



Elektrik Ark Ocakları

SEKTÖREL UYGULAMA KILAVUZU
(TASLAK)

*Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik
Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi*

İçindekiler

1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTRİK ARK OCAĞI (EAO) ÜRETİM PROSESİ.....	2
2.1. Hammadde Taşıma ve Depolama.....	3
2.2. Hurda Ön Isıtma.....	4
2.3. Ocak Şarjı.....	4
2.4. Ark Ocağında Hurdanın Ergitilmesi.....	4
2.5. İkincil Metalürji İşlemleri-Pota Ocağı.....	6
2.6. Sürekli Döküm.....	8
2.7. Cüruf Taşıma.....	8
2.8. Haddehane.....	8
3. EMİSYON KAYNAKLARI.....	11
3.1. Ark Ocağı.....	12
3.2. Hurda Ön Isıtma.....	13
3.3. Hurda Taşıma, Hurda Şarjı, Döküm Alma, Döküm Operasyonlu İkincil Metalürji ve Sürekli Döküm İşlemlerinden Kaynaklanan İkincil Atık Gazlar.....	13
3.4. Cürufun Isıl İşleminden Kaynaklanan Gazlar.....	14
3.5. Alan Kaynaklar.....	14
3.6. Kaçak (Fugitive) Emisyonlar.....	14
4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ.....	14
4.1. Çelikhane ve Toz Toplama Sistemi.....	14
4.2. Hurda Ön Isıtma.....	17
4.3. Alan Kaynaklar.....	17
4.4. Diğer Emisyon Azaltım ve Kontrol Yöntemleri.....	18
5. ÖLÇÜM VE İZLEME.....	19
6. KAYNAKLAR.....	20

1. GİRİŞ

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı için hazırlanan ve T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi” kapsamında hazırlanan bu Sektörel Uygulama Kılavuzları dizisi, sanayi tesislerindeki emisyon kaynaklarının ve bu kaynaklardan atmosfere verilen emisyonların belirlenmesi, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile bu emisyonların önlenmesi/azaltılması amacıyla ilgili sanayi tesisi çalışanları ve Bakanlık çalışanlarına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu kılavuzlarla;

- Bakanlık merkez ve taşra teşkilatları tarafından yürütülen tesis inceleme, kontrol ve denetim işlemlerinin kolaylaştırılması ve ülke çapında eş uygulamanın sağlanması,
- Sektördeki tesisler ile bunlara ölçüm hizmeti veren kurum ve kuruluşların ölçüm/izleme çalışmalarında uygulama birliğinin sağlanması,
- Tesislerin izin ve denetim süreçlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na yapacakları beyanlarda veri kalitesinin yükseltilmesi,
- Tesislere emisyon azaltma ve kontrol çalışmalarında yardımcı olunması hedeflenmektedir.

Demir çelik sektöründe hurda metallerden elektrikli ark ocakları ile sıvı çelik üreten tesisleri ele alan bu kılavuz kapsamında, öncelikle sektörde yaygın olarak kullanılan üretim süreçleri tanıtılmış, daha sonra bu süreçlerde emisyon oluşumuna neden olan kaynaklar belirlenmiş, emisyonların ölçümü ve izlenmesi ile emisyon azaltım teknikleri konusunda bilgiler verilmiştir.

2. ELEKTRİK ARK OCAĞI (EAO) ÜRETİM PROSESİ

Demir çelik sanayi, demir cevheri ve/veya hurdanın indirgenmesi ile demir elde edilmesi ve daha sonra demirin içindeki safsızlıkların azaltılarak çelik üretilmesini içerir. Günümüzde dünya genelinde kullanılmakta olan dört farklı ham çelik üretim prosesi mevcuttur. Bunlar yüksek fırın/oksijen konvertörü, elektrik ark ocağı (EAO), elektrik ark ocağı/doğrudan indirgeme ve ergitme indirgenmesidir.

