane atık su sistemine %40'a kadar su/madde sızmasına neden olur.

Kalıcı kalıp süreçlerine yönelik emisyon ve tüketim seviyeleri kullanılan alaşımın türüne, eriyiğin yüzey alanına, kalıba yerleştirilen kum maçalarının kalitesine ve dökümün yüzey/hacim oranına bağlıdır. Kum maçaları başlıca emisyon kaynağıdır. Bu bağlamda, farklı döküm teknikleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Süreç ve uygulamaların farklı farklı olabilmesinden dolayı ortalama veriler sunmak mümkün değildir. [202, TWG, 2002]

Elektrik tüketimi ise teknik sebeplere göre tercih edilen kalıbın kapanma kuvveti gibi süreç yönlerine bağlıdır.

Belçika'da uygulanan tunç, pirinç ve zamak dökümüne ait emisyon faktörleri Tablo 3.52'de verilmiştir.

Alaşım	CuO	SnO	PbO	ZnO	Al ₂ O ₃	MnO
Tunç	0.06	0.04	2 - 20	625 - 6250	n.a	n.a
Pirinç	0.01	n.a	0.007 - 1	125 - 21500	n.a	n.a
Zamak	n.a	n.a	n.a	0.004	0.2	0.01
Tüm veriler g/ton eriyik metal cinsindedir.						

Tablo 3.52: Tunç, pirinç ve zamak dökümüne ait endikatif emisyon faktörleri [110, Vito, 2001]

3.11 Bitirme / Döküm Sonrası İşlemler

Girdi	Çıktı
- bitmemiş döküm ürünleri	- bitmiş döküm ürünleri
- aşındırıcılar	- mekanik operasyonlardan kaynaklanan toz (<i>kum, metal partikülleri</i>)
- su , sabun	- uçucu metaller, ısı operasyonlardan kaynaklanan yanma ürünleri
- elektrik	- atık su

3.11.1 Kızaklı Taşlama

Tablo 3.53 alüminyum döküm ürünlerinde uygulanan kızaklı taşlama prosesine yönelik girdi – çıktı verilerini sunar. Atık su, su damıtma sistemine gider ve daha sonra kaydırarak taşlama ekipmanına gönderilir. Bu bağlamda, aşındırıcı kayalar kullanılır ve bunlar ufak bir yıpranma dışında işlemde değişmemiş vaziyette çıkar.

Girdi	
Elektrik	20.7 kilovat saat
Temizleyici madde	0.5 l
Su	490 l
Çıktı	
Sıvı atık	400 l
Tüm değerler iyi döküm tonu başıdır.	

Tablo 3.53: Alüminyum döküm ürünlerinde yandan taşlama işlemine yönelik girdi – çıktı balansı [177, Silva Ribeiro, 2002]

3.11.2 Kumlama

Bir İtalyan araştırmasından bilye püskürtmeden kaynaklanan egzoz gazının emisyon seviyelerine yönelik veriler elde edilmiştir. İlgili sonuçlar Tablo 3.54'te verilmiştir. Tüm tekniklerin ulaştığı maksimum toz emisyonu seviyesi 30 mg / Nm³'ün altındadır. Ortalama değer ise 15 mg / Nm³'ün altındadır. Sulu Venturi sistemi bu bağlamda en az etkili olan sistemdir ve diğer tekniklerden çok daha yüksek bir emisyon faktörüne sahiptir. Diğer taraftan, alüminyum tozu patlamasını engellemek için güvenlik cihazı işlevini de görür. [225, TWG, 2003].

	Konsantrasyon (mg/Nm ³)			Emisyon faktörü (g/ton)		
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum
Torba filtre	5.3	0.4	19.3	53.1	0.3	327.3
Sulu filtreleme	12.0	4.2	16.4	21.9	7.9	30.1
Sulu çoklu - siklon	8.2	4.2	14.8	54.9	18.5	135.4
Sulu Venturi sistemi	12.8	1.1	22.3	149.0	2.3	523.5
Emisyon faktörüne ilişkin veriler g/ton iyi döküm cinsindedir ve temizlenmiş gaza yöneliktir.						

Tablo 3.54: Çeşitli Tozsuzlaştırma Tekniklerini Kullanan Yüksek Basıncılı Kumlama İşleminde Çıkan Egzoz Gazı İçin Emisyon Verileri [180, Assofond, 2002]

3.11.3 Çapak Temizleme (Döküm Temizleme)

Bir İtalyan dökümcülük araştırmasından çapak temizlemeye ait egzoz gazlarının emisyon seviyelerine dair veriler elde edilmiştir. İlgili sonuçlar Tablo 3.55'te verilmiştir. Tüm tekniklerin ulaştığı toz emisyonu seviyesi 30 mg / Nm³'ün altındadır. Torba filtre ve Venturi sistemi 10 mg / Nm³'ün altında maksimum seviyeye erişilmesine imkan tanır. Bu bağlamda, sulu çoklu siklon en az etkili olan sistemdir ve diğer tekniklerden çok daha yüksek bir emisyon faktörüne sahiptir. Emisyon faktörü büyük ölçüde ihtiyaç duyulan bitirmenin miktarına ve bu nedenden dolayı üretilen döküm ürünlerinin türüne bağlıdır.

	Konsantrasyon (mg/Nm ³) Ortalama Minimum Maksimum	Emisyon faktörü (g/ton) Ortalama Minimum Maksimum
Torba filtre	3.0 0.4 7.5 14.8 7.6 23.3 2.5 1.1 5.9	17.0 2.3 85.6 275.6 96.2 497.2 45.5
Sulu çoklu - siklon		35.5 63.4
Sulu Venturi sistemi		
Emisyon faktörüne ilişkin veriler g/ton iyi döküm cinsindendir ve temizlenmiş gaza yöneliktir.		

Tablo 3.55: Çeşitli Tozsuzlaştırma Tekniklerini Kullanan Çapak Temizleme İşleminden Çıkan Egzoz Gazı İçin Emisyon Verileri, [180, Assofond, 2002]

3.11.4 Çelik Dökümhanelerinde Bitirme İşlemleri

Çelik dökümhanelerinde özel kesme, yüzey kusuru giderme ve lehimleme süreçleri kullanılır. Ortalama toz emisyonu değerleri Tablo 3.56'da verilmiştir. Bunlar aşağıdaki tekniklerin kullanımında geçerlidir:

- *Kesme* (çalıştırma sistemi): Paslanmaz kesme için tetren – asetilen – demir oksit
- *Yüzey kusuru giderme*: Bakır ile kaplı karbon elektrot
- *Lehimleme*: Elektrot ya da tel kullanımı ile.

Bitirme tekniği	Toz emisyonu (kg/ton)
Tetren kesme	11 - 13
Yüzey kusuru giderme	9 - 11
Elektrot / Tel	3 - 3.5
Tüm veriler iyi döküm tonu başına.	

Tablo 3.56: Çelik dökümhanelerinde bitirme işlemine ait ortalama toz emisyonları [202, TWG, 2002]

3.12 Isıl İşlem

Girdi	Çıktı
- kaplanmış döküm ürünleri	- kaplanmış döküm ürünleri (ısıl işlem görmüş)
- enerji (elektrik, gaz veya benzin)	- Yakma işleminden çıkan yanma ürünleri
- sulama: su, yağ, hava	- su buharı, duman, yağ sisi
	- NO _x , SO ₂

Isıl işlem fırınlarından kaynaklanan emisyonlar esas olarak, özellikle gaz ve petrol yakıtlı fırınlardan çıkan yanma gazlarından oluşur. Yanma gazlarının bileşimi, kullanılan yakıt türüne bağlıdır. Petrol yakıtlı fırınlar doğal gaz brülörleri için mevcut olmayan SO₂ emisyonunu üretecektir. Su verme proseslerinin yürütüldüğü durumlarda, is, duman, su buharı veya yağ sisi emisyonları da su verme ortamına bağlı olarak meydana gelecektir.

Isıl işlem fırınları, bilinen hava bileşenleri sürekli kaynakları olarak bilinmektedir. Emisyon seviyeleri, enerji tüketimi, brülör tasarımı ve bakımı yakından ilişkilidir. Emisyon toplama işleminin tav fırınları için önemi yoktur. Farklı fırınlarda emisyonların yakalanması önemli ölçüde farklılık göstermez ve emisyonlar, atık gaz borusu ile dışarı atılır. Genel olarak, daha fazla atık gaz arıtma işlemi uygulanmaz.

Genel olarak, su verme bir toplu işlemdir. Bu nedenle, emisyon seviyeleri önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Büyük ölçekli üretim ile daha bağlantılı hale gelmiş olsa da, su verme banyolarından kaynaklanan emisyonlar, çevre ile ilişkilendirilmez. Kaynak gücü (emisyon oranları) ve kimyasal bileşikler hakkında veri bulunamamıştır. [32, CAEF, 1997]

3.13 Atık Su

3.13.1 Atık Su Kaynakları

Dökümhanelerde kullanılan proses suyunun miktarı düşüktür ve çoğunlukla tozsuzlaştırma tekniklerinin seçimine bağlıdır. Atık su çoğunlukla, eritme atölyesinde, döküm malzemesinin hazırlanması ve ıslah ve temizleme atölyesinde uygulanan toz giderme ve atık gaz arıtma sistemlerinde oluşur. Atık su, sulu temizleyicilerin (kullanılan maça yapım tekniği ve yapıştırıcılara bağlı olarak) kullanıldığında maça üretiminde oluşur. Tesislerin (Avrupa’da bildirilen 2 tesis) bir kısmında su, sulu kum rejenerasyonu için kullanılır. Ayrıca, su genellikle kupol yüzey soğutma ve (kalıp) döküme yönelik soğutma banyoları için kullanılır.

Olası atık su kaynakları şunlardır:

- Hurda depolama alanı ve site drenaj
- Kum hazırlama
- Dökümhanelerin çeşitli alanlarında tozsuzlaştırma için kullanılan sulu yıkayıcılar
- Pres kalıp döküm makineleri ve araçlarını soğutma
- Titreşimli kaplama (sürgü taşılama)
- Isıl işlem için kullanılan soğutma banyoları.

Üretime-özel atık su miktarı ortalaması **0,5 m³/t iyi dökümdür**.

[160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [195, UBA, 2003]

3.13.2 Hurda Depolama İşleminde Çıkan Atık Su

Hurda üzerine toprak yapışmış olabilir ve dış hurda genellikle üretim-özel safsızlık özellikleri sergileyebilir. Yapışan yabancı maddeler, yağmur yağdığında yıkanabilir ve daha sonra toprak ve yeraltı suyuyla karışabilir. Tablo 3.57 'de olası safsızlıklara bir genel bakış içeriği sunulmuştur:

Hurda türü	Yapışan Yabancı Maddeler
Metal talaş	Kesme yağları, emülsiyonlar (klorür içerebilir)
Delme hurdası	Delme yağları (klorür içerebilir)
Şartnameye uymayan bozuk makine dökümleri	Hidrolik yağlar, dişli yağları
Soğukta şekillendirme ve demirhanelerden çıkan hurda	Fosfatlar, çinko sabunları, grafit, şekillendirme yağları

Tablo 3.57: Belli Hurda Türleri İçin Olası Safsızlıklar [195, UBA, 2003]

Yapışmış yabancı maddeler, su (yağlar, emülsiyonlar) için bir tehlike arz eden maddeler ise, su için tehlike oluşturan maddelerin depolanma gereksinimleri uyumlu hale getirilmelidir.

3.13.3 Kupolda Eritmede Kullanılan Sulu Yıkayıcılardan Çıkan Atık Su

Sulu yıkayıcılar kupol çıkış gazının temizlenmesi için eritme atölyelerinde kullanılmaktadır. Sulu yıkayıcılar kupol çıkış gazından toz parçacıklarını (ortalama yükleme: 10-15 g/Nm³) ve kükürt dioksit - gibi gazları temizlemek için su kullanır. Durultma takında katı partiküllerin büyük bir kısmı yakalanır ve böylece ovma suyundan neredeyse tamamen kaldırılır.

Kükürt dioksit gibi kupol çıkış gazından yıkanan kısmen asit gazlar, tuz konsantrasyonunun artmasına (örneğin sodyum sülfatın örneğin oluşumu) ve pH azalmasına sebep olarak, ovma suyunda birikir. Bu tuz birikimi buharlaşma kayıpları ile de desteklendiğinden zaman zaman su çekmek gereklidir.

Eritme atölyesindeki sulu tozsuzlaştırma işleminden çıkan atık su ağırlıklı olarak aşağıdaki içeriğe sahiptir:

- Silisyum, demir ve alüminyum, kalsiyum karbonat ve siyanürler gibi katı maddeler
- Çinko istisnası ile ağır metaller. Bunlar sadece çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır.
- Topraklı hurda ile atık suya girebilen organik kirleticiler.

Kupol çıkış gazının temizlenmesi için kullanılan sudaki AOX (emilebilir organik halojenürler) düzeyleri birkaç miligram miktarında olabilir. AOX'un olası kaynakları hurda kaplamaları ve gaz ovma işlemi sırasında suya giren yapışmış klorlu organik bileşiklerdir. Klorlu organik bileşikler, çöktürücüler olarak kullanılan ticari dereceli hidroklorik asit veya demir ve alüminyum klorürler gibi yardımcı maddeler yoluyla da suya girebilir.

Analit	Birimler	Değer
pH değeri		7.2 - 9.9
El. iletkenliği	pS/cm	1400 - 18400
Kurşun	mg/l	<0.01 - 2.5
Kadmium	mg/l	<0.01 - 0.03
Krom	mg/l	<0.01 - 0.13
Bakır	mg/l	0.02 - 0.89
Nikel	mg/l	0.04 - 0.23
Civa	mg/l	< 0.001
Çinko	mg/l	1.8 - 27.9
Sülfat	mg/l	430 - 1550
Klorür	mg/l	1330 - 3947
KOİ	mg/l	154 - 7580

Tablo 3.58: Kupol Fırınlarnın Sulu Temizleyicilerinden Çıkan Çamurun Susuzlaştırılmasından Kaynaklanan Filtre Atık Maddelerin Kirletici Yoğunlukları [195, UBA, 2003]

3.13.4 Döküm, Soğutma ve Silkeleme Alanlarından ve Kalıp Üretimi/Kum Hazırlama İşlemlerinden Çıkan Atık Su

Döküm, soğutma ve silkeleme alanı ve kalıp üretim/kum hazırlama işlemlerinde, kalıplama malzemesinden çıkan çözünmez tanecikler tozsuzlaştırma işlemi sırasında, kullanılan bağlama ajanından çıkan küçük organik oranlar ile birlikte yakalanır. Sulu tozsuzlaştırma işlemi uygulanır ise bu bileşikler, atık su akımında bulunacaktır. Kısmen ince ince dağıtılan ve kaldırılması zor olan inorganik katılar, demir oksitler ve killerdir.

3.13.5 Maça Yapımından Kaynaklanan Atık Su

Maça yapım atölyelerinde, kimyasal yıkayıcılarda kullanılır. Asit (soğuk kutu prosesi) veya bazik (SO₂- proses ve Kronlama) kullanılır. Boşaltılan atık su miktarı, dolaşan sudaki kirleticilerin ve tuzların birikimine bağlıdır. Kirlilik seviyeleri çok yüksek ise, kirlenen suyun bir bölümü çekilmelidir.

Soğuk kutu ve sıcak kutu maça yapımından çıkan yıkama çözeltileri, temelde biyolojik olarak parçalanabilen aminler ve fenoller içerir.

Amin içeren yıkama çözeltilerinin arıtılması nitrifikasyon / denitrifikasyon aşamasını gerektirir. Bu arıtma adımları da harici bir biyolojik atık su arıtma tesisinde yapılabilir. Aminlerin geri kazanılması boşaltma işlemi için bir alternatiftir.

Oksidasyonu takiben, SO₂ prosesi sonucunda ortaya çıkan çözelti ağırlıklı olarak sodyum sülfat içerir. Yüksek sülfat konsantrasyonlarının (> 600 mg / l) kanalizasyon sistemlerinin zarar görmesine yol açabileceğinden, yerel koşullara uygun olarak ilgili yetkili makam tarafından bir limit değeri belirlenir (örneğin, sülfat dayanıklı borunun varlığı ve diğer atık su ile seyreltme). [195, UBA, 2003]

4 DÖKÜMHANELER İÇİN MET'İN BELİRLENMESİNDE DİKKATE ALINACAK TEKNİKLER

Bu bölümde, çevresel koruma ve enerji tasarrufu önlemlerine yönelik teknikler, her bir proses adımı için verilmiştir. Çeşitli döküm süreçleri ve adımlarının değerlendirilmesi için tematik bir yaklaşımın benimsenmesine fırsat tanıyan çeşitli teknikler genel konular dahilinde yapılandırılmıştır.

Tekniklerin tümü, aşağıdaki öğeleri göz önünde bulundurarak ya prosesi optimize etmeyi ya da çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedir:

- Her ünite işletiminin dikkatlice seçilmesi ve optimizasyonu; örneğin depolama, ergitme ve metal işleme, kalıp ve maça üretimi, döküm
- Su ve hava emisyonlarının azaltılması
- Enerjinin verimli kullanımında artış
- Kalıntıların en aza indirilmesi ve yeniden kullanımı.

Tematik yaklaşım ile paralel olarak, bilgi, aşağıdaki bölümler kapsamında organize edilmiştir:

- 4.1. Hammadde depolama ve işleme
- 4.2. Metal eritme ve eriyik metal işleme
- 4.3. Kum hazırlama işlemi kapsayan kalıp ve maça yapımı,
- 4.4. Metal döküm
- 4.5. Duman, baca gazı ve egzoz hava yakalama ve arıtma
- 4.6. Atık su arıtma
- 4.7. Enerji verimliliği
- 4.8. Kum: rejenerasyon, geri dönüşüm, yeniden kullanım, bertaraf
- 4.9. Toz ve katı atıklar: arıtma ve yeniden kullanım
- 4.10. Gürültü azaltma
- 4.11. Devre dışı bırakma
- 4.12. Çevresel yönetim araçları.

Mevcut en iyi tekniklerin seçimini sağlamak için, MET kararında dikkate alınması gereken bütün teknikler standart bir yapıya göre sunulmaktadır. Bu yapının öğeleri Tablo 4.1 'de açıklanmıştır.

Bilgi Türünün Adı	Kapsanan Bilginin Türü
Tanım	Tekniğin teknik açıklaması ı
Elde Edilen Çevresel Faydalar	Teknik dahilinde ele alınan ana çevresel etkiler.
İşletim Verileri	Tekniği kullanan işletimsel tesislere ait tüketim ve emisyon düzeyleri hakkında veri. Tekniğin uygulanması, korunması ve kontrolünün nasıl yapılacağına dair diğer bilgiler
Çapraz - ortam Etkileri	Diğer ortamların, uygulamanın sebep olduğu herhangi bir yan etki ve dezavantaj. Diğerlerine kıyasla tekniğin çevsel etkileri
Uygulanabilirlik	Tekniklerin uygulandığı tesislerin türünün örneğin tesisin yaşı (yeni veya mevcut), tesisin boyutu (büyük ya da küçük), halihazırda kurulu olan teknikler (örn. fırın türü, kalıplama tekniği, ...) ve ürünün türü (demirli, demir dışı) öğelerinin dikkate alarak belirtilmesi
Ekonomi	Maliyetler (hem yatırım hem de işletimsel) ve maliyetlerin nasıl hesaplandığına dair detayları kapsayacak şekilde olası tasarruflar hakkında bilgi
Uygulama İçin İtici Güç	Uygulamaya olanak sağlayacak veya uygulamayı teşvik edecek yerel koşullar ve gereksinimler. Uygulama için çevresel nedenler dışındaki nedenler üzerine bilgi (örn. verimlilikte ve emniyette artış)
Örnek Tesisler	Tekniğin uygulandığı ve bilginin toplandığı tesislere atf
Refereans Literatür	Bölümün yazımında kullanılan ve daha fazla detay içeren literatür

Tablo 4.1: Bölüm 4'te Verilen Her Teknikte Yer Alan Bilgi

Bu bölüm, her bir teknik için bilgi sunar. Takiben dengeleme ve seçim teknikleri, 4. Bölüm bilgilere dayanarak Bölüm 5 ile ele alınacaktır.

4.1 Hammadde Depolama ve İşleme

4.1.1 Giriş

Katı maddeler, gazlar ve sıvıların depolanması ve işlenmesi Depolama BREF [205, Avrupa IPPC Bürosu, 2003] belgesinde tartışılmıştır. Belge, örneğin yığınlar, silolar, tanklar ve paketlenmiş malzemeler (örneğin, tehlikeli ve yanıcı maddeler) için mevcut teknikleri ele almaktadır. Bunlar kum, hurda, kok kömürü, yakıt (gaz, petrol), kimyasal maddeler, katkı maddeleri gibi dökümhane hammaddeleri ve kullanılan döküm kumu, filtre, toz ve cüruflar gibi dökümhane artıkları için uygulanabilir. Bu bölümde, sadece depolama BREF kapsamında olmayan döküm özgü sorunlar tartışılacaktır.

4.1.2 Kapalı Depolama ve Geçirimsiz Hurda Sahası

Tanım

Hurda depolama alanı aşağıdaki faktörler dikkate alınarak yapılandırılabilir ve yönetilebilir:

- Fırın şarj bileşimi yem malzeme bilgisini gerektirir. Çeşitli metal türleri ya da sınıfları için ayrı depolama işlemini uygulamak şarj kompozisyonunun kontrolünü sağlar. Bu depolama alanı veya ihrakiyede bölmeler ya da kutular kullanılarak elde edilebilir
- Pas, toprak ya da kir gibi mineral ve oksit malzemelerin dahil edilmesi, refrakter aşınmasını artmasına sebep olur. Çimentolu bir hurda sahasının kullanımı, toprak, kir veya suyun sürüklenmesini engeller.
- Depolama alanı üzerine inşa edilen bir çatı, yağmur suyunun dışarıda tutulmasına yardımcı olabilir ve toz emisyonlarının kontrol altına alınmasına yardımcı olabilir.
- Bir su toplama ve arıtma sistemi, toprak ya da su kirliliğini önlemek için kullanılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bir çatı ve güçlendirilmiş bir avlu kullanımı akan suyun toplanmasını sağlar ve bu nedenle su ve toprağa kontrolsüz emisyonları önler. Toprak ile malzemenin toprak ile karışımı önlendiğinden toprağa emisyonlar da minimize edilir.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Geçirimsiz bir hurda sahası kullanımı, tüm yeni ve mevcut dökümhanelerdeki hurda depolama işlemlerinde uygulanabilir. Hurda bir çatı altında veya su ve toprak kirliliğini önlemek için bir su toplama ve arıtma sisteminin tedarik edilmesiyle depolanır.

Uygulama için itici gücü

Şarj kompozisyonunun kontrolü, fırın işletiminin ve dolayısıyla metal bileşiminin kontrolünü geliştirir. Ayrıca refrakter aşınmasının en aza indirilmesini sağlar.

Örnek Tesisler

Bu teknik, dökümhanelerin çoğunda uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002]

4.1.3 Bağlayıcı Kimyasallar İçin Depolama Önlemleri

Tanım

Bağlayıcı kimyasalların depolanması için özel üretici tavsiyeleri ele alınır. Bu tavsiyelere uyulmaması, ya alt standart kalıp / maça nedeniyle özel atık olarak bertaraf işlemini gerektiren ya da kötü döküm kalitesine sebep olan kullanılamaz ya da alt-standart ürünlerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Tablo 4.2, sıvı bağlayıcı kimyasalların yanlış depolama işleminden kaynaklanan kalite sorunlarını özetlemektedir. Doğru depolama, bu sorunları dikkate alır.

Problem	Ürüne Etkisi	Çıkarımlar	Döküme Etkisi
Aşırı soğuğa maruz kalma	Su bazlı ürünler donabilir	Ürün segregasyonu gerçekleşebilir ve kalıp hatasına sebep olur Etkilenen ürünlerin bertarafı gerekir	Döküm üretimi mümkün olmayabilir
Aşırı ısıya ve güneş ışığına maruz kalma	Erken yaşlanma, çapraz bağlı reçine ve artan vizkosite	Zayıf karışım özellikleri, düşük kalıp güçleri ve yüksek sıcaklıklara karşı düşük direnç	İnceltme hataları
Uzun süreli depolama ya da soğuk depolama	Artan vizkosite	Kum taneleri üzerine dağıtım zordur. Kum karışımı akışı kötüleşir ve karışımı sıkılaştırmak zordur. Düşük dayanıklılıkta kalıplar	Erozyon, eksojen (kumlu) arakatların inceltmesi ve boyutsal hatalar
Nem kaynaklı kirlilik	İzosiyanat içeren ürünler suda temkime nedeniyle bozulacaktır	Bağlayıcı performansı düşüktür ve ürün, bertaraf gerektirebilir.	Gaz hatalarının artan riski (iğne deliği)
Yığın silikat tanklarında çökel bertarafı	Pompalanan sıvı kararsız olabilir	Düşük dayanıklılıkta kalıplar	Büyük boy döküm ürünleri ve büzülme etkileri

Tablo 4.2: Sıvı Bağlayıcı Kimyasalların Yanlış Depolanmasından Kaynaklanan Problemler [71, ETSU, 1998]

Bazı basit önlemler şunlardır:

- Çatılı ve havalandırılan bir alan
- Dökülen sıvının toplanması
- Kilitli depolama alanı.

İklim faktörüne bağlı olarak, aşırı soğuk ya da ısıya ve güneş ışığına maruz kalma durumları açıklanabilir. Metil format, trietilamin (TİM), dimetiletamin (DMEA) ve izopropil alkol içeren kalıp kaplamaları gibi yüksek derecede yanıcı sıvıların depolanması için ek önlemlerin alınması gereklidir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kullanım için uygun olmayan ortaya çıkan atık kimyasalların miktarının azaltılması.

Çoğu bağlayıcı kimyasallar tehlikelidir ve şu özelliklerden biri veya daha fazlası ile karakterize edilir: toksik, aşındırıcı, yanıcı. Bu özellikler, daha büyük yayılımlar ciddi bir vakaya yol açabilirken küçük dökülmelerin işçi sağlığı ve iş güvenliği için bir tehlike teşkil edebildiği anlamına gelir. Bir yüzey suyu tahliye oluğuna girmesine izin verilen büyük bir sızıntısı, su yollarının ciddi şekilde kirlenmesine neden olabilir.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni ve mevcut tesisatlar için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Dökümhane işletimlerinin emniyet tedbirleri ve optimizasyonu.

Örnek Tesisler

Bu teknik, dökümhanelerin çoğunda uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[75, ETSU, 1996]

4.1.4 Temiz Hurdanın Eritme İşlemi İçin Kullanılması ve İade Malzemesinden Kumun Çıkarılması

Tanım

Temiz hurdanın eritilmesi, cüruf ile alınan ve / veya fırın astarı için tehlike metal dışı bileşiklerin oluşturduğu riski önler. Bu bileşikler genellikle kireç, demir oksitler, manganez oksitler, silikon refrakter (asit) ile birlikte temel oksitlerdir (örneğin MgO nodüller demir dönerler). Kontaminasyon miktarı sınırlı ise, oluşan cüruf miktarı azaltacaktır ve fırın ve pota astar için uzun bir ömür sağlayacaktır. Dökümhaneden geri gelen MgO'yu

nötrleştirilmesinden dolayı asit refraktöre sahip bir fırın kullanan nodüler demir üretimi için, yapışan **Sökümü** faydalı bir etkiye sahip olabilir.

Fırın yükündeki kirleticiler ve oksitlerin varlığı, eritme enerjisinin bir kısmını tüketecektir. Ayrıca, cürufların çıkarılması, cürufları sıvı halde tutmak için daha yüksek bir banyo sıcaklığı gerektirir.

Dahili geri dönüşümlü hurda, besleyiciler sistemler ve reddedilen dökümlerden oluşur. Besleyici sistemler, silkleme işlemi sonrasında durdurulur. Genelde geometrileri nedeniyle, yapışan kum taşımazlar. Kabul edilmeyen döküm ürünleri, yapışan kumun tamamının giderilmesi için dökümlerin kum püskürtme ve bilyeli püskürtme yöntemleri kullanılarak temizlenmesi sonrasında gerçekleştirilen kalite kontrol işlemi üzerine hariç tutulur. Bu nedenle kumsuz döner malzeme kullanımı, genel olarak, hiçbir ek arıtma gerektirmez.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bu teknik, bertaraf ve VOC emisyon sınırları gerektiren cüruf ve toz miktarını azaltır. Enerji tüketimi azaltılmış miktarda cüruf sebebiyle (% 10 ila % 15) azalır. Ayrıca çıkarılan hava akımı azalabilir.

Hurdanın sıcak hava işlemi, hurda için aşırı miktarda cüruf üretimine yol açan kirlenme vakalarının olduğu durumlarda tavsiye edilebilir. Sadece bilya-püskürmeli hurda kullanımı, cüruf oluşturmak için aslında cüruf oluşturan katkı maddelerini gerektirecektir.

Çapraz - ortam Etkileri

Dökümhaneler sadece temiz hurda alır ise kirli hurda için genel geri dönüşüm oranı azalacaktır. Bu durum, ek temizleme işlemleri için bir ihtiyacın doğmasına neden olacak ve hurda bertarafını artacaktır. Kumun iade malzemesinden çıkarılmasına yönelik temizleme tekniklerinin kullanımı enerji tüketir. Bu kayıp eritme aşamasında elde edilen enerji ile dengelenmiştir.

İşletim Verileri

12 - 15 kWh'lık 1 ton dökümden çıkan 30 -40 kg kumun temizlenmesine yönelik bir enerji tüketimi işletimsel bir dökümhane olarak rapor edilmiştir. Tüketim seviyesi, döküm boyutu ve türüne bağlıdır.

EAF eritme kullanan bir çelik dökümhanesi için 2 ila% 3 arasında bir eriyik metal geri kazanımında (dökülen metal / şarj edilen metal) bir artış rapor edilmiştir.

EAF için tipik bir metal şarjı, :% 55'lik döküm çelik hurda, % 40'lık dahili döner;% 5'lik metal düzeltme katkı maddeleridir.

Uygulanabilirlik

Dahili hurdadan kumun çıkarılması, tüm yeni ve mevcut dökümhanelerde uygulanabilir. Eritme için temiz hurda kullanımı tüm döküm türlerinde uygulanabilir, ancak hurda sınıfının seçilmesi, eritme ve gaz temizleme için oluşturulan teknikler ile bağlantılı olmalıdır. Tüm sektör temiz hurdaya yönelir ise, kirli hurdanın geri dönüşüm için bir sorun ortaya çıkacaktır.

Temiz demirli hurda kullanımı (çelik ve pik demir) artan satın alma maliyetine yol açacak ve yeni temizlik ekipmanına yatırımı gerektirir. Hurda yüzeyinin oksidasyonunu ve kupol fırınlarında (azaltma süreci) eritme işlemi sırasında pik demir külçelerinin kullanılması hiçbir zorluk yaratmamaktadır. Elektrik fırınları için sadece dökümhanelerde kullanılan çelik hurdaya yönelik parametreler ile uyumlu olmayan kirli hurda zorluklar yaratacaktır.

Cupola fırınları, temiz olmayan hurdayı kolayca eritebilir. Gazlar doğru bir şekilde arıtılır ise, düşük kok aşırı tüketimi ve çok az çevresel sonuç oluşacaktır.

Maçasız indüksiyon fırınının iyi çalışması için cüruf sınırlandırma çok önemlidir. İşletim, hurda temizliğinden diğer fırın türlerine göre daha fazla etkilenir.

Kirli hurda kullanımı, döner fırın işletimi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi yoktur ancak toz emisyonları için ana belirleyici faktör konumundadır. Gazlar doğru bir şekilde arıtılır ise, çok az çevresel sonuç oluşacaktır.

Ekonomi

Temiz hurda fiyatı (örn. 1. sınıf), kirli hurdaya (örn. 2. sınıf) kıyasla % 20 ila % 30 oranları arasında daha yüksektir. Ayrıca bu tekniği uygulayarak, cüruf ve toz bertaraf maliyetleri azalır.

Uygulama İçin İtici Güç

Kalıntılar için yüksek bertaraf ücretleri ve refrakter için yüksek fiyatlar.

Örnek Tesisler

Bu teknik, dökümhanelerin çoğunda uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[103, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, 1998], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

4.1.5 Hurda Demirli Metalin Dahili Geri Dönüşümü

Tanım

İç hurda, kalite kontrol ve kaplama işlemlerinde besleyiciler ve akar maddelerin kullanımı ile üretilmektedir. Bölüm 3.10.1.3'te açıklandığı gibi üretilen göreceli miktarda iç hurda, metal verimi baz alınarak hesaplanabilir. Kalıntı üretimi en aza indirmek için, iç hurda, fırının hurda metal besleme bölümüne döndürülür.

Çelik döküm için, döner metalin % 100 kullanımı çözünmüş gaz miktarı nedeniyle

nadirdir. Operatörler, şarj metal de döner metalin maksimum miktarı (besleyiciler, hurda döküm ,...)

%60 olduğunu düşünmektedir. Metal talaş ve çapak, aşırı erimiş metal oksidasyonuna neden olabilir.

Yüksek miktarda silikonun (çoğu durumda yaklaşık %1) metal işlem sırasında sıvı demire eklenmesinden dolayı, iç hurda geri dönüşümü, nodüler temel demir eritme işleminde de sınırlı olabilir. Nihai silikon (dökümlerde genellikle % 2.5-3) çok yüksek olabileceğinden bazı durumlarda tüm iç hurdanın yeniden eritilmesi mümkün değildir.

Gri ve nodüler demir için, kurşun veya bizmut, katılaşma sonrasında metal özellikleri için çok zararlıdır. Bir kirlilik olayı gerçekleşmiş ise dönerler(iç hurda) geri dönüştürülmemelidir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Hammaddelerin geri dönüşümü yoluyla kalıntıların en aza indirilmesi

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni ve mevcut tesisatlar için geçerlidir.

Ekonomi

Teknik, herhangi bir ek maliyeti kapsamaz.

Uygulama İçin İtici Güç

Kalıntıların azaltılması ve metalin optimal kullanımı.

Örnek Tesisler

Bu teknik, tüm Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002]

4.1.6 Magnezyum Hurdanın Dahili Geri Dönüşümü

Tanım

"Hücrede" geri dönüşüm:

Temiz besleyiciler eritme fırınlarında doğrudan eritilebilir. Oksitler ve diğer girdiler sebebiyle, olası geri dönüşüm miktarı sınırlıdır. Tam bir analitik ve metallografik kontrol için uzmanlaşmış ekipman gereklidir.

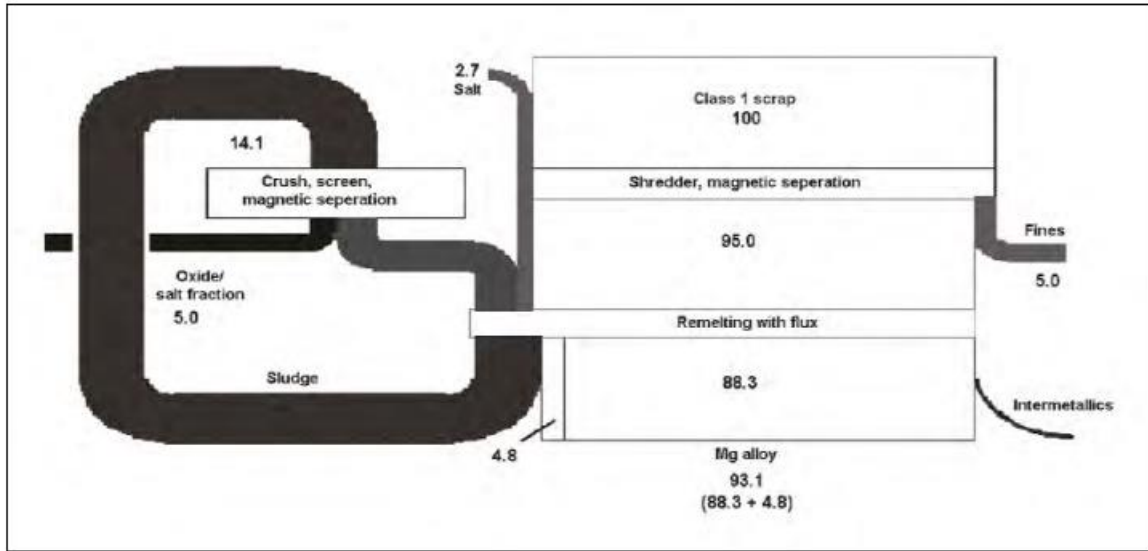
"Sahada geri dönüşüm":

Bu durumda hurda, dökümhane sahasındaki ayrı bir geri dönüşüm tesisinde arıtılır ve geri kazanılır. İki teknik uygulanabilir:

- Eritkensiz yeniden eritme: Mg hurdanın şömine tipi fırında kaplama gaz altında yeniden eritilmesi; sadece 1. sınıf hurdaya uygulanabilir. Avantajları, düşük ek yatırım ve düşük enerji tüketimi hususlarıdır.
- Tuzlu yeniden eritme: Tuz örtüsü altında Mg hurdanın yeniden eritilmesi. Kullanılan eritkenler ve çamur (arıtılmamış) dışındaki tüm hurda sınıflarının işlenmesinde uygulanabilir. Sadece 1 – 2. sınıf hurda kullanılırsa, HP (yüksek saflıkta) magnezyum alaşımları üretilir.

Her iki teknik de sıvı şarja yönelik olarak Mg-külçeleri ya da eriyik metal üretmek için kullanılabilir. Hem eritkensiz hem de tuz kaplı yeniden eritme işleminde, maden posası (eriyikteki yüzerler) ve çamurun (eriyikteki batıklar) yanı sıra, artık metal içeriği (çamur için %70- 80 Mg, maden posası için %60-90 Mg) barındıran kalıntılar oluşur. Metal içeriğini geri kazanmak için üç seçenek vardır:

- Tuzla yeniden eritme (aynı veya ayrı bir fırında)
- Alüminyum endüstrisinde yeniden eritme



Şekil 4.2: 1. Sınıf Magnezyum Hurdanın Tuz İle Yeniden Ertilmesi İçin Kütle Akım Şeması [206, Ditze and Scharf, 2000]

Karma arıtılmış hurda (her biri 600 kg kapasiteli 3 fırın) için 2000 ton / yıllık bir tuzlu yeniden eritme tesisinden alınan İşletim Verileri, şu tuz tüketim seviyelerini sunar: 3,4 kg / ton hurda ve doğal gaz: 26.5 Nm³/ton hurda.

Tuz fraksiyonunun sulu arıtılması, magnezyum fraksiyonu (% 43) ve bir çamur (% 57) üretmektedir. Çamur bir membran filtre pres kullanılarak susuzlaştırılır ve su, proses dahilinde sirküle edilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve mevcut magnezyum döküm tesisatları için uygulanabilir.

Ekonomi

Kullanılan ulaşım türüne taşıma mesafesi ve yerel pazar bağlı olarak harici geri dönüşüm maliyetlerinin yaklaşık EUR 1200/ton olduğu tahmin edilmektedir. Sahada geri dönüşüm maliyeti, EUR 700/tonne bir fark ile EUR 500/ton'dur. 1500 ton / yıl geri dönüşüm malzemesine sahip tek bir tesis için bu durum, yılda 1.000.000 €'den fazla bir tasarruf potansiyeli anlamına gelir.

Yukarıda verilen bilgiler geneldir ve her işletme için ayrı ayrı uyarlanması gereklidir. Kullanılan ürünler ve proseslere bağlı olarak, atıkların ayrılması için gerekli olan harcamalar dikkate alınmalıdır. Atık, her alarım ve her prosedür için özel olarak toplanacaktır.

Büyük etkiye sahip diğer faktörler şunlardır:

- Amortisman (5 yıllık bir amortisman süresinde yaklaşık %10)
- Personel giderleri (% 35 - 40)
- Madde kaybının (% 7 tahmini) yerine yeni malzeme maliyeti (yaklaşık % 30)
- Enerji, bakım, yedek parça, tuz, bertaraf maliyeti (% 20 - 25).

İki fırına sahip eritken tabanlı bir tesisin amortismanı, 8 ila 11 ay aralığındadır. Saatte 500 kg magnezyum potansiyelinde sürekli bir tesisin amortismanı muhtemelen ilave birkaç ay daha sürecektir.

Uygulama İçin İtici Güç

Bertaraf için gönderilen magnezyum miktarının azaltılması ile magnezyum kullanımının optimizasyonu.

Örnek Tesisler

TCG Unitech, Kirchdorf/Krems (A): bir sahada geri dönüşüm tesisi kullanır.

Eritme teknolojisinin piyasada mevcut olmasına rağmen Avrupa'da hiçbir eritkensiz yeniden eritme fabrikası rapor edilmemiştir.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002], [206, Ditze ve Scharf, 2000], [223, Rauch, ve ark, 2003]

4.1.7 Kullanılmış Konteynerlerin Geri Dönüşümü

Tanım

Kimyasallar ve katkı maddeleri tedarikçileri, geri dönüşüme yönelik boş konteynerlerini (plastik, ahşap, metal) geri alabilir. Mümkün olan en büyük boyutta konteyner kullanımı kabul edilebilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Atık önler ve daha fazla geri dönüşüme teşvik eder.

Çapraz - ortam Etkileri

Konteynerler daha fazla temizlik olmaksızın iade edilirse, herhangi bir çapraz ortam etkisi olmaz.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Ekonomi

Ekonomik veriler siteden siteye farklılık gösterir ve tedarikçi ile mutabık kalınan şartlara bağlıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Atık ve ambalaj atıkları yönetmeliği için önleme ve geri dönüşüm şemaları.

Örnek Tesisler

Bu teknik, genellikle Avrupa'daki dökümhanelerde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[Vito 110, 2001]

4.2Metal Eritme ve Eriyik Metal Arıtma

4.2.1 Kupol Fırınları

Bu bölümde, fırın işletimi ile ilgili eritme uygulamaları ve teknikleri ele alınacaktır. Bu teknikler, ya soğuk ya da sıcak hava işletim veya her ikisi için de geçerli olabilir. Yanma sonrası ve baca gazı temizleme gibi baca gazı ile ilgili teknikler, Bölüm 4.5.2 'de ele alınmaktadır. Bu bölümde ayrıca, sıcak hava kupol fırınlardan soğuk hava kupol fırınlarına geçiş tartışılmaktadır.

4.2.1.1.Fırın İşletiminin Optimizasyonu

Tanım

Çıkan toz ve egzoz gazlarının miktarı, ton başına demirin şarj edilen kok miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, kupolun termal verimliliğini artıran tüm önlemler aynı zamanda fırın emisyonlarını da azaltacaktır.

Olası iyi eritme pratik önlemler şunlardır:

- Fırını mümkün olduğunca optimum rejimde işletme: Herhangi bir kupol için, üfleme oranı ve kok şarjının, metal ve eritme oranının akıtma sıcaklığı üzerindeki etkisi, net bir diyagram ile yada Jungbluth diyagram şeklinde ifade edilebilir. Net diyagram, elde edildiği kupol için kantitatif olarak geçerlidir. Bu, metal sıcaklığı ve erime oranının üfleme oranı ve kok şarjındaki değişiklikler üzerine nasıl tepki verdiğini görüntüler ve optimum ısı verim noktasının (veya hattının) belirlenmesi sağlar
- Eriyikte aşırı sıcaklıklardan kaçınmak ve akıtılan metalin işlenmesi sırasında önlemler alarak üst ısınma sıcaklıklarını azaltmak.
- Tekdüzen şarj: metal ve kokun tekdüze dağılımını sağlamak için şarj sırasında bakım
- Şarj ağırlığının, üfleme hava akımının ve metal sıcaklığının kontrolünün iyileştirilmesi
- Hava kayıplarının en aza indirilmesi: Doğru hava kaynağı, kupolun verimli olarak çalışması için şarttır. Bu verimlilik hava kayıpları ile sık sık engellenmektedir. Bu nedenle, verimli çalışmayı sağlamak için tüm sızıntıların önlenmesine yakın dikkat göstermek önemlidir. Aralıklı akıtılan kupol üzerindeki cüruf deliklerinin genellikle açık bırakıldığından ve genellikle büyük boyutlu olmasından dolayı önemli hava kayıplarına sebep olur. Hava kayıpları, özellikle sıcak hava kupol için yaygındır. Isı eşanjöründe yer alırlar. Bunun sonucunda oksijen, kaybolan havanın yerine tuyelerle enjekte edilmelidir.
- Kupolda "köprüleme"den kaçınma: Köprüleme ve askılama, kupol milindeki kupol şarjlarının asılması veya inişsiz olması. Bu erime verimlilik kaybına neden olur ve ciddi durumlarda eritme işlemi tamamen durdurulabilir
- İyi astarlama uygulamasını kullanma: Eritme işlemi devam ederken, çap ve eritme bölgesi alanı,

astar erozyonu ve aşınması nedeniyle artar. Bu durum, işletimi optimumdam uzak tutarak **Bölüm 4**

- etkiler. Astarlama atağının en aza indirilmesi, bu nedenle bir enerji tasarrufu ölçüsüdür. Tatmin edici ve ekonomik kupol işletimi için eritme bölgesinin her eriyikten sonra etkin bir şekilde onarılması gerekmektedir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Artan enerji verimliliği, kok tüketimin azaltılması, artıkların azaltılması

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni ve mevcut tesisatlar için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç Fırın İşletiminin Optimizasyonu. Örnek Tesisler

İyi eritme uygulaması tedbirleri kupol dökümhanelerinin hepsinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [44, adlandırılın, 1993], [202, TWG, 2002]

4.2.1.2.Kok Girdisinin Kalite Kontrolü

Tanım

Kullanılan kokun kalitesi kupol işletimlerinin verimliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Özellikle ilk sıcaklık karbon toplama ve demir kükürt içeriğini etkiler. Dökümhane kokunun belirtilmesi aşağıdaki içeriğin test edilmesini içerir:

- Sabit karbon: karbon içeriği yüksek ise kalorifik değer de yüksek olur
- Kül içeriği: Yüksek kül içeriği, kokun kalorifik değerini düşürdüğünden ve kupolda daha büyük bir hacimde cüruf oluşturduğundan dolayı istenmeyen bir durumdur.
- Uçucu madde: Sabit karbon içeriği azaltmasından ve böylece kokun kalorifik değerini düşürdüğünden dolayı uçucu madde istenmeyen bir durumdur:
- Kükürt: Kükürt de dökme demirin her türünde istenmeyen bir element olarak bilinir ve SO₂ emisyonlarına yol açar. Hammadde kokun kükürt içeriği ne kadar düşükse, o kadar iyidir. Kok kömürünün kükürt içeriği, hammadde kömürün kükürt içeriğine bağlıdır. Ne yazık ki, kömürden kükürdün kaldırılması için bilinen bir yöntem yoktur
- Nem: ağırlık temelinde mevcut olan karbon miktarını azaltmasından dolayı kok fırınından gönderilen koktaki nem istenmeyen bir durumdur. Ancak, konveyörlerde ve kamyonlar ve vagonlarda çıkabilecek yangınları önlemek için kokun biraz nem içermesi gereklidir
- Boyut: dökümhane kokunun boyutu doğrudan ton başına kok tüketimi eriyik demiri ve eritme oranını etkiler. Optimum performans elde etmek için kok fırınından gönderilen kok boyutu, genellikle fırın kokunun 50 mm'den % 4 daha küçük olmamak şartıyla 90 mm'den daha büyük ortalama boyutta bir çapa sahip olacak boyutta olması gerekir. Katkısızların içeriği, yükleme (boşaltma) ve taşıma sırasında toz emisyonlarını etkileyecektir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kok girdisinin optimize edilmesi, daha yüksek bir proses verimliliğini beraberinde getirir.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

İşletim Verileri

Dökümhane kokunun tipik özellikleri, Tablo 4.4 'de verilmiştir:

Madde	Tipik Değer (%)	Sınır Değer (%)
Kül	5.8 - 5.9	6.5 max.
Uçucu Madde	0.3 - 0.4	0.8 max.
Kükürt	0.68 - 0.70	0.75 max.
Nem	1.5 - 2.5	3.0 max.
Dayanıklılık	81 - 82	78.0 max.
M80 Micus endeksi		
M10 Micus endeksi	8 - 8.5	9.0 max.
Sabit Karbon	93.7 - 93.8	93.0 min.
Yüksek Kalorifik Değer	32200 kJ/kg	31800 kJ/kg

Tablo 4.4: Dökümhane Koklarının Genel Özellikleri [197, Nalorchem, 2002]

Tablo 4.4 'de sunulan veriler tedarikçi şartnamesinden alınır. Yerel standartlar, yüksek limit değerlerini kullanabilir.

Uygulanabilirlik

Teknik, tüm yeni ve mevcut kupol tesisleri için geçerlidir.

Ekonomi

Genel olarak, düşük kükürt hammaddelerinden daha pahalıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Dökümhane sürecinin verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Bu teknik genellikle kupol fırınlar kullanan Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[44,ETSU, 1993], [225, TWG, 2003]

4.2.1.3.Asidik veya Bazik Cüruf İle İşletim

Tanım

Eritken, cüruf sıvının demirden ayrılmasını ve kupol içine rahatça akmasını sağlamak için yeterince dönüştürülmesi için kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan eritken, sonra bir sıvı cüruf elde etmek için diğer cüruf oluşturan bileşenler (çoğunlukla asidik özellikli) ile birleşen bir temel oksit, kireç oluşturmak için kupol şaftında kalsine eden kireçtaşıdır (kalsiyum karbonat).

Cürufun bazilitesi şu oranlar ile verilir: $(CaO + MgO\%) / SiO_2\%$

Çoğu kupollar asidik veya hafif bazik cüruf (bazilitesi <1.2) ile çalışır. Temel kupollar (2'ye kadar bazilite) 3 avantaj sunar:

- Daha yüksek karbon
- Daha düşük kükürt

Daha düşük kalitede hurdanın şarj edileme imkanı.

Ancak şu dezavantajları mevcuttur:

- Silikon kayıpları yüksektir
- Astarsız bir kupol ile işletilmediği sürece refrakter maliyeti yüksektir
- Eritken malzeme maliyetleri yüksektir
- Asit kupol eritme işlemine göre metal analizini kontrol etmek daha zordur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Asidik kupollar için, kuru filtreler kullanılabilir. Temel kupolların cürufu daha yüksek bir erime noktasına sahiptir. Bu sebeple CaF_2 'ye dayalı bir eritken genellikle sıvı yapmak için kullanılır. Bu tip bir kupolde, flor içeren bileşenlerin emisyonları mevcuttur. Bu durum, bu bileşenlerin etkin bir şekilde yakalanması için sulu yıkayıcıların uygulanmasını gerektirir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut kupol tesisler için geçerlidir. Temel cüruf kullanılması durumunda, sulu bir toz giderme işlemi gereklidir.

Örnek Tesisler

Bu teknik, genellikle kupol fırınlar kullanan Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[44, ETSU, 1993], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.2.1.4.Soğuk Hava Kupol Fırının (CBC) Şaft Yüksekliğini Artırma

Tanım

Tablo 4.5 'de, çeşitli erime oranlarına sahip kupoller için gerekli şaft yüksekliği verilmektedir. Bu şaft yükseklikleri inen yükün ön ısıtma işlemini optimize eder. Ancak gaz, şarj delik yanacak gibi ise, daha kısa bir şaft yüksekliği kabul edilebilir. Genel olarak, Şaft ne kadar kısa olur ise, spontan olarak veya bir son yakıcı yardımı ile, üst gaz bir o kadar sıcak olur ve yanma kolaylığı bir o kadar artar.

Kupolün Eritme Oranı (ton/s)	Tuyerlerden Şarj Eden Kapı Eşiğine Olan Yükseklik (m)
5'e kadar	4.9
5 - 8	5.8
>8	6.7

Tablo 4.5: Şaft Yüksekliği Gereksinimleri

Mil yüksekliğinin artması ile soğuk hava kupol fırınının ısı verimi artırılabilir. Genel olarak, daha fırın şaftı ne kadar yüksek olur ise, yanma gazları o derece uzun süre şarj ile temasta kalır ve o kadar fazla ısı şarja aktarılır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tesisat türüne bağlı olarak, yükseklik, gazların yanmasına ve şarjın verimli olarak ısıtılmasına olanak sağlayacak şekilde optimize edilmiş olmalıdır.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi geçerli değildir.

İşletim Verileri

İşletim Verileri Tablo 4.6 'de verilmiştir. Modifikasyon, üst bölge hacminin iki katına çıkarma hususunu kapsar. Bu durum, kok tüketiminde % 18 nispi bir azalma olan 140'tan 115 kg / tona kadar bir azalma ile sonuçlanır. Bu genel olarak optimal bir şaft yüksekliğinin temel kural ile uyumlu olduğu kaydedilmelidir: 'yükseklik= 5 tüyer x çap'. Bu nedenle, örnek fırındaki ilk durum, standart altı olarak kalmıştır.

	Modifikasyon Öncesinde Kupol	Modifikasyon Sonrasında Kupol
Çap		
- Erime Bölgesi (m)	1.4	1.4
- Üst Bölge (m)	1.4	1.7
Tuyerler Üzerindeki Yükseklik (m)	5	6.5
Kok Oranı (kg/ton)	140	115

Tablo 4.6: Dikeç Yüksekliğinin Artırılması Sonrasında Kok Tüketimindeki Değişiklik için Örnek Veriler [202, TWG, 2002]

Uygulanabilirlik

Fırın yüksekliğinin optimizasyonunun fırın tasarım aşamasında yapılması gerekir, aksi takdirde yükseklik artışları genellikle sadece fırının büyük yeniden inşa çalışmaları sırasında gerçekleştirilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Fırın operasyonunun verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Operasyonel veriler, Fransa'da bir örnek tesisten alınmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [202, TWG, 2002]

4.2.1.5. Soğuk Hava Kupol Fırını (CBC) İçin İkincil Tüyer Dizisinin Kurulumu

Tanım

Soğuk hava kupol fırının ısı verimliliği, ikincil bir tüyer dizisinin kurulumu ile geliştirilebilir. Bunlar, yanma gazları, CO oksidasyonu neden olan yanma bölgesinin üzerinde ekstra oksijen sağlar ve CO, C (kok) ile CO'nin endotermik azaltımı yoluyla oluşturulur. Bu teknik, böylece kupolün termal verimliliği artırarak, yanma gazlarının "gizil" ısını açığa çıkarır.

Bölünmüş havalı kupol, her biri ölçülü ve kontrollü bir üfleme hava miktarına sahip iki dizi tüyer ile donatılmıştır. Tek bir dizi tüyer ile donatılmış normal bir kupol ile karşılaştırıldığında, bölünmüş havalı kupol aşağıdakilerini temin eder:

- Yüksek metal devrilme sıcaklığı ve belirli bir şarj-kok tüketimi için elde edilecek yüksek karbon toplama
- Belirli bir metal akıtma sıcaklığını korurken şarj kok tüketimini azaltılır ve gerekirse erime hızı artırılabilir.

Bölünmüş üfleme işleminden maksimum fayda elde etmek için, üfleme işleminin %25-50 üst bölüme ve %75-50 alt bölüme ayrılması gereklidir. Söz konusu 2 dizinin yaklaşık 1m'den (soğuk üfleme) 0,5 metreye kadar (sıcak üfleme) aralıklı olmalıdır. Her bir tüyer dizisine, kendi üfleme besleme sistemi tedarik edilmesi gerekir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kok tüketiminde azalma ve termal verimlilikte artış.

Çapraz - ortam Etkileri

Çapraz medya efektleri uygulanmaz.

İşletim Verileri

Aralarında eşit olarak bölünmüş üflemeyle sahip iki dizi düzgün aralıklı tüyerin kullanımı ile, metal akıtma sıcaklığı belirli bir kok tüketimi için yaklaşık 45-50 ° C artabilmektedir. Alternatif olarak, kok tüketimi %20- 32 oranında azaltılabilir ve erime oranı %11-23 oranında artabilmektedir. bölünmüş bir üfleme ile ancak daha yüksek bir erime sıcaklığı elde edilebilmesi adına kok şarjı düşürülmeksizin işletim gerçekleştirilirken, karbon toplama (yaklaşık % 0,06) biraz artış eğiliminde olur ve silikon erime kaybı da yaklaşık% 0.18'lik bir oran ile artış eğilimindedir.

Bölünmüş üfleme işlemi ile, yanan astar, fırın şaftının içine daha fazla uzar. Bu nedenle bir eritme işleminin başında kok yatak yüksekliğini ölçmek ve ayarlamak için gereklidir. Kısa süreli eriyikler örneğin yaklaşık 2- 3 saatten daha kısa süreli olanlar ele alındığında, kok şarjında tasarruf sağlanması genellikle yatak kok ek gereksinimleri için telafi etmemektedir. Bununla birlikte, kısa süreli eriyiklerde bile, bölünmüş üfleme işletimi ile elde edilebilecek yüksek akıtma sıcaklığı ve yüksek karbon toplama, birçok dökümhaneler için bir avantaj olabilir.

Kaydedilen diğer avantajları şunlardır:

- Çıkış gazı sıcaklığı, sıcaklığı 450 ° C olan geleneksel kupole kıyasla, sadece 250 ° C'dir
- Yeniden eriilen hurdanın % 100 daha büyük parçalarını alabilir
- Metal şarjındaki çelik hurda oranını artırmak mümkündür. İlave İşletim Verileri Ek 1'de verilmiştir.

Uygulanabilirlik

Tüyenlerin ikincil dizisi yeni bir soğuk hava kupol tesisatları için standart için bir teknik olarak uygulanır ve inşaat sırasında mevcut tesisler için de uygulanabilir. Bu teknik normalde sıcak hava işletimler için uygulanmaz.

Ekonomi

Bölünmüş havalı kupol, mütevazı bir yatırım maliyeti için ekonomik bir işletim elde etmeye yönelik bir aracı olarak pratikte kanıtlanmıştır.

Mevcut kupolleri bölünmüş havalı işletimine dönüştürmeye yönelik sermaye maliyeti, elde edilen tasarruf ile karşılaştırıldığında düşüktür. BCIRA, geri ödeme süresi sadece on dört hafta olan bir İngiliz dökümhanesini rapor etmiştir. Büyük bir Kanadalı dökümhane sadece CAD 18000'lik bir dönüşüm maliyeti için bir yılda CAD 170000 miktarında tasarruf etmiştir. Bir ton demir başına daha düşük bir kok kullanımından kaynaklanan ek bir fayda unsuru daha düşük kükürt içeriğidir, bu fayda, kükürt giderme tesisinde tasarruf sağlar ve yüksek kaliteli demir üretimi sunar.

İlave ekonomik veriler Ek 1'de verilmiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

Eritme işleminin verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Fransa'da, tüm yeni soğuk hava kupoller 2 dizi tüyer kullanmaktadır: STAUB (Merville), FONTE ARDENNAISE (Vivier au court), BERNARD Huet (Vivier au court). Aynı zamanda, 2 diziye sahip 1 sıcak hava kupol de mevcuttur: FIDAY Gestion (Chassey les Scey)

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [196, Unido, 2002], [202, TWG, 2002] [225, TWG, 2003]

4.2.1.6.Üfleme Kaynağında Oksijen Zenginleştirme

Tanım

Soğuk hava kupol fırının ısı verimliliği yanma havasında oksijen zenginleştirme işlemi ile geliştirilebilir. Bu durum, kokun yüksek yanma sıcaklığının artmasına sebep olur. Bu şekilde kok tüketimi azaltılabilir veya akıtılan metalde daha yüksek sıcaklıklar elde edilebilir.

Normal işletim ile karşılaştırıldığında, sürekli oksijen kullanımı, yapılacak olan aşağıdaki geliştirmeleri sağlar:

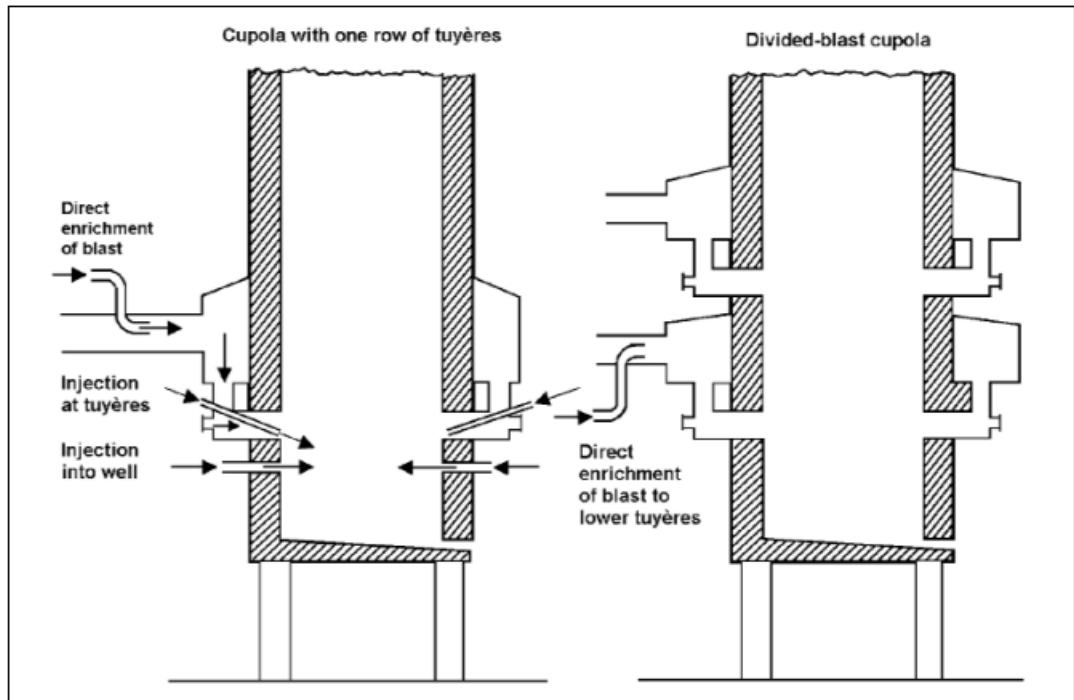
- Aynı kok tüketimi için yüksek bir metal sıcaklığı, yüksek karbon toplama ve düşük silikon eritme kaybı, ya da
- Belirli bir metal sıcaklığı tüketimi için karbon toplamada herhangi bir artış veya silikon erime kaybında azalma olmaksızın daha düşük kok tüketimi, ya da
- Artan erime hızının bir sonucu olarak, mevcut bir kupolden alınacak artan bir çıktı.

Oksijen enjeksiyonu, proses kaymalarına hızlı reaksiyon ve daha sonra proses koşullarındaki küçük değişiklikler için telafi imkânı sağlar. Böylece, oksijen enjeksiyonu genellikle prosesin ayar gerektirdiği durumlarda genellikle aralıklı olarak kullanılır.

Oksijenin etkinliği, kupol içine gönderilme yöntemine bağlıdır. Üç proses geliştirilmiştir:

- Üfleme kaynağında doğrudan zenginleştirme: Oksijen, ana üflemenin içinde beslenir, bu tekniğin, soğuk hava kupollerin çoğunda uygulanır
- Kuyunun içine enjeksiyon: Oksijen, numarası kupol büyüklüğüne bağlı olan su soğutmalı enjektörler temin eden bir halka devreden kok yatağının içine enjekte edilir. Bu şekilde kullanılan oksijen, doğrudan üfleme kaynağını zenginleştirmek için kullanıldığı zaman en az iki kat daha etkilidir. Ancak, bu tür enjeksiyon, aralıklı akıtma yöntemi ile cüruf ve/ veya metalin enjektör seviyesine yükselmesi riski mevcut olduğundan, sürekli akıtılan kupoller ile sınırlıdır. Teknik, İngiltere’de geliştirilmiştir ancak yaygın bir uygulama alanı bulunmamaktadır
- Tüyerlere enjeksiyon: Oksijen her tüyer içine veya alternatif tüyenlerin içine yerleştirilen enjektörler ile kupol içine gönderilir. Bu yöntemin etkinliği, doğrudan üfleme enjeksiyonu ve iyi enjeksiyon yöntemleri arasında yatmaktadır. Bu teknik, vakaların %20 – 30’unda, ancak çoğunlukla sıcak hava işletimlerde kullanılmaktadır.

Oksijen enjeksiyon prensipleri, Şekil 4.3 'de sunulmuştur.



Şekil 4.3: Çeşitli Oksijen Enjeksiyonu Metodları

[44, ETSU, 1993]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Oksijen uygulaması azaltılmış kok tüketimi ve daha iyi bir proses kontrolü ile sonuçlanır. Ayrıca, soğuk hava kupollerden çıkan dioksin ve furan emisyonunda bir azalma rapor edilmiştir (bkz. Bölüm 4.5.1.4).

Çapraz - ortam Etkileri

Teknik, saha dışında üretilen ve elektrik enerjisi tüketimini kapsayan oksijen gerektirir.

İşletim Verileri

Bir dizi tüyere sahip geleneksel soğuk hava işletim ile karşılaştırıldığında belirli bir kok şarjı için elde edilen akıtma sıcaklığı artışının aşağıdaki gibi olması beklenebilmektedir:

- Üfleme zenginleştirme + 15 ° C
- İyi enjeksiyon + 85 ° C
- Tüyer enjeksiyonu + 40 ° C

Bölünmüş patlama patlamanın hava doğrudan bir zenginleşme ile operasyon, 85 dokunarak sıcaklık artışa ° C soğuk patlamanın operasyon ile karşılaştırıldığında. Bölünmüş patlama operasyon, enjeksiyon ne tüyere enjeksiyon ne basit direkt enjeksiyon yöntemi dışında herhangi bir daha fazla yarar sağlar.

Genel optimum eritme kapasitesi ötesinde, mevcut bir kupolün eritme oranını arttırmak için oksijen uygulaması önem arz etmektedir. Bölünmüş üfleme kupollerinde, eritme oranı yaklaşık % 6,8 oranında artar ve her % 1'lik üfleme havasında doğrudan oksijen zenginleştirme için yaklaşık 20 ° C akıtma sıcaklığı ortaya çıkar. Sıcaklık artışı gerekli değilse ve kok şarjı azaltılmış ise, aynı üfleme hızı ve oksijen zenginleştirme işleminde eritme hızında daha da büyük bir artış elde edilebilir.

Ek İşletim Verileri Ek 1'de verilmiştir.

Uygulanabilirlik

Bugün, hemen hemen tüm Avrupa sıcak hava kupolleri tüyerler aracılığıyla oksijen enjekte etmektedir. Soğuk hava fırınlar için, oksijen zenginleştirme, standart bir teknik olarak kabul edilebilir. Bu durumda, üfleme kaynağının zenginleştirilmesi genellikle uygulanır. Oksitleyici hava karışımının oksijen düzeyi genellikle (örn. % 1 ile % 4 arasında bir zenginleştirme) % 22 ile 25 arasındadır.

Ekonomi

Oksijenin kullanımının eritme maliyetlerine olan etkisi, kullanılan miktar ile ilişkili olarak oksijen fiyatına büyük ölçüde bağlıdır. Daha büyük çıktılara sahip dökümhaneler oksijeni genellikle daha ucuza satın alabilmektedir. Oksijen kullanımı için ekonomik durumun, her bir durum için ayrı ayrı oluşturulması gerekmektedir.

Elde edilebilen çıktılardaki önemli artış, dökümhanelere yeni tesis için yüksek sermaye yatırımları olmaksızın çıktılarını artırma ve maliyetleri ve fazla mesai ödemelerini azaltma imkanı sağlamıştır ve böylece aşırı yüklü maliyetlerindeki genel azalmanın oksijen maliyetini haklı gösterdiği açığa çıkmıştır. Bu tür gelişmeler, ilgili maça ve kalıp üretim kapasitesini de dikkate almalıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Eritme prosesinin verimliliği ve kontrolünü optimize etmeye yöneliktir

Örnek Tesisler

Bu teknik genellikle kupol fırınları kullanan Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [156, Godinot, 2001]

4.2.1.7.Sıcak Hava Kupolü (HBC) Üfleme Havasını Üst Isıtma

Tanım

Üfleme havasını 800-900 ° C'ye kadar üst ısıtma işlemi, alev sıcaklığını artırmak için alternatif bir tekniktir. Bunun için, bir hava plazmasının enjeksiyonu veya borulu rezistans ısıtıcılarında ısıtma işlemi uygulanır. Edinilen tecrübe , 200 ° C'deki üfleme sıcaklığını 550° C'den 750 ° C'ye kadar artırmak, ton demir başına 60 kWh birime tekabül ederek, eriyik ton başına 10 kg kok tasarruf edilmesini sağlar. Kok tasarrufundan bile çok daha önemli olan temel faydası ise esnekliktir: saatlik çıktı, eritme yatağını değiştirmeden % 30 oranında artırılabilir. Ayrıca, (plazma) üst ısıtma uygulaması takibi olumlu ekonomik etkisi ile, hammaddede temiz dökme demiri çeliğe dönüştürme olanağı sağlar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Azaltılmış kok tüketimi ve proses verimlilik artışı.

Çapraz - ortam Etkileri

Elektrikli ısıtma, elektrik tüketiminde bir artışa sebep olur (58 kWh / ton).

İşletim Verileri

İşletim Verileri , Ek 1'de verilmiştir. Üfleme havasının ısıtılması, sıcak hava uzun çalışan işletim ile karşılaştırıldığında daha düşük bir baca gazı hacmi üretir. Oksijen enjeksiyonu ile karşılaştırıldığında, baca gazı hacmi ve elektrik tüketimi daha büyüktür.

Uygulanabilirlik

Teknik, yeni ve mevcut HBC fırınlar için geçerlidir.

Teknik (hem elektrik hem de plazma ısıtma ile), üfleme boruları aracılığıyla oksijen enjeksiyonundakine benzer bir etki gösterir, ancak, daha karmaşık tesislerde uygulanabilir ve daha büyük bir baca gazı hacmi üretir. Ayrıca, oksijen enjeksiyonu, hava devre sızıntıları için düzen sağlar.

Ekonomi

Ekonomik veriler, Ek 1 'de verilmiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

Verimliliği optimize etmek ve eritme sürecini kontrol etmek.

Örnek Tesisler

PSA, Sept-Fons, Fransa

Fransa'daki üç dökümhane, borulu direnç ısıtma işlemini uygular.

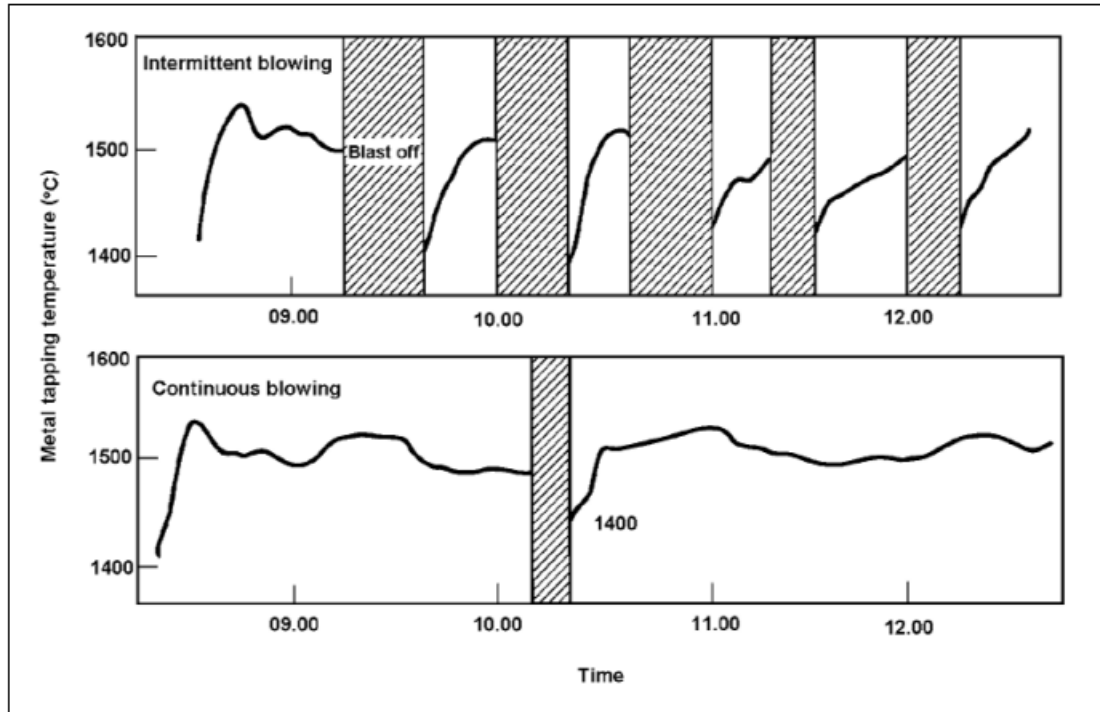
Başvuru Kaynakları

[156, Godinot, 2001]

4.2.1.8.HBC için Minimal Üfleme Kesme Dönemleri

Tanım

Şekil 4.4 'de gösterildiği gibi, sadece aralıklı olarak üflenen bir kupol, verimli bir şekilde çalışamaz ve daha düşük bir metal akıtma sıcaklığına neden olur



Şekil 4.4: Üfleme Sonrası Kupola Fırında Döküm Sıcaklığına Üfleme Kesme Periyodlarının Etkisi [44, ETSU, 1993]

Metal için sadece aralıklı işlem talepleri sebebiyle üflemenin sıkça kapatılması:

- sonucunda hatalı döküm üretme riski ile birlikte, ortalama akıtma ve dökme sıcaklıklarını azaltır ve bunların varyasyon boyutunu artırır
- Sonra “standart dışı” metal üretimi tehlikesinin beraberinde, metal bileşimi, özellikle karbon ve silikon içeriğinin varyasyonu artar
- Akıtma sıcaklığını artırmak için operatörlerinin kullanımı ile kok tüketimini artırır
- demirin maçalanma derecesini etkiler ve büzülme eğilimlerini artırır.

Kalıp ve döküm programları bu nedenle metal için makul bir sabit talep üretmek için programlanmıştır böylece üfleme kapatma dönemlerine yönelik veya üfleme oranındaki büyük farklılıklara olan ihtiyaç en aza indirilir ve hatta ortadan kaldırılır.

Talepteki büyük dalgalanmaların kaçınılmaz olduğu durumlarda, bir elektrik bekletme fırını kurulumu düşünülebilir. Bu durum, kupolun makul, tutarlı bir üfleme hızında sürekli olarak işletilebilmesi için, talep varyasyonlarını tutmak adına metal için büyük bir tampon hazne temin edebilir. Aynı zamanda sıcaklık ve kompozisyon farklılıklarında bile yardımcı olarak kullanılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kok tüketiminin azaltılması. Yüksek proses enerji verimliliği.

Çapraz- ortam Etkileri

Elektrikli tutma fırınının işletimi, yüksek enerji tüketimini doğurur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut kupol fırınlar için geçerlidir.

Ekonomi

Bir bekletme fırınına kurma ekonomisi, özellikle nispeten düşük üretim oranlarına sahip dökümhanelerde çok dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Döküm proses verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Uygulanan üfleme rejimi kupol fırınlar kullanan tüm Avrupa dökümhanelerine ait işletimsel hususların parçasıdır.

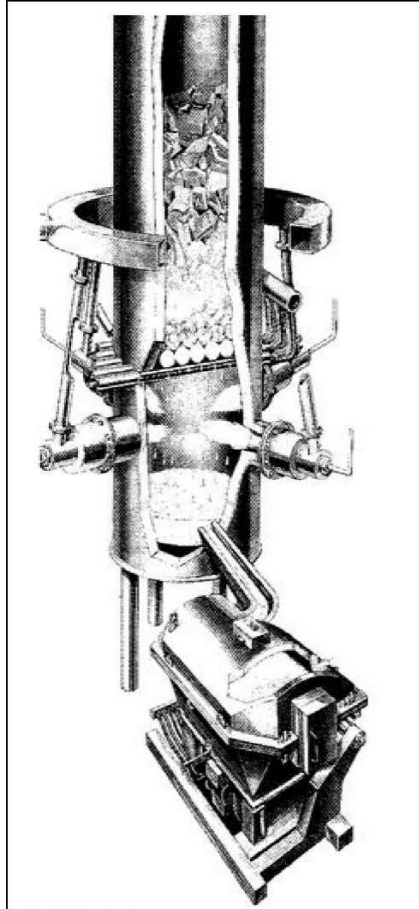
Başvuru Kaynakları

[44, ETSU, 1993]

4.2.1.9.Koksuz Kupol Fırını

Tanım

Koksuz kupolde, metal şarjı doğal gaz yakımı ile ısıtılır. Geleneksel kok yatağının yerine, su soğutmalı bir karelej üzerinde bir refrakter küre yatağı metal şarjını destekler. Eriyik metal damlacıkları bu yatak içine akar ve fırının alt kısmındaki kuyuda toplanır. Metalin üst ısıtma sıcaklıklarına maruz kalan kürelerin ömrü sınırlıdır. Koksuz kupol, bu nedenle daha düşük bir sıcaklık ile (1500 ° C yerine 1400 ° C) çalışır ve sıvı metal üst ısıtımı, bağlı bir gaz yakıtlı veya indüksiyon fırınında (çift işletim) yapılır.



Şekil 4.5: Çift Yönlü İşletimde Koksuz Kupol Fırını [110, Vito, 2001]

Koksuz kupolün sürekli çalışması gerektiği önemli bir işletimsel faktördür. Soğutmalı fırın ızgarasında tıkanma ve

engellemenin hususlarında yüksek bir risk mevcuttur. Metal akışını durdurma ihtiyacının olması durumunda (Bölüm 4 döküm atölyesindeki sorunlar nedeniyle), brülörlerin gücü, duvar ısı kayıplarını telafi etmek için %35 – 40'a indirilebilir. Devamlılık ihtiyacı, eritme bölgesindeki refaktörün kullanımı ile dengelenmelidir. Bu nedenle, genellikle bir haftalık eritme kampanyaları kullanılır.

Oksitleyici atmosfer ve nispeten düşük alev sıcaklığı, oksidasyon kayıpların artmasına neden olur. Bu durum, çelikte besleme imkanlarını kısıtlar. maksimum % 35 çelik miktarı, % 20 oranının genel bir uygulama olarak kabul edilmesine rağmen, nodüler demir üretiminde kullanılabilir. Koksuz kupolun kok yakıtlı kupole göre köprülemeye daha duyarlı olduğundan, malzemenin kalitesinin iyi kontrol edilmesi gerekmektedir.

Nodüler demir üretiminde, koksuz kupolün önemli bir avantajı yeniden kükürtleştirme özelliğidir, böylece eriyik, yeniden karbonlanma işlemi sonrasında hemen kullanılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yüksek ısı veriminin yanı sıra, bu fırın, diğer çevresel avantajlara sahiptir. kok yerine doğal gaz yakımı, baca gazı için aşağıdaki sonuçları doğurur:

- Daha az toz (soğuk hava kupol için 10 - 15 kg/ton metal şarj yerine 0,8 kg/ton metal şarj)
- CO veya SO₂ yoktur ve daha az CO₂ mevcuttur (soğuk hava kupol için 450 kg CO₂ /t metal şarj yerine 120 kg/t metal şarj)

Baca gazı oranı (su soğutmalı refrakteri olmayan soğuk hava kupol için 770 m³/t metal şarj yerine 495 m³/ton metal şarj) daha küçüktür ve dolayısıyla tozsuzlaştırma tesisatı çok daha küçük dizayn edilebilir.

Çapraz - ortam Etkileri

Koksuz kupol eritme işleminin kullanımı, demirin üst ısıtımını sağlamak amacıyla, çift taraflı işletim gerektirir. Bir indüksiyon fırınının üst ısıtımı için, sıcak hava işletimi ile karşılaştırıldığında elektrik enerjisine artan bir ihtiyaç vardır.

İşletim Verileri

İşletim Verileri Tablo 4.7 'de verilmiştir. Fırın genellikle k = 1.15 oranındaki bir hava faktöründe işletilmektedir. Fırın kapasitesi yüksek olabilir (genellikle 10-12 t/m².h aralığında). Kürelerin miktarı, metal şarjının %1- 1.4'dür. Kupolün enerji verimliliği, çift indüksiyon fırınına dikkate almaksızın, % 70 civarındadır.

	Birimler	Tüketim (eriyik metal tonu başına)
Doğal gaz tüketimi		
Fırının ön ısıtımı	m ³	600
Eritme	m ³	48.0
Elektrik enerjisi tüketimi		
a)Üst ısıtıcı		
Üst ısıtma	kWh	64.0
Bekletme	kWh	15.0
b) Yardımcı ekipman	kWh	25.0
Astarlama malzemesinin tüketimi		
Fırın şaftı	kg	5 - 8
Sifon	kg	0.7
Üst ısıtıcı	kg	0.5
Su tüketimi	m ³	0.4
Oksijen tüketimi	m ³	19.7
Metalik şarj	Bileşenler	Bölüm (%/t)
	Çelik	25 - 35
	Pik demir	20 - 30
	Dönerler/Dökme demir hurdası	35 - 55
Alaşım ve katkı maddeleri	Bileşenler	Bölüm (%/t)
	Karbonlayıcı	1.1
	Briketler - Si	0.8
	Seramik topraklar	0.95
	Bileşen oluşturan hurda	0.3

Tablo 4.7: Koksuz Bir Kupol Fırını İçin Genel İşletim Verileri [202, TWG, 2002]

Kokların (ve CO) olmayışı nedeniyle, koksuz fırın sisteminden hiçbir gizli ısı kaybı yaşanmaz. Baca gazından tam ısı geri kazanımı şaftta gerçekleşir. Çift taraflı yapılandırmalar (örneğin bir indüksiyon fırını ile bağlantılı olan), % 40-60 aralığında verimlilik elde edilebilir. Kok yakıtlı kupoller için termal verimlilik, % 25 (soğuk hava) ve % 45 (sıcak hava uzun çalışan) arasında değişmektedir.

Tablo 4.8 'de koksuz ve sıcak hava kupol fırınlar için emisyon verileri karşılaştırılmaktadır. Bunlar aşağıdaki yapılandırmalar için geçerlidir:

- Koksuz kupol: alt-şarj egzoz yakalama; oksitleyici atmosfer ($\lambda = 1.15$); yanma sonrası işlemi yok, kuru filtreleme

Sıcak hava kupol: alt-şarj egzoz yakalama; geri kazanım ve kuru filtreleme işlemlerinin takiben ayrı bir odada yanma sonrası işlemi.

	Koksuz				Sıcak hava Kupol			
	Çalışma Şartları		Nm ³ /t	kg/t	Çalışma Şartları		Nm ³ /t	kg/t
Gaz	50 Nm ³ /ton							
Enerji	500 kWh/Nm ³							
A	1.15							
Kok					12 %			
Çelik					50 %			
Yeniden karbonlanma					1.9 %			
Toplam yanıcı karbon					9%			
Baca gazı			550				2930	
CO ₂		9.1 %	50	98		6 %	176	346
H ₂ O		18.2 %	100			-		
O ₂		2.7 %	15			15 %		
CO		<1 %	<5.5	<6.9		10 mg/Nm ³		29 g/t
NO _x		155 - 375 mg/Nm ³		85 - 210 g/t		205 mg/Nm ³		150 g/t
SO ₂		-				100 mg/Nm ³		300 g/t

Tablo 4.8: Koksuz Kupol ve Sıcak Hava Kupolü İçin Emisyon Verileri [170, Godinot and Carlier, 1999]

Aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

- Koksuz kupol, sıcak hava kupole göre beş kat daha az baca gazı yayar. Bu, sıcak hava kupolün yanma odasına fazla hava getiren yanma sonrası işleminden kaynaklanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, koksuz kupol daha küçük bir baca gazı arıtma sistemi ile donatılabilir.
- Koksuz kupol, sıcak hava kupole nazaran 3 ila 4 kat daha az CO₂ yayar
- Koksuz kupol sıcak hava kupol kullanımı durumunda yakılan CO'yu daha fazla miktarda yayar
- NO_x ve SO₂ emisyon seviyeleri mevcut emisyon sınır değerleri ile karşılaştırıldığında düşüktür (örneğin Fransa için sırasıyla 500 mg/Nm³ ve 300 mg/Nm³) ile karşılaştırıldığında
- Kuru filtreleme uygulanır ise, her iki teknik de düşük toz emisyon değerleri gösterir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, ortadan büyüğe kadar seri üreten yeni tesisler için de geçerlidir. Koksuz kupol, sabit ve sürekli bir çalışma rejimine ihtiyaç duyar. Yüksek oksidasyon kayıpları ve yüksek bir köprülenme riski nedeniyle, teknik max % 35 çelik içeriğine sahip temiz bir malzeme gerektirir. Kükürtleşme olayının gerçekleşmemesi sebebiyle, teknik, nodüler demir üretimi için özel bir ilgi görür.

Ekonomi

İşletimsel maliyetler ile ilgili veriler (1999 için) Tablo 4.9 (% 100 oranında kurulmuş olan) sıcak hava kupollerin işletimsel maliyetleri ile bağlantılı olarak sunulmaktadır. Bu değerler, 12 ton/saat ekipman için geçerlidir ve Avrupa'da faaliyet gösteren 3 koksuz kupol üzerine yapılan bir çalışmaya dayanmaktadır.

		Ham maddeler (%)	Yardımcı malzemeler (%)	Eritme enerjisi + Sıvılar (%)	Karşılaştırmalı Endeks
Gri Dökme Demir	Koksuz Gaz Kupolü	83	6	11	116
	Sıcak hava Kok Kupolü	69	8	23	100
Nodüler Dökme Demir	Koksuz Gaz Kupolü	81	6	13	104
	Sıcak hava Kok Kupolü	69	8	23	100

Tablo 4.9: Sıcak hava kupolü fırınına Nazaran Koksuz Kupolun İşletimsel Maliyetleri (%100 Üzerinden) [202, TWG, 2002]

Tabloda sunulan değerler 1999 yılında hesaplanmıştır, ancak o yıldan bu yana kok fiyatın artış meydana gelmiştir. Bu tablo temel alınarak, Avrupa'da 12 ton /s koksuz kupol için aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Daha pahalı gri dökme demir eritir
- Sıcak hava kupolüne çok benzer bir fiyata sahip nodüler baz demir eritir.

Karşılaştırma, enerji ve malzemelerin yerel fiyatına önemli oranda bağlıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Kupol emisyonlarını azaltmaya yöneliktir

Örnek Tesisler

- Düker, Laufach (D): 15 ton /s nodüler demir
- Düker-Kuttner, Lingotes especiales, Valladolid (E): 16 ton /s gri nodüler demir
- Hayes Hidrolik Döküm (GB), 5 - 6 ton/saat lamellar ve nodüler demir.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [Vito 110, 2001], [170, Godinot ve CARLIER, 1999]

4.2.1.10. Gaz Yakıtlı Kok-Kupol Fırını

Tanım

Kok-gaz kupolün ilkesi, kokun bir kısmını gaz ile değiştirmektir. Kupolde doğal gaz yakmak için iki teknik vardır:

- Tüyerlerin üstünde yer alan hava-gaz brülörlerini kullanma,
- Tüyerlerin içinde bulunan oksigaz brülörlerini kullanma.

Şu anda, kok/hava-gaz kupol fırını, Avrupa'da sınırlı bir uygulama bulur. Bu durum proses kontrolündeki zorluk ve fırın kabuğundaki artan komplikasyon ile açıklanabilir.

Oksigaz brülör 1994 yılında piyasaya sürülmüştür. Oksigaz ateşlemenin yanı sıra, uygulamada bu seçeneğin uygulanmamasına rağmen, devridaim için tüyerlere toz girişini sağlar. Oksigaz brülörler, tüyerlerin 1/2 - 1/3 bölgelerine yerleştirilir. Kok enerjinin yaklaşık % 10'u, 8 ila 16 Nm³/ton arasında bir gaz tüketimine sebep olarak doğal gaz ile değiştirilir. Bu 40 ile 60 Nm³/ton arasındaki toplam oksijen tüketimi (brülörler + marpuçlar) ile ilişkilidir. Bu tekniğin uygulanması, daha büyük bir üretim ve/veya metalurji esneklik sağlar.

Oksigaz brülörün etkisi ve kullanımı, söz konusu kupole bağlıdır. Soğuk hava kupol fırınlarda, teknik, yeniden başlatmayı kolaylaştırmak veya kok oranını azaltmak için kullanılır. Sıcak hava işletimde ise teknik, eritme yatağını değiştirmeden fırının kapasitesini artırmak için kullanılır. Kokun bir kısmının CH₄ ile değiştirilmesi, baca gazı hacminde bir azalmaya sebep olur. Bu, kurulu olan baca gazı temizleme sistemini aşırı doyurmaksızın, fırın kapasitesinin artırılması için bir araç olarak kullanılır. Teknik eriyikteki karbon içeriğinde bir artış ve şarjdaki çelik miktarında bir artış sağlar. Bu süreç, cevher haline nazaran toz halinde daha az pahalı olan FeSi'nin enjekte edilmesi için bir araç sağlar. Bu özellikler, yararlı bir ekonomik etki doğurur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kokun bir kısmının CH₄ ile değiştirilmesi, baca gazı hacminde bir azalmaya sebep olur. Buna ek olarak, baca gazı, yüksek CO ve H₂ içeriği nedeniyle daha yanıcı hale getirilir. Yanma sonrası işlemi mevcut ise, ortaya çıkan baca gazları, düşük seviyelerde organik bileşikler ve CO sunacaktır.

Kokun doğal gaz ile değiştirilmesi SO₂ emisyon seviyelerini azaltır.

Bu teknik, eriyik içine kupol tozuna sirkülasyon imkanı sağlamaktadır. Ancak, bazı ilk denemeden sonrasında, bu uygulamanın tam geliştirilmiş olmadığı görüşmüştür. Kupolde kok düzeyini azaltmak, köprülenme riskini artırır.

Çapraz - ortam Etkileri

Okksijen üretim, depolama ve kullanımı, güvenlik risklerini artırır. Oksijen üretimi, her ikisinde elektrik tüketimini kapsadığı damıtma veya Vakum (Basınç) Döner Adsorpsiyon yollarıyla yapılır. İkinci tekniğin tüketimi 0.35 - 0.38 kWh/Nm³ O₂'dir. Oksijen üretimi, oksijeni genellikle bir depolama tankına veya doğrudan bir boru hattı ile dağıtan harici bir tedarikçi tarafından yapılır.

İşletim Verileri

AGA-Rayburn Döküm (Coalbrookdale, İngiltere) oksigaz brülörlere sahip soğuk hava kupollerindeki 8 tuyerden 3'ü ile donatılmıştır. Bu durum, kok genel oranında % 15 -% 10 bir azalma sağlamıştır.

Üretilen demirin kükürt içeriğinde bir azalma meydana gelir ve bu durum da kullanılan pik demir miktarında yapılacak azaltıma fırsat tanıyarak ekonomik bir kazanç elde edilmesini sağlamaktadır. Fritzwinter dökümhanesi(D), 20- 25 ton/h oksigaz brülörlerine sahip sıcak hava kupollerinin 6 tuyerden 3'ü ile donatılmıştır. Bu durum, ne eritme yatağını ne de baca gazı temizleme sistemini değiştirmeye gerek kalmadan üretim kapasitesinde 28 ton/saatlik bir artışa olanak sağlamıştır. Yakılmadan önce baca gazı bileşimi üzerindeki etki, Tablo 4.10 'da verilmiştir.

	Oksigaz brülörleri olmadan oksijen ile	Oksigaz brülörleri olan oksijen ile
H ₂	0.8 - 1.2	2.2 - 2.4
CO	14 - 15	19
O ₂	2	2

Tablo 4.10: Bir Sıcak Hava Kupolü İçin Oksigaz Brülörlerinin Baca Gazı Bileşimlerine % Üzerinden Etkisi (184, Godinot ve Ressant, 2002)

Uygulanabilirlik

Bu teknik, hem yeni ve mevcut tesisler, soğuk patlama ve sıcak patlama kupol hem de uygulanabilir. Uygulama (artan esneklik, ekonomik yarar, baca gaz hacmi azalır, artan kapasite) çekilen avantajları dikkate alınarak yükleme özgü erime şartlarına bağlıdır. Bu teknik, süreç kontrol etmek için zorluklara neden bildirilen ve aynı zamanda gerekli olan fırın kabuk komplikasyon artar olmuştur.

Ekonomi

Yukarıda bahsedilen Aga-Rayburn dökümhanesi için (UK) bir soğuk hava kupolün oksigaz işletimi ile değişimi öncesi ve sonrasındaki işletimsel maliyetler Tablo 4.11 'de verilmiştir. Fiyatlar CTIF (F) ile hesaplandığından tahmin niteliğindedir.

Çıktı	Birimler	Birim fiyatı	Brülörsüz		Brülörlü	
		EUR	Ton başına tüketim	Maliyet EUR/ton	Ton başına tüketim	Maliyet EUR/ton
Kok	Ton	198	0.15	29.7	0.1	19.8
Gaz	Nm ³	0.15	0	-	16.5	2.5
Oksijen	Nm ³	0.38	14	5.4		
		0.23			40	9.2
Pik demir	Ton	164.6	0.2	32.9	0	-
Hurda demir	Ton	125.8	0.2	37.7	0.5	62.9
Toplam	EUR/ton			105.7		94.4

Tüm değerler eriyik metal ton başına temelindedir

Tablo 4.11: Oksigaz Brülörlerine Sahip Olan veya Olmayan Soğuk Havalı Kupol İçin Operasyonel Maliyetler [184, Godinot and Ressant, 2002]

İşletimsel maliyetler EUR 94/ton'dan EUR 105/ton eriyik metale kadar azalır. Ekonomik kazanç, özellikle pik demir oranının azaltılması ile ilişkilendirilebilir. Bu durum aynı zamanda dengenin, belirli her dökümhane için farklı olacağı gerçeğini vurgulamaktadır.

Uygulama İçin İtici Güç

Döküm esnekliğini artırmaya ve/veya kurulumu düzenini değiştirmeden mevcut tesisatların üretim kapasitesini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

- AGA-Rayburn Dökümhanesi (Coalbrookdale, İngiltere)
- Fritzwinter Dökümhanesi (D)

Başvuru Kaynakları

[156, Godinot, 2001], [184, Godinot ve Ressant, 2002]

4.2.2 Elektrik Ark Fırını**4.2.2.1. Eritme ve Arıtma Süresinin Kısaltılması****Tanım**

Geliştirilmiş kontrol yöntemleri, daha kısa eritme ya da arıtma süreleri sunabilir. Aşağıda bu hususta bazı örnekler:

- Bileşimin (örneğin, C, S, P içeriği) ve şarj edilen malzemelerin ve cüruf oluşturu malzemelerin ağırlığını daha yakından kontrolü
- Eriyiğin güvenilir sıcaklık kontrolü; bu, rafine reaksiyonların verimi artırmaya ve aşırı ısınmasını önlemeye yöneliktir
- Örneklem ve cüruf giderme için daha etkin yöntemler; bu, fırının arıza süresini azaltabilir.

AOD/VODC işlemini kullanan ikincil metalürji, EAF süresini kısaltır ve enerji tasarrufu üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Teknik, bölüm 4.5.7.1’de detaylı olarak tartışılmıştır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Daha kısa eritme süreleri ve azaltılmış arıza süresi ile artan fırın verimliliği.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut EAF fırınlar için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Ergitme ve arıtma işleminin verimliliği artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Bu teknik, EAF eritme uygulamasını kullanan Avrupa dökümhanelerinde yaygın olarak uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[32 CAEF, 1997], [202, TWG, 2002]

4.2.2.2. Köpüklü Cüruf Uygulaması**Tanım**

Köpüklü cüruf uygulama, şu anda çelik üretimi sektöründe kullanılmaktadır, eritme sonunda cüruf içine oksijen ve karbon (kömür tozu şeklinde) andaş enjekte etme işlemi dahilinde uygulanır. Cürufün köpüğü, CO kabarcıklarının hareketi ile üretilmektedir. CO gazı, enjekte edilen oksijen ile metaldeki karbon oksidasyonundan ve enjekte edilen karbon ile demir oksitlerin (FeO) azaltılmasından kaynaklanır.

Köpüklü cüruf oluşturma şarj ünitelerine ısı transferini artırır ve fırın içindeki refrakter malzemeyi korur. Daha iyi bir ark stabilitesi ve daha az radyasyon etkileri sebebiyle cüruf köpükleme işlemi; enerji tüketiminde, elektrot tüketiminde, gürültü seviyelerinde azalması ve artan verimliliğe yol açar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Enerji tüketimi ve elektrot tüketimindeki azalma, düşük gürültü seviyesi ve baca gazı hacminde azalma.

Çapraz - ortam Etkileri

Cüruf hacmi arttıkça, büyük cüruf kovaları gerekli olabilir. Akıtma sonrasında, cüruf tekrar gazsızlaşır. Cürufun yeniden kullanım olanakları hakkında bildirilen hiçbir olumsuz etki yoktur.

İşletim Verileri

Tablo 4.12 'de 60 tonluk bir ark fırını için işletim verileri sunulmuştur ve enerji, zaman, refrakter ve elektrotlarda şebeke tasarrufunu belirtir.

	Birimler	Normal cüruf	Köpüklü cüruf
Toplam güç	MW	25	30
Arktan baca gazına radyasyon kaybı	MW	6	0
Baca gazı akışı	m ³ /s	41000	28000
Nihai sıcaklık	°C		
- metal		1630	1630
- cüruf		1603	1753
- baca gazı		1463	1607
- refrakter		1528	1674
Enerji girdisi	kWh/ton		
- elektrik		50.8	37.7
- fosil (kömür)		37.1	22.6
Enerji çıktısı	kWh/ton		
- metal (AH)		10.4	10.4
- cüruf (AH)		1.1	9.4
- fırın kayıpları		20.7	14.1
- baca gazı kayıpları		53.6	24.8
- diğer kayıplar		2.5	1.6
Isıtma süresi 1584 - 1630 °C	dk	11dk 45sn	7dk 30sn
Isıtma oranı	°C/dk	3.9	6.1

Tablo 4.12: Normal Cüruf ve Köpük Cürufa Sahip EAF Fırınında Eritme İşlemi İçin Enerji ve Sıcaklık Verileri [202, TWG, 2002]

Cüruf yoğunluğu, 2.3 ton/m³'ten 1.5 - 1,15 ton/m³'e kadar azalır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, oksijen enjeksiyonu uygulayan yeni ve mevcut EAF dökümhaneler için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Fırın işletim verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Bildirilen belirli bir örnek tesis bulunmamaktadır, ancak teknik Avrupa dökümhanelerinde birçok uygulama alanı bulunmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [202 TWG, 2002] [211, Avrupa IPPC Bürosu, 2000]

4.2.3 İndüksiyon Fırını

4.2.3.1. Proses Optimizasyonu: Şarj Malzemelerini Optimize Etme, Şarj Etme ve İşletim

Tanım

Maçasız indüksiyon fırını için proses optimizasyonu seçenekleri şunlardır:

- Hammadde koşulunu optimize edin: Bu seçenek, kirli ve paslı girdileri önlemeyi, girdi/ hurdanın optimum büyüklüğü ve yoğunluğunu kullanmayı, ve daha temiz karyonlayıcıları kullanmayı kapsar. Bu önlemler eritme zamanını kısaltır ve oluşan cüruf miktarını ve/veya azaltmak için gerekli olan spesifik enerji azaltır.
- Fırın kapağını kapayın: Oksidasyon, düzgün olarak otutturulmamış kapaklar ve gereksiz /uzatılmış açıklıklardan kaçınarak, hızlı şarj ya da eriyik (N₂) üzerinde koruyucu bir atmosfer kullanarak azaltılır. Enerji kayıplarını önlemek için açılma sürelerinin en aza indirilmesi gerekir. Şarj, cüruf kaldırma, sıcaklık ölçüm, numune alma ve dökme için gerekli açılma saatleri, vardiya zamanının % 50 ve % 25 arasında değişmektedir. Son rakam, optimize edilmiş koşullarda çalışan yeni fırınlar için geçerlidir. Çok iyi otumuş kapalı kapak, girdi gücünün yaklaşık % 1'i oranında yüzey ısı kaybını sınırlar. Açık iken, ısı kaybı, 10 ton kapasiteli bir ünite için 130 kWh/tona kadar ulaşabilir. Kapalı bir

- Bekletmeyi minimumda tutun: Eritme işleminin döküm işlemi zincirinin ilk adımı olmasından dolayı, bekletme süresindeki kısalma tüm dökümhane prosesi için entegre bir proses optimizasyonu ile ve dökümhane departmanlarının herhangi birindeki gecikmeleri, problemleri ve düzensizlikleri en aza indirme yöntemi ile elde edilebilir. Bekletme sırasında, bileşim uyumu, bir serin döküm numunesi üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre yapılır. Numunelemenin optimizasyonu, test etme ve uyum prosedürleri, bekletme süresini azaltmak için diğer tedbirlerdir.
- Maksimum güç girdisi seviyesinde çalıştırın: Fırınlara, maksimum güç girdisi seviyelerinde işletildiğinde daha verimli olurlar ve mevcut gücün tamamen eritme döngüsünün en büyük oranı için kullanılabilir. Bu, aynı zamanda soğuk başlangıç erimelerinin (optimize üretim programı) azaltılması ve izleme ve bilgisayar kontrolü ile takip etme olanağını kapsar.
- Aşırı sıcaklık ve gereksiz üst ısıtma işleminde kaçının: Metalin, kalıplama bölümünün erişime uygun bir durumda olduğu anda gerekli sıcaklığa ulaşması önemlidir. Eritme ve kalıplama atölyeleri arasında iyi bir işbirliği, elektrik kullanımının en aza indirilmesi için önemlidir.
- Cüruf kaldırma işlemi için yüksek sıcaklık eriyiklerini optimize edin (iyi denge): Düşük erime noktasına sahip cüruf oluşumu, fırını artırılmış sıcaklıklarda (1580 ° C karşısında 1450 ° C normal) ısıtma yöntemi ile azaltılabilir. Bu durum, yüksek enerji tüketimi ile sonuçlanır ve eriyiğin metalürjik yönlerini etkileyebilir. Cürufun fırın astarında oluşumuna izin verilirse, bu durum fırının elektrik verimliliği etkileyebilir. Cüruf kaldırma işlemi, fırın kapağının açılmasını gerektirir ve bu nedenle ısı kaybına neden olur. Artan erime sıcaklığı ve cüruf kaldırma uygulaması arasında iyi bir denge bulunması gerekmektedir.
- Cüruf oluşumunu engelleyin: Yüksek erime noktalı oluşumlar, daha sık ve daha zahmetli durumlardır.
- Bu durum, özellikle kum şarj etme ve demir eritme durumunda, eriyik içindeki metalik alüminyumdan kaynaklanır. Bazı fırın işleticileri eritken katkı maddeleri ve temizlik rutinlerine başvurmuştur ancak bu hususta önlem, onarımdan daha önemlidir. Bu seçenek, hammaddedeki kum ve Al varlığını en aza indirmeyi kapsamaktadır.
- Oksijen enjeksiyonunu dengeleyin: Geleneksel karbon giderme işleminin kullanılmasının yerine bu seçeneği uygulayın.
- Refrakter duvar aşınmasını en aza indirin ve kontrol edin: Refrakter yaşam; cüruf kimyasının (asidik veya bazik) bir fonksiyonu olarak malzeme seçimine, çalışma sıcaklığına (çelik, dökme demir, demir dışı) ve yeniden astarlama (sinterleme) işlemine verilen dikkate bağlıdır. Kullanım ömrü, 50 (çelik, dökme demir) ile 200 - 300 (dökme demir) erime arasında değişebilir. Refrakter aşınmasını takip etmek adına işletimsel kontrol önlemleri alınır. Bu seçenek; görsel inceleme, fiziksel ölçüm ve enstrümantal izleme programlarını kapsar. İyi şarj uygulama önlemleri, fiziksel bobinlerin ve mekanik gerilmelerin kümülatif etkilerini önler. Bunlar, otomatik şarj sistemlerinin kullanımını, sıcak şarjı, yüksek damladan kaçınmayı, kompakt ve kuru hurda kullanımını kapsamaktadır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kısa erime süreleri ve azaltılmış arıza süreleri ile artan fırın verimliliği.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

Tipik bir maçasız fırın, bir ton demir eritebilir ve sıvı metal sıcaklığını 600 kWh elektrik kullanarak 1450 ° C'ye yükseltebilir. Ancak, uygulamada, bir hafta haftalık bazda sadece birkaç dökümhanelerde bu özel tüketim seviyesi elde edebilir. Bazı dökümhaneler, maçasız fırınlarında üretilen her tonu demir için 1000 kWh'lık bölgede tüketir. Birçok dökümhane hakkındaki koşullar, işlenmiş demir tonu başına kullanılan elektrik miktarında kayda değer bir tasarruf elde etmek için, iyi enerji yönetimine yönelik kapsamlı kısıtlayabilir, ancak aslında hemen hemen tüm maçasız eritme işletimleri bir şekilde daha iyi hale getirilebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut indüksiyon ocakları için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Fırın işletim verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Proses optimizasyonu önlemleri genellikle indüksiyon fırını kullanan Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [47, ETSU, 1992], [Vito 110, 2001], [145, Inductotherm], [225, TWG, 2003]

4.2.3.2. Şebeke Frekanslı Fırınlardan Orta Frekans Fırınlara Dönüşüm

Tanım

Orta frekanslı (250 Hz) fırınlar, şebeke frekanslı (50 Hz) fırınlara (300 kW/ton) nazaran daha yüksek bir güç yoğunluğuna (1000 kW/tona kadar) sahiptir. Bu durum, daha küçük bir toplam ısı kaybı ile sonuç veren küçük bir pota (üç kata kadar daha küçük bir faktör) kullanımına izin verir. Orta frekans fırınlarının ısı verimi, şebeke frekansı türleri için % 10 daha yüksektir. Ayrıca, şebeke frekansı ünitelerinin spesifik enerji tüketimini optimize etmek için pota kapasitesinin 2/3'ne kadar seviyede eriyik yüksekliği ile işletilmesi gerekmektedir ve aynı zamanda soğuk başlatma işlemi için özel marş- blokları gerektirir. Orta frekans fırınları, soğuk bir şarj ile kolayca başlatılabilir ve her vardiyada veya toplu eritme işlemi sonunda boşaltılabilir.

Bir dökümhanenin şebeke frekanslı eritme uygulamasından orta frekans tesisatı işletimine dönüştürdüğü durumda, fırın personelinin kısmi yeniden eğitimi önemlidir. Resmen bugüne kadar kullanılan işletim teknikleri terk edilecek ve iyi spesifik enerji tüketimini sağlamak adına tasarlanmış yeni belirli prosedürlerin kabul edilmesi gerekecektir. Yeniden eğitim göz ardı edilirse, enerji kullanımındaki gelişmeler tam olarak hayata geçirilemeyebilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar Erime işleminin artan enerji verimliliği. Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

İşletim Verileri Bölüm 3.2.4 'de verilmiştir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni tesisler için geçerlidir ve geniş çaplı tadilat altında olan mevcut tesisler içindir.

Uygulama İçin İtici Güç

Döküm işletim verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Bu teknik, genellikle yeni bir fırın kuran dökümhanelerde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[47, ETSU, 1992]

4.2.4 Döner Fırın

4.2.4.1. Fırın Verimliliğinin Artırılması

Tanım

Fırının ısı verimliliği artırmaya yönelik tüm önlemleri daha düşük bir CO2 çıktısına yol açacaktır. Yanma ortamı olarak hava yerine oksijenin kullanımı ile önemli bir gelişme sağlanmıştır. Bu husus, Bölüm 4.2.4.2 tartışılmıştır.

Aşağıdaki unsurların sıkı kontrolü ve optimizasyonu ile fırının veriminde daha fazla iyileşme elde edilebilir:

- Brülör rejimi
- Brülörün konumu
- Şarj
- Metal bileşimi
- Sıcaklık.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Optimizasyon, düşük miktarda toz ve artık madde ve yüksek enerji verimliliği ile sonuçlanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

3 ton/saat dökme demir eritme fırınına yönelik bir optimizasyon programı, iyi işletimsel uygulama olarak aşağıdaki talimatları önermiştir:

- Temiz hurda ve yükleme işlemlerini şu sırayla uygulayınız: (1) düşük Si içeriğine sahip **Malzeme 4** ve malzemeler (2) iç döner malzemesi ve döküm hurdası; (3) alaşım elementleri ve eriyik koruma; (4) çelik hurda
- Eriyik koruma: eriyik koruma için antrasit metal şarjın % 2'si ve silisyum (% 2) kullanımı
- Rotasyon: süreksiz aşamada, faz değişimine kadar 7.5 dönüşlerin tamamı ile dakika başına bir rotasyonun 1/3'ü. Sürekli rotasyon sırasında: 1.7 devir/dakika:
- Brülörün gücü ve açısı: alt enjektörler için paralel bir brülör başı pozisyonu kullanın. (Başladıktan sonra 60 dakika) faz değişimine kadar her 20 dakikada % 10 oranında azaltarak, 20 dakika boyunca maksimum güçte başlatın.

Bu önlemlerin uygulanması ile, >% 95 oranında bir metal verimlilik (eriyik metal/metal şarjı), sağlanabilmektedir.

Uygulanabilirlik

Optimizasyon ilkeleri genellikle oksijen brülörler kullanan döner fırınlarda demir eritme işlemi için geçerlidir. İşletim Verileri, 3 ton/saatlik bir fırın temelinde oluşturulmuştur. Diğer boyutlardaki fırınlar için sahaya özgü bir optimizasyon gereklidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Fırın işletiminin optimizasyonu ve eritme verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Proses optimizasyonu önlemleri, yaygın olarak döner fırınlar kullanan Avrupa dökümhanelerinde5 uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[204, Carnicer Alfonso, 2001]

4.2.4.2.Oksi-brülör Kullanımı

Tanım

Alev sıcaklıkları, dökme kepçelerini eritme ya da ön ısıtma için kullanılan brülörlerdeki havanın yerine saf oksijen kullanımı uygulaması ile artar. Bu durum, eriyik için daha verimli bir ısı transferi sağlar ve enerji kullanımını azaltır.

Hava kaynağı, alıcının sıkı bir kapatma işlemi ile bloke olursa, atmosferik azotun oksitlenmesi yoluyla NO_x, oluşamayabilir. Ayrıca, oksi-brülör kaynaklı baca gazlarının toplam akışı, azot balastının olmaması nedeniyle daha küçüktür. Bu durum, daha küçük bir toz giderme tesisatı uygulamasına olanak sağlar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bu teknikler, enerji tüketimini azaltır ve daha yüksek yanma sıcaklıkları sayesinde, NO_x ve CO₂ emisyonlarını azaltır.

Çapraz - ortam Etkileri

Üretim, depolama ve oksijen kullanımı, güvenlik risklerini artırır. Oksijen üretimi, elektrik tüketimini kapsayan damıtma veya Vakum (Pres) Salınım Adsorpsiyon işlemi yoluyla yapılır. İkinci tekniğin tüketimi 0.35 - 0.38 kWh/Nm³ O₂'dir. Oksijen üretimi genellikle bir depolama tankına oksijen gönderen harici bir tedarikçi tarafından veya doğrudan bir boru hattı ile yapılır.

Yakıt veya ağır petrol, S veya N içeriklerine bağlı olarak, SO₂ ve NO_x emisyonlarının artmasına yol açmaktadır. Doğal gaz ve propan gibi temiz karbüranların kullanımı, CO₂ hariç, tüm yanma proseslerinde olduğu gibi herhangi bir ek kirliliğe neden olmaz.

İşletim Verileri

Tablo 4.13, dökme demir ve çeşitli fırın kapasitelerinin "oksigen" eritme işlemi için çeşitli yakıtların ve eriyik oksijen tonu başına teorik tüketimi sunar:

Enerji Kaynağı	Birimler	Fırın Kapasitesi (ton)				
		3	5	8	12	20
Hafif fuel oil	kg/ton	33 - 38	33 - 38	33 - 38	32 - 37	32 - 37
Doğal Gaz	Nm ³ /ton	38 - 43	38 - 43	38 - 43	38 - 42	38 - 42
Propan	Nm ³ /ton	15 - 17	15 - 17	15 - 17	14 - 16	14 - 16
Oksijen	Nm ³ /ton	130 - 150	130 - 150	130 - 150	130 - 145	130 - 145

Tablo 4.13: Enerji Tüketimleri Tablosu (Minimum Eriyik) [148, Eurofine, 2002]

Bir geri kazandırıcı ile bağlantılı olarak kullanılan oksijen zenginleştirme işlemi, genellikle % 30 enerji tasarrufu elde eder. Ayrıca, yüksek yanma sıcaklığı, genel emisyonları azaltmaya yardımcı olur. Egzoz gazı hacmi de azalır. Tam oksijen/yakıt ateşleme, % 50'ye varan enerji tasarrufu sunabilir ve egzoz gazı hacmini % 72'ye kadar azaltabilir.

Bir Alman tesisinde petrol-hava ateşlemesinden gaz-oksijen ateşlemesine geçilmesi, analiz noktasına bağlı olarak fırının hemen yakınında 15-18 dB (A) gürültü emisyonlarında bir azalmaya neden olmuştur. Tesis sınırında, 48 dB (A) değeri ölçülmüştür. Şarj ön ısıtma için enerji geri kazanımı uygulaması ile, toplam enerji tasarrufu % 53 olarak rapor edilmiştir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, herhangi bir döner fırında ve dökme kepçelerinin ön ısıtma işleminde uygulanabilir. Oksibülörler, örneğin ikincil bakır eritme işleminde kullanılmalarına rağmen demir dışı dökümhanelerde uygulama alanına sahip değildir.

Ekonomi

Yatırım maliyeti: EUR 3400 - 4500. İşletimsel maliyetler: proses işletimine bağlıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Fırın işletiminin optimizasyonu ve erime verimliliğini artırmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Bu teknik, döner fırınlar kullanan demir dökümhanelerinde geniş uygulama alanına sahiptir.

Başvuru Kaynakları

[23, Brettschneider ve Vennebusch, 1992], [32 CAEF, 1997] [110, Vito, 2001], [103, van Nederlandse Gemeenten, 1998 Vereniging], [148, Eurofine, 2002], [163, UK Environment Agency, 2002], [232, Novem, 2000]

4.2.5 Dökme Demir Eritme İşlemi İçin Kupol Fırınına Karşın İndüksiyon veya Döner Fırın Seçimi

Tanım

Çeşitli eritme tekniklerinin örtüşen uygulama alanı bulması gerçeği göz önüne alındığında, erime teknoloji seçimi, temel bir tekniktir. Bu seçimde belirleyici kriterler şunlardır:

- Metal türü
- Sürekli ya da toplu üretim
- Serilerin boyutu
- Metal akışı veya kapasitesi
- Girdi malzeme tipine ve temizliğe karşı esneklik
- Alaşım değişimine karşı esneklik
- Ürün tipi
- Emisyonlar ve diğer çevresel hususlar
- Hammadde erişilebilirliği
- Yakıtlar/elektriğe erişilebilirlik.

Farklı eritme tekniklerinin uygulaması, belirtilen kriterlere yüksek oranda bağlıdır. Yukarıda sunulan tartışmalardan aşağıdaki genellemeler çıkarılabilir:

- Metal türü: Elektrikli fırın, nodüler veya alaşımlı dökme demir için daha uygundur
- Sürekli üretim: Kupol daha uygundur
- Seri üretim: Elektrik veya döner fırın daha uygundur
- Girdi malzeme tipine ve temizliğe karşı esneklik: Kupol daha uygundur
- Alaşım değişimine karşı esneklik: İndüksiyon ve döner fırın daha uygundur
- Çevresel hususlar:
 - iyi şekilde tozsuzlaştırıldığı takdirde kupol daha uygundur; koksuz, HBC veya CBC'ye göre daha iyi bir çevresel performans gösterir
 - indüksiyon, daha düşük CO, SO₂, NO_x, dioksin, cüruf çıkarır ancak gerekli elektrik üretiminden kaynaklanacak emisyonların da olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.
- Hammadde erişilebilirliği: Ucuz hurdanın erişilebilir olduğu durumda, kupol daha uygundur.

Esasen, tüm bu kriterlerin birlikte ele alınması gerekir. Tablo 4.14, teknik değerlendirmeler temelinde bir özet sunmaktadır. Çeşitli kupol türleri ve indüksiyon fırını için ekonomi verileri Ek-1’de verilmiştir. Belirtilen kriterler temelinde, kupolün, indüksiyon veya döner fırınları ile değiştirilmesi kabul edilebilir. Indüksiyon veya döner fırınların seçiminde, çeşitli Avrupa ülkelerinde (örneğin Avusturya, Belçika (Flanders)) çeşitli ürünlerin döküm işlemlerinin gerçekleştiren küçük dökümhaneler için soğuk hava kupole öncelik verilir.

KRİTERLER		SADECE GRİ DÖKME DEMİR						GRİ + NODÜLER	SADECE NODÜLER DÖKME DEMİR			SADECE DÖVÜLEBİLİR DÖKME DEMİR
Ürün Türü		Sayaç ağırlıkları	Kanalizasyon ürünleri, boruları, kentsel mbilya	döküm ürünleri, cihazları	Emaye döküm ısıtma	Mekanik parçalar	Mekanik parçalar		Kanalizasyon döküm ürünleri, boruları kentsel mbilya	Mekanik parçalar		Mekanik parçalar
Serilerin boyutu		Ortadan büyüğe	Tüm	Ortadan büyüğe	Yığın dan küçüğe	Ortadan büyüğe	Tüm		Tüm	Yığından küçüğe	Ortadan büyüğe	Ortadan büyüğe
Kupol	Soğuk hava	++	++ (<10 - 15 t/h)	++ (<10 - 15 t/h)		++ (<10 - 15 t/h)				(+)		
	Sıcak hava	+	++ (>10 - 15 t/h)	++ (>10 - 15 t/h)	0	++ (>10 - 15 t/h)		++ (>10 - 15 t/h)	++ (>10 - 15 t/h)	0	+ (>10 - 15 t/h)	
	Koksuz				0	+		+	+	0	+	
İndüksiyon			+	+	++	++	++	++	+	++	++	++
Döner Fırın		(+) yığın			++	+	++		(+) yığından küçüğe seriler	++		++
++: teknik olarak daha uyumlu; +: teknik olarak uyumlu (+): bazı durumlar için uyumlu 0: uyumlu değil												

Tablo 4.14: Döküm Demir Eritme İşlemi İçin Eritme Ekipmanı Teknik Seçimi [202, TWG, 2002]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bir kupolün bir indüksiyon veya döner fırın ile değiştirilmesi, CO ve SO₂ doğrudan emisyonlarında bir azalmaya ve daha düşük bir miktarda cüruf oluşumuna sebep olur. İndüksiyon fırınları, daha düşük NO_x emisyonu ve daha düşük bir dioksin oluşumu riskinin ortaya çıkmasını sağlar. İndüksiyon fırını kullanımı ile oluşan dolaylı emisyonlar, yerel elektrik üretim altyapısına bağlıdır.

Çapraz - ortam Etkileri

Bir kupolün bir indüksiyon fırını ile değiştirilmesi, elektrik tüketiminde yüklü bir artışa sebep olmaktadır.

Uygulanabilirlik

Bir soğuk hava kupolün bir indüksiyon veya döner fırın ile değiştirilmesi, yukarıda belirtilen kriterler kapsamında ve tesisin ana yenileme işlemi üzerine uygulanabilir.

Yeni tesisler için, Tablo 4.14'deki kriterler, yerel ve sahaya özgü hususlar da dikkate alınarak uygulanır. Kupol ve indüksiyon veya döner fırınları en uygun olarak gösterilirse, indüksiyon ve döner tipi fırınlar, çevresel yararları temelinde tercih edilebilir.

Ekonomi

Kupol fırınların çeşitli türleri ve indüksiyon fırını için ekonomik veriler üzerinde yapılan bir araştırma, Ek 1'de verilmiştir.

Tablo 4.15'de, mevcut kupolünü döner ya da elektrikli fırın ile değiştirmeyi istediği bir örnek İspanyol dökümhane tarafından toplanan maliyet verileri üzerine bir özet verilmektedir. Hiçbir emisyon toplama veya filtreleme ekipmanı maliyetleri dahil değildir. Veriler 1997-1998 yılları için geçerlidir. Karşılaştırma, aşağıdaki üç sistemi kapsar:

- Soğuk hava kupol: 3.5 ton/s kapasiteli
- Oksigaz döner fırın: 3 ton kapasiteli
- 2 orta frekanslı indüksiyon fırını: 2 + 1 ton kapasiteli.

Maliyet hesaplaması, 8 saat/gün çalışan 1 ton/saatlik bir eritme üretiminin eritme maliyeti için yapılmıştır. İndüksiyon fırını için yoğun işleyen elektrik maliyetleri ve yoğun işlemeyen arasında bir ayırım yapılır. Elektriğin maliyetlerin ana kaynağı olması sebebiyle, bu ayırım, nihai maliyet için büyük bir fark yaratmaktadır. Yoğun işleyen süre (gece) içinde indüksiyon fırınının işletilmesinin doğurduğu sonuçlar, döner fırın maliyetleri ile karşılaştırılabilir niteliktedir. Veriler, yatırımın 5-9 yıllık geri ödeme süresi olduğunu göstermektedir.

EUR/ton eriyik metal üzerinden maliyetler	Kupol	Döner	İndüksiyon	
Enerji	30.7	29.8	40.8 27.2	(en üst sınır) (en alt sınır)
Refrakter	3.6	1.3	1.4	
İnsan gücü	52.9	22.7	22.7	
Ham maddeler	205	205	205	
Toplam maliyet	292	259	270	
EUR bazında yıllık maliyet				
Ton/yıl bazında eritme maliyeti 1320	385000	341000	356000 338000	(en üst sınır) (en alt sınır)
Tasarruflar	yok	44000	29000	(en üst sınır)
			47000	(en alt sınır)
Yatırım	yok	250000	260000	
İnşaat		Gerekmez	Gerekir	

Tablo 4.15: Mevcut Kupolun Döner veya İndüksiyon Fırını ile Değiştirilmesi İçin Örnek Tesis Maliyeti- Veriler 1997-1998 bazlıdır, İspanya [202, TWG, 2002]

Uygulama İçin İtici Güç

Dökme demir eritme işleminden kaynaklanan doğrudan emisyonlarının azaltılması.

Örnek Tesisler

Küçük ve orta ölçekli işletmeler olan çoğu Avusturya dökümhanesi, kupolde eritme uygulamasından indüksiyon fırını işletimine geçmiştir. Bunun bir sonucu olarak kupol erime kullanan sadece üç Avusturya dökümhanesi kalmıştır.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002], [Vito 110, 2001], [225, TWG, 2003]

4.2.6 Ocak Tipi Fırın

4.2.4.3.Oksi-brülör Kullanımı

Bkz: Bölüm 4.2.4.2.

4.2.7 Diğer Fırın Türleri

4.2.4.4.Mg-eritme için Örtü Gazı Olarak SF₆ Kullanımına Yönelik Alternatifler

Tanım

Magnezyum eritmek için alternatif örtüleyici gazlar, genel olarak kullanılan SF₆ yüksek küresel ısınma potansiyeli nedeniyle büyük ilgi görmektedir. SF₆ ikame maddesi, birkaç yıldır araştırma konusu olmuştur. Alternatifler geliştirmek ve önermeye yönelik dünya çapında araştırma projesi şu anda Uluslararası Magnezyum Derneği tarafından koordine edilmektedir ve 2004 yılında

tamamlanacaktır. HFC-134a (CF₃CH₂F) ve Novec 612 (perfloroketon C₃F₇C (O) C₂F₅) içeren gaz karışımları başarıyla test edilmiştir. Her iki bileşiğin de uygulanabilirliği üzerinde araştırma devam etmektedir. HFC-134a, Kyoto protokolü kısıtlamaları kapsamındadır. Her iki bileşik de SF₆: SF₆ GWP

= 23900; HFC-134a GWP = 1300; Novec 612 GWP = 1'den daha düşük bir küresel ısınma potansiyeli göstermektedir.

Şu anda, SO₂ uygulanabilir bir alternatiftir. Bazı magnezyum dökümhaneleri, bu gaz üzerine uzun deneyime sahiptir ve bu gazın ilk olarak 1970'li yılların başında kullanılmaya başlandığında SF₆ kullanımına hiçbir şekilde dönmemişlerdir. SO₂, sıvı magnezyum ile reaksiyona girer ve yüzey üzerinde koruyucu bir tabaka oluşturur. Düşük konsantrasyonda SO₂-hava karışımını harmanlamak için bir karıştırma ünitesi mevcuttur. Ayrıca, SO₂ için işleme prosedürleri işçilerin maruz kalma durumunu ve riskini azaltmak için oluşturulmuştur.

Koruyucu gaz, çeşitli çıkış ağzına sahip bir çıkış borusu aracılığıyla tedarik edilir. Çıkış ağzlarının konumları, metal yüzeyin tüm alanlarında koruma sağlamak için seçilmiştir. İşletim sırasında sıkça açılacak olan kapaklara yakın olan alanlar, çevreleyen atmosfer ile etkileşimi küçük olan alanlara göre daha yüksek bir gaz akışı gerektirir.

Güvenliğini optimize etmek ve gaz tüketimini en aza indirmek için, tamamen kapsüllü eritme ve döküm işlemleri uygulanır.

Değiştirilme mümkün değilse, aşağıdaki teknik önlemler SF₆ tüketimi ve emisyonunda azalma sağlar:

- Fırınlarda geliştirilmiş geçirmezlik
- Tam otomatik örtü gazı dozajı
- Gaz karışımı ve debisinin elektronik kontrolü
- Doz aşımının azaltılması.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

SF₆'nın değişimi, 100 yıllık bir zaman ufku üzerinde 22200'lik bir GWP'ye sahip olan bu sera gazının kullanımı önler.

Çapraz - ortam Etkileri

SO₂, zehirli bir gazdır ve işçiler için maruziyet sınır değerleri dikkate alınmalıdır. Çoğu ülkede mesleki maruziyet sınırı 8 saat üzerinden 2 ppm (5 mg/m³)dir. Kükürt ve oksijen içeren maden yatakları, fırın duvarı oluşturabilir. neden elverişsiz koşullar altında bu maden yatakları, yüzeyde metal patlamalarına yol açan reaksiyonlara neden olan eriyik metal içine dağıtılabilir. Ölçeklendirmenin sıkça çıkarılması bu durumun gerçekleşmesini önleyebilir.

Teknik, miktarı dökümhane kapasitesini ve fırın sayısına bağlı olarak az miktarda SO₂ emisyonuna yol açar. Eriyik koruması için yılda 50 - 500 kg miktarı bir tahmin olarak sunulabilir.

İşletim Verileri

SF₆ tüketimi, kullanılan eritme tekniği bağlıdır ve 0,1 ve 11 kg/ton kaplanmış dökümden az miktarla değişmektedir. Teknik gelişmeler ve tedbirler, 3 kg/ton üzerinde dökümden 0,9 kg/tona kadar döküm oranı ile, ortalama spesifik SF₆ tüketiminde azalmaya neden olmuştur. Uygulama verileri, Bölüm 3.4.1 'de verilmiştir.

Örselenmemiş bir eriyikde, SO₂ kullanımı, 5 ila 10 litre/dakikalık bir debideki hava genellikle % 0,7

olacaktır. Kalıp döküm makinesinin eritme ve dozaj fırınları gibi kapalı (ancak hava geçirmez olmayan) fırınlarda, saf SO₂ uygulanır. Küçük miktarlarda kapaktan içeri giren havanın örtüleyici işlem görmesi gerekmektedir. Taşıyıcı gazın kullanılması durumunda, inertlik özelliği nedeniyle azot, tercih edilen bir gazdır. SO₂ daha sonra, % 1-2'lik konsantrasyonlarında karıştırılır.

Magnezyum hurdanın eritkensiz yeniden eritilmesi için kütle dengesi verileri, Bölüm 4.1.6 'de verilmiştir.

Uygulanabilirlik

SF₆ tüketimini azaltmak için büyük bir potansiyel mevcuttur, ancak şu anda bu maddeyi standart-dışı durumlar sırasında tamamen değiştirmek mümkün görünmemektedir. SO₂ normal eritme işlemleri sırasında genel olarak uygulanabilir. Fırın tamiri sırasında, SF₆, SO₂ maruziyeti ile ilişkili sağlık riskleri nedeniyle koruma gazı olarak gereklidir. Ayrıca, SO₂, magnezyum yangınları söndürmek için kullanılamaz. Bu durumda da SF₆ kullanımda kalır.

Ekonomi

SF₆ maliyeti son birkaç yılda önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle, SF₆'dan SO₂'ye dönüşümün bağlantılı bir ekonomik maliyeti olacaktır. Tablo 4.16, üç kalıp döküm makinesini çalıştıran bir kalıp döküm cihazından alınan bilgilere dayanan, SF₆ ve SO₂ kullanımı için işletme giderleri için ve endüstriyel ölçekli çalışmalarda elde edilen sonuçlar hakkında tahminler sunmaktadır. Rakamlar, her ne kadar sadece kaba tahminlere dayansa da SF₆ için SO₂'yi ikame ederken büyük bir maliyet tasarruf potansiyeli olduğunu açıkça göstermektedir.

Özellik	Birimler	SF ₆	SO ₂
Gaz Konsantrasyonu	%	0.4	0.7
Fiyat	EUR/kg	36.5	4.5
Ters Yoğunluk (0 °C'de ve 1 atm değerinde)	l/kg	153	350
Yıllık gaz tüketimi	kg/yr	339	259
Maliyet/Yıl	EUR	12373	1165
Her makine için 10 l/dk'lık debiye sahip, 300 gün/yıl, 24 s/gün bazında çalışan 3 kalıp döküm makinesi için sunulan veriler			

Tablo 4.16: Koruyucu Gaz Atmosferleri İçin Kullanılan SO₂ ve SF₆'nın Maliyet Karşılaştırması [190, Schubert and Gjestland]

Yeni bir yatırım düşünüldüğünde, tüm modern güvenlik ve dozaj gereksinimlerini karşılayan bir SO₂ gaz sistemi, 1000 ton/yıllık bir tesis için 70000 EUR maliyet oluşturur. Yeni bir SF₆ sistemi 23300 EUR'dir. Bu yatırıma yönelik ve her ikisi de azot içerisinde olmak kaydıyla % 1.5'lik SO₂ ve % 0.2'lik SF₆ kullanımına yönelik İşletim Verileri , Tablo 4.17 'de verilmiştir. SO₂ için toplam yıllık maliyet, SF₆'nın maliyetine göre yaklaşık EUR 2500 daha fazladır diğer yandan 12300 ton CO₂ eşdeğer emisyonlarından kaçınılır. Tesis ne kadar büyük ise, iki sistem arasındaki yıllık maliyet farkı o kadar az olur. 1500 ton/yıl miktarında bir yıllık çıktıda, dönüm noktasını geçilir ve CO₂ azaltma maliyetini negatife döner.

Genel Döküm Verileri		
Ocakların kapasitesi	2000 kg	
Maksimum eritme performansı	1000 kg/s	
Günlük döküm süresi (Soğuk Oda)	13.2 s	
Çalışma günleri	250/yıl	
Faydalanma	7 6 %	
Brüt eritme ağırlığı (gülle ağırlığı)	2000 t/yıl	
Hurda faktörü	50 %	
Mg parçalarının net ağırlığı	1000 t/yıl	
Yıllık satışlar (EUR 15.00/kg)	EUR 15 milyon	
Mg banyolarının yüzeyi	6 m ³	
m ² başına (taşıyıcı+ örtü gazı) gaz yüzeyi	Tüm yıl saat başına 300 litre	
Şarj esnasında ekstra gaz dozajı	+ 25 %	
Gaz Verileri	SF ₆	SO ₂
Taşıyıcı gaz	Azot	Azot
Taşıyıcı gazdaki örtü gazı konsantrasyonu	0.2 vol. %	1.5 vol. %
Saat başına örtü gazı dozajı	46.9 g	154.2 g

Yıl başına örtü gazı dozajı	514 kg	1688 kg	Bölüm 4
Örtü gazı/net Mg çıktısı katsayısı	0.51 kg/t	1.69 kg/t	
CO ₂ eşdeğeri ton bazında emisyonlar	12278	-	
Maliyet Verileri	SF ₆	SO ₂	
1 kg örtü gazı	EUR 20.00	EUR 3.00	
1 m ³ taşıyıcı gaz (azot)	EUR 0.20	EUR 0.20	
Yeni gaz ekipmanlarının yatırım maliyeti	EUR 23333	EUR 70000	
Yıllık iskonto oranı	10 %	10 %	
Amortisman dönemi	10 yıl	10 yıl	
Yıllık ekipman yatırım maliyeti	EUR 3797	EUR 11392	
Örtü gazının işletim maliyetleri	EUR 10274	EUR 5065	
Yıllık işletme maliyeti (azot olmaksızın)	EUR 14072	EUR 16457	
SO ₂ kullanımının ilave toplam maliyeti	-	EUR 2385	
Özel emisyon azaltma maliyeti	-	EUR 0.19/ton CO ₂ eq.	
Satışlarda ek maliyetleri payı		0.02 %	
Not: Verilerin çoğu, 1000 ton/yıllık tesisi için geçerlidir ve tesis boyutuna göre değişecektir			

Tablo 4.17: 1000 ton/yıl Mg'lik Çıktıya Sahip Yeni Bir Kalıp Döküm Tesisi İçin İşletim ve Mali Veriler [218, Harnisch and Schwarz, 2003]

Mevcut tesisler için, SO₂ tüketimi için düşük maliyetin, örtü gazı tesisatının dönüşümüne yönelik yatırım maliyetini geri ödemesi gerekmektedir. Geri ödeme süresi, gerçek örtü gazı tüketimine bağlıdır. 0,9 kg/tonluk bir SF₆ tüketimine dayanarak, SO₂ kullanan toplam maliyetlerin karşılaştırılabilir SF₆ maliyetinden daha düşük olduğu dönüm noktası, 900 ton/yıl miktarından daha az bir çıktıdır. 500 ton/yıl temelinde, SO₂ hala daha pahalıdır ancak 1 ton CO₂ eşleniğinin belirli azalma maliyeti EUR 0.31 kadardır. Tesis satışlarındaki ek maliyet payı % 0,04 oranındadır. Bu nedenle bu kapasitede, teknik de kabul edilebilir.

Sonuç olarak, tesisin yeni inşa edilmiş olmasına veya hala SF₆ ile işletilmesine bakılmaksızın, en azından, 500 ton ve daha fazla yıllık metal çıktıya sahip tesislerde magnezyum kalıp döküm işleminde bir örtü gazı olarak SF₆ yerine SO₂'nin kullanımı ekonomik olarak görülmektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

Sera gazı emisyonlarına yönelik azaltma önlemleri ile özellikle de Kyoto iklim protokolü kapsamında florlu gazların kullanımı kontrol edilmektedir: HFC, PFC ve SF₆. Bu gazlar, yüksek küresel ısınma potansiyeline sahiptir ancak ozon inceltici niteliğinde değildirler. Bu durum, florlu gazların kullanımı ile ilgili AB Direktifi için temel teşkil edecektir. Ayrıca, bazı bölgeler, kullanımının yasaklanmasına yönelik öneriler yayınlamışlardır, örneğin Danimarka, Almanya ve Avusturya.

Örnek Tesisler

LM Leichtmetall Systemtechnik, Felbach (D)

Avusturya, Danimarka ve İsveç'te SF₆, artık bir örtü gazı olarak kullanılmamaktadır

Başvuru Kaynakları

[182, Closset, 2002], [190, Schubert ve Gjestland], [191, IMA ve ark.] [192 Gjestland ve Westengen, 1996], [194, UNEP IPCC, 2002], [218, Harnisch ve Schwarz, 2003]

4.2.8 Demir dışı Metal Arıtma

4.2.1.11. Bir Fan İstasyonu Kullanarak Alüminyum Gaz Giderme ve Temizleme

Tanım

Alüminyumun gazsızlaştırılması, eriyikten hidrojeni kaldırmak için gereklidir. Küçük miktarlardaki istenmeyen elementleri ve safsızlıkların yok edilmesi veya azaltılması, eriyiğin klor, flor veya brom gibi halojenler işle işlem görmesinin gerektirir. Bu işlem temizlik olarak adlandırılır ve genellikle gaz giderme işlemi ile kombine edilir.

Fiziksel işletim işlem proseslerini kapsayan yeterli bir gaz giderme işlemi, çoğu alüminyum döküm ürünlerinde yeterli temizlik sağlamaz. Vakum gaz giderme işlemi, eriyik çok düşük hidrojen içeriğine ulaşır, fakat aynı zamanda, daha düşük sayıda maça, kristalizasyonun daha az etkili olduğu anlamına gelir.

Kombine bir gaz giderme ve temizleme prosesinde, argon ve klor veya azot ve klor gaz karışımları eriyik içine gönderilir. Taşıyıcı gazdaki klor konsantrasyonu, iyi temizliğin yanı sıra düşük emisyon sağlamak için optimize edilmelidir. Çoğu durumda, sadece bir gaz giderme işlemi gereklidir. Bu işlem, Cl₂ gazı olmadan yapılır. İşlem teknesine bağlı olarak, gaz giderme işleminin verimliliği gözenekli fiş ve fanlar ile geliştirilebilir.

Bazı istisnai vakalarda, bir Ar/SF₆-karışımı kullanılmıştır. İkincisi, Kyoto Protokolü kapsamına giren yüksek bir küresel ısınma potansiyeli olan bir sera gazıdır. (Ayrıca bakınız Bölüm 4.2.7.1)

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Ar/Cl₂ veya N₂/Cl₂'ye sahip bir fan kullanımı, alüminyum temizlik işleminde heksakloroetan kullanımını önler. Heksakloroetan kullanımı, 30 Haziran 2003 tarihinden itibaren AB içinde yasaklanmıştır.

Çapraz - ortam Etkileri

Bu tip bir gaz alma ünitesi uygulaması, heksakloroetanın, gaz giderme ve temizlemeye yönelik amaçlar için kullanılmasının sonlandırılmasına olanak sağlamıştır.

İşletim Verileri

Genellikle kombine gaz giderme ve temizleme işlemleri için azotun % 3'lük Cl₂ ile karışımı kullanılmaktadır. Sadece gaz giderme işlemi için Cl₂ gerekli değildir.

Mobil bir çark istasyonu, Al sınıfından 50- 250 kilogramlık fırın ve potaları tutmak için

kullanılabilir. İşlem, 3 - 5 dakika sürer. Metal işleme ünitesi, 400 ila 1000 kg Al arasındaki kapasiteler

için kullanılır. Eriyik, 8 ve 20 litre/dakika arasında bir gaz akışı ile 1,5- 5 dakika süreyle işlem görür. Eriyiğin sıcaklığına bağlı olarak, grafit rotor 100-150 işlem ömrüne sahiptir.

Uygulanabilirlik

Çark istasyonları 50- 1000 kg eriyik alüminyumu fırın ve potalarda tutmak için geliştirilmiştir.

Ekonomi

Yatırım maliyetleri Tablo 4.18 verilmiştir.

Tanım	Maliyet (EUR)
Aksesuar içeren çark tesisi	15000
Argon gazını klor ile karıştırmaya yönelik tesisler	40000
Toplam	55000

Tablo 4.18: Bir Çark İstasyonu İçin Yatırım Maliyetleri [178, Wenk, 1995]

Uygulama İçin İtici Güç

Demir-dışı metallerin üretimi veya işletiminde heksakloroetan kullanımını yasaklayan 97/16/AT nolu Avrupa Direktifi

Örnek Tesisler

Teknik, yaygın olarak alüminyum dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[175, Brown, 1999], [178, Wenk, 1995]

4.3Kum Hazırlama İşlemini Kapsayan Kalıp ve Maça Yapımı

4.3.1 Kalıp Türünün Seçimi

Kalıp tipi seçimi, ağırlıklı olarak teknik kriterlere dayanmaktadır. Çeşitli kalıplama türlerinin uygulanabilirliği Tablo 4.19 'de özetlenmiştir. Ayrıca, Tablo 4.20, çeşitli sistemlerin genel özelliklerini sunmaktadır.

	Lost moulds				Permanent moulds				
	Moulding methods				Casting technique				
	Green sand moulding	Shell sand	Phenol/Furan	Pep set/water glass	Low-pressure die-casting	Pressure die-casting (hot)	Pressure die-casting (cold)	Centrifugal casting	Continuous casting
Cast Iron									
Grey cast iron	X	X	X	X	O			X	X
Nodular cast iron	X	X	X	X				X	X
Malleable cast iron	X	O	X	O					
White cast iron	X	X	X						
Steel									
Unalloyed	X	X	X	X				X	
Low alloy steel	X	X	X	X				X	
Highly alloyed manganese steel	X	X	X	X				X	
Stainless and heat resistant	X	X	X	X			O	X	
Heavy Metals									
Brass	X	X	X	X	X				
Bronze	X	X	X	X					
Copper	X	X	X	X	X		X	X	X
Zinc alloys					O		X	X	
Light Alloys									
Aluminium alloys	X	X	X	X	X		X		X
Magnesium alloys	X	O	X	X	X	X	X		
Titanium	O	O	X	X	O				
X: The method can be used O: The method is possible but not often employed									

Tablo 4.19: Çeşitli Kalıplama Türlerinin Uygulanabilirliği [126, Teknologisk, 2000]

	Yaş kum dökümü	Kimyasal bağlı kum	Düşük basınçlı ve ağırlıklı kalıp döküm	Yüksek basınçlı kalıp döküm
Mihtar bazında nispi maliyet	Düşük	Orta yükseklikte	Düşük	En düşük
Küçük sayılar için nispi maliyet	En düşük	Orta yükseklikte	High	En yüksek
Dökümün izin verilen ağırlığı	Yaklaşık 1 tona kadar	Birkaç yüz tona kadar	50 kg	30 kg
Dökülebilir en ince kısım, santimetreler	0.25	0.25	0.3	0.08
Tipik boyutsal dayanım, santimetreler (ayırma hatlarını kapsamaksızın)	0.03	0.02	0.07	0.02
Bağlı yüzey kaplama	İyiye yakın	İyiye yakın	İyi	En iyi
Bağlı mekanik özellikler	İyi *	İyi *	İyi *	En iyi
Karmaşık tasarımın dökümünün nispi kolaylığı	İyiye yakın	İyi	Uygun	İyi

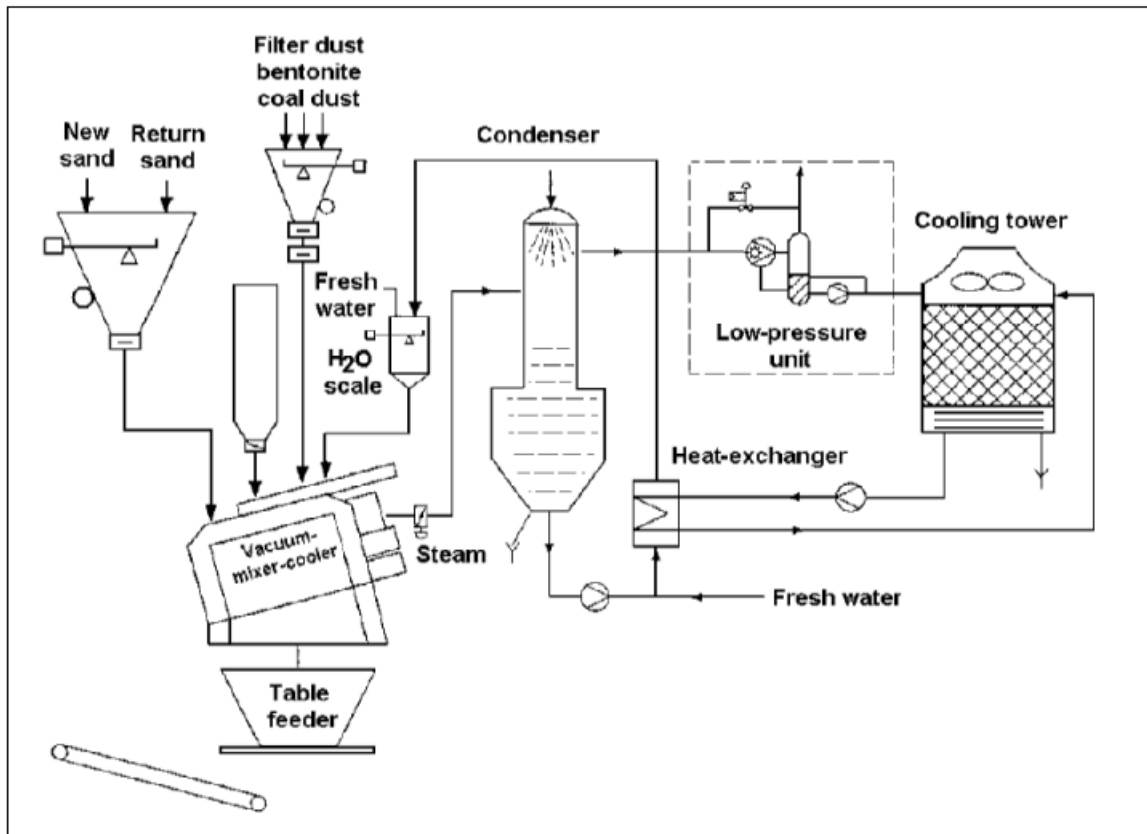
Üretimde tasarım değişikiminin nispi kolaylığı	En iyi	Uygun	Düşük	En düşük
Dökülebilen alaşımların dizisi	Sınırsız	Sınırsız	Bakır taban ve daha düşük erime noktalarına sahip metaller tercih edilir	Alüminyum taban ve daha düşük erime noktaları tercih edilir
(*) Mekanik özellikler, ısıtma işlemi ile zenginleştirilebilir				

Tablo 4.20: Çeşitli Kalıplama Türlerinin Teknik Özellikleri [42, US EPA, 1998]

4.3.2 Kil-bağı Kum İle Kalıplama (Yaş Kum Kalıplama)

4.3.2.1. Vakum Karıştırma ve Soğutma İşlemleri İle Kil-bağı Kum Hazırlama Tanım

Karıştırma ve soğutma prosesi tek bir proses adımıyla birleştirilir. Bu, azaltılmış basınç altında kum karıştırıcısını işletmek yoluyla sağlanır ve bu durum da suyu kontrollü buharlaştırma işlemi ile soğutmanın sağlanması ile sonuçlanır. Özel karıştırıcının hermetik olarak kapatılması gerekmektedir. Bu karıştırıcı, bir pres döküme sahiptir ve bir vakum sistemine bağlıdır. Sistem düzeni Şekil 4.6 'de verilmiştir.



Şekil 4.6: Vakum Karıştırıcı-Soğutucu ile Kalıplama-kumunun Hazırlanması [207, Drews, 1996]

Normal bir karıştırma tesisi (Şekil 2.28) ile karşılaştırıldığında, bu teknik, ayrı bir soğutucu ve bağlantılı ekipman gerektirmez. Vakum tesisi, bu nedenle daha kompakt bir boyuttadır. Toplam hava akımı azalmış olduğundan, vakum tesisatı, küçük bir merkezi toz emme filtresine sahiptir. Filtrenin boyutu ve enerji tüketimi, geleneksel bir tesisinkinin % 50'si kadardır. Hava akımının azalması, aktif bentonit çıkarımında azalmaya ve dolayısıyla da katkı maddesi tüketiminde genel bir azalmaya neden olur.

Kapalı işletimi nedeniyle, teknik, dış iklim koşullarından etkilenmez.

Hava yokluğunda buhar kullanımı bağı kum için en uygun basınç dayanımına çok hızlı erişimi sağlayarak, bentonitin hızlı bir aktivasyonunu sağlar.

Su, iki ayrı aşamada eklenir:

- Hazırlanan kumun nem içeriğine eklenecek döner kumu nemlendirmeye yönelik su
- Kum buharlaştırmak için gerekli sıcaklık olan 38 - 40 ° C'ye soğutmaya yönelik su

Sistemin dezavantajı, vakum sisteminin işletimi ve yönetimidir. Proses aynı zamanda, 72 s sonra azalan ("72 s etkisi") kum teknik özelliklerini (örneğin, basınç ve çekme mukavemeti, geçirgenlik), etkiler. Bu durum, yaklaşık 90 sn yeniden karıştırma işlemi ile önlenebilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Toplam hava akımının azalması, çıkış gazı hacminin ve bertaraf edilmeyi bekleyen toz miktarının azalmasının yanı sıra, geleneksel soğutma ve karıştırma tesisleri ile karşılaştırıldığında daha düşük bir bağlayıcı tüketimine neden olur (bu durum aynı zamanda rejenerasyon tesisinin verimliliğine bağlıdır). Ayrıca, sistem daha az enerji kullanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni yaş kum tesisatlarında uygulanabilir.

Ekonomi

Ticari uygulama sınırları, kum soğutma gerekli olduğu ve saatte > 60 ton kumluk bir kapasiteye sahip süreçler dahilinde görülmektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

Bertaraf edilecek toz miktarının azaltılması ve katkı maddeleri tüketiminin en aza indirilmesi. Alanın sınırlandırılması.

Örnek Tesisler

Japonya'da, bir vakum karıştırma ve soğutma tesisi, 100 m³/s hazırlanmış bir kum hacmi ile 1993 yılından bu yana işletimdedir.

Çeşitli tesisler de günümüzde İtalya, Fransa, Almanya ve İngiltere'de işletilmektedir.

Başvuru Kaynakları

[143, Inasmet ve CTIF, 2002], [207, Drews, 1996], [214, Gerl, 2003]

4.3.3 Kimyasal Bağlı Kum ile Kalıplama ve Maça Yapımı

4.3.3.1. Bağlayıcı ve Reçine Tüketiminin En Aza İndirilmesi

Tanım

Kimyasalların tüketiminin en aza indirilmesi, proses kontrolleri ve malzeme taşıma işlemlerinin optimizasyonu yoluyla elde edilebilir. İkinci kategori, Bölüm 4.1 'de ele alınmaktadır. Bu bölümde proses önlemlerine değinilmiştir.

Kötü proses kontrolünün telafi edilmesi için aşırı kullanma yöntemi, bağlayıcı kimyasalların israf olduğu en yaygın yoldur. Örneğin, iyi bir bağlayıcı yönetimi ile ilgili temel parametreler şunlardır:

- Kum tutarlılığı: Bağlayıcı sistemi ile tutarlı bir kum kalitesi kullanımı. Kum depolama ve kum testinin (saflık, tane boyutu, şekil, nem) iyi yönetimi, büyük önem taşımaktadır. Düşük bir tanecik içeriği ve yeniden kullanılan kumun maksimum miktarı, gerekli reçine miktarını azaltacaktır
- Sıcaklık kontrolü: Kum sıcaklığı, sertleştirici ek miktarının düzenli olarak kontrolü ve ayarı ile kısa aralıklarda muhafaza edilmelidir. Kum ısıtıcıyı karıştırıcının hemen önüne gelecek şekilde konumlandırmak, yakın sıcaklık kontrolünü sağlar.
- Karıştırıcı bakımı ve temizliği
- Kalıp kalitesi: Kalıp hatalarını kontrol etme, çözme ve önleme.
- İlave oranları: Uygun bağlayıcı ilavesi; bağlayıcı türü, kumun yüzey alanı ve dökümün boyutuna bağlıdır.
- Karıştırıcı işletimi: Karıştırıcı performansının optimizasyonu, işletiminin izlenmesini ve kontrolünü kapsar.

Tablo 4.21, hazır araçları kullanarak ölçülmesi kolay olan karıştırma prosesi değişkenlerini listeler. Kontrollerin bir alarm sistemi ile arayüzlenmesi, operatörün herhangi bir 'spesifikasyon dışı' duruma karşı uyarılmasını sağlar. Bu durumun, önemli bir sorun oluşmadan önce temizlik, bakım ve kalibrasyon uygulamaları ile düzeltilmesi gerekir.

Proses değişkenleri	Yorumlar	Araçlar
Kum akışı	Boşaltma çıkışındaki kum akımını azaltan/durduran engeller ve daha hızlı bir akış sağlayan durdurma sonuçlarının yıpranması/gevşemesinin bir sonucu olarak çeşitlilik gösterir	Çarpma plakası akış ölçerler
Kum sıcaklığı	Setleşmenin hızını ve gerekli sertleştirinin miktarını/türünün belirler	Kum sıcaklığındaki değişikliklerin telafisi için sertleştirici katkılarının uyumlu hale getirilmesi adına bir proses kontrol aracı kullanılabilir
Güç tüketimi	Karıştırıcının temizliğine yönelik bir gösterge sunar	Motor yükü izleme
Reçine ve sertleştirici debisi	Yıpranmış pompalar, sıcaklıkta viskozite değişiklikleri, borularda ve nozüllerlerde engel ve sızıntı, tek yönlü vanaların takılmasının bir sonucu olarak çeşitlilik gösterir	Olumlu yer değişimi, elektromanyetik veya coreolis akış ölçerleri
Çalışma saatleri	Sermaye ve bakım maliyetleri karşısında performansın değerlendirilmesi adına faydalıdır	

Tablo 4.21: Proses Değişkenleri ve Bunların Karıştırıcı Performansını Nasıl Gösterdiği [71, ETSU, 1998]

Daha fazla sofistikasyon gerektiren dökümhaneler için, bir dizi tam otomatik karıştırıcı kontrol sistemleri mevcuttur. Bu sistemler, karışık kum üretiminin otomatik düzeltici kontrolünü sağlamak için mikroişlemci teknolojisi kullanmaktadır ve sadece sınırlı bir operatör kullanımını gerektirir. Otomatik kontrol sistemleri ile erişilebilir ek faydalar, esas olarak operatöre çok daha az bağımlı olma ve koşullardaki farklılıkları daha hızlı düzeltme özelliği sebebine dayanır. Sonuncusu da üretimi durdurmak zorunda kalmadan gerçekleştirilir

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kimyasal katkı maddelerinin tüketimini en aza indirilmesi, bağlayıcı ve reçine kullanımının optimizasyonun bir sonucudur.

Uçucu organik bileşikler, bağlayıcı bileşenlerin ağırlığının % 50 -60'na kadarını oluşturur. Miktar, bağlayıcı sisteminin türüne bağlıdır. Çoğu, kum karıştırma ve metal dökme işlemleri sırasında yayılır. Bağlayıcı kullanımında bir azalma, VOC emisyonlarında karşılık gelen bir azalma ile sonuçlanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

Çoğu durumda, bağlayıcı düzeylerinde % 5 ve hurda kalıplarında % 1 azalma, modern karıştırıcı kontrol sistemleri kullanılarak kolayca elde edilir. Birçok dökümhane, oldukça yüksek oranda tasarruf etmiştir. Çeşitli dökümhane için bağlayıcı katkısında, hurda kalıp üretimini neredeyse ortadan kaldıran, % 5'den % 25'e kadar bir azalma, rapor edilmiştir.

Soğukta sertleşen reçine kullanarak, bir demir dökümhanesinde bir otomatik karıştırıcı kontrol sisteminin kurulumu, dökümhanenin reçine katkı oranını 10 kg/dakikadan (%1,22 reçine/ kum ağırlığı) 8,89 kg/dakikaya (1.09%) düşmesini sağlar ve bu durum da kullanılan katalizör miktarında %10 tasarruf ile sonuçlanır. Hatalı kalıp sayısı % 60'dan daha fazla oranlara kadar düşürülür ve GBP 37000/yıl (1995 İngiltere fiyatları) oranında maliyet tasarrufu elde edildi.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, kimyasal bağlı kumları kullanan tüm yeni ve mevcut dökümhaneler için geçerlidir. Karıştırma izleme kontrol ekipmanları mevcut tesislere adapte edilebilir.

Ekonomi

Bir ton karışık kum için, bağlayıcı katkısı, ağırlık bazında sadece %3'tür, ancak maliyet açısından bağlayıcı, toplam hammadde maliyetinin % 30- 60'ını kapsar. bağlayıcı malzemeleri daha iyi yönetimi ile % 5-10 oranında maliyet tasarrufu sağlanabildiği tahmin edilmektedir.

Bir karıştırıcı sistemde Tablo 4.21’de önerilen tüm ekipmanları dahil etmek yaklaşık GBP 10000 (1997 İngiltere fiyatları) tutmaktadır. Ancak, proses kontrolündeki önemli oranda gelişme nedeniyle, bu sermaye yatırımı, nispeten kısa bir geri ödeme süresine sahip olacaktır. Bir otomatik kontrol sistemi kurmanın maliyetinin, basit on-line izlenmeye göre iki kat olsa dahi, önemli oranda maliyet tasarrufu sağlamak mümkündür.

Bazı örnek ekonomik veriler Tablo 4.22 'de verilmiştir. Bunlar, bu bölüm dahilindeki "işletimsel bilgiler" başlığı altında açıklanan demir dökümhanelerine atfen sunulmuştur.

Maliyet Türü	EUR
Hatalı kalıplardaki %60 oranındaki azalmadan kaynaklanan tasarruf	6416
Reçine kullanımındaki %10 oranındaki azalmadan kaynaklanan tasarruf	29966
Katalizör kullanımındaki %10 oranındaki azalmadan kaynaklanan tasarruf	9050
Malzeme Maliyetindeki Toplam Tasarruf	45433
Yıllık işletme maliyeti	320
Tahminin yıllık bakım maliyeti	24
Net Maliyet Tasarrufu	45088
Ünitenin satın alma maliyeti	24166
Geri ödeme dönemi	7 ay

Tablo 4.22: Örnek Tesis Karıştırıcısı Kontrolü İçin Yıllık Tasarruflar, Maliyet ve Geri Ödeme (1995 fiyatları) [75, ETSU, 1996]

Uygulama İçin İtici Güç

İşletimsel maliyetlerin optimizasyonu ve VOC emisyonlarının en aza indirilmesi.

Örnek Tesisler

İyi bağlayıcı yönetim tedbirleri, bağlı kum kullanan dökümhanelerin büyük çoğunluğunda kullanılır.

Başvuru Kaynakları

[71, ETSU, 1998], [75, ETSU, 1996], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.3.3.2. Kalıp ve Maça Kumu Kayıplarının En Aza İndirilmesi

Tanım

Modern kalıp ve maça yapma makineleri, farklı ürün türlerinin üretim parametrelerinin bir elektronik veri tabanına kaydedilmesine olanak sağlar. Bu, sadece deneme ve yanılma ile doğru parametreleri bulma işleminden kaynaklanan zaman ve malzeme kaybı olmaksızın yeni ürünlere kolay değişime fırsat tanır. Yeni ürünler için, benzer ürünlere yönelik ayarlar, optimizasyon süresini kısaltmak için kullanılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Test çalışma süresinin en aza indirilmesi yoluyla atık kum ve enerji miktarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Yüksek üretim hacmine sahip küçük dizilerin seri üretimi. Hatasız bir değiştirme işlemi, kum kalitesinin iyi kontrolünü ve sürekliliği gerektirir.

Ekonomi

Maça çıkarma makinesinin yatırım maliyeti, maça hacmine bağlıdır ve EUR 150.000’den (5 l), EUR 400.000’e kadar (100 l) değişmektedir. İşletimsel maliyetleri, yıllık yatırım maliyetlerinin % 5 – 10’u kadardır.

Uygulama İçin İtici Güç

Maça veya kalıp tiplerinin sık sık değişim gerektiren proseslerin optimizasyonu.

Örnek Tesisler

Bu teknik, Avrupa çapında çeşitli dökümhanelerde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[Vito 110, 2001]

4.3.3.3. Soğukta Sertleştirme Prosesi İçin En İyi Uygulama

- Fenolik: kum sıcaklığı, mümkün olduğunca sabit olarak, yani buharlaşmadan kaynaklanan emisyonları önlemek için yeterince düşük olan yaklaşık 15 ° C - 25 ° C civarındaki sıcaklıklarda tutulur.
- Reaksiyonun ekzotermik olması ve çok şiddetli olabilmesi sebebiyle. reçine ve katalizör arasında doğrudan temastan kaçınılması gerekmektedir
- Furan: kum sıcaklığı bu işlem için çok önemlidir ve bağlayıcının sertleşme zamanını kontrol etmek ve katalitik katkıları en aza indirmek için 15- 25 ° C civarında mümkün olduğunca sabit olarak tutulur.
- Reaksiyonun ekzotermik olması ve çok şiddetli olabilmesi sebebiyle. reçine ve katalizör arasında doğrudan temastan kaçınılması gerekmektedir
- Poliüretan (fenolik izosiyanat): Kum sıcaklığı, proses kontrolünü korumak ve emisyonları en aza indirmek için 15 ile 25° C arasında tutulur. En iyi uygulama, üç pompa ile çalışmaya ve katalizör ve fenolik reçineyi, izosiyanat ve kum ile doğrudan karıştırıcı içinde karıştırmaya yöneliktir[202, TWG, 2002],
- Resol - ester (Sertleştirilmiş alkali fenolik ester): Kum sıcaklığı 15 - 35 ° C'lik optimal seviyede kontrol edilir ve muhafaza edilir. Bu proses, kendinden sertleştirilmiş diğer sistemlere göre sıcaklık dalgalanmalarına karşı daha az duyarlıdır. Sertleşme hızı, sertleştirici tipi seçimi ile sağlanır[225, TWG, 2003]
- -Ester silikat: Kum sıcaklığı 15 - 25 ° C aralığı dahilinde kontrol edilir. Kalıpların ve maçaların men kapma özelliği sebebiyle, tam dayanıklılığa ulaştıktan sonra mümkün olduğunca hızlı bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Uzun süreli depolama sadece kuru koşullarda yapılabilir.

4.3.3.4. Gazda Sertleştirme Prosesi İçin En İyi Uygulama

- Soğuk-kutu: Amin buharlarının, maça yapma makinesinde yakalanması gerekir. Herhangi bir fazla amin, maça kutusu aracılığıyla yakalanır. Buna ek olarak, aynı zamanda depolama alanının havalandırılması gerekli olabilir. Mümkün olduğunda, davlumbazlar, kalıplama veya maça makinelerinin üzerinin yanı sıra geçici maça depolama alanı üzerine yerleştirilir.

Amine tüketimi, hammadde ve işleme maliyeti yüksek olduğundan, tüketiminin kum maçalarının üretim ihtiyaçlarına uygun olduğu ölçüde minimize edilebilir. Amin tüketiminin en aza indirilmesine, genellikle gaz akışının simulasyonu ve optimizasyonu sayesinde, maça içinde amin dağıtım işleminin optimize edilmesi ile katkı sağlanır [202, TWG, 2002].

Kum sıcaklığı, 20 ve 25 ° C arasında, mümkün olduğunca sabit olarak muhafaza edilmesi gerekir, aksi takdirde çok düşük sıcaklık, daha geniş bir amin tüketimi ile sonuçlanan, uzun bir gazlama süresini beraberinde getirecektir. Çok yüksek sıcaklık ise hazırlanan kum ömrünü büyük ölçüde azaltır.

Su bu proses için zararlıdır. Kum nemi, %0,1 altında muhafaza edilmelidir ve gaz verme ve tasfiye havanın kuru olması gerekmektedir.

Not: Aminler bazı oranlarda hava ile yanıcı ve patlayıcı özelliktedir. Depolanma ve taşınmalarına önemli oranda özen gösterilmelidir ve tedarikçinin talimatlarına her zaman dikkat edilmesi gerekir.

- Resol (Sertleştirilmiş alkali fenolik metil format): en azından herhangi bir yangın tehlikesini önlemek adına çalışma alanının havalandırılması tavsiye edilir. Metilformat tüketiminin, tüketimin kum maçalarının üretim ihtiyaçlarına seviyesine geldiği ölçüde minimize edilmesi gerekir. Kum sıcaklığı, metilformat yoğunlaşmasını önlemek için, 20 °C'den daha derecelerde muhafaza edilmelidir. Metilformat buharları havadan daha ağırdır; egzoz sistemi tasarlarken bu husus göz önüne alınmalıdır.

Not: Metilformat, havadaki konsantrasyonu %6-20 oranında olduğunda yanıcıdır ve hava ile bazı oranlarda patlayıcı özelliktedir. Depolanma ve taşınmalarına önemli oranda özen gösterilmelidir ve tedarikçinin talimatlarına her zaman dikkat edilmesi gerekir.

Resol-CO₂: Reçine, düşük içerikte tepkimeye girmemiş fenol ve formaldehit içerir ve gazlama ve tasfiye dönemlerinde bile emisyon düzeyleri çok düşüktür. Çalışma alanının havalandırılması tavsiye edilir. [225, TWG, 2003]

SO₂'de sertleştirilmiş fenolik veya fûran: Çalışma alanının havalandırılması gerekir ve tamamen kalıp ve maça makinelerinin aspire edilmesi ve havalandırma yöntemi ile emisyon, emisyon noktasında toplanır.

Bu toplanan gazların emisyon öncesinde arıtılması gerekmektedir. Bu işlem, bir sodyum hidroksit çözeltisi içeren bir yıkayıcı ile kolayca tamamlanır. Yıkama çözeltisinin pH dengesinin ve konsantrasyonunun sürekli gözetim altında olması gerekir. Yıkama çözeltisinin tuzların yok edilmesi için bazen değiştirilmesi gerekir ve daha sonra tehlikeli bir atık olarak bertaraf edilmesi gerektirir.

Kükürt dioksit tüketiminin, tüketimin kum maçalarının üretim ihtiyaçlarına seviyesine geldiği ölçüde minimize edilmesi gerekir.

Normal şartlarda, tasfiye döngüsü, gazlama döngüsünden 10 kat daha uzun sürer.

- SO₂'de sertleştirilmiş epoksi/akrilik (serbest radikal kürleme): Gazlama ve tasfiye işlemleri temelinde, toplama ve arıtma uygulamaları, SO₂'de sertleştirilmiş fûran reçineleri bölümünde açıklanmıştır. İyi özelliklere sahip maça elde etmek için en iyi gazlama koşulları aşağıdakilerinin gerektirir:

- Kullanımdan önce kuru kum
- Üfleme veya fırlatma havasının da kuru olması
- CO₂ ve azottaki kükürt dioksit konsantrasyonunun, kullanılan reçine bağlı olarak (akrilik için minimum, epoksi/akrilik için maksimum), % 5 ila % 100 arasında olması
- tasfiye döngüsü, gazlama döngüsünden 10 kat daha uzun sürmesi.

4.3.3.5. Alkol Bazlı Kaplamaların Su Bazlı Kaplamalar İle Değiştirilmesi

Tanım

Kaplamalar, kalıp-metal arayüzünde refrakter bir bariyer oluşturmak ve iyi bir yüzey görünümü sağlamak için kalıp ve maça yüzeylerine uygulanır. Kaplamalar; damarlaşma, easınma ve metal penetrasyonu hatalarını azaltmak ve aynı zamanda kaplama işlemlerini azaltmaya yardımcı olmak için kullanılır. Alkol bazlı kaplamalar çoğunlukla izopropilalkole dayanmaktadır. Kaplama, buharlaşma ya da çözeltinin yakılması yoluyla kurutulur. Bu işlem, VOC emisyonları üretmektedir. Su bazlı boyalar alternatif olarak geliştirilmiştir.

Su bazlı kaplamanın avantajları şunlardır:

- Emniyet (yangın riski yoktur)
- İşçi sağlığı (organik buharlara daha az maruz bırakır)
- Reaktiflerin daha düşük maliyetleri (su karşısında alkol)
- Dökümlerde çoğunlukla daha iyi bir yüzey kaplama. Uygulanmasındaki zorluklar şunlardır:
- Daha geniş (proses) süresi ve alanına ihtiyaç vardır. Ayrıca maçanın uzun bir kuruma süresi vardır ve bu da bir kurutma fırınında geçen bir kurutma hattı ihtiyacı doğurur
- Prosesin değiştirilmesi, olay bazında bir optimizasyon süresi gerektirir
- Bakteri üretir ve bu durum da kaplamaların kısa raf ömrüne (1-2 hafta) ve koku emisyonlarının neden olur
- Havacılık ve savunma ile ilgili uygulamalarda belirli müşteriler tarafından yeniden onay alma maliyeti.

Su bazlı kaplamalar ortam havasında ya da, bir kurutma fırınına veya bir mikrodalga fırın ya da kızıl ötesi fırın kullanarak kurutulabilir. Genellikle alkol bazlı kaplamalara göre daha uzun bir kuruma süresi gerekir. Kurutma işlemi, zararlı emisyon üretmez, ancak koku emisyonlarına neden olabilir. Kurutma, maça yapımından çıkan maçaları kalıp montajına ulaştıran ve böylece gerekli kurutma süresini sağlayan bir kurutma hattı kullanılarak yapılır. Bu hat, bir kurutma fırınında geçebilir. Mikrodalga ve kızıl ötesi ile kuruma işlemi, küçük, orta ve büyük ölçekli seriler için uygulanır.

Su bazlı kaplamaların farklı reolojik özellikleri solvent bazlı kaplamalar ile karşılaştırıldığında yeni uygulama tekniklerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bunlar, sabit bir kaplama kalitesi sağlar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bir yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) çalışması, su ve alkol bazlı kaplamaların etkilerini değerlendirmiştir. Ortam havasında kurutma yöntemi ile su bazlı kaplama kullanımı azalmış VOC emisyonu ve düşük enerji kullanımı nedeniyle temiz çevresel faydalar göstermektedir. Kurutmak için bir soba kullanıldığında, azaltılmış emisyonlar, artan enerji kullanımı ile LCA seviyesinde kısmen dengelenir. Bir kurutma sobası kullanarak elde edilen genel çevre endeksi, izopropil alkol (IPA) kullanımı ve yakma işlemi üzerinde küçük bir yarar gösterir.

Çapraz - ortam Etkileri

Kendi özelliklerini geliştirmek için sulu kaplamalar (organik) çeşitli kimyasallar içerir. Bu durum, silkeleme işlemi sonrasında emisyon profilini etkileyebilir.

Sulu kaplamaların kurutulması bağlayıcı çözeltilerde artan bir uçuculuk ile sonuçlanır. Bu durum, BTX içeren maça çözeltilerinin buharlaşması nedeniyle artan koku emisyonlarına neden olabilir.

Su bazlı kaplamalar, taşıma (hava ile kurutma sırasında) ve fırında kurutulması nedeniyle daha yüksek bir enerji kullanımı gerektirir.

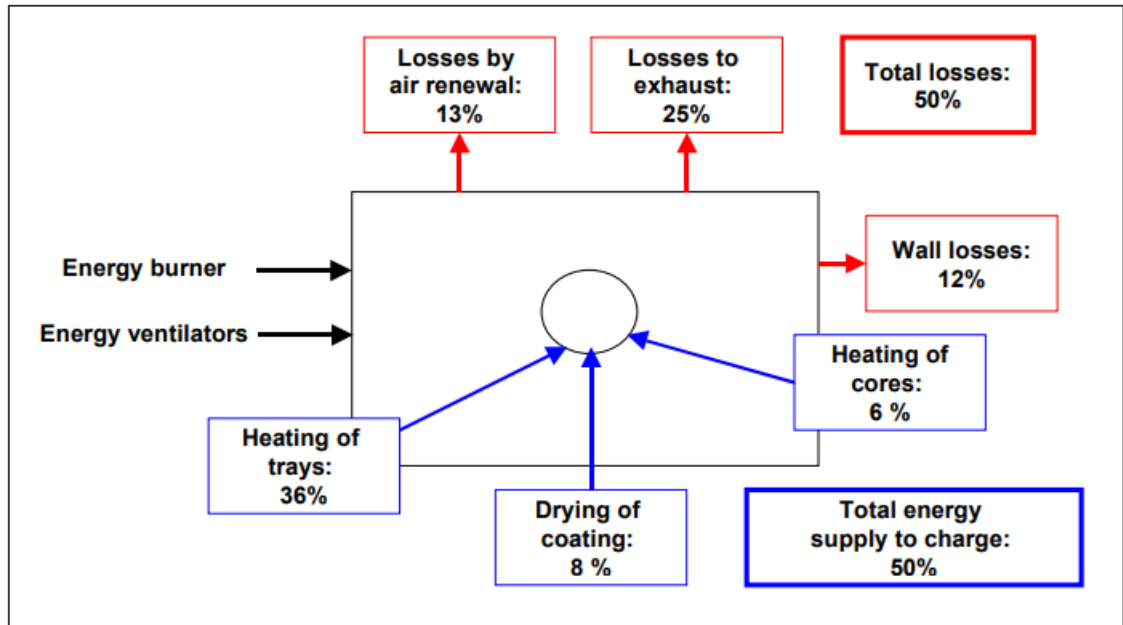
Ortam havasında kurutma işlemi, dökümhanenin hava sıcaklığında azalmaya neden olabilir. Hollanda'daki bir dökümhanede, ortam sıcaklığında 2 °C'lık genel bir azalma tecrübe edilmiştir. Bu durum, kış mevsiminde ısıtma için daha yüksek bir yakıt tüketimi ile sonuçlanır.

İşletim Verileri

IPA tabanlı kaplamalardan su bazlı kaplamalara geçiş, günümüzde çeşitli dökümhanelerde daha yaygın hale gelmektedir. Otomotiv dökümhanelerinde sadece özel uygulamalar için kullanılan solvent bazlı kaplamaları bırakarak, üretimlerinin çoğunluğunda su bazlı kaplamalara yönelmişlerdir (bkz. uygulanabilirlik)

İşletim Verileri , Hollanda'daki bir dökümhaneden elde edilmiştir. Ortam havasında kurutma işleminde, (sıcaklık veya nemden ziyade) hava hızı, ana faktördür. Kurutma yörünge üzerinde yeterli hava hızı sağlamak için, dökümhanede ek fanlar ve vantilatörler kurulmuştur. İyi ve sürekli bir kaliteye ulaşmak için, (rejenere) maça yapımı kumunun tanecik içeriği azalmıştır. Su bazlı kaplamalar, hatalı maçaların oluşumuna sebep olan tanecik kalıtı (bentonit ve kömür tozu) partiküllerinde şişlik oluşmasına neden olabilir.

İşletim Verileri , bir doğal brülör ile ısıtılan, 540 soğuk kutu maçası kapasitesine sahip bir soba işleten Fransa'daki bir dökümhaneden elde edilmiştir. Dumanın tahliye edilmesi ve taze havanın karıştırılması için iki vantilatör kullanılır. Sıcak havanın kabul sıcaklığı 165 ° C'dir. Bir ısı dengesi, %5,5 oranında nem içeren 0,4 kg'lık bir maça kullanan ölçümler temelinde kurulmuştur. Şekil 4.7 'de verildiği gibi denge, tam kapasitenin %72'sine eşdeğer 390 maçalık bir verim için geçerlidir.



Şekil 4.7: %72 Kapasite ile Çalışan Bir Maça Kurutma Sobasının Termal Dengesi [143, Inasmet and CTIF, 2002]

Denge, %10'dan daha azının etkili bir şekilde maça kurutma işlemi için kullanıldığı, % 50 enerji kaybı olduğunu göstermektedir. Denge, 156 kg/saat'lik bir çıktıda maça tonu başına 465 kWh'a karşılık gelen buharlaşan su kg başına 8,5 kWh tüketim sunar. Sobanın daha düşük bir kapasite oranında çalıştığında, kayıplar daha da artar. Başka bir dökümhanede elde edilen benzer ölçümler, yüksek (>%50) kayıp ve düşük (<% 10) etkin enerji kullanımını doğrulamıştır. Enerji verimliliği, mikrodalga kurutma yöntemi kullanılarak artırılabilir. Bu konu Bölüm 4.3.3.6 ele alınacaktır.

Uygulanabilirlik

Su bazlı çözeltiler, çoğu durumda kullanılabilir. Ancak, alkol bazlı kaplamalar, bazı özel uygulamalarda ikame edilemeyecek ve kullanımı gerekecektir:

Kurutma havasının zor penetrasyon özelliği nedeniyle kurutma sorunları oluşabildiği büyük ya da karmaşık kalıplar/maçalar için,

- Su camı bağlı kumlar için
- Mg dökümünde: su, Mg (OH)₂ oluşturur ve böylece teknik problemlere yol açar
- MgO-kaplamaya sahip manganlı çelik üretimi.

Su bazlı kaplama uygulanması, yeni ve mevcut büyük ölçekli, büyük seri dökümhaneler için geçerlidir. Yeni ve mevcut küçük ölçekli dökümhaneler için, uygulama, teknik veya ekonomik faktörler tarafından engellenebilir.

Ekonomi

Yatırım maliyeti, dökümhanedeki bir kurutma hattı için uygun yer, kurutma tekniğinin seçimi ve kum karışımında uyum sağlama ihtiyacı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Hollanda'da ortam havası ile kurutma yöntemini kullanan bir demir dökümhanede alkol bazlı kaplamaların su bazlı kaplamalar ile komple değişimi, toplam EUR 71000 yatırımı kapsamaktadır. Bu, vantilatörlerin kurulumunu ve kum kalitesinin optimizasyonunu da kapsamaktadır. 161 ton/yıllık IPA- emisyonu azaltımı, EUR 62.5/tonluk bir IPA emisyonu azaltımına karşılık gelmektedir.

İşletimsel maliyetler, artan kaplama ve maça kontrollerini (viskozite, tabaka kalınlığı, su içeriği, ürün kalitesi) kapsar ve EUR 9000/yıl tutarındadır. 1 ton kaplama kurutma işlemi 2100 kWh enerji tüketir. Çözeltinin satın alınması için yapılan harcamalardaki azalma, ekonomi dengesi açısından faydalı husustur. Daha büyük dökümhaneler için, yalnızca alkol satın alma maliyetleri düşürmüş olması temelinde, su bazlı bir sistem yatırımının 2 yıl içinde geri ödenmiş olduğuna dair örnekler mevcuttur. Kurutma işleminin işletimsel maliyeti EUR 0.01/kg'dir (Fransa'daki demir-dışı dökümhane).

Uygulama İçin İtici Güç

Yetkililerden gelen baskı, organiklerin emisyonuna karşı artan dikkat.

Örnek Tesisler

- PSA Eylül-Fons (F)
- Fonderie Brea, Montlu ^ (F)
- De Globe b.v., Weert (NL).

Başvuru Kaynakları

[129, Infomil, 1999], [143, Inasmet ve CTIF, 2002], [149, Beauvais ve Choplin, 2001]

4.3.3.6.Su Bazlı Kaplamalar İçin Mikrodalga Kurutma

Tanım

Su bazlı kaplamalar kurutma işlemini gerektirir. Bu amaca yönelik olarak mikrodalga fırınlarının uygulanması ortam veya ısıtılmış hava ile kurutma işleminin kullanımı üzerinde işletimsel avantajlar sağlamaktadır. 2450 MHz frekanslı mikrodalgalar kullanılır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Enerji transferinde iyi seçicilik: Mikrodalga enerjisi, kum malzemeden daha ziyade, tercihen su moleküllerine aktarılır. Bu durum, karmaşık maçalar için, tercih edilen ve homojen bir yüzey kurutma işlemi anlamına gelmektedir
- Öz uyumlu kaplin: Kurutma mekanizması, malzemenin neminde bir öz-kontrollü homojenleştirme sağlar
- Çabuk kurutma: Kuruma hızı, uygulanan güce bağlıdır. Yüksek kurutma hızı, su-maça temas süresinde bir sınırlama doğurur. Bu durum, maçalara iyi mekanik stabilite özelliği verir

Mikrodalga kurutma işleminin uygulanması aşağıdaki durumlarda zorluklar yaratır:

- Fırına heterojen özellikte yük bindirme (bir dizi maça yığını ve hacmi)
- Maçaların veya ek maddelerin demir ile birlikte kullanımı
- Kaplamanın daha kalın parçalarının homojen özellikte olmayan kurutulması
- Karmaşık maçaların deformasyon riski.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

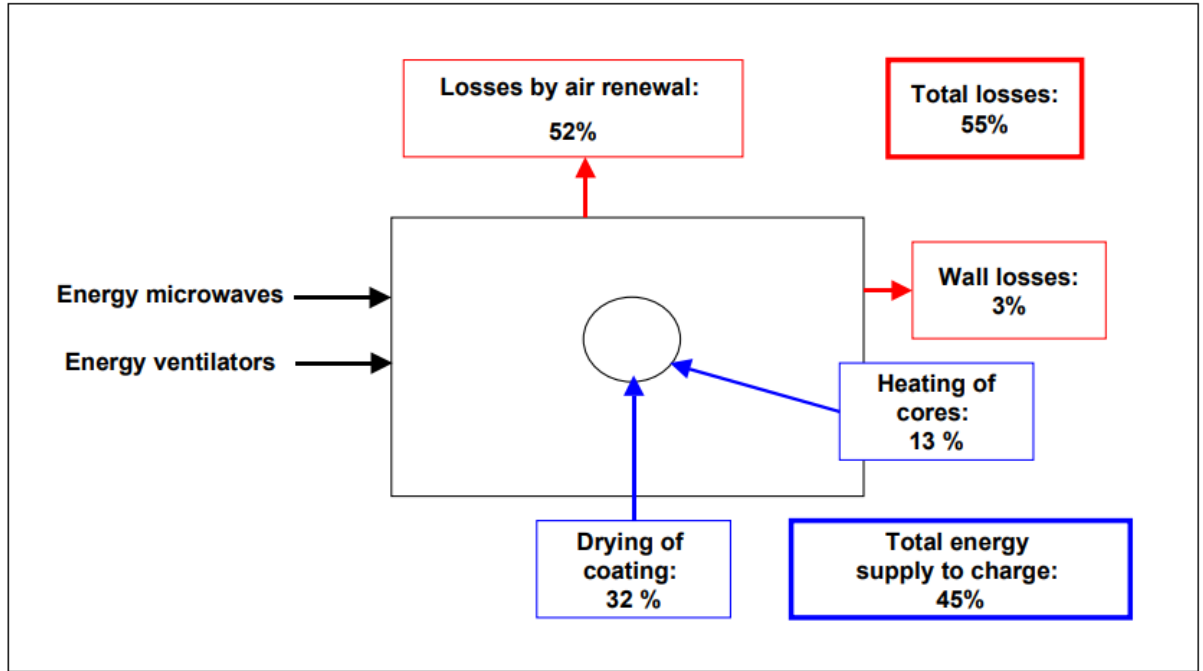
Kurutma prosesinde artan enerji verimliliği.

Çapraz - ortam Etkileri

Mikrodalga kuruma, aynı zamanda daha fazla tamamlama için polimerizasyon reaksiyonlarını beraberinde getirir. Bu durum, dökümhane prosesinin ileri aşamalarında (dökme, soğutma, kalıp bozma) gaz emisyonlarını azaltır.

İşletim Verileri

Mikrodalga ile kurutma, büyük ölçekli sanayi testleri yapılmış olmasına rağmen, endüstriyel ölçekte uygulamaya konulmuştur değildir. Bu testlerin sonuçları aşağıda verilmiştir. Bir test kampanyası 50 kW mikrodalga fırını kullanılarak yürütülmektedir. Sobaya, 800 kg maça şarjını kapsayan kapasitesinin %50'si yüklenmiştir. Maçalar, mikrodalga ile ısıtılan plastik tepsilere yerleştirilir. Termal denge Şekil 4.8 'de verilmiştir. Bu şekil, kurutmak için kullanılan enerji girdisinin % 30'dan fazla olduğunu gösterir. Ayrıca, acil sevkiyata izin verecek şekilde maçalar, çok az (çıktı = 40 ° C sıcaklık) ısıtılır. İki ölçüm kampanyasından elde edilen veriler Tablo 4.23 'de verilmektedir ve sıcak hava fırınlarındaki analog kampanyaları (4.3.3.5'te tartışıldığı gibi) ile karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.8: Maçaları Mikrodalga İle Kurutmanın Termal Dengesi [143, Inasmet and CTIF, 2002]

Fırın Tipi	Dökümhane A	Dökümhane B	Dökümhane B	Dökümhane C
	Sıcak Hava	Sıcak Hava	Mikrodalga	Microdalga
Maça yükü	156 kg/s	270 kg/s	800 kg/s	500 - 900 kg/s
Nem	%5.5	%2.7	%2.7	%2 - 3.2
Isıl enerji tedarigi	73 kW	70 kW	50 kW	40 kW
Süre	48 dk	113 dk	8 dk	8 dk
Buharlaşmış su kg başına özel tüketim	8.5 kWh	9.3 kWh	2.3 kWh	2 kWh
Sulu maça tonu başına özel tüketim	465 kWh	280 kWh	63 kWh	-

Tablo 4.23: Sıcak Hava ve Mikrodalga Fırınları Kullanılarak Maça Yapımı İşleminin Test Kampanyasının Sonuçları [143, Inasmet and CTIF, 2002]

Veriler, kurutma süresinin 1- 2 saatten 10 dakikadan daha az bir süreye kadar önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Ayrıca, enerji tüketimi 4 - 5 kat azalır ve verim artar.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm su bazlı kaplamaların kurutulması için geçerlidir. Ayrıca, su bazlı kaplamanın daha karmaşık maça şekillerine ve küçük serilere büyük uygulanabilirliğini sağlar.

Ekonomi

Mikrodalga kurutma, yüksek yatırım maliyetlerini temsil eder. Gerçek yatırım, buharlaşmış su miktarına karşılık gelen güç gereksinimi ile doğru orantılıdır. Yüksek yatırım, aşağıdaki hususlar ile kısmen dengelenir:

- Yüksek enerji verimliliği, sıcak hava fırınında tekniğin, gaz yerine elektrik kullanmasına rağmen.
- Azaltılmış solvent maliyetleri: su bazlı karşısında solvent bazlı.
- (Sıcak) hava ile kurutma veya soğutma hattı kullanımına göre daha kompakt bir kurulum sağlaması nedeniyle daha az bakım maliyeti.

Uygulama İçin İtici Güç

Yetkililerinin baskısı, organiklerin emisyonlarının yanı sıra enerji verimliliği ihtiyacına artan bir dikkat.

Örnek Tesisler

Tekniğin, Fransa ve İspanya'daki dökümhanelerde uygulandığı bildirilmiştir.

Başvuru Kaynakları

[143, Inasmet ve CTIF, 2002], [225, TWG, 2003]

4.3.3.7. Soğuk Kutu Maça Üretimi İçin Non-aromatik Solventlerin Kullanımı

Tanım

Klasik soğuk kutu sistemleri, organik solventler kullanır. Bu solventler, maça üretimi ve depolama işlemleri sırasında zararlı ve kokulu VOC'ları yayar. Ayrıca, VOC emisyonları (benzen, toluen, ksilen), dökme, soğutma ve silkeleme işlemleri sırasında meydana gelir. Soğuk kutu maça üretimi için alternatif solventler, protein ve hayvansal yağ (örneğin, bitkisel yağ metil ester) veya silikat esterler bazlıdır. Bu solventler ne işçi sağlığı için zararlıdır, ne de yanıcıdır ve bu nedenle taşınması ve depolanması kolaydır.

Bitkisel yağ metil esterlerin düşük volatilitesi, nemli ortamlarda depolama özelliklerinin zenginleştirir ve su bazlı kaplamalara uygulanırken kendi kararlılıklarını geliştirir.

Ortaya çıkan maçalar, yüksek dayanıklılık, düşük kum yapışması ve iyi silke özelliklerine sahiptir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yüksek kaynama noktası (yaklaşık 300 ° C) nedeniyle buharlaşma olayı yaşanmaz ve böylece depolama sırasında herhangi bir solvent koku emisyonu yoktur.

VOC emisyonları, maça üretim ve depolama işlemleri ile (daha da önemlisi) dökme, soğutma ve silkeleme işlemleri sırasında azalır.

Çapraz - ortam Etkileri

Bitkisel bazlı solventler, dökme sırasında ve (kalıp döküm durumunda) kalıbın açılması üzerine artan duman üretimine neden olur. Bu durum, dökme işlemi sonrasında düşük buharlaşma ve dolayısıyla yüksek kalıntı solvent içeriğinden kaynaklanmaktadır. Bu etki silikat ester solventler ile oluşmaz.

Protein ve hayvansal yağ bazlı solventler, ayırt edici bir koku üretirler ve bu solventlerin dökümhane içinde koku sorunlarına neden olduğu bildirilmiştir.

İşletim Verileri

Tablo 4.24, bir alüminyum kum dökümhanesinde ölçülen benzen, toluen, ksilen ve fenole ait işletimsel emisyon değerlerini gösterir. Ölçümler hemsilkeizgarası ve egzoz hava yığımında yapılmıştır. Veriler, geleneksel soğuk-kutu sistemi için ve bitkisel yağ bazlı solventler kullanan bir sistem için verilmiştir. BTX ve C emisyonunda net bir azalma görülmektedir (yığın emisyonların %25-50 oranı).

Bileşik	Silkeleme sırasında			Egzoz gaz yığımında		
	Aromatik bazlı (mg/m ³)	Bitkisel bazlı (mg/m ³)	Fark (%)	Aromatik bazlı (mg/m ³)	Bitkisel bazlı (mg/m ³)	Fark (%)
Benzen	0.08	0.05	- 44	0.1	0.07	- 30
Toluen	0.12	0.05	- 58	0.08	0.06	- 25
Ksilen	0.09	0.04	- 56	0.09	0.05	- 41
Fenol	14.8	14.6	- 2	7.2	6.57	- 9
Toplam C	61.0	29.5	- 52	37.0	18.5	- 50

Tablo 4.24: Alüminyum Dökümhanelerinde Soğuk Kutu Maça Sistemleri İçin Silke İzgarası ve Egzoz Hava Yığımında Ölçülen Emisyon Verileri [189, Huttenes-Albertus, 2002]

Alman bir demir dökümhanesinden elde edilen emisyon ölçümleri sonuçları Tablo 4.25 'de verilmiştir. Bu tablo için, her bileşiğin ölçülen emisyonu, aromatik bazlı bir sistem için aynı bileşik emisyonu ile bağlantılı olarak ifade edilir. Örneğin: ikincil soğutma sırasındaki toluen emisyonu, aromatik sistem için toluen emisyonunun sadece %58'idir. Tablo, ikincil soğutma ve silkeleme aşamasında VOC emisyonlarında net bir azalma gösterir.

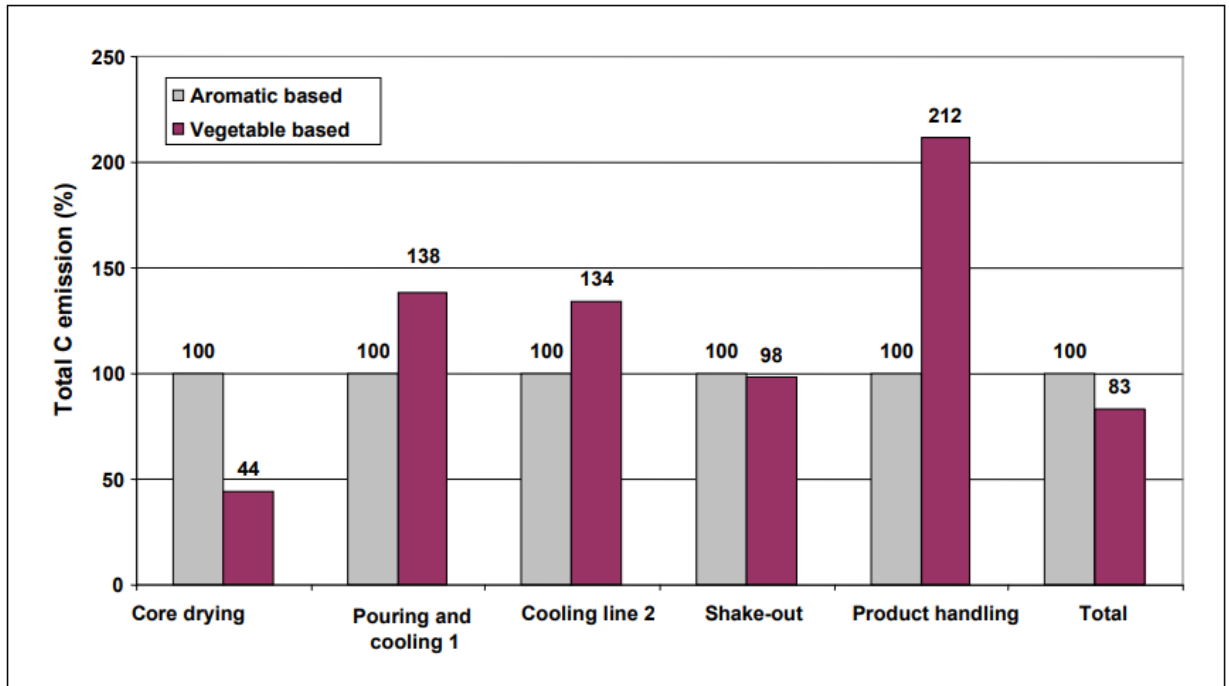
	Benzen	Toluen	Ksilen	Fenol
Dökme ve soğutma 1	83	100	100	100
Soğutma 2	78.5	58	46	74
Kalıp Bozma	78	78	78	12
Emisyon verileri, aromatik bazlı sistem emisyonlarına nispeten, % olarak ifade edilir (her bir ölçüm için %100 temelinde)				

Tablo 4.25: VegeTablo Bazlı ve Soğuk Kutu Maça Sistemlerinden Çıkan Seçilmiş Bileşenlerin Emisyonları (%) [216, Hobelsberger, et al., 1997]

Belirtilen bileşiklerin toplam kütle akışlarındaki azalma aşağıdaki oranlar ile verilmiştir:

- Benzen: -% 21
- Toluen: -% 26
- Ksilen: - %30
- Fenol: -% 62

Dökümhane tam prosesi üzerinde toplam karbon emisyonuna dair bir araştırma ölçümü Şekil 4.9 'de verilmiştir. Veriler, bitkisel bazlı solventlerin emisyonların maça yapma alanından kaplama alanına doğru kaymasına kısmen neden olduğunu göstermektedir. Yine de karbon emisyonunda % 17'lik genel bir azalmaya ulaşılır.



Şekil 4.9: Aromatik ve VegeTablo Bazlı Solventler Kullanan Çeşitli Proses Adımlarından Kaynaklanan Toplam Karbon Emisyonları
(% olarak verilen değerler aromatik bazlı sistem emisyonlarına nispeten verilmiştir) [216, Hobelsberger, et al., 1997]

Uygulanabilirlik

Non-aromatik solventler, soğuk kutu kum kullanan tüm proseslerinde uygulanabilir. Teknik, nispeten yenidir ve işletimsel sonuçların, yukarıda da belirtildiği gibi, tekrarlanan uygulama ile teyit edilmesi gerekir. Teknik, otomotiv döküm ürünlerinin yanı sıra makine döküm ürünlerinin tüm dizilerine yönelik dökümhanelerin ve inşaat ve elektronik sanayisinde uygulanmıştır. Hem demir hem de demir dışı alanlarındaki uygulamaları rapor edilmiştir.

Ekonomi

İtalya dökümhane derneğinden elde edilen veriler, non-aromatik solventlerin aromatik eşdeğerlerine göre iki katı bir maliyeti olduğunu göstermektedir, örn EUR 0.82/kg karşı EUR 0,36 - 0.48/kg.

Geniş bir dizi demir dökümhanesinden alınan İşletim Verileri , aromatik soğuk kutu için bağlayıcı fiyatlarının EUR 2/kg (2001) civarında olduğunu ve non-aromatik sisteme geçiş halinde, yaklaşık %30 oranında yükseldiğini göstermiştir. Bir yıl sonra (2003), fiyat, geleneksel sistem fiyatının % 10 oranında üzerinde olan bir seviyes olsa dahi tekrar düşüş göstermiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

VOC ve koku emisyonlarını azaltmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Tekniğin, Almanya'da büyük ölçekli dökümhaneler kullanıldığı bildirilmiştir.

Başvuru Kaynakları

[143, Inasmet ve CTIF, 2002], [189, Huttenes-Albertus, 2002], [202, TWG, 2002], [216, Hobelsberger, ve ark, 1997], [225, TWG, 2003]

4.3.4 Alternatif Kalıplama/Maça Yapımı Yöntemleri

4.3.4.1.Kayıp Köpük Dökümü

Tanım

Yitik köpük dökümünün genel ilkeleri, Bölüm 2.5.7.12de tarif edilmiştir. Bağlayıcıların olmaması nedeniyle, teknik, kum döküm yöntemleri ile karşılaştırıldığında düşük bir miktarda katı atık ve emisyon daha üretir.

Bu teknik, yüksek tolerans, daha az besleyici ve daha yüksek kanallı ve daha iyi ham döküm özelliklerine sahip parçalarının üretimini sağlar. Bu durum, daha az işleme ve temizleme süresi ile sonuçlanır.

Yitik köpük dökümhaneleri, bir köpük atölye, bir eritme atölyesi ve bir döküm atölyesini kapsar. Bunlar, geniş bir maça yapma atölyesi ve kaplama atölyesine sahip değildir. Köpük atölyesi; köpük makineleri, buhar jeneratörleri, soğutucular ve hava kurutucuları içerir.

Yitik köpük modelleri, küçük miktarlarda pentan, tutkal ve bir mineral kaplama ile birlikte polistiren (EPS) veya PMMA'dan yapılır. EPS ve pentanın saf hidrokarbonlar olması sebebiyle, organik karbonlar modelin pirolizinden oluşur. EPS'nin organik bozunma ürünlerinin emisyonlarını en aza indirmek için, çıkış gazların yanma sonrası işlemi gerçekleştirilir.

Bu teknik, dökme ve silkeleme işlemleri üzerine herhangi bir bağlayıcı ile ilgili emisyon oluşturmamayan ve büyük bir işleme gerek kalmadan dahili olarak yeniden kullanılabilen bağlı olmayan kumu kullanır.

EPS pirolizi, kum içinde yavaş bir organik madde birikimi ile sonuçlanır. Bu durum, dolaşan kumun tozsuzlaştırılması ve kısmi yenilenmesi ile engellenebilir. %5'lik bir yenilenme, kum kalitesini korumak için yeterli olacaktır. Çıkarılan kum, dahili yeniden kullanım için termal olarak rejenere edilebilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bağlı olmayan kum kullanıldığı için, teknik, dökme işlemi üzerine bağlayıcı ile ilgili herhangi bir emisyon yaratmaz. Ancak EPS veya PMMA pirolizi, yanma sonrası işlemi gerektiren organik bozunma ürünlerini gerektirir.