Yukarıda sıralanan yüksek fırın/oksijen fırını ve ergitme indirgenmesi yöntemleri, demir cevherinden başlayarak çelik üretimine kadar uzanan entegre üretim yöntemleridir. Geleneksel olarak entegre demir çelik tesisleri yüksek fırın/oksijen fırınları ile üretim gerçekleştirmektedir. EAO ham çelik üretimi için tamamen hurdanın kullanıldığı bir yöntem olup ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Belirli oranlarda demir cevheri ve hurda çelik kullanılarak uygulanan elektrik ark ocağı/doğrudan indirgeme metodunun ise ülkemizde daha uygulaması bulunmamaktadır. Ergitme indirgenmesi kullanılarak yapılan demir çelik üretimi Avrupa'da sadece sınırlı sayıda tesiste gerçekleştirilmektedir.

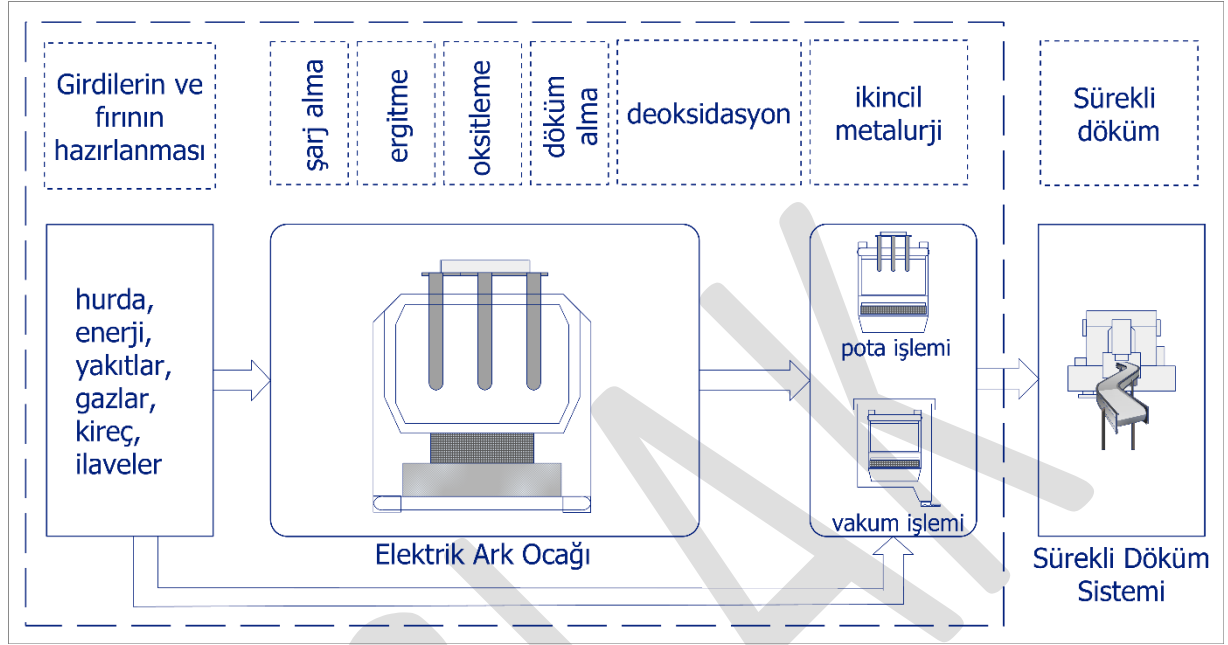
Ülkemizde demir-çelik üretiminde temel iki yöntem kullanılmaktadır; birincisi entegre tesislerde demir cevherinden ham demir ve ham demirden çelik üretimi, ikincisi elektrik ark ocaklarında hurdadan çelik üretimidir. Entegre tesislerde demir-çelik üretim süreci, demir cevherinin kırma, eleme ve sinterleme işlemleri sonucunda hazırlanması veya parça cevherin doğrudan doğruya yüksek fırına şarjı ile başlamaktadır. Yüksek fırınlarda kok kömürünün yardımı ile demir oksit haline gelen cevherin oksijeni alınarak indirgenmekte ve sıvı ham demir elde edilmektedir.

Elektrik ark ocaklı tesisler; çelikhane ve haddehane olarak iki ana kısımdan oluşur. Çelikhaneler, hurdaların elektrikli ark ocaklarında ergitilmesi ile üretilen sıvı çeliğin döküm makinelerinde katılaştırılması ile değişik ebatlarda kütük çeliğin üretildiği yerlerdir. Haddehaneler ise kütük çeliğin şekillendirilerek son kullanıma yönelik ürünlerin üretildiği tesislerdir. Haddehaneler, demir çelik tesislerinin içinde bir bölüm olduğu gibi başka tesislerden kütük olarak işleyen bağımsız tesisler de olabilmektedir.

Çelikhanelerdeki en önemli üretim aşaması elektrik ark ocaklarıdır. Elektrik ark ocaklarında ana hammadde olarak kullanılan demir hurdası, çelikhanedeki firelerden, çelik kullanıcılarından (otomotiv sanayi gibi) gelen üretim atıklarından ve nihai tüketicilerden gelen kullanım ömrünü doldurmuş malzemelerden temin edilmektedir.

Hurdadan çelik üretiminde uygulanan proses genel hatları ile şöyledir: Hurda sepetlerine doldurulan hurdalar EAO'na üstten vinçle boşaltılır, ardından ocağın kapağı kapatılır ve elektrotlar ocak içine daldırılır. Bu elektrotlardan geçirilen elektrik bir ark oluşturur ve açığa çıkan ısı hurdayı eritir. Eritme prosesinde gerekli kimyasal kompozisyonu sağlamak için bazı katkı maddeleri (kireç, karbon vd.) ilave edilir. Sıvı çelik içindeki safsızlıkları gidermek için

ocağa ayrıca oksijen de üflenir. Kimyasal kompozisyon ve sıcaklık kontrolü için örnekler alındıktan sonra dipten döküm alma sistemi (EBT) ile sıvı çelik potaya aktarıldıktan sonra EAO'da kalan cüruf diğer tarafa yatırılarak alınır. Buradan sonra ikincil bir işlem (ikincil metalürji) başlar. EAO prosesinin genel akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Elektrik Ark Ocaklı demir çelik üretim tesisi proses akım şeması

Üretilen çeliğin düşük alaşımlı (karbon çeliği) veya yüksek alaşımlı olmasına göre üretim prosesleri değişmektedir.

Elektrik Ark Ocaklı demir çelik üretim tesislerinde üretim işlemleri aşağıda tanıtılmıştır.

2.1. Hammadde Taşıma ve Depolama

Yurtiçi ve yurtdışı kaynaklardan temin edilerek denizyolu, demiryolu ya da karayolu ile tesise getirilen hurdalar patlayıcı ve radyoaktif madde kontrolü yapıldıktan sonra tesis içinde kapalı veya açık alanlarda depolanır.

Hurdaların stok alanına boşaltılmasından itibaren yerleştirilmesi, ayıklanması, aktarılması ve şarj sepetlerinin doldurulması işlemleri vinç operatörlerince yerine getirilir.

Depolanan alanda öncelikle hurda tasnifi yapılır. Burada amaç, hem üretime uygun olmayan bazı malzemelerin uzaklaştırılması hem de ark ocağına şarj ve ergitme işlemlerinde verimi yükseltebilmek için uygun hurda karışımlarının (boyut ve tür) daha kolay yapılabilmesine olanak sağlamasıdır.

Bu tasnif işleminde ark ocağına sığmayacak büyüklükteki hurdaların boyutları oksijen lans veya hurda makası kullanılarak küçültülür. İstenilen kimyasal kompozisyonu sağlayabilecek şekilde uygun yoğunluktaki hurdalar seçilerek, doğrudan hurda sahasında yer alan sepetlere doldurulabildiği gibi çelikhanedeki geçici hurda sahasına da gönderilebilmektedir. Hurdanın nakli esnasında bazı tesislerde hurda şaft içinde ya da taşıyıcı bant üzerinde ısıtılabilir (ön ısıtma).