Yitik köpük sürecinde enerji kullanımı, geleneksel döküm yöntemlerine kıyasla önemli ölçüde daha düşüktür. Bu durum, döküm sonrası işlemleri, eritme ve kum hazırlama için daha az enerji kullanımından kaynaklanmaktadır. Geleneksel kalıplama yöntemleri için maça üretimi, köpüklü model üretimine göre nispeten daha fazla enerji-yoğundur.

LCA analizi, maça-yoğun döküm ürünlerinin dökümü ile ilgili olarak, yukarıda belirtildiği gibi çevresel faydanın, kum döküm üzerinden Yitik köpük sürecinin genel olarak daha iyi bir çevresel performansına kadar genişletilebileceğini onaylamıştır. Basit dökümler (örneğin kapaklar) için, yaşam döngüsü yaklaşımı, genel olarak daha iyi performans gösteren bir prosesin mevcut olmadığını gösterir.

Capraz – ortam Etkileri

Bu teknik, enerji tüketiminde azalma ve kalıp yapımı ve döküm kaplama işlerinde azalma avantajlarını temsil eder. Çıkış gazları, BTEX ve formaldehitin artan değerlerini ortaya koyar, ancak emisyonlar, sadece dökme sırasında meydana gelir ve daha kolay yakalanabilir ve işlem görebilir. Bu teknik, azaltılmış miktarda kalıntı kum ve toz üretir ve daha kolay (kısaltılmış termal işlem) rejenere edilebilir. Kayıp köpük sürecine yönelik bir LCA tabanlı değerlendirme, (dökümhane sınırları dışında prosesler de dikkate alınarak), maça yoğun dökümlerin üretimi için daha düşük bir genel çevresel etki gösterir.

İşletim Verileri

Kalıntı üretimine yönelik emisyon verileri ve veriler Bölüm 3.9.6.1’de verilmiştir. Teknik, eşit kapasitedeki bir kum dökümhanesi ile karşılaştırıldığında daha düşük kalıntı üretimi ile sonuçlanır. Baca gazları, daha yoğun temizlik (yanma sonrası işlemi) gerektirir ve (temizlendikten sonra) yüksek organik bileşik (BTEX, formaldehit) yığını emisyonları ile sonuçlanır.

Kum döküm ve Kayıp köpük döküm kullanan karşılaştırılabilir bir kompresör üretimine yönelik karşılaştırmalı tüketim seviyeleri Tablo 4.26 ‘de verilmiştir. Bu durum, eriyikteki yüksek döner malzeme miktarını ve düşük döküm ağırlıklarını gösterir. Yitik köpük yöntemi için, maça kullanılmıyor ise, kalıplama kumunun toplam miktarı büyük ölçüde artmıştır.

Girdi Malzeme	Yaş kum	Kimyasal-bağlı Kum	Kayıp köpük
Dökme demir	98.0	98.0	96.1
Dökümhane dönerleri	30.0	30.0	38.1
Ağırlık dökümü	68.0	68.0	58.0
Kalıplama kumu	256.8	233.0	1101.4
Maça kumu	122.0	150.7	n.a.
Ağırlık köpük modeli+besleyici	n.a.	n.a.	0.212
Tüm veriler kg bazındadır n.a: uygulanabilir olmayan			

Tablo 4.26: Çeşitli Yöntemler Kullanılarak Benzer Bir Döküm Demir Kompresör Dökümünün Üretimi İçin Operasyonel Veriler [130, de Wilde and ten Houten, 1999]

Uygulanabilirlik

Bu teknik, demirli ve demir dışı metalde küçük ve orta ölçekli ürünlerin seri üretim için geçerlidir. Maksimum döküm boyutları 1000 x 1000 x 550 mm’dir. Bu teknik, uygulama alanının büyük bölümünü alüminyum dökümhanelerde bulur ve alüminyum dökümde % 2 paya sahiptir.

Tekniğin kalıp yapımı prosedüründe temel bir değişim anlamına gelmesi sebebiyle, öncelikle yeni tesisler için geçerlidir. Mevcut dökümhanelerde uygulanması, kalıplama, dökme ve kaplama işlemleri ile ilgili dökümhane prosesinin dönüşümünü ve üretilen döküm ürünlerinin her birinin söz konusu aşamalarının gözden geçirilmesini gerektirir. Belirli bir döküm için kayıp köpük kullanımı, fonlar, insan gücü ve gerekli zaman ve esnekliğin yanı sıra müşteri iş birliğini gerektirir.

Ekonomi

Bir alüminyum kayıp köpük tesisatına yönelik ekonomik veriler Tablo 4.27 ‘de verilmiştir. Yatırım maliyetleri, ekipman, tesisat, devreye alma ve eğitimi içerir.

Yatırım Maliyetleri	Tanım	EUR
Model yapma ekipmanı	Model yapma ekipmanı Buhar jeneratörü Kaplama tesisatı	1300000
Döküm ekipmanı	Otomatik döküm makinesi	2540000
Çıkış gazı temizleme	Kuru tozsuzlaştırma Termal rejeneratif işlem	608000
Kum hazırlama	Elleme, soğutma, sevkiyat	160000
Toplam	Yatırım, tesisat, devreye alma, eğitim	4608000
İşletimsel Maliyet		EUR/ton mal dökümü
Tüketim	EPS-granülleri, tutkal, kaplama, buhar, patlayıcılar	202
Dökümhane detayları: alüminyum döküm ürünleri, 5500 ton/yıl üretim mal dökümleri, 6864 ton/yıl üretim eriyik metal		

Tablo 4.27: Alüminyum Kayıp Köpük Dökümhanesi İçin Ekonomik Veriler [96, Spillner, 1997]

Uygulama İçin İtici Güç

Kum dökümünden kaynaklanan atıkları azaltmaya ve enerji tüketimini azaltmaya yöneliktir.

Örnek Tesisler

Almanya ve Fransa’da yer alan birkaç örnek tesis rapor edilmiştir.

Başvuru Kaynakları

Dökme demir: [130, De Wilde ve on Houten, 1999] Alüminyum: [96, Spillner, 1997], [143, Inasmet ve CTIF, 2002]

4.3.4.2.Seramik Kabuk Kalıplama

Tanım

Seramik kabuk kalıplama, polistiren modelinin (2-3 mm kalınlığında) etil silikat ve refrakter kum bazlı bir seramik kabuk ile kaplı olduğu patentli bir prosestir (Replicast ®). Kabuk, amonyak kullanılarak sertleştirilir ve 1000° C’de sinterlenir. Sinterleme işlemi, kabuğu iyileştirir ve polistiren modelini yakar. Metal, daha sonra kabuk içine dökülür.

Emisyonları azaltmak için sinterleme fırını yanma sonrası uygulamaları ile donatılmıştır.

Bu teknik, hiçbir ayırma hatları, maça ve taslak açılara sahip olmayan döküm tasarımlarına ve düşük ham metal oluşumuna olanak tanır. Bu durum, kaplama ve işleme işletimlerine olan ihtiyacı azaltır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Teknik, kum kalıplama ile karşılaştırıldığında, kalıplama ve kaplama işlemlerinden çıkan toz emisyonlarının en aza indirilmesi ile sonuçlanır. VOC emisyonları, inert seramik kalıp için gaz yayımı olmaması sebebiyle ortadan kalkar. Ayrıca atık miktarı (toz, metal) azalır. Besleyici sistemlerin azaltılması, eriyik başına daha yüksek döküm ürünü verimi ile sonuçlanır.

Çapraz – ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

Kum döküm ile karşılaştırılarak, vana dökümü için teknik sahibinden elde edilen İşletim Verileri Tablo 4.28’de rapor edilmiştir.

Özellik	Nispi Ağırlık Azaltımı (%)
Dökümlerin kaplanmış ağırlığı	20 – 26
Ham metal	24 – 60
Dökülen metal	24 – 50

Tablo 4.28: Kum Döküm İşlemine Nazaran Vanaların Seramik Kapak Dökümü İçin Nispi Ağırlık Azaltımı [219, Castings Technology International, 2003]

Uygulanabilirlik

Bu teknik, 550 kg kaplanmış ağırlığa sahip ultra düşük karbonlu paslanmaz çelik ve nikel bazlı alaşımlar gibi düşük-karbon alaşımlarında, yüksek bir yüzey kaplaması gerektiren döküm imalatı için uygulanır. Seramik kabuk prosesi, patentli bir süreçtir ve sadece lisans veren makamdan alınan lisansın hüküm ve şartlarına uygun olarak kullanılabilir.

Uygulama İçin İtici Güç

VOC emisyonları yönetmeliği ve kalıntı atıklara yönelik yüksek bertaraf maliyetleri.

Örnek Tesisler

- CMS srl, Urbisaglia (I): 150 kg kaplama ağırlığına kadar çelik vanaları üreten 2 otomatik kabuklama hatları
- Saint-Gobain Seva, Chalons-sur-Saone (F): Cam endüstrisi için çelik ve süper alaşım bileşenleri.

Başvuru Kaynakları

[Vito 110, 2001], [219, Döküm Technology International, 2003]

4.3.5 Kalıcı (Metal) Kalıplar ve Pres Kalıp Hazırlama

4.3.5.1.Ayırıcı Madde ve Su Tüketiminin En Aza İndirilmesi

Tanım

Ayırıcı maddenin su bazlı bir çözeltisi, kapatmadan önce açık HPDC kalıbı üzerine püskürtülür. Bu durum, kalıbın soğutulmasını ve bitirilmesini sağlar. Bazı basit proses önlemleri, ayırıcı madde ve su tüketimi en aza indirilmesine izin verir. Bunlar aynı zamanda bir sis oluşumunu engelleyecektir. Bu önlemler şunlardır:

- Otomatik püskürtme prosesi: Püskürtme işleminin robotlaştırılması, kullanılan ayırıcı madde
- miktarının dikkatli bir kontrolünü ve kullanılan miktarın, döküm parçasının yerel ihtiyaçlarına adaptasyonunu sağlar

- Optimize seyreltme faktörü: Ayırıcı madde seyreltme faktörü, püskürtme eyleminin kaplama ve kalıp soğutma işlemleri arasında gerekli dengeye sahip olduğuna bağlı olarak tercih edilmelidir
- Kalıp-içinde soğutma uygulaması: Soğutma işlemi, entegre bir su devresi kullanarak iç soğutma ile kısmen devralınabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Su ve kimyasal tüketiminin en aza indirilmesi. (Diffüz) emisyonlarını önleme ve/veya azaltılması.

Çapraz – ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, HPDC dökümhaneler için geçerlidir. Minimizasyonun uygulanabileceği ölçü, dökümlerin ve kullanılan makinelerin türüne bağlıdır.

Uygulama İçin İtici Güç

Tüketimlerin ve emisyonların en aza indirilmesi.

Örnek Tesisler

Bu teknik, büyük HPDC tesislerinde uygulanır, örneğin otomobil parçaları üretimi (D, F).

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002]

4.3.5.2. Ayırıcı Maddede Kapalı- Kalıp Uygulaması

Tanım

Bir ayırıcı madde, buharlaştırılmış halde kapalı kalıp döküm kalıbına uygulanır. Yüksek sıcaklık, bir ayırıcı filminin yoğunlaşması ve birikimi ile sonuçlanır. Bu teknik, ayırıcı maddenin açık bir kalıp üzerine su bazlı bir çözelti püskürtme uygulamasına yönelik bir alternatiftir. Su kullanımının azaltılmasına olanak sağlar ve aynı zamanda ayırıcı madde tüketimini azaltır. Prosesin aktif maddeleri, örneğin dökümü kalıptan çıkaran maddeler, açık kalıp tekniği çok benzer: parafin mumu, alifatik karbonlar, poli siloksanlarda, poliglikol.

Ancak su püskürtme, aynı zamanda kalıp yüzeyinin gerekli soğutulma işlemine neden olur. Bu nedenle, alternatif bir yöntem, bir iç kalıp soğutma sistemi aracılığıyla yapılacak, gelişmiş ısı yönetimini (özellikle bir soğutma etkisi ile) gerektirir. Bu koşul, termal yağ sıcaklığını azaltarak elde edilebilir. Kombine su püskürtme ve kapalı kalıp ayırıcı uygulaması, kalıpların yalnızca dahili soğutma sistemleri aracılığıyla tam bir termal dengeye ulaşmadığı durumlarda mümkündür.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bu teknik, hem su ı hem de ayırıcı madde kullanımında azalma sağlar. Bu durum, atık su miktarında düşüş ve yağlı parçacıklar içeren buhar emisyon azaltılması ile sonuçlanır. Ayırıcı maddenin aktif bileşikleri, geleneksel olanlarla karşılaştırılabilir. Bu nedenle ayırıcı maddenin ayrışmasından (ve dökümü kalıptan çıkarmak için kalıbın açılmasından) kaynaklanan emisyonlar doğada açık kalıp tekniği ile karşılaştırılabilir.

Çapraz – ortam Etkileri

Teknik, kalıpları soğutmak için artan bir çaba gerektirir. Basit durumlarda, bu durum termal yağ sıcaklığının düşürülmesini kapsayabilir, ancak daha karmaşık kalıplar için ek bir soğutma devresi uygulanmasını da içerebilir.

İşletim Verileri

Alüminyum dökümhanelerinde bazı işletimsel örnekler rapor edilmiştir. Bunlar, püskürtme süresinin % 50-80 azalması, ve manşon-ayırma maddesi tüketiminde % 80 azalma ile sonuçlanmıştır

Uygulanabilirlik

Bu teknik, mevcut tesislerde uygulanabilir, ancak, entegre ya da adapte soğutma devresine sahip belli kalıpların üretimini gerektirebilir. Uygulanabilirliği, döküm ürünlerii kalıplar ve döküm makinelerinin belirli türleri ile sınırlıdır ve esas olarak teknik değerlendirmelere dayanır. Bu teknik, ayırıcı madde uygulaması için genel bir alternatif değildir.

Uygulama İçin İtici Güç

Atık su üretimi azaltma ve su ve kimyasal tüketimini azaltmaya yönelik dökümhane stratejisi.

Örnek Tesisler

Alüminyum dökümhanelerindeki bazı işletimsel örnekler rapor edilmiştir.

Başvuru Kaynakları

[189, Hüttenes-Albertus, 2002], [202, TWG, 2002]

4.4 Metal Döküm

4.4.1 Metal Verimi Geliştirme

Tanım

Metal verimi, erimiş metalin kaplanmış döküm ağırlığına oranı olarak açıklanır. İki değer arasındaki fark, metal kayıpları (örneğin eritme kayıpları, dökülen metal, taşlama kayıpları) ve dönüş metal (örneğin pik metal, yolluklar, hurda döküm ürünleri) nedeniyle oluşur. Metal veriminin ilerletilmesi, metal kaybı ve dönüş metal miktarını azaltmayı kapsar.

Metal verimini geliştirmek, aşağıdaki önlemlerden birini veya daha fazlasını uygulayarak mümkündür:

- Etkin yöntem uygulamak: yolluklar, besleyiciler, döküm delikleri, döküm havuzunun doğru tasarımı, ve optimize edilmiş kutu verimi (bir kalıba dökülen döküm/metal). Bilgisayar destekli dökme ve katılaşma simülasyonunun kullanımı, etkili bir yöntem tasarımında önemli bir araçtır.
- Eritme ve döküm işlemlerinde iyi prosedürler uygulamak: erime kayıplarını, aşırı piklemeyi, hurda oranlarını, vb. azaltmaya yöneliktir
- Kalıplama ve maça yapımı departmanlarında iyi uygulamalara başvurma: kalıp ve maça yapma işlemlerindeki eksikliklerden kaynaklanan hurdayı azaltmaya yöneliktir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Metal verimi artırmak, iyi döküm birimi başına enerji, kum ve katkı maddelerinin daha düşük bir tüketimi ile sonuçlanır. Prosesin genel verimliliği artar.

Çapraz – ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

Tablo 4.29, demir döküm üretiminin farklı türleri için elde edilen tipik bir verime yönelik bir rehber sağlar. Metalin türü, döküm tipi, hizmet verilecek üretim tesisleri ve piyasa türüne olan bağlılık nedeniyle belirli bir dökümhane tarafından benimsenebilen bir hedef verim rakamını önermek mümkün değildir. Bu nedenle, bir dökümhanenin, kendi mevcut performans analizine dayalı bireysel hedefler belirlemesi gereklidir.

Döküm türü	Verim (%)
Ağır gri demir, basit şekil	85 – 95
Orta boyutlu gri demir, toptan veya küçük yığın halinde	65 – 75
Mekanize tekrarlama, genel kalitede küçükten orta boyutluya kadar gri demir mühendislik dökümleri, oldukça basit tasarımda	65 – 75
Mekanize tekrarlama, yüksek kalitede küçükten orta boyutluya kadar gri demir mühendislik dökümleri, oldukça basit tasarımda	60 – 65
Mekanize tekrarlama, genel kalitede küçükten orta boyutluya kadar gri demir mühendislik dökümleri, komplike ağır maçalı tasarımda	55 – 60
Orta boyutlu nodüler demir, toptan veya küçük yığın halinde	50 – 60
Küçük veya çok küçük gri demir tekrarlama	45 – 55
Dövülebilir demir ve küçük nodüler demir döküm ürünlerinde mekanize tekrarlama	40 – 50

Tablo 4.29: Farklı Demir Döküm Türleri İçin Genel Metal Verimleri [45, ETSU, 1990]

Bir ankete yanıt olarak, 82 İngiliz dökümhanesi 1981-1987 dönemi için metal verim performanslarını bildirdi. Metal türü başına verim iyileştirme (ağırlık bazında ortalama) Tablo 4.30 'de verilmiştir.

	1981'deki Verim (%)	1987'deki Verim (%)	Verimdeki Gelişme (%)
Gri demir	60.5	63.0	2.5
Nodüler demir	51.8	55.7	3.9
Dövülebilir demir	36.4	39.2	2.8

Tablo 4.30: 82 İngiltere Demirli Dökümhanesindeki Verim Performansının Ölçülen Ortalaması, 1981 – 1987 [45, ETSU, 1990]

Uygulanabilirlik

Teknik, mevcut tüm demir ve demir dışı dökümhanelerde uygulanabilir.

Ekonomi

Metal verimini artırma, düşük maliyetli basit pratik önlemler ve kontroller ile mümkündür. Her ilerleme yüzdesinin karşılık gelen bir eritme enerjisi tüketimini azaltımı ve kum ve kimyasal maddelerin tüketiminin azaltımı ile sonuçlanacağından faydaları büyüktür.

Dökme ve katılaştırma işlemleri için bilgisayar destekli simülasyonun kullanımı, yatırım ve eğitim maliyetleri gerektirir.

Uygulama İçin İtici Güç

Proses verimliliğinin optimizasyonu.

Örnek Tesisler

Metal verim hususları, Avrupa dökümhanelerinin çoğunluğundaki iyi işletimsel uygulamanın bir parçasıdır.

Başvuru Kaynakları

[45, ETSU, 1990], [140, AB Tematik Ağ Döküm Atıklar, 2001]

4.5 Duman, Baca Gazı ve Egzoz Havasını Yakalama ve Arıtma

4.5.1 Genel İlkeler

Dökümhanede çeşitli proses adımları, toz, duman ve diğer gazları üretme potansiyeline sahiptir, örneğin malzeme depolama, taşıma ve işleme. Havaya emisyonları azaltmaya yönelik teknikler, önleme, en aza indirme ve duman toplama işlemlerini kapsamaktadır.

Proses kontrolü ile birlikte fırın sızdırmazlığı (sızdırmaz fırınların kullanımı), bir proses tesisinden kaynaklanan emisyonları önlemek veya zapt etmek adına uygulanabilir. Fırınları kapsayan Bölüm 4.5.2- 4.5.6, fırın sızdırmazlığının mümkün olduğu ve diğer toplama tekniklerinin entegre gaz toplama sağlamak adına kullanılabilirdiği durumları göstermektedir.

Önlenemeyen veya kontrol altına alınamayan emisyonları toplamaya yönelik diğer teknikler mevcuttur. Prosesten kaçan gazlar ve duman, çalışma alanına yayılır ve daha sonra çevredeki ortama sızar. Bunlar, operatörün sağlık ve güvenliği etkiler ve prosesin çevresel etkisine katkıda bulunabilir. Proses gaz toplama teknikleri, bu kaçak emisyonlarını önlemek ve en aza indirmek için kullanılır. Davlumbazlar, proses işlemleri için odadan ayrılırken kaynak emisyonu mümkün olduğunca yakın olacak şekilde tasarlanmıştır. Hareketli davlumbazlar, bazı uygulamalarda kullanılır. Bazı prosesler, birincil ve ikincil dumanları toplamak için davlumbaz kullanır.

Kaçak emisyonlar, büyük önem arz edebilir, ancak ölçümleri ve nicelendirilmeleri zor olabilir. Bu emisyonlar hakkında tahminde bulunmak için havalandırma hacimlerini veya çözülme oranlarını tahmin etme yöntemleri kullanılabilir. Birincil bakır eritme işleminde uygulanan güvenilir bir yöntem, kaçak emisyonların büyüklüğü, toplanan ve azaltılan emisyonlara kıyasla çok daha önemli olabileceğini göstermektedir. Kaçak emisyonlar, kontrollü emisyon miktarından 2-3 kat daha fazla olabilir. [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]

Erime atölyesi, maça yapma atölyesi, kum tesisi ve döküm sonrası atölyesi, önemli emisyon kaynaklarıdır. Yayılan hava kirleticileri, ağırlıklı olarak (muhtemelen ağır metal parçacıkları içeren) toz, kükürt dioksit, karbon monoksit ve kokulu organik bileşiklerdir. Tablo 4.31, demirli döküm prosesinin farklı bölümlerinde oluşan kirleticilere dair bir anketin sonuçlarını sunmaktadır. Hem inorganik hem de organik bileşikler, tek ve grup bileşikler olarak listelenmiştir. Toz emisyonları, ısıtma işlemlerinin önemli miktarda ağır metaller oluşturma sebebiyle özel bir önem arz etmektedir.

KAYNAK ve YAYILIMLAR	Ham madde depolama ve işleme	Fırın işlemleri	Eriyik demirin küllütsüzleştirilmesi	Nodülerizasyon	Maçaların ve kalıpların hazırlanması	Döküm	Kalıp bozma, yeniden kullanma	Döküm ürünlerini temizleme, giydirme ve kaplama
Kükürt Oksitleri		X	X		X	X	X	
Azot Oksitleri		X			X	X	X	
Karbon Dioksit		X	X	X	X	X	X	
Karbon Monoksit		X	X	X	X	X	X	
Hidrojen Sülfür					X	X	X	
Amonyak					X	X	X	
Demir Oksitleri		X	X	X		X	X	X
Alkali Metal Bileşikleri		X	X					
Toprak Alkali Metal Bileşikleri		X	X	X		X		
Metal Oksit Partikülleri		X	X	X		X	X	X
Non-metalik Partiküller	X	X	X		X	X	X	X
Metalik Demir		X						X
Hidrojen Siyanür					X			
Kükürt			X					
Aminler/Amidler					X	X		
Dioksinler		X						
Uçucu Organik Bileşikler		X			X	X	X	
Asit Buharları		X			X	X		
Gürültü		X			X		X	X
Bileşiğin yapıldığına ayrıca bir atfın yapıldığı durumlar haricinde maddeler kendi bileşiğini içermektedir.								
Kullanılan azaltma yöntemine bağlı olarak, havaya yayılımlar, örn. toplanan toz, çamur ve çözeltiler aracılığıyla aynı zamanda toprağa veya suya da gerçekleşebilir .Bazı yayılımlar, belirli bir bağlayıcı sistemine sahiptir.								

Tablo 4.31: Farklı Demirli Dökümhane Aşamalarından Kaynaklanan Hava Emisyonlarına İlişkin Araştırma [160, UK Environment Agency, 2002]

Atık gaz toplama ve arıtma işlemlerine ilişkin usul ve teknikler, dökümhaneler ve (birincil) demir dışı metal sanayi için aynıdır bu nedenle ilkelerinin tam olarak tartışılabilmesi adına okuyucu, demir dışı metal sanayilerine ilişkin BREF belgesine yönlendirilir. Bölüm 4.5.1.3 uygulanan tekniklere ilişkin kısa bir anket sunmaktadır.

4.5.1.1. Kaçak Emisyonları Azaltma

Tanım

Kaçak emisyonlar, belirli proses kaynaklarından çıkan emisyonların toplanmadığı durumlarda ortaya çıkar. Bölüm 4.5.1 'de belirtilen proses-bağılantılı emisyon kaynaklarının yanı sıra, havaya gerçekleşen kaçak emisyonların potansiyel kaynakları şunlardır:

- Depolama alanları (ör. bölmeler, stok sahaları, yığınlar)
- Sevkiyat konteynerlerini yükleme ve boşaltma
- Bir tekneden başka birine malzeme aktarımları (örneğin fırın, kepçe, silolar)
- (İnorganik ve organik kimyasal emisyonları) kimyasal bağlayıcıları karıştırma ve kütleme
- Kalıp kaplama (solventler)
- Etrafta malzemenin taşınmasına yönelik konveyör sistemleri
- Boru ve kanal sistemi sistemleri (örneğin pompalar, vanalar, flanşlar, toplama çanakları, kanalizasyon, gözetim kapakları, vb); bu tip emisyonlar LVOC-BREF’de ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.
- Kötü inşaat oluşumunun önlenmesi ve ihraç edilmesi
- Azaltma ekipmanlarının (hava veya suya) aktarılması
- Örneğin kum ıslah tesisinde kaynaklanan sızıntılar da dahil olmak üzere bir tesis veya ekipman yetersizliğinden kaynaklanan kazaen muhafaza kayıpları
- Dökülmeler.

Kaçak toz emisyonlarının en aza indirmek adına aşağıdaki teknikleri uygulanabilir:

- kova ve tankların bitirilmesi
- Açık ya da kaplaması olmayan stoklardan kaçınma
- Açık stokların kaçınılmaz olduğu durumlarda, spreylar, bağlayıcılar, stok yönetim teknikleri, geniş tarlalar, vb. kullanımı
- Tekerlekleri ve yolların temizlenmesi (kirliliğin su ve rüzgara aktarılmasından kaçınılması)
- Kapalı konveyör kullanımı, pnömatik (ancak yüksek enerji ihtiyaçları da dikkate alınmalıdır) taşıma ve damlaların en aza indirilmesi
- Kumun bir teknik ya da güvenlik ile ilgili bir işlevinin olduğu alanlar, örneğin döküm alanı, ve elle kalıplama toptan dökümhaneleri hariç kum kalıplama dökümhanelerinde kalıplama ve döküm atölyelerinin vakum işlemiyle temizlenmesi
- Dış kapıların kapalı tutulması, örneğin, otomatik panjur sistemi veya flep kullanımı
- İyi bir temizlik performansı, örn. iyi bir temizlik uygulamasının yapıldığına dair sorumlu ve yetkilendirilen personel tarafından düzenli denetimlerin gerçekleştirilmesi ve güncel kayıtlarının tutulmasını temin etmek

Kaçak emisyonların suya karışması, yeraltı yapıları veya kusurlu yüzeylerden kaynaklanabilir. Bu tür kaçak emisyonlar aşağıdaki tedbirler ile minimize edilebilir:

- Tüm tesisat kanallarının başlangıç noktalarının, yönlerinin ve vardığı noktaların oluşturulması ve kaydedilmesi
- Tüm yeraltı kuyularının ve depolama tanklarının belirlenmesi ve kaydedilmesi
- Rutin programlanmış denetimlerin yürütülmesi
- Su geçirmez yüzeyler ve muhafaza bordürüne yönelik bir denetim ve bakım programına sahip olunması
- İşletimsel alanların aşağıdaki öğelerle donatılmış olmadığı durumları doğrulayabilme:
 - geçirimsiz bir yüzey
 - sızıntı muhafaza bordürleri
 - kapalı inşaat derzleri
 - kapalı bir drenaj sistemine bağlantı.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kontrolsüz emisyonların azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknikler, yeni ve mevcut tüm tesisler için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Kaçak emisyonların sınırlandırılması, tesisin yakın çevresine gerçekleşen genel koku ve toz emisyonlarını sınırlayacaktır. Bu nedenle, kalabalık alanlarda yer alan tesisler için komşular ile iyi ilişkiler sürdürmek uygulama için itici bir güç olabilir.

Örnek Tesisler

Kalıplama ve döküm atölyesinin vakum yöntemiyle temizlenmesi: ziyaret edilen çeşitli yaş kum dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [163, İngiltere Çevre Ajansı, 2002] [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001]

4.5.1.2.Çok-bacalı Çatı Kullanımı

Tanım

Termal kaldırma kuvvetinden maksimum avantaj elde etmek için, sıcak emisyonlar, en az uygulanabilir sayıda bacalar ile birleştirilebilir. Boşaltma noktalarının çokluğu böylece önlenebilir. Yeni tesislerin tasarlandığı veya mevcut proseslere değişikliklerin yapıldığı durumlarda bu koşul özellikle önemlidir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bir çatı altına birden fazla çıkış gazı akışının toplanması, emisyonların kontrolünü sağlar ve arıtılacak olan toplam hacmi (yükü) artırır ve böylece toplam emisyon seviyesini azaltır.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, sadece yeni tesislerde veya mevcut tesisatların önemli değişiklikler gerektirdiği durumlarda uygulanabilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Dökümhane işletiminin ölçülmesi ve kontrol altına alınması olasılığını artırır.

Örnek Tesisler

Bu teknik, Avrupa'da birden fazla uygulama bulur.

Başvuru Kaynakları

[160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

4.5.1.3.Azaltma Teknikleri

Tanım

Toplanan çıkış gazlarının temizliği için, çeşitli sulu ve kuru sistemler kullanılabilir. Uygun tekniğin seçimi, çıkış gazı akımının kompozisyonu, akışı ve koşullarına bağlıdır. Azaltma sürecinin tasarımı kritik öneme sahiptir. Verimlilik, yöntemin uygunluğu ve toplanacak malzemenin girdi ve çıktı yükleme işlemleri gibi faktörler kullanılmaktadır. Çalışma prensiplerine dair tam bir tartışma, demir dışı metal sanayi için BREF belgesinde verilmektedir. Dökümhane sanayisinde aşağıdaki teknikler kullanılır.

- *Toz ve partikül giderme:*

- siklonlar
- kumaş veya torba filtreler
- sulu yıkayıcılar

- *Gaz yıkama sistemleri (SO₂, Cl, amin giderme):*

- yıkayıcı kuleleri kullanan sulu yıkayıcı, venturi yıkayıcılarında.

- *Yağ-buharı ayırıcıları:*

- sulu elektrostatik filtreler

- *CO ve organikleri giderme:*

- yanma sonrası
- biofiltre.

Toz ve partikül giderme işlemi için, hem sulu hem de kuru sistemler kullanılmaktadır. Kuru sistemlerin kullanımının ana avantajı, tozun kuru olarak yakalanmasıdır ve böylece bir sonraki yeniden kullanımı sağlar. Ayrıca, sulu sistemlerde olduğu gibi, başka bir ortama hiçbir kirlilik aktarmaz. SO₂ ve klorürler gibi gaz bileşikler, torba filtreler, filtre yüzeyine adsorbe olmadığı için verimsizdir. Kireç enjeksiyonuna yönelik deneyler, iyi sonuçlar ortaya koymamıştır. Aşağıda toz ve partikül giderme için kullanılan sistem açıklanmaktadır:

- **Siklonlar:** Doğru önlemler alınmadığı takdirde (örn. ısıya dayanıklı çelik, refrakter astarlama) sıcak baca gazları tozsuzlaştırma işlemi için bir siklon filtre kullanılabilir (500 - 600 ° C). 20 mg/Nm³ aralığında emisyon seviyesini elde etmeye yönelik verimliliği çok düşüktür. Siklon, filtre torbası önünde bir kıvılcım ayırıcı olarak kullanılır. Siklonlar, diğer azaltma sistemlerine yönelik bir ön arıtma adımı olarak kullanılır.
- **Multisiklonlar:** Bir siklonun ayırma verimliliği, azalan çap ile artar. Küçük siklonların paralel serilerde kullanımı, temizlik ekipmanları üzerindeki basınç düşüşünde keskin bir artış olmaksızın, küçük toz parçacıklarının ayırma sağlar
- **Torba filtre:** Bu tip bir ayırıcı, iyi verimliliği ve düşük emisyon değerleri nedeniyle, döküm prosesinin çeşitli bölümlerinde yaygın olarak uygulanır. Eritme işlemlerinde bulunan ince partikül maddenin kontrolünde iyi verimlilik düzeyleri elde edilebilir. Metal oksitler gibi mikron altı partiküller de ayrılabilir. Düzgün çalışması için, şu önlemlerin alınması gerekir: baca gazı soğutma ($T = 130-160$ ° C) ve kıvılcımların (siklon kullanarak) ayrılması. Organik maddenin yanma sonrası işlemi (yangın riskini azaltmak için) yüksek VOC içeriğine sahip bir çıkış gazı için uygulanabilir. Torba filtre koruması için bir "güvenlik duvarı" olarak yanma sonrası işlemi, tamburların paketten çıkarılması ile ortaya çıkan çıkış gazlarına yönelik bazı durumlarda rapor edilmiştir. Bu teknik, genel olarak uygulanabilir değildir; bunun yerine filtre ve egzoz kanallarının yapışkan hale gelmesini önlemek adına yüksek toz yüküne sahip atık gaz akımları, artan VOC içeriğine sahip çıkış gazları ile karıştırılır. Şekil 4.10 'da bir torba filtre ünitesinin iç ve dış görünümü sunulmaktadır.



Şekil 4.10: Torba Filtre Üniteleri; İç (solda) ve Dış (sağda) Görüntüleri [237, HUT, 2003]

-(Seramik filtre ortamı kullanan)Yüksek sıcaklık filtre sistemleri: Bunlar, piyasada mevcuttur ancak henüz döküm sektöründe uygulanmamaktadır.

- **Elektrostatik filtreler (ESP):** Bunlar, dökümhane baca gazının tozsuzlaştırılması için yaygın olarak uygulanmamaktadır. Gaz akışı, gaz sıcaklığı ve neme karşı hassasiyetleri nedeniyle, sadece sürekli eritme rejimleri için uygundur. Ayrıca içerdikleri yüksek gaz hacmi nedeniyle önemli oranda bir patlama riski yaratabilirler. Bu riski azaltmaya yönelik toz giderme işlemi sık sık temizlik gerektirir ve bu nedenle ekonomik sorunlar yaratabilir. Dökümhanelerdeki elektrostatik çöktürücüler için ana uygulama alanı, pres kalıp döküm egzoz gazlarından kaynaklanan yağ / sis giderme işlemleridir.

Venturi ve parçalayıcılar gibi sulu toz giderme sistemleri, baca gazı eritme işleminde uygulanır. Yıkayıcı kuleler, erimeyen çıkış gazlarının tozsuzlaştırılması için kullanılır. Kuru sistemler ile karşılaştırıldığında sulu sistemler şu dezavantajlara sahiptir: yüksek enerji tüketimi, yüksek bakım (korozyon, bakteri), ve bu durumlar, bertaraf edilecek atık su ve çamur ile sonuçlanır.

Avantajları, suda çözünebilen bileşikler (SO_2 , klorürler gibi) yakalama, dioksin reformasyonunu engelleyen hızlı soğutma, düşük yatırım maliyetleri ve girdi sıcaklığında daha az kısıtlama özellikleridir.

- **Venturi yıkayıcılar:** Bir venturiden geçerken gazların içine su püskürtülür. Venturi boğazındaki gaz akışının hızlanması, her iki ortamın da yoğun bir şekilde karışımına neden olmaktadır. Toz parçacıkları sönümlüdür ve bu özelliği kendini daha ağır hale getirir ve böylece aşağıakım pozisyonunda yerleştirilen bir siklon veya diğer sistemde ayrılabilirler. Gaz akışını düşerse, venturi boğazı, toplama verimliliğini koruyacak şekilde ayarlanır.

- **Parçalayıcılar:** Bu söz konusu dinamik yıkayıcılar, konsantrik rotor ve gaz akışının, aşağı akıma yerleştirilen bir fan aracılığıyla veya rotorun dış ucundaki fan kanatları vasıtasıyla çekildiği stator-bağlı pimlerden oluşur. Rotor merkezine enjekte edilen su, pimleri tarafından ince damlacıklara bölünür ve gaz akışı içine dağılır. Sulu partiküller stator duvarlarına çarpar ve parçalayıcının alt kısmında toplanır. Bu sistem, gaz akışının azaldığı durumlarda verimli çalışır.

Yakma sonrası sistemleri ve biyofiltreler sırasıyla, Bölüm 4.5.2 ve 4.5.9 'de ele alınacaktır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Atmosfere gerçekleşen emisyonların azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Sulu yıkayıcı sistemleri, daha sonra arıtma işlemi gerektiren bir atık su akışı ile sonuçlanır. Temiz su, proses içinde devir daim edilebilir. Atık su arıtma işlemi ile ortaya çıkan çamur keklerinin bertaraf edilmesi gerekir.

Dökümhane, soğuk bir iklimde (ısıtma sezonu 6 aydan daha fazla) yer alıyorsa işyerinin daha fazla ısıtılması gerektiğinden havalandırmadaki her artış, enerji tüketiminde büyümeye neden olacaktır. Tüm azaltma sistemlerinin kullanımı, azaltma sistemi aracılığıyla gazların çekişe zorlanması adına enerji kullanımını gerektirir.

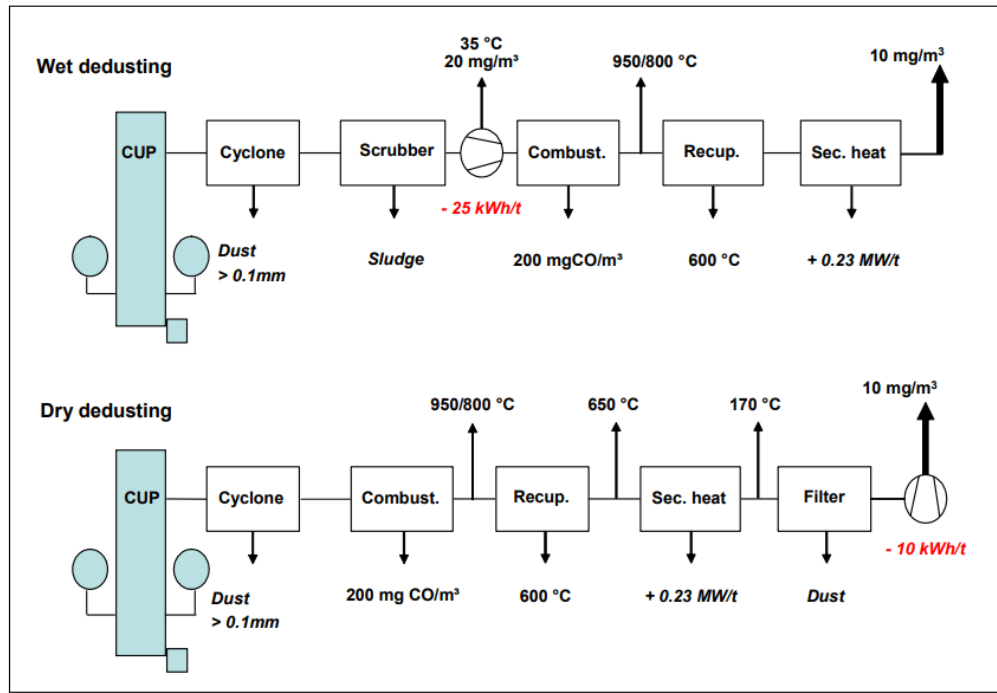
İşletim Verileri

Tablo 4.32 'de sulu ve kuru sistemlerin özelliklerinin bir mukayesesi verilmiştir. Sonraki bölümlerde, çeşitli eritme fırınlarına ve çeşitli proses aşamalarına özel teknikler ele alınacaktır.

Azaltma Teknikleri	Kuru sistemler		Sulu sistemler	
	Multi siklon	Torba filtre	Venturi	Parçalayıcı
Toz emisyonu düzeyi*	100 - 200 mg/Nm ³	<5 - 20 mg/Nm ³	<20 - 150 mg/Nm ³	<20 - 150 mg/Nm ³
Yatırım maliyeti	Düşük	Yüksek	Düşük	Orta
Enerji Tüketimi	Düşük	Düşük -orta	Yüksek	Yüksek
Avantajlar/tercih nedenleri	Diğer yöntemler öncesinde gazların ön temizliği için uygulanabilir	İyi bir şekilde izlendiği takdirde uygun tozlara yönelik iyi performans gösterir. Tozun prosese geri dönüşümü potansiyeli	Kısmi SO ₂ -yakalama Düşük <i>de novo</i> sentezi riski	Kompakt kurulum Düşük <i>de novo</i> sentezi riski
Dezavantajlar	Akışın bozulduğu durumlarda düşük verimlilik (tozun distribütörü bloke etmesi). İnce partiküller için sınırlı verimlilik	Yangın riski, büyük hacim, yoğunlaşma sonrası tıkanma	Sulu çamur, atık su arıtma, aşınma dolayısıyla verimlilik kaybı	Yüksek enerji kullanımı, aşınma, sulu çamur, atık su arıtma
* İşletimsel uygulamadan elde edilen değerler, tesisatın servis ömrü boyunca korunabilir				

Tablo 4.32: Dökümhaneler İçin Sulu ve Kuru Azaltma Sistemlerinin Özellikleri [110, Vito, 2001], [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001], [202, TWG, 2002]

Şekil 4.11, sulu ve kuru toz sistemine sahip sıcak hava kupol fırınlar için çalışma koşulları bir mukayesesini sunmaktadır. Temel farklar, baca gazının sıcaklık profili ve enerji tüketimidir.



Şekil 4.11: Sıcak Hava Kupolü Fırını Çıkış Gazının Sulu ve Kuru Tozsuzlaştırılma İşleminin İşletimsel Koşulları [230, CAEF, 2003]

Uygulanabilirlik

Bu bölüme ait aşağıdaki kısımlarda, çeşitli azaltma sistemlerinin uygulanabilirliği ele alınacaktır.

Ekonomi

Torba filtreler ve sulu ayırıcılar için yatırım maliyetleri ve enerji kullanımı, Tablo 4.33’de karşılaştırılmıştır.

Azaltma tekniği	Yatırım maliyeti* (EUR/Nm ³)	Enerji Tüketimi (kW/1000 Nm ³)
Torba filtre	2.5 - 5	1 - 3
Sulu ayırıcı	1.5 - 5	1 - 3
Biyofiltre	7.5 - 10	

* Borular ve kanallar hariç tutulmuş, ancak montaj dahil edilmiş haliyle

Tablo 4.33: Çeşitli Azaltma Sistemleri İçin Yatırım ve Enerji Tüketimi Verileri [32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

Uygulama İçin İtici Güç

Hava emisyonu yönetmelikleri.

Örnek Tesisler

Bu teknik, Avrupa’daki dökümhanelerde genel uygulama bulur.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [Vito 110, 2001], [155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001], [202, TWG, 2002]

4.5.1.4. Dioksin Önleme ve Azaltma

Tanım

Dioksinler, mevcut metaller içeren ısıtma işlemleri ile ilgilidir. Dioksinler veya bunların belirtileri bazı hammaddelerde mevcut olabilir ve fırınlar veya azaltma sistemlerinde de novo sentezi olasılığı vardır. Dioksinler kolayca katı madde üzerine adsorbe edilebilir ve toz, yıkayıcı katı ve filtre toz gibi tüm çevre ortamı tarafından toplanabilir. Saha testleri, kupol fırınlarda dioksin oluşumunun bir (veya birkaç tek) işletimsel parametre(ler) ile ilişkilendirilemeyeceğini göstermektedir. Dioksin oluşumu riskini en aza indirmek için bir önlemler kombinasyonu gereklidir.

Dioksin emisyonlarını önlemeye yönelik süreç-içi veya birincil önlemler şunlardır:

- CBC mili veya bir HBC yanma odasında fırın çıkış gazının yanma sonrası işlemi. Kupol çıkış gazının yakılması, Bölüm 4.5.2.2 ve 4.5.2.3’te tamamen açıklanmıştır.

- HBC yanma odasında ($T > 850^{\circ}\text{C}$) sürekli sıcaklık izleme ve kontrolü ve kalma süresinin maksimize edilmesi (tercihen $> 2\text{s}$)
- partikül madde konsantrasyonunu reküperatör içinde $< 20\text{ mg/m}^3$ ’lük bir seviyede koruma, bu koşul sulu tozsuzlaştırma işlemini kullanırken HBC için mümkündür.
- $250\text{-}450^{\circ}\text{C}$ de-novo sıcaklık aralığı ile, toz yüklü çıkış gazlarının çabuk soğutulmasını sağlama
- Özellikle ısı eşanjöründe, baca gazının soğutma yörüngesi boyunca toz birikmesini, örneğin dikey eşanjör boruları, etkin bir iç temizlik, yüksek sıcaklık tozsuzlaştırma yöntemleri ile önleme veya en aza indirme
- Temiz hurda eritme. Bu teknik Bölüm 4.1.4’te açıklanmaktadır.
- Tam yanmayı sağlamak için oksijen enjeksiyon kullanma. Bu teknik Bölüm 4.2.1.6’da açıklanmıştır. Dioksinlerin oksijen varlığında yüksek sıcaklıkta (örn. 850°C üzeri) yok olmasına rağmen gazların reformasyon penceresi ($250 - 450^{\circ}\text{C}$) ile soğutulması nedeniyle de novo sentez süreci halen mümkündür. Bu pencere, ısı eşanjörü veya azaltma sistemleri ile fırın, soğuk bölgelerinde örneğin besleme alanında mevcut olabilir. Pencerede kalma süresini en aza indirmek ve toz birikmesini önlemeye yönelik soğutma sistemlerinin tasarımına, de-novo sentezini önlemek adına dikkat gösterilmelidir. Sulu bir sistemi kullanarak hızlı sulama yoluyla çıkış gazının tozsuzlaştırılması bir alternatiftir. Sıcak gazlar yeterli oksijenin de bulunması gereklidir ve bunun için oksijen enjeksiyonu tam yanmayı sağlamak için kullanılabilir. Bununla birlikte, bu durumun de-novo sentezini desteklemesi sebebiyle aşırı oksijen önlenmelidir.
- Kükürtün, moleküler kloru tüketmesi sebebiyle, dioksin oluşumunu inhibe edici etkisi vardır. Büyük yakma tesislerinde yüksek kükürt içerikli kömür kullanımı, daha düşük PCDD/F konsantrasyonlarını sağladığı belirtilmiştir. Azalan inhibe edici etki, 0.64 kritik bir oranı ile S/Cl oranı ile ilişkilidir. Daha da artması, daha az dioksin ve furan oluşumu ile sonuçlanmaz. Bu etki, dökümhanelerde sunulmamıştır, ancak bu etkinin üzerinde çalışılabilir. [231, UNEP, 2003]

Dioksin emisyon seviyelerindeki geniş yayılım ve büyük değişkenlik (hatta aynı tesisar için) tek başına birincil önlemlerin, istikrarlı ve düşük dioksin emisyon değerine izin vermeyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, birincil önlemlerin yanı sıra, aşağıdaki azaltma önlemleri kabul edilebilir:

- Dioksinlerin yüzeye emilebilmesi adına, aktif karbon, açık hazneli fırın kok kömürü veya zeolit gibi, gaz akışı içine katkı maddesi enjeksiyonu. Yüksek verimli toz filtrasyonu daha sonra toz ve dioksin giderme işlemleri için kullanılır. Katkı maddesi, filtrasyondan önce çıkış gazı akışı içine enjekte edilir. Emicilerin filtre torbasına yapıştığı sırada adsorpsiyon prosesi ağırlıklı olarak gerçekleşir. Filtre toz, yüksek verim elde etmek için baca gazına geri sirküle edilebilir. Karbon bazlı bir katkı maddesi kullanırken yangın ve patlama riskini önlemek için özel önlemler alınmalıdır. Toplanan tozlar yüksek dioksin konsantrasyonlarına sahip olabilir ve dikkatli bir şekilde bertaraf edilmeli ya da artırılması gerekecektir.
- Dioksin yıkımı için katalitik oksidasyon sistemleri mevcuttur. Katalitik bir katman ile birleşen kumaş filtreler, dioksin yıkımı için kullanılır. Diğer sektörlerde (örneğin çelik, belediye atık yakma) bu teknik başarıyla uygulanmıştır ve bu tekniğin döküm sektöründe uygulanması mümkün olarak kabul edilmektedir. Ancak, katalizör tabakasının devreden çıkarılmasını önlemek amacıyla kaba toz parçacıklarının önceden giderilmesi gerekli olabilir. Bu uygulamaya bağlı olarak dikkate alınması gereken teknikler vardır. Bunların hepsi mevcut süreçler içine dahil edilebilir. En etkin ve ekonomik açıdan uygun tekniğin seçimi, belirli bir saha, güvenlik konuları ve işletimsel istikrarın yanı sıra ekonomik faktörlere bağlıdır.

Yukarıda belirtilen beş dioksin oluşum koşullarından birinin yokluğu, dioksin sentezine engel olsa da, bilinen işletimsel parametreler dikkate alınarak dioksin emisyonlarını kesin olarak öngörmek şu anda mümkün değildir. Bu nedenle, yeni bir fırın inşaatı, birincil önlemlerin yanı sıra beklenmeyen yüksek değerlerin ortaya çıkması durumunda ikincil önlemleri ekleme seçeneği dikkatli bir değerlendirme gerektirir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Havaya dioksin ve furan emisyonunun azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Dioksin ve furanın aktif karbon üzerine adsorpsiyonu PCDD/F yüklü toz akımı üretir. Torba filtrenin patlama riskini önlemek için aktif karbonun kireç ile karıştırılması gerekli olabilir. Bu durum, bertaraf edilecek toplam kalıntı miktarını artacaktır ve filtre tozu yeniden kullanma imkanını sınırlayacaktır.

İşletim Verileri

Kuru toz giderme özelliğine sahip bir sıcak hava kupolündeki dioksinlerin süreç içi ölçümleri, yüksek PCDD/F düzeylerinin (5 ngTEQ/Nm^3) ısı eşanjöründe ortaya çıktığını göstermiştir. Baca gazı sisteminin diğer bölümleri çok daha düşük değerler göstermektedir. Azaltma tedbirleri, alınması, tozun en aza indirilerek ya da toz kalma süresini azaltarak, bu bölgede toz ve baca gazı arasındaki teması en aza indirmeyi hedeflemelidir.

0.5 ng TEQ/Nm³ PCDD/F emisyon seviyesi, birincil önlemler ile elde edilebilir ve 0.5 ng TEQ/Nm³ Bülent iyi değerler, bu tekniklerin bir veya daha fazlasını kullanarak elde edilebilir. Almanya’da yapılan bir araştırma ile, ikincil önlemleri olmaksızın 0.1 ng TEQ/Nm³ seviyesi, sadece sınırlı sayıda teçhizatlarla ve aynı zamanda yalnızca sınırlı bir ölçüde geçmiş olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak 3.8.2 'de verilen İşletim Verileri , seviyenin bir tesisten tesise temelinde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Diğer sektörlerdeki ikincil önlemlerin 0.1 ng TEQ/Nm³’ün altında bir azaltıma olanak tanıdığı kanıtlanmıştır. 3000m³/s’lik bir üfleme hızı ile 8000 m³/s’lik bir baca gazı oranı için, kupol çıkış gazının 800 °C’den 150 °C’ye kadar çabuk soğutulması, 4 m³/s’lik bir su tüketimi gerektirir.

Uygulanabilirlik

Bu teknikler, çelik ve demir dışı metal üretimi ve atık yakma gibi diğer sanayi sektörlerinde uygulanır. Bir teknik bakış açısıyla bakılırsa, dioksin oluşumu riskini gösteren döküm fırını türlerine aktarılabilirler: Demir ve çelik eriten kupol, döner ve elektrik ark fırınları (Bölüm 3.8.2). Etkin yanma, fırın tasarım değişiklikleri ve hurda kalite kontrolü gibi yeni ve mevcut tesislere birincil dioksin azaltma önlemlerin, ikincil önlemler ele alınmadan önce, vaka bazında dikkate alınması gerekmektedir.

Katkı madde enjeksiyonu uygulaması, bir katkı madde silosunun kurulumunu, enjeksiyon sistemi ve karbon enjeksiyon durumunda katkı madde birikmesini önlemeye yönelik kontrol tedbirlerini içerir. Yangın risklerini önlemek amacıyla, aktif karbon, kireç ile karıştırılabilir ve ilk filtrasyon sonrasında ancak özel bir ikincil filtre ünitesi öncesinde enjekte edilebilir.

Sadece filtre torbaların, katalitik türüne göre değiştirilmesi gerektiğinden katalitik filtrasyon uygulaması, mevcut tesisler için en az teknik değişikliği kapsar.

Ekonomi

Birincil tedbirler, ek yatırım maliyetleri getirmez. İşletimsel maliyetler, oksijen kullanımı veya temizleyici hurda için daha yüksek bir fiyat ile kısıtlanmıştır.

Tablo 4.34 'de verildiği üzere, bir sıcak hava kupolü için bir maliyet tahmini yapılmıştır. İşletimsel maliyetler, kullanılan kok enjeksiyon dozuna bağlıdır ve Tablo 4.35 'de verilmiştir. Personel, bakım, yedek parçanın yanı sıra muhtemelen gerekli erken olan torba değişimi veya başka bir tür çanta kalitesinin oluşturulmasına yönelik maliyetler de dikkate alınmamıştır.

Parametre	Birimler	Değer
Hacim akışı	Nm ³ /s	50000
Çalışma saatleri	s/yıl	6250
Katkı madde tozu		Açık-hazne fırın koku
Katkı madde fiyatı	EUR/t	400
Atık depolama sahası ücreti	EUR/t	300
Enerji maliyetleri	EUR/kWh	0.09
Partikül içeriği		2 g/Nm ³ - 100 kg/s
Yatırım maliyeti:		
Silo, güvenlik ekipmanı, devridaim, entegrasyon da dahil olmak üzere	EUR	350000
- toplam maliyet		
- yıllık maliyet	EUR/yıl	52500
Enerji Tüketimi / Enerji tüketiminin maliyeti	kW EUR/yıl	10 6000

Tablo 4.34: HBC'ye İlave Edilen Karbon Enjeksiyon Tesisatı İçin Yatırım Maliyeti Tahmini [230, CAEF, 2003]

Parametre	Birimler	Değerler			
Kok içeriği	g/Nm ³ nem	0.2	0.3	0.4	0.5
Kok tüketimi	t/yıl	63	94	126	156
Satın alma maliyeti	EUR/ yıl	25200	37600	50400	62400
Atık depolama alanı ücreti	EUR/ yıl	18900	28200	37800	46800
Azaltılmış yatırım maliyeti	EUR/ yıl	52500	52500	52500	52500
Enerji maliyeti	EUR/ yıl	6000	6000	6000	6000
Toplam maliyet	EUR/ yıl	102600	124300	146700	167700

Tablo 4.35: HBC'ye İlave Edilen Karbon Enjeksiyon Tesisatı İçin Toplam Maliyetler [230, CAEF, 2003]

Katalitik torba filtre sistemleri, atık yakma sektöründe kullanılmaktadır. Bu uygulamadan elde edilen maliyet verileri, arıtılacak baca gazı hacmi bazında ancak hava-bez oranı gibi işletimsel parametreleri dikkate almaksızın aktarılmıştır. 5 yıllık bir amortisman süresi için, yatırım ve işletme maliyetleri, HBC için EUR 0.4 - 0.5/ton erimiş metal ve CBC için EUR 0.9 -1.3/ton erimiş metal olarak tahmin edilebilir. Bu fiyat tahmini, bir katalitik torba filtre tedarikçisi tarafından doğrulanmamıştır ve de ıskartaya çıkarılmamıştır.

Uygulama İçin İtici Güç

Metallerin eritilmesi ile ortaya çıkan dioksin ve fûran emisyonlarını sınırlayıcı yönetmelik.

Örnek Tesisler

Oksijen enjeksiyonunu kurma yoluyla azaltma: Hollanda'da 3 örnek CBC tesisi

Aktif karbon enjeksiyonu: Almanya'da 1 örnek tesis

Başvuru Kaynakları

[155, Avrupa IPPC Bürosu, 2001], [161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [202, TWG, 2002], [224, Helber, et al., 2000], [230, CAEF, 2003]

4.5.1.5.Kokunun Azaltılması

Koku emisyonları özellikle kum bağlayıcı içeren proseslerle ilişkilidir. Pirolizin gerçek kokulu ürünleri, kullanılan sistem türüne göre değişebilir, ancak genellikle fenolik çöküm ürünleri, örn. krezoller ve ksilenoller, çok düşük koku algılama eşikleri nedeniyle koku şikayetlerinin en yaygın kaynağıdır. Döküm, soğutma ve silme sırasında kokuları dağılımı, kokunun, toplama ve arıtma işlemlerini zorlaştıracak düzeyde geniş hava kitleleri ile karışımı kapsar. Sodyum silikat gibi inorganik bağlayıcıların kullanımı, emisyonları önemli ölçüde azalır. Dökümhane kaynaklı kokuları yok eden etkili tamamen kanıtlanmış bir yöntemin henüz mevcut olmadığı bilinmektedir. İyi bir havalandırmaya ve emisyonların hızlı ve etkin bir şekilde atmosfere dağıtılmasını sağlayan hava değişim oranı temin etmeye yönelik genel bir yaklaşım benimsenmiştir. Sürece entegre önlemler, bağlayıcılar ya da bağlayıcı solventlerinin ikamesini kapsamaktadır (bkz. Bölüm 4.3.3.7). Boru-sonu teknikleri, piroliz ürünleri (bkz. Bölüm 4.5.8.5) ve aminleri (bkz. Bölüm 4.5.8.4) azaltmaya yöneliktir. Bunlar, adsorpsiyon teknikleri, yanma sonrası işlemi, sulu yıkayıcılar ve biyofiltreleri kapsamaktadır (bkz.

Bölüm 4.5.8.6).

4.5.2 Kupol Fırın

4.5.2.1. Gaz Toplama, Temizleme ve Soğutma

Tanım

toplama ve gaz temizleme sistemi tasarımı, genellikle sistemin işletimi sırasında yaşanan en ağır koşulları kapsayan blöf sırasında meydana gelen koşullara dayanır. Bir eritme işleminin sonunda, fırın artık şarj malzemeleri ile doldurulmaz. Artık yığındaki soğuk bir şarj ile soğutulmayan gazı sıcaklıkları yavaş yavaş artacaktır. Oksijen ile temas halinde olan CO otomatik olarak yanacaktır. Sıcaklıklar, bu nedenle, 1200 ° C'ye ve hatta daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilir. Çıkış gazı toplama ve arıtma sistemi, bu ağır koşullar ile baş edebilme kapasitesine sahip olmalıdır.

Toplama

Üst gaz toplamaya yönelik kullanımda iki sistem mevcuttur:

- *Şarj deliği çıkışının üstü*: Egzoz gazları, akış yönünde yerleştirilen kanal sistemi ve bir fan yardımıyla kupol yığını sonuna çekilir. Şarj deliğinin üzerindeki açıklık, alandan yayılan kupol gazlarının önlenmesi için gerekli olan önemli bir hava girişi sağlar. Bu ekstra hava hacmi kupol gaz akışının birkaç katı olabilir. Bu durum, toplama ve temizleme sisteminin boyutunu ve maliyetini artırır. Şarj deliğinin boyutlarının küçültülmesi haklı görülebilir ancak bu seçenek, CO içeren kupol gazların çok az oksijen (titreşimli yanma) ile karıştırıldığı durumda ortaya çıkacak mevcut patlama tehlikesi nedeniyle sınırlandırılabilir.
- *Şarj deliği çıkışının altı*: Kupol üst gazları, şarj deliği altındaki dairesel bir halka ile toplanır. Gazların kontrol sisteminin kupol üfleme oranı değişimi sırasında düzgün çalışması için yeterince duyarlı olması şartıyla, herhangi bir hava girişi, gazların delikten dışarı yayılamayacağı sebebiyle gerekli değildir. Çok az çıkış oranı kupol yığını üzerinden temizlenmemiş gazların emisyonuna neden olabilir, çok büyük çıkış akışı ise (örn. bir patlama tehlikesi) gazların yanmasına ve aşırı ısınmasına neden olarak hava girişine yol açabilir.

Soğutma

Toplama, gaz kullanılan toz azaltma sistemi bağlı olarak soğutma gerekebilir. Sıcak hava işletiminde, soğutma işleminde geri kazanılan ısı, üfleme havasının ön ısıtma işlemi için kullanılabilir.

Toplanan gazları soğutmak için aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli seçeneklerin kullanımı mümkündür:

- *Tüp soğutucular kullanma:* Toplanan gazların uzun kanallar içinde akışı, doğal konveksiyon ve radyasyon ile sıcaklığı azaltır. Bu sistem basittir ancak oldukça büyük bir yer kaplar ve kontrollü soğutma hizmeti sunmamaktadır (dolayısıyla yoğunlaşma riski vardır)
- *Cebri bir hava/gaz ısı eşanjörü kullanma:* Soğuk ortam havası, gazların soğutulması için tüp ya da plakalardan oluşan bir düzenek ile zorlanır. Toz toplama ve takiben ısı alışverişi yüzeylerinin temizliğine yönelik ihtiyaç, karmaşık ve pahalı bir sistem tasarımı gereğine yol açabilir. Bu sistemin bir avantajı, ısıtılmış havanın harici ısıtma amaçlı muhtemel kullanımınıdır. Reküperatif sıcak hava kupolları, üfleme havasını ısıtmak için bir yanma sonrası ünitesi ve bir ısı eşanjörü (reküperatör) ile donatılmıştır
- *Petrol/gaz ısı eşanjörü kullanma:* Bu, yukarıdaki sisteme benzer ancak ikincil bir soğutma sistemini gerektirdiğinden daha pahalıdır. Eşanjör genellikle mineral yağ sirkülasyonu ile soğutulur. Su/gaz ısı eşanjörü ile soğutma işlemi uygulanmamaktadır (ya da sadece çok nadiren uygulanır).
- *Su yoluyla doygunluk:* Bu işlemde gazlar, gaz akımı içine püskürtülen suyun buharlaşması ile soğutulur. Sulu yıkayıcılar, gazların temizlik öncesinde bir doygunluk odasında soğutulması ile daha iyi performans gösterir. Sadece kumaş filtreler kullanıldığında, kısmi doygunluk ile su yoğunlaşması nedeniyle kumaşın tıkanmasını önlemek mümkündür. İyi bir kontrol sistemi, sistemin doğru çalışmasını temin etmek için gereklidir. Gazların su ile soğutulması, hızlı soğutmanın dioksin oluşumu riskini azaltma yönelik bir avantaj sunar.

Tozsuzlaştırma,

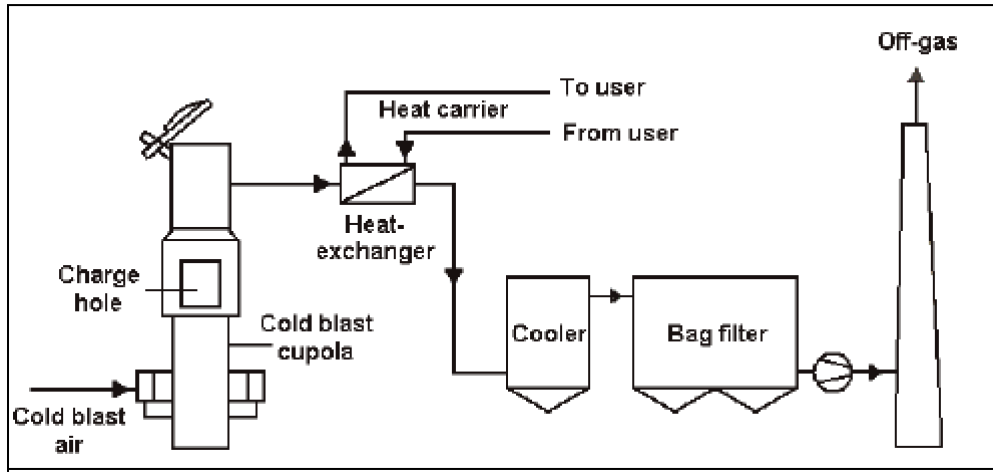
Atık gazlardan partikül maddelerin çıkarılması için çeşitli türlerde toz yakalama ekipmanı kullanılabilir. Genellikle sulu yıkayıcılar düşük sermaye ve bakım maliyeti arz eder, ancak kabul edilebilir bir toplama verimi elde etmek için yüksek enerji girdisi gerektirir. Çamurun giderilmesi zordur ve yıkama suyunun, boşaltım öncesinde arıtılması gerekir. Kuru toplama sistemleri daha pahalı sermaye maliyetleri arz eder ve gaz giriş koşullarının daha iyi kontrol edilmesinin gerektirir (sıcaklık, su veya organik buhar yoğunluğu, CO:O₂ oranı, kıvılcım), ancak genellikle sulu yıkama işlemi için gerekli olandan daha az enerji kullanırlar. Ayrıca, kuru kupol tozu, kupol içinde geri dönüştürülebilir (bkz.4.9.4.2).

Venturi yıkayıcıları ve parçalayıcıların her ikisi de kupol sistemleri ile kullanılır. Bu sistemlerin açıklamaları, Bölüm 4.5.1.3 'de verilmiştir. Su damlacıkları içinde sürüklenmemiş küçük parçacıkları kaldırmak için bir ayırıcı, sulu yıkayıcıdan sonra yer alır.

Kuru sistemler ile ilgili olarak, aşağıdaki açıklamalar yapılabilir:

- *Multisiklonlar:* Bunlar genellikle kaba toz süzme araçları olarak hareket eden bir kumaş filtre ile birlikte kullanılır. Filtre bezine ulaşan akkor kok partiküllerinin önlenmesine yardımcı olurlar. Refrakter astar ve yüksek dereceli çeliğin siklon tasarımında kullanılması şartıyla, yüksek sıcaklıklarda çalışabilirler. Not: Yalnız siklonların toplama verimliliği, günümüz yönetmeliklerinin karşılamak için yeterli değildir, bu nedenle genellikle diğer tozsuzlaştırma sistemler ile birlikte kullanılır.
- *Torba filtreler:* Bunlar gazların, tozsuzlaştırma işlemi öncesinde yakıldığı zaman idealdir. Bu durum, karbonlu malzeme biriktirme ya da yangın tehlikesi sorunlarını önler. Torba filtreler, ZnO gibi metalurjik duman parçacıkları toplamak için iyi bir verim sağlamaya yönelik olarak tasarlanabilir.
- *Elektrostatik çöktürücüler:* Bu sistemler, Avrupa döküm sektöründe daha az yaygındır. Bu sistem, gazı sıcaklığı, akış ve nem değişimlerindeki hassasiyet nedeniyle, uzun operasyon süreli kupollar gibi hemen hemen sabit çalışma koşulları için uygundur. Çöktürücünün nispeten büyük hacmi nedeniyle yanmamış tozsuzlaştırma gazlarının hava ile karışması durumunda patlama tehlikesi vardır. Bu nedenle, çöktürücü, elektriksel güç uygulamadan önce yıkanmalıdır.

Isı geri kazanımına sahip bir sıcak hava kupolü ve bir torba filtrenin şematik görünümü Şekil 4.12 'de verilmiştir.



Şekil 4.12: Isı Geri Kazanımı, Soğutma ve Bir Torba Filtre İle Soğuk Havalı Kupol Fırınının Akış Listesi [29, Batz, 1986]

Yanma Sonrası İşlemi

Atık gazların yanma sonrası işlemi, ısı geri kazanımını (CO kimyasal olarak bağlı) optimize etmek ve daha temiz egzoz gazları temin etmek için kullanılır. CO'nin yakılmasında, herhangi bir kalıntı karbonlu malzeme aynı anda CO₂ ve H₂O okside edilir. Üretilen ısı, bir ısı eşanjörü kullanılarak geri kazanılır ve ardından bir dahili kullanıcıya (örneğin üfleme havasının ön ısıtılması) taşınabilmektedir. Tipik düzenlemeler şunlardır:

- Tozsuzlaştırma ünitesinin önüne (torba filtre) veya arkasına (sulu filtre) yerleştirilen (aşağı şarj delik çıkışı için) bir yanma sonrası odası, bu husus, Bölüm 4.5.2.2'de tartışılmaktadır
- Kupol milindeki (doğal gaz) brülörler veya kontrollü hava enjeksiyonu (yukarı şarj delik çıkışı için), bu husus, Bölüm 4.5.2.3'te tartışılmaktadır.

Sistemin tasarımı, atık gazlar tam oksidasyonunu sağlamak adına atık gazların 800 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta ve uygun bir kalma süresinde örn. 2 saniye, kalmasının sağlanması gerekmektedir. Farklı sistemler aşağıda tam olarak açıklanmış ve ele alınmıştır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Egzoz yakalama ve temizleme, NO_x, SO₂, HF, PCDD/F gibi kok yanmasından oluşan emisyon ürünlerini ve tozu azaltmak için gerekli bir önlemdir.

CO'nun yanma sonrası işlemi kupol çıkış gazının (ek) ısı geri kazanımını sağlar. Ayrıca, petrol ve yağ ile kontamine olmuş hurdanın ek çevre etkisi olmadan eritilmesini sağlar ve böylece metallerin geri dönüşümünü teşvik eder. Isı geri kazanımını kapsayan yanma sonrası işlemi olumsuz bir çevresel denge (bkz. çapraz ortam etkileri) sunar.

Çapraz - ortam Etkileri

Tozsuzlaştırma sistemleri, bertaraf edilecek artık toz üretir. 1 ton sıvı demir, 5 - 13 kg toz üretir. Toz, kupol içine yeniden dağıtılacaktır. Bu husus, Bölüm 4.9.4.2'de tartışılmıştır. Toz özellikleri, Bölüm

3.2.2.2'de halihazırda verilmiştir.

Onlarca kW güce sahip güçlü brülörlerin kurulmuş olması gerektiğinden, ısı geri kazanım olmadan CO yanma sonrası işleminin çevre üzerinde olumsuz etkileri vardır. Brülölerr, yanma gazları emisyonlarını oluşturur ve ilave oksijen tüketirler.

İşletim Verileri

Kumaş filtreleri, %99'un üzerinde bir verimliliğe sahiptir. Günlük ortalama toz emisyon değerleri de 10 mg/Nm³'ün altında kalır. Toplam Pb, Zn, Cr, Cu, Mn, V, Sn, Cr, Ni, As, Cd, toplam toz içeriğinin yaklaşık %20'si kadardır. Tablo 4.36'da temsil edilen veriler, işletimsel tesislerine yönelik Almanya Federal Çevre Ajansı'nın araştırmaları çerçevesinde toplanmıştır. 3 örnek tesis için veriler sunulmuştur.

	Birimler	Tesis D		Tesis E	Tesis F
		Önce	Onarım Sonrası		
Eritme Kapasitesi – Tasarı Değer	t/h	7.5 - 8	12.0	6 - 7	4 - 5
- Gerçek Değer	t/h	7.0	11.0	5.5	3.7
Egzoz Gaz Akımı					
- Tasarı Değer	Nm ³ /h	25000	30000	20000	n.d
- Gerçek Değer	Nm ³ /h	19800	22300	17400	14300
Filtrenin Yapım Yılı		1981	1995	1988	1985
Son Filtre Kumaşı Değişimi		n.d	1995	1988	1993
Ölçümleri Tarihleri		07/1981	11/1997	03/1993	03/1993
Emisyonlar	mg/Nm ³				
- toz					
- ham gaz		1623 - 2674		n.d	n.d
- temiz gaz					
• ortalama ¹		21.5 18.0	<1 <1	3 1	3 2
• min.					
• max.		25.4	<1	5	4
- gazlı ²		288	n.d	174	227
• SO ₂					
• NO _x	%	43 n.d		24 22 11890 4.9	31 7
• C _{toplam}		700 7			18980
• CO					3.9
• CO ₂					
Ağır Metal Emisyonları	mg/Nm ³	Ham Temiz	Temiz Gaz	n.d	n.d
- Cd		0.0184 0.0019	0.00313 (SCu, Mn, Cr, V)		
- Cr		0.7287 0.0384			
- Pb		29.895 0.2952			
- Zn		16.464 0.2862	0.00057		
- Ni		0.2024 0.0077			
- As		0.7665 0.0149			
- Mo		0.2672 0.0420			
PCDD/F-emisyonları	ngTEQ/Nm ³		n.d	0.512	0.085
- Temiz gaz ³	agTEQ/t Fe			1.620	0.330
- Emisyon Faktörü					
Filtre Tozu	kg/t Fe	6.5 imha etme	8.2 yeniden kullanım	4.850	0.960
- Toplanan miktar	agTEQ/kg				
- PCDD/F-Gehalt					
Filtre Malzeme		PA kaplamaya sahip polyester kumaş	Sentetik lif	Polyester	İğne bez
Filtre Temizleme		Pals jet	Orta basınç ters akış	Basınç düşümü kontrolüne sahip pnömatik	
Sermaye Maliyeti	EUR '000	385 (1981)	370 (1995/96)	n.d	350
İşletim Maliyet	EUR/ton malzeme dökümü	Döküm maliyetlerinin 9.8 (1982) = %3'ü	Döküm maliyetlerinin 9.04 (1998) = %2.8'i	n.d	n.d

¹ Toz ortalaması, 3-5 yarım saatlik ölçüm verileri temelinde hesaplanır.

² Sülfür dioksit, nitrojen oksit, toplam karbon, karbon monoksit ve karbon dioksit konsantrasyonları, toz veya PCDD/F örnekleme sırasında birkaç saat boyunca sürekli ölçümlerden elde edilen hesaplanmış ortalamalardır

³ 6 saatlik örnekleme süresi n.d: hiçbir veri bulunmamaktadır

Tablo 4.36: Toz Azaltma İçin Bir Torba Filtreye Sahip Soğuk Hava Kupol Fırınlarına Dair İşletim Verileri- Veriler[43, Batz, 1996]ve [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]'den alınmıştır

Sıcak hava kupollarına yönelik veriler Bölüm 4.5.2.2'de verilmiştir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut kupol fırınlar için geçerlidir.

Ekonomi

Tablo 4.36, emisyon değerleri ve ekonomik verileri gösterir. basınç düşüşünün aşılması için ve filtre malzemesi için elektrik enerjisi gereksinimleri, en önemli işletimsel maliyet faktörleridir.

4,5 t/h eritme hızına sahip iki soğuk hava kupolünü birleştiren bir eritme tesisatı için aşağıdaki ayrıntıları ile bir satış alıntısı yapılmıştır:

- 12400 m³/saat'e kadar işlem görecektir azaltım ekipmanının yanında 820 °C sıcaklıkta aşağıdaki değerleri kabul eden yanma odası:

- VOC - 1 g/Nm³
- CO - 59100 g/Nm³

Metan gazı ile birlikte kullanılmak üzere iki brülör -Güç/brülör 390 kW Montaj ve start-up fiyatı: 350000 EUR.

4500 tonluk bir döküm üretimi, yıllık enerji ve bakım için beş yıllık ödeme süresi artı %10 ele alındığında öngörülen çalıştırma maliyeti: EUR 23,3 / ton

Uygulama İçin İtici Güç

Dökümhanelerden çıkan hava emisyonlarına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Söz konusu teknikler genellikle kupol fırınlara sahip Avrupa dökümhanelerinde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [Vito 110, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.5.2.2.Bir HBC Yakma Odasında Yanma Sonrası İşlemi

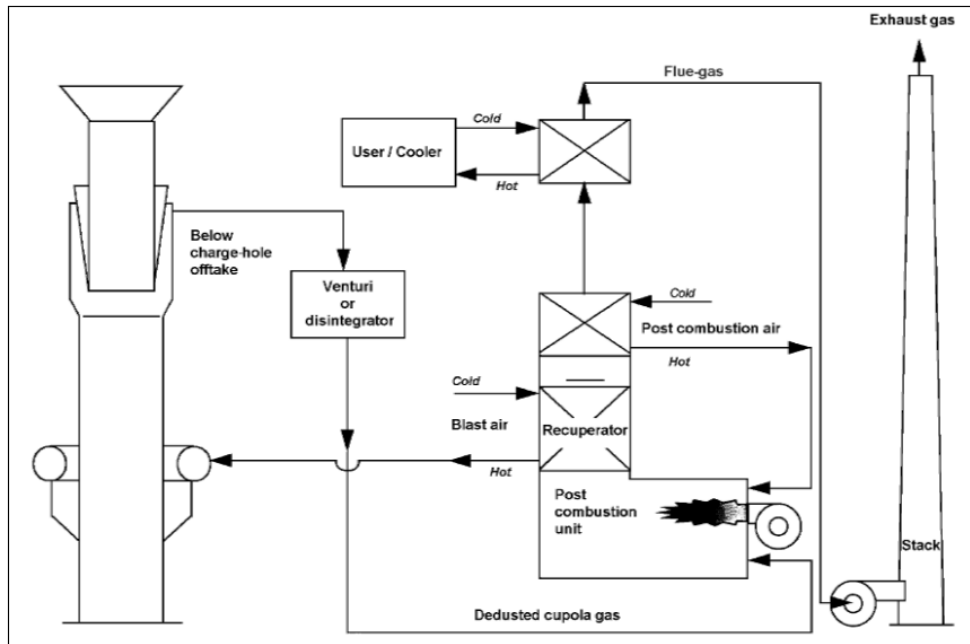
Tanım

Bir brülöre sahip bir yanma odası kupolün arkasına kurulur. Normalde ayrı bir yanma sonrası ünitesi, doğal gaz brülörünü kapsayan ön ısıtma işlemine tabi tutulması gerekir.

Kupolün açık olduğu ve çalıştığı durumda, ya atık gazların yanmasını sağlayan küçük bir brülör ya da kendi kendine tutuşan gazlar işlemi sürdürür.

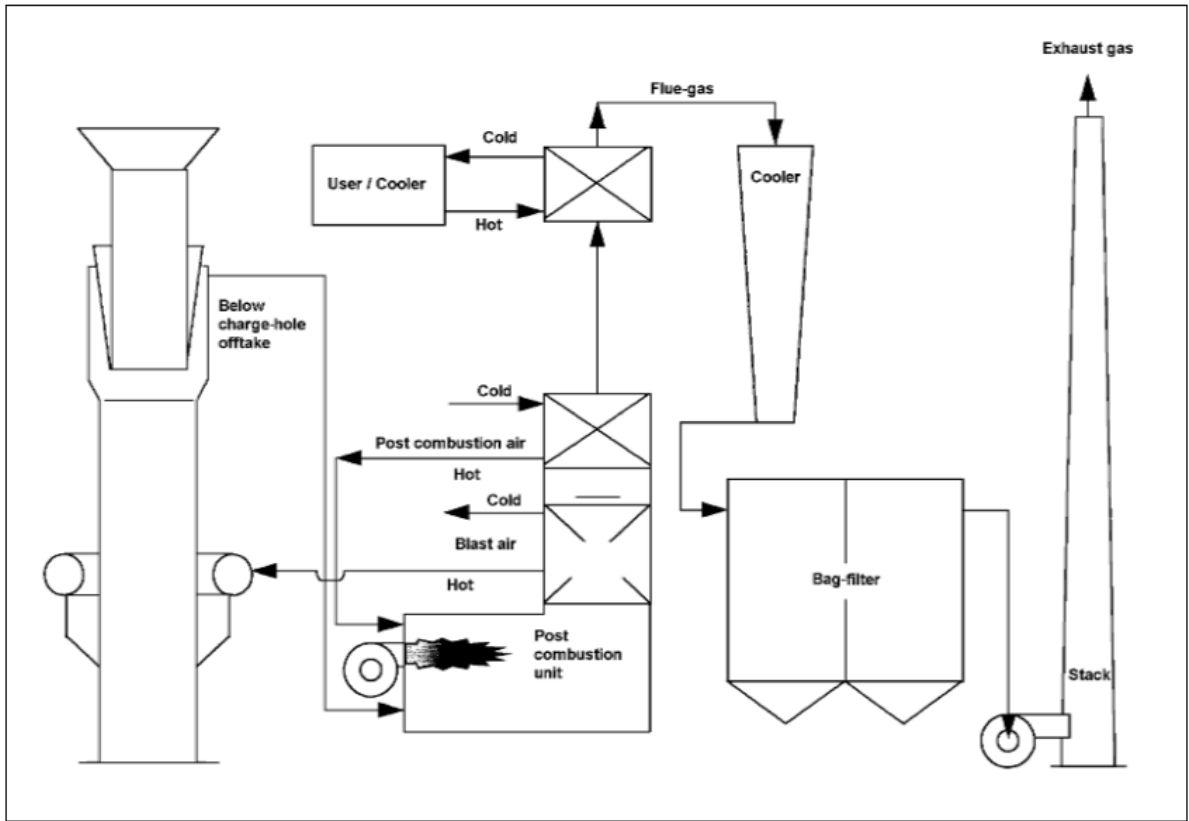
Odanın türü ve konumu, prosesin kompozisyonuna göre değişiklik gösterebilir. Hem yatay hem de dikey yanma odası tipleri mevcuttur.

- *Bir susturucu ve sulu yıkayıcıya sahip sıcak hava kupolü (Şekil 4.13):* Bu düzenlemede, gazlar, yanma öncesinde tozsuzlaştırılır. Bu durum susturucuda toz oluşumu azaltarak ısı transferi oranının artmasına neden olur. Gazların sulu yıkayıcıda soğutulması sebebiyle yanma sonrası ünitesinin yüksek enerji tüketimi ise bir dezavantajdır. Çıkış gazlarının erken soğutulması, tozsuzlaştırma ünitesinin boyutunu azaltmak için sürekli uygulanmaktadır.



Şekil 4.13: Bir Isı Geri Kazanıcı ve Sulu Yıkayıcıya Sahip Sıcak Hava Kupol Fırını [32, CAEF, 1997]

- Bir susturucu ve torba filtreye sahip sıcak hava kupolü (Şekil 4.14): Sıcak, toz yüklü, üst gazlar yanma sonrası ünitesine doğrudan beslenir. Kapalı proses kontrolü, düzenli olarak temizlenmesi gereken susturucunun duvarlarına toz parçacıklarının sinterlenmesini önlemek için gereklidir. 500-600 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda susturucudan ayrılmaları sebebiyle gazların torba filtreye girmeden önce daha da soğutulması gerekmektedir.



Şekil 4.14: Bir Isı Geri Kazanıcı ve Torba Filtreye Sahip Sıcak Hava Kupolü [32, CAEF, 1997]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yanma sonrası işlemi, CO emisyonunu sınırlar ve organik bileşiklerin çoğunu ortadan kaldırır. Yakılabilir değil ise, bu bileşikler, toz içinde yakalanır veya baca yoluyla yayılır. Ayrıca, yanma sonrası işlemi filtrede yangın riskini azaltır.

Çapraz - ortam Etkileri

Kuru toz giderme teknikleri, bertaraf edilecek toz üretir (4-12 kg / ton sıvı demir). Toz, kupol içinde yeniden dağıtılabılır. Bu husus, Bölüm 4.9.4.2'de tartışılmıştır. Sulu sistemler, bir çamur fraksiyonu üretir.

İşletim Verileri

Sıcak hava kupolları için İşletim Verileri Tablo 4.37'de verilmiştir. İki örnek tesisi için veriler sunulmuştur:

Dökümhane G, 50 ton/saatlik bir eritme kapasitesine sahip 3 vardiya/gün ve 5 gün/hafta işletilen bir dökümhanedir. Çıkış gazı, şarj deliği altında toplanır ve bir susturucu içinde tutuşturulur. Atık gaz, daha sonra ayrılır: bir parçası sıcak hava üretimine ($T = 600^{\circ}\text{C}$), diğer parça ise bir buhar kazanına gönderilir. Buhar, bir jeneratör veya kompresöre güç veren bir türbin içine gönderilir. Kalan ısı, susturucunun yanma havasının ön ısıtma işlemi için kullanılmaktadır. Atık gaz, daha sonra bir torba filtre içinde temizlenmelidir. Tesisata yönelik bir konsept çizimi ve daha fazla tartışma Bölüm 4.7.3'de verilmiştir. Toz, petkok ile karıştırıldıktan sonra kupol içinde geri dönüştürülür. Bu durum Bölüm

4.9.4.2'de tartışılmıştır.

Dökümhane H, 70 ton/saatlik bir eritme kapasitesine sahip 3 vardiya/gün ve 5 gün/hafta işletilen bir dökümhanedir. Çıkış gazı, şarj deliği altında toplanır ve bir susturucu içinde yanma sonrası işleminden önce bir parçalayıcı içinde yıkanır. Isı, üfleme havası ön ısıtma işlemi için kullanılır ve 220°C sıcaklıkta yığını üzerinden ayrılmadan önce, daha ileri bir ısı geri kazanımı işlemine tabi tutulur. Isı geri kazanım tesisatı hakkında daha fazla tartışma, Bölüm 4.7.3'de verilmiştir. Atık su, çöktürme işleminden sonra yeniden sirküle edilir. Dolaşan su hacmi $440\text{ m}^3/\text{h}$ 'dir. Çöktürme tankından çıkan çamur bertaraf edilmeden önce, %50'lik bir DS içeriği elde edilene kadar bir filtre basıncı içinde kurutulur.

Yaklaşık $80\text{ m}^3/\text{gün}$ atık su, belediye atık su arıtma tesislerinde bertaraf edilmektedir.

	Birimler	Tesis G	Tesis H
Eritme Kapasitesi	ton/h	50	50
Atık Gaz Akışı	Nm ³ /h	75000	55000
Sıcak Üfleme Sıcaklığı	°C	600	570
Egzoz Gaz Sıcaklığı	°C	127	220
Baca Gazı Arıtma Tesisinin Yapım Yılı		1989	1983
Ölçümleri Tarihi		10/1990	Kontrol ölçümü 09/1993
Emisyonlar - Toz • Ham gaz • Temiz gaz: ortalama ¹ maksimum - Gazlı ² • SO ₂ • NO _x • c _{toplam} • CO • O ₂	mg/Nm ³ %	1300 - 4300 1.1 1.8 33 44 <5 32 12.2	8000 - 20000 6.1 7.3 15.6 52.5 28.6 (FID) <100 6.4
Ağır Metal Emisyonları - Cr - c _{toplam} - Pb - Zn - Ni	mg/Nm ³	Temiz gaz ³ <0.001 <0.001 <0.001 <0.011 n.d	Temiz gaz <0.0022 n.d 0.11 0.36 <0.004
PCDD/F-emisyonları ¹ - Temiz gaz ⁴ - Emisyon faktörü	ng TEQ/Nm ³ ag TEQ/tonne Fe	0.048 0.089	0.003 0.004
Filtre toz/çamur - Tek başına miktarı - PCDD/F-içeriği	kg/ton Fe agTEQ/kg	Toz geri dönüşümü 4.5 0.176	Bertaraf edilecek filtre pastaaları 5.5 1.4
Atık ısı kullanımı		Sıcak üfleme havası, 3 MW elektriğe kadar elektrik üretimi için buhar	Sıcak üfleme havası, ısıtma ve kurutma amaçlarına yönelik atık ısının dönüşümü için 21 MW'a kadar termal yağ
Yatırım maliyeti	DEM '000	26400	1980/81'de 22700
İşletim maliyeti	DEM/ton malzeme dökümü	Bkz. Dökümhane G için verilen metindeki veriler	Bkz. Dökümhane H için verilen metindeki veriler
¹ Toz ortalaması, 3-5 yarım saatlik ölçüm verileri ve PCDD/F için 2x2 saat değerleri temelinde hesaplanır ² Sülfür dioksit, nitrojen oksit, toplam karbon, karbon monoksit ve karbon dioksit konsantrasyonları, toz veya PCDD/F örnekleme sırasında birkaç saat boyunca sürekli ölçümlerden elde edilen hesaplanmış ortalamlardır ³ Ölçüm esnasında toz işletimsel özellikte değildir ⁴ 6 saatlik örnekleme süresi n.d; hiçbir veri bulunmamaktadır not: Ham gaz örnekleme, G'de torba filtrenin önünde, H için ise parçalayıcının önünde gerçekleştirilmiştir; temiz gaz örnekleme, G'de torba filtrenin arkasında, H için ise susturucunun arkasında gerçekleştirilmiştir			

Tablo 4.37: Toz Yakalama İçin Bir Torba Filtreye Sahip Sıcak Hava Kupol Fırınlarına Dair İşletim Verileri [17, Strauß, 1983], [27, Kran, et al., 1995], [202, TWG, 2002]

Yanma sonrası odasındaki dumanın yakılması, duman kitlelerinde yeterli karbon monoksit olması şartıyla, ki bu durum genelde yaşanır, çok fazla enerji tüketmemektedir. Ancak dumanın işlem görmesi için bütün sistem de (yanma odası + eşanjör + filtre veya sulu yıkayıcı + fanlar) elektrik enerjisi ve düzenli bakım gerektirir. Tablo 4.38, sıcak hava kupolları için enerji tüketimine yönelik bazı örnekler sunmaktadır.

Kupolün saatlik oranı	Tozsuzlaştırma türü	Yakma odası için gaz tüketimi (kWh/t şarj)	Duman arıtmaya yönelik elektrik tüketimi (kWh/t şarj)
12	Filtre	59	46
12	Filtre	124	72
26	Filtre	42	n.d
17	Elektro filtre (sulu)	16	38

Tablo 4.38: Sıcak Hava Kupol Fırınların Enerji Tüketimi

Uygulanabilirlik

Tasarım aşamasında, işlem görecekt toplam gaz akışını en aza indirilmesine dikkat edilmelidir. Yanma hava girişi, sıkı bir şekilde minimum düzeyde tutulmalıdır. Bu durum, ayrı bir yanma ünitesinin her zaman, alta yer alan bir şarj delik çıkışı ile birlikte kurulu olmasının sebebidir.

Ekonomik nedenlerden dolayı (aşağıda bkz) yanma sonrası odası sadece sıcak hava kupollerinde kullanılır.

Ekonomi

Rekuperatif sıcak hava kupolünde olduğu gibi, yanma sonrası işleminin yüksek enerji tüketimi, atık gazların yayımlanan ısısının yeniden kullanılabilmesi şartıyla sadece ekonomik açıdan makuldur. Ancak, soğuk havadan sıcak hava kupolüne geçişte tek neden olarak gaz yakmaele alınır ise bazı durumlarda ekonomik sınırlamalar karşılaşılabılır. Tercihen uzun operasyon süreli yapılandırmaya sahip sıcak hava kupolü, daha yüksek yatırım maliyetlerini kapsar ve sadece 10 ton Fe/s ya da daha fazla üretim oranları ile kullanılırlar. Küçük dökümhanelerde bu üretim yöntemi doğru seçim olmayabilir.

Tablo 4.37, Örnek Tesisler için ekonomik veriler sunar. Dökümhane G için, torba filtre ve geniş ısı geri kazanımına sahip bir sıcak hava kupolü için yatırım maliyetleri verilmiştir. 1994 (eritme atölyesinin tefrişatı sonrasında) için işletimsel maliyetler 1985 için % 25 daha düşüktü örn. eski eritme fırınına sahip. Dökümhane H için, 1980-1981 yıllarına yönelik yatırım maliyeti verilmiştir. Tefrişat sonrasında, işletimsel maliyetler %2/ton sıvı demir oranında inmiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

Emisyon sınır değerleri ve organik bileşikler için CO ve emisyon limit değerlerinin sürekli izlenmesi.

Örnek Tesisler

Teknik, Avrupa çapında HBC'lerde genel uygulama bumaktadır.

Başvuru Kaynakları

[17, Strauss, 1983], [27, Kran, et al, 1995] [32 CAEF, 1997] [157, Godinot, et al., 1999], [202, TWG, 2002]

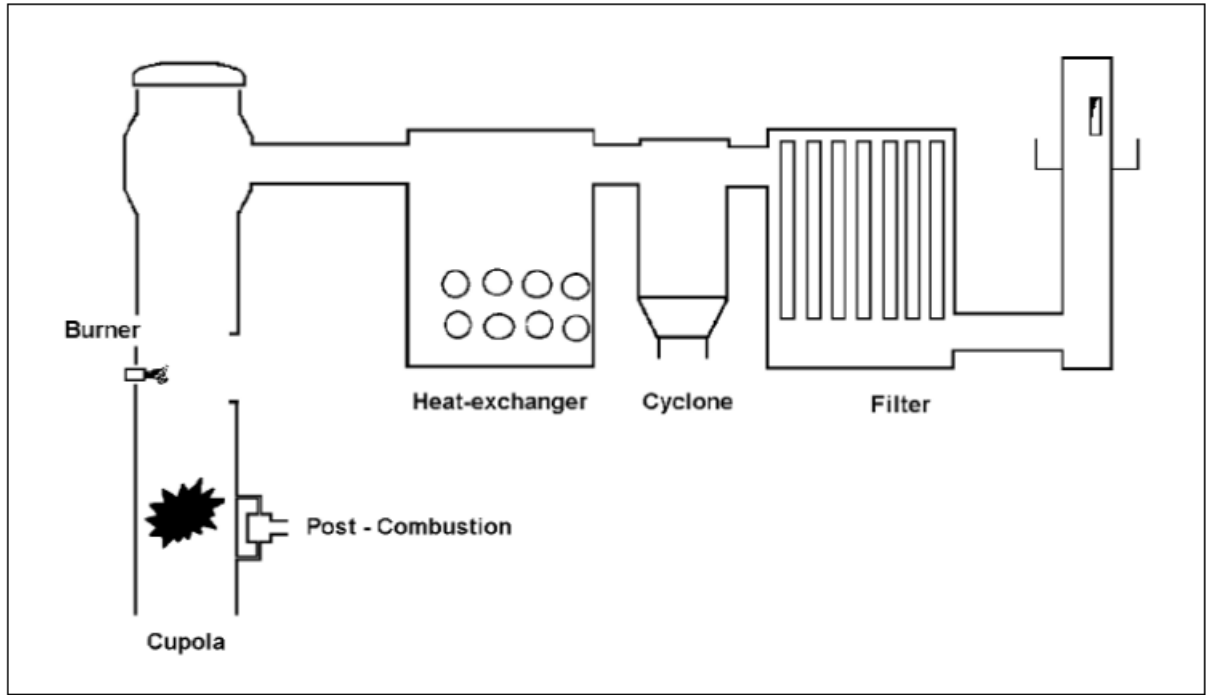
2.5.1.1.1 Kupol Milinde Yanma Sonrası İşlemi

Tanım

Gazlar şarjın üst kısmına ya da şarjın üst seviyesinin üzerinde bir pozisyonda hava enjeksiyonu ile yakılabilir. Hava akımı, çıkış gazlarının CO içeriği ve sıcaklık nedeniyle kendiliğinden tutuşacak şekilde ayarlanır. Enjeksiyon nozulları bir ya da iki seviyede yerleştirilebilir. Hava akımının çeşitli düzeylerde bölümlenmesi, çap seçimi ve nozulların konumu deneyime dayanmaktadır. Optimizasyon amacı, koku tutuşturmaksızın CO'yi yakmaktır. Hava akımı aynı zamanda şarj kapısından havaya karışacaktır. Bu hava fazlalığı, CO'nun daha eksiksiz yanmasını sağlamaktadır.

Alevi korumak için destek bir brülör temin edilebilir. çok düşük kok şarjları kullanılırken (örn. <% 6-8) ihtiyati tedbir makuldur.

Bir torba filtre kullanılırsa, çıkış gazın yanma sonrası işlemi, gaz soğutma işlemi ile birlikte gerçekleştirilmelidir. Sıcak hava kupolü için soğutma işlemi, üfleme hava ön ısıtma işlemi ile birleştirilir. Soğuk hava işletiminde, hızlı bir soğutma işlemi, fırın şaftında su enjeksiyonu kullanılarak uygulanabilir. Alternatif olarak, bir (çıkış gazı - hava) ısı eşanjörü kullanılabilir. Bu durum Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Soğuk Hava Kupol Fırınında Yakma Sonrası ve Çıkış gazı Soğutma İlkesi [157, Godinot, et al., 1999]

Soğuk hava kupolları üzerine yanma sonrası uygulamasının kurulumu sıcak hava işletimine yönelik tam bir güçlendirme işlemi ile kombine edilebilir. Genel olarak, bu seçim işletimsel hususlara dayanmaktadır. Sıcak hava ve uzun operasyon süreli fırınların özellikleri Bölüm 2.4.1’de tartışılmaktadır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yanma sonrası işlemi, CO emisyonunu sınırlar ve organik bileşiklerin çoğunu ortadan kaldırır. Yakılabilir değil ise, bu bileşikler, toz içinde yakalanır veya baca yoluyla dağıtılır. Ayrıca, yanma sonrası işlemi filtrede yangın riskini azaltır.

Bu tekniğin, belirli koşullar altında patlama risklerini önlediği bilinmektedir. Çıkış gazın oto termal olarak çoğu zaman yanıyor olduğu durumlarda olumlu çevresel etkiler sınırlıdır. Aksi takdirde, enerji tüketimi, CO azaltımını karşılıklı olarak dengeleyecektir.

Çapraz - ortam Etkileri

Kupol çıkış gazı kendiliğinden tutuşmaz ise, ateşleme veya destek brülör kurulumu gereklidir. Bu durum önemli bir güç kullanımına tabidir ve genel baca gazı hacmini artırır.

İşletim Verileri

Soğuk hava kupolünde (mil içinde sonradan yakma işlemi ve) soğutma işleminin iki yapılandırması endüstriyel ölçekte çalışılmış ve CTIF ile karşılaştırılmıştır; kupol I, kupol şaftında yer alan bir su enjeksiyonu, bir siklon ve bir torba filtre ile donatılmıştır, kupol J ise bir gaz-hava ısı eşanjörü, bir siklon ve torba filtre ile donatılmıştır. işletim verileri Tablo 4.39 'de verilmiştir. Ölçüm kampanyalarının sonuçları ve uygulanabilir mevzuat referansları Tablo 4.40 'de verilmiştir.