Hurda dışındaki diğer yardımcı malzemeler (topak ya da toz halindeki kireç taşı, kireç, karbon, alaşım elementleri, oksijen gidericiler ve refrakter malzemeler gibi) tesis içinde genelde kapalı alanlarda depolanmaktadır. Toz malzemeler, ya sızdırmaz depolarda depolanarak havalı sistemlerle taşınmakta ya da sızdırmaz çuvallarda taşınabilmektedir.

2.2. Hurda Ön Isıtma

Bazı EAO'ları enerji tasarrufu sağlamak amacıyla hurda ön ısıtma sistemleriyle donatılmıştır. Bu sistemlerden ocağın hemen girişinde yer alan şaft tekniğinde ocağa yüklenecek hurdalar sepet içinde ocaktan çıkan sıcak gaz ile ısıtılarak ocağa şarj edilmektedir. Bu teknikte ergitilecek olan tüm hurdalar ön ısıtma işleminden geçirildikten sonra ocağa şarj edilir.

İlk kullanılan şaft tekniklerinde hurdanın sadece yarısı ısıtılırken, günümüz tekniklerinde hurdanın tamamı ısıtılabilir. Birinci sepet bir önceki dökümün alınması sırasında, ikinci sepet ise birinci şarjın ergitilmesi sırasında ısıtılmaktadır.

Ayrıca, hurdanın ocaktan çekilen gaz ile harici olarak ısıtıldığı sistemler de mevcuttur. Bu sistemlerde sadece birinci sepet ısıtılabilir gibi her iki sepetin de ısıtılması mümkündür.

2.3. Ocak Şarjı

Hurda genellikle cüruf oluşturmak amacıyla eklenen kireç veya dolomittik kireç ile birlikte sepetlere doldurulur. Elektrotlar kaldırılarak üst pozisyona alınır ve hurda şarjı için ocak kapağı açılır. Birinci hurda sepetiyle ocağın yarı kapasitesine karşılık gelen hurda fırına dökülür. Sonrasında ocak kapağı kapatılarak elektrotlar daldırılır ve enerji verilir. Birinci şarjın ergitilmesinden sonra kalan hurda ikinci veya gerekiyorsa üçüncü sepetler ile ocağa şarj edilir.

2.4. Ark Ocağında Hurdanın Ergitilmesi

Ergitmenin ilk aşamasında, elektrotlar hurda yükünü delerek ocak içinde kendisine yer bulmaya çalışırken, ocak kapağı ve gövdesini ark ışımalarından korumak amacıyla uygulanan güç düşük tutulur. Ark hurda yükünü deldikten hemen sonra etrafında hurda ile çevrelenmiş bir kalkan olması sebebiyle tam ergitme yapabilmek için güç artırılır. Oksijen

lansı ve/veya oksijen-yakıt brülörleri ergitmenin ilk aşamalarında yoğun bir şekilde kullanılır. Yakıt olarak genellikle doğalgaz kullanılır. Ayrıca oksijen üfleme özel nozullar vasıtasıyla ocak duvarlarından yapılmaktadır.