Parametre	Birimler	Dökümhane I	Dökümhane J
Eritme Kapasitesi	tonne/h	10.3	9.2
Birincil + ikincil hava akışı	Nm ³ /h	7389	6484
Yanma sonrası hava akışı	Nm ³ /h	2372	1549
Su akışı	l/h	2678	
Baca gazı akışı (baca)	Nm ³ /h	26780	39179
Torba filtrede kalma süresi yanması	s	10.5	12.3
Kalma süresi soğutma evresi	s	<1.7	6.01
Genel CO yanma verimi	%	66	96.5

Tablo 4.39: Su Soğutma (sağda) ve Hava Soğutma (solda) İşlemlerini Kapsayan Patlama Sonrası Uygulamasını Kullanan İki Örnek Konfigürasyona Dair İşletim Verileri [157, Godinot, et al., 1999]

	Dökümhane I		Dökümhane J		Arrêté du 02/02/98	
Bileşik	Analiz	Akı	Analiz	Akı	Sınır değer	Dikkat sınırı*
Dust	1.7 - 2.8 mg/Nm ³ 3 - 5 g/t	0.04 - 0.07 kg/h	1 mg/Nm ³ 34 g/h		100 mg/Nm ³ 200 g/t	<1 kg/h melt = 8 ton/h
CO	450 Nm ³ /h	560 kg/h	35 Nm ³ /h	44 kg/h		50 kg/h
HCl	22 mg/Nm ³	0.4 kg/h	9.2 mg/Nm ³	0.35 kg/h	50 mg/Nm ³	1 kg/h
HF	13 mg/Nm ³	0.24 kg/h	4.8 mg/Nm ³	0.18 kg/h	5 mg/Nm ³	0.5 kg/h
HCN	<0.007 mg/Nm ³	0.13 g/h	<0.01 mg/Nm ³	0.38 kg/h	5 mg/Nm ³	50 g/h
NH ₃	0.61 mg/Nm ³	12 g/h	0.10 mg/Nm ³	3.8 g/h	50 mg/Nm ³	100 g/h
NO _x	9 mg/Nm ³	0.17 kg/h	15 mg/Nm ³	0.57 kg/h	500 mg/Nm ³	25 kg/h
VOC non- metan	13 mg/Nm ³	0.25 kg/h	6 mg/Nm ³	0.23 kg/h	110 mg/Nm ³	2 kg/h

*: Eğer akı, dikkat sınırının altında ise, ölçülen değer, sınır değeri aşabilir.

Tablo 4.40: Baca Gazlarının Su Soğutma (sağda) ve Hava Soğutma (solda) İşlemlerini Kapsayan Patlama Sonrası Uygulaması İçin Analitik Sonuçlar ve Uygulanabilir (Fransız) Mevzuatı [157, Godinot, et al., 1999]

Su püskürtme yoluyla soğutma işlemi, % 66 CO-imha verimliliği sağlar ve ilgili mevzuat ile uyumu temin eder. Isı eşanjörü üzerinden baca gazı soğutma işlemi, daha iyi verimlilik (%98) sağlar. Soğutma performansı hakkındaki tartışma için de 4.5.2.1'e bakınız.

Uygulanabilirlik

Altın üstte şarj deliği sistemi dahil olmak üzere mevcut bir kupolün çıkış sistemini değiştirmek çoğu durumda imkansızdır. Bu nedenle fırın milindeki atık gazların yanma sonrası uygulaması, bir üst delik şarj çıkışına sahip kupoller için daha uygun bir çözümdür.

Ekonomik nedenlerden dolayı, yanma sonrası uygulaması ağırlıklı olarak sıcak hava kupolü ile ilgilidir. Ancak, son zamanlarda, sıcak hava tesisatlarının karmaşıklığı olmadan sıcak hava fırınları için yanma sonrası sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem şu anda Fransa'da kullanılmaktadır. 'Mil içinde' yanma sonrası işlemi bu nedenle, sıcak hava ve soğuk hava kupol işletimlerinin her ikisi için de geçerlidir.

Çek Cumhuriyeti'nde, soğuk hava kupol teçhizatlarının tüm dizisi üzerinde, mil içinde yanma sonrası işleminin uygulanabilirliğine yönelik çalışma yapılmıştır. Yanma, tüm erime süresi içindeki kurulumların herhangi birinde spontan değildir. Her durumda, önemli gücün ateşleme brülörlerinin kurulumu gereklidir. Kupol emisyon hacmi de artar.

Ekonomi

Yanma sonrası işleminin yüksek enerji tüketimi özelliğinin, faydalarına karşı değerlendirilmesi gerekir. Sıcak hava işletiminde, atık gazlar yayılan ısısı yeniden kullanılabilir ve böylece yatırım daha canlı kalır.

Rekuperatif sıcak hava kupolünde olduğu gibi, yanma sonrası işleminin yüksek enerji tüketimi özelliği, atık gazlar yayılan ısısı yeniden kullanılabilir ise sadece ekonomik açıdan makuldür. Ancak, sadece gaz yakma işlemi nedeni ile bir soğuk hava kupolünden sıcak hava kupolüne geçiş mümkün

değildir. Tercihen uzun operasyon süreli yapılandırmaya sahip sıcak hava kupolü, daha yüksek yatırım maliyetlerini kapsar ve sadece 10 ton Fe/s ya da daha fazla üretim oranları ile kullanılırlar.

Bir saat, bir günün 10 saati, bir haftanın 5 gününde 4.5 ton üreten 850 mm iç çapa sahip ikiz soğuk hava kupolünün yatırım maliyeti EUR 300000 civarındadır.

Uygulama İçin İtici Güç

CO emisyon sınır değerleri ve sürekli izlenmesi ve organik bileşikler için ve emisyon sınır değerleri.

Örnek Tesisler

Bu tekniğin, Fransa'da 2 örnek dökümhanede uygulandığı rapor edilmiştir.

Başvuru Kaynakları

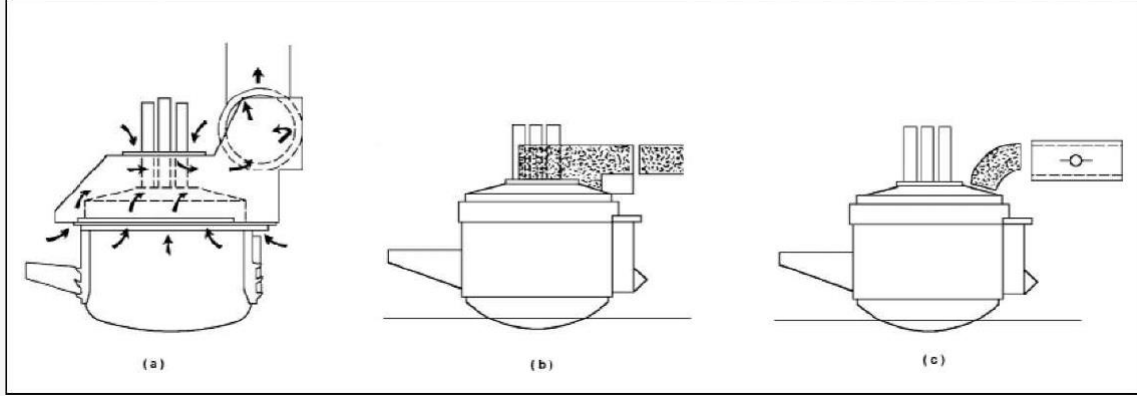
Sıcak hava: [150, ETSU, 1998], [202, TWG, 2002] Soğuk hava: [157, Godinot, et al, 1999], [202, TWG, 2002]

2.5.1.2 EAF (Elektrik Ark Fırını)

2.5.1.2.1 Çıkış Gazı Toplama

Tanım

EAF'tan çıkan partikül madde, çok incedir ve yakalanması zordur. Duman ve toz yakalama işlemi, bir elektrik ark fırınında birtoz hapsedme sisteminin kurulumunda çözülmesi en zor olan sorundur. Farklı avantajlar ve dezavantajlar sunan çeşitli yöntemler vardır. Şekil 4.16, tavana monte davlumbaz, yan çekişli davlumbaz ve dördüncü delik tahliyesi prensibini resmetmektedir.



Şekil 4.16: (a) Çatıya Monte Bir Davlumbaz, (b) Yandan Çekimli Bir Davlumbaz ve (c) Dördüncü Bir Delik İçinden Doğrudan Boşaltım Sistemlerinin Ana Çizimleri [173, Huelsen, 1985]

- *Tavana monte davlumbaz:* Fırın tavanına bir davlumbaz monte edilir ve bu davlumbaz fırın kapağı ve tavanı arasındaki bir boşluk yoluyla duman toplar. Buna ek olarak, çalışan kapı ve musluk deliğinden ortaya çıkan dumanlar da yakalanır. Tavana monte davlumbazlar ağırdır ve sıcak sebebiyle bozulmaya maruz kalırlar. Eğer mevcut bir EAF'ye yerleştirilirler ise, tavanın kaldırma ve döndürme mekanizmasında oluşacak yapısal yük artışı nedeniyle sorunlar ortaya çıkabilir. Bu sistem için tipik ekstraksiyon oranları 7500 ile 15000 Nm³/ton arasındadır.
- *Yan çekişli davlumbaz:* Fırın tavanına bir davlumbaz monte edilir ve bu davlumbaz elektrot bağlantı noktaları üzerinden yayılan dumanı toplar. Kanatçıklar, hava akımını davlumbaza doğru yönlendirir. Çalışan kapı ve musluk deliğinin üzerine konulacak ek davlumbazlar, söz konusu yerlerde emisyonları yakalamak için kullanılır. Yüksek hava ceryan hızlarının dumanı yakalaması gerektiğinden, tavana monte davlumbazlara göre bu davlumbazlarda yüksek ekstraksiyon oranları gereklidir. Sıkı bir kapama sağlanmadığı sürece tesis atmosferine bazı kirletici kaçaqları gerçekleşebilir. Yan çekişli davlumbazın elektrot tüketimini artırdığı rapor edilmiştir
- *Kanopi davlumbaz:* Büyük bir egzoz davlumbazı komple fırın üzerine ve şarj sistemi üzerine yerleştirilir. Bu durum, yüksek çıkarma oranları kullanılsa dahi, yükselen duman ve toz kontrolünü zorlaştıran fırın ve ekstraksiyon sistemi arasında büyük bir boşluk oluşturur. Çapraz ceryanlar, toplama verimliliğini ciddi anlamda bozabilir. Bu dezavantajlar, bu toplama sistemlerinin kullanılmasını çekici kılmaz.
- *Doğrudan fırın ya da "dördüncü delik" tahliyesi:* Dumanlar, fırın tavanındaki dördüncü deliğe bağlı su soğutmalı veya refrakter astarlı bir kanal vasıtasıyla toplanır. Ortam havası böylece seyreltilmemiş ve sıcak çıkış gazında CO gazı yakmak için oksijen sağlayacak şekilde havalandırma kanallarındaki bir bağlantı ile aspire edilir. Bu durum toz toplama sisteminde meydana gelecek patlamaları önler. Yanma odasının boyutları, eritme döngüsünün her aşamasında yeterli yanmayı temin etmek için çok önemlidir. Yanmış gaz (900 ° C); ortam havası, su enjeksiyon, ısı eşanjörü (su ceketleri) ile seyreltme veya uzun kanalların kullanımı ile aşağıakım soğutulur. Bu soğutma işlemi, toz filtresi ekipmanlarını korumak için gereklidir. Fırında bir basınç kontrol sistemi kullanımı, fırında 2000 - 4000 Nm³/ton oranlarında nispeten küçük bir ekstraksiyon oranı sağlar. Elektrot tüketimi, oksidasyon etkisi nedeniyle genellikle daha yüksektir
- *Kısmi fırın muhafazası:* Mobil ya da sabit muhafazalar, fırın ve akıtma alanı etrafına monte edilir. Birincisi, şarj ve akıtma işlemleri için geri çekilirken, ikincisi aynı amaç için mobil bir çatı ve yan duvarlar ile donatılmıştır. Egzoz gazları, egzoz dumanı yönlendirmek üzere kanal içindeki fanlar tarafından desteklenen muhafazanın üst kısmında bir ana egzoz kanalı ile toplanır. Bu sistem toplama türleri ile, % 98'e kadar verimlilik sağlanması mümkündür.

- **Tam fırın muhafazası:** Bu sistem eritme fırını ve pota çukurunu tamamen çevreleyen büyük bir salınlı bölüme odasından oluşur. Muhafaza, hem şarj hem de akıtma işlemlerini karşılamak için hareketli bir çatı ve/veya yan paneller ile donatılmıştır. Bu muhafaza, gaz kayıplarını azaltmak için hava perdeleri ile donatılabilir. Tekniğin dezavantajları, muhafaza içinde yüksek sıcaklık ve gürültü seviyeleridir. Ancak, sağladığı avantajlar ise düşük dış gürültü seviyeleri ve düşük enerji tüketimidir. Enerji tüketimi, konopi davlumbaza gerekli olandan % 30 ila % 50 daha az olduğu tahmin edilmektedir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Baca gazı yakalama, baca gazı akışının kontrollü tahliyesini ve arıtımını sağlar ve hem kaçak hem de güdümlü emisyonların minimizasyonu ile sonuçlanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz yakalama işlemi, enerji tüketimini artırır. Egzoz gazı temizliğini sağladığından, bertaraf edilecek ya da yeniden kullanılacak toz üretecektir.

İşletim Verileri

Tablo 4.41, çeşitli yakalama sistemleri için tipik egzoz tahliyeleri ve giderim verimlerini sunar:

	Belirli fırın kapasitesi için egzoz akış oranı			Partikül giderme verimi (%)	
	3.9 t/h	9.1 t/h	22.7 t/h	Aralık	Tipik maks.
Yan çekişli davlumbaz	12.9	19.8	50.00	90 - 100	99
Tavan davlumbazı	7.7	11.9	30.00	95 - 100	99
Doğrudan tahliye	3.2	5.0	12.5	90 - 100	99
Tam muhafaza			35 - 42		

Tablo 4.41: EAF Egzoz Yakalama Sistemlerinin Genel Egzoz Akış Oranları (m³/s) ve Partikül Kaldırma Etkinliği [173, Huelsen, 1985]

Polonya’da bir dökümhanede, her biri 8,5 ton kapasiteli iki EAF üzerinde tam muhafazanın kurulumu, eritme işleminden kaynaklı 91 dBA’dan, 85 dBA’dan daha az gürültü seviyesinde bir azalma ile sonuçlanmıştır.

Uygulanabilirlik

Yukarıda belirtilen teknikler aşağıdaki sınırlamalarla birlikte, tüm yeni ve mevcut elektrik ark ocağı fırınlarında uygulanabilir:

- Mevcut bir fırına bir tavana monte davlumbaz monte edildiğinde, tavanın kaldırma ve döndürme mekanizmasında oluşacak yapısal yük artışı nedeniyle sorunlar ortaya çıkabilir
- Dördüncü bir delik kullanarak doğrudan fırın tahliyesinin kullanımı, tavanın herhangi bir yapısal zayıflama olmadan dördüncü bir deliği kaldırabilecek kadar büyük olması gerektiğinden büyük elektrik ark ocağı ile sınırlıdır. Taze hava-akışının aşırı karbon oksidasyonu üretmesi nedeniyle teknik, demir eritme işlemi için uygulanamaz.

Ekonomi

Kanal ve filtrasyon sisteminin ileri yenilenmesine ait maliyetler hariç EUR 275.000 (1996 fiyatlarıyla) bir yatırımı içeren her biri 8,5 ton kapasiteli iki EAF’ın üzerinde bir brülör odacığının inşaatı ve montajı.

Uygulama İçin İtici Güç

İşçi sağlığı ile ilgili önleme tedbirleri. Egzoz gaz akışını yönlendirerek bir gaz temizleme tekniğinin uygulanmasını sağlar.

Örnek Tesisler

Brülör odacığı: Metalodlew Dökümhanesi, Krakow (PL)

Çıkış gazı toplama: Metso Lokomo Çelikleri ve Sulzer Pumps Karhula Dökümhanesi (FIN)

Başvuru Kaynakları

[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [173, Huelsen, 1985] [199, Metalodlew s.a., 2002]

2.5.1.2.2 Egzoz Gazı Temizleme

Tanım

EAF baca gazı için gaz temizleme sistemleri, parçacık boyutu küçük olduğundan yüksek düzeyde verimliliğe sahip olması gerekir. Kumaş filtreler, egzoz gazlarının tozsuzlaştırılması için yaygın olarak kullanılır. Venturi

Bölüm 4
yıkayıcılar veya parçalayıcılar, yüksek enerji tüketimi, boşaltım işleminden önce su arıtma uygulamasının gerekliliği ve sulu filtre çamurlarının bertaraf veya geri dönüşüm ihtiyacı nedeniyle daha az uygulanır. Gazı sıcaklığı ve egzoz gazlarının partikül konsantrasyonundaki geniş dalgalanmalar nedeniyle kumaş filtreler, elektrostatik filtreler lehine yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kumaş filtrenin kullanımı durumunda, Bölüm 4.5.1.3 tartışıldığı üzere filtre ortamını korumak için çeşitli önlemler alınması gerekir. Bunlar şunlardır:

- Yüksek sıcaklık siklon veya multisiklon kullanımı,
- Gaz soğutma ekipmanlarının kullanımı. Bu hususta, egzoz gazları; ortam havası ile seyreltme, su enjeksiyonu (şoklama), ısı eşanjörü veya uzun kanalların kullanımı yöntemleri ile soğutulur. Özellikle su enjeksiyonu; egzoz gazlarının hızlı soğuması, herhangi bir kısmen yanmış organik maddenin rekombinasyonunu önlediğinden temiz bir emisyon sunarak ek bir avantaj ortaya koymaktadır. Soğutma sistemi, çok sıcak gazların kumaş filtrelere girmesini önlemek için etkin bir kontrol sistemine ihtiyaç duyar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

EAF'dan çıkan partikül emisyonlarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Sulu tozsuzlaştırma tekniklerinin uygulanması, daha yüksek bir enerji tüketimi, başaltma işleminden önce su arıtma uygulamasının gerekliliği ve sulu filtre çamurlarının bertaraf veya geri dönüşüm ihtiyacına neden olur.

İşletim Verileri

İşletim Verileri Bölüm 3.2.3.4'de verilmiştir. Mevcut torba filtreler, 2:1 ve 3:1 arasında hava/bez oranlarına sahiptir. Hava/bez oranı, filtre aracılığıyla ortam alanına hacimsel hava akımı oranıdır ve (m^3/s)/ m^2 ile ifade edilir ve havanın filtre ortamı aracılığıyla hız kazanması ile aynı sonucu verir.

Uygulanabilirlik

Bu teknikler, tüm yeni ve mevcut tesisler için uygulanabilir.

Ekonomi

İki 8.5 t/h eritme fırını kullanan Polonya'da mevcut bir EAF dökümhanesindeki yeni bir toz yakalama ve filtrasyon ünitesi kurmaya yönelik meliyetler, Tablo 4.42'de özetlenmiştir. Toz emisyonları 10-13 kg/h ve 145-150 mg/Nm³'den 0,2 - 0,25 kg/h ve 2,8-2,9 mg/Nm³'e düşürülmüştür. Ayrıca eritme atölyesinden çıkan kaçak emisyonlarda önemli bir azalma olmuştur.

Yatırım maliyeti	EUR*
Eski toplayıcının temellendirilmesi ve yeniden yapılanması	115000
2 fırın üzerinden brülör odacığının muhafazasının yapımı ve montajı	275000
Filtreleme ünitesi ve elektrikli aletlerin satın alınması ve montajı	560000
Araştırma, uygulama ve denetim	80000
İşletimsel maliyetler	EUR/year
Amortisman maliyeti	100000
Elektrik gücü	88000
Onarımlar ve servis	1500
* Ücretler zlotys 1999'dan dönüştürülmüştür	

Tablo 4.42: EAF Baca Gazı Yakalama ve Temizleme Ekipmanı İçin Maliyet Verileri [199, Metalodlew s.a., 2002]

Uygulama İçin İtici Güç

Metallerin eritilmesinden ortaya çıkan toz emisyonlarını sınırlayıcı yönetmelik.

Örnek Tesisler

Torba filtre ünitesine sahip brülör odacığı: Metalodlew Dökümhanesi, Krakow (PL) Metso Lokomo Steels ve Sulzer Pumps Karhula Döküm (FIN)

Başvuru Kaynakları

[173, Huelsen, 1985], [32, CAEF, 1997], [29, Batz, 1986], [199, Metalodlew sa, 2002]

2.5.1.3 İndüksiyon Ocağı

2.5.1.3.1 Çıkış Gazı Toplama Tanım

Herhangi bir egzoz mili olmadığından duman ve toz yakalama işlemi, bir maçasız indüksiyon ocağı üzerinde çıkış gazı toplama sisteminin kurulmasında çözümü en zor olan sorundur. Son on yıl içinde, her biri avantaj ve dezavantaj sunan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Çalışma alanında genel havalandırma: Fırın platformunun üzerine yerleştirilen duvara monte havalandırma panjurları ve tavana monte vantilatörler kombinasyonu duman ve kirli havanın doğal konveksiyon artırmak ve bunları dış alana yönlendirmek üzere kullanılır. Tavandan asılı ve yüksek ekstraksiyon oranları kullanan tamponlar dahi güçsüzdür ve hava cereyanları ile kolayca bozulabilir.

- Kanopi davlumbaz ekstraksiyonu: Alta yerleştirilen davlumbazlar vinç şarj sistemlerine müdahale edeceğinden, büyük davlumbaz sistemlerinin şarj cihazı üzerinde kurulu olması gerekmektedir. Bu durum fırın ve ekstraksiyon sistemi arasında büyük bir boşluk oluşturur ve yüksek çıkarma oranları kullanılarak bile yükselen duman ve toz kontrolü zor hale gelir. Çapraz hava cereyanları sistemin toplama verimliliğini ciddi anlamda bozabilir. Bu dezavantajlar, bu toplama sistemlerinin kullanımını çekici kılmamaktadır.
- Döner kenarlı davlumbazlar: Bu davlumbazlar, titreşimli besleyiciler ile birlikte kullanıldığında daha verimlidir. Davlumbazdaki devre kesme işlemleri şarjı kolaylaştırabilir. Akıtma işlemi sırasında, davlumbaz pota üzerinde döndürülür ve böylece verimli emiş sağlar.
- Yan cereyanlı davlumbaz: Ekstraksiyon davlumbazını fırının yanına yerleştirmek iyi bir fırın erişilebilirliği sağlar ve şarj sistemi ile fırın arasındaki teması keser. Egzoz gazlarının yüksek kaldırma kuvveti nedeniyle, büyük ekstraksiyon oranları elde edilir, bu nedenle özellikle davlumbazın fırın platformu dışına yerleştirildiğinde iyi bir verim sunar. Bu durumda akıtma sırasında ekstraksiyon kontrolü zayıftır. Fırın platformuna uygulanacak bir eklenti bu sorunu çözebilir ancak şarj işlemlerine engel olabilir. Verimlilik, davlumbazın karşı tarafına toz ve dumanı davlumbaza üfleyecek hava jetleri kurarak geliştirilebilir. Ne yazık ki, şarj işlemi sırasında da olduğu gibi hava akımında herhangi bir müdahale var ise bu tesis çalışmaz.
- Ağız ekstraksiyonu: fırının üstüne bir emme halkası yerleştirilir ve cüruf giderme veya akıtma işlemleri sırasında fırın ile hareket edecek şekilde düzenlenir. Bu sistem, şarj işlemlerine müdahale etmez. Kapalı kapağı ile, emisyon kaynağına mümkün olduğu kadar yakın olduğundan ve en düşük ekstraksiyon oranları içerdiğinden, dudak ekstraksiyonu çok iyi bir kontrol sunmaktadır. Duman, fırın operatörlerinin solunum bölgesi üzerinden geçmemektedir. Ancak, ekstraksiyon kontrolü, örneğin şarj sırasında fırın kapağı açılır ise önemli ölçüde azalır.
- Bu ekstraksiyon ekipmanlarının tasarımı üzerinde bir çok çalışma yapılmıştır. Tedarikçiler bazı dezavantajları ortadan kaldırmaya yönelik çözümler sunmaktadır.
- Kapak ekstraksiyonu: Gaz, fırın kapağı yoluyla dışarı atılır. Bu yöntem çok etkilidir. Bu yöntem, fırın üreticilerinin büyük bir çoğunluğu tarafından kullanılmaktadır. Dışarı atma işlemi fırın rejimine göre (şarj etme, eritme, dökme) yönetilmektedir.

Toplama sistemi kabul bölümünün fırına yakın konumlandırılmış olduğu durumlarda gazların yüksek sıcaklıklarda olabilmesi nedeniyle, davlumbaz ve kanallar için kullanılan malzemeye dikkat edilmelidir. Eriyik metal banyosundan çıkan radyasyon veya konveksiyonun gerektirdiği ısıtma işleminin tasarım aşamasında dikkate alınması gerekir. Isı sensörleri ile birlikte düzenli bakım yangın riskini azaltır.

Hurda temizliği yine önemli bir rol oynar. Hurdanın organik madde içerdiği durumlarda, toplanan gaz sıcaklıkları, malzemenin yanması nedeniyle artabilir ve böylece ısıya dayanıklı çelik ya da refrakter astarları kullanımını gerektirir. Kanal sistemindeki yağlı buhar yoğunlaşması ile oluşan yağlı birikimler toz biriktirir ve eğer düzenli olarak temizlenmezse bir yangın tehlikesi yaratabilir. Temiz hurda kullanırken, hafif bir çelik yapı yeterlidir ve temizlik için erişilebilirlik ihtiyacı yoktur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Baca gaz yakalama işlemi, baca gazı akışının kontrollü tahliyesini ve arıtılmasını sağlar ve hem kaçak hem de güdümlü emisyonların en aza indirilmesi ile sonuçlanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz yakalama işlemimi uygulamak enerji tüketimini artırır. Buna ek olarak, egzoz gazı temizliği sağladığından aynı zamanda bertaraf edilecek ya da yeniden kullanılacak toz üretecektir.

İşletim Verileri

Yan hava cereyanlı davlumbazlar, hareketli ekstraksiyon davlumbazları ve fırın kısmi iç ekipmanı gibi özel

Almanya'daki bir dökme demir dökümhanesinde elde edilen işletimsel deneyim, fırın kapağının fırın çalışma süresinin ortalama % 25'i boyunca açık olduğunu göstermiştir. Açık olduğu dönemler sırasında, katkı maddelerinin beslenmesi, cürüf giderme ve dökme gibi toz üreten proses adımları gerçekleşmektedir. Fırın kapağının üzerine kurulu dudak ekstraksiyon sistemi, oluştan dumanın ekstraksiyonuna izin vermez. Teleskopik bir kanopi davlumbazın kurulumu, fırın kapağının açılması sırasında etkin bir egzoz yakalama uygulamasına olanak sağlar.

Uygulanabilirlik

Egzoz yakalama ekipmanının kurulumu hem demirli hem de demir dışı dökümhanelerde tüm yeni ve mevcut indüksiyon ocağı tesislerinde uygulanabilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Havaya emisyonlar ile ilgili yönetmelikler.

Örnek Tesisler

Bu teknikler genellikle Avrupa'daki indüksiyon ocağı kullanılmaktadır. Belirli bir örnek olarak Walter Hundhausen GmbH & Co KG (D) verilebilir.

Başvuru Kaynakları

[29, Batz, 1986], [18, Rademacher, 1993], [32, CAEF, 1997]

2.5.1.3.2 Egzoz Gazı Temizleme

Tanım

Yakalanması gereken gaz partiküllerinin boyutunun küçük olması gerektiğinden indüksiyon ocağına yönelik baca gazı temizleme sistemleri yüksek düzeyde verimli olması gereklidir. Kumaş filtreler, egzoz gazlarının tozsuzlaştırılmasına yönelik yaygın olarak kullanılır. Gazı sıcaklığı ve egzoz gazlarındaki partikül konsantrasyonundaki geniş dalgalanmalara daha uygun olması sebebiyle kumaş filtreler, elektrostatik filtreler lehine kullanılır.

Yağlı buharın, gözenekleri kapatan ve yapışan tozun giderilmesini mümkün kılan, filtre bez üzerinde yoğunlaşabileceğinden kumaş filtreler kullanılırken hurdada yağ varlığı hususuna önem verilmelidir. Ayrıca olası bir yangın tehlikesi vardır. Gözenekler çabuk bloke olduğunda sistemin basınç kaybındaki hızlı artış, sistemin ekstraksiyon hızını azaltır. Bu nedenle, filtrenin çalışma alanındaki kirliliği önlemek için filtre ortamı değiştirilmelidir veya temiz hurda kullanıldığında çok daha hızlı rejenere (temizlenmiş) olmalıdır. Havalandırma kanallarında kaplamalı kumaşlar veya bir kireç enjeksiyonunun kullanımı, bu soruna bir çözüm olabilir. Ayrıca, yağ buharının havalandırma kanalları yanması olası ise, bu proses, yanma için yeterli zamanın buhar filtre içine girmeden önce tamamlanması için izin vermelidir. Gaz sıcaklığı kumaşın tasarı sıcaklığını aşmayabilir, bu durumda gazların soğutulması gerekebilir.

Karbonlu ve metalurjik dumanın çok küçük parçacıklardan oluşmasından dolayı kullanılan sulu yıkayıcılar genellikle yüksek enerji türünden (venturi) olması gerekir. Bunlar, parçacıkları toplamak amacıyla yıkayıcı içinde yeterli türbülans oluşturmak için kayda değer bir fan gücü gerektirir. Egzoz akış oranları bu nedenle, en az sürüklenen ortam havasına sahip egzoz yakalama sistemleri kullanılarak minimuma tutulur. Normal şartlar altında, korozyon, bir sorun değildir. Kesme sıvıları içeren sondaj, fırına boşaltıldığında, bu sıvıların bazılarının SO₂ oluşumuna yol açan kükürt içerebildiğine dikkat edilmelidir. Bu durum, su arıtma işlemi uygulanabilir değilse, yıkayıcıdaki SO₂ emiliminin suyun asitlenmesine ve sonunda ekipman korozyonuna neden olarak ekipman sorunlarına yol açabilir.

Bazı alüminyum dökümhaneleri, alüminyumun elektrolizi ile geri kazanılan malzemeyi eritir. Bu durumda, hidrojen florür gibi inorganik kirleticiler oluşabilir. Bunlar, kimyasal turunma adımı kullanan baca gazından arındırılabilir; bu adım ise toz azaltma sistemi üzerine eklenebilir. Bu işlemde kalsiyum hidrat veya alüminyum oksit adsorban olarak kullanılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

İndüksiyon eritme fırınlarından çıkan partikül ve asitleştirici emisyonları azaltmaya yöneliktir.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz gazı temizleme işlemi, enerji tüketimini artırır. Egzoz gazının tozsuzlaştırılması, bertaraf edilecek veya yeniden kullanılacak toz üretir. Sulu toz giderme tekniklerinin uygulaması, yüksek enerji tüketimi, boşaltım işleminden önce su arıtma uygulamasının gerekliliği ve sulu filtre çamurlarının bertaraf veya geri dönüşüm ihtiyacına yol açar.

İşletim Verileri

Yakalanan gazların temizlenmesi genellikle filtreler kullanılarak yapılır. Günlük ortalama toz emisyon değerleri 10 mg/Nm^3 'ün altında kalır. İşletim verileri Bölüm 3.2.4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.43, bir torba filtre kullanılarak gerçekleştirilen tozsuzlaştırma işlemi uygulayan, merkezi bir baca gazı yakalama sistemine sahip bir Alman dökme demir dökümhanesine yönelik işletim verileri sunmaktadır. Sistem, dört indüksiyon ocağı (her biri dudak ekstraksiyonu ve kanopi davlumbazına sahip), hurda depolama ve ön ısıtma, metal işlem, kum rejenerasyonu ve döküm alanları dahil olmak üzere dökümhanenin çeşitli alanlarında egzoz gazı toplar. Veriler, fırın çıkış gazının ham eritme, ham kombine gaz akışı ve temiz gaz akışı işlemlerine yönelik olarak verilmiştir.

Bileşik	Çıkış gazı eritme	Kombine egzoz gazı	Temiz gaz*
Toz	89.3	237	<1
NO _x	1.6	8.3	7.9
CO	2.2	4.2	3.8
SO ₂	3.5	3.9	3.7
Toplam C	21.8	34.7	34.9
PCDD/-F		0.036×10^{-6}	0.0027×10^{-6}
* NO _x , CO, SO ₂ and toplam C, torba filtrede yakalanmaz. Ham ve temiz gazlar arasındaki fark ID fan sonrasında kısmi olarak değişen gaz karışımının sonucudur. Eritme kapasitesi 14 ton/h, toplam baca gazı akışı 240000 m ³ /h . Tüm veriler mg/Nm ³ birimde verilmiştir.			

Tablo 4.43: İndüksiyonda Eritme ve Torba Filtreli Bir Merkezi Egzoz Sistemini Kullanan Bir Döküm Demir Dökümhanesi İçin Emisyon Verileri [18, Rademacher, 1993]

Uygulanabilirlik

Bu teknik hem demirli hem de demir dışı dökümhanelerde tüm yeni ve mevcut indüksiyon ocağı tesislerinde uygulanabilir.

Ekonomi

120000 Nm³/h işlem yapabilen 15 ton/saat erime kapasitesinde bir pota indüksiyon fırını ünitesi üzerinde bir torba filtre kurulumuna yönelik maliyet ve tüketim verileri Tablo 4.44 'de verilmiştir.

Toz emisyonu seviyesi (mg/Nm ³)	Yatırım maliyeti (EUR)	Enerji tüketimi (kW)
<5	350000	250
<20	200000	150

Tablo 4.44: Çeşitli Nihai Toz Emisyon Seviyelerine Sahip İndüksiyon Fırınlarında Bir Torba Filtre Ünitesi İçin Yatırım Maliyeti ve Güç Tüketimi [225, TWG, 2003]

Uygulama İçin İtici Güç

Metallerin eritilmesi ile ortaya çıkan toz emisyonları sınırlayıcı yönetmelik.

Örnek Tesisler

İndüksiyon ocağı kullanan çoğu demirli dökümhaneler ve sınırlı sayıda demir dışı dökümhanelerde baca gazı temizleme işlemi uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[18, Rademacher, 1993], [32, CAEF, 1997], [29, Batz, 1986]

2.5.1.4 Döner Fırın

2.5.1.4.1 Çıkış Gazı Toplama ve Atık Gaz Temizleme Tanım

Çoğu durumda, tozsuzlaştırma ekipmanlarına, yürürlükteki yönetmeliklere uyuma yönelik olarak ihtiyaç duyulur. Genel olarak, torba filtreler, bu amaç için kurulur ancak sulu toz giderme tekniklerini kullanmak da teknik olarak mümkündür.

Egzoz gazlarının sıcaklığı düşürmek için, bu gazlar ortam havası ile seyreltilir. Bu uygulama, fırın egzozu ve dirsek biçimli egzoz borusu arasındaki bir boşluk hava yoluyla alım ile elde edilir. Fırın gövdesinin dönmesine ve eğilmesine olanak sağladığından bu boşluk her zaman mevcuttur. Genellikle egzoz borusu geri çekilebilir. Genel olarak, emisyon azaltımına yönelik seyreltme işlemi kabul edilemez. Seyreltme işlemi soğutma için (gerekli olarak) kullanılır ise, boru sonu teknolojisinin daha büyük bir gaz akışı için doğru boyutta olması gerekmektedir. Bazen seyreltilmiş atık gazlar daha sonra daha fazla soğutma için hava-gaz ısı eşanjörü ile beslenir. Bu şekilde gaz sıcaklığı, 1500 °C'den 200 °C veya daha düşük derecelere kadar düşürülür.

Bir son yakıcı uygulaması, organik karbon emisyonlarının ve yanıcı parçacıkların azaltılmasını sağlar. Bu teknik aynı zamanda gazların soğutulması sonrasında dioksin oluşumu riskini azaltmada etkili olabilir. Son yakıcı, fırının arkasına ve eşanjörün önüne yerleştirilir. Aşağıdaki son yakıcı türlerinden biri kullanılabilir:

- Termal yakıcı: açık bir alevde yanma
- Katalitik yakıcı: bir katalizör kullanımı ile düşük sıcaklıklarda yanma, yüksek verim ve düşük NOx emisyonu ile sonuçlanır
- Reküperatif yakıcı: yanma havasının ön ısıtılma işlemi için bir ısı geri kazanım ile yanma, yüksek ısı verim ve düşük yakıt tüketimi ile sonuçlanır.
- Katalitik reküperatif yakıcı: önceki iki türün bir kombinasyonudur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Döner fırınlardan çıkan partikül emisyonlarının azaltılması.

2.5.1.5 Potalı, Ocak Tipi ve Radyan Çatılı Fırınlr

2.5.1.5.1 Eritme ve Metal Arıtma Sırasında Görünür ve Kaçak Emisyonların Önlenmesi

Tanım

Normal çalışma koşulları altında, saf metal eriyikleri kullanan eritme prosesleri, görünür duman yaymaz. Bununla birlikte, fırının şarjı sırasında görünür bir duman üretebilmesi mümkündür. Bu durum, yağ veya boya gibi şarjdaki kirleticilerin yanmasına ya da katı veya sıvı yakıt kullanımında olduğu gibi, söndürülen blülör alevi ve yayılan yanmamış yakıtla bağlı olabilir. Bu şartlar altında, bir son yakıcı kurulabilir.

Görünür duman ve kaçak emisyonları yakalamak için davlumbazlar da kurulabilir. Temiz hurdanın eritilmesi bu tür emisyonları önler ya da en aza indirir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Eksik yanma ürünlerinden kaynaklanan havaya emisyonların azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Duman yakalama işlemi elektrik enerjisi kullanımını kapsayacaktır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve mevcut pota ve hazne tipi fırınlar için geçerlidir.

Uygulanması için, mevcut fırın tasarımı ve işletilmesinden kaynaklı herhangi bir kısıtlamanın dikkate alınması gerekir. Bunlara, örneğin vinç parçalarından, binanın mevcut yapı elemanlarından veya fırının kendisine bağlı nedenlerden kaynaklanan fiziksel kısıtlamalar dahildir. Etkili olabilmesi için ekstrasyonun, dökme işlemini gerçekleştirmek üzere eğildiğinde akıtma işleminin pik emisyon işletimlerinden biri olması sebebiyle, fırın gövdesi ile birlikte hareket edeceği şekilde ayarlanması gerekmektedir. Bu koşulu, mevcut fırın gövdeleri ile karşılamak her zaman kolay değildir. Ayrıca ilişkili kanalların konumu ile ilgili fiziksel sorunlar da olabilir. Bazı durumlarda, kanalların kurulumunu mümkün kılmak üzere fırının platformuna ve çevredeki alanlara uygulanan büyük değişiklikler gerekli olabilir.

Ekonomi

Aşırı (en kötü durum) senaryo için bir maliyet tahmini, yani tüm tozların ücretlendirme ve dinleme, CTI tarafından yapılmıştır. Tablo 4.45, varsayılan 10 yıllık ömre sahip ekstrasyon ve azaltma donanımlarının amortismanına tabi maliyetleri kapsayan bir 'ortalama dökümhane' için bu mali verileri özetlemektedir. Ancak, bu tahmin, genel olarak dökümhane düzeni ve kullanılan tekniğe bağlı olarak değişebilir.

Ekstrasyon oranı m3/dakika	Üretim oranı ton/saat	Maliyetler EUR		Enerji kW	EUR/ton eriyik metalin maliyetleri		
		Sermaye	Resmi		İşletim	Finansal	Toplam
142	0.5	117573	15676	40	15.24	18.81	34.05
	(yıllık 1150 ton)						
Not: - Resmi maliyetler, sermaye maliyetlerinin %12'si olarak alınmıştır - İşletim maliyetleri, bakım ve atık bertarafı maliyetlerine dayanmaktadır ve sermaye maliyetlerinin %10'una ve EUR 0.06/kWh'lik enerjiye eşittir. - Finansal maliyetler %10 hisse ödemesi ile on yılın üzerinde bir süre için amortize edilen tesislere dayanmaktadır.							

Tablo 4.45: Boşaltma ve Döküm Sırasında Görülür Dumanlar İçin Bir Azaltma Sisteminin Kurulması İçin Bir Maliyet Tahmini
[161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

Bu örnekte, kullanılan ön-şartlar kapsamında, söz konusu görünür emisyonların azaltılmasına yönelik maliyetler, eriyik metal tonu başına yaklaşık EUR 34,05 olacaktır.

Uygulama İçin İtici Güç

Görünür emisyon oluşumunu sınırlayıcı yönetmelikler.

Örnek Tesisler

Bu teknik genellikle Avrupa civarındaki dökümhanelerde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

2.5.1.6 Metal Arıtma

2.5.1.6.1 AOD Dönüştürücü: Egzoz Gazı Yakalama ve Arıtma

Tanım

Pik sadece nispeten kısa bir süre devam edebilse dahi, pik atık durumunu kontrol edebilmek adına kirlilik kontrol ekipmanlarının tasarlanması gerekir.

AOD tankları için sis kontrolü davlumbazları çok çeşitli şekil ve büyüklükte üretilir. Doğrudan ekstrasyon davlumbazına alternatif olarak çatı kanopisi verilebilir. Çatı kanopileri birkaç AOD tesisinde kullanılmaktadır ve verimli şekilde şarj ve akıtma gibi diğer işlemlerden kaynaklanan AOD prosesi sisi ve dumanını etkin bir şekilde yakalar. Bu çatı kanopileri AOD ağızı üzerindeki hızlandırıcı yığınlar ile birlikte kullanılabilir. Hızlandırıcı yığını, AOD'dan daha tutarlı bir gaz sütunu çıkarılması, gerekli kanopinin boyutunun azaltılması ve etraftaki ekipman ve personelin AOD alevinin yoğun radyasyonundan korunması gibi uygulamalar dahil olmak üzere birçok kullanışlı fonksiyona

sahiptir. Çatı kanopinin ana avantajı aynı davlumbazda hem proses hem de kaçak sızıntıları yakalamasıdır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Baca gazı yakalama işlemi, baca gazı akışının kontrollü tahliyesine ve arıtılmasına olanak sağlar ve hem kaçak hem de güdümlü emisyonların minimizasyonu ile sonuçlanır.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz gazı temizleme işlemi enerji tüketimini artırır. Egzoz gazının tozsuzlaştırılması bertaraf edilecek veya yeniden kullanılacak toz üretir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut AOD tesislere uygulanabilir.

Metallerin eritilmesinden kaynaklanan toz emisyonu sınırlayıcı yönetmelikler.

Örnek Tesisler

Örnek Tesislerin İtalya ve Finlandiya'da bulunduğu rapor edilmektedir.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002]

2.5.1.6.2 Nodülerizasyon: Çıkış Gazı Toplama ve Tozsuzlaştırma

Tanım

Uygulanan egzoz toplama tipi nodülerizasyon için kullanılan yöntemle bağlıdır(bkz 2.4.12.4). Tekniğe bağlı olarak önemli miktarda MgO, beyaz duman olarak yayılabilir. Çeşitli nodülerizasyon tekniklerinin özellikleri Tablo 3.20'de verilmiştir. Genel olarak daha yüksek bir alma verimliliğine sahip teknikler düşük emisyon ile sonuçlanır. Bu, nodülerizasyonun dökme işlemi sırasında gerçekleştiği 'kalıp içi' prosesi için de geçerlidir.

“Potada” nodülerizasyon için, bir kapatıcı veya kapak kullanımını kapsayan teknikler önemli oranda emisyon azaltımı ile sonuçlanır.

Nodülerizasyon çıkış gazı yakalanmıyorsa, bu durum eritme atölyesinin beyaz duman ile dolmasına ve MgO tozunun dışarı çıkmasına neden olabilir. Filtreleme işlemi kapsamayan egzoz, dökümhanede görünür bir emisyon oluşumuna neden olabilir. Büyük hacimde görünür partikül, nispeten kısa bir sürede oluşabilir, ancak genellikle sadece kısa bir süre boyunca (işlem gören her parti için 5 ila 10 dakika) devam edebilir.

Potada nodülerizasyon işlemi, eritme atölyesi içinde belirli bir stand veya yerde gerçekleştirilebilir. Erimiş metali barındıran pota, dökümden sonra ancak döküm fırını veya istasyonuna alınmadan önce bu noktaya getirilir. Bu durum, egzoz yakalama için sabit bir davlumbazın kurulumuna

imkan tanır.

MgO sisini toplama işlemi, gazların çok sıcak olması ve yoğun Mg reaksiyonunun kıvılcıma neden olduğu gerçeği ile engellenir. Yüksek yukarı rotada hız ve sıcaklık nedeniyle büyük miktarlarda ortam havasının da çıkarılması gerekir. Bu durum, büyük ölçekli ve yüksek maliyetli bir kurulum gerektirir. Egzoz gazının kuru filtrasyonu (torba filtre kullanılarak), pigmentlerde veya yüksek sıcaklığa dayanıklı malzeme üretimi için yeniden kullanılabilir bir MgO tozu ile sonuçlanır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Mg'nin çevreye zararlı hiçbir etkisi yoktur ve Mg küçük konsantrasyonlarda hayvanlar ve tesisler için gerekli bir besindir. İngiltere, mesleki maruziyet limitleri, MgO toz ve solunabilir duman (Mg olarak ifade edilen) için 4 mg/m³'lük bir uzun süreli maruz kalma limiti (8 saatlik TWA) bildirmektedir.

Çapraz - ortam Etkileri

Magnezyum oksit dumanının yakalanması artan enerji kullanımı gerektirir ve bu yüzden enerji üretiminden kaynaklanan artan emisyon sonuçları ile sonuçlanır. MgO tozunun harici yeniden kullanımı, azalan birincil malzeme ihtiyacına neden olur.

İşletim Verileri

Eriyik malzemeye tipik bir magnezyumun ilave oranı, magnezyum olarak (örneğin magnezyum ferrosilikon gibi magnezyum içeren alaşımın gerçek ilavesi kullanılan alaşımı göre kadar ölçülen eriyik ağırlığının % 2'sine kadar olabilir) eriyik ağırlığın yaklaşık % 0.1'i olabilir.

Bu ilave, eriyiğe yaklaşık % 0,05 oranında magnezyum sağlar, geriye kalanların çoğu oksitleşir ve havada oldukça hızlı aglomera olmaları MgO olarak atmosfere kaçar. Hiçbir duman yakalama işleminin olmadığı durumlarda, duman dökümhane yoluyla yayılabilir ve belirli bir kısmı toz olarak dökümhane dışına düşer. Bu tutar ile ilgili mevcut kesin bir bilgi bulunmamaktadır ancak yayılan dumanın % 50'si şeklinde makul bir rakam verilebilir. Bu nedenle, işlenen her metal tonu için MgO (tedavi edilen metal ton başına serbest MgO, yani 833 g) olarak kepçede havaya yayılan yaklaşık 500 g magnezyum ve dış atmosfere yayılan yaklaşık 400 g MgO olacağı belirtilebilir.

Uygulanabilirlik

Egzoz yakalama ve filtreleme tekniği potada nodülerizasyon tekniklerini kullanan dökümhaneler için geçerlidir. Kalıpta veya dövücü aletin uygulanabilirliği hakkında bir bilgi verilmemiştir.

Ekonomi

Bu tekniği uygularken, MgO emisyonunun işleme kepçesinden başarılı bir şekilde yakalanması için gerekli ekstraksiyon 280 itf/dak civarında olacaktır. Döküm başına kombine sermaye ve kurulum maliyeti 180000 EUR

Aşağıdaki tablo varsayılan 10 yıllık ömre sahip ekstrasyon ve azaltma donanımlarının amortismanına tabi maliyetleri kapsayan bir 'ortalama dökümhane' için mali verileri özetlemektedir.

Ekstraksiyon oranı m ³ /dak	Üretim Oranı ton/h	Maliyetler EUR		Enerji kW	EUR/ton eriyik metalin maliyetleri		
		Capital	Resmi		İşletim	İşletim	Total
280	0.5	180280	23514	50	21.95	29.35	51.30
	(yıllık1000 ton)						
Not: - Resmi maliyetler, sermaye maliyetlerinin %15'si olarak alınmıştır - İşletim maliyetleri, bakım ve atık bertarafı maliyetlerine dayanmaktadır ve sermaye maliyetlerinin %10'una ve EUR 0.06/kWh'lik enerjiye eşittir. Finansal maliyetler %10 hisse ödemesi ile on yılın üzerinde bir süre için amortize edilen tesislere dayanmaktadır.							

Tablo 4.46: MgO Dumanı Azaltma İçin Maliyet Hesaplaması [161, UK Environment Agency, 2002]

Magnezyum oksit dumanı emisyonunun azaltılmasına yönelik maliyetler işlenmiş metal tonu başına yaklaşık EUR 51.30 olduğu tahmin edilmektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

Görünür emisyonları sınırlayıcı yönetmelikler ve işyeri atmosferi kalitesine yönelik önlemler.

Örnek Tesisler

Romheld & Moelle - Mainz (D)

Fuchosa - Atxondo (E).

Başvuru Kaynakları

[161, İngiltere Çevre Ajansı, 2002], [Vito 110, 2001]

2.5.1.7 Kalıp ve Maça Yapımı

2.5.1.7.1 Yaş Kum Hazırlama (Kum Tesisi) ve Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Tozda Egzoz Yakalama İşlemi

Tanım

Farklı yaş kum hazırlama aşamalarından örneğin titreyen ekran, tozsuzlaştırma ve soğutma prosesi aşamalarından sadece birkaçı önemli oranda toz oluşumuna sebep olur. Bu aşamalar toz yakalama ve arıtma işlemlerinin kapsamaktadır. Üniteler kapatılmış ve merkezi bir toz giderme ünitesine bağlanmıştır. Toz giderme sisteminin kurulumunda egzoz havanın çiy noktası ve toz tipi dikkate alınmalıdır.

Yaş kum hazırlanmasından kaynaklanan egzoz hava, su ile doyurulur Bu nedenle sulu sistemler (genellikle alçak basınç tipi) egzoz yakalamak için en uygun sistemler olarak görülmektedir. Ancak, sulu sistem yaygın olarak kuru toz azaltım ile değiştirilmektedir. İkincisi, tozun bir kısmının sirküle edilebilmesi ve hiçbir atık su akışının oluşmaması gibi avantajları vardır. Ayrıca, sulu sistemler; iç korozyon ve toz ve oksidasyon ürünlerinin oluşumuna eğilimlidir. Egzoz hava safsızlıklarının sulu ayırım işlemi, atık su temizlemeye yönelik sorunlara sebep olabilir. Toz, tortulaşmaya karşı etkileri nedeniyle imha edilmesi zor olan bentonit içerir. [225, TWG, 2003]

Kumaş filtre uygularken, yoğunlaşma problemlerinin önlenmesi gerekir. Yoğunlaşma, toz biriktirme, tıkanma ve/veya bir filtre yırtılmasına neden olabilir. Buhar oluşumunu en aza indirmek için kuma soğutma suyu ilave etme işleminin kontrollü bir şekilde yapılması gerekir. Hava akımının çiy noktası gaz brülörleri ile ısıtma yoluyla artırılabilir.

Toplanan tozun kuru olması diğer bir yarardır ve böylece toz kolayca taşınabilir nitelikte olur. Boyut ayırımından sonra, kaba fraksiyonu ve ince fraksiyon parçası, karıştırma kumu içine sirküle edilebilir. **Elde Edilen Çevresel Faydalar**

Çevresel Faydalar

Havaya toz emisyonlarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Sulu sistemlerin kullanımı, bir atık su akışının oluşumuna neden olur. Arıtılması gereken bir çamur fraksiyonunun bertaraf edilmesi de gereklidir. Bazı sistemler atık su üretmeden işler. Çamur kalınlaştırılır ve yeterli miktarda bentonit içeriyorsa, kalıplama kumu döngüsü içinde yeniden kullanılır.

İşletim Verileri

Kumaş filtre ekipmanı kullanılarak, egzoz hava içinde 10 mg dust/Nm³ altında bir kalıntı konsantrasyonu elde edilebilir. Sulu yıkayıcılar için, verimlilik, düşük değerler de bildirilmiş olmasına rağmen normalde 50- 100 mg dust/Nm³ emisyon seviyeleri ile sonuçlanarak biraz daha az olur (bkz.Tablo 4.47)

Ekipman	Egzoz gaz akışı (m ³ /h)	Azaltma tekniği	Emisyon seviyesi (mg/m ³)
Kum hazırlama 160 ton/saat	64000	Venturi	4
Kum hazırlama 11 ton/saat	48080	Sulu yıkayıcı	7
Kum hazırlama	57400	Torba Filtre	6
Silkmeünitesi	51070	Sulu yıkayıcı	7
Silkmeünitesi	50000	Torba Filtre	2
Öğütme	54000	Torba Filtre	5
Kumlama	17000	Torba Filtre	4

Tablo 4.47: Kalıplama ve Döküm Sonrası Alanlardan Kaynaklanan Toz Emisyon Değerleri [29, Batz, 1986]

Büyük ölçekli otomotiv dökümhanesi için sürekli izleme verileri Ek 2'de verilmiştir. Bu veriler, kum hazırlama, kum taşıma ve kumlama için toz izleme işlemlerini göstermektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve mevcut yaş kum hazırlama tesisleri için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Toz emisyonlarına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Genellikle Avrupa çapında uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [Vito 110, 2001], [225, TWG, 2003]

2.5.1.7.2 Yaş Kum Kalıplama Atölyesi Çalışma Alanından ve Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Tozda Egzoz Yakalama İşlemi

2.5.1.7.3 Maça Yapımı Kaynaklı Egzozun Yakalanması- Genel Hususlar

Kullanılan bağlayıcı ve sertleştirici tipi, meydana gelecek emisyonların türünü belirler. Kimyasal bağlayıcılara sahip maça yapımından kaynaklanan egzoz gazı, esasen organik çözücülerin bir karışımından oluşur. Fenol, formaldehit veya amonyak vb emisyonu çok daha küçüktür ve bağlayıcı madde türüne bağlıdır. Karıştırma, maça çıkarma ve kurutma işlemleri, meydana gelen emisyonu bağlı olarak değişen derecelerde dahil edilebilir. Çeşitli bağlayıcı-özümler teknikler uygulanır ve bunlar daha sonraki bölümlerde ele alınmıştır. Uçucu organik karbon emisyonları, su bardağı kumları hariç bütün kimyasal bağlı kum türleri ile oluşur. Kendi kendine sertleşen ve soğukta dertleşen bağlayıcılar için, karıştırma sırasında çıkan emisyonlar, düşük reçine kullanımı (%1-2 reçine:kum oranı) şartıyla düşüktür. Sertleştirme, kaplama ve kurutma sırasında çıkan emisyonlar, yakalama ve arıtma işlemleri için kabul düşünülebilir.

Kimyasal bağlı kum rejenerasyonu üzerine, toz oluşumu, silkme davulunda gerçekleşir. Su yoğuşması ile ilgili herhangi bir sorun teşkil etmediği için kum soğutma ve toz giderme genellikle kuru bir üniteye gerçekleştirilir. Bu durumda toz sirkülasyonu mümkün değildir.[Vito 110, 2001]

2.5.1.7.4 Soğuk Kutu: Amin Buharı Yakalama ve Egzoz Arıtma

Tanım

Soğuk-kutu maçalarının gazlanması, atmosfere emisyonundan önce temizlenmesi gereken gazlar üretir. Çalışma ortamı korumak için, maça çıkarma makinelerinin kapalı olması ve makinenin yeni yapılmış maça almak üzere açılmadan önce bütün gaz kalıntılardan temizlemek için maçaların hava ile temizlenmesi gerekir.

Egzoz yakalama sistemleri, yeni yapılmış maçaların denetimi, taşınması ve depolanması sırasında **Bölüm 4** çalışma koşulları sağlamak için kurulabilir. Bunun için, davlumbazlar ve boşaltım sistemleri işlem alanının üstünde örneğin kontrol masasında ve geçici depolama alanında (hazır maça tablası için bekleme alanı) kurulabilir.

Egzoz amin buharı, koku rahatsızlığını önlemek için işlem gerektirir. Aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılabilir:

- *Aktifleştirilmiş karbon üzerine adsorpsiyon*: Bu proses çok daha etkilidir, ancak işletme maliyetleri fazladır, bu nedenle, sadece egzoz hacmi küçük olduğu takdirde uygun olabilir

- *Yanma*: Bu işlemin verimli olması için, son yakıcı odası, minimum 2 saniye bekleme süresi ile en az 800 °C'lik bir sıcaklık sağlamak için doğru şekilde tasarlanmalıdır. Enerji tüketimi yüksektir ve proses işletimi bu nedenle pahalıdır. Bir kupol fırın işleten dökümhanelerde, egzoz gazı yanma için kupole gönderilebilir

- *Kimyasal yıkama*: Aminler kuvvetli bazlardır, ve sülfürik ya da fosforik asit ile reaksiyona girerler. Solüsyonun pH değeri genellikle 3'ün altında olacak şekilde kontrol edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, yıkama çözeltisi, daha sonra bir tehlikeli atık olarak bertaraf gerektiren konsantre tuzlarını gidermek için zaman zaman değiştirilir. Bu yeniden kullanım için amini geri kazanmaya yönelik yıkayıcı çözeltisini işlemek için teknik açıdan mümkündür. Bu Bölüm 4.6.5'te tartışılmaktadır.

- *Biyofiltre*: Bölüm 4.5.8.6'e bakınız.

Kış mevsiminde, kanal içinde amin yoğunlaşmasını önlemek için egzoz havanın ısıtılması gerekli olabilir. Bu işlem, kompresör veya diğer yakın cihazlardan gelen atık ısı kullanılarak yapılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Amin emisyonlarının ve ilgili koku emisyonlarının azalmasına olanak sağlayan egzoz yakalama işlemi.

Çapraz - ortam Etkileri

Asit gaz yıkayıcı kullanıldığı zaman, amin daha sonra daha fazla arıtma işlemine ihtiyaç duyacak yıkama çözeltisine transfer edilir. Bununla birlikte, çözeltiden çıkan aminin geri kazanımı mümkündür. Bu husus Bölüm 4.6.5'te tartışılmaktadır.

İşletim Verileri

Hangi arıtma yöntemi uygulanmış olursa olsun, amin emisyonları 5 mg/Nm³'den daha düşük tutulabilir. Bir asit kullanılarak bir soğuk-kutu maça- yapımı atölyesine dair emisyon verileri Tablo 4.48'de verilmiştir. Yıkayıcı, % 75 fosforik asit çözeltisi kullanır. Normal işletimde, günlük 15 kg amin, yıkayıcı çözeltisi yoluyla bertaraf edilir. Çözelti doydurulur ve harici arıtma ya da bertaraf için bir tank içinde saklanır. Tesis, 35,5 kW gücünde ve 2000 saat/yıl için çalışır.

Bileşik	Emisyon düzeyi mg/m ³
Toz	0.42
Amin	2.4
Fenol	0.53
Oksijen	21 %
Egzoz gazı hacmi	25100 m ³ /h

Tablo 4.48: Bir Asit Temizleyici Kullanan Bir Soğuk Kutu Maça Yapımı Alanı İçin Emisyon Değerleri [29, Batz, 1986]

Uygulanabilirlik

Tekniği, tüm mevcut ve yeni soğuk kutu maça yapımı atölyelar için geçerlidir.

Ekonomi

'İşletim Verileri ' bölümünde belirtilen kurulum için işletimsel maliyetler, EUR 6.3/ton iyi dökümdür. Sulu bir yıkayıcı kullanan bir örnek kurulum için yatırım maliyeti, Tablo 4.49'de verilmiştir.

Özellik	Değer
Egzoz havaakışı	30000 m ³ /h
Ham gaz amin konsantrasyonu	150 mg amin/Nm ³
Temizlenmiş gaz amin konsantrasyonu	<1 mg amin/Nm ³
Güç kaynağı	45 kW
Yatırım maliyeti	EUR 187000

Tablo 4.49: Soğuk Kutu Maça Alanı Egzozuna Ait Bir Amin Temizleyici İçin Şartname ve Yatırım –

Tablo 4.49: Portekiz, 2003 için soğuk kutu maça-shop egzoz veriler üzerinde amin yıkama için teknik ve yatırım maliyeti

Uygulama İçin İtici Güç

İşçilerin sağlığına ve koku emisyonlarını önlemeye yöneliktir.

Örnek Tesisler

Teknik, genellikle soğuk kutu bağlayıcı kullanılan dökümhaneler için uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [15, Gwiasda, 1984]

2.5.1.7.5 VOC-Toplama ve Giderme

Tanım

VOC emisyonları (özellikle solventler, BTEX ve daha az bir ölçüde fenol, formaldehit, vb) kimyasal bağlı kum hazırlama ve aynı zamanda dökme, soğutma ve silkmeişlemlerinden doğacak şekilde proses kaynaklıdır (bakınız Tablo 3.35 ve Tablo 3.45). Bu bileşikler zararlıdır ve koku emisyonları oluşturur. VOC'ları azaltma işlemi, büyük hacimlerde havanın kullanılan toplama sistemleri (örneğin kanopi davlumbaz) ile sürüklenerek gerçeği ile engellenmektedir.

VOC'ların giderilmesine yönelik aşağıdaki teknikler uygulanabilir niteliktedir:

- aktif karbona adsorpsiyon
- yanma sonrası
- biofiltre.

Aktif karbona adsorpsiyon uygulaması için, egzoz gazı bir karbon yatağı içinden akar. Doyduktan sonra, karbon, termal olarak yeniden üretilmektedir. Aktif karbon, çok yüksek adsorpsiyon (ve azaltma) verimliliğine sahiptir. Benzen için, verim >% 99'dur. Bununla birlikte, aşağıdaki dezavantajlara sahiptir:

- Yüksek baca gazı hacimleri büyük miktarlarda aktif karbona ihtiyaç duyar
- Toz ve aerosollerin karbon adsorpsiyonu
- öncesinde çıkış gazından filtre edilmesi
- gerekir. Çok ince toz parçacıkları yapışma eğilimi gösterdiğinden, filtreleme işlemi sadece sulu toz giderme teknikleri kullanılarak yapılabilir ve bu nedenle bir atık su akışı üretir.

Çıkış gazlarında VOC'ları yok etmek için yanma sonrası işleminden başarılı bir şekilde yararlanılabilmesi için, belirli minimum konsantrasyonlar gereklidir. Bu sınır değerleri bileşik-spesifik değildir ve tercih edilen tekniğe bağlıdır. Kabuk kalıplama gelen egzoz gazı için yanma sonrası işlemi mümkündür. Genellikle, döküm atölyesinden çıkan egzoz gazı, yanma sonrası işlemi için hizmet edecek kadar yüksek VOC düzeyine sahip değildir. Yanma sonrası işlemine bir alternatif olarak kupol için yanma havası olarak maça üfleyicisinden çıkan egzoz havanın kullanımı verilebilir.

Biyofiltrelerin kullanımı, Bölüm 4.5.8.6'de detaylı olarak ele alınmıştır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Havaya VOC emisyonlarının azaltılması

Çapraz - ortam Etkileri

Enerji, ortam hava hacimlerinin dahil edilmesini de kapsayabilen çıkış gazı akışının toplanmasında tüketilmektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

VOC emisyonları hakkında mevzuat.

Başvuru Kaynakları

[20, GAPP, 1998], [Vito 110, 2001]

2.5.1.7.6 Biyofiltre Kullanarak Egzoz Gazı Temizleme

Tanım

Biyofiltrasyon bir fiber-turba filtre yatağında yaşayan mikropların kötü kokulu gazlara oksijen vermesi ve bu gazları kokusuz bileşiklere dönüştürebilme kapasitesine dayanmaktadır. Arındırılacak gaz, , bir nemli filtre malzemesi yatağı içinden bir fan aracılığıyla üst bölümden kokusuz çıkacak şekilde üflenir. Kokulu bileşikler, su fazı içinde adsorbe edilir ve filtre malzemesi üzerinde yaşayan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır. Filtrenin iyi performans göstermesi, besleyici kaynağı (azaltma/ayırışmaya yönelik bileşikler) ve mikro-organizmaların sayısı arasındaki dengeye bağlıdır.

Dökümhanelerde, biyofiltreler çoğunlukla soğuk-kutu maça yapımı süreçlerinden çıkan çıkış gazıdan kaynaklanan aminlerden oluşan kokulu gazların giderilmesi için ve döküm atölyesi egzoz gazlarından kaynaklanan VOC'ların giderilmesi (örneğin benzen) için uygulanır.

Biyofiltrenin iyi işlemesi için önemli parametreler şunlardır:

- *Filtre katmanının geçirgenliği:* Gazların, filtre yatağı malzemesi ile iyi bir temasta olan yatak içinden akması gerekir. Filtre yatakta ince malzemenin fazlalığı tıkanmaya baskı birikimine ve yatak malzemesinin patlamasına neden olabilir
- *Filtre ortamının ıslatılması:* Bir su dağılım sistemi, yatak malzemesinin sürekli veya aralıklı ıslatılması için kurulabilir
- *Egzoz gazının koşullandırılması:* Egzoz gazının filtreye girmeden önce nemlendirilmesi gerekmektedir. Optimum çalışma için, sabit bir sıcaklık (30 ° C) muhafaza edilmelidir. Bu koşul, egzoz gazının ön ısıtılmasını gerektirebilir
- *Yeterli su arıtma:* Biyofiltre, fenol ve kresol içeren atık su üretir. Busu, bertaraf veya devir daimden önce bir atık su sistemi dahilinde arıtılır. Devir daim işlemi, ilave bir tuz giderme adımını gerektirir.

Biyofiltre tekniğinin bir Alman dökümhanede ilk olarak uygulanması, tatmin edici düzeyde işlev görmeye başlayana kadar uzun bir optimizasyon süresi gerektirir. Aşağıdaki özelliklerin önemli olduğu tespit edilmiştir:

- Kurulumun tamamında CO- ve yoğunlaşma problemleri önlemek için biyofiltre yatağının bir kapak ile kapanması. Filtre edilmiş hava, merkezi bir baca vasıtasıyla tahliye edilir
- Özellikle atık su üretmeyen bir sistemi uygulandığında su kalitesinin yakından kontrol edilmesi (örneğin tuz içeriği),
- Yatak faaliyetini sağlamak adına yağmurlama suyuna besin tuzlarının ilave edilmesi, ve
- Yatak malzemesinin pH değerinin kontrolü ve nötr bir pH değeri elde etmek için kireç eklenmesi.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Maça atölyesi ve döküm atölyesinden kaynaklanan kokulu, amin ve/veya VOC emisyonlarının azaltılması. Benzen ve diğer VOC kaldırılması biyofiltreler yer alır ama güvenilir olarak kabul edilemez. Verimlilik; hava koşulları, substratların yaşı, vs gibi geniş bir yelpazede etkene bağlı olarak önemli ölçüde değişir.

Biyofiltrelerin tek başına kullanımı bu nedenle VOC azaltılması için müstakil bir teknik olarak değerlendirilmez. Bunların ana amacı, koku azaltımını kapsamaktadır.

Çapraz - ortam Etkileri

Biofiltre bir atık su akışı üretir. Bu durum, bertaraf edilecek çamur pastası oluşturur, arıtma sonrası dahili devir daim edilebilir.

Çıkış gazının filtreye ve filtre içinden transfer edilmesi sırasında ve aynı zamanda çevredeki ekipman için enerji tüketilmektedir.

Bir sera gazı olan N₂O'nin emisyonlarının bir sorun teşkil edebileceği bildirilmiştir.

İşletim Verileri

Amin giderimi için pilot ölçekli veriler Finlandiya tarafından sağlanmıştır. (Çapı 0.8 m, yüksekliği 1 m olan) bir biyofiltre ünitesi, bir asit yıkayıcının arkasında bir maça yapımı çıkış gazı hattında kurulur. Ekipman, biyofiltrasyonun ünitesinin sululuğunun optimum seviyeye ayarlanmasını sağlayacak bir fan ve bir yoğunlaşma ünitesini kapsamaktadır. Koku giderme bir olfaktometre kullanılarak ölçülür. Koku ve toplam hidrokarbon seviyelerine yönelik sonuçlar Tablo 4.50'de verilmiştir. Girdi analizindeki varyasyonlar, proses varyasyonlarından kaynaklanmaktadır. Sonuçlar, filtrasyonun belirgin bir koku ve hidrokarbon azaltımı ile sonuçlandığını göstermektedir.

Bileşik	Birimler	Biyofiltre öncesi	Biyofiltre sonrası
Koku	OU/m ³	410 - 3000	150 - 310
Toplam hidrokarbon	mg C/m ³	20 - 35	5 - 10
OU = Koku birimleri			

Tablo 4.50: Soğuk Kutu Maça Yapımı Çıkış Gazının Biofiltrasyonu İçin İşletim Verileri [112, Salminen and Salmi, 1999]

VOC gidermeye yönelik sanayi ölçekli veriler, Almanya tarafından sağlanmıştır. Bir biyofiltre ünitesi

(özellikleri: yüzölçümü 300 m², yüksekliği 1 m, 5 dikdörtgen yatak, 32.330 Nm³/h kuru gaz toplam çıktı oranı) kronlama ve soğuk-kutu maçalarını kullanan bir yaş kum dökme demir dökümhanesinde dökme ve soğutma işlemlerinden kaynaklanan egzoz gazlarının arıtılması için kurulmuştur. Emisyon verileri, Tablo 4.51'de verilmiştir. Olfaktometrik ölçümler, koku emisyonlarında %94.5 oranında ortalama bir azalma olduğunu göstermiştir.

Parametre	Birimler	Biyofiltre öncesi	Biyofiltre sonrası	Azaltım %
O ₂	%	20.74		
CO ₂	%	0.17		
NO _x	mg/m ³	3.65		
CO	mg/m ³	382	299	21.7
Benzen	mg/m ³	15.80	1.44	90.9
Toluen	mg/m ³	9.37	0.92	90.1
Etilbenzen	mg/m ³	3.00	0.46	84.7
Ksilen	mg/m ³	4.90	1.54	68.6
Formaldehid	mg/m ³	0.37	0.01	68.6
Toz	mg/m ³	13.63	2.03	85.1
Amonyak	mg/m ³	8.97	0.16	98.2
Fenol	mg/m ³	4.67	<0.02	>99.6
Kresol	mg/m ³	3.73	<0.02	>99.5
PCDD/F	ng/m ³	0.0056	0.0041	26.8
Benzo(a)piren	mg/m ³	0.0001	0.00003	70.0

Tablo 4.51: Yaş Kum Dökme ve Bir Soğutma Hattından Kaynaklanan Egzozun Biofiltrasyonu İçin Emisyon Verileri [20, Gapp, 1998]

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yaş kum döküm ve soğuk kutu maça yapımı atölyelerinde uygulama bulur. Biyofiltreler yıl boyunca çok istikrarlı koşullara ihtiyaç duyduğundan, uygulanabilirliği 3 vardiyalı büyük seri döküm dökümhaneler ile sınırlıdır. Bilinen her uygulama durumunda kabul edilebilir bir performans elde etmek

Ekonomi

Atık su üretimi olmadan çalışmasına olanak sağlayacak bir su arıtma ünitesi dahil olmak üzere Almanya'daki örnekte biyofiltre ünitesi (özellikleri: yüzölçümü 300 m², yüksekliği 1 m, 5 dikdörtgen yatak, 32.330 Nm³/h kuru gaz toplam çıktı oranı) için yatırım maliyetleri EUR 3247000 olarak tahmin edilmiştir. Bu rakam, filtre ve çevredeki ekipmanlar için EUR 2333000 ve egzoz yakalama ve havalandırma kanalları için EUR 914.000 tutarlarını da kapsamaktadır. 40000 Nm³/h bir tasarı yükü ile, işletimsel maliyetlerin EUR 170000/yıl (1998 yılı için DEM bazlı maliyetler) olduğu tahmin edilmektedir. Bu tahmini işletimsel maliyetler, biyofiltre üniteleri için genel olarak verilen yatırım ve işletimsel maliyetlere göre çok daha yüksektir. Bu durum büyük verimliliğe ve çevredeki ekipmanın boyutuna bağlı olabilmektedir. 1998'deki bir çalışmada açık yataklı biyofiltre için maliyet, 17000 Nm³/h miktarını arıtma işlemi, yatırım için 70000 USD - 100000 USD; su, işçi ve genel giderler için için yıllık işletme maliyeti USD 15.000 - 25000 USD tutarında olacağı tahmin edilmiştir.

Uygulama için İtici Güç

Çevredeki meskenler üzerinde problem yaratacak etkilerinin azaltılması (özellikle koku).

Örnek Tesisler

Halberg Guss, Saarbrücken-Brebach (D)

Başvuru Kaynakları

[20, GAPP, 1998], [112, Salminen ve Salmi, 1999], [202, TWG, 2002], [208, Devanny, 1998]

2.5.1.7.7 Kesintisiz Kalıplama: Ayırıcı Madde Emisyonlarının Toplanması**Tanım**

HPDC kalıplarına bir su bazlı ayırıcı maddenin püskürtülmesi düşük yoğunlukta bozunma ürünlerini barındıran bir sis üretir. Bu sis, emme davlumbazı ve bir EP kullanılarak toplanır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Organik bileşikler içeren ayırıcı madde emisyonlarının azaltılması. Diffüz emisyonların önlenmesi.

Çapraz - ortam Etkileri

Sis yakalama ve toplama işlemi, enerji tüketimini gerektirir.

İşletim Verileri

Örnek bir tesisten alınan işletim verileri Tablo 4.52'de verilmiştir. Veriler, sentetik polimer ve polisiloksana dayalı su ile karışabilen bir ayırıcı maddeye (1:40 seyreltme faktörü) dayanmaktadır. Her kalıp döküm makinesi ayrı bir emme davlumbazı ve EP ile donatılmıştır. Sıcak ve temiz hava, salon içine (örn. ısı geri kazanımı için) geri üflenir.

Bileşik	Yarım saatlik ölçülen değerler (mg/Nm ³)	Kütle - akış (g/h)
Toz	1.5 - 4.3	5.5
Organik maddeler (toplam karbon üzerinden değerler) (mg/m ³)	4 - 6	9

Tablo 4.52: EP-temiz HPDC Çıkış Gazından Kaynaklanan Emisyon Verileri [202, TWG, 2002]

Uygulanabilirlik

Bu teknik, mevcut tesisler için geçerlidir. Bu, sisin önlenmesi veya minimizasyonunun başarısız olduğu durumlarda uygulanan bir boru- sonu önlemdir. Önlenme ve minimize etme tedbirleri Bölüm 4.3.5.1'de tartışılmıştır.

Uygulama için İtici Güç

Diffüz emisyonun en aza indirilmesi ve yağ sisi emisyonuna dair mevzuat (örn. İsveç'de).

Örnek Tesisler

Referans tesis: TCG Unitech, Kirchdorf / Krems (A)

Eski kalıp döküm makineleri için (D, F, B, ...) ve İtalya'daki tüm pres döküm makineleri için genel uygulama.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.1.8 Döküm/Soğutma/Silkleme

2.5.1.8.1 Açıklama

Dökme, soğutma ve silkleme sırasında gerçekleşen emisyonlar çeşitlidir ve bir dökümhaneden diğerine kalite ve miktar açısından geniş farklılıklar gösterir. Temel olarak, inorganik ve organik gaz halindeki bileşiklerin yanı sıra toz emisyonu üretilir. Bunlar, esas olarak dökme ve soğutma işlemleri üzerine yüksek ısı ve indirgeyici bir atmosferin neden olduğu reaksiyon ürünleridir. Dökme işlemi dumanının bileşimi karmaşıktır. Bunlar çoğunlukla organik ayrışma ürünlerinin ana temsilcileri olarak CO, CO₂, H₂ oluşur ve metandan oluşur. Kalıp ve maça-sistemi bileşimine bağlı olarak polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve benzen ortaya çıkar.

Bu proses aşamalarının çıkış gazlarının yakalanması ve artırılması, otomatik kalıplama ve dökme kurulumları için genellikle mümkündür. [29, Batz, 1986]

Bağıl emisyonlar (kg/ton eriyik metal bazında) dökme-soğutma-silkleme dizisi boyunca artar. Egzoz yakalama çabalarında bu varyasyonun dikkate alınması gerekir.

2.5.1.8.2 Dökme ve Soğutma Hatlarını Kapsülleme

Tanım

Tesis büyüdükçe dökme, soğutma ve silkleme sırasında emisyon toplama işlemi daha kapsamlı bir kuraldır.

Dökme işlemi, bir sabit alan veya konum ile sınırlandırılabilmesi ne kadar artar ise, ekstrakte havanın miktarı o oranda küçük olacaktır ve bir vantilatör ve muhafaza ile emisyon yakalamak daha kolay olacaktır ve bu nedenle, hava arıtma işlemi daha etkili bir şekilde yürütülebilir.

Seri dökme işleminde, emisyonlar artan üretim kapasitesi ile artar. Ekstraksiyon olmadan, dökme tesisindeki hava, belli bir noktada zararlı maddelere ait kabul edilemez konsantrasyon düzeylerine ulaşabilir. Çalışma alanında kirliliği azaltmak için, ekstraktör vantilatör veya ekstraktör yüzeyleri kalıba mümkün olduğunca yakın olacak şekilde ancak dökme işlemine engel olmadan yerleştirilir. Ekstraktör elemanları, dökme sırasında meydana gelen her emisyonu, çalışma alanından yani ekstraktör ekipmanına uzaklaştırılacak şekilde düzenlenir. Bağımsız ekstraksiyon kesitindeki hava hızı 0.5 ve 1 m/s arasında tutulur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

CO, PAH'lar ve diğer organik ayrışma ürünlerinin difüz emisyonlarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz havasının ekstrasyonu elektrik enerjisi tüketir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, seri dökme ve soğutma kullanan yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Diffüz emisyonlarının azaltılması. Arıtmayı sağlamak amacıyla emisyon toplanması.

Örnek Tesisler

Teknik, yaygın olarak büyük seri dökümhanelerde uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997]

2.5.1.8.3 Silkeleme İşleminde Çıkan Egzozun Yakalanması ve Arıtılması

Tanım

Silkeleme işleminden çıkan emisyonun toplanması için kullanılan teknik, mekanizasyon derecesine, ekstrakte edilecek emisyonu ve özellikle aynı makinedeki en küçük ve en büyük madde dökümü dahilinde döküm ürünlerinin boyut aralığına bağlıdır.

En yaygın olarak kullanılan emisyon azaltma sistemi, silkeleme aracının yanındaki bir vantilatör panelidir. Genellikle, paneller, silkeleme aracının boyutu gözetilmeksizin, silkeleme aracının her iki tarafına monte edilir. Mümkünse silkeleme aracının arka kısmı da açıklanan şekilde içe alınır. Çıkıntılı bir boru aracılığıyla işleyen, kum-kutusunda silkeleme aracının altında bir ekstraksiyon noktası sıkça temin edilmektedir. Bu durum, kutu boruya kadar kum ile dolu ise kumun ayıklanmasına yönelik bir risk sunmaktadır. Ayrıca borunun girişi genellikle kum yığını veya yapışan buhar ve toz tarafından tıkanır.

Silkeleme işleminin kapalı ünitelerde yapılması, nispeten küçük havalandırma oranlarına sahip iyi emisyon seviyelerine ulaşmanın en iyi yoludur. Muhtemelen hareketli bir ekrana sahip çatı açıklıkları, kapılar ve giriş/çıkış olukları vinç veya diğer taşıma araçları kullanımını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, kapalı kabinler gürültü seviyesini azaltır.

Otomatik kalıplama tesislerinde, döküm-kalıp paketi genellikle monte pres plakalı bir hidrolik krik o ile kalıplama kutusunun dışında preslenir. Daha sonra döküm kumdan ilk olarak dönen bir silkeleme aracı üzerine, daha sonra silkeleme davulu veya tüpüne veya kum soğutucusuna ayrılır. Su anda giderek daha fazla kullanılmakta olan ekstraksiyon davulu veya tüp davullar, emisyonlarının toplanması için normal silkeleme araçlarına göre daha uygundur, ancak olası koku emisyonları oluşturma gibi bir dezavantajları vardır.

Ekstrakte havanın miktarı, sadece gerekli çalışma alanı sınır değerleri ile değil aynı zamanda işleme koşulları ile belirlenir. Filtre torbaların soğutulması ve korunması için büyük hava hacimleri gerekli olabilir. Bu, genellikle etkili olması için küçük hava hacmi akışlarına sahip çok yüklü atık gazları gerektiren herhangi bir kirlilik azaltma tekniklerine yönelik taleplere karşı dengelenmelidir.

Tozsuzlaştırma için uygun teknikler, sulu yıkayıcılar veya kuru filtreler ile birlikte siklonlardır. Bu alanda biyofiltreler de kullanılmaktadır ve Bölüm 4.5.8.6'da tartışılmıştır.

Sürekli döküm ve santrifüj döküm için, organik emisyon ve koku azaltmak adına yanma sonrası işlemi, kimyasal yıkama ve aktive edilmiş karbona adsorpsiyon işlemi uygulanır. Bu sistemler halihazırda yukarıda açıklanmıştır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

VOC emisyonları ve havaya yayılan tozun azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Toz toplama işlemi bertaraf edilecek bir kalıntı üretir.

İşletim Verileri

2 metre genişliğinde müstakil ekstraksiyon silkmearaçları ile, tek taraflı bir havalandırma ekranı koşulunda silkmearacı yüzeyinin her m²'si için 7000-9000 Nm³/h hava ekstrakte edilir. İki taraflı ekran ile, silkmearacı yüzeyinin her m²'si için 5000 Nm³/h kurulur.

Ekstraksiyon noktası, kum-kutusunda silkmearacının altında ise, silkmearacı yüzeyinin her m²'si için ekstrakte edilen hava miktarı, yaklaşık 700 Nm³/h olacak şekilde tasarlanmıştır.

Büyük boyutlu çelik döküm ürünleri için Polonya'da bir örnek dökümhanede, çıkarılabilir bir blülör odacığı tipi cephesi, silkmearacı ızgarası üzerine kurulur. Blülör odacığı Şekil 4.17'de gösterildiği gibi hidrolik olarak açılan ve kapanan iki yana doğru hareketli kapıdan oluşur. Bu cephe dökümhane salonuna girebilecek toz ve gürültü emisyonlarını azaltır. Egzoz, kuru tozsuzlaştırma işlemi uygulanarak temizlenir. Silkmeyişlemi için gürültü seviyesi 100 dBA'dan 85 dBA'nın altına düşürülmüştür.



Şekil 4.17: Bir Silkmeye Izgarası ve Büyük Çiçekli yığın Döküm Ürünleri İçin Brülör Odacığı Kapağı [209, Metalodlew s.a., 2003]

Uygulanabilirlik

Kil bağlı kum kalıpların çıkarıldığı tesislerde, buhar emisyonu önemlidir. Sıcaklığın çiy noktasına veya daha da düşük yani donma noktasının altına düşerse toz ve buhar kombinasyonu, kanal içinde büyük engellere yol açabilir. Bu sorunu aşmak için, kanallara sıcak hava enjekte edilmeli ve borular ve filtre-muhafazası izole edilmelidir ya da bu engelleri önlemek için vantilatör boru içine su (tozsuz) sıkılmalıdır.

Ekonomi

Yukarıda belirtildiği gibi, Polonya'daki örnek dökümhanedeki brülör odacığı için, bazı ilave ekipman da dahil olmak üzere yatırım maliyeti 220,000 EUR idi.

Uygulama İçin İtici Güç

VOC ve toz emisyonuna dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Metalodlew s.a., Krakow (PL)

Başvuru Kaynakları

[16, Gerber ve Gwiasda, 1981], [32, CAEF, 1997], [209, Metalodlew sa, 2003]

2.5.1.8.4 Biyofiltre Kullanarak Çıkış Gazı Temizleme

Tanım

Biyofiltreler, VOC ve benzen emisyonlarını arıtmak için kullanılır ve böylece dökme, soğutma ve silkmeye işlemlerinden çıkan çıkış gazının arıtılmasına yönelik kullanılmış olur. Tekniğin tam açıklaması ve tartışması Bölüm 4.5.8.6 'de verilmiştir.

Örnek Tesisler

Almanya'da birkaç örnek rapor edilmiştir.

Başvuru Kaynakları

[225, TWG, 2003]

2.5.1.9 Kaplama/Döküm Sonrası İşlemleri: Çıkış Gazı Toplama ve Arıtma

2.5.1.9.1 Çıkış Gazı Toplamanın Bitirilmesi

Tanım

Termal ayırma teknikleri kullanıldığında önemli miktarda dumanın yakalanması ve ekstrakte edilmesi gerekmektedir. Hareket özgürlüğünü sağlamak kaydıyla ve işçinin soluduğu havanın beslemesi şartıyla çalışma alanı mümkün olduğunca kapalı olabilir. Aşındırıcı kesme ve taşlama işleme sırasında toz toplama teknikleri, sabit makineler ve el makineleri arasında farklılaşmaktadır. Sert davlumbazlar, kısmen kısmi

muhafazalar ile bağlantılı olarak, sabit makinelerde gelenekseldir.

Sabit taşlama makineleri için, sıkı bir şekilde sınırlı aşındırıcı hava, açılan bir huniye girer ve ekstrakte edilir. Aşındırıcı kesme istasyonları söz konusu olduğunda, işçi sağlığı ve güvenliği çıkarına emisyonların kabinden ilaveten ekstrakte edilmesi makul olacaktır. Elle kullanılan makine emisyonları bazen sabitleyici koruma davlumbazı ile ekstrakte edilir. Bu, etkili fakat makinenin ağırlık artırması ve yönetimi bozması nedeniyle tercih edilmeyen bir yöntemdir. Normalde elle taşlama ve elle kesme makineleri kabinlerin içine yerleştirilmiştir (örn. kısmi muhafaza).

Toz toplama işlemi, ekstraksiyon duvarları, çatı kupolları, hareketli davlumbaz veya ekstraksiyon iş tezgahları aracılığıyla gerçekleşir. Kabinin içine ek hava yöneltten sıcak hava perdeleri Emisyon toplama işleminde etkili bir yardım tekniğidir. Kullanılan ek hava, ısıtma enerjisini ekonomikleştirmek amacıyla, geri dönüştürülmüş ekstraksiyon havasını temizleyebilir. Bununla birlikte, belli bir oranda taze hava dışarıdan temin edilmesi gerektiği not edilmelidir.

Toz ya da kirletici toplama, çoğu durumda bıçkılama, tıklama, presleme, keskilme, damgalama ve frezeleme işlemleri için gerekli değildir. Operatör kaba partiküllere karşı korumak için bazen ekranlar kullanılabilir. Kaynak işlemi, ilave maddeler ile ve ilave maddeler olmadan süreçlere ayrılır. Ekstraksiyon gerektiren iş koruma düzenlemelerine çoğu prosesler için uygulanabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Metalik parçacıklar ve tozun diffüz emisyonların azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Toz yüklü çıkış gazı toplama ve çıkarma işlemi enerji tüketir.

İşletim Verileri

İşletim verileri, Bölüm 3.11 'de verilmiş olup kesme, yüzey kusuru giderme ve kaynak (çıkış gazı temizleme işlemi olmaksızın) işlemlerinden kaynaklanan emisyonlar, çapak giderme ve kumlama işlemleri ile karşılaştırıldığında düşüktür.

Uygulanabilirlik

Tablo 4.53'de belirtildiği gibi bazı bitirme teknikleri toz üretmez ve dolayısıyla bir çıkış gazı toplama sistemi gerektirmez.

	Çatı havalandırması	Kupol şeklinde çatı	Katı davlumbaz	Ayarlanabilir davlumbaz	Muhafaza
Aşındırıcı kesme			x	x	x
Yakma	x	x	x	x	x
Keskileme, delme	Çıkış gazı toplama işlemi nadiren gereklidir				
Çapak giderme		x	x	x	x
Frezeleme	Çıkış gazı toplama işlemi gerekli değildir				
Tıklama, presleme	Çıkış gazı toplama işlemi gerekli değildir				
Bıçkılama	Çıkış gazı toplama işlemi gerekli değildir				
Kaydırarak taşlama	x	x	x	x	x
Kumlama					x
Damgalama	Çıkış gazı toplama işlemi gerekli değildir				
Kaynak	x		x	x	x

Tablo 4.53: Çeşitli Kaplama İşlemi İçin Toz Yakalama Tekniklerinin Uygulanabilirliği 32, CAEF, 1997], [225, TWG, 2003]

Uygulama İçin İtici Güç

Toz emisyonları ve iş sağlığı ve güvenliğine dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Teknik, Avrupa'daki dökümhanelerin büyük çoğunluğunda uygulanmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997]

Tanım

- **Kumlama:** Kumlama işlemi yüksek miktarda toz oluşturur. Çıkış gazı yakalama işlemi, kumlama işleminin kapalı bir kabin içerisinde tamamen muhafaza edilerek yapılması nedeniyle sorun teşkil etmez. Geleneksel egzoz hava arındırma prosesleri, sulu yıkama ve genellikle ön filtre olarak bir siklon barındıran kuru filtrelerdir.
- **Kaydırarak taşlama, davul:** İki süreç de normal şartlarda emisyon azaltma işlemi gerektirmez. Hızlı hareket eden davullar içinde oluşabilen aerosoller göz ardı edilebilir
- **Kesme:** Tüm termal ayırma prosesleri emisyon üretir. Egzoz yakalama işlemi, çalışma alanının kapatılması ve çıkan dumana yoğun bir ekstraksiyon uygulanması ile sağlanır. Yakalama elemanları mümkün olduğunca emisyonu kaynağına yakın fakat işletim prosesini engellemeden yerleştirmek önemlidir. Bazı durumlarda doğrudan ekstraksiyon için bir hareketli kol ve ek kabin ekstraksiyonunu birleştirmenin yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Ekstraksiyon unsurlarını dikkatlice düzenleyerek, toz dolu hava işçinin nefes aldığı alanın uzağına yönlendirilebilir. Genel egzoz havası arındırma prosesleri, sulu yıkama ve kuru filtrelerdir. Bu sistemlerin yayılan dumanın küçük tanecik boyutları için ayarlanmış olduğu not edilmelidir. Atalet kuvveti ayırıcıları, ön ayırıcı olarak uygulanır
- **Aşındırıcı kesme:** Sabit aşındırıcı kesme tesisleri ekstrakte edilir. Geleneksel egzoz hava arındırma prosesleri, siklonlar, sulu yıkama ve kuru filtrelerdir
- **Bıçkılama, tıklama, presleme:** Bu işlem prosesleri, birkaç emisyonu neden olur ve normal şartlarda azaltma önlemleri gerektirmez
- **Keskileme, iğneleme:** Bu proseslerde ağırlıklı olarak ekstraksiyon yoluyla giderilmesi zor olan kaba partiküller üretilmektedir. Çalışma, güvenlik açısından ağırlıklı olarak kabin içinde gerçekleştirilir. Özel durumlarda, örneğin, yanmış kumu kaldırırken, ortaya çıkan toz, bir ekstraksiyon kolu ile ekstrakte edilebilir. Egzoz havası; siklonlar, sulu yıkama ve kuru filtrelerde arındırılır.
- **Taşlama:** Sabit makineler üzerinde taşlama işlemi sırasında emisyon yakalama uygulaması aşındırıcı kesme işlemine benzer şekilde örn. aşındırıcı havanın içine yönlendirildiği sabit huniler aracılığı ile gerçekleşir. Manuel taşlama ve aşındırıcı kesim için kapalı bir çalışma alanı kullanılır. Ekstraksiyon duvarları daha sonra muhafaza içinde uygulanabilir. Hava arındırma prosesleri; siklonlar, sulu yıkama ve kuru filtrelerdir
- **Frezeleme, damgalama:** Bu işlem prosesleri birkaç emisyonu neden olur ve normal şartlarda azaltma önlemleri gerektirmez
- **Kaynak:** Genellikle ekstraksiyon kolları tarafından en iyi şekilde toplanan, seçili kaynak prosesinin türüne göre az ya da çok emisyon oluşabilir. Egzoz hava temizleme işlemi için, sulu yıkama ve kuru filtreler ve bazen de elektrostatik filtreler kullanılır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Toz emisyonlarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Toz yüklü çıkış gazının ekstraksiyonu ve temizliği enerji tüketir.

İşletim Verileri

Sulu yıkayıcılar ve kumaş filtreler kurulmuştur ve yıllardır başarıyla işletilmiştir. Yüksek verimli toz hapsedme ünitelerine sahip döküm temizleme kabini, çıktıları diğer döküm temizleme atölyelerinininkine göre daha temiz olması dolayısıyla yığınsız çalıştırılabilir. Ayrıca işyeri koşullarını iyileştirmeye yardımcı olur. İşletim Verileri Bölüm 3.11 'de verilmiştir ve, kesme, yüzey kusur giderme ve kaynak (çıkış gazı temizleme olmadan) işlemlerine yönelik emisyon faktörlerinin çapak giderme ve kumlamaya yönelik emisyon faktörlerine nazaran daha düşük olduğunu göstermektedir.

Kumaş filtre ekipmanı kullanılarak, 10 mg toz/Nm³ oranının altında emisyon seviyeleri elde edilebilir. Sulu toz giderme sistemleri kullanılarak 20Mg toz/Nm³'nin altında emisyon seviyeleri elde edilebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknikler, yeni ve mevcut dökümhaneler için geçerlidir. Genel olarak, demir dışı dökümhaneler yoğun (toz üreten) bitirme işlemlerini uygulamaz.

Uygulama İçin İtici Güç

Toz emisyonları ve iş sağlığı ve güvenliğine dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Teknik, Avrupa'daki dökümhanelerin büyük çoğunluğunda uygulanmaktadır.

2.5.1.10 Isıl İşlem Atık Gazını Toplama ve Temizleme

2.5.1.10.1 Brülör Isıtmalı Isıl İşlem Fırınlarında Temiz Yakıtların Kullanımı

Tanım

Brülör ısıtmalı ısıl işlem fırınlarında emisyon azaltımı için temel bir prosese entegre tedbir, örn. doğal gaz veya düşük seviyeli kükürtlü yakıt gibi temiz yakıtların kullanılmasıdır.

Ayrıca, otomatik fırın işletimi, çalışma rejimini ve sıcaklığın yakın denetimini sağlar ve aşırı enerji tüketimini en aza indirir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Gibi CO, SO₂, NO_x gibi yanma kökenli kirleticilerin azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bulunmamaktadır.

İşletim Verileri

Polonya'daki bir örnek dökümhanede, 1998 yılına kadar ısıl işlem, elle kontrol edilen brülörlere sahip 3 kömür gaz fırınında gerçekleştirilmiştir. Kömür gazı, doğrudan kok fırınında alınmıştı ve değişken bir kalitede idi (örneğin % 15'e kadar CO içeriği). Bu işlem, yüksek emisyonu ve intoksikasyon riskinin yanı sıra sıcaklık profilinin zayıf kontrolü ile sonuçlanmıştır.

1998 yılında, 3 fırından 2'si, yeni bilgisayar kontrollü doğalgaz brülörleri ile teçhiz edilmiştir. Ayrıca fırının iç astarı yenilenmiştir. Bu değişikliklerin işletim üzerindeki sonuçları aşağıdaki gibi olmuştur:

- Sıcaklık profilinin otomatik kontrolü
- Gaz tüketiminde %40 azalma (hacim)
- Daha ucuz doğal gaz kullanımına bağlı olarak maliyet azaltımı
- SO₂, NO_x, CO ve aromatiklerin emisyonlarının azaltılması(bakınız Tablo 4.54).

Bileşik	Kok fırını gaz brülörleri		Doğal gaz brülörleri	
	Konsantrasyon (g/Nm ³)	Emisyon (kg/h)	Konsantrasyon (g/Nm ³)	Emisyon (kg/h)
CO	0.006	0.074	0.000	0.000
SO ₂	0.011	0.136	0.003	0.064
NO _x	0.016	0.197	0.004	0.085
Aromatikler	0.001	0.012	0.00025	0.0054

Tablo 4.54: Doğal Gaz Brülör Sistemine Geçtikten Önce ve Sonra Bir Isıl İşlem Fırınından Kaynaklanan Emisyon Seviyeleri

Uygulanabilirlik

Bu teknik, brülör-ateşli ısıl işlem fırınları için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

SO₂, NO_x, CO emisyonlarına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Metalodlew, Krakow (PL) Başvuru Kaynakları [32, CAEF, 1997]

2.5.1.10.2 Suverme Banyoları

Tanım

Bu uygulamada, emisyon yakalama ve azaltma işlemi esasen, suverme banyolarında özellikle yağ suverme banyolarında duman yakalama işlemini kapsamaktadır. Çatı vantilatörü, ekstraksiyon kupolları ve kenar ekstraktörü kullanılır. Bu uygulamada, silikmeizgarasında yaşanan benzer zorluklar ortaya çıkmaktadır. Banyoların bir vinç tarafından sık sık yüklenmesi gerekir, bu nedenle ekstraksiyon davlumbazlarının, salon

zemininden yüksek bölümlere kurulması gerekmektedir.

Azaltım sistemleri genel olarak bu noktada yaygın olarak uygulanmaz, ancak herhangi bir azaltım yapılırsa, çoğunlukla elektrostatik filtreler kullanılacaktır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yağ sislerinin diffüz emisyonlarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Egzoz ekstraksiyonu enerji tüketir.

Uygulanabilirlik

Farklı türlerde banyolar için geçerli teknikler Tablo 4.55'te gösterilmiştir.

	Çatı havalandırması	Kupol şeklinde çatı	Kupol, katı	Kupol, ayarlanabilir	Kenar ekstraksiyonu
Su	x				
Emülsiyon	x	x	x	x	x
Sertleştirici yağ	x	x	x	x	x
Not: x : uygulanabilir					

Tablo 4.55: Sulama Banyoları İçin Duman toplama Tekniklerinin Uygulanabilirliği [32, CAEF, 1997]

Kenar ekstraktörleri sadece belirli bir büyüklüğe kadar etkilidir ve örn. sıcak bir malzeme parçası banyo içine daldırıldığında, yüksek emisyon olduğu durumda etkinliğini neredeyse tamamen kaybeder. Buna rağmen, kenar ekstraksiyonu bir üfleme havası peçesi ve bir çatı kupolsi ile birlikte büyük banyolardan faydalanılması husunda en mantıklı yakalama tedbiridir.

Uygulama İçin İtici Güç

Emisyon ve iş sağlığı ve güvenliğine dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Teknik, Avrupa genelinde bazı dökümhanelerde kullanılır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997]

2.5.2 Atık Su Önleme ve Arıtma

2.5.2.1 Atık Su Oluşumunu Önlemeye Yönelik Tedbirler

Tanım

Atık su oluşumunda belirgin bir azalma ile sonuçlana tedbirler aşağıdaki gibidir:

- *Kuru bir toz giderme sisteminin kullanılması:* Kuru toz giderme sistemleri, dökümhane egzoz gazı akışının çoğunda kullanılabilir. Bununla birlikte, istisnai durumlarda, demir içeren ultra-ince toz fraksiyonlarının giderilmesi için sulu bir gaz temizleyici kullanmak gerekli olabilir. Kuru ve sulu egzoz temizleme tekniklerinin uygulanabilirlikleri Bölüm 4.5'de tartışılmıştır.

- *Biyolojik atık gaz yıkayıcı veya kompost filtreler:* Arıtılacak gazların, fenoller, vs. gibi biyolojik olarak çözünebilir maddeler içeriyorsa, biyolojik atık gaz yıkayıcı kullanımı düşünülebilir. Biyolojik yıkayıcılar, biyolojik olarak arıtılan atık su daha fazla sıklıkta sirküle edilebildiğinden geleneksel sulu gaz yıkayıcılara kıyasla daha az atık su üretmektedir.

Not: Kompost malzemenin yeterince nemli olması gerekse dahi kompost filtreler (biyofiltreler), herhangi bir atık su üretmez. Biofiltrasyon tekniği, Bölüm 4.5.8.6'da tartışılmıştır.

- *Proses suyunun dahili geri dönüşümü:* yıkayıcı suyunun kapsamlı bir geri dönüşüm işlemi, arıtma tesislerinin kullanımını gerektirir. Bunlar muhtemelen flokülasyon aşaması ve filtrasyon ekipmanları ile entegre bir çökeltme havuzunu kapsamaktadır. Prosese bağlı olarak, soğutma işlemi gerekli olabilir. Buharlaşma kayıpları ve gazı yıkama işleminden kaynaklanan malzeme girdileri, sirküle suda bir tuz birikimine neden olur. Tuz konsantrasyonu ve (dolaylı boşaltım halinde) geçerli boşaltım sınır değerlerine bağlı olarak, sirkülasyon suyunun çekilmesi gerekebilir. Bu atık suyun buharlaşmasını ve buharlaşma kayıpları telafi etmek için kondensör kullanmak ekonomik olarak uygun olabilir

- *Arıtılmış atık suyun çoklu kullanımı:* Örneğin döküm kumu döngüsünde veya cüruf granülasyonunda kum hazırlık sürecinden kaynaklanan suyun kullanılması ile arıtılmış atık suyun çoklu kullanımının üzerinde udurulmalıdır. Sulu yıkama işleminde soğutma suyu kullanımı da dikkate alınabilir.
- *Atık suyun buharlaşması için atık ısının kullanılması:* Bu teknik, sadece atık ısının sürekli temelde mevcut olduğu durumlarda uygulanabilir. Uygulanabilirliğini ve ekonomik canlılığını değerlendirmek için olay/vaka bazında bir değerlendirme gereklidir
- *Hurda depolama işleminden kaynaklanan atık suyun önlenmesi:* Kontamine hurdanın depolanmasından kaynaklanan atık su oluşumu, depolama alanına çatı yapılması ile önlenabilir. Akan su, kirlenmemiş yağmur suyu olarak toplanır. Depolamaya yönelik tüm teknikler Bölüm 4.1'de tartışılmıştır
- *Atık suda AOX oluşumundan sakınma:* Hurda türlerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi, üretim döngüsünde klorlu bileşiklerin alımını engelleyebilir. Hurda satın alımı öncesinde AOX bileşiklerine yönelik analizlerin yapılması yararlı bir tedbirdir. AOX de atık su arıtma yardımcı maddeleri olarak kullanılabilir, örneğin, ticari dereceli hidroklorik asit, demir klorid ya da alüminyum klorür
- *Su türlerini ayrı tutunuz:* Atık su arıtma ihtiyacını en aza indirmek ve su kullanımını optimize etmek için farklı kirletici düzeylerine sahip çeşitli su akıntıları ayrı tutulur.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Atık suyu üretiminin önlenmesi.

Çapraz - ortam Etkileri

Çapraz - ortam Etkileri seçilen tekniğe bağlı olarak, geçerli olabilir. Belirtilen bölümlerde bilgi verilmektedir.

İşletim Verileri

İşletim Verileri , Bölüm 4.6.3'te örnek tesis açıklama kısmında verilmiştir.

Örnek bir alüminyum dökümhanesindeki atık su sistemi 4 ayrı akımdan oluşmaktadır:

- *Yüzey akıntısı:* Bu akıntı, bir yağ ayırıcı (2xNG80) aracılığıyla, merkezi yağmur suyu kanalına dahil edilir ve yakınındaki bir nehre yönlendirilir
- *Kullanılan su = proses suyu (açık soğutma banyoları) ve sıhhi su:* Bu akıntı, sahadaki bir açık hava kanalından bir kamu kanalına geçer ve daha sonra şehirdeki kamu kanalizasyonuna aktarılır.
- *Soğutma suyu:* Bu akıntı, başlangıçta bir kum filtre üzerinden nehre akar ve kapalı bir sızma soğutma devresindeki kurulumu geçer, 28 ° C ile sınırlı bir sıcaklık ile nehre geri döner. Çatı suyu da soğutma suyu devresine girer.
- *Çıkış gazı yıkayıcılardan (yaş kum, döküm sonrası) çıkan su:* bu su, kalan çamurun kurulumu terk etmesi adına sadece kısmen buharlaştırılır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut tesisler için geçerlidir.

Ekonomi

Ekonomik veriler, alternatif tekniklere yönelik belirli bölümlerde ve Bölüm 4.6.3'ün "Örnek tesis" bölümünde verilmiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

Atık su üretiminin en aza indirilmesi.

Örnek Tesisler

Meschede (D)

Başvuru Kaynakları

[195, UBA, 2003]

2.5.2.2 Yıkama Suyu ve Diğer Atık Su Akıntılarının Arıtılması

Tanım

Fırın gazı temizleme için, kuru filtrasyon sistemleri, potansiyel atık su akıntıları ortadan kaldırır, ancak sulu temizleme sisteminde, suyun temizliği ve geri dönüşümüne yönelik uygun önlemler alınır ise sulu bir akıntıya gerek kalmayacaktır. Katı maddelerin, yıkama cihazı için kabul edilir bir düzeyde yok edilmesi

temin edildiği sürece, çözünebilir bileşiklerin, herhangi bir yan etkisi olmadan, normal doygunluğa ulaşması sağlanır. Bu hususta, katı maddeleri yeterince ayırabilecek çeşitli teknikler veya kombinasyonlar bulunmaktadır.

Aşağıdaki arıtma yöntemleri uygulanır:

- çöktürme
- hidroksit çöktürmesi
- çok kademeli çöktürme
- sulu oksidasyon
- filtrasyon işlemleri.

Atık su, çözünmemiş ve çözünmüş ağır metaller, fenol ve siyanür içerebilir. Arıtma işleminin kirlenici tipine göre adapte edilmesi gerekmektedir.

Çözünmeyen ağır metallerin fiziksel yöntemler (çöktürme, filtrasyon, muhtemelen flotasyon) ile atık sudan çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca 0,5 mg/l'nin altındaki konsantrasyonlar aşağıdaki yöntemler kullanılarak elde edilebilir.

Çözünmüş ağır metallerin ilk olarak uygun presipitanlar kullanarak az çözünebilir bileşiklere dönüştürülmesi gereklidir. Özellikle güçlü bazlar (kireç sütü, kostik soda çözeltisi, soda) hidroksit çöktürmesi için presipitan olarak kullanılmaktadır. Bu yeterli değilse, organik sülfidler veya alkali sülfidler içeren sülfür çöktürmesi gerçekleştirilmelidir.

Fenoller ve siyanürler biyolojik olarak bozunabilir veya fiziksel-kimyasal arıtma ile yok edilir. Normalde hedeflenmiş arıtma öncesi işlemine gerek olmayan düşük konsantrasyonlarda bulunur. Yeterince büyük bir biyolojik atık su arıtma tesisinde kombine arıtma işlemi yeterlidir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Boşaltılan atık su içerisinde kirlenici yükünün azaltılması.

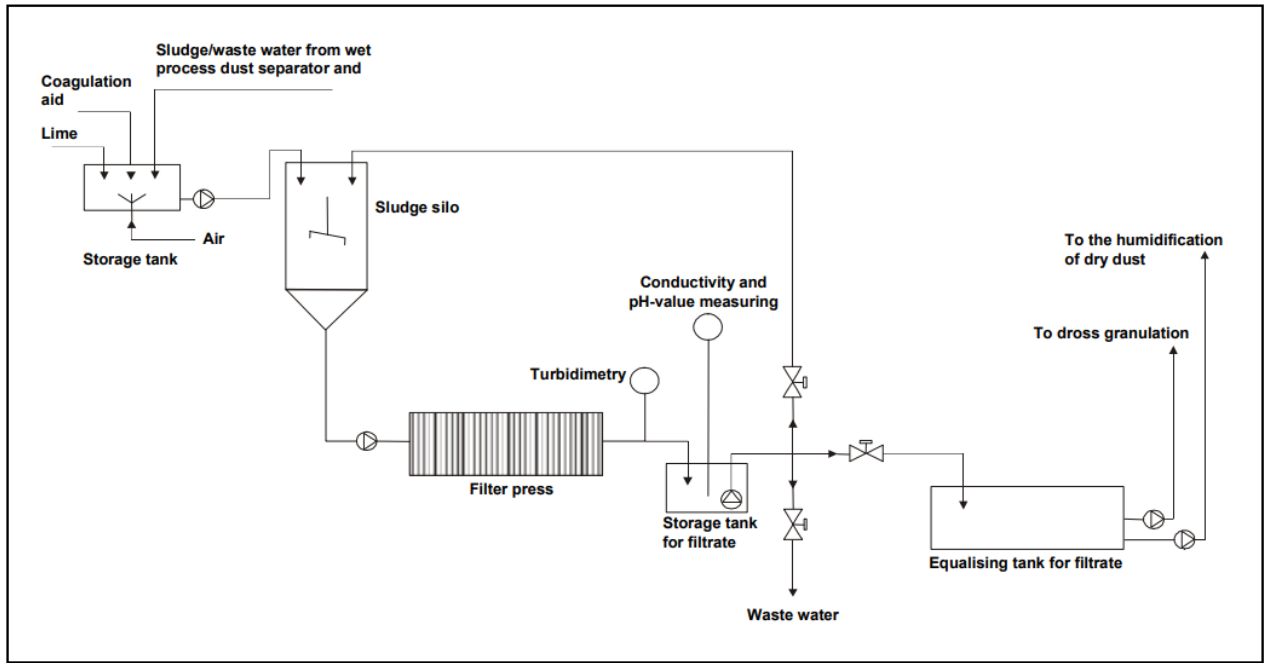
Çapraz - ortam Etkileri

Atık su arıtma işlemi, bertaraf edilecek çamur fraksiyonları oluşturur.

İşletme Verileri

Dökümhanelerden çıkan atık su ağırlıklı olarak çinkonun yanı sıra demir içerir. 8,5-11 arasında bir pH aralığındaki hidroksit çöktürmesi, çinko konsantrasyonunu 2 mg/l değerinin altına düşürebilir. Bu pH aralığına uyulması gerekir çünkü bu aralığı aşan bir pH'ta amfoterik çinko, zinkat haline gelerek yeniden çözülür.

Örnek olarak, Şekil 4.18, kupol fırınların sulu yıkayıcılarından çıkan suyu alınmamış çamurun kombine şartlandırılması ve çöktürülmesi reaksiyonunu gösterir. Sulu yıkayıcının su arıtma sisteminden çıkarıldıktan sonra, çamur, kostik kireç kullanarak ayrı bir arıtma aşamasında şartlandırılır. Bu durum, pH değeri ve ağır metaller çöktürmesinde bir artışa neden olur. Organik kirleniciler de absorbe edilir. Çamur daha sonra bir oda filtre presinde susuzlaştırılır. Bulanıklık ölçümleri sonrasında, süzöntü, pH değeri ve iletkenlik izleme işlemini kapsayan bir depolama tankına geçirilir. Koşulları ve gerçek ihtiyaçlarına bağlı olarak süzöntü, çamur silosuna döndürülür, cüruf granülasyonuna gönderilir veya dengeleme tankları aracılığıyla kuru toz nemlendirme işlemine gönderilir ya da fazlalık olarak (bir belediye atık su arıtma tesisine boşaltma şartlarına uyularak) kanalizasyona boşaltılır.



Şekil 4.18: Bir Kupol Fırınının Sulu Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Atık Suyun ve Çamurun Arıtılması
[195, UBA, 2003]

Ek İşletim Verileri , Bölüm 4.6.3’de örnek tesis açıklama kısmında verilmiştir.

Uygulanabilirlik

Uygulanacak atık su arıtma tipinin, atık su bileşimi ve suyun tesisten alıcı su ortamına bertarafı için yerel koşullara göre seçilmesi gerekir.

Ekonomi

Ekonomik veriler, Bölüm 4.6.3’de örnek tesis açıklama kısmında verilmiştir.

Uygulama İçin İtici Güç

Suya kirletici boşaltımına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Bakınız Bölüm 4.6.3.

Başvuru Kaynakları

[195, UBA, 2003], [160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

2.5.2.3 Atık Su Önleme ve Azaltmaya Yönelik Örnek Tesis

Tanım

Almanya’daki örnek bir tesis, dökme demir (gri ve nodüler dökme demir) ve kalıp döküm alüminyum parça üretmektedir.

Aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

- *Eritme*: Gaz yakıtlı eritme fırınları ve baca gazı arıtma tesisi (kuru filtre)
- *Kalıp-döküm parçalarının imalatı*: Alüminyum kalıp döküm için otomatik döküm-delme hücreleri
- *Kum dökme*: Özel alaşımların imalatı
- *Demir döküm (maça üretimi)*: Maça üretimi için, soğuk kutu ve kronlama prosesleri kullanılır. Yıkama konsantreleri amin yıkama uygulamasında oluşturulur.
- *Demir döküm (eritme)*: Eritme atölyesi; bir karıştırma tesisi, bir sıcak hava kupol fırını, birkaç elektrikli fırın, bir dönüştürücü ve bir tutma fırınından oluşur.

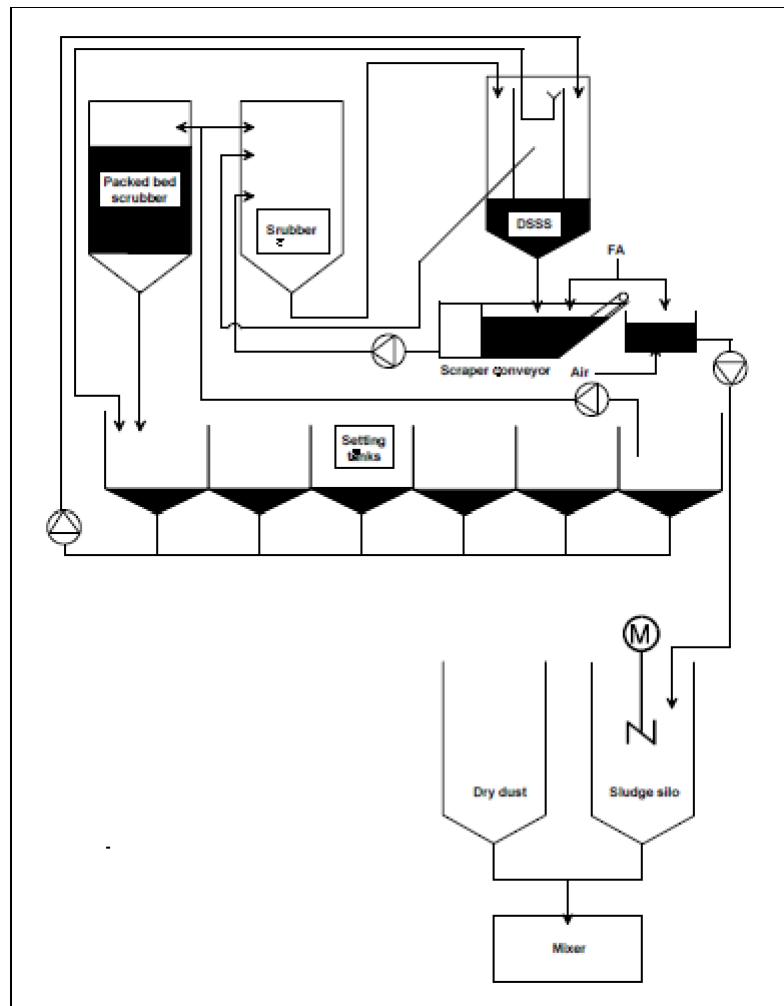
- *Demir döküm (kalıplama)*: bentonit bağlı kumdan yapılan yitlik kalıpların kullanımı. Üretim verileri ve su tüketimi Tablo 4.56’de verilmiştir.

Üretim	
İyi demir döküm ürünleri, toplam	46710t
İyi demirdışı döküm ürünleri, toplam	2355 t
Su tüketimi	
İçme suyu (şehir suyu)	59630 m ³
Yüzey suyu/yeryüzü suyu	64998 m ³

Tablo 4.56: Örnek Dökümhane İçin Üretim ve Su Tüketimi Verileri (yıllık bazda) [195, UBA, 2003]

Sulu yıkayıcılar, organik maddelerin nispeten yüksek konsantrasyonlarını içeren büyük miktarlarda atık gazın üretildiği (maça yapımından çıkan atık gaz) durumlarda veya yüksek baca gazı sıcaklığının (sıcak hava kupol fırınlarından çıkan baca gazı) meydana geldiği durumlarda uygulanır.

Sulu toz giderme sisteminin su devresinin şematik bir temsili Şekil 4.19'de verilmiştir. Alttan şarjlı kupol baca gazı ekstraksiyonundan çıkan atık gaz, tozsuzlaştırma işlemi için bir siklon separatörü ve bir venturi yıkayıcıya gönderilir. Gaz halindeki kirleticilerin takiben kaldırılması dolgu yatak yıkayıcı ile gerçekleştirilir. Ventüri yıkayıcıdan çıkan atık suyun, yüzer ve emici bir ayırıcı içinde ön ısıtma işlemi gerçekleştirilir ve daha sonra ikincil arıtma için bir çökeltme tankına geçirilir. Dolum kulesinden çıkan yıkama sıvısı, çökeltme tankına doğrudan gönderilir. Çökeltme tankından çıkan çöken çamur, yüzer ve emici ayırıcıya kesintili olarak pompalanabilir. Yüzer ve emici ayırıcıdan çıkan çamur bir spatula konveyöre pompalanır, flokülantlar ilavesiyle aglomere edilir ve bir depolama tankı içine geçirilir. Bu aşamadan sonra, çamur, çamur silosuna aktarılır ve daha sonra kuru toz ilavesi ile bir karışım tesisinde katılaştırılabilir.



Şekil 4.19: Bir Kupol Fırınının Sulu Tozsuzlaştırma İşlemi İçin Su Devresi /DSSS: çift kabuk batırma ayırıcısı; FA: flokkulan, M: motor [195, UBA, 2003]

Bu temel düzende, tuz birikimi ve düşük nihai su kalitesi nedeniyle tesiste bazı operasyonel sorunlar yaşanmıştır. Aşağıdaki amaçlar doğrultusunda tesise yeni bir boyut kazandırılmıştır:

- diğer flokülanların kullanımı ile çöktürme hızının artırılması
- yıkama ortamında kirletici içeriğinin azaltılması
- çamur susuzlaştırma işleminin ilerletilmesi
- gaz yıkama döngüsünden kaynaklanan yıkama ortamının tekrar kullanımı.

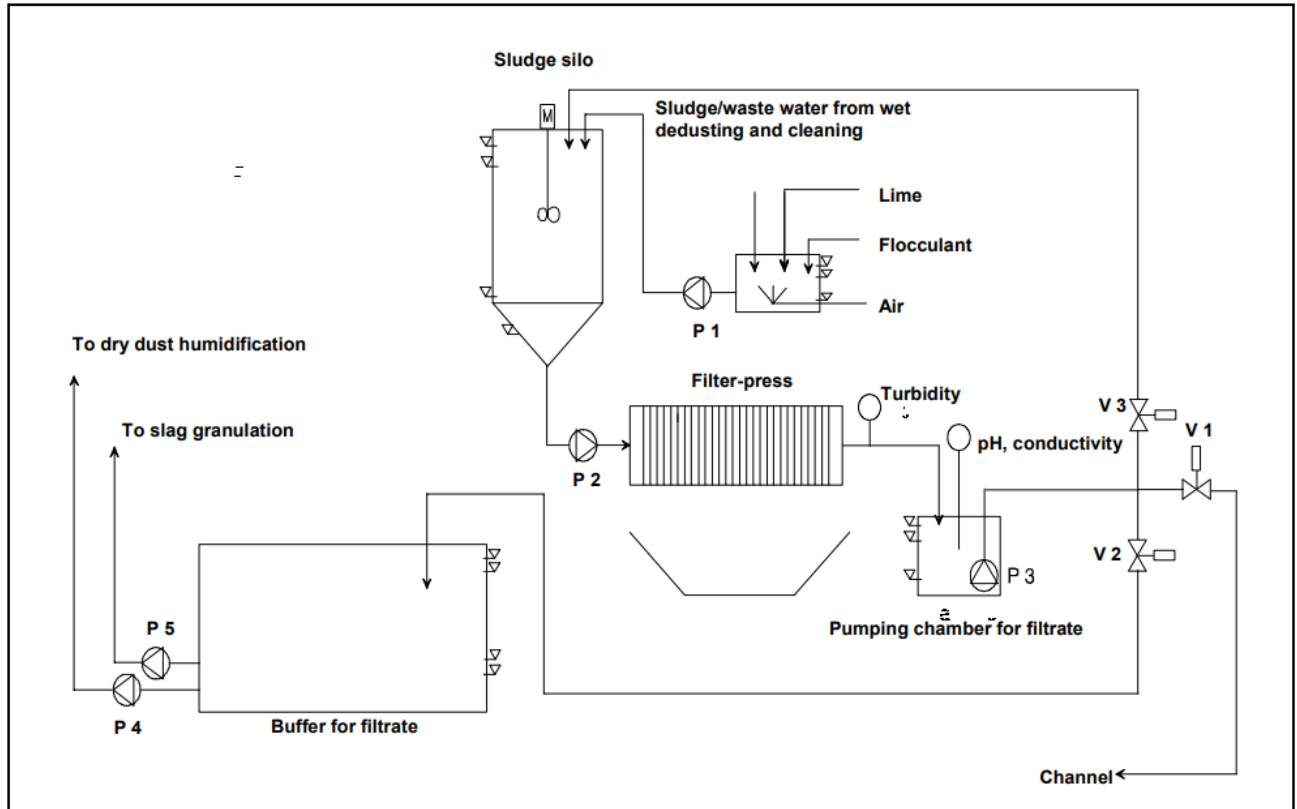
Bu amaçla, 2 m³ hacimli bir oda filtre presi ve bir çamur toplama tankına sahip bir karıştırıcı (30 m³ hacimli) kurulmuştur. Çamur, spatula konveyörden doğrudan depolama tankına geçirilir ve kireç ile ön koşullandırılır.

Birkaç ay süren deneme aşamasında esnasında, yığın başına yaklaşık 25 kg kirecin susuzlaştırma ve ağır metal giderimi açısından en iyi sonucu elde etmek için gerekli olduğu ortaya kondu. Ortalama kuru madde içeriği %70 idi. Ağır metaller için süzüntü analizi, tespit limitleri aralığındaki değerleri göstermektedir. Bununla birlikte, yaklaşık 1 g/l arasındaki nispeten yüksek sülfat konsantrasyonları, yıkama döngüsünde süzüntünün yeniden kullanımı için bir problem teşkil etmektedir.

Şekil 4.20'de gösterildiği gibi uygulanabilir bir alternatif olarak, çamur arıtma işlemi, diğer bileşikler ile daha da genişletilmiştir. Sulu yıkamadan çıkan su/katı madde karışımları, flokkulan ilavesi ile ön şartlandırma işlemine tabi tutulmuştur ve elde edilen çamur, bir spatula ile bir karıştırma tankına gönderilmiştir. Kireç, testler yoluyla daha önce tespit edilmesi gereken bir miktarda karıştırma tankına eklenir ve çamur, bir pompa (Şekil 4.20'deki pompa P1) ile çamur silosuna aktarılır. Pompa P2, bu çamuru filtre prese pompalar.

Süzülen madde, pH ve iletkenliğin takip edildiği bir depolama tankı içine bir bulanıklık metresi ile iletilir. Oradan nereye gittiğine ilişkin üç olasılık vardır:

- Cüruf granülasyonu ya da kuru toz nemlendirme için bir dengeleme tankı ile
- (Bulanıklık limiti aşıldığında) çamur silosuna geri gönderilir
- (Sadece acil önlem olarak) kanalizasyona.



Şekil 4.20: Bir Kupol Fırını Baca Gazının Sulu Tozsuzlaştırma İşleminde Kaynaklanan Çamur İçin Arıtma Sistemi [195, UBA, 2003]

Ekonomi

Çamur arıtma işlemi ile sistemin genişletilmesi ile ilgili ekonomik veriler, Tablo 4,57’de verilmiştir.

Genişleme öncesi		Genişleme sonrası	
%30 kuru malzeme içeriğine sahip oluşan çamur	2000 t/yıl	%70 kuru malzeme içeriğine sahip oluşan çamur	850 t/yıl
Çamur katılaştırma için kuru toz	1100 t/yıl	Çamur katılaştırma için kuru toz	0 t/yıl
Düzenli depolama fiyatı	EUR 100/t	Düzenli depolama fiyatı	EUR 100/t
Yıllık bertaraf maliyetleri	EUR 310000		EUR 85000

Tablo 4.57: Çamur Arıtma İşlemini Kapsayan Bir Atık Su Sisteminin Genişletilmesi İçin Bertaraf Maliyetleri [195, UBA, 2003]

% 70 kuru madde içeriğine sahip çamur, bertaraf işleminden önce daha fazla stabilizasyon gerektirmez. Sulu çamur için kuru toz içeren bir katılaşma işlemi gereklidir. Bertaraf maliyetlerinde tasarruf, EUR 310000-EUR 85000 = EUR225000’dır. Bu rakam, EUR 175000 tutarındaki genişlemeye yönelik bir yatırım maliyeti ve yaklaşık EUR 50000’lik ek bir yıllık işletme maliyetleri ile karşılaştırılır. 1 yıllık geri ödeme süresi vererek, tasarruf toplam maliyeti bu nedenle EUR 175000/yıl tutarındadır. Hesaplama, süzüntü tekrar kullanımından doğan maliyet tasarrufunu kapsamamaktadır.

Örnek Tesisler

Sach Giesserei GmbH, Kitzingen (D).

Başvuru Kaynakları

[195, UBA, 2003]

2.5.2.4 Yağ Önleyiciler Tanım

Tüm açık alanlardan ancak özellikle hammadde stok alanlarından çıkan, çökeltme ya da diğer tekniklerle giderilebilir akıntı, asılı katı madde içerir. Yağ önleyicileri, hurda işleme alanlarının drenajında kullanılır. Drenaj bacaları, çökeltilmemiş malzemenin taşınmasını önlemek amacıyla, yağmur suyunu taşımak için ve herhangi bir fırtına dalgasını engellemek için yeterli büyüklükte tasarlanır.

Yağ önleyicileri, kalıcı kalıp döküm dökümhanelerinden çıkan atık suyu kullanılır. Kalıp döküm otomatlarının hidrolik sistemleri potansiyel olarak petrol sızdırmaktadır. Su toplama sistemi böylece sızıntıdan çıkan herhangi bir yağı toplayacak şekilde tasarlanır ve ortaya çıkan atık su akışı, bir yağ önleyicisi kullanılarak artırılır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Su kirliliğinin önlenmesi.

Çapraz - ortam Etkileri

Yağ önleyicisi, bertaraf edilecek bir kalıntı oluşturur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve mevcut kalıp döküm (kalıcı kalıp) dökümhaneler ve doğrudan yüzey sularına gerçekleşen atık su deşarjını kapsayan diğer tüm dökümhaneler için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Suya kirlletici deşarjına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Honsel, Meschede (D).

Başvuru Kaynakları

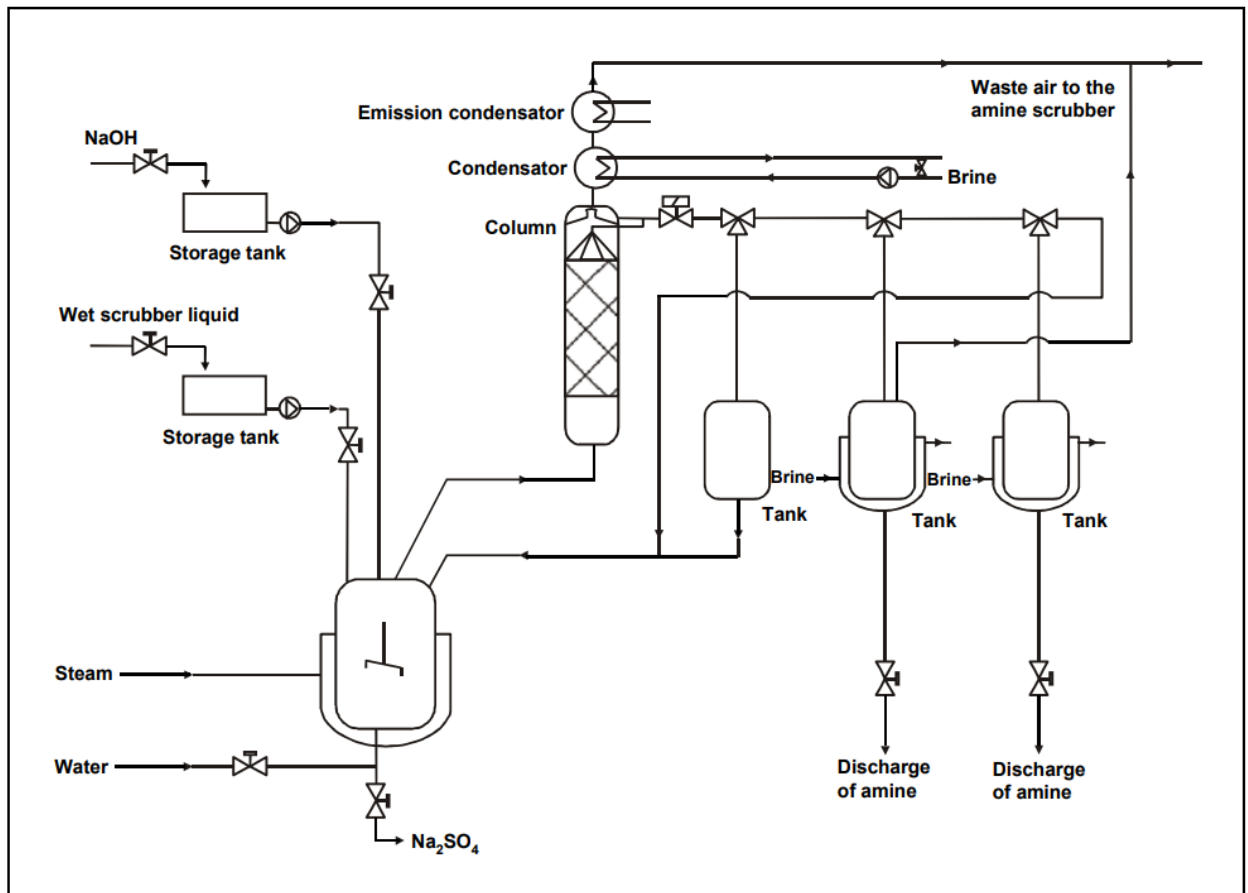
[160, İngiltere Çevre Ajansı, 2002]

2.5.2.5 Yıkama Suyundan Çıkan Aminin Geri Kazanımı

Tanım

Asit, soğuk kutu egzoz gazını yıkarken, amin sülfat (bakınız Bölüm 4.5.8.4) oluşur. Bu amin damıtma işlemini takiben sodyum hidroksit ile nötralizasyon yoluyla geri kazandırılabilir.

Şekil 4.21’de gösterildiği üzere, üçüncül bir amin (örneğin DMEA, DMIA ve trietanolamin (TEA)) asit yıkayıcısı içinde oluşturulan tuz ve yıkama asiti (örneğin sülfürik asit) güçlü bir baz ile reaksiyona girerek (örn. kostik soda çözeltisi) tekrar dönüştürülür, bu sayede serbest amin ve örneğin sodyum sülfat oluşturulur. Amin, su buharı ile dışarı atılır ve daha sonra temizlenir ve yeniden kullanılmasına imkan verecek bir dereceye kadar bir sütunda konsantre edilir. Sodyum sülfat solüsyonu (kirli yıkama solüsyonu ile birlikte) geri kazanılabilir veya bertaraf edilebilir. Amin geri dönüştürülmez ise, yıkama konsantreleri azot giderimi ile biyolojik atık su arıtma tesisinde arıtılabilir.



Şekil 4.21: Amin Geri Dönüşüm Tesisi [195, UBA, 2003]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yeniden kullanılabilir bir kimyasal bileşiğin geri kazanımı.

Çapraz - ortam Etkileri

İşlem, merkezi bir tesiste yapıldığı takdirde, bu durum, yıkama sıvısının arıtma ünitesine naklini kapsar.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, maça yapımı egzozundan çıkan tüm amin içeren gaz yıkayıcı çözeltiler için geçerlidir. Yeterli miktarda amin yıkama sıvısını kullanılabilir olması gerektiğinden uygulama, ekonomik faktörler (örneğin taşıma maliyeti) ile sınırlıdır. Genel olarak, arıtma işlemi, birkaç dökümhanenin atık suyunu arıtan merkezi

bir yerde uygulanır. İşlem, patlama tehlikesine tabi olduğundan, patlama risklerini önlemeye yönelik önlemler alınmalıdır. **Bölüm 4**

Uygulama İçin İtici Güç

Kimyasal bileşiklerin geri kazanımı. Endüstriyel atık bertaraf maliyetleri.

Örnek Tesisler

- Merkezi geri dönüşüm tesisleri Voerde (D)
- Otomotiv dökümhaneleri grubu için merkezi tesis: Poitou (F).

Başvuru Kaynakları

[195, UBA, 2003]

2.5.2.6 Kalıp Döküm Atık Su Akıntılarında Glikollerin Azaltılması

Tanım

Kalıp döküm için hidrolik sistem, hidrolik sıvı gibi su-glikol karışımları kullanır. Hidrolik sistem içine gerçekleşen sızıntılar ve su sistemine sızan sıvının takiben taşınması, dökümhane atık suyu içinde sızıntı glikollerinin varlığında yol açabilir. Filtrasyon veya flotasyon teknikleri kullanılarak glikol giderme mümkün değildir.

Uygulanan arıtma teknikleri şunlardır:

- damıtma veya vakum buharlaştırma
- biyolojik ayrışma.

Temizlenmiş atık su, ayırıcı madde için bir solvent olarak yeniden kullanılır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Su kirliliğinin azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Atık su arıtma işleminde, bir çamur pastası üretilir ve bertaraf edilmesi gerekir.

İşletim Verileri

Belçika'da örnek bir dökümhanede, proses suyu bir vakum buharlaştırma ünitesinde (3 m³/gün kapasiteli) arıtılır. Üniteyi üç kaynak beslemektedir: (HPDC üniteleri altında toplanan) aşırı ayırıcı madde, döküm otomatlarından çıkan sızıntı hidrolik sıvı (su + glikol) ve E-filtre temizleme işleminden çıkan su. Vakum buharlaştırma işlemi, bertaraf edilecek çamur pastası ve bir atık madde üretir. Atık madde, yüksek COD ve düşük sertlik (alkalilik) niteliğindedir. Bu durum, bu atığı ayırıcı madde için bir çözücü olarak yeniden kullanıma uygun hale getirir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, tüm yeni ve mevcut kalıp döküm dökümhaneleri için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Suya kirletici deşarjına dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

Metaalgieterij Giessen, Hoboken (B): HPDC ve kokil kalıp döküm kullanan alüminyum dökümhanesi.

Başvuru Kaynakları

[202, TWG, 2002]

2.5.3 Enerji Verimliliği

2.5.3.1 Giriş

Metal eritme ve eriyik metali erimiş halde tutma işlemleri genellikle dökümhanenin enerji tüketiminin önemli bir bölümünü kaplar. Birçok dökümhanede metali erimiş metal halinde tutmak için asıl eritme prosesinden daha fazla enerji kullanılır. Ayrıca, metal arzı dışındaki alanlarda önemli miktarda enerji harcanır. Örneğin, dökümhaneler, genellikle, sıkıştırılmış havanın önemli kullanıcılarıdır. Diğer büyük enerji kullanıcılar, başlıca hidrolik güç ünitelerinin de elektrik ile çalıştığı yüksek basınçlı kalıp döküm makineleri gibi öğeler olması muhtemeldir. Kum ve kokil kalıp dökümhaneleri, kutuları ısıtmak için gaz veya elektrik kullanarak, kabuk veya sıcak-kutu gibi sıcak maça yapımı prosesleri

kullanılabilir. Kalıpların ve pota ve fırın astarlarının ısıtılması, kullanılan toplam enerjinin kayda değer bir kısmı tekabül edebilir. İki dökümhane türünün enerji kullanımına dair tipik göreceli dağılımı, Tablo

4.58'de verilmiştir. [64, Etsu, 1997]

Faaliyet	Demir dışı dökümhaneler (%)	EAF çelik dökümhanesi (10000 t/yıl iyi döküm) (%)
Eritme	30	44
Tutma	30	
Tesis aktüasyonu	15	
Hava sıkıştırma	14	10
Alet ısıtma	3	
Isıl işlem (gaz)		7
Diğerleri *	8	39
(*) Aynı sütunda değer verilmeyen tüm faaliyetler ve bahsi geçmeyen faaliyetleri kapsamaktadır		

Tablo 4.58: Demirdışı ve EAF Çelik Dökümhanede Genel Enerji Tüketimi
[64, ETSU, 1997], [202, TWG, 2002]

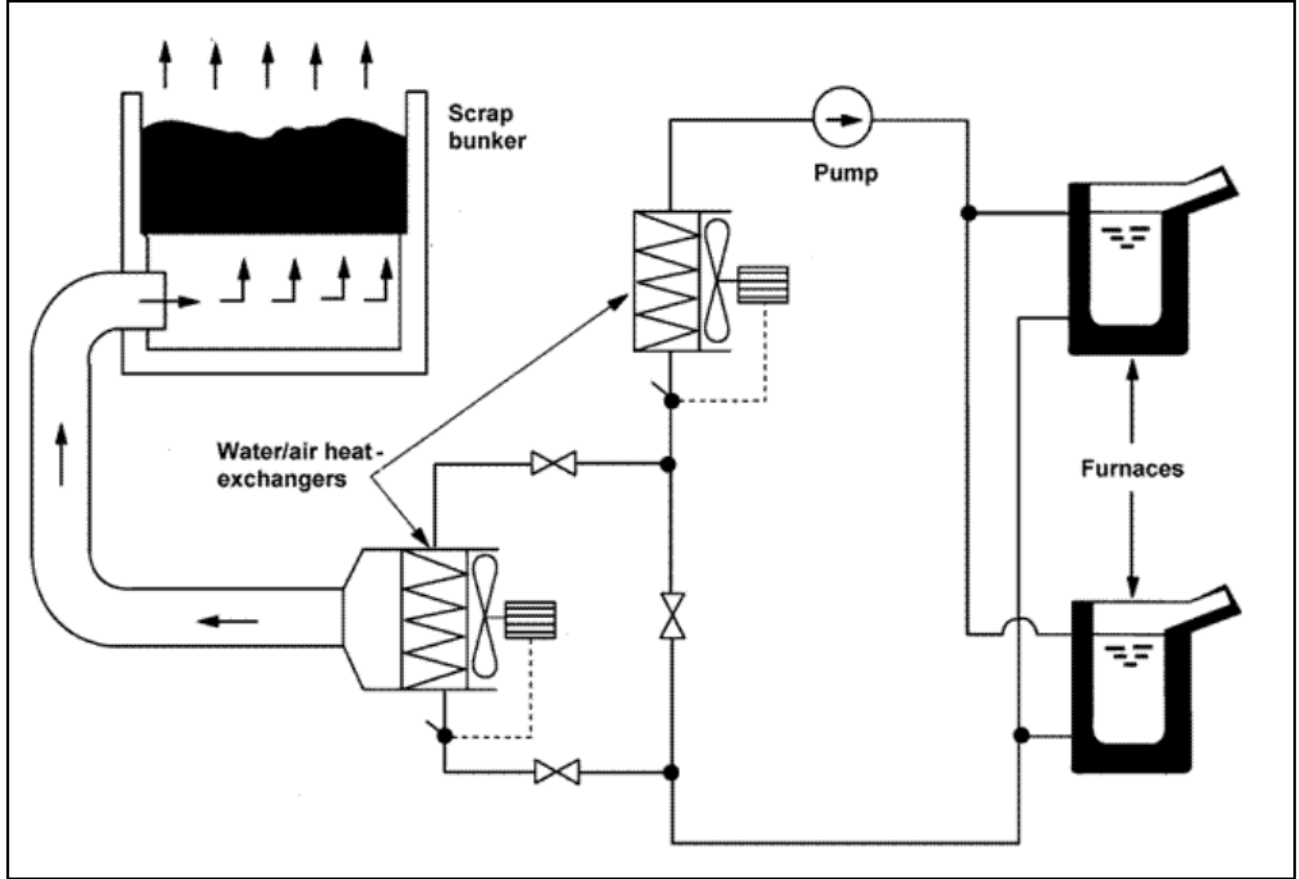
Bu veriler, dökümhane hizmetlerinin (örn. tümü ancak eritme ve tutma işlemleri dışında) dökümhane enerji tüketiminin yarısına kadarını kapsadığını göstermektedir. Bu uygulama, motorlar ve sürücüler, basınçlı hava, aydınlatma, alan ısıtma ve kazan tesisi gibi öğeleri kullanan faaliyetleri içerir. Enerji verimliliği önlemleri, hem eritme hem de servis alanıyla ilgili olmalıdır. [46, Etsu, 1995]

Enerji tasarruflu işletim, bahsedilen tüm adımlarda enerji kullanımını azaltmaya yönelik iyi bir uygulama tedbirlerini uygulayarak sağlanmaktadır. Geliştirilmiş enerji verimliliği, bu bölümde teknikler tartışmalarında bahsedilen ana çevresel faydalardan biridir. Aşağıdaki bölümlerde, ısı geri kazanımı ve dökümhanenin diğer bölgelerine ısı transferini amaçlayan spesifik tekniklere odaklanılmıştır.

2.5.3.2 İndüksiyon Fırını: Atık Isı Kullanımı Tanım

İndüksiyon-eritme fırını verilen elektrik enerjisinin önemli bir kısmı, atık ısıya dönüştürülür. Tesise toplam enerji girişi nin yaklaşık% 20-30'u, soğutma sistemi ile dağıtılır. Fırın soğutma devresi, sadece indüksiyon bobinindeki elektrik kayıpları ile ilgilenmez, aynı zamanda potadaki sıcak metalden fırın astarı yoluyla alınan ısıya karşı bobini korur. Fırın soğutma sistemindeki ısı, alan ısıtma, yıkama suyunun ısıtılması ve ham maddelerin kurutulmasına yönelik olarak bazı sistemlerde kullanılır.

- *Hammaddelerin kurutulması:* Metalik şarj malzemelerinin bir indüksiyon-eritme fırını içindeki erimiş bir kalıntıya eklenmesi durumunda, hurdadaki su varlığı potansiyel olarak çok tehlikeli olabilir. Hurdanın dökümhanede muhafaza altında saklanabilmesine rağmen, hurda satıcısı tarafından teslim alındığında sulu olması olasıdır. Fırın soğutma suyunun ısısı, bir hava/su ısı-eşanjöründe ekstrakte edilebilir ve ısıtılmış havayı, stok deposu ortamına taşıma için bir faz kullanılabilir. Bu tür bir tesisin şematik düzeni Şekil 4.22 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22: Atık Isının Hurda Kurutma İşleminde Kullanımı [47, ETSU, 1992]

- *Alan ısıtma ve sıcak su temini:* Alan ısıtma için dökümhane salonuna sıcak hava üflenmesine yönelik olarak yukarıda tartışılana benzer bir sistem kullanılabilir. Alternatif olarak, bir su-su ısı eşanjörü, radyatör için su devresini ısıtmak ya da sıcak su temini için kullanılır.

Basınçsız bir sistemde soğutma suyu sıcaklığının normalde 60-70°C'yi aşması olası olmadığından, radyatörler için ısıyı etkin bir şekilde aktarmak için gerekli olan ekstra geniş yüzey alanları gerekli olacaktır. Alternatif olarak, su sıcaklığı, ek gaz veya yağ brülörleri veya elektrikli ısıtıcı gibi bazı diğer ısı kaynakları ile takviye edilebilir. Bazı alternatif ısıtma sistemi fırınlar çalışmadığı zaman devr almak için gerekli olabilir, örneğin sabah erkenden, çalışma alanlarının sıcaklığını rahat bir seviyeye yükseltmek için.

Normal fırın soğutma tesisleri, yaz döneminde ve alan-ısıtma tesislerinin fırın soğutma sisteminden uygun bir miktarda ısı ekstrakte etmediği durumların yaşandığı diğer zamanlarda çalışır halde tutulmalıdır. Fırın soğutma sisteminin bütünlüğünü sağlamak gereklidir. Fırınların bütünlüğünü her zaman korumak için, tüm tesisat bozulmaya korumalı olacak şekilde dizayn edilmelidir. Ayrıca fırınlara dönen su, çok soğuk olmamalıdır (örn. 30 °C'nin altında). Sıcaklık kumandalı alarmlar temin edilmelidir ve herhangi bir sorun durumunda ısı geri kazanım tesislerinin birincil soğutma devresinden hızla izole edilebilir olmasını sağlamak için kolay erişilebilir manuel kontrol vanalarına sahip acil bypass boruları kurulmalıdır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Enerji verimliliği artar.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi bildirilmemiştir.

İşletim Verileri

İndüksiyon fırınlarının soğutma yağını kullanan bir ısı geri kazanım sistemi, Belçika'daki bir dökümhanede kurumuştur. Dökümhanede, bir kupol fırın dubleks ile iki indüksiyon tutma fırını çalışır.

Elektrikli fırınların indüktörleri, termal yağ kullanılarak soğutulur. Termal yağ, 200- 300 °C'ye kadar ısıtılır ve harici bir yağ-hava eşanjörü üzerinde ısı kaybeder. Isı geri kazanım sisteminin kurulumundan önce, 1 MW'lık ısı havaya dağıtılır. Alan ısıtma için atık ısı kullanmak üzere alternatif bir sistem kurulur. Isıtılmış hava maça atölyesine sokulur. Bu durum, dağılmış ısıнын 1/3'nün yeniden kullanımını sağlar ve orijinal gaz ateşli ısıtma sisteminin yerine geçer. Yağ-hava ısı eşanjörünün maça atölyesinin yanına kurulması nedeniyle uygulama düşük maliyetle gerçekleştirilebilir. Dökümhanenin diğer bölgelerinde alan ısıtma işlemi, daha sonra düşünülebilir, ancak daha fazla boru gerektirecektir (ve bunu takiben daha fazla kayıp yaşanacaktır).

Uygulanabilirlik

Isı geri kazanım uygulanmadan önce, bir dizi kriterin yerine getirilmesi gerekir:

- Atık ısı için kayda değer bir uygulama makul oranda yakın olmalıdır ve bu geri kazanılan ısıнын kullanılabilir olduğu zamanlar, fırının çalıştığı zamanlar ile eşleşmelidir. Ancak, normalde mevcut ısı oldukça düşük derecededir. Soğutma suyu sıcaklığı 70 °C'yi geçmemelidir
- Kullanılan nispeten düşük sıcaklıklar, ısı eşanjörlerinin normal olarak karşılaşılan eşanjörlerden çok daha geniş olması gerektiğini ifade etmektedir
- Fırın suyu, yaklaşık 30 °C'den daha düşük sıcaklıkta fırın geri gönderilmemelidir aksi takdirde bu yoğunlaşma problemlerine yol açabilir.
- Soğutma devrelerinin bütünlüğünü korumak kesinlikle gereklidir. Soğutma devresi, bobini korumak için temin edilir- görevinde başarısız olursa sonuçları felaket olabilir.

Yukarıda etkenler, özellikle, fırın bütünlüğü sorunu, çoğu fırın operatörlerini, soğutma devresinden çıkan ısıнын kullanımını ele almaktan dahi caydırmaktadır.

Ekonomi

Soğutma devresinden gelen ısıdan yararlanmak isteyen bir dökümhane için yararların tam olarak değerlendirmek ve bu yararları daha sonra ek ekipman maliyeti ve fırın ve operatörlerin güvenliği ile karşılaştırmak gerekir.

Uygulama İçin İtici Güç

Dökümhane enerji verimliliği artırma.

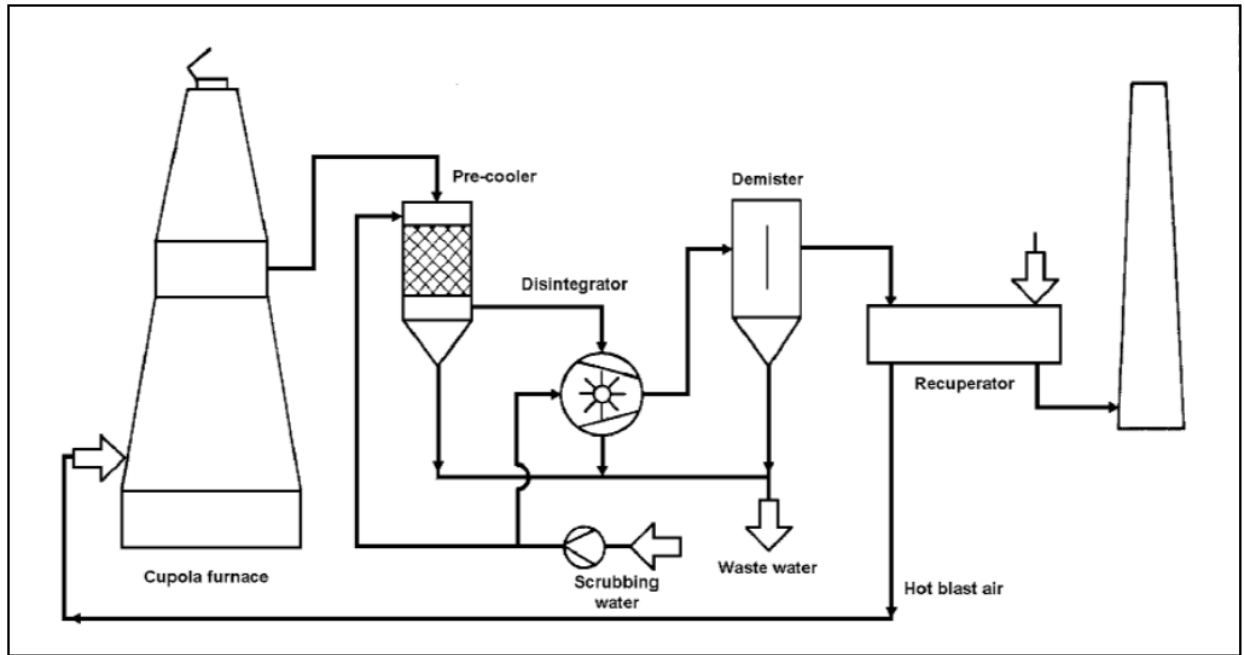
Örnek Tesisler

Sıcak hava ile alan ısıtma: Proferro, Oudenaarde (B). Metso Paper Jyvaskyla Döküm (F).

Başvuru Kaynakları

[47, ETSU, 1992]

Tesis H, termal yağ devresinde kupol atık ısısını kullanır. Üfleme havasına yönelik ön ısıtma işlemi için ısı değişimi sonrasında, çıkış gazı gaz-yag ısı eşanjöründen geçer. Isıtılmış yağ, maça kurutma işlemi için kullanılır. Maksimum 21 MW'lık bir ısı geri kazanımı elde edilebilir. Proses akış şeması Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24: Isı Geri Kazanımına Sahip Bir Sıcak hava kupolü Fırınının Proses Akış Şeması [17, Strauß, 1983]

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni tesisler için geçerlidir ve proses tasarımında dikkate alınmalıdır. Mevcut tesisler için, bu teknik tesise yapılacak büyük bir tadilat sırasında uygulanabilir, ancak genellikle mevcut tesislerde küçük ilave üniteler yer alabilir.

Ekonomi

Belirtilen örnekler, söz konusu tesisatın geniş çapta yeniden inşa edilme işleminin bir parçası olarak kurulmuştur. Belirli bir maliyet verisi çıkarımında bulunmak bu nedenle mümkün değildir.

Uygulama İçin İtici Güç

Endüstriyel proseslerin enerji verimliliği artırma.

Örnek Tesisler

Bahsi geçen iki örnek tesis Almanya'da bulunmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[17, Strauss, 1983], [27, Kran, et al., 1995], [202, TWG, 2002]

2.5.3.4 Enerji Kaybının Azaltılması/Potalarda Ön Isıtma Uygulamasının Geliştirilmesi

Tanım

Erimiş metal transfer sistemi, fırın akıtma ve kalıp dökme işlemleri arasındaki metal ısı kaybına izin veriyor ise enerji boşa gider. Kayıplar, aşağıdaki iyi uygulama önlemleri uygulanarak önlenebilir:

- Parlak kırmızı ısıda ön ısıtma işlemine tabi tutulmuş temiz kepçelerin kullanımı,
- Mümkün olduğu kadar büyük ve ısı-tutucu kapaklara sahip dağıtım ve döküm potalarının kullanımı
- Boş duran kepçelerin üzerinde bulunan kapakları kapalı tutma veya kullanılmayan kepçeleri ters çevirme
- Metali bir potadan diğerine aktarma ihtiyacını minimize etme
- Güvenlik gerekliliklerine uyum sağlamak şartıyla metali her zaman mümkün olduğunca çabuk taşıma.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Enerji kayıplarını azaltma.

Çapraz - ortam Etkileri

Hiçbir çapraz ortam etkisi meydana gelmez.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, iyi uygulama ile ilgili tedbirler içerdiğinden, tüm yeni ve mevcut dökümhaneler için geçerlidir.

Ekonomi

Hiçbir ekonomik veri sunulamaz.

Uygulama İçin İtici Güç

Enerji verimli dökümhane yönetimi.

Örnek Tesisler

Bu önlemler, Avrupa'daki dökümhanelerde değişen bir oranda kullanılır.

Başvuru Kaynakları

[44, Etsu, 1993]

2.5.4 Kum: Rejenerasyon, Geri Kazanım, Yeniden Kullanım ve Bertaraf

2.5.4.1 Giriş

Dökümhanelerin, inert bir temel malzeme olarak kumdan yoğun şekilde faydalandığı için bu kumun rejenerasyonu, çevresel performansın bir parçası olarak önemli bir noktadır. Yaş kum ve kimyasal- bağlı kumların arasında net bir ayırım yapılmalıdır. Yaş kum, kullanımdan sonra kolay yenilenir. Esasen, devridaim eden yaş kum, yeni kuma göre daha iyi bir teknik kalite gösterir. Çoğu yaş kum dökümhanesi, birincil yenilenme gerçekleştirir.

Sürtünmeli aşınım ya partikülleştirme olarak bilinen birincil rejenerasyon, kumu kalıp veya maçalardan çıkarıp parçalayarak özgün tane boyutuna geri döndürür. Bu uygulama, kumun elenmesi döküntü metalin giderilmesi ve ince parçacıkların ve aşırı büyük aglomeralar ayrılmasını ve giderilmesini kapsar. Kum daha sonra depolanmak üzere gönderilmeden önce soğutulur, kum sistemine geri gönderilir veya yeni kum ile harmanlanır. Bu aşamada, kum tanelerinin kullanılan bağlayıcı kaplamasının bir kısmında muhafaza edilmesi muhtemeldir. Bu durum, kalıplar ve özellikle de maça yapımı için kullanılabilen rejenere kum miktarını etkiler. Kum karışımının yeterli kum ve maça mukavemeti oluşturduğu ve bunu takiben iyi döküm kalitesine destek olmasını temin etmek üzere yeni kum ilave edilmelidir. Birincil ıslah kum, kalıntı bağlayıcı maddelerin giderilmesine yönelik daha fazla işlem gerçekleşmeden, maça yapımı için

kullanılmak üzere yeterli bir kalitede genellikle değildir ve bu nedenle, esas olarak kalıplar için kullanılır. Ana birincil rejenerasyon teknikleri; titreşim, döner tambur veya kumlamadır.

İkincil rejenerasyon, kalıntı bağlayıcıların giderilmesine yönelik olarak daha önce partikülleştirilen kumun daha fazla işleme tabi tutulmasını gerektirir. Kum, yeni kuma benzer ya da yeni kumdan daha iyi kaliteye geri döndürülür. İkincil rejenerasyon kullanan dökümhane, bazı durumlarda, yeni kum ihtiyacını hemen hemen ortadan kaldırmıştır. Artık bağlayıcının giderilmesi için, birincil rejenerasyona göre daha agresif teknikler gereklidir. Ana ikincil rejenerasyon teknikleri şunlardır:

- Soğuk mekanik arıtma:
 - düşük enerji yıpratma: sürtünme, darbe (soğukta sertleşen reçineler için)
 - yüksek enerji yıpratma: pnömatik şefing, taşlama, merkezkaç sürtünme
- Termal arıtma (genellikle bir akışkan yatakta)
- Sulu yıkayıcı.

Soğukta sertleşen reçine ile bağlanmış kumlar, bağlayıcı tabakasının kırılabilirliği nedeniyle basit arıtma teknikleri kullanarak rejenere edilebilir. Mekanik rejenerasyon sistemleri (örneğin akışkan yataklı sistemler) parçalar arası sürtünme veya darbeye dayanmaktadır.

Gaz-sertleştirilmiş ve termoset reçine ile bağlanmış kumlar, bağlayıcı tabakasının giderilmesi için daha yoğun bir arıtma gerektir. Bu uygulama, taşlama, pnömatik şefing ve merkezkaç sürtünme işlemlerini kapsar. Silikat kumları sadece pnömatik arıtma kullanarak mekanik olarak rejenere edilebilir.

Isıl işlem, organik bağlayıcıların yakılmasını da kapsar. Bentonit, yüksek işlem sıcaklığı ile inaktive edilir. Yaş kum içeren kumun akışları için, herhangi bir ısıl işlem bu nedenle, mekanik bir işlem ile kombine edilir.

Sulu rejenerasyon, parçalar arası taşlama yoluyla bağlayıcının giderilmesini kapsar. Bu teknik sadece yaş kum ve silikat veya CO₂-bağlı kumlar için geçerlidir ve yaygın olarak uygulanmamaktadır.

Bir monokum akışı olarak yaş kumun ikincil rejenerasyonu sınırlı uygulama bulur. Kimyasal bağlı kumlar için, en yaygın olarak mekanik rejenerasyon uygulanır (1999 yılında Almanya’da >200 adet) [80, ERM Lahmeyer International GmbH, 1999]. Çeşitli rejenerasyon tekniklerinin ve rejenere kum uygulanabilirliği, Tablo 4.59 (monokum) ve Tablo 4.60’da (karışık kum) özetlenmiştir. Sunulan tekniklerin her biri aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

İkincil rejenerasyonu için en önemli **monokum** akımları, demir dışı dökümhanelerdeki maça kumlarıdır. Düşük ısı yükü nedeniyle monokum akışları yaş kumdan kolayca ayrılır. Ayrıca monokums, kronlama, fûran reçine ve ürean soğuk kutusu gibi tamamen organik sistemleri ile kalıp ve maça yapımından üretilmektedir. Daha küçük monokum akışı, i maça yapım atölyesindeki kırık veya kabul görmeyen maçalar ve maça yapımı makinelerinin kalıntı kumundan kaynaklanan işlem görmemiş maça kumdur.

Karışık kumlar genellikle bentonit bağlı kumların yanı sıra kimyasal-bağlı kum içerir. Bunlar çoğunlukla demir dökümhanelerinde oluşturulur ve toplam atık kum üretiminin yaklaşık %75’ni kapsar.

Kumun türü	Rejenerasyon tekniği	Rejenerasyon ekipmanı	Kullanım	Sınır koşullar	Minimal miktar (ton/saat)
Organik monosistemler					
Soğukta sertleşen reçineler	Mekanik veya ısı	Mekanik: sürtünme, darbe, pnömatik şefing Termal: türbülanslı yatak, akışkan yatak veya döner fırın	- soğukta sertleşen reçineleri kullanan kalıp yapma işlemleri için - soğukta sertleşme ve maça yapımına yönelik yeni kumun %20 - 25 ikamesi	- mekanik: bağlayıcı kabuklarının dökme işlemi sonrasında yeterince kırılğan olması durumunda - rejenerasyon kalitesi için hedef değerler karşılanmalıdır	1,5
Soğuk kutu, SO ₂ , sıcak kutu ve Kronlama sand	Mekanik veya ısı	Mekanik: pnömatik şefing, merkezkaç sürtünme, akışkan yatak şefing Termal: türbülanslı yatak, akışkan yatak veya döner fırın	Maça yapımında yeni kumun ikame maddesi olarak	- mekanik: bağlayıcı kabuklarının dökme işlemi sonrasında yeterince kırılğan olması durumunda - rejenerasyon kalitesi için uyum değerler karşılanmalıdır - ince tanecikleri tekrar kullanımı	0,75
Resol- ester metil format sertleştirilmiş kum	Mekanik	Mekanik: sürtünme, darbe, pnömatik şefing	Sınırlandırmalar ile birlikte, metil format kumları ile kalıp yapımında	- resol-ester soğukta sertleştirme maddesi olarak ancak daha düşük verim ile rejenerasyon - bağlayıcı bileşenlerinin kırılğanlaşması	
İnorganik monosistemler					
Yaş kum	Mekanik	pnömatik şefing, taşlama	Yaş kum devresi için yenileme kumu	- ön kurutma işlemini gerektirir - ince tanecikleri tekrar kullanımı	0.75
Sodyum silikat kumu	Mekanik		Sadece sodyum silikat kumu kullanan kalıpların ve maçaların yapımı için	200 °C'de bağlayıcı bileşenlerinin kırılğanlaşması	0.5

Tablo 4.59: Monokumlar İçin Farklı Rejenerasyon Sistemlerinin Uygulama Alanları [128, IHOBE, 1998], [225, TWG, 2003]

Kumun türü	Rejenerasyon tekniği	Rejenerasyon ekipmanı	Kullanım	Sınır koşullar	Minimal miktar (ton/saat)
Karışık organik sistemler	Mekanik veya ısı	Mekanik: pnömatik şefing, merkezkaç sürtünme, akışkan yatak şefing Termal: türbülanslı yatak, akışkan yatak veya döner fırın	- Maça yapımında yeni kumun ikame maddesi olarak	- mekanik: bağlayıcı kabuklarının dökme işlemi sonrasında yeterince kırılğan olması durumunda - rejenerasyon kalitesi için uyum değerler karşılanmalıdır - ince tanecikleri tekrar kullanımı	0,75
Bentonit içeren karışık kumlar	Mekanik veya mekanik-ısıl-mekanik	Mekanik:taşlama, pnömatik şefing, akışkan yatak şefing Termal: türbülanslı yatak, akışkan yatak veya döner fırın	- Maça yapımında yeni kumun ikame maddesi olarak - Yaş kum devresi için yenileme kumu	- ön kurutma işlemi gerektirir - kombine ısıl rejenerasyon, aktif bentonitlerin çıkarılması için etkin mekanik rejenerasyon gerektirir - ince tanecikleri tekrar kullanımı	0,75

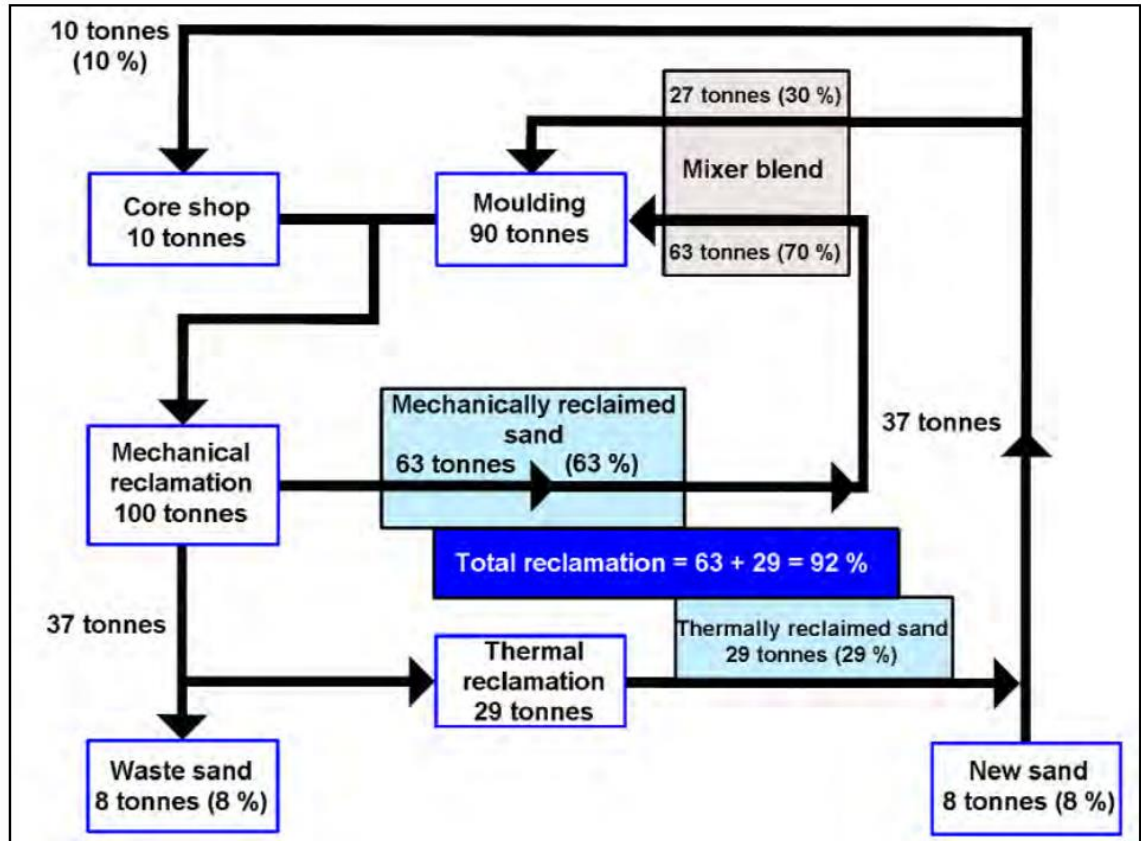
Tablo 4.60: Karışık Kumlar İçin Farklı Rejenerasyon Sistemlerinin Uygulama Alanları [128, IHOBE, 1998]

Çeşitli arıtma sistemlerinin uygulanabilirliği Tablo 4.61'de özetlenmiştir ve spesifik uygulanabilirliğe yönelik bölümler de ele alınacaktır.

	Basit mekanik sistemler	Soğuk mekanik			Suslu rejenerasyon	ısıt	Mekanik-ısıt-mekanik
		Taşıma	Darbe tamburu	Pnömatik şeffing			
Monokumlar							
Soğukda sertleşen	x	x	x	x	x	x	0
Soğuk kutu, SO ₂ , sıcak kutu, Kronlama	0	x	x	x	0	x	0
Silikat (CO ₂ veya ester)	0	0	0	x	x	0	0
Yaş kum (birincil)	x	0	0	0	0	0	0
Yaş kum (ikincil)	0	x	0	x	x	0	0
Karışık kumlar							
Karışık organik	0	x	x	x	0	x	0
Karışık yeşil + organik	0	x	0	x	x	0	x
x:Uygulanabilir; 0: uygulanamaz							

Tablo 4.61: Çeşitli Kum Rejenerasyonlarının Çeşitli Kum türlerine Uygulanabilirliği

Karışık kum dökümhanesinde %92'lik bir toplam rejenerasyon elde etmek için hem birincil hem de ikincil rejenerasyon işlemlerinin uygulanması, Şekil 4.25 'de gösterilmiştir. Bu basitleştirilmiş şemada, işlem adımlarındaki çeşitli kayıplar dikkate alınmaz. Yeni kum ilavesi, (elle şekillendirilen hatlar, maça giderme hatları, depolama silosu, vb. egzozundan kaynaklanan) filtre tozu kumunun(kaba fraksiyonunu) birleştirerek en az indirgenebilir.



Şekil 4.25: Bir Termal/Mekanik Rejenerasyon Sistemi İçin Kum Dengesi Şeması [70, ETSU, 1998]

Yukarıda belirtildiği gibi % 92'lik genel bir ıslah oranı, karışık yaş kum - kimyasal olarak bağlı kum sistemleri için normal bir değerdir. %98'e kadar rejenerasyon oranları bildirilmiştir. Gerçek oran, kullanılan maçaların hacmi ve kimyasal bileşimine bağlıdır. Furan soğukta sertleşen monokumlar için,%78 civarında değerler bildirilmiştir.

Genel olarak, farklı kum çeşitlerinin karıştırılması, Bu genel ilkeye yönelik birkaç istisna olsa da, maçaların ve takiben rejener kumla yapılan kalıpların mukavemeti üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Kaliteli bir rejener kum üretmek için bu uyumlu olmayan kum türlerini ayrı tutmak büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle rejenerasyon potansiyelinin optimizasyonu, karışık kum kullanılması durumunda, uyumlu bağlayıcı sistemlere ya da çeşitli kum türlerinin ayrılmasına izin veren (kalıp bozma) tekniklerin uygulanması yönünde bir dönüşüme işaret edebilir. Tablo 4.62, bir çapraz uyumluluk tablosu sunmaktadır.

Hedef Sistem		Bentonit	Silikat	Soğukta sertleşen	Sıcak kutu	Kronlama	Soğuk kutu		
Kaynak Sistem							Metilformat	Amin	SO ₂
Bentonit		+	0	0	-	0	0	0	0
Silikat		0	+	-	-	-	-	-	-
Soğukta sertleşen		+	-	+	-	0	-	0	+
Sıcak kutu		0	-	+	+	+	-	0	+
Kronlama		+	+	+	+	+	+	+	+
Soğuk kutu	Metil-format	0	+	0/-	-	-	0	0	-
	Amin	+	+	+	+	+	0	+	+
	SO ₂	+	-	+	-	0	0	+	+

+: uyumlu 0: sınırlı uyumluluk, -: uyumsuz

Tablo 4.62: Rejener Kaynak Kumlarının Çeşitli Bağlayıcılar ile Uyumluluğu

[37, Winterhalter, et al., 1992], [70, ETSU, 1998], [128, IHOBE, 1998], [138, Metaalgietierij Giesen B.V., 1996], [153, Umweltbundesamt, 2002], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.4.2 Yaş Kumun Optimize Edilmiş Koşullar Altında Yenilenmesi (Birincil Yenilenme)

Açıklama

Yaş kum kalıplamasının kullanılmasındaki başlıca avantajlardan biri kalıplardaki kumun döküldükten sonra çoklu tekrar kullanım için yenilenebilir olmasıdır. Kalıp kumunun kalitesini korumak amacıyla minimum yüzde miktarında yeni kum eklenmesi gerçekleştirilir. Eklenen yeni kumun miktarı maça kumunun girişi ve prosetteki kayıplar ile belirlenir. Maçasız kalıplama için ortalama kum yenileme oranı 2-5 %'tir. Maça kullanılarak gerçekleştirilen döküm prosesinde, kum yenilemesi döngüye maça kumu eklenmesi ile meydana gelir. Her durumda, artık kum, kum döngüsünden silkeleme eleğinden sonra ya da saklama depolarından çıkartılır. Genel işlem Şekil 2.28'de gösterilmiştir. Yaş kumun minimum işlem ile dahili devir daiminden birincil yenilenme olarak bahsedilir. Bu yenilenmenin temelde üç amacı vardır: (1) kumun orijinal tanecik boyutlarına ya da küçük parçacıklara parçalanması, (2) ince parçaların çıkartılması ve (3) kumun yeni kum ile harmanlanmadan önce soğutulması.

Parçalama ve ayrıştırma işlemi için çeşitli teknikler uygulanır:

- *Titreşim:* Titreşimli ızgara, ya da eleme ekipmanı, birincil geri kazanım amacıyla en yaygın olarak kullanılan tekniktir. Elenen kum takip eden işlemler, örneğin soğutma, boyutsal sınıflandırma ve termal geri kazanım için ayrılır ve artık maddeler elden çıkartılmak üzere toplanır.
- *Tambur:* Ayırma işleminden gelen kum, kalkan ve hareket eden çubukların takılı olduğu döner bir tambura yüklenir. Kum tambur boyunca hareket ederken dönme ve havaya kalkma hareketi kum

parçacıklarının birbirlerine sürtünmesine ve ayrı granüllere parçalanmasına sebep olur. Kum tamburun ucunda yer alan eleklerden aşağıya düşerken büyük ve gereksiz malzemeler atık gömmede kullanılmak üzere çıkartılır.

- **Kumlama:** Kalıp ve dökme direkt olarak kumlama makinesine yüklenir. Kumlama faaliyeti kalıbın tamamen ufanması ile sonuçlanır ve aynı zamanda dökmenin de yüzeyini temizler. Kum ve çelik kumu daha sonra ayrılır. Bununla birlikte, bu teknik çok da yaygın değildir.

Dökümlerin soğutulması sırasında kum ısınır. Kumu karıştırmak için iyi koşullar elde etmek amacıyla kumun 40-45 °C sıcaklığa soğutulması gerekmektedir. Isı eşanjörlerine ek olarak çalkantılı ve akışkan yataklar ile buharlaşmalı soğutucular kullanılır. Eğer silkeleme işlemi döner tamburların titreşimli taşıyıcıları kullanılarak gerçekleştirilirse soğutma da aynı anda gerçekleşebilir.

Eğer akışkan yataklı soğutucu kullanılırsa, kuruyan hava gaz ya da elektrik kullanılarak ısıtılabilir. Yataktaki ortalama işlem süresi 10 dakikadır. Genel olarak kum, akışkan yatağa 2-3 % nem oranına sahip olarak ve 250-300 °C sıcaklıkta giriş yapar. Sıcaklık ve nem kontrolü, akışkan yataklı soğutucudan önce, kontrollü miktarlarda su eklenmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu, akışkan yataklı kurutma sırasında çıkartılan ince malzemelerin miktarının en aza indirilmesini sağlar. İnce malzemeler tekrar etkinleştirilebilecek olan bentonit içermektedir. Eri dönen kumun nem oranının 35°C sıcaklıkta 2 % ile 2.2 % arasında tutulması gereklidir. Sonuç olarak, soğutulmuş sulu kumun içerisinde yer alan bentonit, saklama sırasında etkinleşmeye başlar ve karıştırma sırasında eklenmesi gereken su ve bentonit miktarı ve bunlarla birlikte dolaşım süresi azalır.

Kumun iyi biçimde homojenleştirilmesi, sabit bir kum kalitesi ve kumun daha iyi ve daha kolay hazırlanmasını sağlar. Homojenleştirme sistemleri bir büyük silo yerine birkaç küçük silonun kullanılmasından ya da kumun silo içerisinde devridaiminden oluşmaktadır.

Kimyasal olarak bağlanmış maçalar kullanan sistemlerde, bağlayıcının tipine ve karıştırılan maça kumunun miktarına bağlı olarak kumun kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuz etkiler, nötr sistemlere (SO₂-epoksi, PUR-soğuk-kutu) kıyasla asidik ve alkali maçalarda daha belirgindir. Silkeleme sırasında maça kumu ile kalıp kumu kaçınılmaz olarak karışacaktır. Bununla birlikte, işlem görmemiş maçalar ve parçalanmamış maçalar, birincil yenilenmeye geri beslenmeden önce ayrılabilir ya da kumdan çıkartılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Ana malzemelerin kullanımının azaltılması (kum ve bentonit), atık madde miktarının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi elektrik kullanır, dolayısı ile kurulumun genel elektrik tüketimini artırır. Esas olarak mekanik teknikler uygulandığından bu artış düşüktür. Kumun soğutulması ve ince malzemelerin ayrıştırılması toz yüklü baca gazına yol açar. Bacanın, toz emisyonunu önlemek amacıyla filtrelenmesi gereklidir. Toplanan tozlar tasfiyeye gönderilir ya da tekrar kullanılır (Bölüm 4.8.12'ye bakınız).

İşletme Verileri

Yeni kum eklentisinin seviyesi birkaç faktör ile belirlense de, olağan aralık dökülen metalin ağırlığının 10-20 % 'sidir. Bununla birlikte, yeni kum eklentilerini kum geçişinin bir yüzdesi olarak ele almak daha kolaydır. Çoğu dökümhane prosesi için 5 %'lik bir ekleme yeterli bulunmakla birlikte birçok dökümhane daha düşük oranlar ile çalışmaktadır.

Bir yaş kum mono sistemi için 98 %'lik yenilenme oranları elde edilebilir. Yüksek derecede uyumsuz maça içeren sistemler 90-94 % oranında yenilenme elde edebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve hali hazırda var olan kurulumlardaki bütün yaş kum dökümhanelerine uygulanabilmektedir.

Ekonomi

Geri kazanımın, hali hazırda kum geri kazanımı gerçekleştirilmeyen bir dökümhane için potansiyel maliyet kazancı Tablo 4.63’de özetlenmiştir.

Açıklama	Maliyet (EUR/1 ton kum)
Silisli kumun ortalama fiyatı	32.64
Atık kumun tasfiyesinin ortalama maliyeti	14.56
Kum satın alımı ve tasfiyesinin toplam maliyeti	47.2
Bir yıllık ekipman harcamalarının karşılayacak tahmini amortisman maliyeti	18.24
Ortalama işletim maliyeti	7.76
İlk yıla öngörülen maliyet tasarrufu	21.2
Takip eden yıllarda öngörülen maliyet tasarrufu	39.44

Tablo 4.63: Birincil Yeniden Kullanma Uygulamasının Maliyet Kazançları

(İngiltere tahmini1995)

Bir mikser, bir dozaj ünitesi ve bir proses kontrol ünitesi için gereken yatırım 0,05-1 milyon EURO aralığındadır. Maça kırıklarının boyutlarının küçültülmesi için gerekli yatırım 0,1 milyon EURO’dur, ancak bu ancak eğer boyut küçültme işlemi, mevcut bir mekanik ya da pnömatik yenilenme ünitesinde gerçekleştirilemiyor ise uygulanır. İşletimsel maliyetler (yıllık bazda) yatırım maliyetinin 5-10 %’u olarak öngörülebilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Birçok dökümhane operatörü, çeşitli kum geri kazanımı programlarının kullanılmaya başlamasının tek sebebi olarak maliyetlerdeki azalmayı belirtmektedir. Düzenlemeler, tasfiye maliyetlerinin artması ile atık malzeme miktarının azaltılmasını teşvik etmektedir.

Örnek Tesisler

Birincil geri kazanım neredeyse bütün yaş kum dökümhaneleri tarafından kullanılmaktadır ancak geri kazanım tesisinin kapsamlılık derecesi, basit manuel işletimden bilgisayar ile kontrol edilen ekipmanlar aracılığı ile gerçekleştirilen tam otomatik işleme kadar değişiklik göstermektedir.

Başvuru Kaynakları

[72, ETSU, 1995], [73, ETSU, 1995], [108, FEAF, 1999], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE, 1998], [140, EU Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001], [143, Inasmet ve CTIF, 2002]

2.5.4.3 Soğukta Sertleşen Kumun Basit Mekanik Yenilenmesi

Açıklama

Soğukta sertleşen mono-kumlar (örn. füran kumu) ve işlenmemiş maça kumunun yenilenmesi için basit mekanik teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler topakların ufalanması, kum tanelerinin ayrıştırılması ve taneler arası sürtünme aracılığı ile temizliğin ardından tozdan arındırma ve işletim sıcaklığına soğutmayı içermektedir. Çeşitli tiplerde kırıcılar ve değirmenler kullanılmaktadır, örn. darbeli kırıcı, çeneli kırıcı, bilyeli değirmen gibi.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi ilave enerji gerektirir ve ilave toz emisyonlarına ve tasfiye edilmesi gerekecek olan atık toza yol açar.

İşletim Verileri

Füran soğukta sertleşen kumlar için 78 % civarında yenilenme oranları bildirilmiştir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, silisli kum hariç bütün soğukta sertleşen kumlar için kullanılabilir. Yenilenmiş kum, kalite kayıplarını telafi etmek için az miktarda yeni kum eklenmesiyle aynı kalıplama döngüsünde tekrar kullanılabilir.

Teknik, organik bağlayıcı maddeler ile işlenmemiş maça kumu için kullanılabilir. Yenilenen kum, yeni kum ile karıştırıldıktan sonra aynı bağlayıcı tipi kullanılarak maça yapımı için tekrar kullanılabilir. Aynı zamanda, belirli sınırlar dahilinde, kalıp kumunun yenilenmesi için de kullanılabilir.

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

Füran kumunun basit mekanik yenilenmesi Avrupa genelinde birçok dökümhanede kullanılmaktadır ve özellikle Almanya ve Finlandiya'da yaygındır.

Başvuru Kaynakları

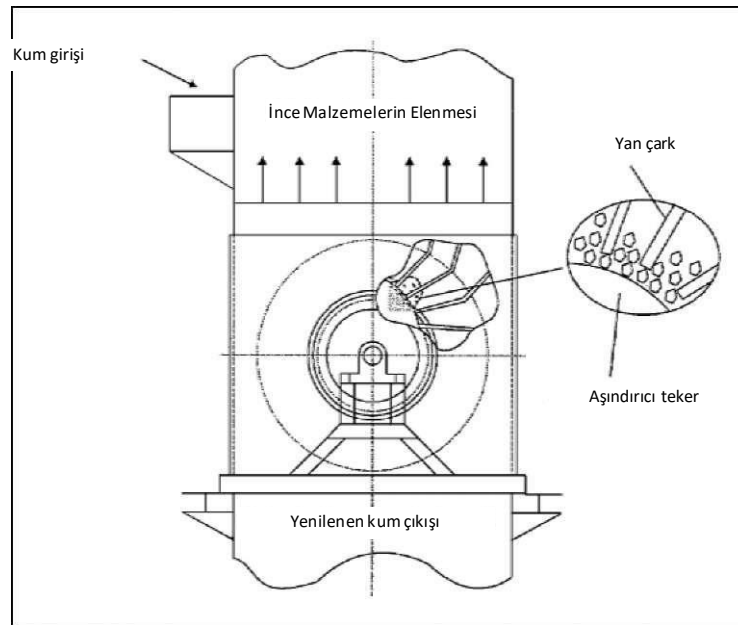
[153, Umweltbundesamt, 2002], [202, TWG, 2002]

2.5.4.4 Taşlama Çarkı Ünitesi Kullanarak Gerçekleştirilen Soğuk Mekanik Yenilenme

Açıklama

Bu çok yaygın olarak uygulanan bir ticari taşlama sistemidir (bakınız Şekil 4.26). Sistem orijinal olarak bentonit-organik karışımına sahip kumların yenilenmesi için geliştirilmiştir. Bu sistemde yatay olarak dönen bir taşlama çarkı, sert oolitle bentonit katmanının kumdan ayrılması için kullanılmaktadır.

Taşlama aynı zamanda kum taneciklerindeki kimyasal bağlayıcı maddelerin ayrılması için de kullanılabilir. Taşlama çarkının etrafında, kumu sürekli olarak taşlama çarkının üzerine taşıyan, yavaşça dönen bir yan çark mevcuttur. Bunun üzerinde yer alan bir toz ayırıştırma ünitesi tozları ve ince malzemeleri çeker. Kumun işlenmek için uygun olabilmesi için kuru olması gereklidir. Nem içeriğini 0,2 %'nin altına indirmek için akışkan yataklı ya da başka bir tip kurutucu kullanan bir ön-kurutma adımı gereklidir.



Şekil 4.26: Taşlama kullanılarak gerçekleştirilen soğuk mekanik rejenerasyon [128, IHOBE, 1998]

Rejeneratörün çıkış gazı akışı bir siklon ve bir torba filtre kullanılarak tozdan arındırılır. Filtrelenen toz artık etkin bentonit ve kömür tozu içerir. Maça yapımına yeniden devir daim edilebilir böylece parlak karbon kullanımının azaltılmasını sağlar. Ayrıca, kalan bentonit içeriğinden dolayı kalıplar daha yüksek teknik kaliteye sahip olur (yaş gerilme mukavemeti, akışkanlık), bu da ıskarta kalıpların miktarının ve dökümlerde kanatçık oluşumunda azalmasını sağlar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tasfiye edilecek kum miktarında ve yeni birincil kum tüketiminde azalma sağlar. Yaş kum söz konusu olduğunda parlak karbon tüketiminde azalma sağlar. Kalıp kumunun özelliklerinde artış sağlayarak ıskarta kalıpların sayısında ve bitmiş olan dökümler arasında reddedilenlerin miktarında azalma ile sonuçlanır.

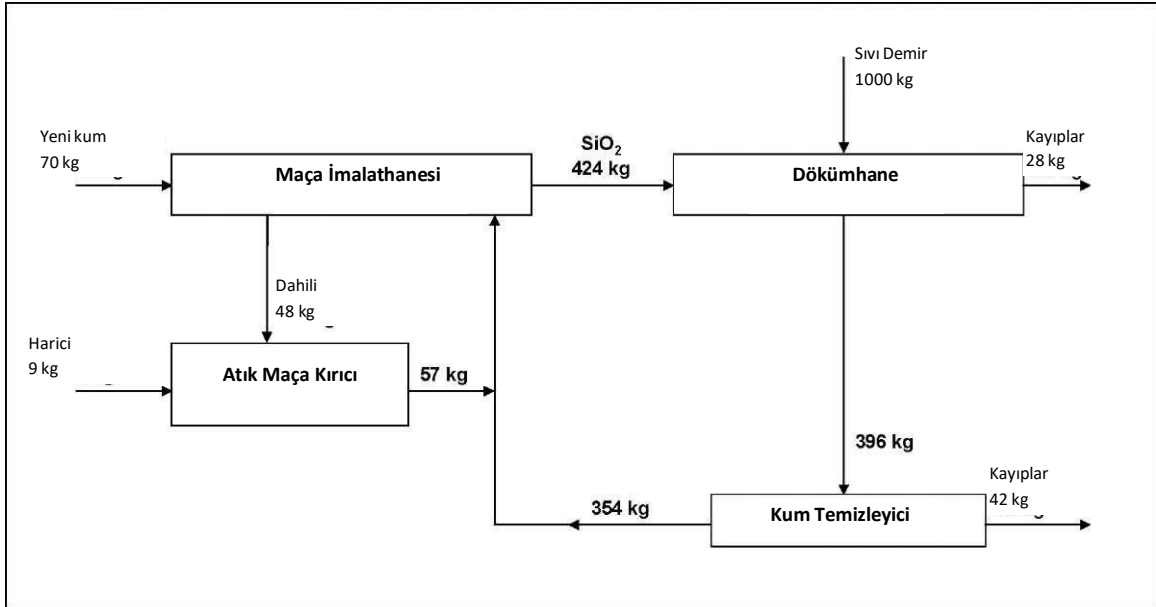
Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi ilave enerji gerektirir ve ilave toz emisyonlarına ve tasfiye edilmesi gerekecek olan atık toza yol açar. Bununla birlikte, kalıplama prosesinde yenilenmiş kumun kullanılması kullanılan parlak karbon miktarının azaltılmasını sağlar.

İşletme Verileri

Kil-bağlı kum için maksimum yenilenme oranı 65 - 75 % 'dir. Bu, malzemenin kuvars tanesi içeriğine tekabül eder. Kimyasal - bağli kum için, geri dönüştürülebilir kuvars kumu miktarı %90-95'dir.

Toplam kum döngüsü akışı ve yeni kum gereksinimi, kullanılan maçaların (ve maça kumunun) miktarına bağlıdır. Bu nedenle kum döngüsüne dair veriler fazlasıyla prosese özgüdür. Şekil 4.27 Hollanda'da yer alan bir tesis için verileri göstermektedir.



Şekil 4.27: Hollanda'da yer alan bir yaş kum dökümhanesinin kum döngüsünün İşletim Verileri [140, EU Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001]

Genel olarak, atık yaş kum yaklaşık %80 oranında kuvars kumu tanelerinden ve yaklaşık %20 oranında ince malzemelerden (bentonit, kömür tozu, vb.) oluşmaktadır. 100 % atık kum içerisinde yaklaşık %70'i geri kazanılmış kum olarak maça yapımına geri aktarılır. Kuvars ile ilgili olarak verimlilik oranı yaklaşık olarak %88'dir.

Filtre tozu yaklaşık %40 oranında, %17'lik kızdırma kaybına (Loss of Ignition - LOI) sahip etkin bentonit içerir ve %43 oranında ince malzemeler içerir. Kum tesisinde yer alan tozun tekrar kullanımı parlak karbon gereksiniminde %40'a varan azalma ile sonuçlanır. Örnek dökümhanedeki iyileştirilmiş kum kalitesinin sonuçları ıskarta kalıpların sayısının hemen hemen yarıya indiğini göstermektedir.

Siklon tozu (yenilenen yaş kum ağırlığının %20'si) %25-30 oranında bentonit ve yüksek seviyelerde organik madde içerir, ancak bunun kimyasal bileşimi, ikincil inşaat malzemesi olarak kullanılmak için yeterli olması açısından uyması gerekli olan spesifikasyonun dışında kalmaktadır. Hollanda'da tasfiye sahalarındaki örtü katmanlarında spesifik bir uygulamaya izin verilmektedir. Diğer bölgelerde bu kısmın elden çıkartılması gerekli olacaktır. Bununla birlikte, tasfiye edilecek malzemelerin organik içeriklerini sınırlayan düzenlemeler tasfiye seçeneklerini kısıtlayabilir.

Kumun taşlanması kum tanelerinin hızla bir biçimde aşınmasına sebep olur. Bu durum ve filtre tozunun devri daimî kumun tanecik boyutu dağılımında oynamalara neden olur. Dolayısı ile genel kum bileşiminin iyi kontrol edilmesi ve takip edilmesi gereklidir.

Uygulanabilirlik

Soğuk mekanik yenilenme esas olarak yaş kumdaki bentonit katmanlarını ayrılması için ve fırınlanmayan sistemlerdeki kimyasal bağlayıcı maddelerin ayrılması için uygulanmaktadır. Taşlama tekniği en yaygın olarak uygulanan soğuk mekanik işlemdir. Kimyasal bağlı kumlar için titreşim ve darbeli sistemler de kullanılmaktadır ancak bu sistemler ancak düşük ya da orta kalitede kum üretebilmektedir. Bu teknikler geleneksel kum döngüsü klasik kum döngüsü için daha uygundur (birincil yenilenme). Yaş kumun ikincil yenilenmesinin hayata geçirilmesi sınırlıdır.

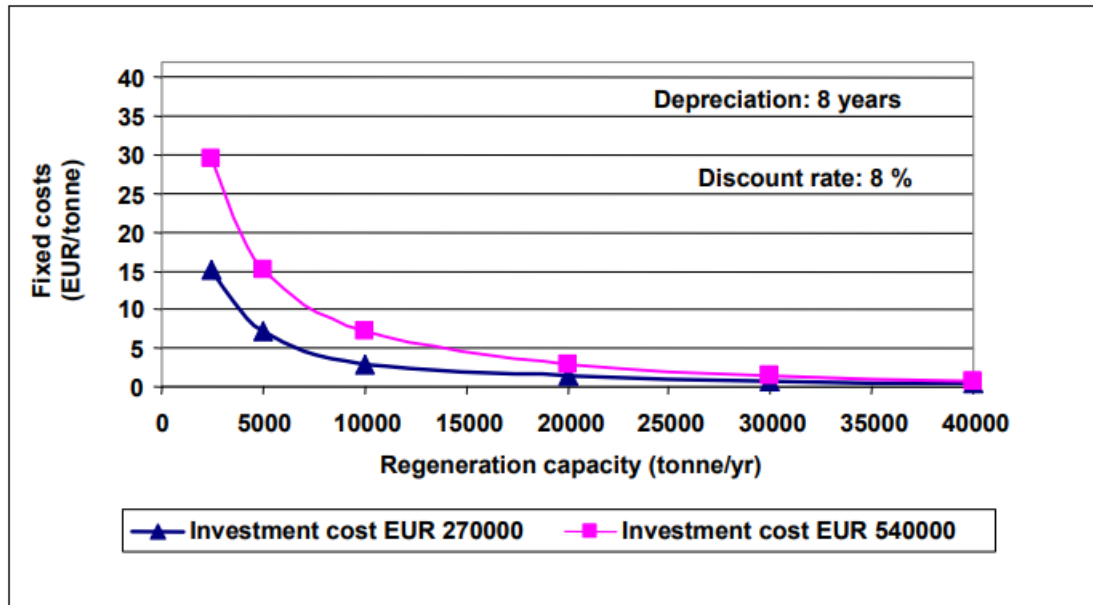
Ekonomi

50 ton / gün kapasitesindeki bir ünitenin, kurutma, soğutma, siklon ve çanta filtre de dahil yatırım maliyeti yaklaşık 1.135.00 EURO'dur. Almanya'dan alınan veriler 1.5 ton / saat kapasitesindeki bir ünitenin yatırım maliyetini 600.000 EURO olarak belirtmektedir.

Tüketim seviyeleri aşağıda belirtildiği gibidir (yıllık ortalama değerler baz alınarak belirlenmiştir):

Elektrik:	39	kW-saat / ton
Doğal gaz:	3	Nm ³ /ton (kumun nem girişine bağlı olarak)
Sıkıştırılmış hava:	36	Nm ³ /ton
Aşınan parçalar:	1.18	EURO/ton
Personel seviyesi:	0 %	
Bakım:	rutin	

Organik bağlı kumun mekanik yenilenmesinin maliyet eğrileri Şekil 4.28 'de verilmiştir. Sabit maliyetler toplam kapasiteye ve yatırıma bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Değişken maliyetler yaklaşık 11 EURO/ton 'a kadar çıkabilmektedir ancak bununla birlikte asıl maliyetler spesifik kurulumu ve yerel koşullara bağlıdır. Toplam maliyetler (artı sabit değişkenler) yenilenen kum için, ekipmanın boyutlarına ve tipine bağlı olarak 12-40 EURO/ton aralığında değişiklik gösterebilmektedir.



Şekil 4.28: Soğukta sertleşen bağlayıcılarla kumun mekanik rejenerasyonu için rejenere kumun ton başına Euro cinsinden sabit maliyetler
[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996]

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

- De Globe, Weert, Hollanda, 60 ton / gün kapasitesinde, iki hat içeren tesis, 1995 yılından beri işletimde
- Eisenwerk Brühl, Brühl; D (1.5 ton / saat), 1999
- Giesserei Fritz Winter GmbH & Co KG, Stadtallendorf, D (9.5 ton / saat)
- Mercedes - Benz AG, Mannheim, D (9 ton / saat).

Başvuru Kaynakları

[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE, 1998], [133, De Globe B.V., 1999], [140, EU Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001], [151, Gemco, 1999]

2.5.4.5 Darbe Tamburu Kullanılarak Gerçekleştirilen Soğuk Mekanik Yenilenme

Açıklama

Bu mekanik yenilenme tekniği kum taneciklerinin birbirine sürtünmesine dayanmaktadır ve en iyi sonuçları kimyasal olarak bağlanmış olan mono-kum için verir. Kum, küçük kanatçıklar ile donatılmış olan dönen dahili bir aksa sahip olan tamburun içerisine beslenir. Kum tanecikleri tamburun duvarına ve birbirlerine çarpıtılır. Bu çarpışma mekanik bir aşındırıcı temizleme etkisi meydana getirir. İnce malzemeler baca gazı ile birlikte atılır. Çarpışma tamburu yığın yöntemi ile işler. İki ünitenin kurulumu kesintisiz işleme olanak Açıklama aktadır.

Bentonit-organik kum karışımına uygulandığında yenilenme işleminin öncesinde yaş kumun ayrılması için bir manyetik ayrıştırıcı kullanılır. Tepkimeye girmemiş bentonitin varlığından dolayı yaş kum çok zayıf manyetik özellikler gösterir, bu da manyetik ayrıştırmanın gerçekleştirilebilmesine olanak tanır. Yenileme sistemi sınırlı miktarda (15 %) işlenmemiş maça kumunun (üretimden kalan maça kırıkları) girişine izin verir. Manyetik ayrıştırma ve çarpışma tamburu temizliğinin bir arada gerçekleştirilmesi karışık kum akışından optimize edilmiş kimyasal olarak bağlı kum yenilenmesine ve yenilenen kumun maça yapımında tekrar kullanılmasına imkan tanır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Maça kumunun dahili olarak tekrar kullanımı, dolayısı ile tasfiye edilecek malzemelerin miktarının ve ham madde gereksiniminin sınırlanması.

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi ilave enerji gerektirir ve ilave toz emisyonlarına ve tasfiye edilmesi gerekecek olan atık toza yol açar.

İşletim Verileri

Yenileme tamburu yığın usulü yönetilmektedir ve her 1.5 tonluk kum yüklemesi için 20 dakikalık işlem süresine sahiptir. Tam kurulumun enerji tüketimi (manyetik ayrıştırma, baca işlemesi ve kum aktarımı da dahil olacak biçimde) işlenen kum miktarına bağlı olarak için 55 kW-saat/ton 'dur ve bunun 35 % 'i kum aktarımına ve beslemesine atfedilebilir. Kurulum kum miktarına bağlı olarak 48 Nm³/ton sıkıştırılmış hava kullanmaktadır.

Yenilenen kumun kalitesi aşağıdaki gibidir:

- Ortalama tanecik boyutu: 0.30 - 0.33 mm
- İnce malzeme oranı: 0.4 - 1 %
- pH: 8.7
- kızdırma kaybı: 0.25 - 0.5 %.

100 % yenilenmiş kum ile yapılan maçalar kabul edilebilir özelliklere sahiptir. Pratikte, esas miktar maça tipine bağlı olmakla birlikte, yenilenen kumun 10 - 70 % 'i yeni maçalar için kullanılır. Kurulumun toz üretimi yenileyiciye gerçekleştirilen girişin 10 % 'u kadardır. Bu toz bir siklon (90 %) ve bir torba filtre (10 %) kullanılarak toplanır.

Uygulanabilirlik

Bir arada gerçekleştirilen ayrıştırma-yenileme tekniği, yaş kum ile kimyasal olarak bağlı kum karışımlarının işlenmesi için uygulanabilir. Yenileme kimyasal olarak bağlı kum akışı üzerinde gerçekleştirilir ve işlenmemiş maça kumu içerebilir. Bu teknik yeni ve hali hazırda var olan kurulumlarda uygulanabilir.

Ekonomi

1 çarpışma tamburu, manyetik ayrıştırma, baca gazının tozdan ayrıştırılması ve aktarılması ve bir besleme sistemine sahip olan 3 ton / saat kapasiteli bir ünite için yatırım maliyetleri 1.3 milyon EURO 'dur. Bu ünitenin işletimsel maliyetleri 10 EURO / ton 'dur. Buna enerji tüketimi, parçaların eskimesi ve aşınması, bakım giderleri ve atıkların tasfiyesi de dahildir. Bu, yeni kum satın alınması ve kullanılmış kumun tasfiye edilmesinin maliyetleri ile kıyaslandığında 37 EURO / ton net kar anlamına gelmektedir (her ikisine de nakliye dahildir).

Fransa'da yer alan 380 ton / gün kapasiteli bir ünite için, 15 EURO / gün seviyesinde bir işletim maliyetinden bahsedilmişti. Bu maliyet, bu tesis için, yeni kum satın alınması ve kullanılmış kumun tasfiye edilmesinin maliyetleri ile kıyaslandığında 18 EURO / ton net kar anlamına gelmektedir (her ikisine de nakliye dahildir).

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

Bu teknik aşağıdaki tesislerde kullanılmaktadır:

- PSA, Sept-Fons (F): 6 manyetik ayrıştırıcı ve 2 öğütücü, dönüşümlü olarak çalışmaktadır.
- GF, Leipzig (D): 2 manyetik ayrıştırıcı ve 1 öğütücü
- Doktas - Türkiye: 5 manyetik ayrıştırıcı ve 2 öğütücü.