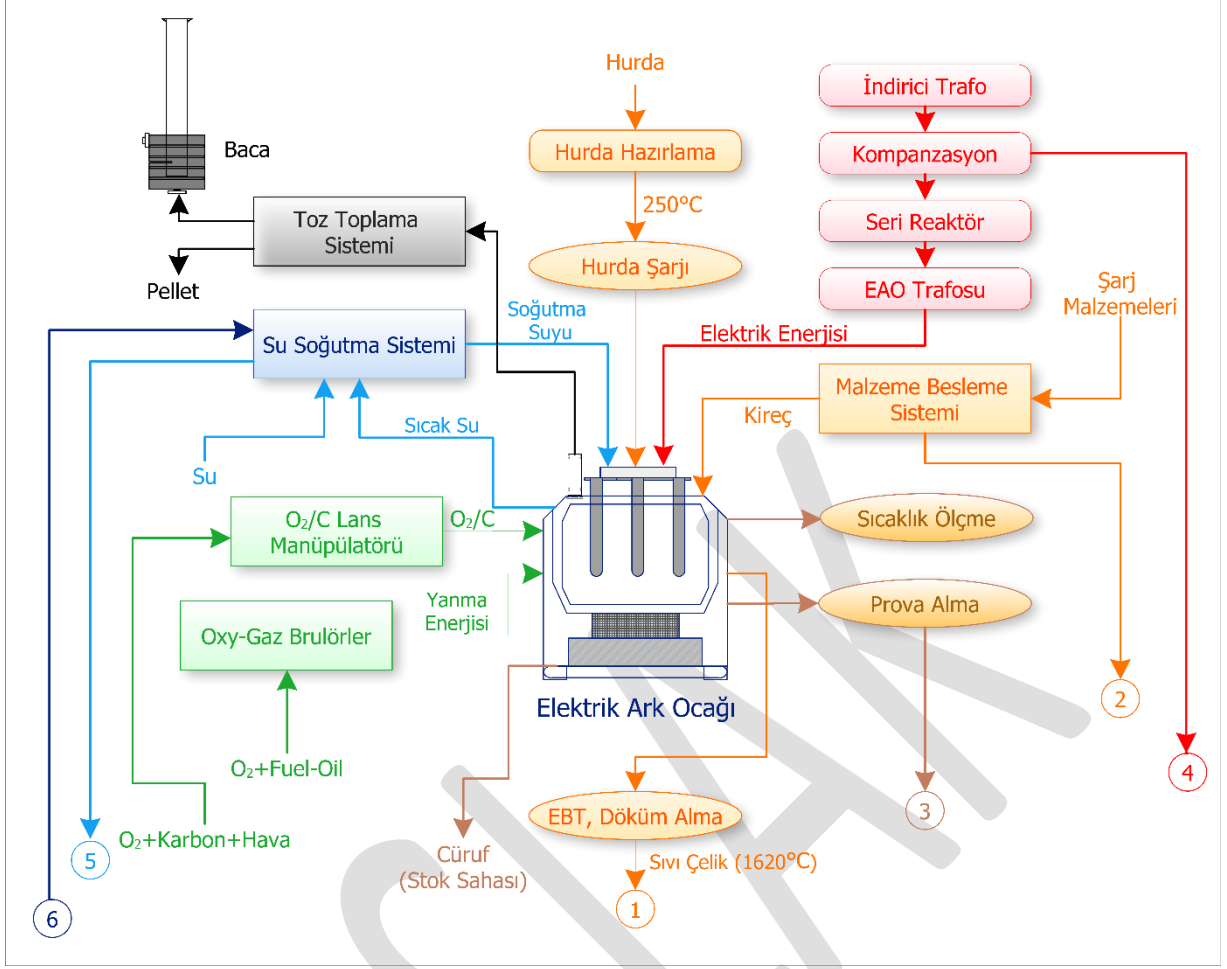
EAO ile çelik üretiminde oksijen kullanımı sadece metalürjik açıdan değil, aynı zamanda üretkenlik ve enerji verimliliği açısından da önemlidir. Artan oksijen kullanımı günümüzde tesis içinde kurulmuş oksijen fabrikalarının sürekli sıvı oksijen bulundurmaları ile sağlanmaktadır.

Oksijen, karbon gidermede ve fosfor, mangan ve kükürt gibi istenmeyen elementlerin alınması amacıyla metalürjik amaçlarla kullanılmaktadır. Bunlara ilave olarak, hidrokarbonlar ile reaksiyona girerek ekzotermik reaksiyonlar oluşturmaktadır. Oksijen üfleme ocaktan çıkan gaz ve duman oluşumunda göze görülür bir artışa neden olmaktadır.

Çelik banyosunun karıştırılması ve ısı homojenizasyonu sağlamak için argon veya diğer soy gazlar erimiş metale enjekte edilir. Bu teknik ile cüruf metal dengesi de iyileştirilir.

Ark ocağında ergitme ve metalürjik işlemleri tamamlanan sıvı çelik, dipten döküm alma sistemi (EBT) ile alındıktan sonra cüruflar, cüruf potasına akıtılarak uzaklaştırılır. Sıvı çelik ise ikincil metalurji işlemleri için pota ocağına aktarılır.