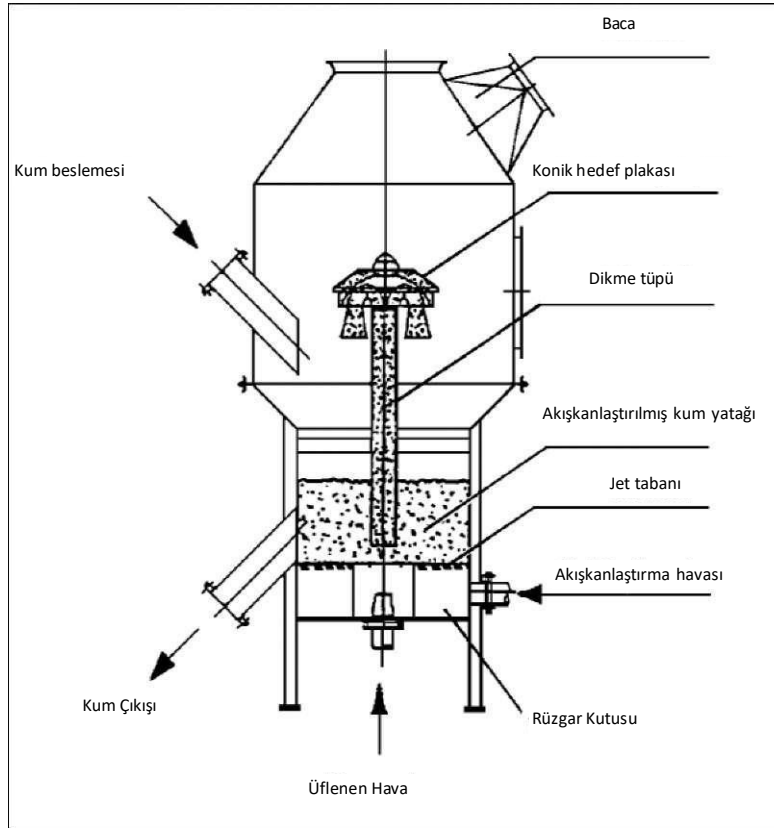
Başvuru Kaynakları

[185, Spitz, 2002], [122, Kirst, 1999], [153, Umweltbundesamt, 2002]

2.5.4.6 Pnömatik Sistem Kullanılarak Gerçekleştirilen Rejenerasyon

Açıklama

Pnömatik bir sistemde, bağlayıcı maddeler kumdan aşındırma ve çarpıştırma kullanılarak ayrılmaktadır. Gereken kinetik enerji bir sıkıştırılmış hava akımı tarafından sağlanmaktadır. Bu, aynı zamanda eşzamanlı olarak tozdan ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi ile de sonuçlanmaktadır. Bu tür bir sistemin avantajı, kumun yön ve hızının kontrol edilebilir olmasıdır. Hava basıncının düşük enerji verimliliğine sahip olmasından dolayı bu işlemin enerji tüketimi tamamen mekanik işleme yöntemleri ile kıyaslandığında daha yüksektir. Reaktörün işleme esası Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29: Bir pnömatik sistem kullanılarak gerçekleştirilen soğuk mekanik rejenerasyon [122, Kirst, 1999]

Reaktör, merkezi bir dikme tüpe sahip bir akışkan yatak kullanmaktadır. Kum basınçlı hava kullanılarak tüpün içerisine üflenir ve ya plastik bir saptırıcı plakaya ya da konik bir hedef plakasına çarptırılır. Kum, buradan tekrar aşağıya düşer ve döngü baştan başlar. Temizleme işlemi, taneciklerin birbirlerine sürtünerek aşınmasından, çarpma plakasına çarparak aşınmasından ve 'saf' çarpışma sonucu gerçekleşir. Plakanın şekli esas temizleme mekanizmasını Açıklama lar: çarpışma (çan biçimli) ya da aşındırma (koni). Ortaya çıkan toz hava akışı ile bir torba filtre üzerinden ayrıştırılır. İşleme, bir yığın sistemi olarak ya da birbirine bağlanmış bir dizi pnömatik ünite aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu durumda, temizlenen kum çarpışma plakasının altında yer alan bir deflektör aracılığı ile reaktörden dışarıya emilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tasfiye edilmesi gereken kum miktarında azalma ve tüketilen yeni birincil kum miktarında azalma.

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi ilave enerji gerektirir ve ilave toz emisyonlarına ve tasfiye edilmesi gerekecek olan atık toza yol açar. Dahili yenilemenin harici tekrar kullanıma kıyasla genel değerlendirmesi ve bununla ilgili Çapraz - ortam Etkileri aşağıda ayrıca tartışılmıştır.

İşletim Verileri

8 - 12 % ince malzeme içeriğine, 3 - 5 % LOI, ve <2 % nem miktarına sahip, kimyasal bağlı maça kumu ve yaş kumdan oluşan atık kum karışımı, aşağıdaki özelliklere sahip yenilenmiş kum ortaya çıkarır:

Yenileme verimi, atık kumun SiO ₂ içeriğine bağlı olarak:	70 - 80 %
Çok ince malzeme içeriği (<0.063 mm):	maks. 2 %
İnce malzeme içeriği:	<2 %
Kızdırma kaybı:	<0.5 %
Ortalama tane büyüklüğü:	değişmez.

Bu teknik, 0.8 - 1.2 t / saat kapasiteli temel üniteler kullanarak modüler kurulum yapısı kullanır. Tedarikçi 15 - 20 kW-saat / ton elektrik enerjisi tüketimi bildirmektedir (tozdan ayrıştırma ekipmanının enerji

tüketimi hariç tutulmuştur). Alman İşletim Verileri 8 ton / saat kapasiteli bir ünite için 41 kW-saat / ton seviyesinde bir enerji tüketimi, ve 0.75 ton/saat kapasiteli bir ünite için 62 kW-saat / ton seviyesinde bir enerji tüketimi bildirmektedir. Kum girişine bağlı olarak bildirilen kum yenileme verimi oranları 65 % ile 85 % arasında değişmektedir. İspanyol verileri, 1.2 ton / saat kapasiteli bir ünite için toplam enerji tüketimi olarak 120 kW-saat / ton bildirmektedir.

Uygulanabilirlik

Pnömatik sistem organik karışık ve tek tip kumların ve bentonit içeren karışık kumların yenilenmesi için kullanılabilir. Aynı zamanda birleştirilmiş mekanik-termal-mekanik işleme sistemlerinde öncü veya artçı işlem olarak da uygulamaya sahiptir. Burada, aslı kullanım kum taneciklerindeki artık tozun arındırılması ve soğutmadır. Basit mekanik yenilemeden elde edilen yenilenmiş kum kalıp üretiminde (yenilenmiş kumun 100 % 'ünü kullanarak) kullanılabilir ya da maça yapımı için yeni kum ile karıştırılarak kullanılabilir (yenilenmiş kumun 40 - 60 % 'ını kullanarak).

Ek olarak, bu teknik, alüminyum dökümhanelerinde CO₂-su camı tipindeki maça kumlarının yenilenmesi için de uygulanabilir. Bu, aşağıda ayrıca tartışılmıştır.

Ekonomi

0.8 - 1.2 ton / saat kapasiteli tek bir ünitenin yatırım maliyeti 330.000 EURO'dur. İşletim maliyetleri 22 EURO / ton olarak öngörülmektedir ve bu da toplam yenileme maliyetini 36.5 EURO / ton olarak vermektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

Bu tipteki ekipmanlar çeşitli tedarikçiler tarafından kurulmaktadır: örn. KGT Jet Harmanlayıcı, Künkel-Wagner GmbH Turbo Kurutma, Kernfest Webac AB. Bu teknik Batı Avrupa ve Çin'de yer alan birkaç tesiste kullanılmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996], [108, FEAF, 1999], [110, Vito, 2001], [122, Kirst, 1999], [128, IHOBE, 1998]

2.5.4.7 Termal Rejenerasyon

Açıklama

Termal yenileme işlemi, bağlayıcı malzemeleri ve kirlenici maddeleri yakmak için ısı kullanmaktadır. Bütün termal prosesler, kumu doğru tanecik büyüklüğüne getirmek ve var olabilecek herhangi metalik kirleri elemek için öncesinde mekanik bir adım gerektirmektedir. Bu ön-işlem aynı zamanda bentonitin (kısmi) aşındırılmasını ve toz ayrıştırmasını da içerebilir. Kumun ısıtılması genellikle, çoğunlukla 700 ile 800 °C aralığındaki sıcaklıklarda çalışan bir akışkan yatak fırını kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Döner fırınlar ve çok- hazneli fırınlar da kullanılmaktadır. Sıcaklık gaz yakılarak, elektrikli ısıtıcılar aracılığı ile ya da kısa dalga kızıl ötesi emitörler ile sağlanabilir. Bu sistemlerin iş hacmi 250 kg / saat ile 5 ton / saat'in üzerindeki değerlere kadar olabilmektedir.

Ortaya çıkan gazlar karbon monoksit ve var olabilecek VOC'lerin ortadan kaldırılması için yakılır. B işlem, eğer yeterince büyükse fırının hava payında destekleyici hava eklenerek veya gaz ile ateşlenen art yakıcılar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Eğer yanma gazlarının sıcaklığı yeterince yüksek değilse ya da eğer gazların yüksek sıcaklıklarda kaldığı süre yetersiz ise, ayrı bir art yakıcı cihaz eklenir. Her durumda, emisyonlar önemsiz olarak kabul edilebilir.

Baca gazları, çoğunlukla bez filtreler aracılığı ile filtrelenir. Dolayısı ile soğutma gereklidir ve bu soğutma su püskürtmesi ile, ısı değişimi / geri kazanımı ile veya açıklıklardan / yarıklardan vs. doğal olarak giren hava ile karıştırılarak gerçekleştirilebilir. Soğutma işlemi, akışkanlaştırma havasının önceden ısıtılmasını içerebilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tasfiye edilmesi gereken kum miktarında azalma ve tüketilen yeni birincil kum miktarında azalma.

Çapraz - ortam Etkileri

Termal yenileme yakıt gerektirmektedir ve toz ve yanma ile ilgili bileşenlerin emisyonuna sebep olmaktadır (NO_x, CO; ve yağ söz konusu olduğunda:SO₂).

Kurulumun yüksek enerji tüketimine sahip olması ve karmaşıklığı kum tanelerinin aşınma miktarının az olması ve tozun termal olarak etkisiz bir durumda geri kazanımı ile dengelenmektedir.

Sertleştirici olarak paratoluenesulfonik asit kullanılmış füran bağlı kumun termal işlemle yenilenmesi baca gazının temizlenmesini gerektirmektedir: yani, CO'nun artçı yakılması ve SO₂'nin yüzeyde tutulması.

İşletim Verileri

Kum genellikle 700 - 850 °C sıcaklığa ısıtılır. Teorik olarak bu, 200 kW-saat / ton enerjiye ihtiyaç duyar. Pratikte, enerji geri kazanımına ve kumun kalorifik değerine bağlı olarak, 150 - 350 kW-saat / ton aralığında değişen enerji tüketimi değerleri bildirilmiştir.

Çeşitli kum tiplerini işlemek için kullanılan çeşitli kapasitelere sahip 3 termal yenileme tesisinden alınan iletim verileri Tablo 4.64'de verilmiştir.

Özellik	Birim	Tesis		
Referans Tesisler		Dökümhane K	Dökümhane L	Dökümhane M
Kumun tipi		Soğuk-kutu maça üniteleri	Yaş kum kalıplaması, Soğuk-kutu maçalar	Füran bağlı kum ile el ile şekillendirme
Yenileme ünitesinin tedarikçisi		CEC/VAW	Richards	Siempelkamp
Teknik		Eleme ve sınıflandırma içeren, çok hazneli fırın (500 °C)	Akışkan yataklı fırın (780 °C), mekanik boyut küçültme ve tozdan arındırma	Manyetik ayırtırmaya sahip akışkanlaştırıcı yakma odası, mekanik füran kumu yenilemesinden gelen tozun ve kumun eşzamanlı işlenmesi
Kum geçişi	ton / saat	12 - 16	1.0	2.0 kullanılmış kum, 0.5 toz
Kapasite	ton / yıl	28600	3840	5000
Yenilenme oranı, kullanılmış kum geçişin baz alınarak	%	95	95 (99 ⁽¹⁾)	95
Yenilenmiş kumun kullanımı		Maça yapımı	Maça yapımı	Kalıp ve maça yapımı
Yenilenmiş kumun kalite kriterleri		Toz <1 % AFS 60 - 70 LOI <0.1 %	Yeni kuma denktir F33	LOI <0.5 % pH 6.0 - 6.5 1 % bağlayıcı malzeme ve 0.3 % sertleştirici eklendikten sonra kalıp kuvveti: 24 saat sonra 350 N/cm ²
Elektrik enerjisi tüketimi	kW-saat / ton	119	65	
Doğal gaz tüketimi	m ³ / ton	24.5	38	
Kalıntı üretimi	ton / yıl	660	Toz: 10 Bentonit kumu: 1700	200
Kalıntıların nihai varış yeri		Maden çukurları	Çimento üretimi	İnşaat sanayi / tasfiye sahası
Atık gaz akışı	Nm ³ / saat	7000	16509	6560
Atık gaz sıcaklığı	° C	75	60	35
Filtre tipi		Yakma sonrası ve bez filtre	Bez filtre	Kireç püskürtme + bez filtre
Emisyon seviyeleri ⁽²⁾ - toz - τ_{toplam} - CO - O ₂ - PCDD/F	Mg / Nm ³ % ng TEQ / Nm ³	0.1 2.2 2.3 14 0.006	4.9 5.7 1.6 n.d n.d	0.4 10 0 20.95 n.d.

(1) Daha yüksek olan amortisman oranı (99%) ancak tesis - içi maça kumu yenilenir ise elde edilebilir. Karışık iç ve dış maça kumu için 95 % oranı geçerlidir

(2) Emisyon seviyeleri, toz veya PCDD/F için numunelendirme sırasında birkaç saat boyunca kesintisiz gözlem ile elde edilen gözlem verilerinden alınan ortalama değerlerdir.

Tablo 4.64: Termal Kum Rejenerasyonunu Uygulayan 3 Alman Referans Dökümhanesine Ait İşletim Verileri [153, Umweltbundesamt, 2002]

Yenileme tekniğinin performansı ve yenilenen kumun kalite gereksinimleri yerleşkeye-özel bazda değerlendirilmektedir. Spesifik veriler referanslarda bulunabilir: [186, Stephan, 1996], [187, Stephan, 1997], [188, Stephan, 2000].

Uygulanabilirlik

Termal sistemler normalde, kimyasal bağlı kumların (maçaların) payının yeterince yüksek olması koşulu ile, kimyasal olarak bağlı kum sistemlerinde ve karışık kum sistemlerinde kullanılmaktadır. Yine de bir ayırım yapılabilir:

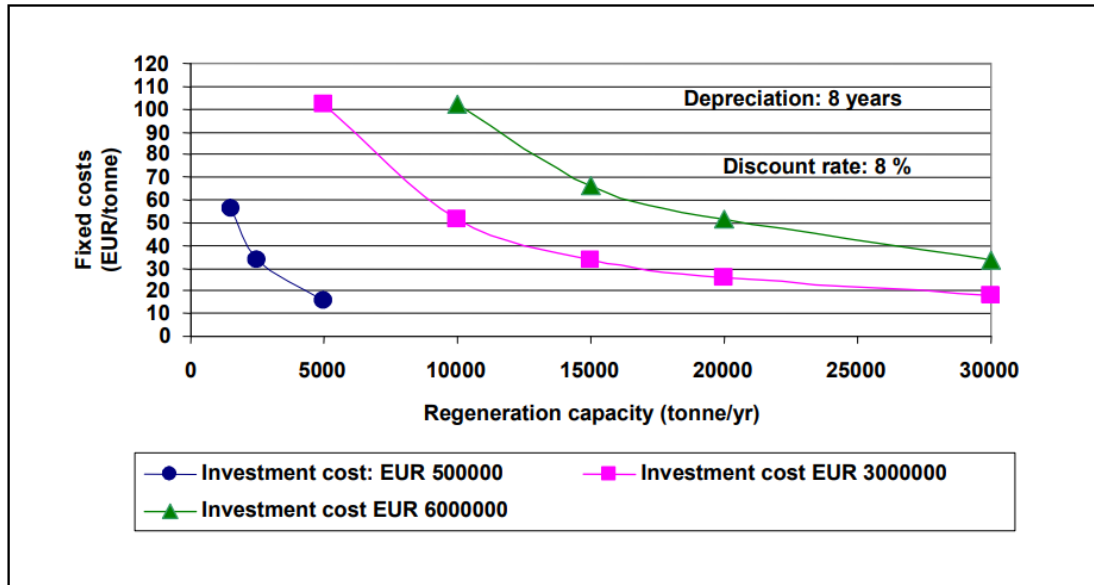
- bazı bağlayıcı maddeler tanelerin yüzeyinde inorganik toz kalıntıları bırakabilir. Sıcaklık erime sıcaklığını üzerine yükseldiğinde bunlar kum yüzeyi üzerinde yayılır ve kum tanelerinin soğuması ile birlikte toplanmasına sebep olabilir. Bilinen örnekler resol reçinesi ve silikat reçinesi ile bağlanmış kumlardır.
- füzan reçinelerinin termal geri dönüştürülmesi, eğer sertleştirme maddesi olarak sülfonik asitler kullanılmışsa SO₂ emisyonuna sebep olabilir. Egzoz sisteminin sıcaklığı sülfürik asit yoğunlaşmasını önlemeye yetecek kadar yüksek olmalıdır. Eğer emisyon seviyesi yüksekse sulu baca-gazı temizliği gerekebilir. Fosfor (sertleştirici olarak kullanılan fosforik asitten kaynaklanan) buharlaşmaz ancak yüzeyde toz formunda kalır. Bu geri dönüştürme sırasında P-toplanmasına sebep olabilir. Eğer P- konsantrasyonu 0.5 - 0.7 % 'nin üzerine çıkarsa, metalürjik bir tepkime meydana gelebilir ve dökümün kabul edilmemesine sebep olabilir.

Termal yenileme işleminin kullanılma oranı mekanik yenileme işlemleri ile kıyaslandığında daha düşüktür. Almanya'da 199 senesinde yalnızca 10 kurulumun bu tekniği uyguladığı bildirilmiştir (200 mekanik ünite ile kıyaslandığında).

Krefeld'de yer alan Siempelkamp termal yenileme ünitesi, atık kum ile birlikte dökümhane tozunu da işleme becerisine sahiptir. Diğer mineral atık tipleri üzerinde de testler yürütülmüştür.

Ekonomi

Yatırım maliyetleri ekipmanın boyutlarına ve tipine göre değişiklik göstermektedir ve aşağıdaki Şekil 4.30'da verilmiştir. Veriler, mekanik bir öncü- veya artçı- işlem adımına sahip termal sistemler ile olduğu gibi aynı zamanda yoğun mekanik yenilemeye daırdır (örn. öğütücü üniteler). Düşük ölçekli kurulumlar 0.75 ton / saat veya 1500 ton / yıl kapasiteye sahiptir. İrta ölçekli bir dökümhanenin kapasitesi 2500 ton / yıl ile 5000 ton / yıl arasında olacaktır. Düşük ölçekli bir ünite için anapara maliyeti (8 yıl amortisman ve 8 % faiz oranı ile) 55 EURO / ton olacaktır. Bu maliyetler enerji masraflarını, personel masraflarını ve kalıntıların tasfiyesi için yapılan masrafları içermez.



Şekil 4.30: Karışık kumların termal yenilenmesi ve yüksek seviye mekanik yenilenmesi için, yenilenen kumun 1 tonluk miktarı için sabit maliyetler [82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996]

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

- Akışkan yatak, Metaalgieterij Giesen, Hollanda
- Akışkan yatak merkezli yenileme tesisi, Bielefeld, Almanya
- VAW Alucast GmbH, Dillingen, Almanya, sistem CEC/VAW
- Werner Rietschle GmbH, Schopfheim, Almanya, sistem Richards
- Siempelkamp Giesserei gmbH & Co, Krefeld, Almanya, sistem Siempelkamp
- Sofogir, Ronchamp (F) sistem Regetherm 500
- Duranton Sicfond, Venissieux (F), sistem Richards
- FOAM, Leumann (I), sistem Eco-rec
- Fonderie Brea, Montluon (F).

Başvuru Kaynakları

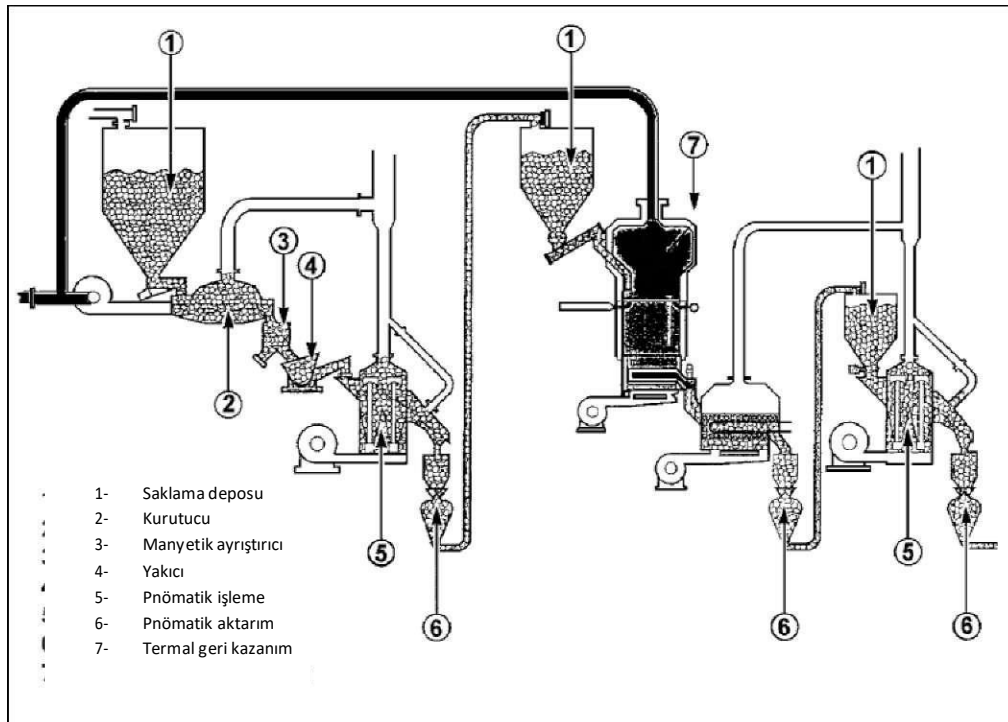
[9, Schneider, 1993], [32, CAEF, 1997], [80, ERM Lahmeyer International GmbH, 1999], [128, IHOBE, 1998], [138, Metaalgieterij Giesen B.V., 1996], [186, Stephan, 1996], [187, Stephan, 1997], [188, Stephan, 2000]

2.5.4.8 Karışık Organik-bentonit Kumlar İçin Birleşik Rejenerasyon (mekanik-termal-mekanik)

Açıklama

Organik- bentonit karışık kumlarda, kum tanecikleri üzerinde kürlenmiş bentonit ve organik bağlayıcı malzemeler mevcuttur. Toz, aktif ve kürlenmiş bentonitten, kömür tozundan (yalnızca demir dökümhanelerinde), kuvars ince malzemelerinden ve organik bağlayıcı malzeme kalıntılarından oluşmaktadır. Karışık kumlar genellikle demir dökümhanelerinde meydana gelir ve toplam kullanılmış kum üretiminin yaklaşık 75 % 'ini oluşturur. Yenilenme, mekanik, pnömatik, termal veya birleşik sistemler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Kum, önceden işlenir (eleme, manyetik ayırıştırma) ve su içeriğini 1 % 'in altına indirmek amacıyla kurutulur. Bunun ardından kum, bağlayıcı maddenin bir kısmını ayırmak için mekanik veya pnömatik olarak temizlenir. Termal adımda organik bileşenler yakılır ve inorganik bileşenler toza aktarılır ya da kum tanelerinin üzerine yakılır. Son bir mekanik işlem ile bu katmanlar mekanik veya pnömatik olarak ayrılır ve toz olarak atılır. Pnömatik işlem ve akışkan yataklı termal işlem kullanan bir sistemin tipik düzeni aşağıdaki Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31: Mekanik - termal - mekanik kum rejenerasyon ünitesi [108, FEAF, 1999]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tasfiye edilecek kum miktarının azaltılması ve yeni birincil kum tüketiminin azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun yenilenmesi ilave enerji gerektirir ve ilave toz emisyonlarına ve tasfiye edilmesi gerekecek olan atık toza yol açar.

Dahili yenilemenin harici tekrar kullanıma kıyasla genel değerlendirmesi ve bununla ilgili Çapraz - ortam Etkileri aşağıda ayrıca tartışılmıştır.

İşletim Verileri

Mekanik - termal -mekanik bir işlemin İşletim Verileri aşağıdaki Tablo 4.65’de verilmiştir.

Parametre	Birim	Dökümhane N	Dökümhane O	Dökümhane P
Kum akışı	(ton / saat)	1	2	3
Kum girişinin maksimum rutubet oranı	(%)	1	1	1
Toplam kurulu elektrik gücü	(kW)	150	215	400
Doğal gaz	(Nm ³ / saat)	31	62	155
Termal işlem - ortalama hava akışı (akışkanlaştırma + yakma)	(Nm ³ / saat)	700	1200	3000
İşlem sıcaklığı	(°C)	800	800	800
Ortalama işlem süresi	(dk.)	20	20	20
Baca - gazı akışı	(Nm ³ / saat)	200	300	500
Soğutma - tipi - devredeki su akışı	(m ³ / saat)	Su sirkülasyonlu akışkan yatak 15 30 75		
Kumun çıkış sıcaklığı	(°C)	30 - 40		
Toplam enerji tüketimi: - elektrik - gaz		100 260	90 260	70 260
Sıkıştırılmış hava akışı	(Nm ³ / saat)	150	210	330
Kurulumun verimlilik seviyesi		70 - 80 %		
Yenilenen kumun kalitesi - tane boyutu dağılımı (granülometri) - kızdırma kaybı		Değişmez < 0.1 %		
Yenilenen kumun tekrar kullanımı: - kalıp yapımı - maça - yapımı		100 % 70 - 80 %		

Tablo 4.65: Mekanik- termal - mekanik bir işleme sistemine ait işletim verileri (pnömatik- akışkan yatak - pnömatik) [108, FEAF, 1999]

85000 ton / yıl (13 - 15 ton / saat) kapasiteli bir kurulum için Alman verileri aşağıdaki gaz bileşenlerini vermektedir:

SO ₂ :	118 mg / Nm ³
NO _x :	150 mg / Nm ³
toplam C:	10 mg / Nm ³
CO:	30 mg / Nm ³

Uygulanabilirlik

Bu yenileme tekniği bentonit içeren karışık kumlar için kullanılmaktadır. Yenilenmenin ekonomik ve teknik başarısı yenilenecek olan kumun seçimine bağlıdır. Bütün kum hacminin yenilenmesi uygun değildir. Termal olarak hasar görmemiş olan kum yeni kum hazırlığında direkt olarak tekrar kullanılabilir. Bu kumun yenilenmesi uygun değildir çünkü aktif bağlayıcı maddeler ve katkı maddeleri de bu işlem sonucunda çıkartılır. Homojenleştirme işleminin öncesinde, silkeleme sırasında seçim ve ayrıştırma gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu teknik, bentonit özelliklerini bozan maça kumları üzerinde (asidik tabiatlı bağlayıcı maddeler) ya da yaş kum özelliklerini değiştiren maça kumları üzerinde (örn. su camı kumu) uygulanamaz.

Yenilenen kum, düşük veya orta miktarda geometrik talepleri olan maçalar için, orijinal proste maça - yapımı için kullanılabilir. Maça - yapımı için uygulanabilirlik derecesi, kimyasal olarak bağlanmış kumun başlangıçtaki miktarına bağlıdır. Diğer bağ sistemlerindeki uygulanabilirlik derecesi her durum için ayrı olarak test edilmelidir. Ek olarak, bu kumlar, yaş kum kalıplaması döngülerindeki kayıpların geri yerine konması için herhangi bir kısıtlama olmadan uygulanabilir. Su camı ya da metil format ile bağlı kumlar kullanan proseslerde kısıtlamalar söz konusu olabilir.

Son yıllarda karışık kumların işlenmesi için çeşitli tiplerde kurulumlar geliştirilmiştir, ancak bunlar henüz sektör çapında yaygın kullanım bulmamıştır. Bazıları ancak deneme çalışmaları olarak iş görmektedir. Diğerleri ise belirli bir dökümhane için geliştirilmiştir ve ancak aynı proste tekrar kullanılmaya uygun yenilenmiş kum üretmektedir ve sonuçlar diğer dökümhanelere aktarılamamaktadır.

Ekonomi

Mekanik adım olarak pnömatik temizleme kullanan (1 odada 3 tüp, KGT tipi Jet Harmanlama Makinesi), 2.5 ton / saat kapasiteye sahip 3 adımlı bir kurulum (mekanik - termal - mekanik) için maliyetler şöyledir: İşletim maliyetleri (tüketim, personel, bakım) - 21 EURO / ton, yatırım maliyetleri (8 yıllık amortisman) - 30 EURO / ton. Böylece toplam yenileme maliyeti olarak 51 EURO / ton elde edilir.

Tüketim seviyeleri aşağıda belirtildiği gibidir:

- Elektrik: 50 kW-saat / ton
- Doğal gaz: 18 Nm³ / ton (kumun nem içeriğine bağlı olarak)
- Basınçlı hava: 60 Nm³ / ton
- Aşınan parçalar: 5 EURO / ton

Uygulama İçin İtici Güç

Tasfiyesi gereken atıkların miktarını azaltmak için yüksek tasfiye maliyetleri kullanan mevzuatlar.

Örnek Tesisler

Halberg Guss GmbH, Saarbrücken (D), termal - mekanik sistemi. Bu tesis 13 - 15 ton / saat, 30 % organik, 70 % inorganik bağlı karışık kum yenilemektedir. Organik bağlı kum, 50 / 50 oranında Kronlama ve soğuk - kutu kumundan oluşmaktadır. İşlenen kullanılmış kum miktarına dayanan yenilenme verimi 78 % 'dir. Yenilenen kum maça - yapımı için kullanılmaktadır (100 % Kronlama; 70 - 100 % soğuk - kutu).

Kromit (maçalardan gelen) ve kuvars kumunun (her ikisi de kimyasal olarak bağlı) mekanik birincil yenilenmesi + ayrıştırılması + kuvars kumunun termal / mekanik olarak işlenmesi Almanya'da deneme çalışmaları ile gösterilmişti (1993). Her iki kum tipinin de ayrıştırılması gerekiyordu çünkü karışık kumda topaklanma ve ötektik oluşumu meydana geldi. Tesis daha sonra başka ekonomik sebeplere bağlı olarak kapatıldı.

Başvuru Kaynakları

[11, Schachtner ve Müller-Späh, 1993], [37, Winterhalter, et al., 1992], [108, FEAF, 1999], [122, Kirst, 1999], [128, IHOBE, 1998], [153, Umweltbundesamt, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.4.9 Sulu Kumun Rejenerasyonu

Açıklama

Metal giderme işleminden sonra kum, bağlayıcıyı kolayca ayırmak ve sonraki ıslak elemeye (1,6 mm) izin vermek için bir çamur üretmek üzere suyla karıştırılır. Tanelere bağlı bağlayıcı madde kalıntılarının çıkartılması sulu yenileme ünitesinde, kum tanelerinin yoğun bir biçimde birbirlerine sürtünmesi ile gerçekleştirilir. Bağlayıcı maddeler yıkama – suyuna serbest bırakılır. Yıkanan kum maksimum 0.3 % oranında nihai nem içeriğine kurutulur, kuru elenir (1.2 mm) ve ardından soğutulur. Bunu ilave bir manyetik demir ayrıştırması ve son bir toz toplaması takip edebilir. Bağlayıcı madde kalıntıları aslıtadan ayrılır ve güvenli bir biçimde ortadan kaldırılmak üzere işlenir.

Bu prosesin mekanik ve termal proseslere kıyasla başlıca avantajı gerçek zamanlı olarak prosesin izlenmesine olanak sağlamasıdır. pH kontrolü aracılığı ile prosesin kesintisiz bir biçimde takip edilmesi mümkündür ve böylece gerektiğinde gerçek zamanlı olarak düzeltici eylemler gerçekleştirilebilir ve sürekli olarak kaliteli yenilenmiş kum üretilmesi mümkün olur. Bu teknik, bağlayıcı madde katmanının kum tanelerini aşındırmadan, gerektiğinde kimyasal etki ile birleştirilerek, sulu mekanik etki aracılığı ile çıkartılmasına olanak sağlamaktadır.

Bu proses esas olarak kullanılmış kumun hem oolitleşme derecesini düşürmeyi (LOI maks. 1 %) hem de asit içeriğini düşürmeyi amaçlar.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tasfiye edilecek kum miktarının azaltılması ve yeni birincil kum tüketiminin azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Sulu proses tasfiye edilmesi gereken bir çamur ve bir atık akıntısı ortaya çıkarır. Bu atık su akıntısının ciddi bir sorunu, bentonitin kötü bir biçimde tortulaşması ve bu tortunun atık suda çıkartılmasının zor olmasıdır. Su camı kumlarının yenilenmesi sonucu ortaya çıkan atık su alkali iyonlarının varlığını göstermektedir. Bu iyonların atık sudan ayrıştırılması zordur.

Uygulanabilirlik

Sulu yenileme sistemi yalnızca yaş kuma ve silikat veya CO₂ - bağlı kumlara uygulanabilmektedir. Bu tipteki proseslerde elde edilen yenilenme, yenilenen kumun hem kalıplarda hem de maçalarda tamamen tekrar kullanılabilmesini sağlar. Yenilenen yaş kum üzerinde gerçekleştirilen testler kabul edilebilir bağlayıcı madde kalitesine sahip iyi kalitede soğuk-kutu maçalarının üretilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. (toplamda %1,8).

Ekonomi

İtalyan dökümhane piyasasında, merkezi bir sulu yenileme tesisi yeni kumun fiyatından daha düşük fiyatlarda yenilenmiş kum sunabilmektedir.

Uygulama İçin İtici Güç

Bu sistemin kullanılmış kum kalitesindeki değişimler ile mekanik veya termal proseslerden daha iyi başa çıkabildiği bildirilmiştir. Bu durum, bu sistemi merkezi bir kum yenileme tesisi düşünüldüğünde uygun kılmaktadır.

Örnek Tesisler

1981 senesinden beri yılda 230.000 ton kullanılmış kumu yenileyen Safond merkezi yaş kum sulu geri kazanım tesisi.

Bir Polonya dökümhanesi (Odlewnia Zeliwa Srem s.a., Srem (PL)) fûran bağlı kumun sulu yenilenmesini gerçekleştirmektedir. İşletim sahaya özel etkenler ile yönetilmektedir ve buradaki tekniğin diğer sahalara aktarılması söz konusu değildir.

Başvuru Kaynakları

[37, Winterhalter, et al., 1992], [140, EU Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001], [225, TWG, 2003]

2.5.4.10 Pnömatik Sistemler Kullanılarak Su Camı Kumunun Rejenerasyonu

Açıklama

Su camı kumu yenilenmesi geleneksel olarak zordur. Pnömatik bir sistemin kullanılması 60 % yenileme oranına sahip yenileme tesislerinin kurulmasını mümkün kılmıştır. Sistem yukarıda açıklanmış olan prensipler ile aynı doğrultuda işlemektedir (bkz Bölüm 4.8.6). Bununla birlikte, bu tipteki bir bağlayıcı madde için, silikat katmanını kırılğan bir hale getirmek amacıyla kumun yenilenmeden önce 220 °C sıcaklığa ısıtılması gereklidir. Kumun yenilenmeden önce 0.3 % 'ün altında nem seviyesine sahip olması gereklidir. Yenilenen kum aynı sistem içerisinde tekrar kullanılabilir. Esterin düzgün çalışabilmesi için yenilenen kumun kalıplama döngüsüne geri beslenmesinden önce 20 °C 'nin altındaki bir sıcaklığa varana dek soğutulması gerekmektedir. Su camı kumu yenileme sistemleri şu adımlardan oluşmaktadır: kırma – kurutma / doyurma - (pnömatik) geri kazanım – soğutma - filtreleme.

Bu teknik organik olarak bağlı kumların termal olarak yenilenmesindekinden daha düşük bir performansa sahiptir. Aşağıdaki kısıtlamalar ortaya çıkar:

- ani basınç dayanımının daha düşük olması
- maça kum karışımlarının uygulanabilirlik sürelerinin daha kısa olması
- maçaların depolanmasını takiben stabilite kaybı
- özellikle yüksek çökebilirliğe sahip bağlayıcıların kullanımıyla korunan basınç dayanımının kaybedilmesi.

Bu sorunları telafi etmek için proses planında ya da bağlayıcı madde karışımlarında değişiklik yapılması gereklidir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bağlayıcı madde olarak su camı kumunun uygulanması, organik bağlayıcı maddeler ile kıyaslandığında daha düşük bir çevresel etkiye yaratmaktadır. Bu teknik su camı ile bağlı kumun (kısmi) yenilenmesine olanak sağlamakta ve dolayısı ile kullanılmış kum tasfiyesi gereksinimini ve birincil ham madde kullanımını azaltmaktadır.

Çapraz - ortam Etkileri

Kumun ısıtılabilmesi amacıyla doğal gaz yakılmaktadır. Buna karşılık gelen CO₂- emisyonunun her bir ton kullanılmış kum başına 18 kg olduğu tahmin edilmektedir. Aynı zamanda NO₂ emisyonları da meydana gelecektir.

İşletim Verileri

Alman kaynaklı bir örnek tesis, pnömatik bir üniteyi basamaklı çevrimde işletmektedir. Kum ilk önce ısıtılmış hava kullanılarak kurutulur (5 dakika / 220 °C). Bunun ardından sıkıştırılmış hava atımları püskürtülerek pnömatik temizleme işlemine başlanır (70 dk.). Bu, son bir tozdan arındırma aşaması izler. Bu aşamada yalnızca akışkanlaştırıcı hava girişi yapılır (2 dk.). Kum çalışmaya uygun bir sıcaklığa soğuduğundan ilave bir soğutma işleminin gerçekleştirilmesine ihtiyaç yoktur.

Bir işletim çevriminde yenilenen kum miktarının başlangıç ağırlığının 85 % 'i olduğu bildirilmiştir (SiO₂ baz alınarak). Stabil maçalar üretebilmek için ve ikinci bir yenileme döngüsünü takiben kum kalitesinin daha da düşeceği göz önüne alınarak, maksimum 62 % oranında bir yenileme oranı elde edilebilmektedir (38 % yeni kum eklenmesi gereklidir)

Belirli tüketim seviyeleri aşağıdaki belirtildiği gibidir (1500 ton / yıl; 0,5 ton / saat kapasitesinde işleyen bir ünite için):

- doğal gaz tüketimi: 104,4 kW-saat / ton kullanılmış kum
- elektrik tüketimi: 74,5 kW-saat / ton kullanılmış kum

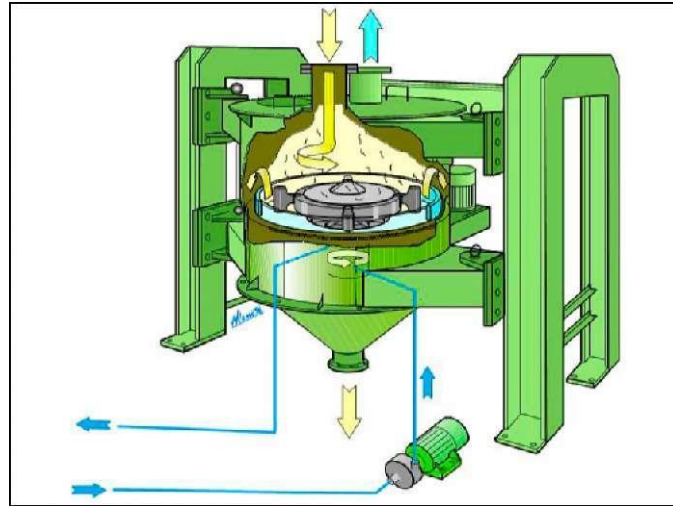
Polonya kaynaklı (dökme çelik dökümhanesinde yer alan) bir örnek tesis şu ünitelerden oluşmaktadır: titreşimli ezici – kurutucu – çarpma plakalı yenileyici - kademeli tozdan arındırıcı – elektromanyetik ayırıştırıcı. Kurulumların teknik ayrıntıları Tablo 4.66'da verilmiştir. Yenilenen kum silikat – bağlı kalıplama - kumu hazırlanmasında tekrar kullanılmaktadır. Silikat – kumu, temas kumu olarak kullanılan alkalin kum ile birlikte, kalıp yapımında dolgu kumu olarak kullanılmaktadır. Toplam kum bilançosu (yıllık bazda) 45 - 47 % oranında yenilenmiş kum kullanıldığını göstermektedir.

Özellik	Değer
Kapasite	10 ton / saat
Geri kazanım oranı	90 %
Kalıplama – kumundaki yenilenmiş kum içeriği	50 - 60 %
Çalışma gücü	76 kW
Tozdan arındırma sisteminin verimliliği (2 torba filtre)	99.4 %
Yenileme sahasının kurulum alanı	220 m ²

Tablo 4.66: Bir silikat kumu yenileme ünitesine ait işletim verileri
[200, Metalodlew s.a., 2002]

İspanyol bir örnek tesis (dökme çelik dökümhanesi), büyük parçaların dökümü için kullanılan yenilenmiş silikat – ester kumunun, manüel kalıplama hattında %80-88 oranında (yıllık ortalama 12,5 % yeni kum eklemesi ile) tekrar kullanıldığını bildirmiştir. Yenileme sistemi şunlardan oluşmaktadır: titreşimli ezici – dolaylı olarak ısıtılan bir reaktörde ısıtma (gaz brülörü bir yan odacıkta bulunan 'quemador') – su soğutmalı ısı eşanjörü kulesinde soğutma – döner karışım odasında çarpıştırmalı temizlik.

İtalyan Örnek Tesisler aynı zamanda kumun 140-150 °C sıcaklıklara ısıtılabilmesi ve böylece kusurların ortadan kaldırılabilmesini ve su camı kaplamasının gevrekleştirilebilmesini sağlamak için de özel ekipmanlar kullanmaktadır. Bunu, döner bir silicide mekanik işleme, tozdan arındırma ve en son olarak da soğutma takip etmek etmektedir. Döner yenileme ünitesinin şematik bir çizimi aşağıda yer alan Şekil 4.32'de verilmiştir.



Şekil 4.32: Döner mekanik rejenerasyon ünitesi [225, TWG, 2003]

Ekipman her bir ton yenilenen kum için 35 kW enerji tüketimine sahiptir. Kumun işletimsel kaybı yaklaşık olarak %5'dir. Kalıplama ve maça yapma karışımları için, yenilenen kumun %90'ından fazlası kullanılabilir. Elde edilebilecek yenileme oranı yenilemenin yoğunluğuna ve süresine ve işletimsel kum kaybına bağlıdır. Kum kayıpları, karıştırma, hazırlık, aktarım, kalıp üretimi ve yenileme döngüsünün her bir bölümünde meydana gelmektedir.

Uygulanabilirlik

Su camı kumlarının yenilenmesinin uygulanabilirliği kullanılan katalizöre bağlıdır. Klasik poliasetat gliserol esterleri ile, yenileme birkaç döngüden sonra mümkün olamamaktadır. Karbonlu esterler ile yenileme mümkündür ve hatta silikat -CO₂ kum için olandan daha da kolaydır. Eğer kum karıştırıcıya geri eklenmeden önce 20 °C'nin altındaki bir sıcaklığa soğutulamazsa düşük tepkime süresine sahip esterlerin kullanılması gereklidir. Bunlar yenilenemez. Bu durum yaz mevsiminde, sıcak iklimlerde ortaya çıkabilir.

Yenilenmiş olan su camı kumunun organik olarak bağlı kalıplar veya maçaların hazırlığında tekrar - kullanımı problemlidir. Elektrotların (bağlayıcı maddelerin) artan içeriği bunların diğer maça bağlayıcı sistemlerinde kullanımını önlemektedir. Fazlasıyla bazik olan su camı kalıntılarının bağlanma ve maça stabilitesi üzerinde hem nötr hem de alkali bağlayıcı sistemlerde olumsuz bir etkisi olmaktadır. Yaş kum döngülerinde ve asidik maça bağlayıcı sistemlerindeki uygulamalar henüz başarılı bir biçimde gerçekleştirilmemiştir. Bunun sebebi bu uygulamanın geliştirilmesine olan ilginin az olması olabilir.

İkinci yenilenmiş kumun kalitesinin azalmasından dolayı, maça temizleme ve kum toplama sırasında, yenilenmiş olan kumun miktarını ve kaynağını (örn. döngü sayısı) belirlemek ve artık kullanılamaz olan kumları atmak gereklidir.

Yüksek maliyetler ve göreceli olarak daha düşük olan yenilenme oranı dolayısı ile, kurulumun kabul edilebilir bir süre içerisinde amortismanı ancak kapasitesi 2500 ton / yıl'dan daha yüksek olan tesisler için garanti edilebilmektedir.

Ekonomi

Bu tesisin Alman örnek tesisteki proses maliyeti yaklaşık 60 EURO / ton'dur. Bir işletmecinin tesisi kapatıp tekrar 30 EURO / ton gibi daha düşük bir maliyetle gerçekleştirdiği su camı kumunun tasfiyesine geri dönmesinin ardındaki sebep bu yüksek maliyettir. İspanyol örnek tesisi tarafından bildirilmiş olan işletim maliyeti 10 EURO / ton'dur.

Uygulama İçin İtici Güç

Belirli uygulamalarda iyi bir çevresel performansa sahip olan su camı kumunun yenilenmesi işlemini olanaklı kılması.

Örnek Tesisler

- KGT Jet Harmanlayıcı, 4 dökümhane için merkezi yenileme tesisi, 1998 senesinde Fa. Broer, Schwetzingen (D) 'de inşa edildi ancak 2001 senesinde işletimi durduruldu
- Metalodlew s.a., Krakow (PL)
- Lur Sue s.l., Lora Del Rio (E)
- Fonderia Arno Metallurgia, S. Vittore Olona (I)
- Faser Spa, Rogeno (I)
- Talleres De Amurrio S.A. Amurrio (E)
- Daros Piston Rings AB, Partilla (S).

Başvuru Kaynakları

[128, IHOBE, 1998], [152, Notzon ve Heil, 1998], [154, Baum, 2002], [200, Metalodlew s.a., 2002], [210, Martinez de Morentin Ronda, 2002], [225, TWG, 2003], [228, Galante, et al., 1997]

2.5.4.11 Kürlenmemiş maça kumunun dahili tekrar kullanımı

Açıklama

Maça üretimi kırık maçalar, küçük hatalara sahip maçalar ve maça-üretim makinelerinden gelen artık kum biçimlerinde kum kalıntıları ortaya çıkartmaktadır. Artık kum spesifik bir ünite içerisinde sertleştirilebilir. Bunu takiben çeşitli kullanılmayan maça kumu akışları bir kırma ünitesine beslenir. Sonuçta elde edilen kum yeni maçaların üretimi için yeni kum ile karıştırılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Aksi takdirde tasfiye edilecek olan maça kumunun %5-10 seviyesinde dahili yeniden sirkülasyonu.

Çapraz - ortam Etkileri

Herhangi bir çapraz - ortam etkisi meydana gelmez.

Uygulanabilirlik

Bu teknik poliüretan (soğuk – kutu) ve füran reçine-bağlı kumlar için uygulanabilmektedir. Diğer bağlayıcı maddeler bu tekniğin kullanılmasına izin vermemektedir.

Tekniğin kullanılmaya başlanması proses kontrolünde değişiklikler gerçekleştirilmesini gerektirir. Yeniden devir daim ettirilen kum ile yeni kumun optimum oranının belirlenmesi gerekecektir. İlave olarak bağlayıcı madde eklenmesinde ve bu maddelerin bileşiminde değişiklik yapılması gerekli olabilir.

Ekonomi

Bu teknik, birleştirilmiş işleme ve kırma ünitesi için 250000 – 500000 EURO ederinde bir yatırım maliyetine sahiptir. İşletimsel maliyetler yaklaşık 12 EURO / ton'dur. Bu maliyetler tasfiye maliyetlerinde ve yeni kum satın almalarının maliyetlerindeki azalmalar ile dengelenmektedir. Bu teknik yalnızca maçaya yoğunlaşmış üretimleri için geçerlidir.

Uygulama İçin İtici Güç

Birincil malzemelerin kullanımının optimizasyonu ve tasfiye edilmesi gereken atıkların miktarında azalma.

Örnek Tesisler

Bu teknik birkaç büyük ölçekli dökümhane tarafından bildirilmiştir.

Başvuru Kaynakları

[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001]

2.5.4.12 Yaş Kum Döngüsünden Elde Edilen Tozların Kalıp Yapımında Tekrar Kullanılması

Açıklama

Toz, silkeleme kurulumundaki baca filtrelemesi aracılığı ile ve kuru yaş kum dozaj ve kullanım istasyonlarında toplanır. Toplanan toz etken bağlayıcı madde bileşenleri içermektedir ve yaş kum döngüsüne geri kazandırılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Dahili yeniden devir daim sayesinde Bağlayıcı maddelerin (bentonit), ve katkı maddelerinin (karbon) kullanımının azaltılması.

Çapraz - ortam Etkileri

Herhangi bir çapraz - ortam etkisi meydana gelmez.

İşletim Verileri

8000 ton / yıl döküm üretimli otomatik bir kalıplama hattı kullanan bir otomotiv demir dökümhanesi 480 ton / yıl toz üretir. Bu toz toplanır, soğutulur ve kum karıştırıcı içinde geri dönüştürülür. Toplanan toz 23 % etkin bentonit ve 10 % karbon içerir. Tozun 50 % 'si ince tozdan dolayı herhangi bir kalite kaybı riski olmadan yeniden devir daim ettirilebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut yaş kum tesislerinde uygulanabilir.

Ekonomi

Bu teknik depolama ve nakliye ekipmanları için 25000 EURO'luk bit yatırım gerektirir. Amortisman dönemi, 240 ton / yıl kapasiteli bir tesis için 8 % 'lik bir ıskonto oranlı, 17 EURO / ton işlenmiş kum sermaye maliyetiyle sonuçlanan 8 yıldır. Tüm tesisin işleyişi değişmediği için fazladan işletim maliyetleri yoktur.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Birincil malzemelerin kullanımının optimizasyonu ve tasfiye edilmesi gereken atıkların miktarında azalma.

Örnek Tesisler

Almanya'daki otomotiv demir dökümhanesi.

Başvuru Kaynakları

[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996]

2.5.4.13 Kum Döngüsü ve Yenilenme Proseslerinden Kullanılmış Kumun Ve Elek Altının Harici Yeniden Kullanımı

Açıklama

Kum döngüsü ya da kum yenilenmesinden kullanılmış kum ve elek altı kum bazı harici uygulamalarda yer bulabilir. Ana uygulama alanları:

- inşaat endüstrisi (yol inşaatı, otoban inşaatı)
- bina malzemeleri endüstrisi (çimento, tuğlalar, kireçtaşı imalatı)
- madencilik oyuklarının doldurulmasında
- arazi doldurma inşaatında (doldurulmuş arazi üzerindeki yollar, kalıcı kaplamalar).

Bu uygulamaların sınırları ya inşaat malzemeleri için teknik kriterler ve / veya bahsi geçen uygulama için çevresel kriterler tarafından belirlenir. Çevresel kriterler genellikle organik bileşenlerin sızma özellikleri ve içeriğine dayalıdır. Bunlar çeşitli Avrupa bölgeleri arasında değişiklik gösterir. Kullanılmış kum genellikle düşük bir metal sızdırma potansiyeli gösterir. Yüksek organik bağlayıcı içerikli ya da parlak karbon gibi spesifik katkı maddeleri içeren malzemeler için sınır değerlerin aşılması meydana gelebilir.

Yüksek kuvars içeriği ve uygun tanelenmesinden dolayı kullanılmış kum yol inşaatında işlenmemiş kum yerine uygulanabilir. Bina malzemeleri (beton, tuğlalar, kiremitler, cam yünü, ...) üretiminde uygulama teknik olarak elverişlidir fakat daha yüksek seviyede bir bileşim kontrolü ve lojistik gerektirir. Endüstriyel ölçekte denemeler aşağıdakilere başarıyla uygulanmıştır:

- yol temelleri
- doldurma malzemesi
- boşaltma malzemesi
- beton elemanlar
- çimento üretimi (prosesin silikon ihtiyacına bağlı olarak. Almanya'da bu uygulama büyük önem taşır)
- madencilik oyuklarının doldurulması (iyi destekleme kapasitelerinden dolayı. Almanya'da kullanılmış kum bu uygulamada kullanılmaktadır)
- doldurulmuş arazilerin son kaplaması (su camı ve diğer atıklarla karıştırılarak, Hollanda'da örnekleri vardır)
- hendeklerin güçlendirilmesi için inşaat malzemesi
- tehlikeli atıkların camlaştırılması.

Farklı kum tipleri için daha detaylı bilgi veren bir araştırma tablosu Bölüm 4.9'da verilmiştir.

Diğer uygulama sahaları tuğla imalatı, ikincil bakır izabesi ve çinko geri kazanımıdır.

Harici kullanım (tipi) üzerine tartışmaların mevcut referans belgesinin kapsamının ötesinde kaldığı vurgulanmalıdır. Bununla birlikte, genel olarak, kumun genellikle ön işlemeye ihtiyacı olmadığı ve toplandıktan ve geçici depolamadan sonra dökümhaneden taşındığı söylenebilir. Çoğunlukla malzemenin sürekli kalitesini sağlama almak amacıyla farklı bir toplama ve depolama sistemi geliştirilecektir. Ayrıca malzemenin kalitesinin düzenli analizler aracılığıyla kontrol edilmesi gerekir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Harici uygulamalarda, kullanılmış kum işlenmemiş malzemelerin yerini alır, böylece tasarrufunu sağlar. Genel olarak harici uygulama kuma herhangi bir işleme gerektirmez ve böylece dökümhane için herhangi bir enerji harcaması yaratmaz.

Çapraz - ortam Etkileri

Organik kaplamaların kalıntıları olası aromatik hidrokarbon kaynaklarıdır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, atık kum için bir alıcı bulabildikleri sürece, yeni ve mevcut tesisler için uygulanabilir.

İhtiyaç fazlası dökümhane kumu kullanımı beton asfaltın aşınma direncini azaltmaz. İhtiyaç fazlası dökümhane kumunun aynı dökümhane prosesinden toz ile birlikte kullanımı Portland çimento betonu üretiminde mümkündür. İhtiyaç fazlası dökümhane kumunun uçucu kül ve çelik cürufu ile beraber kullanımı mineral yün üretiminde mümkündür. İhtiyaç fazlası dökümhane kumunun biyoatıkların kompostlama prosesinde kullanımı son ürünün, yani üst toprağın, çevresel ya da teknik özelliklerini olumsuz şekilde etkilemez. İhtiyaç fazlası yaş kumun mineral üst dolgularda kullanımı doldurulmuş arazilerin üst katmanlarında teknik ve çevresel olarak mümkündür.

Ekonomi

Harici kullanım maliyetleri yerel piyasaya ve gereken nakliye ve depolama maliyetlerine bağlıdır.

Ayrı toplama ve depolama için yatırım maliyetleri minimumdur. Bunlar sıklıkla örgütsel tedbirler aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Analizler ve idare için işletim maliyetleri 5000 EURO / yıl'a kadar olabilir. Fayda tarafından, tasfiye maliyetlerinde bir azalma vardır (125 EURO / ton'a kadar).

Kullanılması için İtici Kuvvet

Tasfiye edilecek kalıntı miktarını azaltmak için yüksek tasfiye ücretleri kullanan mevzuat.

Örnek Tesisler

Avrupa genelinde çeşitli örnekler bildirilmiştir, ör. Finlandiya, Hollanda, Belçika, Almanya, İngiltere tarafından.

Başvuru Kaynakları

[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE, 1998], [169, Orkas, 2001], [171, The Castings Development Centre, 1999]

4.9 Toz ve Katı Kalıntılar: Arıtma ve Yeniden Kullanım

4.9.1 Giriş

Malzemelerin iyice ayrılması geri kazanım, geri dönüşüm ve yeniden kullanım fırsatları yaratmak için önemlidir. Atıklar, geri kazanımın "teknik ve ekonomik olarak imkânsız" olduğuna dair tatmin edici bir gerekçe düzenleyici tarafından kabul edilmediği sürece, her zaman geri dönüştürülmeli ya da geri kazanılmalıdır.

Atık yığınları genel olarak aşağıdakileri kapsar:

- torba ya da kartuş filtrelerde toplanmış ham madde tozları
- kükürttten arındırmadan oluşan cüruf
- ergitmeden oluşan cüruf / posa
- bir filtreleme tesisinde toplanan ergitme tozu ve dumanı
- bir filtreleme tesisinde toplanan döküm tozu ve dumanı
- bir azaltma tesisinde toplanan döküm temizleme tozları
- döküm temizlemeden oluşan mıcır ve talaş
- bilyelemeden oluşan kullanılmış aşındırıcılar
- temizleme çözeltileri ve çamur ve atık su arıtma tesisinin çıktıları
- oluklar ve kepçelerden refrakter atıklar
- kum
- kimyasal madde ve yağ konteynerleri
- genel atıl endüstriyel atıklar.

Elverişli olduğu durumlarda atıklar geri kazanılmalıdır. Kumdan başka en önemli atıklar:

- ergitme ve metal işleme proseslerinde oluşan cüruf
- azaltma tesislerinden toplanan toz
- toplanmış çamur
- refrakter atıklar.

[160, UK Environment Agency, 2002]

4.9.2 Katı Kalıntıların Harici Yeniden Kullanımı (İçin Ön İşleme)

Açıklama

Katı kalıntıların harici yeniden kullanımını sağlama amacıyla malzeme işlemeye ihtiyaç duyabilir. Tablo 4.67 çeşitli (kum olmayan) katı kalıntılar için gerekli işlemleri ve yeniden kullanımları için muhtemel kısıtlamaları verir.

Kupol fırını cürufu için fiziksel form ve bu sebeple bir dereceye kadar yeniden kullanım seçenekleri kullanılan cüruf çekme tipine bağlıdır. Kuru cüruflandırma, yani cürufun soğuma ve katılaşma için potalara dökülmesi, kristalli gözeneksiz bir mineral üretir. Teknolojik yönlerine ilişkin olarak bu cüruf yüksek fırın cürufuna benzer. Sulu cüruflandırma cürufu su püskürtme ile soğutarak taneli bir cüruf meydana getirir.

Kalıntı tipi	İşlem	Kısıtlamalar
Hava ile soğutulmuş kupol cürufu	Kırma	- camsı toz oluşumu - camsı niteliği nedeniyle kullanım gereklilikleri
Su ile soğutulmuş kupol cürufu	Yok	- camsı toz oluşumu - camsı niteliği nedeniyle kullanım gereklilikleri
İndüksiyonlu ergitme cürufu	Kırma	- camsı toz oluşumu - camsı niteliği nedeniyle kullanım gereklilikleri - sızıntılar hakkında az veri mevcut
EAF cürufu	Kırma	- camsı toz oluşumu - camsı niteliği nedeniyle kullanım gereklilikleri - sızıntılar hakkında az veri mevcut
Kükürttten arındırma cürufu	Metal ve diğer kaba parçacıkların çıkarılması	- kullanım gereklilikleri, yaralanmayı önlemek için CaC_2 dikkatli kullanım gerektirir - akış - özel bir atık olabilir
Tozlar ve çamurlar	Çoğu uygulama için çamurun preslenmesi, kurutulması ve tanelenmesi gereklidir	- bazı tozlar için sağlık ve güvenlik gereklilikleri - tozsuz malzemelerin taşınması ile ilgili sorunlar - ürünün niteliği ve büyük yüzey alanı sebebiyle yüksek sızma potansiyeli

Tablo 4.67: Katı kalıntıların harici yeniden kullanımı için gerekli işlemler ve muhtemel kısıtlamalar [171, The Castings Development Centre, 1999]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Yeniden kullanılan malzeme harici uygulamalarda ikincil inşaat malzemesi olarak işe yarayacaktır ve işlenmemiş maddelerin yerini alabilir. Geri dönüşüm, tasfiye edilecek malzeme miktarında bir azalmaya sebep olur.

Çapraz – Ortam Etkileri

Ön işleme enerji gerektirir ve toz salımları meydana getirebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, kalıntı için uygun bir yerel pazar olduğu sürece, yeni ve mevcut tesisler için uygulanabilir. Çeşitli katı atıklar için bir harici yeniden kullanım uygulamaları araştırması Tablo 4.68’de verilmiştir.

YENİDEN KULLANIM UYGULAMALARINI N ÖZETİ	KUM						CÜRUFRA						DİĞER	
	Yaş kum	Alkali fenolik	Fenolik üreten	Füzan	Reçine kabuk	Sodyum silikat	Su ile soğutulmuş kupol	Su ile soğutulmuş kupol	İndüksiyon	Elektrik ark fırını	Kükürtten arındırma	Hassas döküm kabuğu	Tozlar ve çamurlar	
İnşaat tipi kullanımları														
Asfalt	x	x	+	+	+	O	x							
Balast							+			+				
Engel yapma	+	x	+	+	x	+		x						
Tuğla imalatı	x	x	+	+	+		+	+						
Çimento	x	x	+		x	x								
Kaba agregaya yerine							x		x	x		x		
Beton		x	+	+	+									
İnce agregaya yerine	x	x	+	+	+	+								
Köpük beton, vb.	x	x	+											
Yalıtkan / mineral/ cam yünler	+	+	+	+	+	+	+	+					+	
Hafif agregaya üretimi													+	
Harç üretimi						+								
Yol temeli inşaatı		x	+		+	x	x		x	x		x		
Çatı kaplama keçesi				x										
Başka bir dökümhanede yeniden kullanım														
Yaş kuma yeni kum ilavesi olarak				x										
Toprak tipi kullanımları														
Yapay üst topraklar	x	+	+	x	+								+	
Dekoratif zemin kaplaması							+	+						
Binicilik ahırlarında zemin kaplaması								+						
Gübre dolgusu													x	
Arazi doldurma – kapaklama	x	x	+										+	
Arazi doldurma – günlük kaplama	x	x	+	x	x	x								
Arazi doldurma – üst dolgu	+												+	
Toprak düzenleyici / ıslah edici	+	+	+	+	+	+		+			+		+	
Muhtelif														
Aşındırıcılar / püskürtme araçları		x	+					x	+					
Emici araçlar												+		
Yüksek fırın cürufu çimento imalatı						+					+			
Kimyasal / endüstriyel uygulamalar													x	
Sönmüş kireç yerine											+		+	
İzabe flaksları		+	+		+	+								
Atık camlaştırma	+	+	+		+	+								
x İngiltere’de yürütülen başarılı projelerle kanıtlanmış yeniden kullanım uygulaması + Teorik olarak kanıtlanmış yeniden kullanım uygulaması fakat şu anda İngiltere’de yürütülen yeniden kullanım projesi yok O İşlenmemiş halde yeniden kullanım için uygun değil														

Tablo 4.68: Katı dökümhane kalıntıları için harici yeniden kullanım uygulamalarının özeti (1999’daki durum) [171, The Castings Development Centre, 1999], [202, TWG, 2002]

Ekonomi

Yeniden kullanıma ilişkin maliyetler başlıca işleme ve taşıma maliyetleridir fakat bunların malzemenin satışından elde edilecek gelir dikkate alınarak azaltılabilmesi mümkündür. Bununla birlikte, tipik mekanik işleme maliyetleri 8 EURO / ton civarında olduğu için, bu gelir genel olarak düşük ya da sıfıra yakın olabilir.

Malzemelerin daha uzağa taşınması gerektikçe maliyet artışı daha büyük olur. Yeniden kullanım seçeneğinin ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla ilgili tasfiye maliyetleri hesaba katılmalıdır. Bunlar çeşitli bölgeler arasında değişiklik gösterir ve kalıntı tipine bağlıdır.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Tasfiye edilecek kalıntı miktarını azaltmak için kısmen yüksek tasfiye ücretleri belirleyerek mineral atıklarının geri dönüşümüne teşvik eden mevzuat.

Örnek Tesisler

Avrupa genelinde çeşitli kum ve cüruf yeniden kullanım örnekleri bildirilmiştir, ör. Finlandiya, Hollanda, Belçika, Almanya, İngiltere’de.

Başvuru Kaynakları

[171, The Castings Development Centre, 1999]

4.9.3 Cüruf Oluşumunun En Aza İndirilmesi**Açıklama**

Cüruf üretimi proses içi tedbirlerle minimize edilebilir, örneğin:

- temiz hurda kullanmak
- düşük bir metal sıcaklığı kullanmak
- ani yükselmeleri önlemek (geçici yüksek sıcaklıkları)
- ergimiş metalin ergitme fırınında uzun süre kalmasını önlemek
- flaksların yeterli kullanımını sağlamak
- yeterli refrakter astar kullanımı / seçimi sağlamak
- refrakter astar kullanımından kaçınmak için fırın duvarına su soğutması uygulamak.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kalıntı üretiminin minimizasyonu ve havaya salımlarda azalma.

Çapraz – Ortam Etkileri

Bu minimizasyon tedbirlerinden bir çapraz – ortam etkisi meydana gelmez. Temiz hurda ergitmeye ilişkin olarak, Bölüm 4.1.4’te öne çıkarılan hususlar hesaba katılmalıdır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni ve mevcut tesislere uygulanır. Temiz hurda kullanımının uygulanabilirliği Bölüm 4.1.4’te bütünüyle anlatılmıştır.

Ekonomi

Bu teknik işletimsel tedbirlere ilişkin olduğu için herhangi bir yatırım içermez.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Kalıntılar için yüksek tasfiye maliyetleri.

Örnek Tesisler

Bu teknik Avrupa dökümhanelerinin çoğunluğunda mevcut işletimsel prosedürlerin parçasıdır. **Başvuru**

Kaynakları

[103, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, 1998]

4.9.4 Kupol Fırını

4.9.4.1 Kok Tozunun Toplanması ve Geri Dönüşümü

Açıklama

Kokun kullanımı, taşınması ve şarjı kok tozu üretimiyle sonuçlanır. Bu malzemenin toplanması ve geri dönüşümü için spesifik tedbirler benimsenebilir, ör. taşıma bantlarının altında ya da şarj noktalarında toplama sistemleri.

Toplanan malzeme kupol içine enjeksiyon ya da yeniden karbonlama için kullanımı ile prosese geri kazandırılabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kalıntıların üretiminin minimizasyonu.

Çapraz – Ortam Etkileri

Çapraz – ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut tesislere uygulanır.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Katı kalıntılar için yüksek tasfiye ücretleri.

Örnek Tesisler

Bu teknik Avrupa’da birkaç dökümhane için bildirilmiştir.

4.9.4.2 Filtre Tozunun Kupol Fırınına Yeniden Devir Daimi

Açıklama

Kupol filtre tozu kupol fırınına yeniden enjekte edilir. Bu tekniğin amacı tozda, Zn geri kazanımı ile yeniden işlemeye izin veren bir seviyeye kadar (>18 %), bir çinko birikimi elde etmektir. Zn geri kazanımı Waelz prosesi kullanarak yapılır.

Tozun yeniden devir daimi tüyerlerde yeniden enjeksiyon aracılığıyla ya da toz topaklarını şarj kapısı içinde şarj ederek yapılabilir. Her iki teknik de endüstriyel ölçekte uygulanmaktadır. Çinkonun süblimleştiğini ve geri kazanılmış tozda yeniden ortaya çıktığını göstermek için bir kütle denkliği analizi kullanılabilir. Birkaç çevrim sonra toz Zn açısından geri kazanıma el verecek kadar zengin olur. Geri kazanım 18 % Zn seviyesinin üzerinde teknik olarak mümkündür.

Tozun geri dönüşümü için iki sınır vardır:

- çinko esasen 64 % Zn içeren bir bileşik olan Zn_2SO_4 şeklinde ortaya çıkar. Bu böylece maksimum zenginleşme seviyesini belirler
- toz aynı zamanda yanma odasında alev sönmeye sebep olarak alkali açısından da zenginleşir. Bu etki yanma havasında su buharı enjekte ederek çözülebilir.

Tüyerlerde enjeksiyon birkaç prensibe dayalı olabilir. Tüyerlerde enjeksiyon ile tozu geri dönüştüren on beş (Mayıs 2001 durumu) Avrupa dökümhanesi vardır. On biri pozitif basınç tekniğini kullanır ve dördü venturi emiş tekniğini kullanır. Venturi tekniğinin avantajı daha az enjeksiyon havası tüketmesi ve böylece ergitme bölgelerini daha az soğutmasıdır. Her iki teknikle de art arda çevrimlerden sonra toz yapışkan hale gelir. Bu yüzden venturi tekniği durumunda borularda taşınmasını sağlamak için toz petkok ile karıştırılmalıdır.

Tozun topaklaşma ve şarj aracılığıyla yeniden devir daimi tüyer enjeksiyonuna göre daha az yaygındır.

Bu, prosesin otomatikleştirilmesinin çok daha zor olması yüzündendir. Ayrıca, topaklara gerekli kıvamu

vermek için topaklama prosesinin iyi kontrolü ve bilgisi gereklidir. İyi kıvamlı topaklar üretmek için ferrosilikon eklenebilir. Pratik testlerde iyi işleyiş sağlamak için 2/3 FeSi ile 1/3 toz karışımı gerekmiştir. Öte yandan topak tekniği büyük miktarları işlemek için kullanılabilir. Daha büyük çaplı kupollar için tozun ateşin merkezine tüyer enjeksiyonu zordur, bu böylece topakların kullanımını destekler.

Her iki tekniğin özellikleri Tablo 4.69'da karşılaştırılmıştır.

Kupol gazının arındırılmasından toplanan ince tanelerin yeniden kullanımı	Ağızlıklarda n enjeksiyon	Topaklar halinde verme	Gözlemler
Atığın etkisi			
Verilen ince tanelerin miktarında kısıtlama	7 - 8 kg/ton metal		Alevin sönmesi sorunu
Üretilen ince tanelerin miktarında azalma	40 %	50 %	Yaklaşık ⁽¹⁾
İnce tanelerin çinko içeriğinde artış	30 %	20 %	Yaklaşık ⁽¹⁾
Cüruf üretiminde artış	?	?	
Kupolların işletimine etkisi			
Sıcaklık kaybını gidermek için gerekli kok miktarı	0.5 - 0.6 %	0.2 - 0.3 %	Yaklaşık ⁽¹⁾
Çıkan gazların analizindeki varyasyon	Hayır	Hayır	yok
Ergitilmiş metale etkisi			
Demirdeki metal içeriğinde (Zn, Pb) artış	Sınırlı	Hayır	(binler derecesinde)
Ateş kayıplarına etkisi	10 - 30 %	Hayır	Yaklaşık ⁽¹⁾⁽²⁾
Aynı yöntemle diğer ürünlerin (C, FeSi) eklenmesine etkenliği	Evet	Hayır	yok
Maliyetler			
İnce tanelerin tasfiye maliyetlerinde azalma	60 %	50 %	Yaklaşık ⁽¹⁾
İşletme			
Prosesin otomatikleştirilme ihtimali	Evet	Hayır	yok
İlave sorun	Hayır	Evet	Topakların kırılma direnci
Teknolojinin uygulanması			
Mevcut tesisler	Evet	Evet	Tercihen büyük boyutlu kupollar
Yeni tesisler	Evet	Evet	
⁽¹⁾ Yaklaşık tahmin, gerçek değer ince tanelerin yeniden kullanımı için gerekli zenginleşme derecesinde ilk çinko oksit içeriği ve kupolun özelliklerine bağlıdır			
⁽²⁾ Kupolun yükündeki çelik miktarının fonksiyonu			

Tablo 4.69: Kupol fırını tozunun yeniden devir daimî için enjeksiyon tekniklerinin özellikleri [108, FEAF, 1999]

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tekniğin asıl faydası dökümhane tarafından, tasfiye ya da geri kazanım için, gönderilen tozun net miktarında bir azalmadır. Dökümhane tipik olarak daha küçük bir miktarda fakat daha yüksek bir metal yükü olan toz gönderir. Bu, kupol tozlarından Zn geri kazanımına imkan tanır. Teknik, Pb için daha büyük bir pay demir ile bağlanırken, kupol tozunda bir Zn zenginleşmesi ile sonuçlanır. Eğer Zn tozdan etkin olarak geri kazanılırsa, teknik tasfiye edilecek son tozun miktarı yanında ağır metal yükünü de azaltır. Öte yandan, üretilen cüruf miktarı artar.

Çapraz – Ortam Etkileri

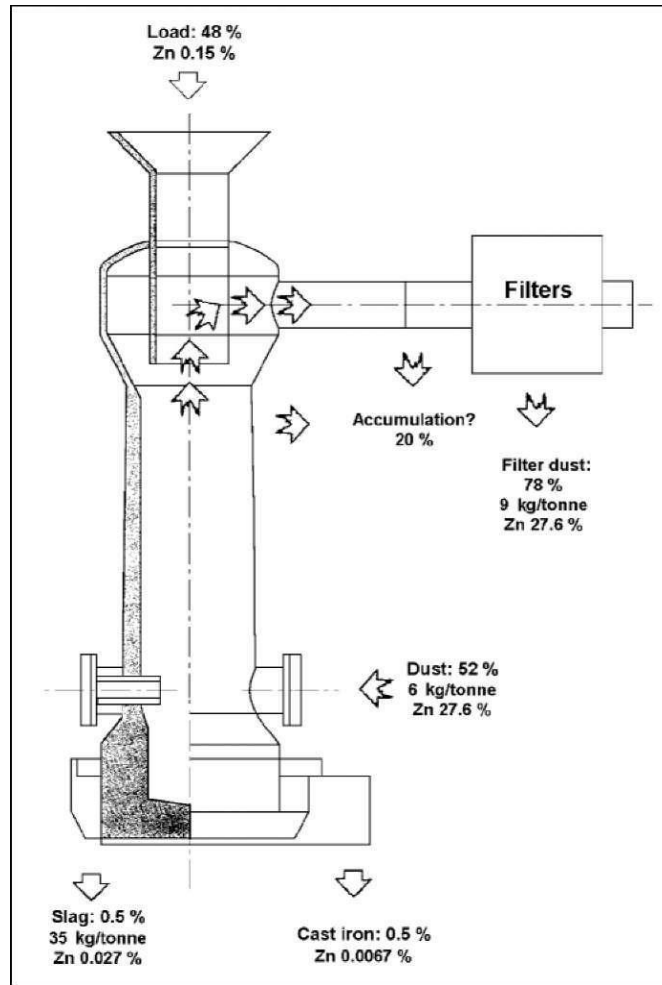
Her iki teknik de ürünü ergitmek için enerji, yani kok, tüketir. Fırının 40 % termal veriminde kok kullanımında 0.15 ila 0.25 kg kok / kg toz bir artış bildirilmiştir.

Ek olarak, soğuk tozun sıcak ergitme bölgesine enjeksiyonu, bir oksijen enjeksiyonu ile uygun olarak düzeltilmesi gerekerek, alev sıcaklığını azaltacaktır. Ayrıca üretilen toplam cüruf miktarı artacaktır.

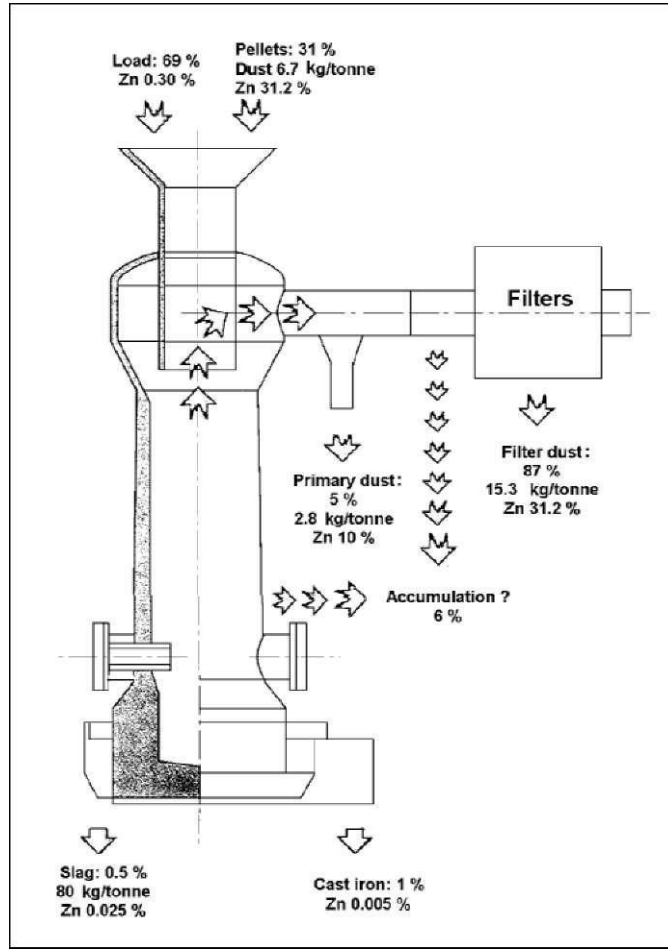
Yapışkan tozun sistemin çeşitli iç parçalarına yüklenmesi kısa dönemli verim kaybına ve muhtemel işletimsel sorunlara yol açacaktır. Bunların miktarları belirlenmemiştir.

İşletim Verileri

Fransız kupollarının girdi ve çıktı akışlarının bir analizi Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te gösterilen kütle dengliği ile sonuçlanmıştır. Her akışın Zn girdi / çıkışına katkısı çinko seviyesiyle beraber verilmiştir (kütle ve % olarak). Verilen yüzdelere belirtilen ölçüm dönemi üzerinden ortalama değerlerdir.



Şekil 4.33: 20 Günlük Enjeksiyon İşlemi Sonrasında Tüyer Enjeksiyonu İçin Çinko Dağılımı [156, Godinot, 2001]



Şekil 4.34: 11 Günlük Şarj İşlemi Sonrasında Şarj Aracılığıyla Devir Daim İçin Çinko Dağılımı [156, Godinot, 2001]

Girdi ve çıktı akışlarının analizi çinko denkleğinin tam bir kapanışını sağlamaz. Bu, çinkonun dikkate değer bir kısmının (tüyer enjeksiyonu için 20 %, topak şarjı için 10 %) sistemde kaldığını ve toplandığını belirtir. Yeniden devir daim ile toz yapışkan hale gelir ve yanma odasında, ısı eşanjöründe ve filtrelerde birikir. Bu yüzden yeniden devir daim daha fazla temizlik çabası gerektirecek ve bu temizlik safhasında tasfiye edilmesi gereken bir malzemeyle sonuçlanacaktır.

Bir Hollanda demir dökümhanesinde kupol tozunun yeniden devir daimi (yıllık demir üretimi: 30000 ton), cürufun çevresel ve yapı özelliklerinde herhangi belirgin bir etkisi olmadan, tozun net miktarını yıl bazında 156 t azaltmıştır.

Uygulanabilirlik

Geri kazanım 18 % Zn seviyesinin üzerinde teknik olarak mümkündür. Zn zengin bir şarjı olan kupollar yeniden devir daim olmadan tozda >20 % Zn seviyelerine sahiptir. Nötr maliyetli bir yeniden kazanım için en az 40 % Çinko içeriği gereklidir.

Bir fırının tüm toz üretimini yeniden enjekte etmek mümkün değildir. 8 kg / ton metalden fazlasının enjeksiyonu alevin sönmesiyle sonuçlanır.

Sürekli işlemi olan yeni ve mevcut kupol fırınları bu toz yeniden devir daim kurulumlarıyla donatılabilir.

Ekonomi

Geri kazanım 18 % Zn seviyesinin üzerinde teknik olarak mümkündür. İşletmeciler yeniden devir daimin karlılığını ve >40 % Zn seviyesi için Zn geri kazanımının meydana geldiğini bildirir.

Fransa'da iki dökümhanenin uygulama verilerinden ilave işletim maliyetleri hesaplanmıştır. Tüyer enjeksiyonu ilave 0.35 EURO / ton dökme demir işletim maliyeti göstermiştir; topak enjeksiyonu 0.90 EURO / ton dökme demir. Bu hesaplama cüruf tasfiyesi ya da bakım işleri için herhangi bir ekstra maliyeti hesaba katmaz.

Venturi enjeksiyonu durumunda aşağıdaki veriler geçerlidir. Bir Alman referans tesisinde 5 yıllık bir dönem üzerinde ortalama 7.5 kg çinko tozu / ton ergitilmiş demir işleme endüstrisine teslim edilebilmiştir. Böylece tasfiye maliyetleri 1.97 EURO / ton sıvı demir olarak azalmıştır. Ayrıca kokların 20 %'si petkoklar ile değiştirilebilmiştir. Bu, yakıt maliyetlerinde, 2.56 EURO / ton sıvı demir bir maliyet azalmasına karşılık gelen, 15 %'lik bir azalma sağlamıştır. Bu hesaplama cüruf tasfiyesi ya da bakım işleri için herhangi bir ekstra maliyeti hesaba katmaz.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Fırın tozları için yüksek tasfiye maliyetleri.

Örnek Tesisler

Venturi (NPT):

Pont-a-Mousson, Brebach (F)

Pozitif Basınç (VELCO):

John Deere, Mannheim (A)

Başvuru Kaynakları

[108, FEAF, 1999], [110, Vito, 2001], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [156, Godinot, 2001], [181, Ruffin ve Godinot, 1998], [198, Georg Fischer,], [202, TWG, 2002]

4.9.5 EAF

4.9.5.1 (EAF Ergitmesinden Çıkan) Filtre Tozu ve Çamurun Geri Dönüşümü

Açıklama

Kuru toplanmış fırın tozu, belli koşullar altında, fırında geri dönüştürülebilir. Toz, bu sadece fırının içine üflenene toz miktarını azaltacağı için, tercihen, örneğin topaklaştırarak ya da briketleyerek, ön işlem den geçirilmiş olacaktır. Fikir tozun metalik kısmını geri kazanmak ve inorganik kısmı cürufa eritmektir. Genelde toz her ergitme döngüsünün başında eklenir.

Kupol fırınları için bahsedildiği gibi ve EAF için, belirgin miktarlarda Zn içeren hurda kullanıldığı bazı durumlarda, geri dönüşüm fırın tozunun, eğer ekonomik olarak elverişli ise Zn geri kazanımı için çinko endüstrisinde kullanılabilecek bir seviyeye kadar (30 – 40 %'a kadar), Zn zenginleşmesine yol açabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Tekniğin asıl faydası dökümhane tarafından, tasfiye ya da geri kazanım için, gönderilen tozun net miktarında bir azalmadır. Üretilen toz daha yüksek bir metaller yükü içerir. Bu, EAF tozlarından Zn geri kazanımına imkan tanır. Teknik, Pb için daha büyük bir pay demir içinde sonlanırken, kupol tozunda bir Zn zenginleşmesi ile sonuçlanır. Eğer Zn tozdan etkin olarak geri kazanılırsa, teknik tasfiye edilecek son tozun miktarı yanında ağır metal yükünü de azaltır. Öte yandan, üretilen cüruf miktarı artar.

Çapraz – Ortam Etkileri

Toz geri dönüşümü muhtemelen fırın verimini azaltır ve elektrik enerjisi tüketimini artırır (yaklaşık 20 – 30 kWh / ton). Teknik artan bir cüruf üretimi ile sonuçlanır.

İşletim Verileri

EAF çelik yapımından İşletim Verileri, asıl 20 – 22 kg / t ürünün 75 % EAF tozunu geri dönüştüren ve böylece sadece, ortalama 35 % çinko içeriği olan tozun yaklaşık 50 %'si ile ilgilenmesi gereken bir tesis gösterir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik genel olarak yüksek metalik yükü olan tozlar için uygulanır. Asıl uygulanabilirlik ise farklı tesisler için benzemeyebilecek birçok faktöre bağlıdır.

Ekonomi

Bu teknik herhangi bir ilave yatırım içermez.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Fırın tozları için yüksek tasfiye maliyetleri.

Örnek Tesisler

Bu teknik çeşitli Avrupa dökümhanelerinde uygulanmaktadır.

Başvuru Kaynakları

[32, CAEF, 1997], [211, European IPPC Bureau, 2000]

4.9.5.2 Al Cürufların ve Kalıntıların Geri Dönüşümü**Açıklama**

Geri dönüşüm olanakları ürüne ve ortaya çıkan atıklara bağlıdır. Diğer hurdalar (çok fazla diğer metaller içeren) genellikle ikincil alüminyum üretimine satılacakken talaşlar çoğunlukla dahili yeniden ergitme için geri kazanılır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Kalıntıların üretiminin minimizasyonu.

Çapraz – Ortam Etkileri

Çapraz – ortam etkisi yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut tesislere uygulanır.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Katı kalıntılar için yüksek tasfiye ücretleri.

Örnek Tesisler

Bu teknik alüminyum dökümhanelerinde yaygın olarak uygulanır.

Başvuru Kaynakları

[225, TWG, 2003]

4.10 Gürültü Azaltma**Açıklama**

Dökümhane prosesi çeşitli noktasal gürültü kaynakları içerir. Bunlar:

- hurda kullanımı
- fırın şarjı
- brülörler
- YBPD makineleri
- kalıp bozma
- kum püskürtme
- maça (ve kalıp) çıkarma
- son işlemler
- tüm motorlar ve hidrolik sistemler
- taşıma (boşaltma, yükleme, vb.).

Gürültü seviyelerinin genel azaltılması bir gürültü azaltma planı geliştirmeyi içerir. Burada kaynakların her birinin kontrol edilmesi ve değerlendirilmesi gerekir. Daha düşük gürültü seviyeli alternatif teknikler uygulanabilir ve /veya noktasal kaynakların etrafı kapatılabilir. Alternatif tekniklerin örnekleri Bölüm 4.2.4.2 (DF’lerde oksit brülör) ve 4.2.2.2’de (EAF için köpüklü cüruf) verilmiştir. Kaynakların etrafının kapatılmasının bazı örnekleri fırınlar (Bölüm 4.5.3.1) ve silkeleme(4.5.9.3) için verilmiştir.

Genel tedbirler aşağıdakileri içerir:

- tüm dış kapılarda gürültü azaltıcı kanatlar kullanmak ve tüm kapıları, özellikle gece esnasında, kapatmak (ve mümkün olduğunca kapalı tutmak)
- dökümhane salonuna aktif olarak hava üfleme. Bu iç basınçta küçük bir artışa sebep olur ve gürültüyü içerde tutar
- fanların etrafını kapatmak, havalandırma borularını izole etmek ve titreşim söndürücüler kullanmak
- gece esnasında taşıma faaliyetlerinin sayısını minimize etmek.

Dökümhane binasının tamamen etrafının kapatılması da düşünülebilir. Bu ayrıca, binanın içindeki sıcaklığı sınırlandırmak için bir iklim kontrol sistemi kurmayı gerektirecektir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Gürültü kirliliğinin azaltılması.

Çapraz – Ortam Etkileri

Dökümhane binasının (parçalarının) etrafını kapatmak, işletimi enerji gerektiren bir iklim kontrol sistemi kurulumunu gerekli kılabilir.

İşletim Verileri

Bir Belçika alüminyum dökümhanesi şu anda bir gürültü azaltma planı geliştirmektedir. Amaç genel gürültü seviyesinin 50 dBA'dan 40 dBA'ya düşürülmesidir. Bu, 170 kaynağın incelenmesini içerir. 22.00 ve 6.00 saatleri arasında genel gürültü seviyesini düşürmek için spesifik tedbirler alınmıştır. Ayrıca, gürültüyü içerde tutmak için küçük bir basınç farkı yaratarak dökümhane salonuna hava üflenmektedir. Toplam iç hava hacmi her saatte 36 kere yenilenmektedir.

Başka bir Belçika dökümhanesi gürültü salımlarını azaltmak için dökümhane binasını tamamen kapatarak bir proje yürütmektedir. Bu, maksimum 8 °C iç dış sıcaklık farkı elde edebilmek amacıyla, bir iklim kontrol sistemi kurulmasını gerektirir. Sistem şu anda müteakip revizyonlardan geçmektedir, yani testler hala devam etmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik tüm yeni ve mevcut tesislere uygulanır. Alınması gereken tedbir seviyeleri dökümhane lokasyonuna bağlıdır.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Endüstriyel tesislerde gürültü seviyelerine dair yönetmelik.

Örnek Tesisler

- MGG, Hoboken (B): gürültü azaltma planı
- Hayes-Lemmertz, Hoboken (B): tam bina kapatma.

Başvuru Kaynakları

[225, TWG, 2003]

4.11 Devredışı Bırakma

Açıklama

Göz önünde bulundurmak için bazı teknikler:

- sonradan devredışı bırakmayı dizayn aşamasında hesaba katmak, böylece sonradan devredışı bırakma sırasında riskleri ve aşırı maliyetleri minimize etmek
- olası sorunların belirlendiği mevcut tesisler için bir iyileştirme programı devreye sokmak. Bu iyileştirme dizaynlarının şunları sağlaması gerekir:
 - mümkün olduğu yerde yer altı tankları ve boru tesisatlarından kaçınılması (ikincil muhafaza ya da uygun bir izleme programı tarafından korunmadığı sürece)
 - sökülmeden önce tekneler ve boru tesisatının boşaltılması ve temizlenmesine karşı tedbir olması
 - göletler ve doldurulmuş arazilerin nihai düzeltilmeleri ya da terk edilmeleri niyetiyle dizayn edilmesi

- toz ya da tehlikeler oluşmadan kolayca sökülebilecek yalıtım kullanılması
- kullanılan tüm malzemelerin geri dönüştürülebilir olması (bununla beraber hala işletimsel ya da diğer çevresel hedefleri karşılar olmalarını akılda tutarak)
- tesisin mevcut halinde herhangi bir kirlilik riskinden kaçınmak ve işletme sahasını tatmin edici bir hale geri döndürmek için servisten çıkarılabileceğini göstermek amacıyla bir saha kapatma planı geliştirmek ve sürdürmek. Malzeme değişiklikleri meydana geldikçe planın güncel tutulması gerekir. Bununla birlikte, erken bir safhada bile kapatma planı aşağıdakileri içerebilir:
 - uygun olduğu durumda boru tesisatlarının ve teknelerin ya sökülmesi ya da yerlerinden çıkarılması ve herhangi bir olası zararlı içeriğe karşı tamamen boşaltılmaları
 - tüm yer altı borularının ve teknelerinin
 - göletlerin temizlenmesi için gerekli yöntem ve kaynaklar
 - işletme sahasındaki herhangi bir doldurulmuş arazinin eşdeğer terk etme koşullarını karşılayabileceğini garanti eden yöntem
 - bu yükümlülükleri ileriki sahiplere bırakmanın makul olduğu kabul edilmediği sürece asbest ya da diğer olası zararlı malzemelerin kaldırılması
 - inşaat ve yıkım sahalarında yüzey ve yer altı sularının korunması için binaları ve diğer yapıları sökme yöntemleri
 - faaliyetler yüzünden meydana gelen herhangi bir kirliliğin derecesini ve işletme sahasını ilk saha raporunda belirlenen tatmin edici hale geri döndürmek için herhangi bir iyileştirme ihtiyacını tespit etmek için topağı test etmek

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Devredışı bırakma sırasında çevresel sorunlar önlenir.

Uygulanabilirlik

Burada bahsedilen teknikler tesisin işletimsel ömrü boyunca, işletme sahasının dizaynı ve inşaatı ve faaliyetler süresince ve saha kapatmadan hemen sonra uygulanabilir.

Başvuru Kaynakları

[236, UK Environment Agency, 2001]

4.12 Çevresel Yönetim Araçları

Açıklama

En iyi çevre performansı genellikle en iyi teknolojinin kurulumu ve en etkin ve verimli şekilde işletilmesiyle elde edilir. Bu, IPPC Direktifi ‘teknikler’in *“hem kullanılan teknoloji hem de tesisin dizaynı, inşası, bakımı, işletimi ve servisten çıkarılması esnasında izlenen yol”* olarak tanımlanmasıyla kabul edilmektedir.

IPPC tesisleri için bir Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) işletmecilerin bu dizayn, inşaat, bakım, işletme ve devre dışı bırakma konularını sistematik, açık bir şekilde ele almak için kullanabilecekleri bir araçtır. Bir ÇYS, çevre politikasını geliştirmek, uygulamak, sürdürmek, gözden geçirmek ve izlemek için örgütsel yapı, sorumluluklar, uygulamalar, prosedürler, prosesler ve kaynakları içerir. Çevre Yönetim Sistemleri bir tesisin genel yönetim ve işletiminin doğal bir parçası olduğunda en etkin ve verimli olur.

Avrupa Birliği içinde birçok organizasyon kendi istekleriyle EN ISO 14001:1996 ya da AB Eko- yönetim ve denetim planı EMAS’a dayalı çevre yönetim sistemleri uygulamaya karar vermiştir. EMAS, EN ISO 14001’in yönetim sistemi gereksinimlerini içerir fakat yasaya uygunluk, çevre performansı ve çalışan katılımını ek olarak vurgular; ayrıca yönetim sisteminin harici doğrulanmasını ve bir halk çevre açıklamasının onaylanmasını gerektirir (EN ISO 14001’de kendi açıklama harici doğrulanmaya bir alternatiftir). Ayrıca standartlaştırılmamış ÇYS’ler devreye sokmaya karar vermiş birçok organizasyon vardır.

Hem standartlaştırılmış sistemler (EN ISO 14001:1996 ve EMAS) hem de standartlaştırılmamış (“isteğe uyarlanmış”) sistemler prensip olarak organizasyonu varlık olarak ele alırken, IPPC Direktifi altında düzenlenen varlık tesis olduğundan dolayı (Madde 2’de açıklandığı şekilde), bu belge organizasyonun tüm faaliyetlerini, örneğin ürünleri ve hizmetleri konusunda, dahil etmeden daha dar bir yaklaşım ele alır.

Bir IPPC tesisi için bir çevre yönetim sistemi (ÇYS) aşağıdaki bileşenleri içerebilir:

- (a) bir çevre politikasının Açıklama ı
- (b) amaçlar ve hedefler planlamak ve koymak
- (c) prosedürlerin uygulanması ve işletimi
- (d) kontrol etmek ve düzeltici eylem
- (e) yönetim değerlendirmesi
- (f) düzenli bir çevre açıklamasının hazırlanması
- (g) belgelendirme kuruluşu ya da harici ÇYS doğrulayıcı tarafından onaylanma
- (h) ömrü tamamlanmış tesisi devredışı bırakma için dizayn değerlendirmeleri
- (i) daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi (j) kıyaslama.

Bu özellikler aşağıda biraz daha detaylı olarak açıklanmıştır. Hepsi EMAS'a dahil olan (a) ila (g) arası bileşenler hakkında detaylı bilgi için okuyucu aşağıda belirtilen Başvuru Kaynaklarına yönlendirilmiştir.

(a) Bir çevre politikasının Açıklanması

Üst yönetim bir tesis için bir çevre politikası açıklanması ve aşağıdakileri içermesini sağlamakla sorumludur:

- faaliyetlerin niteliği, ölçeği ve çevresel etkilerine uygun olması
- kirlilik önleme ve kontrolüne bir taahhüt içermesi
- tüm ilgili geçerli çevresel mevzuat ve yönetmeliklere uymaya ve organizasyonun kabul ettiği diğer gerekliliklere bir taahhüt içermesi
- çevresel amaçlar ve hedefleri belirlemek ve gözden geçirmek için bir çerçeve sağlaması
- belgelendirilmiş ve tüm çalışanlara iletilmiş olması
- halka ve tüm ilgili taraflara açık olması.

(b) Planlama, yani:

- çevreye belirgin etkileri olan ya da olabilecek faaliyetleri belirlemek amacıyla tesisin çevresel yönlerini açıklamak ve bu bilgiyi güncel tutmak için prosedürler
- organizasyonun kabul ettiği ve faaliyetlerinin çevresel yönlerine uygulanabilir olan yasal ve diğer gereklilikleri açıklamak ve bunlara erişebilir olmak için prosedürler
- yasal ve diğer gereklilikleri ve ilgili tarafların görüşlerini dikkate alarak, belgelendirilmiş çevresel amaçlar ve hedefler koymak ve gözden geçirmek
- her ilgili fonksiyon ve seviyede amaçlara ve hedeflere ulaşmak için sorumluluğun belirlenmesi yanı sıra ulaşılabilecekleri yolları ve zaman dilimini içeren bir çevre yönetim programı kurmak ve düzenli olarak güncellemek.

(c) Prosedürlerin uygulanması ve işletimi

Prosedürlerin bilinmesini, anlaşılmasını ve uyulmasını sağlamak için yürürlükte olan sistemlere sahip olmak önemlidir, bu yüzden etkin çevre yönetimi aşağıdakileri içerir:

(i) Yapı ve sorumluluk

- özel bir yönetim temsilcisi atamak dahil, rolleri, sorumlulukları ve yetkileri açıklamak, belgelendirmek ve iletmek
- insan kaynakları ve uzmanlık becerileri, teknoloji ve mali kaynaklar dahil, çevre yönetim sisteminin uygulanması ve kontrolü için önemli olan kaynakları sağlamak.

(ii) Eğitim, bilinçlenme ve yeterlilik

- işi faaliyetin çevresel etkilerini belirgin olarak etkileyebilecek tüm personelin uygun eğitimi almasını sağlamak için eğitim ihtiyaçlarını belirlemek.

(iii) İletişim

- tesisin çeşitli seviyeleri ve fonksiyonları arasında dahili iletişim için prosedürler yanı sıra harici ilgili taraflarla diyalogu sağlayan prosedürler ve harici ilgili taraflardan ilgili iletişim almak, belgelemek ve makul olduğu hallerde yanıtlamak için prosedürler koymak ve sürdürmek.

(iv) Çalışan katılımı

- öneri defteri sistemi ya da proje bazlı grup çalışmaları ya da çevresel komiteler gibi uygun katılım şekilleri uygulayarak yüksek bir çevre performansı seviyesi elde etme amaçlı prosese çalışanları dahil etmek.

(v) Belgelendirme

- yönetim sisteminin ana unsurlarını ve etkileşimlerini açıklamak ve ilgili belgelere yönlendirme sağlamak için güncel bilgileri kağıt üzerinde ya da elektronik olarak kurmak ve sürdürmek.

(vi) Verimli proses kontrolü

- tüm işletim biçimleri altında proseslerin yeterli kontrolü, yani hazırlanma, başlama, rutin işlem, kapatma ve anormal koşullar

- bu parametreleri (ör. akış, basınç, sıcaklık, bileşim ve miktar) ölçmek ve kontrol etmek için anahtar performans göstergeleri ve yöntemleri belirlemek

- temel sebepleri belirlemek için anormal işletim koşullarını belgelemek ve analiz etmek ve sonra olayların yeniden oluşmamasını sağlamak için bunlarla ilgilenmek (bu, sebeplerin belirlenmesinin suçun bireylere dağıtılmasından daha önemli olduğu durumlarda bir 'suçlamama' kültürü ile sağlanabilir).