Elektrikli ark ocağında uygulanan işlemler aşağıda Şekil 2’de gösterilmiştir.

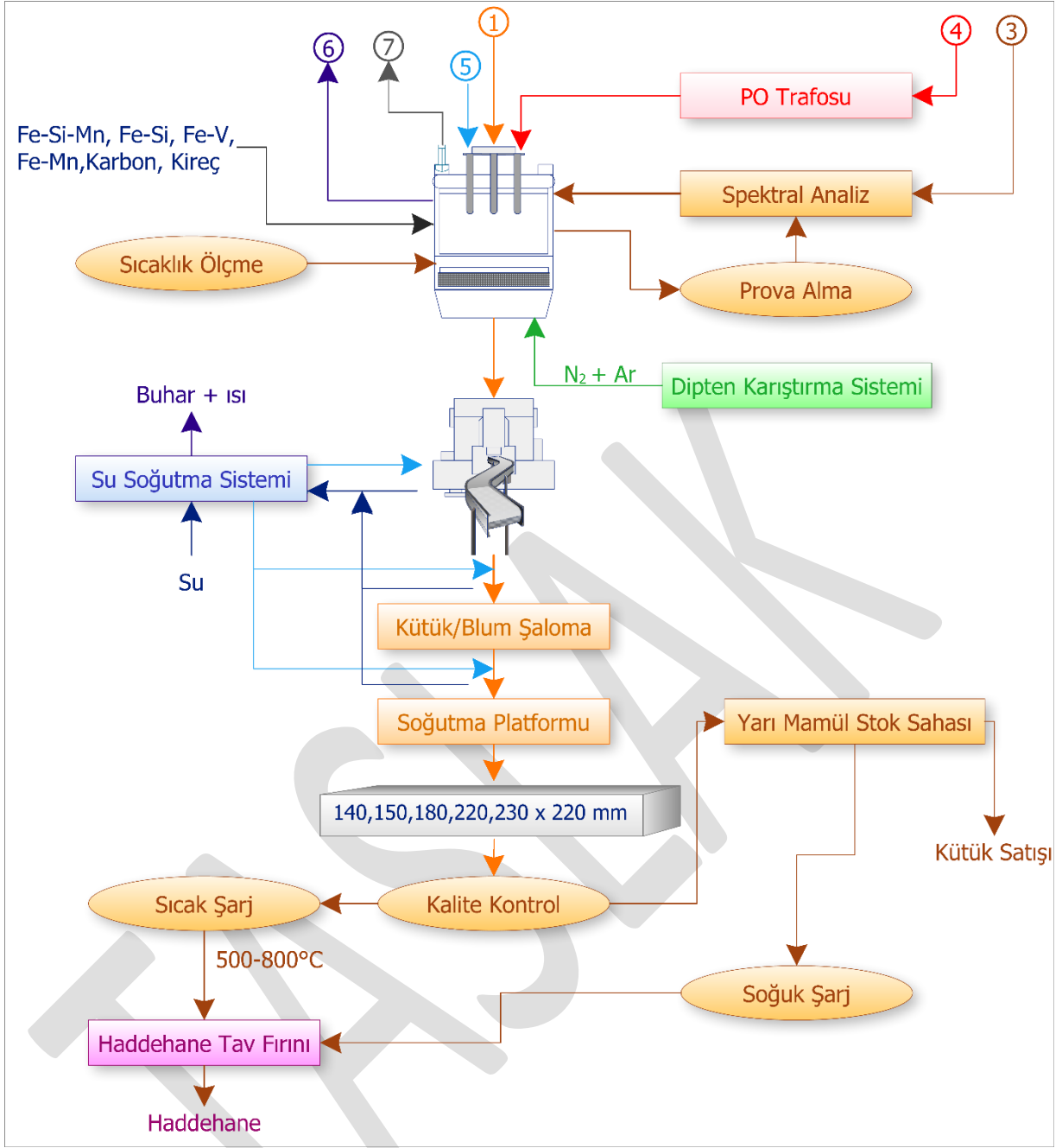


Şekil 2. Çelikhanede elektrikli ark ocağında uygulanan işlemler

2.5. İkincil Metalürji İşlemleri-Pota Ocağı

Ark ocağında üretilen sıvı çelik, oksijen giderme, kükürt rafinasyonu, alaşımlama ve ısıtma işlemleri için pota ocağına alınır. Çelik potalarında yürütülen ikincil metalürji, EAO'da dökümün alınmasından sürekli döküme kadar olan süreç içinde sıvı çeliğe istenen kimyasal kompozisyonun kazandırılması işlemlerini kapsamaktadır. Döküm potası içinde pota ocağına alınan sıvı çelik, istenen döküm sıcaklığına kadar ısıtılır, istenen çelik kalitesinin tam olarak sağlanması için sıvı çelik içine karbon, kireç, mikro alaşım malzemeleri (vanadyum, titanyum, niyobyum, vd.) ve ferro alyajlar ilave edilerek kimyasal kompozisyonu tam olarak ayarlanır. Böylece istenilen kalitede çelik elde edilmiş olur.

Elektrik ark ocaklı tesislerde uygulanan ikincil metalürji işlemleri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Elektrik ark ocaklı tesislerde uygulanan ikincil metalürji işlemleri

2.6. Sürekli Döküm

Pota ocağında kimyasal bileşimi tamamlanmış olan sıvı çelik, ingot ya da sürekli döküm makineleri ile farklı ebatlarda yassı (slab) veya kütük döküm şeklinde dökülerek katılaştırılır.

Katılaşmış çeliğin kalıba yapışmaması amacıyla kalıplara döküm yönü boyunca döküm hızından daha yüksek bir hızda salınım yaptırılır ve metal tozu ilave edilir. Yollar sürekli olarak çekilir ve direk olarak su fiskiyeleri ile soğutularak katılaştırılır. Her bir yol katılaşmanın tamamlanmasıyla birlikte otomatik oksijen kesicileri veya hidrolik makaslar kullanılarak istenilen uzunlukta kesilir.