(vii) Bakım programı

- herhangi bir ekipman arızası ve sonuçları yanı sıra ekipmanların, normların, vb. teknik açıklamalarına dayalı yapılandırılmış bir bakım programı kurmak

- bakım programını uygun kayıt tutma sistemleri ve hata bulma testleri aracılığıyla desteklemek

- bakımın planlanması ve yürütülmesi için sorumlulukları açıkça tahsis etmek.

(viii) Acil durum hazırlığı ve müdahalesi

- olası kazaları ve acil durumları ve bunlara müdahaleyi açıklamak ve bunlara bağlı olabilecek çevresel etkileri önlemek ve azaltmak için prosedürler koymak ve sürdürmek.

(d) Kontrol etmek ve düzeltici eylem, yani:

(i) İzleme ve ölçüm

- performansı, ilgili işletimsel kontrolleri ve tesisin çevresel amaç ve hedeflerine uyumu takip etmek için bilgi kaydetmek dahil, çevreye belirgin bir etkisi olabilecek işlemlerin ve faaliyetlerin kilit özelliklerini düzenli olarak izlemek ve ölçmek için belgelendirilmiş prosedürler koymak ve sürdürmek *(ayrıca Salımları İzlemek hakkındaki Referans belgeye bakınız)*

- ilgili çevresel mevzuat ve yönetmeliklere uyumu düzenli olarak değerlendirmek için belgelendirilmiş bir prosedür koymak ve sürdürmek.

(ii) Düzeltici ve önleyici eylem

- amaçlar ve hedefler yanı sıra izin koşulları, diğer yasal gerekliliklerle uyumsuzluğu ele almak ve incelemek için sorumluluğu ve yetkiyi açıklayan prosedürler koymak ve sürdürmek; sebep olunan herhangi bir etkiyi azaltmak ve sorunun büyüklüğüne uygun ve karşılaşılan çevresel etki ile orantılı düzeltici ve önleyici eylemlere başlamak ve tamamlamak için harekete geçmek.

(iii) Kayıtlar

- eğitim kayıtları ve denetim ve incelemelerin sonuçları dahil, okunaklı, açıklanabilir ve takip edilebilir çevresel kayıtların tanımlanması, sürdürülmesi ve yaratılması için prosedürler koymak ve sürdürmek.

(iv) Denetim

- çevre yönetim sisteminin planlanan ayarlamalara uyup uymadığını ve düzgün uygulanıp uygulanmadığını ve sürdürülüp sürdürülmediğini belirlemek amacıyla, çalışanlar (iç denetim) ya da dış taraflar (dış denetim) tarafından tarafsızca ve objektif olarak yürütülecek, denetim yapmak ve sonuçları bildirmek için sorumluluklar ve gereklilikler yanı sıra denetim kapsamı, sıklık ve yöntemleri kapsayan, personel ile görüşmeler, işletim koşullarının ve ekipmanların incelenmesi ve kayıtların ve belgelerin

gözden geçirilmesini içeren ve yazılı bir rapor ile sonuçlanan periyodik çevre yönetim sistemi denetimleri için (bir) program(lar) ve prosedürler koymak ve sürdürmek

- uygun olduğu şekilde denetim ya da denetim çevrimini, faaliyetlerin niteliği, ölçeği ve karmaşıklığına, ilişkin çevresel etkilerin önemine, daha önceki denetimlerde fark edilmiş sorunların önemi ve aciliyetine ve çevresel sorunların tarihçesine bağlı olarak, üç yıldan uzun olmayan aralıklarla tamamlamak – daha önemli çevresel etkileri olan daha karmaşık faaliyetler daha sık denetlenir
- denetim sonuçlarının takip edilmesini sağlamak için yürürlükte olan uygun mekanizmalara sahip olmak.

(v) Yasaya uygunluğun periyodik değerlendirmesi

- ilgili çevresel mevzuata ve tesisin sahip olduğu çevresel izin(ler)in koşullarına uygunluğu gözden geçirmek
- değerlendirmenin belgelendirilmesi.

(e) Yönetim değerlendirmesi, yani:

- çevre yönetim sisteminin devam eden uygunluğu, yeterliliği ve etkinliğini sağlamak için üst yönetim tarafından kendi belirlediği aralıklarla gözden geçirilmesi
- yönetimin bu değerlendirmeyi yapabilmesini sağlamak için gerekli bilgilerin toplanmasını sağlamak
- değerlendirmenin belgelendirilmesi.

(f) Düzenli bir çevre açıklamasının hazırlanması

- tesis tarafından çevresel amaç ve hedeflerine karşı elde edilen sonuçlara özellikle dikkat çeken bir çevre açıklaması hazırlamak. Düzenli olarak üretilir – salımlar, atık üretimi, vb.nin önemine bağlı olarak yılda bir ila daha az sıklıkta. İlişkili ilgili tarafların bilgi ihtiyaçlarını dikkate alır ve halka açıktır (ör. elektronik yayınlar, kütüphaneler, vb.).

Bir açıklama hazırlarken işletmeci, seçilen göstergelerin aşağıdakileri karşıladığından emin olarak, ilişkin mevcut çevre performansı göstergelerini kullanabilir:

- i. tesisin performansının doğru bir değerlendirmesini vermeleri
- ii. anlaşılabilir ve açık olmaları
- iii. tesisin çevre performansının gelişimini değerlendirmek için yıllık karşılaştırma sağlar
- iv. sektörel, ulusal ve bölgesel kıstaslarla uygun şekilde karşılaştırma sağlar
- v. yönetmelik gereklilikleriyle uygun şekilde karşılaştırma sağlar.

(g) Belgelendirme kuruluşu ya da harici ÇYS doğrulayıcı tarafından onaylanma

- yönetim sistemini, denetim prosedürünü ve çevre açıklamasını onaylı bir belgelendirme kuruluşu ya da bir harici ÇYS doğrulayıcıya inceletmek ve onaylatmak, eğer düzgün yapılırsa, sistemin güvenilirliğini artırır.

(h) Ömrü tamamlanmış tesisi devre dışı bırakma için dizayn değerlendirmeleri

- ünitenin nihai servisten çıkarılmasından oluşacak çevresel etkiyi yeni bir tesisin dizayn aşamasında göz önünde tutmak, önceden düşünüldüğü için devre dışı bırakmayı daha kolay, daha temiz ve daha ucuz kılar

- devre dışı bırakma toprağın (ve yer altı sularının) kirlenmesine dair çevresel riskler ortaya çıkarır ve büyük miktarlarda katı atık meydana getirir. Önleyici teknikler prosese özeldir ancak genel değerlendirmeler şunları içerebilir:

- i. yer altı yapılarından kaçınmak
- ii. sökümü kolaylaştıran özellikler kullanmak
- iii. kolayca arındırılabilen yüzey bitirmeleri seçmek
- iv. tutulan kimyasalları minimize eden ve boşaltma ya da yıkamayı kolaylaştıran bir ekipman konfigürasyonu kullanmak
- v. aşamalı kapatmaya olanak sağlayan esnek, müstakil üniteler dizayn etmek

vi. mümkün olduğu yerlerde biyobozunur ve geri dönüştürülebilir malzemeler kullanmak.
(i) Daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi

- mümkün olan en erken dizayn safhasında uygulanan teknikler hem daha etkin hem de daha ucuz olduğu için çevre koruma işletmecisi tarafından yürütülen herhangi bir proses dizayn faaliyetinin doğal bir özelliği olmalıdır. Örneğin daha temiz teknolojilerin geliştirilmesini dikkate almak Ar&Ge faaliyetleri ya da çalışmaları boyunca meydana gelebilir. Dahili faaliyetlere bir alternatif olarak son gelişmelerden haberdar olmak için ilişkin alanda faaliyet gösteren diğer işletmeciler ya da araştırma kurumları ile – ve uygun olduğu durumda – ortak iş yapmak için ayarlamalar yapılabilir.

(j) Kıyaslama, yani:

- enerji verimi ve enerji tasarrufu faaliyetleri, girdi malzemeleri seçimi, havaya salım ve suya boşaltım (örneğin Avrupa Kirleticisi Salımı Kaydı'nı, EPER, kullanarak), su tüketimi ve atık üretimini içeren, sektörel, ulusal ve bölgesel kıstaslarla sistematik ve düzenli karşılaştırmalar yürütmek.

Standartlaştırılmış ve Standartlaştırılmamış ÇYS'ler

Bir ÇYS, standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış ("isteğe uyarlanmış") bir sistem halini alabilir. EN ISO 14001:1996 gibi uluslararası kabul görmüş standartlaştırılmış bir sistem uygulamak ve ona bağlı kalmak, özellikle düzgün olarak yapılmış bir harici onaya tabi olduğunda, ÇYS'ye daha yüksek bir güvenilirlik sağlayabilir. EMAS, çevre açıklaması aracılığıyla halkla etkileşimi ve geçerli çevresel mevzuat ile uyumu sağlayan mekanizmasından dolayı fazladan güvenilirlik sağlar. Bununla birlikte, standartlaştırılmamış sistemler, düzgün olarak dizayn edildikleri ve uygulandıkları takdirde, prensipte eşit ölçüde etkin olabilirler.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Bir ÇYS uygulanması ve ona bağlı kalmak işletmecinin dikkatini tesisin çevre performansına odaklar. Özellikle, hem normal hem de anormal durumlarda ve bağlantılı sorumluluk hatlarında açık işletim prosedürleri sürdürmek ve bunlara uymak, tesisin izin koşullarının ve diğer çevresel amaç ve hedeflerin her zaman karşılanmasını sağlamalıdır.

Çevre yönetim sistemleri tipik olarak tesisin çevre performansının sürekli iyileşmesini sağlar. Başlangıç noktası ne kadar zayıfsa, o kadar belirgin kısa dönem iyileşmeleri beklenebilir. Eğer tesisin zaten iyi bir genel çevre performansı varsa, sistem işletmecinin yüksek performans seviyesini sürdürmesine yardımcı eder.

Çapraz – Ortam Etkileri

Çevre yönetim teknikleri, IPPC Direktifinin entegre yaklaşımıyla tutarlı olarak, genel çevresel etkiyi ele almak için dizayn edilmiştir.

İşletim Verileri

Özel bir bilgi bildirilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Yukarıda açıklanan bileşenler tipik olarak tüm IPPC tesislerine uygulanabilir. ÇYS'nin kapsamı (ör. detay seviyesi) ve niteliği (ör. standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış) genellikle tesisin niteliği, ölçeği ve karmaşıklığıyla ve sahip olabileceği çevresel etkilerin çeşitliliğiyle ilişkili olacaktır.

Ekonomi

İyi bir ÇYS kullanmanın ve sürdürmenin maliyetlerini ve ekonomik faydalarını kesin olarak belirlemek zordur. Aşağıda birkaç çalışma sunulmuştur. Ancak, bunlar sadece örnekler ve sonuçları tamamen tutarlı değildir. AB boyunca tüm sektörler için temsil edici olmayabilirler ve bu yüzden dikkat gösterilmelidir. 1999'da yürütülen bir İsveç çalışması İsveç'teki 360 ISO belgeli ve EMAS tescilli şirketin hepsini araştırmıştır. 50 % katılım oranıyla, diğer şeyler yanında şu sonuçlara ulaşmıştır:

- ÇYS kullanma ve işletmenin masrafları, çok küçük şirketler durumu dışında, yüksek ama aşırı değildir. Masrafların gelecekte azalması beklenmektedir

- ÇYS'nin diğer yönetim sistemleriyle daha yüksek bir koordinasyon ve entegrasyon derecesi maliyetleri azaltmak için muhtemel bir yol olarak görülmüştür
- tüm çevresel amaçlar ve hedeflerin yarısı maliyet tasarrufları ve / veya artan gelir aracılığıyla bir yıl içinde kendilerini geri ödemektedir
- en büyük maliyet tasarrufları enerji, atık işleme ve ham madde harcamalarında azalma aracılığıyla yapılmıştır
- şirketlerin çoğu ÇYS aracılığıyla piyasadaki pozisyonlarının güçlendiğini düşünmektedir. Şirketlerin üçte biri ÇYS'den dolayı artan gelir bildirmiştir.

Bazı Üye Devletlerde eğer tesisin bir onay belgesi varsa azaltılmış denetim ücretleri kesilmektedir.

Birkaç çalışma² şirket boyutuyla bir ÇYS uygulamanın maliyeti arasında bir ters ilişki olduğunu gösterir. Benzer bir ters ilişki yatırılan sermayenin geri ödeme dönemi için de mevcuttur. Her iki unsur daha büyük şirketlerle karşılaştırıldığında KOBİ'lerde bir ÇYS uygulamak için daha az elverişli bir maliyet – fayda ilişkisi ima eder.

Bir İsviçre çalışmasına göre, ISO 14001 inşa etmek ve işletmek için ortalama maliyet değişebilir:

- 1 ile 49 arasında çalışanı olan bir şirket için: ÇYS'yi inşa etmek için 64000 CHF (44000 EURO) ve işletmek için yıllık 16000 CHF (11000 EURO)
- 250'den fazla çalışanı olan bir endüstriyel tesis için: ÇYS'yi inşa etmek için 367000 CHF (252000 EURO) ve işletmek için yıllık 155000 CHF (106000 EURO).

Bu ortalama rakamlar belli bir endüstriyel tesis için tam olarak gerçek maliyeti temsil etmez çünkü bu maliyet ayrıca önemli kalemlerin (kirleticiler, enerji tüketimi, ...) sayısına ve incelenecek sorunların karmaşıklığına oldukça bağlıdır.

Yakın zamanlı bir Alman çalışması (Schaltegger, Stefan ve Wagner, Marcus, *Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis*, ŞuMET 2002, s. 106) farklı şubeler için aşağıdaki EMAS maliyetlerini gösterir. Bu rakamların yukarıda alıntı yapılan İsviçre çalışmasıninkilerden çok daha az olduğu dikkate alınmalıdır. Bu, bir ÇYS'nin maliyetlerini belirlemenin zorluğunun bir teydidir.

İnşa etme maliyetleri (EUR):

- Minimum: 18750
- Maksimum: 75000
- Ortalama: 50000

Onaylanma maliyetleri (EUR):

- Minimum: 5000
- Maksimum: 12500
- Ortalama: 6000

Alman Girişimciler Enstitüsü tarafından bir çalışma (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, *Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis*, Bonn.) EMAS için elde edilen yıllık ortalama tasarruflar ve ortalama geri ödeme süresi hakkında bilgi verir. Örneğin, 80000 EURO'luk uygulama maliyeti için, yaklaşık bir buçuk yıllık bir geri ödeme süresine denk gelen, yıllık ortalama 50000 EURO tasarruf bulmuşlardır.

² Ör. Dyllick ve Hamschmidt (2000, 73) aktaran Klemisch H. ve R. Holger, *Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren Unternehmen — Befunde bisheriger Umsetzung*, KNI Papers 01/02, Ocak 2002, s 15; Clausen J., M. Keil ve M. Jungwirth, *The State of EMAS in the EU.Eco-Management as a Tool for Sustainable Development — Literature Study*, Institute for Ecological Economy Research (Berlin) and Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy (Berlin), 2002, s 15.

Sistemin doğrulanmasına ilişkin harici maliyetler Uluslararası Akreditasyon Forumu tarafından yayınlanan kılavuzdan tahmin edilebilir (<http://www.iaf.nu>).

Kullanılması için İtici Kuvvet

Çevre yönetim sistemleri birçok avantaj sağlayabilir, örneğin:

- şirketin çevresel yönlerini daha iyi kavrama
- karar alma için gelişmiş temel
- gelişmiş personel motivasyonu
- işletimsel maliyet azaltma ve ürün kalitesi geliştirme için ilave fırsatlar
- gelişmiş çevre performansı
- gelişmiş şirket imajı
- azalan yükümlülük, sigorta ve uyumsuzluk maliyetleri
- çalışanlar, müşteriler ve yatırımcılar için artan çekicilik
- azalan düzenleyici gözetimine yol açabilecek artan düzenleyici güveni
- çevre grupları ile gelişmiş ilişkiler.

Örnek Tesisler

Yukarıda açıklanan (a) ila (e) altındaki özellikler EN ISO 14001:1996 ve Avrupa Topluluğu Eko- Yönetim ve Denetim Planı'nın (EMAS) unsurları iken, (f) ve (g) özellikleri EMAS'a özeldir. Bu iki standartlaştırılmış sistem birçok IPPC tesisine uygulanmıştır. Örnek olarak, AB kimya ve kimyasal ürünler endüstrisi (NACE kodu 24) içinde çoğu IPPC tesisleri işleten 357 organizasyon Temmuz 2002'de EMAS tescilli idi.

İngiltere, İngiltere ve Galler Çevre Ajansı 2001'de IPC (IPPC'nin öncüsü) ile düzenlenmiş tesisler arasında bir araştırma yürüttü. Katılımcıların 32 %'sinin ISO 14001 belgeli olduğunu (tüm IPC tesislerinin 21 %'ine denk gelen) ve 7 %'sinin EMAS tescilli olduğunu göstermiştir. İngiltere'deki tüm çimento tesisleri (20 civarında) ISO 14001 belgelidir ve çoğunluğu EMAS tescillidir. IPC lisanslarında bir ÇYS kurulumunun (standartlaştırılmış bir nitelikte olmasına gerek yok) gerektiği İrlanda'da yaklaşık 500 lisanslı tesisten tahmini 100 tanesi ISO 14001'e göre bir ÇYS kurmuşken diğer 400 tesis standartlaştırılmamış bir ÇYS tercih etmiştir.

Başvuru Kaynakları

[78, ETSU, 1996]

(Organizasyonların bir Topluluk eko- yönetim ve denetim planına (EMAS) kendi istekleriyle katılmalarına olanak sağlayan Avrupa parlamentosu ve konseyi Yönetmeliği (EC) No 761/2001, OJ L 114, 24/4/2001, http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm)

(EN ISO 14001:1996, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>; <http://www.tc207.org>)

5 DÖKÜMHANELER İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER

Bu bölümün ve içeriklerinin anlaşılması amacıyla okuyucunun dikkati bu dokümanın önsöz kısmına, özellikle de önsözün "bu doküman nasıl anlaşılmalı ve kullanılmalıdır" başlıklı beşinci bölümüne çekilmektedir. Bu bölüm içerisinde sunulan teknikler ve ilişkili emisyon ve / veya tüketim seviyeleri ya da seviyelerin aralıkları aşağıda belirtilen adımları kapsayan yinelemeli bir süreç aracılığı ile değerlendirilmiştir:

- Dökümhaneler sektörü için anahtar çevresel sorunların tanımlanması
- Bu anahtar sorunlara hitap edilmesi açısından en ilgili olan tekniklerin incelenmesi
- Avrupa Birliğinde ve dünya çapında mevcut olan verilere dayalı olarak en iyi çevresel performans seviyelerinin açıklanması
- Söz konusu performans seviyelerine ulaşılmasını sağlayan, maliyetler, Çapraz - ortam Etkileri, ve tekniklerin hayata geçirilmesi sürecine dahil olan başlıca itici kuvvetler benzeri koşulların incelenmesi
- Tamamı Direktifin 2(11). Maddesine ve Ek IV bölümüne göre olmak üzere genel bir anlamda bu sektör için mevcut en iyi tekniklerin (MET) ve ilişkili emisyon ve / veya tüketim seviyelerinin seçilmesi.

Avrupa IPPC Ofisi ve ilgili Teknik Çalışma Grubu (TWG) tarafından belirtilen uzman görüşü yukarıda yer alan aşamaların her birisinde ve bilgilerin bu doküman içerisinde sunulma şeklinde anahtar bir rol oynamıştır.

Bu değerlendirmeye dayalı olarak, bir bütün olarak sektör açısından uygun olarak dikkate alınan mevcut en iyi tekniklerin kullanımı ile ilişkili teknikler ve mümkün mertebede emisyon ve tüketim seviyeleri bu bölüm içerisinde sunulmaktadır ve pek çok vakada sektör bünyesinde yer alan bazı kurulumların güncel performansını yansıtmaktadır. "Mevcut en iyi teknikler ile ilişkili" emisyonların ya da tüketim seviyelerinin sunulduğu yerlerde, bu sunumun bahsi geçen seviyelerin mevcut en iyi teknik açıklamasının doğasında var olan maliyetler ve avantajlar dengesini akılda tutarak açıklanan tekniklerin bu sektör içerisinde uygulanmasının bir sonucu olarak beklenebilecek çevresel performansı temsil ettiği anlaşılmalıdır. Ancak, bu seviyeler ne emisyon ne de tüketim limit değerleridir ve bu şekilde anlaşılmaması gerekmektedir. Bazı durumlarda daha iyi emisyon ya da tüketim seviyeleri elde etmek teknik açıdan mümkün olabilmektedir, ancak dahil olan maliyetler ya da dikkate alınması gereken çapraz - ortam hususları nedeni ile bir bütün olarak sektör için mevcut en iyi teknik şeklinde kullanım açısından uygun olarak dikkate alınmamaktadırlar. Fakat, söz konusu seviyelerin özel itici kuvvetlerin bulunduğu daha belirli durumlarda gerekçeli olarak uygulanması dikkate alınabilir.

Mevcut en iyi tekniklerin kullanımı ile ilişkili emisyon ve tüketim seviyelerinin açıkça belirtilen herhangi bir referans koşulu (örnek olarak ortalama süreleri) ile birlikte dikkate alınmalıdır.

Yukarıda açıklanan "mevcut en iyi teknikler ile ilişkili seviyeler" kavramının bu doküman içerisinde diğer bölümlerde kullanılan "elde edilebilir seviye" ifadesinden ayırt edilmelidir. Bir seviyenin belirli bir tekniğin ya da tekniklerin birleşiminin kullanılması suretiyle "elde edilebilir" olarak açıklandığı durumda, söz konusu seviyenin söz konusu teknikler kullanılarak iyi korunmuş ve işletilen bir kurulum ya da proses içerisinde önemli bir süre zarfında elde edilmesinin beklenebileceğini ifade edeceği anlaşılmalıdır.

Mümkün olan durumlarda, maliyetlere ilişkin veriler bir önceki bölüm içerisinde sunulan tekniklerin açıklaması ile birlikte verilmiştir. Bu veriler dahil olan maliyetlerin büyüklüğü hakkında kabaca bir gösterge sağlamaktadır. Ancak, bir tekniğin uygulanmasına ilişkin gerçek maliyet büyük ölçüde örneğin

vergiler, ücretler ve ilgili kurulum teknik nitelikleri benzeri spesifik duruma dayalı olacaktır. Bu doküman içerisinde sahaya özel etmenlerin tam anlamı ile değerlendirilmesi mümkün değildir. Maliyetlere ilişkin verilerin bulunmadığı yerlerde tekniklerin ekonomik olarak uygulanabilirliğine ilişkin sonuçlara mevcut kurulumlar üzerindeki gözlemlerden varılır.

Bu bölümde yer alan genel mevcut en iyi tekniklerin mevcut bir kurulumun güncel performansının hükme bağlanması ya da yeni bir kurulum için yapılan bir teklifin hükme bağlanması amacıyla bir referans nokta teşkil etmesi amaçlanmaktadır. Bu şekilde, bu teknikler kurulum için uygun “mevcut en iyi teknik esaslı” koşulların tespit edilmesine ya da Madde 9(8) kapsamı altında genel bağlayıcı kuralların tesis edilmesinde yardımcı olacaktır. Yeni kurulumların bu doküman içerisinde sunulan genel mevcut en iyi teknik seviyelerinde ve hatta bu seviyelerden daha iyi seviyelerde bir performans sergileyecek şekilde tasarlanabileceği öngörülmüştür. Mevcut kurulumların, her durumda tekniklerin teknik ve ekonomik olarak uygulanabilirliklerine tabi olarak genel mevcut en iyi teknik seviyelerine doğru kayabileceği ya da hatta daha iyi sonuçlar verebileceği de ayrıca dikkate alınmıştır.

Mevcut en iyi teknik referans dokümanları kanuni olarak bağlayıcı olan standartlar tesis etmiyor olsa da, bu referans dokümanlar açıkça belirtilen tekniklerin kullanılması durumunda elde edilebilir emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında endüstriye, Üye Ülkelere ve kamuoyuna yol gösterme amacıyla bilgi vermeyi amaçlamıştır. Herhangi bir spesifik durum için geçerli uygun sınır değerlerinin IPPC Direktifinin amaçlarını ve dikkate alınması gereken yerel hususları hesaba katarak tespit edilmesi gerekli olacaktır.

Dökümhane endüstrisi farklılaşmış ve çok çeşitli bir endüstridir. Spesifik bir dökümhaneye uygulanabilir nitelikteki mevcut en iyi tekniğin bileşenlerinin faaliyet türüne göre seçilmesi gerekmektedir. Bir dökümhane temel olarak bir eritme atölyesinden ve bir döküm atölyesinden meydana gelmektedir ve her iki atölye de kendi ikmal zincirlerine sahiptir. Kayıp mum döküm işlemi için bu ikmal zinciri kalıplama ve maça hazırlama ile ilgili bütün faaliyetleri kapsamaktadır. Bu bölümde aşağıda belirtilen esaslara dayalı olarak; demirli ya da demirsiz metalin eritilmesi ve kayıp mum ya da kokil (sereğen) kalıplar içerisinde dökümü anlamında ayırım yapılacaktır. Her bir dökümhane bir kalıplama sınıfına sahip bir eritme işleminin bir bileşimi olarak sınıflandırılabilir. Her bir sınıf için bir mevcut en iyi tekniğin yanı sıra bütün dökümhaneler için ortak olan jenerik bir mevcut en iyi teknik sunulmuştur.

5.1 Genel Mevcut En İyi Teknik (MET) (dökümhane endüstrisi için)

Bazı mevcut en iyi teknik (MET) bileşenleri jenerik bileşenlerdir ve uyguladıkları proseslere ve ürettikleri ürünlerin türlerine bakılmaksızın bütün dökümhaneler açısından uygulanırlar. Bu bileşenler malzeme akışları, kalıpların apreleri, gürültü, atık su, çevre yönetimi ve devreden çıkartma süreci ile ilgilidir.

Malzeme akışları yönetimi

Dökümhanede uygulanan proses muhtelif malzeme türlerinin kullanımını, tüketimini, birleştirilmesini ve karıştırılmasını kapsamaktadır. Mevcut en iyi teknik ham maddelerin tüketiminin asgari seviyeye indirgenmesini ve kalıntıların geri kazanım ve geri dönüşüm sürecinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu nedenden dolayı, mevcut en iyi teknik kurum içi akışların yönetiminin ve kontrolünün optimize edilmesidir.

Bundan dolayı, mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenleri ifade etmektedir:

- Depolama BREF dokümanında tartışılan şekilde katılar, sıvılar ve gazlar için depolama ve taşıma yöntemlerinin uygulanması,
- Bozulma ve tehlikeler engellenecek şekilde (Bölüm 4.1.3) gelen muhtelif malzemelerin ve malzeme sınıflarının ayrı depolanması sürecinin uygulanması (Bölüm 4.1.2),
- Depolama işleminin depolama alanında bulunan hurdanın eritme fırınına beslemek bakımından uygun bir miktarda olmasını ve toprak kirliliğinin Bölüm 4.1.2 içerisinde açıklanan şekilde engellenmesini sağlayacak bir şekilde gerçekleştirilmesi. Mevcut en iyi teknik, hurdaların depolanması için bir drenaj toplama ve arıtma sistemine sahip olan geçirimsiz bir yüzeye sahip olmalıdır. Bir çatı bu gibi bir sisteme yönelik ihtiyacı azaltabilir ya da ortadan kaldırabilir

- Hurda metallerin Bölüm 4.1.4, 4.1.5 ve 4.1.6 içerisinde tartışılan koşullar altında kurum içi geri dönüşüm süresinin uygulanması
- Yeniden kullanım, geri dönüşüm ya da bertaraf işlemlerine sağlamak amacıyla muhtelif kalıntı ve atık türlerinin ayrı şekilde depolanması sürecinin uygulanması
- Dökme ya da geri dönüştürülebilir konteynırların kullanılması (Bölüm 4.1.7)
- Metal ürününün iyileştirilmesi amacıyla simülasyon modellerinin, yönetim ve işletme prosedürlerinin kullanılması (Bölüm 4.4.1) ve malzeme akışlarının optimize edilmesi
- Erimiş metal aktarımı ve kepçe ile taşıma işlemleri için iyi uygulama önlemlerinin hayata geçirilmesi (Bölüm 4.7.4).

Kalıpların apreleri

Aşındırıcı kesme, bilyeli kumlama ve döküm temizleme işlemleri için uygulanacak mevcut en iyi teknik çıkış gazı aprelerin sulu ya da kuru bir sistem kullanarak toplamak ve arıtmaktır. Toz için mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyesi 5 - 20 mg/Nm³ değerindedir. Çıkış gazı toplama ve atık hava temizleme işlemleri için uygulanan teknikler Bölüm 4.5.10.1 ve 4.5.10.2 içerisinde tartışılmaktadır.

Isıl işlem (tavlama) için mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Isıl işlem fırınlarında temiz yakıtlar kullanılması (yani doğal gaz ya da düşük kükürt seviyeli yakıt) (Bölüm 4.5.11.1)
- Otomatikleştirilmiş fırın işletimi ve brülör/ısıtıcı kontrolü kullanılması (Bölüm 4.5.11.1)
- Isıl işlem fırınlarından atık gazın yakalanması ve tahliye edilmesi.

Gürültünün azaltılması

Mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Genel ve kaynağa özel önlemler barındıran bir gürültü azaltma stratejisinin geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi
 - Silkmebenzeri yüksek gürültü üreten ünite işlemleri için çevreleme sistemlerinin kullanılması (bakınız Bölüm 4.5.9.3)
- Yerel koşullara dayalı olarak Bölüm 4.10 içerisinde açıklanan ilave önlemlerin kullanılması.

Atık su

Mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Atık su türlerinin bileşimlerine ve kirletici madde yüküne göre ayrı tutulması
- Bölüm 4.6.4 içerisinde tartışılan şekilde yerüstü sularına tahliye öncesinde yüzey kaçak suların toplanması ve toplama sistemi üzerinde yağ durdurucuların kullanılması
- Proses suyunun atölye içi geri dönüşümünün ve arıtılmış atık suyun birden fazla şekilde kullanımının azami seviyeye çıkartılması (Bölüm 4.6.1)
- Ovalama suyu ve diğer atık su akışları için Bölüm 4.6.2 ve 4.6.3 içerisinde bahsi geçen tekniklerden herhangi birisini ya da birkaçını kullanmak suretiyle atık su arıtma işleminin uygulanması.

Kaçak emisyonların azaltılması

Mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen önlemlerin bir bileşimini kullanmak suretiyle proses zincirinde yer alan muhtelif sınırlı olmayan kaynaklardan kaynaklanan kaçak emisyonların asgari seviyeye indirgenmesidir. Emisyonlar esas olarak aktarma ve depolama işlemlerinden ve dökülmelerden kaynaklanan kayıpları kapsamaktadır ve Bölüm 4.5.1.1 içerisinde açıklanmıştır.

- Açık havada ya da üstü kapatılmamış istifleme işlemlerinden kaçınılması; ancak açık havada istifleme işleminin kaçınılmaz olduğu yerlerde, spreyleyin, yapıştırıcıların, istif yönetim tekniklerinin, rüzgar siperlerinin, vb. kullanılması.
- Kovaların ve kapların üzerinin örtülmesi
- Kum kalıplama dökümhanelerinde 4.5.1.1 içerisinde belirtilen kriterlere göre kalıplama ve döküm atölyesinin vakumla temizlenmesi
- Vasıta tekerleklerinin ve yolların temizlenmesi
- Dışarıya açılan kapıların kapalı tutulması
- Düzenli olarak temizlik işlemlerinin gerçekleştirilmesi
- Suya kaçak emisyonların olası kaynaklarının yönetilmesi ve kontrol edilmesi.

Bu teknikler Bölüm 4.5.1.1 içerisinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bunlara ek depolama teknikleri Depolama BREF dokümanında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Buna ek olarak, kaçak emisyonlar örneğin açma ya da fırından dökme işlemleri esnasında fırından kaynaklanan emisyonlar benzeri sınırlı kaynaklardan gelen atık gazın tamamlanmamış tahliyesinden kaynaklanabilir. Mevcut en iyi teknik, Bölüm 5.2 ve 5.3 içerisinde belirtilen ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak yakalama ve temizlik işlemlerinin optimize edilmesi suretiyle asgari seviyeye indirgenmesidir. Bu tür bir optimizasyon işlemi için dumanın kaynağa en yakın noktada toplanması seçeneğini tercih ederek aşağıda belirtilen önlemlerin herhangi birisi ya da birkaçı kullanılır:

- Sıcak metal, fırın yükleme, cüruf aktarımı ve fırından dökme işlemlerinden kaynaklanan dumanın yakalanması için davlumbaz ve kanal sistemi tasarımı yapılması
- Duman kayıplarının atmosfere salınmasını engellemek amacıyla fırın muhafazalarının uygulanması
- Her ne kadar oldukça fazla enerji tüketen bir uygulama olarak sadece en son çare olarak uygulanması gerekli olsa da çatı hattı toplama sisteminin uygulanması.

Çevresel yönetim

Bir dizi çevre yönetim teknikleri mevcut en iyi teknik olarak tespit edilmiştir. Çevre Yönetim Sisteminin kapsamı (örnek olarak detay seviyesi) ve mizacı (örnek olarak standart hale getirilmiş ya da getirilmemiş) genel olarak kurulumun doğası, ölçeği ve karmaşıklığı ve çevre üzerinde sahip olabileceği etkilerin yelpazesi ile ilgili olacaktır.

Mevcut en iyi teknik bağımsız durumlar için uygun olan şekli ile aşağıda belirtilen özellikleri içeren bir Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) uygulamak ve bu sisteme bağlı kalmaktır: (bakınız Bölüm 4.12)

- Üst yönetim tarafından kurulum için bir çevre politikasının tanımlanması (üst yönetimin taahhüdü Çevre Yönetim Sisteminin diğer özelliklerinin başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik bir ön koşul olarak dikkate alınmaktadır)
- Gerekli prosedürlerin planlanması ve tesis edilmesi
- Aşağıda belirtilen hususlara özellikle dikkat ederek prosedürlerin hayata geçirilmesi
 - Yapı ve sorumluluk
 - Eğitim, farkındalık ve yetkinlik
 - İletişim
 - Çalışanların dahil olması
 - Dokümantasyon
 - Etkili proses kontrolü
 - Bakım programı
 - Acil durumlara hazırlıklı olma ve yanıt verme
 - Çevre mevzuatı ile uyumun sürdürülmesi.
- Aşağıda belirtilen hususlara özellikle dikkat ederek performansın kontrol edilmesi ve düzeltici eylemler gerçekleştirilmesi
 - İzleme ve ölçüm (ayrıca bakınız Emisyonların İzlenmesine dair referans doküman)
 - Düzeltici ve önleyici eylem
 - Kayıt tutulması
 - Çevre yönetim sisteminin planlanan düzenlemelere uygun olup olmadığının ve uygun şekilde hayata geçirilerek devamlılığının sağlanıp sağlanmadığının tespit edilmesi amacıyla bağımsız (uygulanabilir olduğu yerlerde) kurum içi denetim yapılması.
- Üst yönetim tarafından değerlendirme.

Yukarıda belirtilen aşamaları tamamlayabilecek nitelikte olan üç adet daha özellik destekleyici önlemler olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, bu önlemlerin eksik olması mevcut en iyi teknik ile tutarsız değildir. Söz konusu bu üç ilave aşama aşağıda belirtilen şekildedir:

- Yönetim sisteminin ve denetleme prosedürünün akredite bir sertifikasyon kurumu ya da bir şirket dışı ÇYS onaylama kurumu tarafından incelenmesini ve doğrulanmasını sağlamak
- Çevresel amaçların ve hedeflerin yanı sıra uygun olan şekilde sektör kıstaslarına karşın yıllık olarak karşılaştırılmasını sağlayacak şekilde kurulumun çevre ile ilgili önemli yönlerinin tamamını açıklayan düzenli bir çevre beyanının hazırlanması ve yayınlanması (ve muhtemelen kurum dışı kaynaklarca doğrulanması)
- EMAS ve EN ISO 14001: 1996 benzeri uluslararası olarak kabul edilmiş ihtiyari bir sistemin hayata geçirilmesi ve bu sisteme bağlı kalınması. Özellikle yukarıda bahsi geçen özelliklerin tamamını kapsayan EMAS daha yüksek bir güvenilirlik sağlamaktadır. Ancak, uygun şekilde tasarlanmaları ve hayata geçirilmeleri kaydıyla standart hale getirilmemiş sistemler de prensip olarak eşit derecede etkili olabilir.

Çevre Yönetim Sisteminin aşağıda belirtilen potansiyel özelliklerinin özellikle dökümhane sektörü için dikkate alınması da ayrıca önemlidir:

- Yeni bir tesisin tasarlanması aşamasında ünitenin muhtemel olarak devre dışı bırakılmasından kaynaklanan çevresel etkiler
- Daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi
- Uygulanabilir olduğu yerlerde, enerji verimliliği ve enerjinin korunması faaliyetleri, girdi maddelerin seçilmesi, havaya emisyonlar, suya tahliyeler, suyun tüketimi ve atık üretimi dahil olmak üzere sektörel karşılaştırmalı değerlendirme sürecinin düzenli olarak uygulanması.

Devre dışı bırakma

Mevcut en iyi teknik devre dışı bırakma üzerine kirliliğin engellenmesi amacıyla gerekli olan bütün önlemlerin uygulanmasıdır. Bu önlemler Bölüm 4.11 içerisinde açıklanmıştır ve aşağıda belirtilenleri içermektedir:

- İlk tasarım aşamasında dikkatli tasarım yapılması suretiyle sonraki risklerin ve maliyetlerin asgari seviyeye indirgenmesi
 - Mevcut kurulumlar için bir ıslah programının geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi
 - Yeni ve mevcut kurulumlar için bir saha kapatma planının geliştirilmesi ve sürdürülmesi.
- Bu önlemlerde en azından aşağıda belirtilen proses kısımları dikkate alınır: tanklar, kaplar, boru tesisatı, yalıtım, gölcükler ve çöp sahaları.

5.2 Demirli Metal Eritme

Fırın seçimi

Çelik hem elektrik ark fırınlarında (EAF) hem de indüksiyon fırınlarında (EF) eritilir. Fırın tipleri arasındaki seçim teknik kriterlere (örnek olarak kapasite, çeliğin sınıfı, vb.) dayalıdır. Damıtma yeteneği nedeniyle EAF daha düşük sınıftaki hürdanın eritilmesine olanak sağlar. Bu durum metallerin geri dönüşümü açısından bir avantajdır, ancak aşağıda sunulacak şekli ile uygun bir baca gazı yakalama ve temizleme sistemi gerektirir.

Dökme demir eritme işlemi için: kupol, elektrik ark, indüksiyon ve döner fırınlar mevcuttur. Seçim teknik ve ekonomik kriterlere dayalı olacaktır.

Seçilen herhangi bir fırın tipinin kullanılması için mevcut en iyi tekniğin bileşenleri aşağıda verilmiştir.

Dökme demirin kupol fırınında eritilmesi

Kupol fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Soğuk basınçlı hava kupol fırınları için bölünmüş basınçlı hava işlemi (2 sıra tüyer) (Bölüm 4.2.1.5)
- Oksijen seviyeleri % 22 ile % 25 arasında olacak şekilde (yani % 1 ila % 4 zenginleştirme) sürekli ya da aralıklı bir şekilde oksijen yönünden zenginleştirilmiş basınçlı üfleme havasının kullanılması (Bölüm 4.2.1.6)
- Sürekli üfleme ya da uzun süreli çalışma süreçlerinin uygulanması suretiyle sıcak basınçlı hava kupol fırınlarında ateşleme sürelerinin asgari seviyeye indirgenmesi (Bölüm 4.2.1.8). Kalıplama ve döküm hattının gereklerine dayalı olarak, çift yönlü işlemler mutlaka dikkate alınmalıdır.
- Bölüm 4.2.1.1 içerisinde listelenen şekilde fırın işlemleri için iyi eritme uygulaması önlemlerinin uygulanması.
- Bilinen özelliklere ve kontrolü bir kaliteye sahip kok kömürünün kullanılması (Bölüm 4.2.1.2)
- Bölüm 4.5.2.1 içerisinde açıklanan tekniklerin bir bileşimini kullanmak suretiyle daha sonraki toplama, soğutma ve tozdan arındırma işlemleri aracılığı ile fırın çıkış gazı sisteminin temizlenmesi. Tozdan arındırma için mevcut en iyi teknik bir torba süzgeç ya da sulu yıkayıcı kullanılmasıdır. Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri aşağıda verilmiştir (Tablo 5.1, Tablo 5.2)
- Çıkış gazı sistemlerin oto - termal olarak yanabilmesi durumunda Soğuk basınçlı kupol fırınının kupol şaftında yakım sonrası işlem uygulanması ve daha sonra fırın içi kullanımdan ısının geri kazanılması

(Bölüm 4.5.2.3). Sıcak basınçlı kupol fırını için, ayrı bir yanma haznesi kullanın (Bölüm 4.5.2.2), ve ısıyı basınçlı üfleme havasının ön ısıtma işlemi ve diğer fırın içi kullanımlar için geri kazanın (Bölüm 4.7.3)

- Fırınlara çift yönlü konfigürasyonlarda tutulmasından kazanılabilecek atık ısı kullanım imkanının değerlendirilmesi ve uygulanabilir olması durumunda ısı geri kazanımının hayata geçirilmesi (Bölüm 4.7.2)
- Bölüm 4.5.1.4 içerisinde belirtilen önlemlerin bir bileşimini kullanarak dioksin ve furan emisyonlarının $0,1 \text{ ngTEQ/Nm}^3$ değerinin altında bir seviyede muhafaza edilmesi ve asgari seviyeye indirilmesi. Bazı durumlarda bu sulu yıkayıcı yönünde bir tercih ile sonuçlanabilir. Endüstri sadece diğer sektörlerde kanıtlanmış olan ikincil önlemlerin hayata geçirilmesine ve özellikle de daha küçük çaplı dökümhanelerde uygulanabilirliğine ilişkin sorulara dair şüphelerini ifade etmiştir.
- Temel cüruf (bazlık seviyesi 2'ye kadar) ile eritme durumunda bir sulu yıkayıcı sistem kullanın (Bölüm 4.2.1.3).

Kupol eritme işleminde üretilen kalıntılar arasında toz, cüruf ve kok mıcırı sayılabilir. Kalıntı yönetimi açısından mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Bölüm 4.9.3 içerisinde listelenen proses içi önlemlerden birisinin ya da birkaçının kullanılması ile cüruf oluşumunun asgari seviyeye indirilmesi.
- Kurum dışı yeniden kullanımını sağlamak amacıyla cürufların ön muameleden geçirilmesi (Bölüm 4.9.2)
- Kok mıcırının toplanması ve geri dönüşümü (Bölüm 4.9.4.1). Çelik ve dökme demirin elektrik ark fırınında eritilmesi

Elektrik ark fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Eritme ve arıtma zamanının kısaltılması için güvenilir ve verimli proses kontrollerinin uygulanması (Bölüm 4.2.2.1)
- Köpüklü cüruf uygulamasının kullanılması (Bölüm 4.2.2.2)
- Fırın çıkış gazının Bölüm 4.5.3.1 içerisinde açıklanan tekniklerden birisi kullanılarak yakalanması
- Fırın çıkış gazının soğutulması ve bir poşet süzgeç kullanılarak tozdan arındırılması (Bölüm 4.5.3.2).

Kupol eritme işleminde üretilen kalıntılar arasında toz ve cüruf sayılabilir. Kalıntı yönetimi açısından mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilmiştir:

- Filtre tozunun elektrikli ark fırını içerisine geri dönüşümü (Bölüm 4.9.5.1).

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri aşağıda verilmiştir (Tablo 5.1, Tablo 5.3)

Çelik ve dökme demirin indüksiyon fırınında eritilmesi

İndüksiyon fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Paslı ve kirli girdi maddelerinden ve yapışan kumdan kaçınarak temiz hurdanın eritilmesi
- Bölüm 4.2.3.1 içerisinde açıklanan şekilde yükleme ve kullanma için iyi uygulama önlemlerinin kullanılması
- Ana şebeke frekansında çalışan herhangi bir fırının orta frekansa dönüştürülmesi için yeni bir fırının kurulumu esnasında orta frekanslı güç kullanılması (Bölüm 4.2.3.2)
- Atık ısı geri kazanımı ihtimalinin değerlendirilmesi ve uygulanabilir olması durumunda bir ısı geri kazanım sisteminin hayata geçirilmesi (Bölüm 4.7.2)
- Fırın çıkış gazının yakalanması için her bir indüksiyon fırınının üzerinde bir davlumbaz, kenar tahliye ya da kapak tahliyesinin kullanılması (Bölüm 4.5.4.1) ve tüm çalışma çevrimi esnasında çıkış gazı toplama işleminin azami seviyeye çıkartılması
- Tablo 5.1 içerisinde verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak kuru baca gazı temizleme işleminin kullanılması (Bölüm 4.5.4.2)
- Toz emisyonlarının $0,2 \text{ kg/ton}$ erimiş demir değerinin altında tutulması.

Dökme demirin döner fırında eritilmesi

Döner fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Fırın randımanının Bölüm 4.2.1.1 içerisinde açıklanan şekilde optimize edilmesi için gerekli önlemlerin hayata geçirilmesi

- Bir oksî-brülör kullanılması (Bölüm 4.2.4.2)
- Tablo 5.1 ve Tablo 5.4 içerisinde verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak çıkış gazının fırın çıkışına yakın bir yerde toplanması, yakım sonrası işleminin uygulanması, bir eşanjör kullanılarak soğutulması ve daha sonra kuru tozdan arındırma işleminin uygulanması (Bölüm 4.5.5.1)
- Bölüm 4.5.1.4 içerisinde belirtilen önlemlerin bir bileşimini kullanarak dioksin ve fûran emisyonlarının $0,1 \mu\text{gTEQ}/\text{Nm}^3$ değerinin altında bir seviyede muhafaza edilmesi ve asgari seviyeye indirgenmesi. Bazı durumlarda bu sulu yıkayıcı yönünde bir tercih ile sonuçlanabilir. Endüstri sadece diğer sektörlerde kanıtlanmış olan ikincil önlemlerin hayata geçirilmesine ve özellikle de daha küçük çaplı dökümhanelerde uygulanabilirliğine ilişkin sorulara dair şüphelerini ifade etmiştir.

Demirli metal arıtma işlemi

Çelik arıtma ilkemi için bir AOD dönüştürücünün kullanılması durumunda, mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen şekildedir:

- Bir çatı davlumbazı kullanarak atık gazın tahliye edilmesi ve toplanması.
Küresel dökme demirin üretilmesi amacıyla nodülerizasyon işlemi gerçekleştirilir. Nodülerizasyon için mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen şekildedir:
- Çıkış gazı üretimi olmayan bir nodülerizasyon tekniğinin seçilmesi ya da üretilen MgO dumanının tahliye ekipmanı ile donatılmış bir kapak ya da başlık kullanarak ya da sabit veya hareketli bir davlumbaz kullanarak yakalanması ve
- Atık gazın bir poşet süzgeç kullanılarak tozdan arındırılması ve tozun geri dönüşüme uygun hale getirilmesi.

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri aşağıda verilmiştir (Tablo 5.1)

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri

Aşağıda yer alan emisyon seviyeleri yukarıda belirtilen mevcut en iyi teknik ölçümleri ile ilişkilidir. İlişkili bütün emisyon seviyeleri uygulanabilir ölçüm dönemi boyunca ölçülen bir ortalama değer olarak ifade edilmiştir. Sürekli izleme imkanının mevcut olduğu her durumda bir günlük ortalama değer kullanılır. Havaya salınan emisyonlar standart koşullara, yani 273 K, 101.3 kPa ve kuru gaz koşullarına dayalıdır.

Parametre	Emisyon seviyesi
Toz ⁽¹⁾	5 - 20 mg/Nm^3
PCDD / PCDF	< 0.1 $\text{ng TEQ}/\text{Nm}^3$
(1) Tozun emisyon seviyesi ağır metaller, dioksinler benzeri toz bileşenlerine ve kütle akışına dayalıdır.	

Tablo 5.2: Demirli Metallerin Kupol Fırında Eritilmesi İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

Tür	Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm^3)
Sıcak basınçlı hava	Karbon monoksit	20 - 1000
	SO_2	20 - 100
	NO_x	10 - 200
Soğuk basınçlı hava	SO_2	100 - 400
	NO_x	20 - 70
	NM - VOC	10 - 20
Koksuz	NO_x	160 - 400

Tablo 5.2: Demirli Metallerin Kupol Fırında Eritilmesi İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm ³)
NO _x	10 - 50
CO	200

Tablo 5.3: Demirli Metallerin EAF Fırında Eritilmesi İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm ³)
SO ₂	70 - 130
NO _x	50 - 250
CO	20 - 30

Tablo 5.4: Demirli Metallerin Döner Fırında Eritilmesi İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

5.3 Demir dışı Metal Eritme

Demirsiz metaller ile ilgili olarak, demirsiz metal kullanan endüstrilerde standart uygulama olması nedeni ile bu doküman (sadece) külçelerin ve kurum içi hurdaların eritilme işlemini dikkate almaktadır.

Alüminyumun eritilmesi için birden fazla sayıda fırın türü kullanılabilir. Fırın türünün seçimi teknik kriterlere (örnek olarak rejim, kapasite, döküm hattının türü, vb.) dayalıdır. Bu kriterler Bölüm 3.3 ve Tablo 3.21 içerisinde verilmektedir. Bir dökümhane birkaç fırın türü kullanabilir. İşletme uygulaması ve mantıklı akıl yürütme daha yüksek kapasiteli fırınlarda merkezi eritme yapılmasının büyük ölçekli tesisler açısından küçük potalı ocaklarda eritme işlemi ile karşılaştırıldığında daha tercih edilir enerji verimliliği sağladığını göstermiştir. Ancak bu uygulamayı mevcut en iyi teknik olarak seçmek için elde mevcut veri bulunmamaktadır.

Bakırın, kurlunun ve çinkonun ve bunların alaşımlarının eritilmesi için indüksiyon fırını ya da potalı ocaklar kullanılır. Bakır alaşımları için şömine tipi fırınlar da kullanılır. Seçim teknik kriterlere dayalıdır.

Magnezyumun eritilmesi için sadece potalı ocaklar kullanılır. Oksitlenmeyi engellemek için bir kapak gazı kullanılır.

Alüminyum, bakır, kurşun ve çinkonun indüksiyon fırınında eritilmesi

Indüksiyon fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Bölüm 4.2.3.1 içerisinde açıklanan şekilde yükleme ve kullanma için iyi uygulama önlemlerinin kullanılması
- Ana şebeke frekansında çalışan herhangi bir fırının orta frekansa dönüştürülmesi için yeni bir fırının kurulumu esnasında orta frekanslı güç kullanılması (Bölüm 4.2.3.2)
- Atık ısı geri kazanımı ihtimalinin değerlendirilmesi ve uygulanabilir olması durumunda bir ısı geri kazanım sisteminin hayata geçirilmesi (Bölüm 4.7.2)
- Emisyonların aşağıda belirtilen ilişkili emisyon seviyeleri doğrultusunda asgari seviyeye indirilmesi ve fırın çıkış gazının toplanması gerekli ise (Bölüm 4.5.4.1) tüm çalışma çevrimi esnasında çıkış gazı toplama işleminin azami seviyeye çıkartılması ve kuru tozdan arındırma işleminin uygulanması.

Alüminyumun döner fırında eritilmesi

Döner fırınlarının kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Fırın randımanının Bölüm 4.2.1.1 içerisinde açıklanan şekilde optimize edilmesi için gerekli önlemlerin hayata geçirilmesi
- Aşağıda verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak çıkış gazının fırın çıkışına yakın bir yerde toplanması ve çıkış gazının bir egzoz içerisinden tahliye edilmesi.

Alüminyum ve bakırın hazneli tip fırında eritilmesi

Hazneli tip fırınların kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Aşağıda verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak çıkış gazının toplanması ve çıkış gazının bir egzoz içerisinden tahliye edilmesi
- Yukarıda (Bölüm 5.1) içerisinde bahsi geçen şekilde kaçak emisyonlar için mevcut en iyi teknik bileşenine göre kaçak ve görünen emisyonların yakalanması ve Bölüm 4.5.6.1 içerisinde açıklanan şekilde davlumbaz uygulanması.

Alüminyumun dikeç (şaft) fırında eritilmesi

Dikeç (şaft) fırınların kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Fırının devrilmesi üzerine etkili atık gaz toplama işlemine imkan verilmesi ve atık gazın aşağıda verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alınarak bir egzoz içerisinden tahliye edilmesi.

Alüminyumun ısıyan çatılı fırında tutulması

Isıyan çatılı fırınların kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Yukarıda (Bölüm 5.1) içerisinde bahsi geçen şekilde kaçak emisyonlar için mevcut en iyi teknik bileşeninin izlenmesi ve Bölüm 4.5.6.1 içerisinde açıklanan şekilde davlumbaz uygulanması.

Alüminyum, bakır, kurşun ve çinkonun potalı ocakta eritilmesi ve tutulması

Potalı ocakların kullanılması ile ilgili mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamından meydana gelmektedir:

- Yukarıda (Bölüm 5.1) içerisinde bahsi geçen şekilde kaçak emisyonlar için mevcut en iyi teknik bileşeninin izlenmesi ve Bölüm 4.5.6.1 içerisinde açıklanan şekilde davlumbaz uygulanması.

Alüminyumun gazdan arındırılması ve temizlenmesi

Alüminyumun gazdan arındırılması ve temizlenmesi için uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilmiştir:

- Ar / Cl₂ ya da N₂ / Cl₂ gazlı hareketli ya da sabit pervane ünitesinin kullanılması (Bölüm 4.2.8.1).

Magnezyumun eritilmesi

Magnezyumun eritilmesi için uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilmiştir:

- Kapak gazı olarak SO₂ kullanılması ya da SF₆ gazının kapak gazı olarak SO₂ gazı ile ikame edilmesi. Bu durum yıllık çıktısı 500 ton ya da üzerinde olan kurulumlara uygulanır (Bölüm 4.2.7.1)
- Daha küçük çaplı tesisler için SO₂ gazını bir kapak gazı olarak kullanın ya da SF₆ gazı tüketimini ve emisyonlarını asgari seviyeye indirmek için Bölüm 4.2.7.1 içerisinde belirtilen gerekli önlemleri alın. SF₆ gazının kullanıldığı hallerde, tüketim seviyesi ile ilişkili mevcut en iyi teknik, kum döküm için < 0.9 kg / döküm tonu ve basınçlı pres döküm için < 1.5 kg / döküm tonudur.

Not: bu karara varıldığı zamanda SF₆ gazına diğer alternatifler henüz kullanılmaya başlanmıştır (bakınız Bölüm 4.2.7.1). SO₂ gazı sağlık ve güvenlik hususlarında sorun yaratabilir ve ekipman açısından aşındırıcı olabilir.

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri

Aşağıda yer alan emisyon seviyeleri yukarıda belirtilen mevcut en iyi teknik ölçümleri ile ilişkilidir. İlişkili bütün emisyon seviyeleri uygulanabilir ölçüm dönemi boyunca ölçülen bir ortalama değer olarak ifade edilmiştir. Sürekli izleme imkanının mevcut olduğu her durumda bir günlük ortalama değer kullanılır. Havaya salınan emisyonlar standart koşullara, yani 273 K, 101.3 kPa ve kuru gaz koşullarına dayalıdır.

Demirsiz metal eritme ve arıtma işleminde üretilen toz için mevcut en iyi teknik AEL değeri 1 - 20 mg/Nm³ arasındadır. Alüminyumun eritilmesine ilişkin ek değerler Tablo 5.5 içerisinde verilmiştir.

Alüminyum eritme işleminden kaynaklanan toz emisyonları için mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon faktörü erimiş alüminyumun 0.1 - 1 kg/t oranıdır.

Söz konusu mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyelerine uymak amacıyla bir baca gazı temizleme tesisatı takılması gerekli olabilir; bu durumda mevcut en iyi teknik kuru tozdan arındırma işlemi uygulamaktır.

Fırın Türü	Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm ³)
Genel	Klor	3
Dikeç	SO ₂	30 - 50
	NO _x	120
	CO	150
	VOC	100 - 150
Hazneli	SO ₂	15
	NO _x	50
	CO	5
	TOC	5

Tablo 5.5: Alüminyumun Eritilmesi İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

5.4 Yitik kalıp Dökümü

Yitik kalıp dökümü kalıplama, maça hazırlama, dökme, soğutma ve silkme işlemlerini kapsar. Bu süreç yaş kum ya da kimyasal olarak bağlanmış kum kalıplarının üretimini kapsar. Kalıp ve maçalar monte edilir ve erimiş metal monte edilmiş kalıbın içerisine dökülür. Kalıbın bozulması öncesinde dökümün katılaşması ve soğuması beklenir. Kalıplama ve döküm için mevcut teknikler ve bu tekniklerin çevre üzerindeki etkileri birbiri ile yakından bağlantılıdır. Mevcut en iyi teknik bileşenleri üç kategoride sunulacaktır: yaş kum kalıpları, kimyasal olarak bağlanmış kum kalıpları ve dökme/ soğutma / kalıp bozma.

Yaş kum kalıpları

Yaş kum hazırlama işlemi kumun, kil bağlayıcı maddesinin ve gerekli yapışkanların karıştırılması ile başlar. Bu işlem atmosferik - (en yaygın durum) ya da vakumlu mikserlerde gerçekleştirilir (bakınız Bölüm 4.3.2.1). Her iki yöntem de mevcut en iyi uygulama olarak dikkate alınmaktadır. Vakumlu karıştırma için ek bir koşul ise kum kapasitesinin 60 t / saat değerinden daha yüksek olması gerekliliğidir.

Bunun yanı sıra, yaş kum hazırlanması için uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen şekildedir:

- Kum tesisinin ünitelerinin bütün işlemlerinin kapsama alınması (titreşimli elek, kumun tozdan arındırılması, soğutma, karıştırma işlemleri) ve Tablo 5.6 içerisinde verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri dikkate alın atık gazın tozdan arındırılması (Bölüm 4.5.8.1). Yerel piyasanın izin vermesi durumunda, yakalanan toz kurum dışında yeniden kullanım için hazır hale getirilir (Bölüm 4.8.13). Kalıp bozma, dozlama ve taşıma süreçlerinden toplanan toz toplanan kütlenin % 50 oranına kadar yaş kum devresinde yeniden değerlendirilir (Bölüm 4.8.12)
- Bölüm 4.8.2 içerisinde açıklanan şekilde birincil yenileme sürecinin uygulanması. Yeni kum ilavesi kullanılan maça miktarına ve maçaların uygunluğuna dayalıdır. Yaş kum mono sistemleri için, % 98 oranında yenilenme oranı (yenilenmiş kumun kütlesi / toplam kum kütlesi) mevcut en iyi tekniğin kullanımı ile ilişkilidir. Yüksek seviyede uyumsuz olan maçaların kullanıldığı sistemler için mevcut en iyi teknik ile ilişkili yenilenme oranı % 90 - % 94 aralığındadır

Kimyasal olarak bağlanmış kum kalıbı ve maça hazırlama

Tamamı kendine has özelliklere ve uygulama alanlarına sahip muhtelif türde bağlayıcı maddeler kullanılmaktadır. Bağlama maddelerinin esas olarak emisyonların asgari seviyeye indirilmesi amacıyla proses kontrolünü ve çıkış gazı yakalama önlemlerini içeren tesis edilmiş iyi uygulama önlemlerine göre uygulanması durumunda bu maddelerin tamamı bir mevcut en iyi teknik olarak tespit edilmiştir (Bölüm 4.3.3.3, 4.3.3.4). Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri aşağıda verilmiştir (Tablo 5.6).

Kimyasal olarak bağlanmış kum kalıpları için uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamını kapsamaktadır:

- (b) Bölüm 4.3.3.1 içerisinde açıklanan şekilde proses kontrol önlemlerini, yani (manüel ya da otomatik) mikser kontrolünü kullanmak suretiyle bağlayıcı madde ve reçine tüketiminin ve kum kayıplarının asgari seviyeye indirilmesi. Üretim parametrelerinin sıklıkla değiştiği ve yüksek üretim iş üretim miktarına sahip seri üretimler için mevcut en iyi teknik üretim parametrelerinin elektronik ortamda saklanmasıdır (bakınız Bölüm 4.3.3.2)

- Maçaların hazırlandığı, taşındığı ve kullanıma sunulmadan önce saklandığı yerlerden çıkış atık gazın yakalanması

- Orta ve büyük ölçekli seri üretim yapan dökümhanelerde su bazlı kaplamaların kullanılması ve kalıplar ve maçalar için kullanılan alkol bazlı kaplamaların refrakter kaplama ile değiştirilmesi. Alkol bazlı kaplama kullanılması aşağıda belirtilen durumlar için mevcut en iyi tekniktir:

- Büyük ya da karmaşık kalıplar ve maçalar için
- Sodyum silikat (cam suyu) ile bağlanmış kumlar için
- Magnezyum döküm işlemi için
- MgO kaplamalı manganezli çeliğin üretimi için.

Küçük ölçekli dökümhaneler ve büyük ölçekli toptan üretim yapan dökümhanelerde hem su bazlı hem de alkol bazlı kaplama teknikleri mevcut en iyi teknik olarak dikkate alınmaktadır (bakınız Bölüm 4.3.3.5). Bahsi geçen iki dökümhane türünde su bazlı tekniğin uygulanması mikrodalga kurutma işleminin (Bölüm 4.3.3.6) ve hakkında hiçbir bilgi ibraz edilmemiş diğer yeni kurutma tekniklerinin kullanılabilirliği tarafından desteklenmektedir. Alkol bazlı kaplamaların kullanılması durumunda, mevcut olan en iyi teknik toptan üretim yapan dökümhanelerde yerde kalıplama işleminin uygulanabilir olmadığını dikkate alarak hareketli ya da sabit davlumbazlar kullanmak suretiyle kaplama standından tahliye sağlanmasıdır.

Bunun yanı sıra, amin ile sertleştirilmiş üretilen ile bağlanmış (soğuk kutu) maça hazırlama işleminde uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamını kapsamaktadır:

- Tahliye edilen atık gazın Bölüm 4.5.8.4 içerisinde bahsi geçen yöntemlerden bir tanesini kullanmak suretiyle soğuk kutu maça hazırlama işlemi için artırılması. Amin emisyonu 5 mg/Nm³ değerinin altında muhafaza edilebilir.

- Toplam hacmin ekonomik bir işleme imkan sağlamak kaydıyla soğuk kutu atık temizleme şerbetinden aminin geri kazanılması (Bölüm 4.6.5)

- Aromatik esaslı ya da bitki esaslı (yani aromatik olmayan) solventlerin kullanılması. Bu yöntemler mevcut en iyi teknik olarak kabul edilir (Bölüm 4.3.3.7).

Mevcut en iyi teknik, kimyasal olarak bağlanmış kum (karıştırılmış ya da mono kum olarak) söz konusu olduğunda bir yenileme ve/veya yeniden kullanım stratejisi (bakınız Bölüm 4.8.13) benimsemek suretiyle bertaraf edilen kum miktarının asgari seviyeye indirilmesidir. Yenileme işlemi söz konusu olduğunda aşağıda yer alan koşullar uygulanır:

- Soğukta sertleşen mono kum (örnek olarak furan kum) Bölüm 4.8.3 içerisinde belirtilen basit mekanik teknikler kullanılarak yenilenir. Bu durum silikat kumu haricinde soğukta sertleşen bütün mono kumlara uygulanır. % 75 - % 80 aralığında bir yenilenme oranı elde edilebilir.

- Kürlenmemiş soğuk kutu ve soğukta sertleşen maça kumu sertleşir ve spesifik bir üniteye kırılır ve maça kumunun minimum % 5 - % 10 aralığında dahili yeniden devri daimine olanak sağlar (Bölüm 4.8.11)

- Silikat mono kum ısıtma ve pnömatik arıtma kullanılarak yenilenir. % 45 - % 85 aralığında (yıllık ortalama olarak) bir yenilenme oranı elde edilebilir (Bölüm 4.8.10). Yavaş reaksiyona giren esterlerin kullanımı asgari seviyeye indirilmelidir.

- Soğuk kutu, SO₂, sıcak kutu ve kabuk döküm mono kumları ve karıştırılmış organik kumlar aşağıda belirtilen tekniklerden bir tanesi kullanılarak yenilenir: soğuk mekanik yenileme (örnek olarak öğütme, çarpışma tamburu, pnömatik sürtünme) ya da termal yenileme (Bölümler 4.8.4, 4.8.5, 4.8.6, 4.8.7). Toplam yenilenme oranı kullanılan maçaların miktarına dayalıdır. Maça hazırlama için yenilenmiş kumun % 40 - % 100 oranı kullanılabilir; kalıp hazırlama sürecinde ise yenilenmiş kumun % 90 - % 100 oranı kullanılabilir.

- Karıştırılmış yaş ve organik kum mekanik-termal-mekanik yenileme (Bölüm 4.8.8), öğütme (Bölüm 4.8.4) ya da pnömatik sürtünme (Bölüm 4.8.6) yöntemi kullanılarak yenilenir.

Maça hazırlama için yenilenmiş kumun % 40 - % 100 oranı kullanılabilir; kalıp hazırlama sürecinde ise yenilenmiş kumun % 90 - % 100 oranı kullanılabilir.

- Yenilenmiş kumun kalitesi ve bileşimi izlenir.
- Yenilenmiş kum sadece uyumlu kum sistemlerinde yeniden kullanılır. Uyumsuz kum türleri diğerlerinden ayrılır (bakınız Bölüm 4.8.1).

Alternatif kalıplama yöntemleri (Bölüm 4.3.4) ile inorganik bağlama maddelerinin (Bölüm 6.5) kalıplama ve döküm proseslerinin çevre üzerindeki etkisinin asgari seviyeye indirilmesi açısından ümit vaat eden bir potansiyeli olduğu düşünülmektedir.

Dökme, soğutma ve silkleme

Dökme, soğutma ve silkleme işlemleri toz, VOC ve diğer organik ürünlerin emisyonlarını üretir. Mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen şekildedir:

- Döküm ve soğutma hatlarının etrafının çevrelenmesi ve seri döküm hatları için atık gaz tahliyesi temin edilmesi (Bölüm 4.5.9.2), ve
- Silkleme ekipmanının etrafının çevrelenmesi ve atık gazın Bölüm 4.5.9.3 içerisinde açıklanan şekilde sulu ya da kuru tozdan arındırma işlemi ile arıtılması. Toz açısından mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri Tablo 5.6 içerisinde belirtilmiştir.

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri

Aşağıda yer alan emisyon seviyeleri yukarıda belirtilen mevcut en iyi teknik ölçümleri ile ilişkilidir. İlişkili bütün emisyon seviyeleri uygulanabilir ölçüm dönemi boyunca ölçülen bir ortalama değer olarak ifade edilmiştir. Sürekli izleme imkanının mevcut olduğu her durumda bir günlük ortalama değer kullanılır. Havaya salınan emisyonlar standart koşullara, yani 273 K, 101.3 kPa ve kuru gaz koşullarına dayalıdır.

Emisyon Kaynağı	Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm ³)
Genel	Toz	5 - 20
Maça Atölyesi	Amine	5
Yenileme üniteleri	SO ₂	120
	NO _x	150

Tablo 5.6: Kayıp Kalıpların Kullanıldığı Kalıplama ve Döküm İşlemleri İçin MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları

5.5 Sürekli Kalıp Dökümü

Kalıcı kalıp dökümü, erimiş metalin metal bir kalıba enjekte edilmesini içerir. Katılaşmadan sonra kalıp açılır ve döküm son işlem için çıkarılır. Kimyasal olarak bağlanmış kum maçalar, yerçekimi ve düşük basınçlı dökümde sınırlı ölçüde kullanılır.

HPDC kalıpların başarılı katılaşma ve ayrılma özellikleri temin etmek amacı ile bitirilmesi ve soğutulması gerekmektedir. Bu gayeyle, kalıbın üzerine bir ayırıcı madde ve soğutma suyu püskürtülür. Sürekli kalıp hazırlama süreci için mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilenlerin tamamını kapsamaktadır:

- Bölüm 4.3.5.1 içerisinde açıklanan proses önlemlerinden birisinin ya da birkaçının kullanılması suretiyle HPDC kalıplar için ayırıcı madde ve su tüketiminin asgari seviyeye indirilmesi. Bu işlem buhar oluşumunu engeller. Engelleme amaçlı önlemlerin Tablo 5.7 içerisinde organik maddeler için tanımlanan mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyesine ulaşılmasına imkan vermiyorsa, Bölüm 4.5.8.7 içerisinde açıklanan şekilde davlumbaz ile üstünü kaplama ve EP işlemlerini kullanın.
- Kaçak suyun ileri arıtma işlemleri için bir atık su devresinin içerisinde toplanması
- Bölüm 4.6.6 içerisinde açıklanan şekilde yağ durdurucular (Bölüm 4.6.4) ve damıtma, vakumlu buharlaştırma ya da biyolojik bozunma işlemlerini kullanmak suretiyle hidrolik sistemlerden gelen sızıntı sıvısının ileri arıtma işlemleri için bir atık su devresinin içerisinde toplanması.

Kimyasal olarak bağlanmış kum kalıp hazırlama işlemi için mevcut en iyi teknik Bölüm 5.4 içerisinde bahsi geçen bileşenler ile karşılaştırılabilir niteliktedir. Daha az miktarda atık kumun üretilmesi nedeniyle silkeleme ve kullanılmış kum yönetimi ile ilişkili mevcut en iyi teknikler farklıdır. Kokil kalıpla çalışan dökümhanelerde kullanılmış kum yönetimi için uygulanan mevcut en iyi teknik aşağıda belirtilen şekildedir:

- Maça çıkartma ünitesinin etrafının çevrelenmesi ve atık gazın Tablo 5.7 içerisinde verilen mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyesini dikkate alarak Bölüm 4.5.9.3 içerisinde açıklanan şekilde sulu ya da kuru tozdan arındırma işlemi ile arıtılması, ve
- Bir yerel pazarın mevcut olması durumunda, maça çıkartma işleminden elde edilen kumun geri dönüşüm için hazır hale getirilmesi (Bölüm 4.8.13).

Mevcut en iyi teknik ile ilişkili emisyon seviyeleri

Aşağıda yer alan emisyon seviyeleri yukarıda belirtilen mevcut en iyi teknik ölçümleri ile ilişkilidir. İlişkili bütün emisyon seviyeleri uygulanabilir ölçüm dönemi boyunca ölçülen bir ortalama değer olarak ifade edilmiştir. Sürekli izleme imkanının mevcut olduğu her durumda bir günlük ortalama değer kullanılır. Havaya salınan emisyonlar standart koşullara, yani 273 K, 101.3 kPa ve kuru gaz koşullarına dayalıdır.

Parametre	Emisyon seviyesi (mg/Nm ³)
Toz	5 - 20
Toplam C olarak ölçülen yağ buharı	5 - 10

Tablo 5.7: Kalıcı Kalıp Dökümü için MET'in Kullanımı ile Bağlantılı Hava Emisyonları (HPDC Dahil)

6 DÖKÜMHANELER İÇİN GELİŞEN TEKNİKLER

6.1 Kupol Fırınında Eritme İşleminde Düşük Maliyetli Yanıcı Maddelerin Kullanımı

Açıklama

Kok (yüksek kaliteli) tüketimini azaltmak amacıyla, yakıt olarak yüksek kalorifik değere sahip katı atıkların ve düşük kaliteli kokun kullanımına imkan tanıyan teknikler geliştirilmiştir.

Brezilya’da, araba lastikleri ve plastik parçalar kullanan alışlagelmiş türdeki bir yükün (otomotiv öğütücü kalıntıları [automotive shredder residue – ASR], hav, vs.) ikinci sınıf kok ile karıştırılarak eritilmesine olanak tanıyan, FAR fırını adı verilen özel bir tür kupol geliştirilmiştir. Kupol yapısı alışlagelmiş olandan tamimiyle değişiktir. Yalnızca metalik yükler tepeden beslenir. Katı yakıt yan taraftan beslenir, böylece sıcak bölgeye çok çabuk ulaşması sağlanır. Burada hidro karbonlar parçalanır ve yakılır.

Alternatif püskürtme sistemleri hav ya da tozun direk olarak tüyerlerden ya da spesifik püskürtücüler kullanılarak eklenmesine olanak tanır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Katı yakıtlar (ASR, hav) ile değiştirildiği için alışlagelmiş yakma sistemlerinde işlenmesi zor olan kokun tüketiminde azalma sağlanması.

İşletim Verileri

FAR fırını için, en iyi sonuçlar 35 % hav ve 65 % kok kullanılarak elde edilmiştir. Bu teknik henüz deneme pilot ölçeğine kadar geliştirilmiştir.

Çapraz-ortam etkileri

Alternatif yakıtların kullanılması baca gazının bileşiminde değişiklik olmasına sebep olacaktır; bu değişiklik atılması gereken toz miktarının da artmasına yol açacağı gibi, toz büyük ihtimalle daha yüksek miktarda çevreyi kirletici madde içerecek ve dioksin, PAH ve ağır metal riski de artacaktır. Termal verimlilik düşecektir.

Uygulanabilirlik

Bu belirli kupol tipinin kullanılması, belirli bir fırın düzenine sahip olduğundan yalnızca yeni kurulumlar için mümkün olmaktadır. Katı veya havlı yakıtlar için kullanılan püskürtme sistemleri hali hazırda var olan kupol fırınlarında kullanılabilmektedir.

Ekonomi

Proses ancak pilot ölçeğine (deneme çalışmaları) kadar geliştirilmiş olduğundan sanayi ölçekli uygulamalar için elde edilmiş herhangi bir ekonomik veri yoktur.

Kullanılması için itici güç

Yakıtların maliyetlerini düşürmek ve dökümhaneyi bir atık yönetimi planına sokmak.

Başvuru Kaynakları

[140, EU Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001]

6.2 Metal İçerikli Filtre Tozunun Geri Dönüştürülmesi (Demir veya Çelik İçeren Metaller)

Açıklama

Metal – içerikli tozlar, bir bağlayıcı madde (en çok tercih edilen madde çimentodur) kullanılarak ya da eğer dökümhane bir makine atölyesi var ise makine ile işlemeyen kaynaklanan talaşlar ile karıştırılarak toplanabilir. İkinci seçenekte, topaklar metal – içerikli çamur da içerebilir. Bu topaklar indüksiyon fırınının yükü ile karıştırılarak eritilecektir. Metal geri kazanımı %90’ın üzerinde olabilir. Tozun geri kalan kısmı cürufun içerisine gidecektir. Piyasada kullanılabilecek topaklama makineleri bulunmaktadır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Atık gömme alanlarında tasfiye edilmesi gerekli olan atık miktarının azalmasının yanı sıra, dökümhane dışından metalik malzemelerin satın alınmasına duyulan ihtiyaç da azalacaktır. Metalik tozun mineral kısmı erimez ve cüruf tarafından alınır. Dolayısı ile daha az tehlikeli bir atık türüne dönüştürülmüş olur.

İşletim Verileri

İşletim Verileri henüz mevcut değildir.

Çapraz-ortam etkileri

Oluşan cürufun astarın aşınma miktarını arttırması olasıdır. Aynı zamanda, eritme işlemi için harcanan enerji miktarının da az miktarda artması olasıdır. Çelik dökümhanelerinde karbon alımı riski vardır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve hali hazırda var olan, indüksiyonlu eritme fırınları kullanan demir ve çelik dökümhanelerine uygulanabilmektedir.

Ekonomi

Tekniğin mevcut gelişim seviyesinde henüz herhangi bir ekonomik veri elde edilmemiştir. Bununla birlikte, makine atölyesine sahip bir demir dökümhanesi için yapılan başlangıç tahminlerinde, geri ödeme süresinin iki ile dört yıl arasında olacağı hesaplanmıştır.

Kullanılması için itici güç

Bu tekniğin kullanılması için başlıca itici güç, eritme tozunun en azından bazı durumlarda tehlikeli atık olarak sınıflandırılabilir olmasıdır. Bu, dökümhaneler için çok yüksek tasfiye maliyetlerine yol açabilmektedir.

Örnek Tesisler

Henüz örnek teşkil edebilecek bir tesis mevcut değildir.

Başvuru Kaynakları

Bu teknik, Avrupa Birliği'nde, G1RD-CT-2001-00482 sözleşme numaralı, FP5 büyüme projesi olan BRICETS "Metal Byproduct Recovery in Induction Furnaces - Commercial, Environmental and Technical Solutions" (İndüksiyon Fırınlarında Metal Yan Ürünlerin Geri Kazanımı – Ticari, Çevresel ve Teknik Çözümler) altında geliştirilmektedir. Projenin 2004 senesinin baharında sona ermesi planlanmıştır. [140, AB Tematik Ağ Dökümhane Atıkları, 2001], [202, TWG, 2002]

6.3 Maça Yapımından Kaynaklanan Atık Gazdan, Gaz Süzme Yöntemiyle Amin Geri Kazanımı

Bir pilot tesiste, bir maça atölyesinin baca havasından gaz süzme yöntemi kullanılarak amin (DMIA) geri dönüştürmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun bileşeni aşağıdaki gibidir:

- 80 - 90 % amin (DMIA)
- 10 - 20 % çözücü
- 0 % su.

Birkaç test dizisinden sonra, geri dönüştürülmüş olan amin fren-diski maçalarına gaz sağlamak için kullanılmıştır. Bu maçalar ile standart ticari DMIA kullanılarak gaz verilen maçalar arasında hiçbir fark olmadığı tespit edilmiştir. Test maçaları normal üretim koşulları altında dökülmüştür ve üretimi tamamlanan fren diskleri olağan teknik testlerden geçirilmiştir.

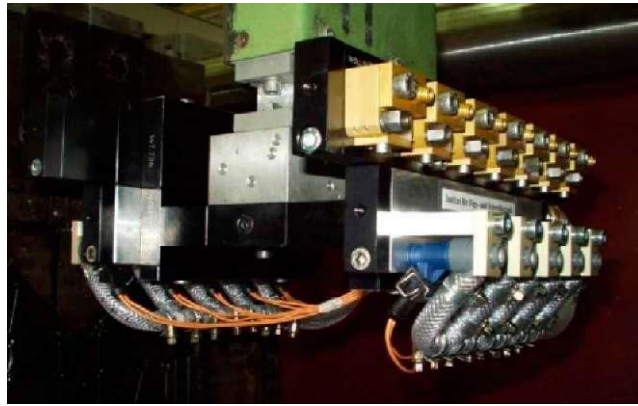
Alınan bütün sonuçların izin verilen toleranslar dahilinde olduğu görülmüştür. Bu, geri dönüştürülen DMIA'nın normal üretim koşulları altında kullanılabileceğini gösterdi. Ekonomik verimlilik, tesisin optimizasyonunun ilerletilmesini takiben sağlanabilir. [217, Paul, et al., 1994]

6.4 Alüminyum Pres – Dökümünde Ayırıcı Madde ile Suyun Ayrı Ayrı Püskürtülmesi

Açıklama

Yüksek basınçlı alüminyum pres – dökümünde, dökmenin kalıba yapışmasını önlemek amacıyla, kalıcı kalıplar döküm işleminden önce soğutularak üzerlerine ayırıcı madde püskürtülmektedir. Ayırıcı madde kullanımında alışlagelmiş kullanım yöntemi, su ve ayırıcı madde karışımının doğrusal olarak dizilmiş birkaç meme aracılığı ile sıcak kalıbın üzerine tek seferde uygulanmasıdır. Suyun bir kısmı buharlaşır, ve böylece kalıbı soğutur ve ayırıcı maddeyi kalıbın üzerinde bırakırken, karışımın kalan kısmı kalıbın üzerinden akarak ayırıcı madde ve su kaybına sebep olmaktadır. Aynı zamanda suyun buharlaşması bir sis oluşumuna da sebep olabilir. (bkz. Bölüm 4.5.8.7)

Alternatif bir proseste ise su ve ayırıcı madde ayrı ayrı uygulanmaktadır. Bu amaçla ayırıcı maddenin sudan ayrı uygulanabilmesi için püskürtme başlığına bir sıra meme eklenmiştir. Bu memeler bir bilgisayar aracılığı ile tek tek etkinleştirilebilmektedir. (bkz. Şekil 6.1).



Şekil 6.1: Su ve Ayırıcı Ajan İçin Ayrı Uçlara Sahip Püskürtme Başlığı

İlk önce su püskürtülür ve kalıbı yaklaşık 20 °C soğutur, bunun ardından ayırıcı maddenin püskürtülerek uygulanması takip eder. Başlangıç niteliğindeki soğutma daha az ayırıcı maddenin buharlaşmasını sağlar ve aynı zamanda ayırıcı maddenin kalıba yapışma seviyesini de artırır. Bu durum ayırıcı maddenin tüketimini yaklaşık 25 % oranında azaltmaktadır. Termografik ölçümler bu tekniğin kalıpları daha etkili ve eşit dağılımlı olarak soğuttuğunu göstermektedir. Testler, ayırıcı maddenin akmasının söz konusu olmadığını ispat etmiştir. Aksi takdirde akan ayırıcı maddenin toplanması ve elden çıkartılması gerekli olacaktır.

Ayırıcı madde, yalnızca kalıbın erimiş alüminyum ile temas edecek olan yüzeylerine uygulanmaktadır. Bu durum, ayırıcı madde tüketimini ilave olarak 30 % daha azaltabilmektedir.

Ayırıcı maddenin uygulanması için memelerin bilgisayar – destekli olarak çalıştırılıyor olması daha önceden kullanılan mevcut sıkıştırılmış hava memeleri düzenini gereksiz kılmıştır. Bu işlev artık ayırıcı madde memeleri tarafından üstlenilmiştir.

Küçük dizilerin ve kalıpların sık değiştirilmesinin bir avantajı püskürtme programının bilgisayara kaydedilebilmesi ve böylece bir kalıp değişimini takiben hızlı bir biçimde tekrarlanabiliyor olmasıdır.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Ayırıcı madde tüketimi, su ve ayırıcı maddenin ayrı ayrı uygulanması sayesinde 25 % oranında azaltılabilmektedir. Memelerin ayrı ayrı etkinleştirilebiliyor olması, ayırıcı madde yalnızca kalıbın döküm ile temas eden bölgelerine uygulandığından, dökümün geometrisine de bağlı olarak 30 % 'a kadar tasarruf elde edilmesini olanaklı kılmaktadır.

Su tüketimi yaklaşık 15 % oranında azaltılabilmektedir. Elden çıkartılması gerekli olacak su veya ayırıcı madde kaybı meydana gelmemektedir. Ayırıcı maddenin buharlaşmasından kaynaklanabilecek gaz biçiminde herhangi bir emisyon da ortaya çıkmamaktadır.

Çapraz-ortam etkileri

Herhangi bir çapraz-ortam etkisi yoktur. Enerji maliyetlerinde herhangi bir artış olması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Önceki testler alüminyum pres – dökümü ile gerçekleştirilmişti. Bu teknik aynı zamanda çinko pres – dökümünde ve plastiklerin püskürtmeli kalıplanmasında da uygulanabilmektedir. Püskürtme başlığı yüksek sıcaklıklarda kullanılmak istendiğinde birtakım değişiklikler yapılması gerekli olacaktır. Bunlar henüz test edilmemiştir.

Ekonomi

Ayırıcı madde ve su tüketiminde gerçekleşecek olan önemli miktardaki tasarruf ve tasfiye maliyetlerinin ortadan kaldırılması sayesinde ekonomik avantajlar ortaya çıkacaktır.

Aynı zamanda, püskürtme programlarının kaydedilebilmesi ve daha sonra tekrar kullanılabilmesi sayesinde, kalıp değişimlerinde elde edilecek önemli vakit tasarrufundan kaynaklanan ilave avantajlar olacaktır.

Bu tekniğin yatırım maliyetleri alışlagelmiş prosesin maliyetlerinden daha yüksektir. Bunun olumlu yanı ise, farklı kalıpların ayrı ayrı aynı püskürtme başlığı ile ısıtılabilmesidir.

Kullanılması için itici güç

Önemli miktarda malzeme ve su tasarrufu.

Toplanması gerekecek olan ayırıcı madde – su karışımının kaybı önlenmiş olur.

Makinenin kurulumu ve adaptasyon için kısa süreler gerekli olacaktır. Sonuçların tekrarlanabilme olanağı (tutarlı kalite).

Örnek Tesisler

Püskürtme başlıkları, 2003 senesinin sonundan beri Alman bir üretici tarafından üretilmekte ve satılmaktadır. Sanayi tarafından ticari soruşturmalara başlanmıştır. Sanayideki kullanımının 2003 senesinin sonuna kadar başlaması beklenmektedir.

Başvuru Kaynakları

[234, Anders, 2003]

6.5 Maça Yapımı için İnorganik Bağlayıcı Madde

Açıklama

Dökümhanelerdeki (komşuların şikayetçi olmasına sebep olabilecek) emisyonların ve kokunun sebebi olan organik bağlayıcı madde tüketimini azaltmak amacıyla, alüminyum pres – döküm işlemlerinde, maça yapı sırasında kullanılmak üzere farklı bileşimlerde inorganik bağlama malzemeleri geliştirilmiştir ve arabaların emiş borularının seri üretiminde önceden kullanılmıştır.

Maçalar magnezyum sülfat ve / veya polifosfat içeren bir bağlayıcı madde kullanılarak üretilir. İnorganik bağlayıcı maddeler, esas olarak su-tuz karışımlarından ve buna ek olarak kumun döküme yapışmasını veya tutunmasını önlemek için az miktarlarda katkı malzemesinden (örn. seramik) oluşmaktadır. Bağlayıcı maddenin kum miktarına oranı, ağırlık bazında 3 % ile 8 % arasındadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı çözelti ve kristal suyudur.

10 ile 20 saniye arasındaki kısa kurutma sürelerine ulaşabilmek amacıyla önceden ısıtılmış olan kum (60 - 80 °C), çözelti suyunun ve kristal suyunun buharlaştığı ve hava ile dışarı atıldığı, ısıtılmış olan maça – çıkarma araçlarının (120 - 140 °C) içerisine üflenir. İnorganik seramik maça 1000 °C ‘nin üzerindeki bir ısı kararlılığına sahip olacaktır ve yüksek mukavemet seviyesini koruyacaktır. Suya direkt olarak temas ettiğinde maça birkaç saniye içerisinde yok olur. Sıcak kumun karıştırılması ve fırlatılması patentli bir maça çıkartma yöntemidir.

Dökümü takiben, maça çıkarma işlemi ister sulu ister kuru olarak gerçekleştirilebilir. Kuru maça çıkartma işleminde kum toprakları kum tanesi boyutuna öğütülür, bu da kuvars kum üzerindeki bağlayıcı katmanını büyük ölçüde sağlam bırakır. Dolayısı ile maça kumu bir kez maça kumu döngüsüne girdiğinde bağlayıcı madde eklemesi ancak orijinalde kullanılan bağlayıcı madde miktarının %5'i kadar eklenmelidir. Sulu maça çıkartma işleminde, dökümler su verilerek çok hızlı bir biçimde soğutulur. Bu, mikro - yapıda arzu edilen bir iyileşme sağlayabilir ve bağlayıcı maddenin tamamen çözülmesini sağlar.

Farklı kum akıtma özellikleri, bu tekniğin hali hazırda var olan bir tesiste kullanılmaya başlaması durumunda maça modellerinin ve havalandırmanın yeniden gözden geçirilmesini gerektirecektir. Kurutma adımı bütün nemin maçayı terk etmesi gerekmektedir ve bu gereksinim maça boyutlarını kısıtlayabilir.

Elde Edilen Çevresel Faydalar

Aminler, ısıtılma ürünleri ve duman gibi organik bileşenlerin emisyonuna yol açan soğuk-kutu prosesinin aksine, bu teknik maça-çıkartma sırasında da döküm sırasında da bağlayıcı maddeden kaynaklanan herhangi bir emisyon meydana gelmesine yol açmaz. Kum kalıntılarının tasfiyesinden dolayı herhangi bir atık ortaya çıkmaz ve masraflı kum yenileme işlemlerine ihtiyaç yoktur. Yerine konulması gerekli olacak kum miktarı çok düşüktür.

Bağlayıcı maddenin ihtiva ettiği seramik katkı maddeleri maçaların bitirilmesi gerekliliğini ortadan kaldırır.

Maça çıkartma işlemi için kuru bir teknik kullanıldığında kum içerisinde kalan bağlayıcı maddenin tamamı tekrar kullanılabilir.

İşletim Verileri

Bağlayıcı madde – kum karışımının akışkanlığı, su gömleği maçaları (silindir başlığı) gibi karmaşık şekillerin üretilmesi için yeterlidir. Test maçalarının stabilitesi 250 - 300 N/cm³ değerindedir. Stabilitate, daha fazla bağlayıcı madde eklenerek maça gereksinimlerine uygun değere getirilebilir.

Döküm sırasında herhangi bir gaz üretimi olmadığından gaz geçirgenliği ile ilgili herhangi bir sorun ortaya çıkmaz. Dolayısı ile bağlayıcı madde çok ince kumların kullanılmasını sağlar ve bu da yüzeyin kalitesini (örn: pürüzlerin derinliği) önemli miktarda iyileştirir. Yenilenme oranı yüksek olduğundan, pahalı alternatif sentetik seramik kumların ya da örneğin zirkon kumunun kullanılması bile ekonomik olarak elverişlidir.

Çapraz-ortam etkileri

Bağlayıcı maddeden herhangi bir emisyon ortaya çıkmadığından dolayı atıkların toplanması ve işlenmesine ihtiyaç yoktur. Bağlayıcı madde – kum karışımının ısıtılması ve maça – çıkartma araçlarının ön – ısıtması diğer maça çıkartma prosesleri ile kıyaslandığında daha yüksek enerji maliyetlerine yol açmaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni tesislerde ve hali hazırda mevcut olan tesislerde maça çıkartma otomasyonuna geçildikten sonra alüminyum pres döküm sırasında maça çıkartma işlemleri için kullanılmaya uygundur. Bağlayıcı maddenin demir dökümünde ve kalıplama malzemesi olarak kullanılabilmesi için uyarlamaya yönelik ilave gelişmeler hedeflenmektedir.

Ekonomi

Maça – çıkartma araçlarının ısıtılmasının gerekli olmasına rağmen, diğer başka şeylerin yanında yeni kum tüketiminin daha az olması ve maliyeti yüksek olan termal yenilenmenin veya kum tasfiyesinin artık gerekli olmaması dolayısı ile bu teknik maça – çıkartma işlerinde maliyetin genel olarak düşürülmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda bağlayıcı madde tekrar devir daim ettirilerek de maliyetlerde tasarruf sağlanabilmektedir. Organik bağlayıcı maddeler kullanıldığında maça – çıkartma işlemi sırasında ortaya çıkabilecek, aminler ve piroliz bileşenleri gibi organik bileşenlerin ayrıştırılması ya da herhangi bir gaz işleme sistemine yönelik bir ihtiyaç olmadığı gerçeği ile önemli maliyet azaltmaları gerçekleştirilebilir.

Kaba tahminlere göre, bu tekniğin kullanılması maça – yapımı maliyetlerini, soğuk – kutu prosesleri ile kıyaslandığında %30-50 oranında azaltabilmektedir.

Kullanılması için itici güç

Maliyetlerin ciddi miktarda azaltılması.

Koku sorunlarının ve organik emisyonların azaltılması.

Örnek Tesisler

VW Dökümhanesi AG, Hanover, Almanya

Başvuru Kaynakları

[235, Bischoff, 2003]

7 SONSÖZ

7.1 Çalışmanın Zamanlaması

TWG'nin ilk genel toplantısı Nisan 1999'daydı. Ancak, bu toplantıyı takiben, EIPPCB'deki baş uzmanın değişmesi dolayısı ile proje Ocak 2000'de askıya alındı. İşe Kasım 2001'de tekrar başlandı. Sektördeki olası yeni gelişmeleri de dikkate alarak işin durumunu ve ilk toplantıda varılan sonuçları gözden geçirmek amacıyla Ocak 2002'de ikinci bir TWG genel toplantısı organize edildi. BREF'nin ilk taslağı Kasım 2002'de istişare için TWG'ye gönderildi. Yorumlar değerlendirildi ve belgelendi ve mevcut en iyi teknik sonuçlarına yönelik tekliflerin de dahil olduğu ikinci bir taslak Mayıs 2003'te gönderildi. TWG'nin son genel toplantısı Ekim 2003'te organize edildi. Son toplantının ardından belgenin nihai versiyonu meydana getirilmeden önce kapanış yorumları ve idari özet bölümleri konusunda kısa bir istişare gerçekleştirildi.

7.2 Bilgi Kaynakları

Araştırma merkezleri, yetkililer ve sanayi genelinden, bu belge için bir temel oluşturmak üzere birçok belge gönderildi. Belçika'dan gelen mevcut en iyi teknik dokümanları [110, Vito, 2001] ve sanayiden gelen dokümanlar [32, CAEF, 1997] en önemli dokümanlar olarak kabul edilebilir. Bunlar mevcut en iyi teknik tespitinde dikkate alınması gereken teknikler konusundaki bölümün yazılması için bir başlangıç noktası olarak kullanıldı (Bölüm 4). Bunlar, İngiltere, İspanya, Danimarka ve Hollanda'dan gelen mevcut en iyi teknik dokümanları ve iyi çevresel uygulamalara yönelik kılavuzlar ile desteklendi. Almanya'dan spesifik teknikler ve bu tekniklerin Örnek Tesislerde yürürlüğe konulması ile ilgili önemli bilgiler sağlandı. Proje boyunca, Fransa, Almanya, İspanya, İngiltere, Finlandiya, Belçika, İtalya, İsveç ve Portekiz'de yer alan araştırma merkezlerinde ve kuruluşlardaki dökümhane uzmanları ile iyi ve açık bir iletişim mevcuttu. Saha ziyaretleri Almanya, Fransa, İspanya, Belçika ve Polonya'da gerçekleştirildi. İstişareler dökümhane operatörlerinden spesifik geri bildirimler, uygulanabilirlik ile ve bazı tekniklerin yürürlüğe konması ile ilgili yorumlar ve ilave İşletim Verileri alınmasını sağladı. Proje boyunca, önemli dökümhane sanayilerine sahip yeni Katılım Ülkeleri'nin katılımlarına özel dikkat verildi. Bunun sonucunda özellikle Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Macaristan'ın bilgi alışverişine aktif katılımı sağlandı.

Diyoksin emisyonları ve bunların azaltılması konusunda mevcut olan bilgilere dair daha iyi bir bakış açısı sağlanabilmesi amacıyla sanayi delegasyonu Eylül 2003'te özel bir atölye çalışması gerçekleştirdi. Bu atölye çalışmasına hem TWG üyelerinin hem sanayi uzmanlarının aralarında olduğu 30'un üzerinde kişi katıldı. Bu atölye çalışması ilave İşletim Verileri ve kullanışlı teknik bilgiler sağladı.

Bilgi alışverişinden doğan belgelerin büyük çoğunluğu demir ya da çelik dökümhaneleri ile ilgiliydi. Demir ya da çelik esaslı olmayan dökümhane prosesleri bu alışverişi prosesinde yeterince temsil edilmemiştir. Bununla birlikte, her ne kadar TWG'nin genel toplantılarına katılmamış olsalar da birkaç sanayi uzmanı ile iyi bir iletişim sağlandı. Almanya, Fransa ve Belçika'da yer alan demir ve çelik dışı dökümhanelere gerçekleştirilen ziyaretlerden değerli bilgiler toplandı. Uluslararası Magnezyum Derneği magnezyum eritmesindeki örtü gazları ile ilgili kullanışlı bilgiler sundu.

Bu dokümanın verilerinin kalitesinde bir dengesizlik vardır, şöyle ki; örneğin Bölüm 3 ve Bölüm 4'te bahsi geçen tüketim ve emisyon seviyeleri bir ülke çapında sanayi ile ilgili elde edilen araştırma verilerinden, birkaç örnek tesisi kapsayan verilere ve tek bir tesis üzerindeki spesifik verilere kadar değişiklik göstermektedir.

Demir veya çelik içermeyen metaller için alınan emisyon verileri tek kurulumlara dayanmaktadır. Bakır ve çinko eritme işleminde, yalnızca emisyon faktörleri sunulmuştur (kg/ton metal veya kg/ton döküm cinsinden verilmiştir). Magnezyum ve kurşun eritme işleminde, hiçbir tüketim veya emisyon verisi sunulmamıştır. Alüminyumun eritilmesi için indüksiyon, rötari ya da potalı fırınlara dair herhangi bir emisyon verisi yoktur. Mevcut oldukları durumlarda, emisyon verileri Bölüm 3’de verilmiştir. Bununla birlikte, bahsi geçen emisyon faktörleri ile uygulanan teknikler arasında açık bir ilişki yoktur. Dolayısı ile alüminyum dışındaki demir ve çelik harici metallerin eritilmesine dair, ilgili emisyon seviyesini de içeren mevcut en iyi teknik sonuçları elde edilmesi mümkün olmamıştır.

Doküman, atık suyunun önlenmesi ve işlenmesine yönelik teknikler konusunda bilgiler içermektedir. Bununla birlikte, bu teknikler ile ilgili emisyon seviyelerine dair herhangi bir veri tedarik edilmemiştir. Uygulanan işlem ile ilgili olarak atık suyun kalitesine dair herhangi bir işletim verisi sağlanmamıştır. Dolayısı ile atık su için mevcut en iyi teknik ile ilgili bir emisyon seviyesinin belirlenmesi mümkün olmamıştır.

VOC – emisyonlarının azaltılmasına yönelik teknikler ile ilgili herhangi bir bilgi sağlanmamıştır. Azaltma teknikleri ve ilgili emisyon seviyeleri ile ilgili bilgi eksikliği bir mevcut en iyi teknik sonucunun oluşturulmasını imkansız kılmıştır. Kaplama prosesleri ile ilgili VOC – emisyonlarının azaltılmasına yönelik teknikler (maçalara ve kalıplara uygulandıkları biçimde) Çözeltiler Kullanılarak Yüzeyin İşlenmesi ile ilgili BREF’de bulunabilmektedir.

Tozların ve kalıntıların tekrar – kullanımı ile ilgili tartışmada, indüksiyon fırını kullanılarak gerçekleştirilen eritme işlemlerinden kaynaklanan tozlar, alüminyum eritmesinden kaynaklanan cüruf, döküm temizleme tozları ve aşındırıcı maddeleri veya püskürtme kumunun işlenmesi ya da tekrar kullanılmasına dair teknikler konusunda, her ne kadar bu malzemelerin çoğunun ikincil metal üretiminde tekrar – kullanımı mümkün olsa da, herhangi bir bilgi sağlanmamıştır.