Döküm makinesinden çıkan ve katılaşmış slab veya kütükler tesise göre nihai ürünlere dönüştürülmek üzere haddehanelere veya stok sahasına sevk edilir.

2.7. Cüruf Taşıma

Cüruf, çelik üretimi sırasında oksitleme sonucu oluşturulan, fosfor ve kükürt rafinasyonu için gerekli oksit bileşiklerinin tümüne verilen isimdir (SiO_2 , CaO , MnO , FeO , Al_2O_3 gibi).

EAO prosesinde EAO ve pota ocağı cürufu olmak üzere iki ayrı cüruf oluşur. EAO cürufu, cüruf çukurlarında yerinde soğutma yapıldıktan sonra kamyonlara yüklenerek zemini geçirimsiz depolama alanına alınır.

Pota ocağı cürufunda ise potalar beton zemine devrilir orada su fiskiyeleri ile soğutularak zemini geçirimsiz depolama alanlarına alınır.

Bazı EAO tesislerinin bünyelerinde cüruf kırma eleme ve metal ayrıştırma üniteleri mevcuttur. Cüruf, yüksek miktarda çelik içermektedir. Bu çelik metal ayrıştırma yöntemi (manyetik ayırma) ile geri kazanılarak tekrar sistemde hurda olarak kullanılmaktadır. Metali alınmış cüruflar boyutlandırılarak karayollarında temel, alt temel ve dolgu malzemesi olarak kullanımının yanı sıra çimento sektöründe klinker üretiminde alternatif hammadde veya yapı malzemesi üretiminde kullanılabilir.

2.8. Haddehane

Haddehaneler (sıcak haddehane), sıcak metalin ($1050-1300\text{ }^\circ\text{C}$) elektrik tahrikli merdaneler arasında ezilerek şekil, boyut ve metalürjik özelliklerinin değiştirildiği tesislerdir. Haddehaneden çıkan ürünler genel olarak düz (yassı) ve uzun ürünler olarak iki türde sınıflandırılır.