İki üye ülkeden mevzuat araştırmaları gönderilmiştir ancak bunlar Avrupa Birliği’nin tamamı için temsil edici nitelikte değildir. Bu iki üye ülkedeki uygulanabilir mevzuat ile ilgili bilgiler aşağıdaki internet adreslerinden elde edilebilmektedir:

- Avusturya: <http://www.ris.bka.gv.at/>
- Almanya: <http://www.bmu.de/de/txt/download/btaluft/>

7.3 Varılan Fikir Birliğinin Derecesi

Çalışmanın sonuçları Ekim 2003’te gerçekleştirilen son genel toplantıda kabul edildi ve daha yüksek bir oy birliği elde edildi. Sanayi, Bölüm 5.2’de ayrıntılı olarak belirtildiği biçimde, dioksin konusunda bir endişesini belirtti. Bu endişenin dışında bu belgede sunulan bütün mevcut en iyi teknik sonuçları konusunda tam bir anlaşmaya varıldı.

Son toplantıdaki başlıca tartışma konuları baca gazının toplanması ve işlenmesi, kaçak emisyonların en aza indirilmesi, gürültü azaltımı, çevresel düşüncelerin teknik seçimler üzerindeki etkisi ve mevcut en iyi teknik ile ilgili emisyon seviyeleriydi. Özellikle demir ve çelik dışındaki metallerin eritilmesi alanındaki bazı prosesler için bilgiler eksikti ve dolayısı ile herhangi bir mevcut en iyi teknik AEL’i kabul edilmedi. Toplantı sırasında, demir ya da çelik harici dökümhanelere özel teknikler hakkında, kısmen bu alanda sanayi uzmanlarının olmamasından dolayı az miktarda tartışma yapıldı.

Belgenin 4. Bölümünde formüle edildiği üzere, çevreye yönelik düşüncelerin eritme fırınları ve kalıplama yöntemlerinin temel seçimi için belirleyici bir rol oynayıp oynamadığı konusu dikkatli bir biçimde dikkate alındı. Bu seçimlerin karmaşık seçimler oldukları ve duruma özel bazda ve teknik sebeplere ve piyasa ile ilgili değerlendirmelere dayanması gerektiği konusunda genel bir fikir birliği mevcuttu. Dolayısı ile bu konu mevcut en iyi teknik olarak seçilmedi.

Baca gazlarının işlenmesi konusundaki tartışmalar, demir veya çelik içeren dökümhanelerdeki çoğu işlem için hem kuru sistemlerin hem de iyi çalışan sulu sistemlerin mevcut en iyi teknik olduğu konusunda anlaşmaya varılarak sonuçlandı. İlişkili emisyon seviyeleri bu belgede mevcut olan bilgilere dayanmaktadır.

Kaçak emisyonların ve gürültünün azaltılması konusunda ise konuların sunumu ve Bölüm 4 ve Bölüm 5 'de verilen bilgilerin detay seviyesi hakkında bazı tartışmalar yapıldı. Mevcut en iyi teknik ile ilişkilendirilecek spesifik bir gürültü seviyesine karar verilmemesi konusunda genel olarak fikir birliğine varıldı.

7.4 Gelecekteki Çalışmalar için Öneriler

Gerçekleştirilen bilgi alış – veriş ve bu bilgi alış – verişinin sonuçları, yani bu doküman, dökümhane sanayinde kirliliğin bütünlük olarak önlenmesi ve kontrol edilmesinin sağlanmasına yönelik önemli bir adım temsil etmektedir. Bununla birlikte, birkaç konuda bilgiler eksiktir ve mevcut en iyi teknik sonuçlarına varılmasına izin vermemiştir. Ana konular Bölüm 7.2'de sunulmuştur. İleride gerçekleştirilecek çalışmalar faydalı bir biçimde aşağıdaki bilgilerin toplanmasına yönelik olarak gerçekleştirilebilir:

- *VOC – azaltılmasına yönelik teknikler:* VOC – emisyonları, maçaların ve kalıpların bitirilmesinde ve kirli hurdaların eritilmesinde, bağlayıcı maddelerin döküldüklerinde termal ayrışmaya uğramaları sonucunda ortaya çıkmaktadır ve sektördeki en önemli çevresel sorunlardan biridir. Dökümhanelerdeki VOC – emisyonları, tipik olarak büyük – hacimli, düşük – seviyeli akışları içerir, bu de çevreye önemli bir yük temsil etmektedir ve bir koku salınımına sebep olabilir. Bu akışların etkili bir biçimde yakalanması ve işlenmesine dair tekniklerle ilgili bilgilerin yanı sıra ilgili emisyon ve ekonomik veriler ile ilgili de bilgi gereklidir. VOC emisyonlarının alternatif bağlayıcı madde ve kaplama malzemelerinin kullanılması sayesinde önlenmesi de ek çalışmalar yapılmasını hak etmektedir. Bu tekniklerin işletimsel uygulamalarda kullanılmasından elde edilecek veriler toplanmalı ve raporlanmalıdır.
- *Atık suyun arıtılması:* Atık suyun arıtılması bu belgede genel olarak açıklamaya yönelik bir biçimde ele sunulmuştur ve gerçekten de bu konudaki İşletim Verileri yalnızca tek bir örnek tesisi için verilmiştir. Tartışmanın temelleri, daha geniş yelpazedeki arıtma tesislerinin performansları hakkında bilgi alış-veriş gerçekleştirilerek ve ilave İşletim Verileri elde edilerek genişletilmelidir. Sulu fırçalamanın mevcut en iyi tekniğin bir parçası olarak seçilmiş olması ışığında, ilgili atık su arıtmaları ve yüzeye ve lağım suyu akışlarına giden emisyon seviyeleri konusunda bilgi elde edilmelidir.
- *Demir ve çelik harici metallerin eritilmesi:* Demir ya da çelik haricindeki metallerin eritilmesi konusundaki tartışma temiz külçelerin eritilmesi ve temiz dahili geri dönüş malzemelerine dayanmaktadır. Bu bazda, düşük emisyon seviyeleri olacağı varsayılmıştır. Dökümhanelerdeki demir ve çelik harici metalin eritilmesinden kaynaklanan hem yönlendirilmiş hem de kaçak emisyonlar (örn. metallerin, organiklerin) hakkında, işletimsel uygulamalara dayanan, hem emisyon seviyesi (kütle/egzoz hacmi) hem de kütle akışı (kütle/metal veya dökümün çıktısı) olarak ifade edilecek daha bütün bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.
- *Ekonomik veriler:* Bölüm 4'te sunulan tekniklerin bir çoğu için ekonomik bilgiler eksiktir. Bu bilgilerin, sunulan tekniklerin yürürlüğe konması ile ilgili süren projelerden sanayi ve Üye Ülkeler tarafından toplanması gereklidir.
- *Enerji Verimliliği:* Indüksiyon ve kupol fırınlarında ısı geri kazanımı tekniklerine dair örnekler bu belgede sunulmuştur. Performans verilerine sahip ilave ısı geri kazanımı sistemi örneklerine ihtiyaç vardır. Bütün fırın tipleri için, enerji verimliliğini arttırmaya yönelik spesifik teknikler ile ilgili, enerji tüketimini ve enerji kayıplarını dikkate alan bilgiler toplanmalıdır. Böylece bu metal eritme işleminde mevcut en iyi teknik ile ilgili enerji tüketimi seviyelerinin belirlenmesine olanak tanıyabilir.

7.5 Gelecekteki Ar - Ge Projeleri için Önerilen Konular

Bilgi alışverişi sayesinde araştırma ve geliştirme projeleri aracılığı ile ilave faydalı bilgilerin elde edilebileceği bazı alanları ortaya çıkarmıştır. Bu alanlar aşağıdaki konular ile ilişkilidir.

- *Diyoksin gözlemi ve azaltılması:* Dioksini önlemeye yönelik tam kapsamlı önemlerin yürürlüğe konulmasına imkân sağlamak amacıyla, proses parametrelerinin dioksin oluşumuna olan katkılarının daha iyi anlaşılmasına yönelik bir ihtiyaç vardır. Bu, çeşitli kurulumlardaki dioksin emisyonlarının değişen koşullar altında gözlenmesini gerektirmektedir. Ek olarak, dökümhane sanayisinde ikincil önlemlerin kullanılması ve etkinliği konusunda da araştırma yapılmasına yönelik ihtiyaç vardır. İkincil önlemler (örn: katkı maddesi enjeksiyonu, katalitik filtre torbaları) başka sektörlerde (örn: çelik, atık yakılması, demir ve çelik harici metal üretimi) yürürlüğe konulmuştur, ancak bunların dökümhanelerde uygulanmasından kaynaklanabilecek işletimsel sorunlar ve bu önlemlerin performansları konusunda çok az deneyim vardır.
- *Cıva emisyonları:* Metallerin yığın emisyonları büyük ölçüde toz ile ilişkilidir. Toz emisyonlarının en aza indirgenmesi, BREF’de sunulduğu gibi, olası metal emisyonlarını da azaltacaktır. Bu sanayideki, cıva haricindeki bütün metaller için geçerlidir. Metaller arasında eşsiz olarak, cıvanın uçuculuğu toz ile ilişkili olmayan emisyonların meydana gelmesine yol açabilmektedir. Cıva emisyonları konusundaki Avrupa’da geçerli bir hareket tarzının yürürlüğe konması ışığında, genel olarak eritme proseslerindeki ve daha spesifik olarak da özellikle (demir ve çelik harici) dökümhanelerdeki cıva emisyonları konusunda araştırmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.
- *Oksigaz brülörleri ve bunların kupol fırınlarında kullanımı:* Oksigaz brülörlerinin kupol fırınlarında kullanımı Bölüm 4.2.1.10’da açıklanmıştır. Teknik bazı çevresel faydalar göstermektedir. Bununla birlikte, bu tekniğin uygulanmasına dair karşılaşılan zorluklar daha yaygın olarak kullanılmasını kısıtlamaktadır. TWG sürmekte olan araştırmalar sonucunda yeni uygulamaların hazırlandığını bildirmiştir. Burada, bu tekniği daha ileri seviyede uygulanabilmesine imkân tanıyabilecek gelişme seviyesine taşımak için araştırma ve geliştirme çalışmalarına yönelik bir alan mevcuttur.
- *Magnezyum eritme işleminde SF₆ yerine geçecek alternatif gazlar:* Son zamanlarda gerçekleştirilen bazı yeni sanayi uygulamalarına ek olarak, SF₆ yerine geçecek HFC-134a ve Novec 612 gibi gazlar geliştirilmiş ve başarılı bir biçimde test edilmiştir. Bu gazlar SO₂ tarafından yer değiştirmeye karşı bir alternatif sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar ve deneme projeleri bu bileşenlerin koruyucu özellikleri, ayrışım davranışları ve emisyon modelleri konusunda daha detaylı bilgiler sağlayacaktır. Bu, uygulanabilirliğe dair daha açık bir belirti sunacaktır ve sanayi uygulamalarını destekleyebilir.

EC, RTD programları aracılığı ile, temiz teknolojiler, ortaya çıkan atık işleme ve geri dönüşümü teknolojileri ve yönetim stratejileri ile ilgili bir dizi proje başlatmakta ve desteklemektedir. İmkanlar dahilinde, bu projeler gelecekteki BREF incelemelerine faydalı katkılarda bulunabilir. Dolayısı ile okuyucular bu belgenin kapsamı ile ilgili herhangi bir araştırma sonucu konusunda EIPPCB’yi bilgilendirmeye teşvik edilmektedir (aynı zamanda bu dokümanın önsözüne de bakınız).

İşletim Verileri

8000 ton / yıl döküm üretimli otomatik bir kalıplama hattı kullanan bir otomotiv demir dökümhanesi 480 ton / yıl toz üretir. Bu toz toplanır, soğutulur ve kum karıştırıcı içinde geri dönüştürülür. Toplanan toz %23 etkin bentonit ve %10 karbon içerir. Tozun %50’si ince tozdan dolayı herhangi bir kalite kaybı riski olmadan yeniden devir daim ettirilebilir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik yeni ve mevcut yaş kum tesislerinde uygulanabilir.

Ekonomi

Bu teknik depolama ve nakliye ekipmanları için 25000 EURO’luk bit yatırım gerektirir. Amortisman dönemi, 240 ton / yıl kapasiteli bir tesis için %8’lik bir ıskonto oranlı, 17 EURO / ton işlenmiş kum sermaye maliyetiyle sonuçlanan 8 yıldır. Tüm tesisin işleyişi değişmediği için fazladan işletim maliyetleri yoktur.

Kullanılması için İtici Kuvvet

Birincil malzemelerin kullanımının optimizasyonu ve tasfiye edilmesi gereken atıkların miktarında azalma.

Örnek Tesisler

Almanya'daki otomotiv demir dökümhanesi.

Başvuru Kaynakları

[82, IfG - Institut für Gießereitechnik, 1996]

8 REFERANSLAR

- 2 Hoffmeister, J.; Reichardt, N. and Alwast, H. (1997). "NE-Metallindustrie - Betreiberleitfaden für Anlagen zum Gießen in verlorenen Formen - Sandgußverfahren", Ministerium Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft NRW.
- 9 Schneider, B. (1993). "Verwertung von Gießereialsanden durch thermischmechanische Aufbereitung in einer zentralen Anlage", Umweltbundesamt, 30 441-5/9.
- 11 Schachtner, J. and Müller-Späth, G. (1993). "Demonstrationsanlage zur thermischen Altsandregenerierung mit Komponententrennung für Quarz- und Chromerzsand (Demonstration Plant for Thermal Regeneration of Used Sand with Components Separation of Silica and Chromite Sand - Final Report 9010)", Umweltbundesamt, UBA3 0 441-2/4.
- 15 Gwiasda, F. (1984). "Erfassung und Reinigung von Abgasen bei der Kernfertigung einer Gießerei", Umweltbundesamt.
- 16 Gerber, E. and Gwiasda, F. (1981). "Erfassung und Reinigung von Abgasen an Ausschlagrosten einer Gießerei", Umweltbundesamt.
- 17 Strauß, D. (1983). "Emissionsminderung durch Umbau einer Kupolofenanlage (Reduction of Emissions by Reconstruction of Cupola Furnace Melting Plant - Final Report 1018)", Umweltbundesamt.
- 18 Rademacher, H. (1993). "Errichtung und Betrieb einer Absaugung der Induktionsofen-Schmelzerei und Nebenbetriebe (Establishment and Operation of Exhausting the Induction Furnaces Melting Equipment and its Sub-Plants - Final Report 1107", Umweltbundesamt, 50 441-5/168.
- 20 Gapp, H. (1998). "Reduzierung des Gehaltes an Benzol in den Abgasen von Gieß- und Kühlstrecken durch den Einsatz eines Bio Filters (Reduction of the Benzene Content in the Exhaust Gas from Casting and Cooling Lines by Using of a Biological Filter - Final Report 2041)", Umweltbundesamt, 50 441 - 7/10.
- 21 Strauß, D. (1994). "Emissionsminderung durch Anwendung moderner Prozesstechniken in einer Gießerei (Reduction of Dust and Gaseous Emissions in a Foundry by Applying Modern Process Techniques - Final Report 1095)", Umweltbundesamt, 0 441-5/145.
- 23 Brettschneider, D. and Vennebusch, B. (1992). "Luftreinhaltung - Verbesserung der Emissionssituation eines Gießereischmelzbetriebes mit zwei Drehtrommelöfen (Improvement of Conditions for Emissions of a Melting Range with Two Rotary Furnaces) - Final Report 1119", Umweltbundesamt, 50 441 - 1/56.
- 27 Kran, H.-P.; Rudolph, A. and Reinhold, M. (1995). "Reduction of Emissions of a Hot Blast Copula Furnace by Application of a Fabric Filter and by Using of Waste Heat and Residue - Final Report", Umweltbundesamt, UBA 0 441-/ZII 1.1-50 441-5/178.
- 29 Batz, R. (1986). "Stand der Technik bei der Emissionsminderung in Eisen-, Stahl- und Tempiergießereien", Umweltbundesamt.
- 32 CAEF (1997). "MET for the Abatement of Atmospheric Pollution in the Ferrous Foundry Industry", European Commission - DG XI.E.1.
- 34 Binner, W. (1994). "Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Reststoffe aus Schmelzanlagen für Nichteisenmetalle (NE- Schwermetallguß)", Abfallberatungsagentur (ABAG).
- 36 Winterhalter, J.; Mauersberger, G.; Bars, P. and Toussaint, D. (1992). "Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Gießereialsande aus Nichteisenmetallgießereien", Abfallberatungsagentur (ABAG).

- 37 Winterhalter, J.; Mauersberger, G.; Bars, P. and Toussaint, D. (1992). "Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Gießereialsande aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien", Abfallberatungsagentur (ABAG).
- 42 US EPA (1998). "EPA Office of Compliance Sector Notebook Project: Profile of the Metal Casting Industry", U.S. EPA, EPA/310-R-97-004.
- 43 Batz, R. (1996). "Dioxin- und Furanemissionen aus Schmelzanlagen in Eisen-, Temper- und Stahlgießereien", Umweltbundesamt, 0722 186X.
- 44 ETSU (1993). "Cupola Melting of Cast Iron in Iron Foundries (Good Practice - Guide 58)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 45 ETSU (1990). "Achieving High Yields in Iron Foundries (Good Practice - Guide 17)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 46 ETSU (1995). "Energy Saving in Foundry Services (Good Practice - Guide 166)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 47 ETSU (1992). "Guidance Notes for the Efficient Operation of Coreless Induction Furnaces (Good Practice - Guide 50)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 48 ETSU (1994). "Improving Metal Utilisation in Aluminium Foundries (Good Practice - Guide 142)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 55 ETSU (1993). "Electric Holding of Hot Metal in Iron Foundries", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 64 ETSU (1997). "Non-Ferrous Foundries (second edition)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 70 ETSU (1998). "Optimising Sand Use in Foundries", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 71 ETSU (1998). "Cost-Effective Management of Chemical Binders in Foundries (GG104)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 72 ETSU (1995). "Chemically Bonded Sand: Use and Reclamation (EG4)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 73 ETSU (1995). "Foundry Greensand: Use and Reclamation (EG 5 Guide)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 75 ETSU (1996). "Improved Process Control Reduces Mould Losses", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 78 ETSU (1996). "Environmental Management Systems in Foundries (GG 43 Guide)", Energy Efficiency Office - Department of the Environment.
- 80 ERM Lahmeyer International GmbH (1999). "Aufkommen und Entsorgung von Gießereialsanden (Amount of Waste Foundry Sand and Disposal)", Umweltbundesamt.
- 82 IfG - Institut für Gießereitechnik (1996). "Untersuchung von Eisen- und NE- Metallgießereien - Branchengutachten", Ministerium Baden-Württemberg, 0941-780 X.
- 96 Spillner, A. (1997). "Vermeidung von Kernsand und Aminabfällen durch den Einsatz des Lost-foam-Verfahrens im Leichtmetall-Serienguß", Abfallberatungsagentur (ABAG).
- 103 Vereniging van Nederlandse Gemeenten (1998). "Werkboek milieumaatregelen Metaal - en Elektrotechnische Industrie", VNG Uitgeverij.

- 108 FEAF (1999). "Fundición de Metales Ferrosos", Fundación Entorno Empresa y Medio Ambiente.
- 110 Vito (2001). "Beste Beschikbare Technieken voor de Gieterijen", Vito, ISBN 90 382 0312 8.
- 112 Salminen, S. and Salmi, J. (1999). "The Biological Air Purification System in Purifying Odours Produced in a Foundry Process", Vapo Oy Biotech.
- 122 Kirst, J. (1999). "Regenerierung von Kernformstoffen und Formstoffen", Umweltbundesamt, UBA III 2.2-50441-14/7.
- 126 Teknologisk (2000). "A Survey of the Pollution and Environmental Conditions in the Foundry Industry", Danish Technological Institute.
- 128 IHOBE (1998). "Arenas de Moldeo en Fundiciones Ferreas", Gobierno Vasco.
- 129 infoMil (1999). "Reductie van de uitstoot van isopropylalcohol door ijzergieterijen", infoMil.
- 130 de Wilde, J. M. and ten Houten, M. R. (1999). "LCA van drie gietsystemen voor gietijzer op basis van de LCA van een compressor casing ten behoeve van een rotorhuis Z3", TNO Industrie.
- 133 De Globe B.V. (1999). "Aanvraag revisievergunning Wet milieubeheer", Provincie Limburg.
- 138 Metaalgieterij Giesen B.V. (1996). "Emissiemeetprogramma Thermische Zandregeneratie", Provincie Limburg.
- 140 EU Thematic Network Foundry Wastes (2001). "Foundry Waste Possibilities in the Future", Inasmet.
- 141 CERP (1999). "Foundry Process Emission Factors: Baseline Emissions from Automotive Foundries in Mexico", Casting Emission Reduction Program.
- Inasmet and CTIF (2002). "Eurofond 2002: Sand Moulding: Key to Competitiveness" Eurofond 2002, San Sebastian (E).
- US Dept. of Energy (1998). "Advanced Lost Foam Casting", Office of Industrial Technologies, <http://www.oit.doe.gov/factsheets/metalcast/pdfs/lostfoam.pdf>.
- Inductotherm (2002). "Inductotherm Safety Manual On-line", Inductotherm, [http://www.inductotherm.com/safety/safety .htm](http://www.inductotherm.com/safety/safety.htm).
- 148 Eurofine (2002). "European Foundry Internet Network", http://eurofine.reflexe.fr/BDdebut_an.html.
- 149 Beauvais, P. and Choplin, L. (2001). "New technologies for the application of water- based coatings", Fonderie Fondeur Aujourd'hui, 201, pp. 9-29.
- 150 ETSU (1998). "Long campaign hot-blast cupolas in iron foundries", GPCS366.
- 151 Gemco (1999). "Sand Cleaner", Gemco Engineers Foundry Projects.
- 152 Notzon, I. and Heil, D. (1998). "Verminderung von Kernsand aus dem CO2- Wasserglas-Verfahren durch mechanische Regenerierung", Abfallberatungsagentur (ABAG).
- 153 Umweltbundesamt (2002). "Techniken zur Regenerierung von Mono- und Mischsand aus Giessereien", Umweltbundesamt, personal communication.
- 154 Baum (2002). "personal communication", firma Broer, personal communication.
- 155 European IPPC Bureau (2001). "Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metal Industries", European Commission.
- 156 Godinot, P. (2001). "Evolution of the Cupola in Europe", Fonderie Fondeurs Aujourd'hui, 205, pp. 28-40.

- 157 Godinot, P.; Charbonnier, M.; Dervin, B. and Morin, A. (1999). "Le traitement des fumées de cubilot", Fonderie Fondateurs d'Aujourd'hui, 188, pp. 37-43.
- 158 Charbonnier, M.; Godinot, P. and Stephan, J. (1998). "Devenir des poussières de cubilots dépoussiérés à sec", Fonderie Fondateur Aujourd'hui, 174, pp. 44-52.
- 160 UK Environment Agency (2002). "Interim Guidance for the A2 Ferrous Foundries Sector - External Consultation Draft", IPPC S(A2)2.01 (2002).
- 161 UK Environment Agency (2002). "Process Guidance Note Draft Electrical, Crucible and Reverberatory Furnaces", UK Environment Agency, PG 2/3 (2002).
- 163 UK Environment Agency (2002). "DRAFT Process Guidance Note: Hot and cold blast cupolas and rotary furnaces", UK Environment Agency, 163.
- 164 UK Environment Agency (2002). "Draft Process Guidance Note Processes for melting and producing aluminium and its alloys", UK Environment Agency, PG 2/6a(2002).
- 165 UK Environment Agency (2002). "Draft Process Guidance Note Processes for melting and producing magnesium and its alloys", UK Environment Agency, PG 2/6b(2002).
- 168 CAEF (2002). "Data relating to the European Foundry Industry", Committee of European Foundry Associations, <http://www.caef-eurofoundry.org/industry.htm>.
- 169 Orkas, J. (2001). "Technical and environmental requirements for surplus foundry sand utilisation", Helsinki University of Technology.
- 170 Godinot, P. and Carlier, P. (1999). "Le Cubilot sans Coke", Fonderie - Fondateurs d'Aujourd'hui, 185, pp. 32-38.
- 171 The Castings Development Centre (1999). "Beneficial Re-use for Managers", The Castings Development Center.
- 172 Neumann, F. (1994). "Gusseisen", expert verlag.
- 173 Huelsen, W. B. (1985). "Arc furnace emission control", The British Foundryman, July 1985, pp. 302-309.
- 174 Brown, J. R. (2000). "Foseco Ferrous Foundryman's Handbook". ButterworthHeinemann, ISBN0 7506 4284 X.
- 175 Brown, J. R. (1999). "Foseco Non-ferrous Foundryman's Handbook 11th Ed.", Butterworth Heinemann, ISBN 0 7506 4286 6.
- 176 ETSU (1998). "Induction Melting of Aluminium", Good practice guide 229.
- 177 Silva Ribeiro, C. A. (2002). "Mass balance data for non-ferrous foundries", Associação Portuguesa de Fundição.
- 178 Wenk, L. (1995). "Use of hexachloroethane for refinement of aluminium alloys and grain refinement of aluminium containing magnesium alloys", Verein Deutscher Giessereifachleute (VDG), personal communication.
- 179 Hoppenstedt (2002). "Guss Produkte Jahreshandbuch", Giessereien - Zulieferer - Ausstatter.
- 180 Assofond (2002). "Italian Foundry dust emission data", Assofond.
- 181 Ruffin, A. and Godinot, P. (1998). "Recyclage des poussières du cubilot", Fonderie Fondateurs Aujourd'hui, 175, pp. 18-41.
- 182 Closset, B. (2002). "SF6 replacement", International Magnesium Association, personal communication.

- 183 Goovaerts, L. (2002). "Emission data from site visits", Vito, personal communication.
- 184 Godinot, P. and Ressant, S. (2002). "Bibliographical study and survey on the coke-gas cupola", *Fonderie fondeur d'aujourd'hui*, 216, pp. 32-41.
- 185 Spitz, G. (2002). "Operational data PSA foundry", PSA Sept-Fons, personal communication.
- 186 Stephan, J. (1996). "Régénération thermique des sables de fonderie - caractérisation d'une installation Regetherm 500", *Fonderie Fondateurs d'Aujourd'hui*, 158, pp. 37-47.
- 187 Stephan, J. (1997). "Régénération thermique des sables de fonderie - caractérisation d'une installation Richards PX800", *Fonderie Fondateurs d'Aujourd'hui*, 170, pp. 21-53.
- 188 Stephan, J. (2000). "Régénération thermique des sables de fonderie - caractérisation d'une installation Fataluminium Eco-Rec", *Fonderie Fondateurs d'Aujourd'hui*, 198, pp. 54-69.
- 189 Hüttenes-Albertus (2002). "Die neue Cold-box Generation".
- 190 Schubert, W. and Gjestland, H. "Use of SO₂ as protection gas in magnesium die casting".
- 191 IMA; Erickson, S. E.; King, J. F. and Mellerud, T. "Recommended practices for the conservation of sulphur hexafluoride in magnesium melting operations", International Magnesium Association, technical committee report.
- 192 Gjestland, H. and Westengen, H. (1996). "Use of SF₆ in the magnesium industry, an environmental challenge" *3rd International Magnesium Conference, Manchester*.
- 194 UNEP IPCC (2002). "Climate change 2001: the Scientific basis", Intergovernmental Panel on Climate Change, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/001.htm.
- 195 UBA (2003). "Waste Water from Iron, Steel and Malleable Iron Foundry", Umweltbundesamt.
- 196 Unido (2002). "Cleaner Production in Metalworking (foundry)", Unido Information Sources on Cleaner Production, <http://www.unido.org/ssites/env/sectors/sectors303.html#1>.
- 197 Nalonchem (2002). "Foundry coke", <http://www.nalonchem.com/productos.htm>.
- 198 Georg Fischer "Einsaugsystem für Kupolöfen", GF.
- 199 Metalodlew s.a. (2002). "De-dusting system for Electric Arc Furnaces in the cast steel foundry Metalodlew s.a.", Metalodlew s.a.,.
- 200 Metalodlew s.a. (2002). "A site for regenerating of self-hardening moulding core sands in the cast steel foundry Metalodlew s.a.", Metalodlew.
- 201 CEN (2000). "Definition and classification of grades of steel (EN10020)", European Committee for Standardisation, EN10020.
- 202 TWG (2002). "Comments to first draft".
- 203 Linxe, D. (2002). "Le prototypage rapide et ses applications en fonderie", CTIF.
- 204 Carnicer Alfonso, P. L. (2001). "Emisiones de un Horno Rotativo de Oxigas para la fabricación de fundición férrea. Diagnóstico y medidas correctoras.", Universidad del Pais Vasco.
- 205 European IPPC Bureau (2003). "Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage", European Commission.
- 206 Ditze, A. and Scharf, C. (2000). "Remelting of Magnesium type 1 scrap with or without flux?", Magnesium Industry Website, <http://www.magnesium->

industry.com/Library/Highlights/Paper%20of%20the%20Month/papers/Remelting%20of%20Magnesium%20Type%201%20Scrap%20with%20or%20without%20Flux.pdf.

207 Drews, B. (1996). "Simultaneous mixing and cooling of moulding sand under vacuum", Casting Plant+Technology International, 2, pp. 4-10.

208 Devinny, J. S. (1998). "Cleaning the Air, Biologically", Civil Engineering, september, pp. 46-49.

209 Metalodlew s.a. (2003). "Environment-frienly conditions and improvement of work conditions", Metalodlew, <http://metalodlew.nss.pl/eng/produkcja/srodowisko/index.php>.

210 Martínez de Morentin Ronda, J. (2002). "Operational data Lur-Sue Foundry", Lur-Sue, personal communication.

211 European IPPC Bureau (2000). "Best Available Techniques Reference Document on the production of iron and steel", European Commission.

212 Zalensas, D. L. (1993). "Aluminium Castings Technology, 2nd ed.", American Foundrymen Society.

213 CTIF and CQRDA (2002). "Cast Aluminium Alloys - The reference guide", Artecomm document engineering.

214 Gerl, S. (2003). "Aufbereitung von Feststoffmischungen mit Evactherm- Vakuummischern", Giesserei-Praxis, 1-2003, pp. 17-22.

215 Müller, G. (1996). "Direkterfassung von Emissionen aus Formkästen im Groß- und Einzelguß (Hohl- und Vollform)", BIA, ISBN 3-88383-425-4.

216 Hobelsberger, H.; Kröger, H. and Nisi, D. (1997). "Erste Erfahrungen met einem weiterentwickelten umweltverträglichen Cold-Box-System bei Daimler-Benz", Giesserei, 84/21, pp. 48-49.

217 Paul, H.; Nisi, D. and Timm, J. (1994). "Solvent (amine) recycling from the exhaust air of a core shop by means of gas permeation" GIFA-Kongress Giessereitechnik '94, Düsseldorf (D).

218 Harnisch, J. and Schwarz, W. (2003). "Cost and impact on emissions of potential regulatory framework for reducing emissions of hydrofluorocarbons, perfluorocarbons and sulphur hexafluoride", Ecofys GmbH, Öko-Recherche, B4- 3040/2002/336380/MAR/E1.

219 Castings Technology International (2003). "Replicast (R)", CTI, http://www.castingsdev.com/tech_services/replicast/replicast.htm.

223 Rauch, E.; Sigmund, A. and Galovsky, U. (2003). "Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte des Inhouse-Recycling von Mg-Legierungen", http://www.lkr.at/german/news/news1/pdf/technische_betriebswirtschaftliche.pdf.

224 Helber, J.; Bautz, H. and Wolf, G. (2000). "PCDD-/PCDF-Emissionen bei Kupolöfen" Conference Internationale sur le Cubilot, Strasbourg.

225 TWG (2003). "Comments to the Second draft".

226 CTIF (1997). "Evolution des moyens d'élaboration de la fonte liquide", Ademe, 4.02.0025.

227 Godinot, P. (2004). "The economical future of cupola" International cupola conference, Trier.

228 Galante, G.; Michilli, O. and Maspeto, R. (1997). "No-bake as we see it", Impianti Machine Fonderia.

229 Lilja, B. G.; Westberg, H. and Nayström, P. (2000). "Survey of isocyanates in foundries, parts 1 - 5", Swedish Foundry Association - Svenska Gjuteriföreningen, 000317.

- 230 CAEF (2003). "Presentations of the Dioxin Workshop" Dioxin Workshop 24/09/2003, Brussels.
- 231 UNEP (2003). "Formation of PCDD and PCDF - an overview" Stockholm convention on persistent organic pollutants, expert group on MET and BEP, Research Triangle Park (USA).
- 232 Novem (2000). "Vervangen cokes-gestookte kroesoven door aardgas/zuurstof-gestookte trommeloven", Tenders Industriële Energiebesparing, 39520/0047.
- 233 IARC (1997). "Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils", International Agency for Research on Cancer.
- 234 Anders, U. (2003). "Ökologisch und ökonomisch optimierter Trennstoffeinsatz beim Aluminium-Druckguss", Integrierter Umweltschutz in Gießereien, Verein Deutscher Gießereifachleute.
- 235 Bischoff, U. (2003). "Untersuchungen zum Einsatz eines wasserlosen, anorganischen Kernbinders auf Basis von Magnesiumsulfat in einer Aluminiumleichtmetallgießerei", Universität Bergakademie.
- 236 UK Environment Agency (2001). "Guidance for the recovery and Disposal of hazardous and non-hazardous waste (other than by incineration and landfill)", SEPA, IPPC S5.06.
- 237 HUT (2003). "Foundry pictures database", Helsinki University of Technology.

Not: Numaralar sırayla değildir. Numaralar, EIPPCB veritabanındaki belge numaralarına atfen yazılmıştır (Demirhaneler ve Dökümhanelere Dair Teknik Malzeme). Sadece işbu belgede yararlanılan referanslar kaydedilmiştir

9 SÖZLÜK

9.1 Kısaltmalar

AEL	İlgili emisyon seviyesi -associated emission level
ADI	Öztemperlenmiş duktıl demir - austempered ductile iron
AFS	Amerikan Dökümcüler Derneği - American Foundrymen Society
AFS-number	Dökümhane kumunun partükül boyut dağılımı ölçüsü - measure of particle size distribution of foundry sand
AOD converter	Argon oksijen dekarbürizasyon dönüştürücü - argon oxygen decarburisation converter
AOX	Emilebilir organik halidler - absorbable organic halides
MET	Mevcut en iyi teknikler - best available techniques
BREF	MET referans belgesi - MET reference document
BTEX	Benzen, tolüen, etilbenzen, ksilen - benzene, toluene, ethylbenzene,xylene
BTX	Benzen, tolüen, ksilen - benzene, toluene,xylene
CAD	(rakamdan önce): Kanada Doları – ISO para birimi / Canadian Dollar - ISO currency unit
CAD	(genel) : Bilgisayar destekli tasarım - (general): Computer aided design
CAEF	Avrupa Dökümhaneler Dernekleri Komitesi - Committee of Associations of European Foundries
CAM	Bilgisayar destekli imalat - computer-aided manufacturing
CBC	Soğuk hava kupolü - cold blast cupola
CNC	Bilgisayar sayısal kontrollü - computer numerical controlled
DEM	Alman Markı (Alman Markı- ISO para birimi) / Deutsche Mark (German Mark - ISO currency unit)
DMEA	Dimetil etil amin - dimethyl ethyl amine
DMIA	Dimetil izopropil amin - dimethyl isopropyl amine
DMPA	Dimetilpropilamin - dimethylpropylamine
DS	Kuru katı - dry solid
EAF	Elektrik ark fırını - electric arc furnace
EEA	Avrupa Çevre Ajansı - European Environment Agency
EFR	Emisyon Faktör Derecelendirme - Emission Factor Rating
EIPPCB	Avrupa IPPC Bürosu - European IPPC Bureau
EMS	Çevresel yönetim sistemi - environmental management system
EP	Elektrostatik çökeltici - electrostatic precipitator
EPER	Avrupa Kirletici Emisyon Kaydı - European Pollutant Emission Register
EPS	Genleşmiş polistren - expanded polystyrene
EUR	euro
FA	Furtiril alkol - furfuryl alcohol
GWP	Küresel ısınma potansiyeli - global warming potential
GBP	İngiliz Sterlini – ISO para birimi Great Britain Pound - ISO currency unit
HBC	Sıcak hava kupolü - hot blast cupola
HCE	Heksakloroetan - hexachloroethane
HFC	Hidrofloro karbon - hydrofluoro carbon
HIP	Sıcak izostatik pres - hot isostatic pressing
HP	Yüksek saflık (Magnezyum alaşımları için) - high purity (for Magnesium alloys)
HPDC	Yüksek basınçlı kalıp döküm - high pressure die-casting
ID-fan	Endüklenmiş çekiş fanı
IEF	Bilgi Değişimi Forumu (IPPC Direktifi çerçevesinde resmi danışma kurumu)- Information Exchange Forum
IF	İndüksiyon fırını
IMA	Uluslararası Magnezyum Birliği - International Magnesium Association
IPA	İzopropil alkol -isopropyl alcohol
IPPC	Entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolü - integrated pollution prevention and control
IPTS	İleri Teknolojik Çalışmalar Enstitüsü - Institute for Prospective Technological Studies
JRC	Ortak Araştırma Merkezi - Joint Research Centre
l.	sol
LCA	Yaşam döngüsü değerlendirmesi - life cycle assessment
LOI	Ateşleme kaybı - loss on ignition
m.	orta
MDI	Metil diizosiyanat - methyl di-isocyanate
n.a	Uygulanamaz - not applicable
n.d	Veri mevcut değildir- no data
NM-VOC	Non-metan uçucu organik karbonlar - non-methane volatile organic carbons
OU	Koku üniteleri - odour units
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbon -polycyclic aromatic hydrocarbon
PCDD/F	poliklorlu dibenzodioksinler ve fûranlar - polychlorinated dibenzodioxins and -fûrans
PCB	poliklorlu bifenil -polychlorinated biphenyl
PE	Polietilen -polyethylene
PEVA	polietilen vinil asetat - polyethylene vinyl acetate
PF	fenol - formaldehit - phenol - formaldehyde
PFC	perflorlu karbon - perfluorinated carbon
PM	Partikül madde - particulate matter

PMMA	polimetilmetakrilat - polymethylmethacrylate
ppm	Milyon başına parçalar - parts per million
r.	sol
RF	Döner fırın - rotary furnace
RP	Hızlı prototipleme - rapid prototyping
RPM	Solunabilir partikül madde - respirable particulate matter
SG	Sfero grafit - spheroidal graphite
SME	Küçük ve orta ölçekli işletme(ler) - small and medium enterprise(s)
TEA	Trietil amin - triethyl amine
TEQ	Toksisite eşdeğer faktörü - toxicity equivalent factor
TWA	Zaman ağırlıklı ortalama - time-weighted average
TWG	Teknik çalışma grubu - technical working group
VOC	Uçucu organik bileşik - volatile organic compound
VODC	Vakumlu oksijen karbonsuzlaştırma dönüştürücüsü - vacuum oxygen decarburisation converter
UF	Üre – formaldehit -urea-formaldehyde
USD	ABD Doları – ISO para birimi /United States Dollar - ISO currency unit

9.2 Terimler

Tavlama	Alaşımı metalin kritik sıcaklık aralığı boyunca yavaşça soğutmak suretiyle yumuşatan bir ısıt işlem prosesi
Ostenitleme	Matrisin tamamen ostenite dönüşmesini sağlamak amacıyla alaşımı kritik sıcaklığın üzerinde tutan bir ısıt işlem prosesi
Hava faktörü	Tamamen oksitlenme için gerekli olan stokiyometrik hava miktarını üzerinden bir yanma prosesine ilave edilen hava oranı
Dökme demir	Kimyasal bileşimi ne olursa olsun normal olarak % 2 oranının üzerinde bir karbon içeriğine sahip olan ve bir ötektik katılaşma reaksiyonu ile katılaşan bir demir alaşımı
Döküm (<i>isim</i>)	Bir metalin ya da alaşımın bir kalıp içerisinde katılaşması aracılığıyla oluşan ve tamamlanmış şekline sahip ya da yakın olan ürünler için kullanılan genel terim (ISO 3134 - 4: 1985)
Yayınık emisyon	Uçucu ya da hafif tozlu maddelerin ortam (atmosfer, normal çalışma koşulları altında) ile doğrudan temasından kaynaklanan emisyonlar. Bu tür emisyonlar aşağıda belirtilenlerden kaynaklanabilir: - Donanımın doğal tasarımı (örnek olarak filtreler, kurutucular, vb.) - İşletme koşulları (örnek olarak malzemenin kaplar arasında aktarılması esnasında) - İşletim türü (örnek olarak bakım faaliyetleri) - Ya da diğer bir ortama aşamalı olarak salım işleminden (örnek olarak soğutma suyuna ya da atık suya). Kaçak emisyonlar yayınık emisyonların bir alt kümesidir
Emisyon	Tesisat içerisinde yer alan bağımsız ya da yayınık kaynaklardan maddelerin, titreşimlerin, ısının ya da gürültünün doğrudan ya da dolaylı olarak havaya, suya ya da toprağa salınması
"Boru çıkışı" tekniği	Bazı ekstra prosesler aracılığı ile nihai emisyonları ya da tüketimleri azaltan ancak temel sürecin esas işleyişini değiştirmeyen bir teknik. Eşanlamlıları: "ikincil teknik ", "azaltma tekniği ". Zıt anlamlılar: "süreç ile entegre teknik ", "birincil teknik" (temel sürecin işleyiş şeklini bir şekilde değiştiren ve bu suretle de ham emisyonları ya da tüketimleri azaltan bir teknik)
Mevcut kurulum	Kullanımda olan bir kurulum ya da bu Direktifin yürürlüğe girdiği tarihten önce mevcut olan mevzuat uyarınca, yetki verilmiş bir kurulum ya da yetkili merciinin görüşüne göre yetkilendirme için bir tam istekte bulunulmasına tabi olan bir kurulum; ancak söz konusu kurulumun bu Direktifin yürürlüğe girme tarihinden sonra bir yılı aşkın olmayan bir süre zarfında işleme alınması gerekmektedir

Demir esaslı malzemeler	Demirin başlıca bileşen olduğu, yani Fe içeriği (% w/w) diğer herhangi bir elementten daha yüksek olan malzemeler (EN10020 :2000; § 2.1'i müteakiben)
Dolu kalıp süreci	Kimyasal bağlı kum içerisinde bir köpük model kullanan kalıplama tekniği, bu teknikte model döküm üzerine kaybolur ve genel olarak sadece büyük çaplı döküm işlemleri için kullanılır
Tane küçültme	Katılaşma esnasında ince ve eş eksenli bir tane elde etmek amacıyla eritme işleminin geç aşamalarında uygulanan bir sıvı metal işlemi.
Yaş kum	Kalıp yapımı için kullanılan şekliyle kum, kil ve katkı maddeleri karışımı
Gri demir	Gri renkli çatlağa sahip dökme demir; lamel, küresel dökme ve kompakt grafit demir ile bulunabilir ancak bu terim ekseriyetle lamel demir için kullanılır
Hazneli tür fırın	Doğrudan ısıtmalı statik fırın, ayrıca yalama yalazlı fırın ve bale-out fırın olarak da bilinmektedir

Yabancı madde (enklüzyon)	(bu sektör için özel terim) metal yapısı içerisinde mevcut olan ve yapısal kusurlar oluşturan yabancı madde; çoğunlukla demir dışı metaller için kullanılır (örnek olarak magnezyum içerisindeki oksitler, alüminyum içerisindeki hidrojen)
Jungbuth ya da net diyagram	Kupol fırınlar için kullanılan bir terim olup basınçlı üfleme havası oranı ile kok yükünün fırından dökme sıcaklığı ve erime oranı üzerindeki etkisini temsil eden diyagram
Lamel demir	Pul şeklinde karbon içeren dökme demir
Kayıp köpük süreci	Bağlı olmayan kum içerisinde köpük model kullanan kalıplama tekniği, bu teknikte model metalin dökülmesi üzerine kaybolur ve seri üretim amaçlı kullanılır
Kayıp kalıp	Ya da tek kullanımlık kalıplar; her bir döküm işlemi için özel olarak hazırlanan ve döküm sonrasında yok olan bir kalıp. Kalıplar genel olarak kimyasal bağlı ya da kil bağlı ya da bağlanmamış kumdan imal edilir. Eriyen kalıpla (hassas) döküm de bu aileye dahil edilebilir
Kayıp kalıpla döküm	Kayıp kalıp kullanılarak bir dökümhane içerisinde yer alan kalıplama ve döküm atölyesinde gerçekleştirilen kum hazırlama, kalıplama, maça hazırlama, döküm, soğutma ve kalıp bozma benzeri bütün süreçler
Dövülebilir demir	Beyaz kırıklı yüzeye (beyaz dökme demir) grafit içermeyen demirin karbonsuzlaştırma uygulanan (beyaz temper döküm) ya da karbonsuzlaştırma uygulanmayan (siyah temper döküm) ısıtma işlemi tabi tutulması suretiyle elde edilen ve çekiç altında uzatılabilen ya da şekillendirilebilen demir
Erime kapasitesi	Bir kurulumda bulunan fırınların toplam 'galvanizlenmiş" kapasitesi; burada uygun olması durumunda 24 ile çarpılmış saatlik oran kullanılmalıdır
Sabit değer	Silikanın sodaya oranı; SiO_2 / Na_2O , (sodyum) silikatların nitelendirilmesi için kullanılır
Küresel dökme demir	Küresel / küresimsi şekilli karbonlu dökme demir, yaygın şekilde küresel grafitli dökme demir olarak anılmaktadır
Nodularizasyon	Karbon parçacıklarının küresel / küresimsi şekle dönüştürülmesi için dökme demirin magnezyum ile işleme tabi tutulması
Demir dışı malzemeler	Demir içermeyen bütün materyaller
Normalleştirme (kritik sıcaklığı üzerinde ısıttıktan sonra çeliği havada soğutma işlemi)	Alaşımın kritik sıcaklık aralığının üzerinde bir sıcaklıktan havada soğumasını sağlayan bir ısıtma işlem süreci
Tesis dışı kumun yeniden kullanımı	Kumların muhtelif şekillerde kullanılması
Sereğen / kokil / sabit kalıp	Ya da bir kalıbın birden fazla kullanımı, kokil döküm ve düşük basınçlı döküm, basınçlı pres döküm ya da santrifüj döküm için kullanılan kalıp; genellikle bu kalıplar metalik yapıdadır
Sabit kalıp döküm	Bir dökümhane içerisinde yer alan maça atölyesinde ve döküm atölyesinde gerçekleştirilen kum hazırlama, maça hazırlama, kokil döküm, kalıptan çıkartma ve maça bozma benzeri bütün süreçler
Kirletici madde	Ortama zarar verebilen ya da etkileyebilen bağımsız bir madde ya da maddeler grubu
Yakım sonrası	Baca gazının hava enjeksiyonu ya da bir şaloma kullanılarak CO ve (uçucu) organik bileşiklerin miktarının azaltılması amacıyla ateşlenmesi ve yakılması
Birincil yenilenme	Kullanılmış yaş kumun kalburdan geçirme, eleme, soğutma ve yeni kum, taze betonit ve diğer katkı maddelerinin karıştırılması işlemlerini uygulayarak kum devresi içerisinde kurum içi yeniden kullanım amacıyla işlenmesi
Üretim kapasitesi	Bu şekilde işletilmesinin teknik açıdan mümkün olması kaydıyla bir dökümhanenin 24 saat boyunca çalıştırılması durumunda dökümhanenin teorik kapasitesine dayalı olarak “iyi dökümlerin” üretilmesi ve kapasitesi
Yenilenme oranı	Yenilenmiş kumun kütlesi ile kalıp ve maça hazırlama işlemlerinde kullanılan kumun toplam kütlesi arasında bir yüzde olarak ifade edilen oran

Demirhaneler ve Dökümhaneler Endüstrisi

Kum devresi	Kumun depolanması, nakliyesi, hazırlanması ve işleme tabi tutulması için kullanılan kurulumun muhtelif kısımları
Kum geri dönüşümü	Kurum dışı yeniden kullanım amacıyla sahada kullanılan kumun hazırlanması
İkincil (kum) yenileme	Kumu yeni kuma eşdeğer ya da daha iyi bir kaliteye getirmek amacıyla kullanılan kumdan bağlayıcı madde katmanlarının uzaklaştırılmasını (= kullanılabilir duruma getirme) amaçlayan önlemler (mekanik, pnömatik, termal ve sulu)
Çelik	Bir peritektik tepkimeye göre katılan bir demir alaşımı. Demirin (kütlesi) içeriği herhangi diğer bir elementten daha yüksektir ve karbon içeriği genellikle % 2 oranından düşüktür; alaşım genellikle diğer elementleri de içerir
Tavlama	Ostenitleme ve su verme işlemi sonrasında ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa ısıtma ve açık havada soğutma işlemlerinden meydana gelen ve alaşımın sertleşmesinden sonra uygulanan ısıl işlem; bu işlem alaşıma mümkün olan en yüksek sertliği ve mukavemeti sağlar

9.3 Veri Sözlüğü

İngilizce	Almanca	Fransızca	Flamanca	İspanyolca	İtalyanca	Macarca
Dikeç fırın	Schachtofen	four à cuve	schachtoven	horno de cuba	forno a tino	aknás kemence
Kalıp bozma	Ausleeren	décochage	uitschudden	desmoldeo	distaffatura	űrítés, kirázás
Bilyeli kumlama	Schleuderstrahlen	grenillage	gritstralen	granallado	granigliatura	szemcseszórás
Yollukta katılan metal	Einguss	canal de coulée	voedingskanaal	canal de colada	canale di colata	álló beömlő
Torna talaşı	Späne	copeaux	spanen	viruta	trucioli	forgács
Damarlar	rissen	gerces	vinnen	venas	crestine	repedések
Pah	Abschrägung	chanfrein	gietsysteem	chaflán	cianfrinatura	formázási ferdeség
İndüksiyon tünel fırını	Rinnenofen	four à induction à canal	kanaal inductieoven	horno de inducción de canal	forno a canale	csatornás indukciós kemence
Kaplama	Schlichte	enduit, poteyage	coating/deklaag	pintura	vernice, verniciatura	formabevonó anyag
Soğuk kutu	kalter Kernkaste, Cold-box	boîte froide	cold-box	caja fria	cassa fredda	cold-box
Maça	Kern	noyau	kern	macho	anima	mag
Maça sandığı	Kernkasten	boîte à noyaux	kerndoos	caja de macho	cassa d'anima	magszekreny
Maça yapımı	Kernfertigung	noyautage	kernmakerij	macheria	formatura di anime	magkeszites
Potalı fırın	Tiegelofen	four à creuset	kroesoven	horno de crisol	forno a crogiolo	tegelykemence
Maça bozma	Entkernen	debourrage	ontkemen	extracción de macho	sterratura delle anime	kimagozás
Pres döküm kalıbı	Druckgiessform	moule	vorm	mole metálico	stampo	kokilla, nyomásos öntőforma
Kalıp yağlayıcı	Druckgiessschlichte	poteyage	koelsmeermiddel	lubricante	distaccante	kokilla-, nyomásos öntőforma kenőanyag
Kurutma fırını	Backofen	étuve	droogstoof	estufa	essiccatore	száritő kemence
Döküm temizleme	putzen	ébarbage	ontbramen	desmazarotado	sbavatura	tisztítás
Taşlama	schleifen	meulage	slijpen	esmerilada	molatura	csiszolás, köszörülés
İndüksiyon fırını	Induktionsofen	four à induction	inductieoven	horno de inducción	forno ad induzione	indukciós kemence
Lamel demir ya da gri dökme demir	Grauguss, GGL	fonte lamellaire, fonte grise	lamellair gietijzer	hierro gris	ghisa a grafite lamellare, ghisa grigia	lemezgrafitos vagy szürke öntöttvas
Parlak karbon	Glanzkohlenstoff	carbone brillant	glanskoolvormer	carbono brillante	carbonio brillante	fenyes karbon
Dövülgen demir	temperguss (GT)	fonte malléable	smeedbaar gietijzer	fundición maleable	ghisa malleabile	tempervas
Mikser	Menger	malaxeur	menger	mezclador	mescolatore	keverő
Kalıp	Form	mote	vorm	molde	forme	forma
Küresel dökme demir, küresel grafitli dökme demir, SG demir	GGG, Gusseisen mit Kugelgraphit	fonte à graphite sphéroidal, fonte ductile	nodulair gietijzer	hierro nodular	ghisa sferoidale	gömbgrafitos öntöttvas
Dökme	Giessen	couler	gieten	colada	colata	öntes
Kum	Sand	sable	zand	arena	sabbia	homok

Demirhaneler ve Dökümhaneler Endüstrisi

10 EKLER

10.1 Ek 1 Muhtelif kupol fırın türlerinde ve indüksiyon fırınında dökme demirin eritilmesine ilişkin verilere genel bakış

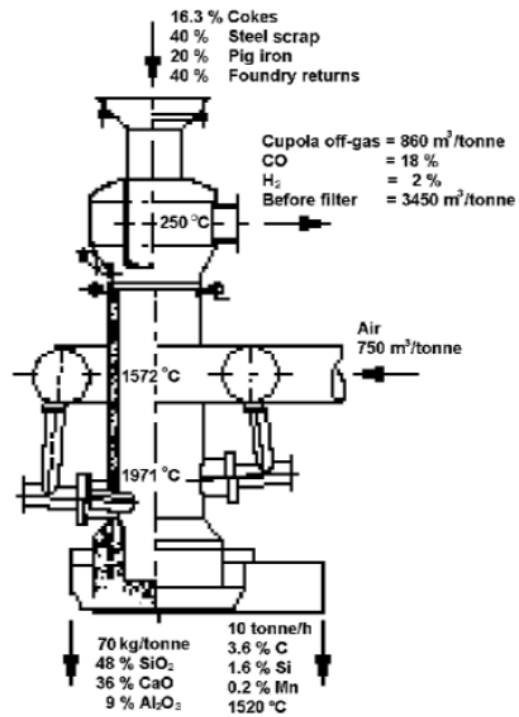
Kupol fırınında eritme işleminin muhtelif teknik modifikasyonlarının tüketim ve emisyon seviyelerine ilişkin bir araştırma Neumann tarafından 1994 yılında aşağıda belirtilen şekilde gerçekleştirilmiştir. Verilerin tamamı % 3.6 C ve % 1.6 Si içeren küresel dökme demirin 10 ton / saat oranında 1530 °C değerinde bir döküm sıcaklığında üretilmesine ilişkin bir sisteme işaret etmektedir. Şekil 10.1 içerisinde yer alan dengeler girdileri, çıktıları ve proses sıcaklıklarını göstermektedir. Proses sıcaklıkları daha sonra işletme uygulamaları ile karşılaştırılacaktır. Muhtelif tepkime dengelerinin karşılaştırılması yapılan modifikasyonların tamamının etkisinin değerlendirilmesine imkan tanımaktadır.

Muhtelif baca gazı temizleme ekipman türleri ile donatılmış soğuk ve sıcak hava kupolü ocakları için ekstra işletme verileri Bölüm 4.5.2 içerisinde verilmiş ve açıklanmıştır. Bu veriler halen çalışmakta olan tesislerden alınmıştır.

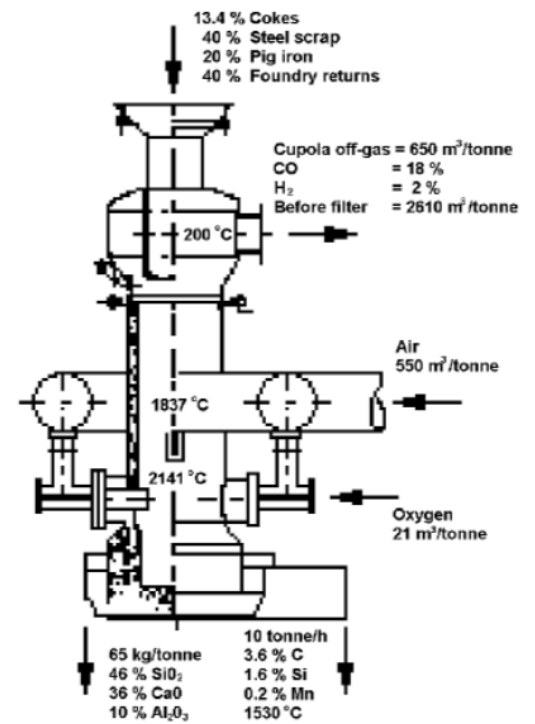
Aşağıda yer alan resimler aşağıda belirtilen teknikleri göstermektedir:

- (A) : soğuk basınçlı hava, ikincil tüyer sırası
- (B) : soğuk basınçlı hava, oksijen enjeksiyonu
- (C) : Gaz brülörlü soğuk basınçlı hava, oksijen enjeksiyonu
- (D) : sıcak basınçlı hava (500 °C), uzun çalışma süresi
- (E) : elektrikli destek ısıtmalı sıcak basınçlı hava (750 °C)
- (F) : sıcak basınçlı hava, oksijen enjeksiyonu (% 6)
- (G) : Plazma destek ısıtmalı sıcak basınçlı hava (1450 °C)

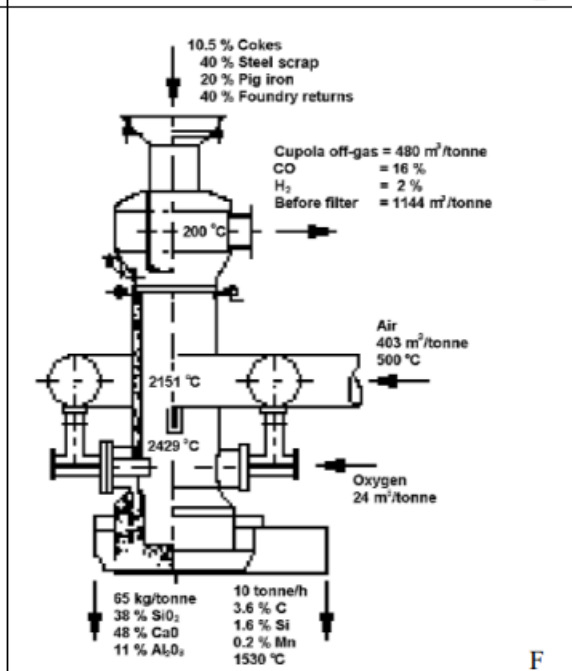
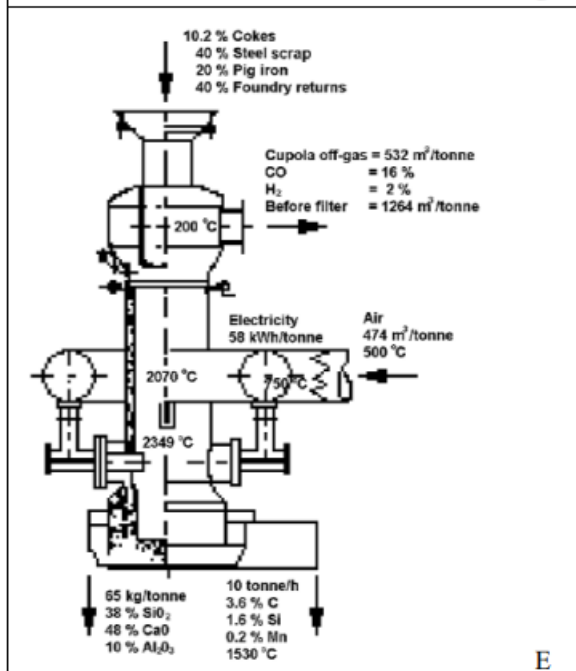
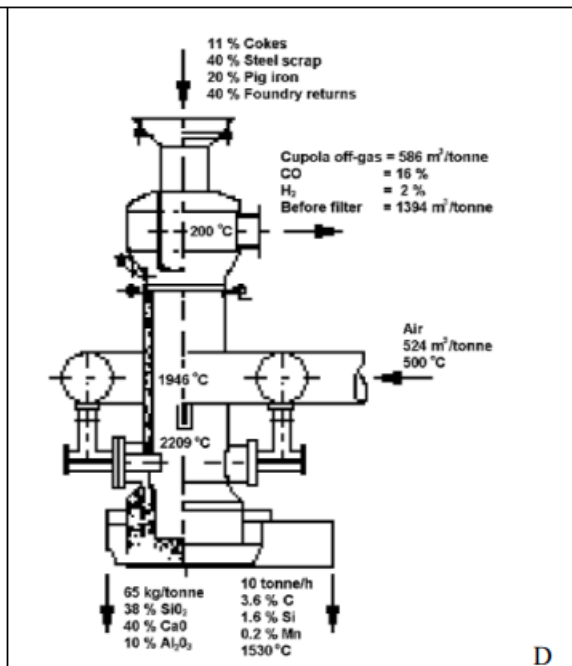
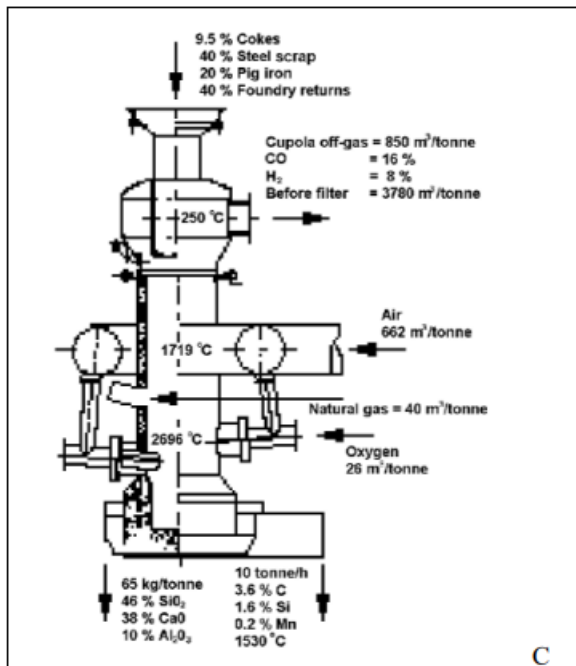
Çift yönlü çalıştırılan koksuz kupol fırını (elektrikli aşırı ısıtma).

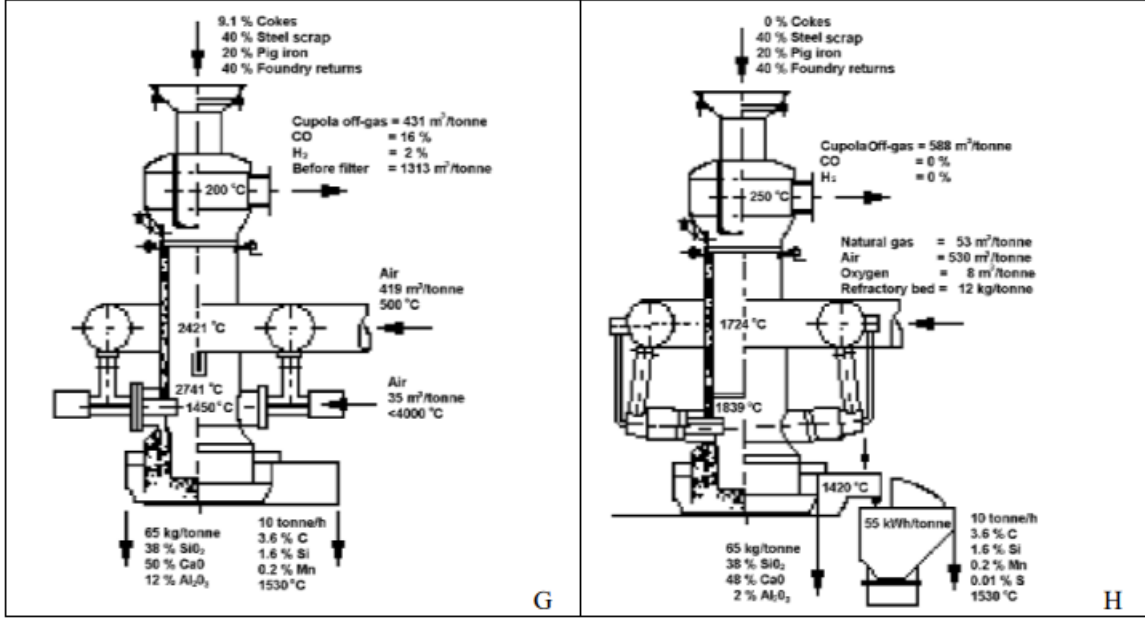


A



B





Şekil 10.1 : Kupol Fırınında Eritme İşlemine Ait Çeşitli Teknik Değişiklikler İçin Girdi-Çıktı Dengesi [172, Neumann, 1994]

Operasyonel veriler Tablo 10.1, Tablo 10.2 ve Tablo 10.3 içerisinde verilmiştir. Bu veriler belirtilen birim maliyetlere dayalı olarak tespit edilen ekonomik verileri de içermektedir. Operasyonel veriler % 3.3 C ve % 2 Si içerikli bir dökme demirin üretim işlemine dayalıdır. Soğuk basınçlı hava ile gerçekleştirilen işlemde % 35 çelik hurda kullanılırken sıcak basınçlı hava ile gerçekleştirilen işlemler % 60 oranına izin vermektedir. Gerekli karbonlama dikkate alınırken bu durum hesaba katılmıştır. Bunun için, C aynı zamanda SiC briketlerinin ilave edilmesi suretiyle de ayrıca tedarik edilmiştir.

Isı dengesi hesaplamaları belirtilen ısı transferi verimlilikleri ile sonuçlanmıştır. Soğuk havalı kupol fırını < % 30 oranında bir verimlilik sergilemektedir. Oksijen ya da ikincil hava uygulanması verimlilik oranını % 37 - % 40 oranlarına yükseltmektedir. Fırın duvarının ateşe dayanıklı kaplama ile kaplanmış olması kaydı ile sıcak hava kupol fırını daha yüksek bir verimlilik oranı sergilemektedir. Kaplama olmadan gerçekleştirilen işlemlerde, verimlilik oranı % 40 oranının altına düşmektedir ki bu durum bir şekilde oksijen ilave edilmesi suretiyle telafi edilebilmektedir. İndüktif aşırı ısıtmalı koksuz kupol fırını % 60 oranına yakın oldukça yüksek bir verimlilik ile sonuçlanmaktadır.

Hesaplanan işletme maliyetleri yatırım maliyetinin amortismanını kapsamakta ancak personel maliyetlerini içermemektedir. Muhtelif teknikler arasındaki maliyet farkı nispeten küçüktür. Yapılan hesaplama soğuk havalı kupol fırını için daha yüksek oranda kok tüketimini ve daha pahalı hurda / ham madde maliyetlerini hesaba katmaktadır. Bir plazmalı şaloma kullanılarak havanın önceden ısıtılması durumunda artan elektrik kullanımı maliyetlerin artmasına yol açmaktadır. Pratikte, bu artış ham madde olarak metal talaşın daha fazla miktarda kullanılması suretiyle dengelenebilir. Koksuz kupol fırını ise en düşük maliyete neden olmaktadır. Ancak bu değerlendirme kapsamında yerel maliyet etkileri ve saatlik oranın etkisi benzeri belirsizlikler hesaba katılmamıştır, ancak dikkate alınması gerekmektedir. Burada alıntı yapılan verilerin tamamı önemli saatlik üretim oranlarına sahip kurulumlar içindir. Bu durum soğuk havalı kupol fırınlarının performansını gözden düşürmektedir.

	Birimler ya da Birim başına maliyet	Normal	O2	İkincil Sıra	İkincil sıra + O2
Spesifik miktar					
Eriyen kok	kg / ton	150	125	120	105
Karbonlama için kok	kg / ton	10	10	10	10
Doğal gaz	m ³ / ton				
Elektrik	kWh / ton	20	20	20	20
Oksijen	%	-	3	-	2
Basınçlı üfleme havası	m ³ / ton	711	562	604	517
Kupol çıkış gazı	m ³ / ton	902	724	731	628
Filtrelenmiş çıkış gazı	m ³ / ton	3022	2150	1765	1646
Cüruf	kg / ton	36	35	46	45
Ateşe dayanıklı tuğla	kg / ton	5.2	5.2	4.8	4.8
SiC - briketleri (% 45 SiC)	kg / ton	28.5	28.5	31.3	30.3
Toplam ısı girdisi	MJ / ton	5003	3643	3588	3416
Demire ısı transferi	%	26.9	37.2	37.8	39.8
Maliyetler					
Yatırım	Milyon EUR	2.81	2.91	3.06	3.16
Alaşım	EUR 332 / ton	9.44	9.44	10.36	10.36
Katkı Maddeleri	EUR 10 / ton	0.20	0.20	0.20	0.20
Koklar	EUR 204 / ton	32.65	27.55	26.53	23.47
Çelik hurda	EUR 128 / ton	44.64	44.64	44.64	44.64
Hurda demir	EUR 128 / ton	12.76	12.76	12.76	12.76
Dökme demir	EUR 194 / ton	38.78	38.78	38.78	38.78
Doğal Gaz	EUR 153 / 1000 m ³	0.31	0.31	0.31	0.31
Elektrik	EUR 89 / MWh	1.79	1.79	1.79	1.79
Oksijen	EUR 179 / 1000 m ³	-	3.01	-	1.84
Grafit	EUR 561 / ton	-	-	-	-
Ateşe dayanıklı tuğla	EUR 765 / ton	3.98	3.98	3.67	3.67
Sermaye	10 yıl / % 8	11.22	11.63	12.24	12.65
Toplam Eritme maliyeti	EUR / ton	155.77	154.08	151.28	150.46
Demir bileşimi: % 3.3 C; % 2.0 Si; % 0.3 Mn; 0.1 S; 1500 °C					
Yük bileşimi: % 35 çelik hurda; % 35 iade mallar; % 20 dökme demir; % 10 hurda demir					

Tablo 10.1:Soğuk Hava Kupölü İçin İşletim Verileri (10 ton/s) [172, Neumann, 1994]

	Birimler ya da Birim başı maliyet	A Tipi *	B Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi
Özellikler						
Günlük fırın değişimi		Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Oksijen zenginleştirme		Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet
Kaplama		Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır
Spesifik miktar						
Eriyen kok	kg / ton	95	100	85	115	100
Karbonlama için kok	kg / ton	8	7	7	8	8
Oksijen	%	-	-	3	-	3
Hava	m ³ / ton	571	566	425	626	473
Kupol çıkış gazı	m ³ / ton	680	667	519	746	586
Filtrelenmiş gaz	m ³ / ton	1798	1471	1134	1819	1473
Cüruf	kg / ton	60	60	60	60	60
Ateşe dayanıklı tuğla	kg / ton	15	6	6	1.5	1.5
SiC - briketleri (% 45 SiC)	kg / ton	50	53	53	50	50
Toplam ısı girdisi	MJ / ton	3756	3630	3076	4098	3534
Demire ısı transferi	%	39.8	40.2	44.9	36.5	38.7
Maliyetler						
Yatırım	Milyon EUR	3.42	3.57	3.65	3.49	3.55
Alaşım	EUR 332 / ton	16.58	17.60	17.60	16.58	16.58
Katkı Maddeleri	EUR 10 / ton	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Koklar	EUR 204 / ton	21.02	21.84	18.78	25.10	22.04
Çelik hurda	EUR 128 / ton	76.53	76.53	76.53	76.53	76.53
Hurda demir	EUR 128 / ton	12.76	12.76	12.76	12.76	12.76
Oksijen	EUR 179 / 1000 m ³	-	-	3.06	-	3.42
Ateşe dayanıklı tuğla	EUR 765 / ton	11.48	4.59	4.59	1.12	1.12
Sermaye	10 yıl / % 8	13.67	14.29	14.59	13.98	14.18
Toplam eritme maliyeti	EUR / ton	152.24	147.81	148.11	146.28	146.84
* Artık yeni tesis olarak inşa edilmemektedir						
Demir bileşimi: % 3.3 C; % 2.0 Si; % 0.3 Mn; 0.1 S; 1530 °C						
Yük bileşimi: % 60 çelik hurda; % 30 iade mallar; % 10 hurda demir						

Tablo 10.2:Sıcak Hava Uzun Çalışma Süreli Kupol İçin İşletimsel Veriler (10 ton/s) [172, Neumann, 1994]

	Birimler ya da Birim başına maliyet	O ₂ + indüksiyonlu aşırı ısıtmalı koksuz kupol fırını	Sıcak hava kupol fırını	
			Plazma ile hava ön ısıtmalı .	Elektrik direnci ile hava ön ısıtmalı
Spesifik miktar				
Eriyen kok	kg / ton	-	81	90
Karbonlama için kok	kg / ton	-	10	12
Doğal gaz	m ³ / ton	55	2	2
Elektrik	kWh / t	80	175	82
Oksijen	%	1.5	-	-
Hava	m ³ / ton	5.30	419	474
Kupol çıkış gazı	m ³ / ton	692	451	531
Temizleniş çıkış gazı	m ³ / ton	815	1313	1264
Cüruflar	kg / ton	58	59	60
Ateşe dayanıklı tuğla	kg / ton	16	9.3	4.3
SiC- briketleri (% 45 SiC)	kg / ton	-	13.7	15.4
FeSi - briketleri (Briket başına 1 kg Si)	kg / ton	8	-	-
Toplam ısı girdisi	MJ / ton	2562	3952	3320
Demire ısı transferi	%	58.4	41.4	41.5
Maliyet				
Yatırım	Milyon EUR	2.81	5.10	3.83
Alaşım	EUR 332 / ton		4.54	5.10
Fe - Si - briketleri	EUR 454 / ton Si	3.62		
Katkı maddeleri	EUR 10 / ton	0.56	0.56	0.56
Koklar	EUR 204 / ton		18.57	23.06
Elektrik	EUR 89 / MWh	7.14	15.61	7.30
Gaz	EUR 128 / 1000 m ³	6.99	0.31	0.31
Hurda çelik	EUR 128 / ton	44.64	44.64	44.64
Hurda demir	EUR 128 / ton	44.64	44.64	44.64
Grafit	EUR 561 / ton	6.73		
Oksijen	EUR 179 / 1000 m ³	1.43		
Ateşe dayanıklı tuğla	EUR 102 / ton	0.61	0.31	0.20
Ateşe dayanıklı tuğla	EUR 765 / ton	7.65	4.80	1.79
Sermaye	10 yıl / % 8	11.22	20.41	15.31
Toplam eritme maliyeti	EUR / ton	135.26	154.39	142.91
Demir bileşimi: % 3.3 C; % 2.0 Si; % 0.3 Mn; 0.1 S; 1530 °C				
Yük bileşimi: % 35 çelik hurda; % 30 iade mallar; % 35 hurda demir				

Tablo 10.3:Koksuz Kupol ve Hava Ön Isıtmalı Sıcak Havalı Kupol İçin İşletim Verileri [172, Neumann, 1994]

CTIF aynı zamanda farklı eritme yöntemleri hakkında gerçekleştirdiği karşılaştırmalı bir çalışmada sıvı dökme demirin maliyetlerini de hesaplamıştır [226, CTIF, 1997]. 1997 yılında yapılan bu çalışma 2003 yılında güncelleniştir [227, Godinot, 2004].

Birimler	SINIF	Lamel dökme demir (ENGJL 250)				Küresel dökme demir (ENGJS 400 - 15)		
	Eritme cihazı	Soğuk hava kupol fırını	Sıcak hava kupol fırını	Koksuz kupol fırını	İndüksiyon lu fırın	Sıcak hava kupol fırını	Koksuz kupol	İndüksiyonlu fırın
EUR / t	Metalik yük	95.80	59.52	96.68	72.97	49.75	73.52	59.80
	Demir alaşımları + katkı maddeleri	7.62	13.09	27.22	25.72	5.27	24.17	24.85
	Enerji ve akışkanlar	33.14	35.26	20.29	27.28	40.12	21.07	27.28
	Kaplamalar	3.73	4.29	8.79	1.47	4.55	8.79	1.47
	Personel maliyetleri	10.05	10	11	9.10	10.42	11	9.10
	Bakım	1.55	3.15	0.16	0.93	3.15	0.16	0.93
	Çevre	4.50	4.30	3.15	0.55	4.30	3.15	0.55
	Kükürttten arındırma					10.33		
	Yatırım amortismanı	5.92	14.81	8.89	8.89	14.81	8.89	8.89
	Yüklenen ton başına toplam	162.31	144.42	176.78	146.91	142.70	150.75	132.97
%	Ateş kaybı	5	5	5	3	5	5	3
EUR / t	Akışkan tonu başına toplam	170.85	152.02	185.45	151.45	150.21	158.68	136.98
%	İade yüzdesi	35	40	35	40	50	50	50
EUR / t	Döküm tonu başına toplam	262.85	253.36	285.31	252.42	300.42	317.37	273.96

Tablo 10.4: Sıvı dökme demir maliyetlerinin karşılaştırılması - Haziran 2003. Toplu üretim - 10 t / saat

Özellik	Birim	Soğuk haval ı kupol fırını			İndüksiyon			Maçasız fırın			Sıcak hava kupol fırını			Koksuz kupol fırını		
		Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t	Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t	Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t	Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t	Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t
Kok	ton	210	0.145	30.45							210	0.125	26.25			
Elektrik	kWh	0.0513	20	1.027	0.0448	609	27.28	0.0448	609	27.28	0.0513	128	6.57	0.0513	165	8.46
Oksijen	Nm³	0.535	2	1.07							0.535	2	1.07	0.23	11	2.53
Gaz	kWh	0.0296	20	0.59							0.228	60	1.37	0.0186	500	9.30
	(NCV)															
Ara total				33.14			27.28			27.28			35.26			20.29
İadeler	ton	0	0.35	0	0	0.40	0	0	0.50	0	0	0.40	0	0	0.35	0
Dökme demir	ton	185	0.20	37	185	0.15	27.75	200	0.10	20				185	0.25	46.25
Hurda demir	ton	167	0.20	33.4										167	0.15	25.05
Hurda çelik (E3)	ton	101.5	0.25	25.4	101.5	0.225	22.83				101.5	0.30	30.45	101.5	0.25	25.38
Hurda çelik (E8)	ton				99.5	0.225	22.39	99.5	0.40	39.80						
Hurda çelik (E1 C)											96.9	0.30	29.07			
Ara toplam				95.8			72.97			59.80			59.52			96.68
Grafit	kg				0.70	16.7	11.69	0.80	17.92	14.34				0.7	8.12	5.68
F Si	kg Si	0.68	8	5.44	1.13	10.6	11.98	1.13	9.39	10.61	0.68	15.8	10.74	0.68	11. 71	7.96
F Mn	kgMn	0.595	2.7	1.60	0.79	2.6	2.05				0.59	3.2	1.89	0.595	1.45	0.86
CaCOs + div	ton	12.2	0.048	0.58							12.2	0.0375	0.46			12.72
Bilyeler	ton															
Ara toplam				7.62			25.72			24.95			13.09			27.22

Tablo 10.5: Lamelar dökme demirin fiyatı: Metalli yük + enerji

	Birimler	Sıcak hava kupol fırını			Koksuz kupol fırını		
		Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t	Fiyat EUR / birim	Oran	Fiyat EUR / t
Kok	ton	210	0.14	29.40			
Elektrik	kWh	0.0513	140.5	7.21	0.0513	180	9.23
Oksijen	Nm ³	0.535	4	2.14	0.23	11	2.53
Gaz	kWh (NCV)	0.0228	60	1.37	0.0186	500	9.30
Ara total				40.12			21.07
İadeler	ton	0	0.40	0	0	0.40	0
Dökme demir	ton				199	0.20	39.8
Hurda demir	ton				167	0.05	8.35
Hurda çelik (E8)	ton	99.55	0.50	49.75			
Hurda çelik (E3)	ton				101.5	0.25	25.38
Ara toplam				49.75			73.52
Grafit	kg				0.7	12.37	8.66
FsSi	kg Si	0.68	7	4.76	0.68	4.11	2.79
FeMn	kg Mn						
CaCO ₃ + div	ton	12.2	0.042	0.51			12.72
Bilyeler	ton						
Ara toplam				5.27			24.17

-Tablo 10.6: Nodüler dökme demirin fiyatı: Metalli yük + enerji

Tablo 10.4 maçasız indüksiyon fırını ile karşılaştırılmış şekilde 3 ana kupol fırını türü için dökme demirin maliyetlerini özetlemektedir. Bazı kalemler eritme cihazına ve sınıfa: enerjiler ve akışkanlar, metalik yük ve demir alaşımları, dayalı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Bunlar Tablo 10.5 ve Tablo 10.6 içerisinde ayrıntılı olarak verilmiştir.

Karşılaştırılan eritme cihazları örneğin otomotiv endüstrisinde tipik olarak bir toplu üretim işlemi için vardiyalar halinde 10 - 12 t / saat oranında eritme yapmaktadır. Yatırımlar 10 yıl geri ödemelidir ve her durumda endüstriyel uygulamalara karşılık gelmektedir, yani:

Soğuk havalı kupol fırını

2 adet günlük aralıklı kupol fırını (günde bir tane)

- Baca gazlarının arıtılması: yakma, soğutma, kuru filtreleme.

Sıcak hava kupol fırını

- uzun çalışma süreli kupol fırını
- Baca gazlarının arıtılması: yakma, körüklü ısıtma, soğutma, kuru filtreleme
- Bir indüksiyon tünel fırını içerisinde tutulma.

Koksuz kupol fırını

- uzun çalışma süreli kupol fırını
- Baca gazlarının arıtılması: soğutma, kuru filtreleme
- Bir üst ısıtıcı içerisinde ısıtma ve karbonsuzlaştırma
- Bir indüksiyon tünel fırını içerisinde tutulma.

Başlangıç fırını

- 2 fırın 12 ton
- 1 güç kaynağı 10MW - 250 Hz.

Dökme demir maliyetleri hesaplanırken mansap karbonsuzlaştırma işlemi (koksuz kupol fırını), tutulması ve ayrıca baca gazı arıtma sisteminin önemi mutlaka dikkate alınmalıdır.

Dökme demirin fiyatı otomotiv endüstrisindeki toplu üretim durumunda 2 farklı alarım için karşılaştırılmıştır:

- Lamel dökme demir (ENGJL 250)
- Küresel grafitli dökme demir (ENGJS 400 - 15 için esas).

Soğuk havallı kupol fırını küresel dökme demir için gittikçe daha az kullanılmaktadır ve burada dikkate alınmamıştır.

CTIF ve Neumann'ın hesaplamalarının karşılaştırılması:

En ucuzundan en pahalısına kadar değişen aralıktaki eritme cihazlarının konumu alarım türüne ve yazara dayalı olarak aynı değildir:

- Lamel grafitli dökme demir (LG dökme demir)
- CTIF: indüksiyon fırını, sıcak hava, soğuk hava, koksuz kupol fırını
Neumann: koksuz, sıcak hava, soğuk hava kupol fırını
- Küresel grafitli dökme demir
CTIF: indüksiyon fırını, sıcak hava, koksuz (biraz farklı).

Neumann ve Godinot için farklı kalemlerin karşılaştırılması aşağıda yer alan sonuçları ortaya çıkartmıştır:

1 Enerjiler ve akışkanlar

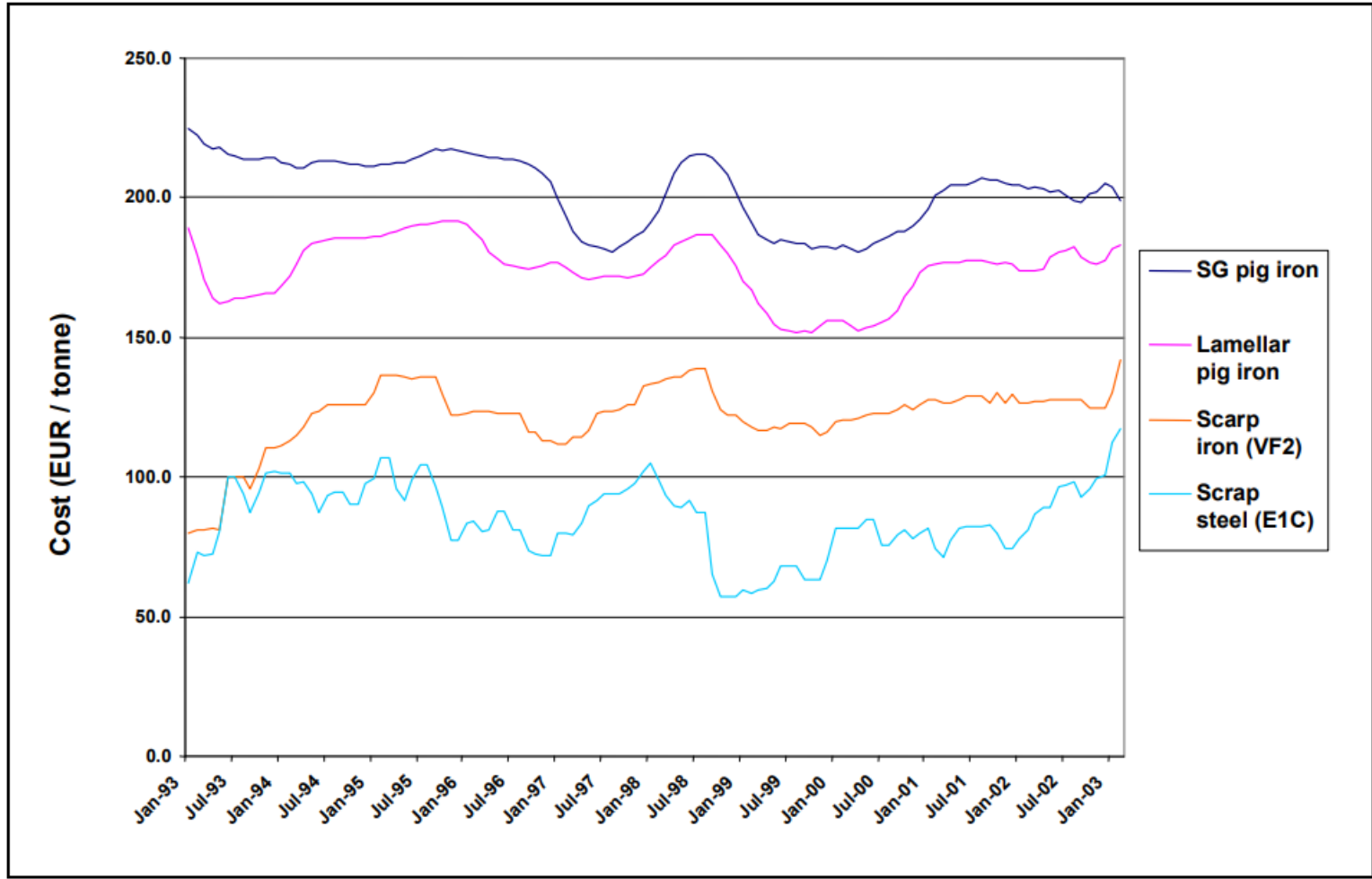
- koksuz kupol fırını her durumda en ucuz olan fırındır
- Enerji maliyetlerinin özellikle elektrik ve gaz fiyatları ve kaynakların uygunluğu bakımından ülkeye ciddi ölçüde dayalı olduğu fark edilebilir. CTIF çalışmasında, enerji maliyetleri Fransa'ya dayalı olarak verilmiştir ("Energy Plus" değerlendirme dokümanında yayınlanan fiyatlar).

2 Metallik yükler ve demir alarımları

- Uygulanan sınıflandırma tekniği koksuz kupol fırını CTIF için dezavantajlı konuma koyarken Neumann için koymamıştır. Başlıca farklılıklar aşağıda belirtilen şekildedir:
- Neumann koksuz kupol fırını için % 0 pik demir belirtirken Godinot endüstriyel uygulamalara göre minimum % 25 belirtmektedir. Pik demir en pahalı metalik yüküdür.

- Neumann elik hırdası ve dökme demir hırdası için aynı maliyeti belirtmektedir. Fransa vakasında bu iki maliyet arasındaki oran 10 yıl için 2 ve 1.3 arasındadır. Ekte sunulan Şekil 10.2 içerisinde belirtilen Şekilde bu oran hesaplamasının yapıldığı tarih olan Haziran 2003 itibarı ile 1.6’dır.

Hurda dahil olmak üzere ham madde maliyetlerinin günümüzde uluslararası seviyede sabitlenmiŐ olduğu dikkat çekicidir.



Şekil 10.2: Ham madde maliyetleri (Fransa: 1993 ila 2003)

1. Diğer kalemler

Yatırım soğuk hava, koksuz kupol fırını ve maçasız indüksiyon fırını için daha az önemlidir.

- Soğuk havalı kupol fırını söz konusu olduğunda, kupol fırınının oluk ağzında iyi bir sıcaklıkta ve analizde üretilmiş sıvı dökme demir bulunması mümkündür; bunun yanı sıra metalürjik sonuçlar bir miktar da saatlik üretime dayalıdır. Dökme demirin bir indüksiyon tünel fırını içerisinde tutulması gerekli değildir
- Sıcak hava kupolü fırını ya da koksuz kupol fırını söz konusu olduğunda, saatlik üretimi değiştirmek zordur. Kupol fırını ve kalıplama atölyesi arasında sıvı metalin toplanacağı bir rezervuar, yani genellikle bir indüksiyon tünel fırını gereklidir
- Koksuz kupol fırını söz konusu olduğunda, arıtma işlemine tabi tutulacak olan baca gazlarının spesifik hacmi düşüktür e CO yakma işlemi gerekli değildir
- Son olarak, kok kupol fırını (sıcak ya da soğuk havalı) söz konusu olduğunda, küresel sıvı dökme demirin toplanması öncesinde genellikle bir kükürtten arındırma işlemi uygulanır. Bu işlemin maliyeti yüksektir ki bu durum üretilen dökme demirin herhangi bir kükürt içeriği olmadığı koksuz kupol fırınına öne çıkartmaktadır.

2. Sonuç

Endüstriyel uygulamaları hesaba katarak Godinot’a göre koksuz kupol fırını düşük enerji tüketimi avantajına sahiptir ancak bu fırın ham yükleme malzemeleri açısından ekstra maliyet doğurmaktadır.

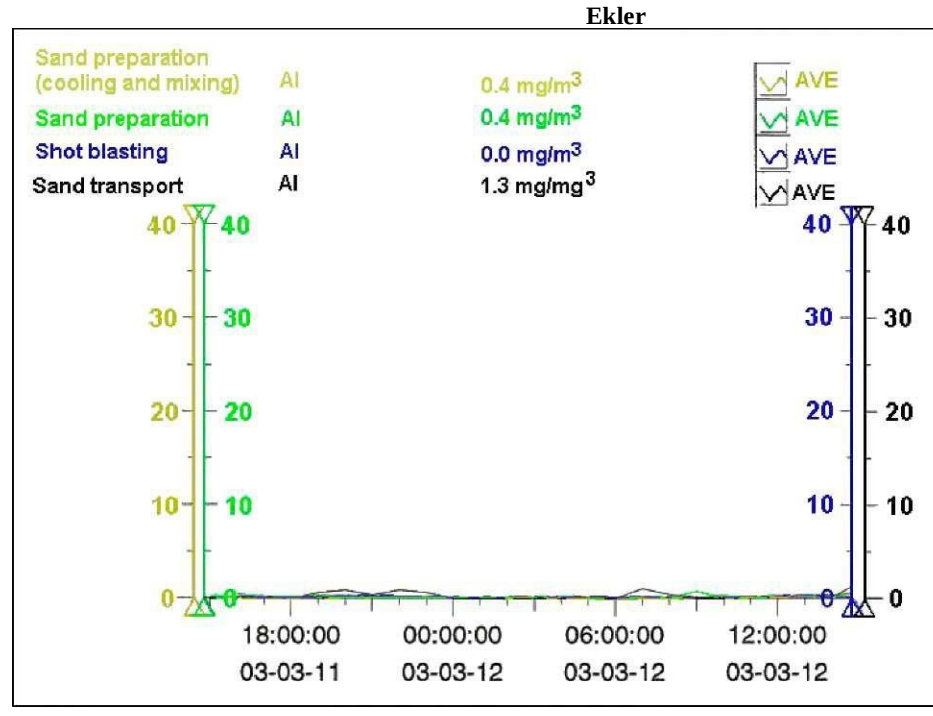
Küresel dökme demir söz konusu olduğunda koksuz kupol fırını kükürt içermeyen metal üretmektedir ve maliyet seviyesi sıcak hava kupolü fırını ile benzer seviyeyedir. Lamel dökme demir söz konusu olduğunda, Fransa dikkate alınır, bu eritme cihazı kok kupol fırınları ile karşılaştırıldığında daha pahalı bir metal üretmektedir.

Günümüzde Fransa’da bu tür bir üretim faaliyeti için kupol fırını ve indüksiyon fırını arasındaki limit 10 t/saattir (lamel dökme demir) ve küresel dökme demir söz konusu olduğunda bu değer muhtemelen daha yüksektir (kupol fırını 20 t / saat değeri için daha az pahalıdır).

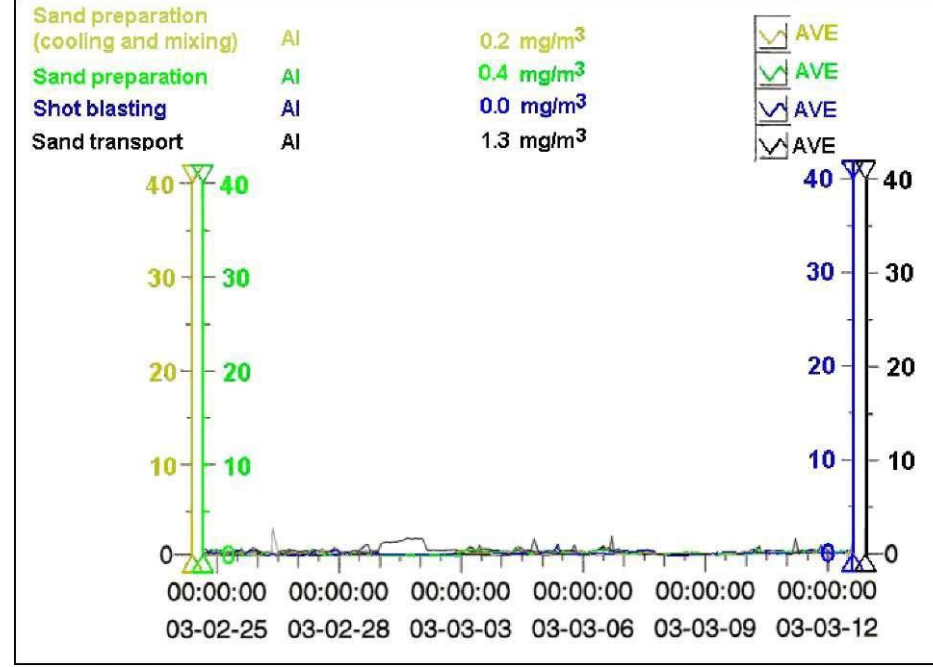
Bu hesaplamalar otomotiv endüstrisindeki toplu üretim dikkate alınarak yapılmıştır. Diğer uygulamalar için biraz değiştirilmeleri gereklidir. En azından nispi sıranın yerel koşullara dayalı olduğunu ve özellikle de enerji maliyetlerinin büyük ölçüde uygulama yapılan ülkeye dayalı olduğunu söylemek mümkündür.

10.2 Ek 2 Büyük ölçekli otomotiv dökümhanesindeki toz kontrol donanımı

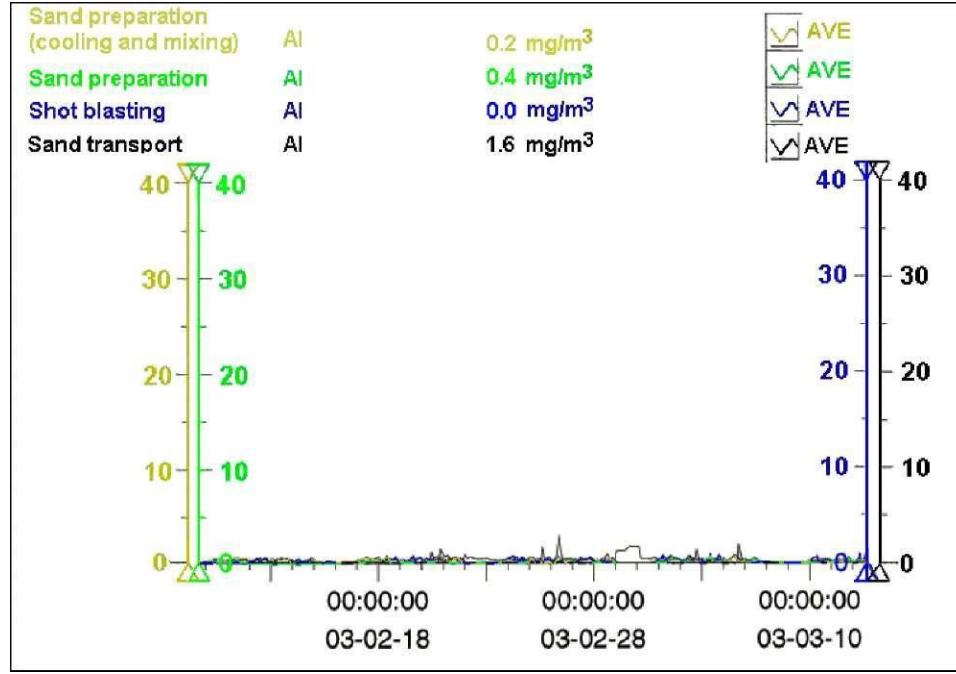
Toz emisyonu izleme verileri İsveç’te yerleşik büyük ölçekli bir otomotive dökümhanesinden temin edilmiştir. Dökümhane 17 poşet filtreli egzoz üzerinde çalışan bir sürekli katı parçacık emisyon izleme sistemi kullanmaktadır. Veriler Şekil 10.3, Şekil 10.4 ve Şekil 10.5 içerisinde gösterilen şekilde 4 ölçüm noktası için ve muhtelif zaman aralıkları için bir grafik şeklinde belirtilmiştir. Şekiller kum hazırlama ve sıcak basınçlı hava için 1 mg/Nm³ değerinin çok altında bir sürekli toz seviyesi göstermektedir. Kum nakliyatı için 1.3 - 1.6 mg/Nm³ değerlerinde bir 24 saatlik ortalama elde edilmiştir.



Ş Şekil 10.3: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonlar İçin İzleme Verisi (24 Saat Sürekli İzleme)



Şekil 10.4: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonlar İçin İzleme Verisi (2 Hafta Sürekli İzleme)



Şekil 10.5: Kum Tesisindeki 4 Konumdan Çıkan Toz Emisyonları İçin İzleme Verisi (30 Gün Sürekli İzleme)

Bu örnek tesis toz için 10 mg/Nm³ değerinde bir izin verilen emisyon limitine sahiptir. İzleme sistemi 5 mg/Nm³ değerine ayarlanmış bir alarm eşiği uygulamaktadır. Bu limit değerin aşılması durumunda filtre kontrol edilir ve floresan malzeme ile test edilir. Ölçülen değerin 10 mg/Nm³ değerini aşması durumunda üretim ve filtreleme işlemi durdurulur. İzleme ekipmanı yılda iki kez kurum dışı bir yüklenici tarafından kalibre edilir.

Hizmet ve bakım talimatları aşağıda belirtilen şekildedir:

- günlük
 - basınç düşüşü kontrolü
 - görsel kontrol
 - manyetik valf kontrolü
 - soğutma suyu tahliyesi
- aylık
 - sızdırmazlığın kontrol edilmesi
- üç aylık
 - floresan malzeme ile kontrol.