Sıcak haddehaneler genellikle aşağıdaki prosesleri içerir:

- Kütüğün alevle yüzey temizliği ve taşlama (özel çelik üretiminde),
- Haddeleme sıcaklığına kadar ısıtma,

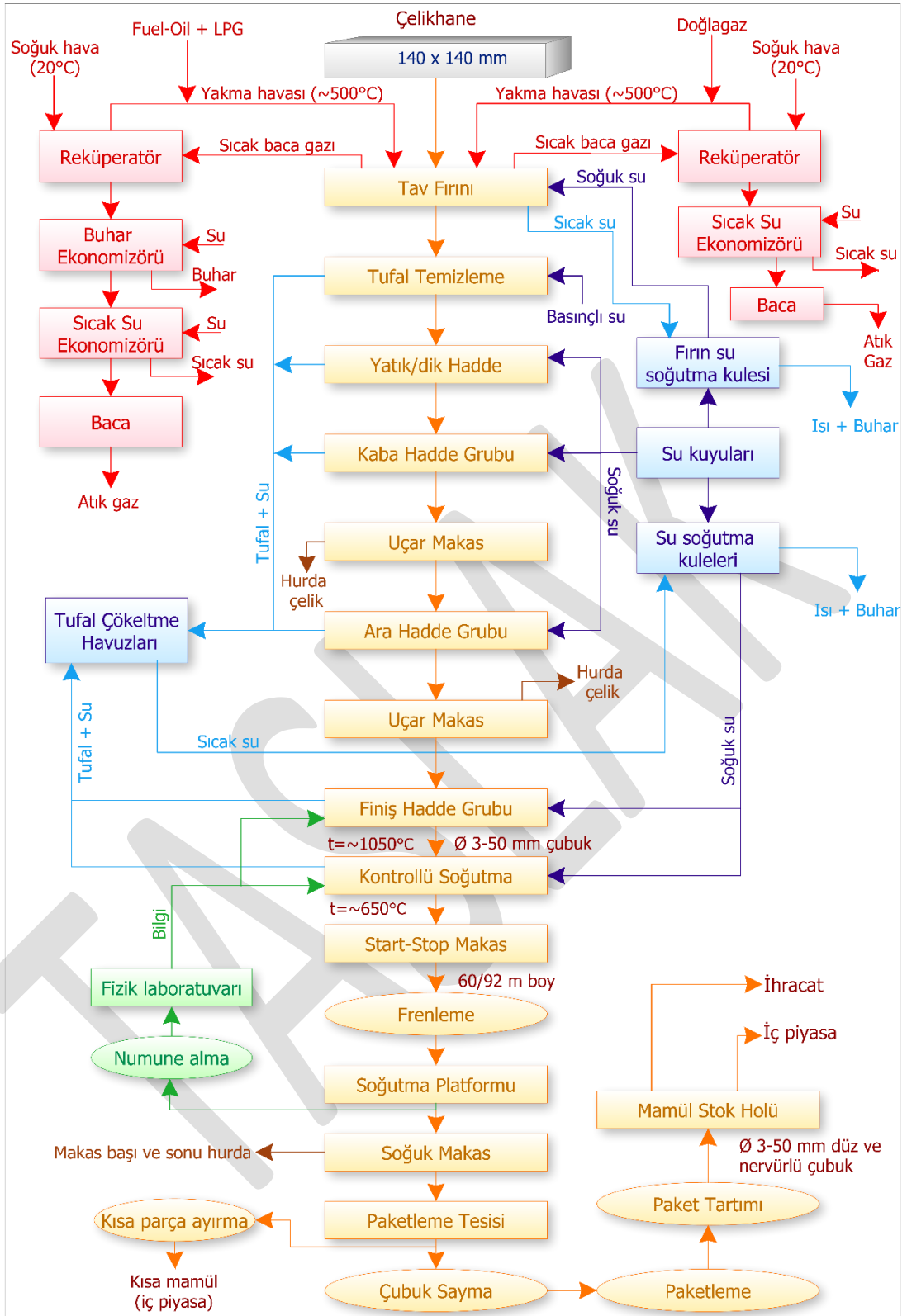
- Tufal giderme,
- Haddeleme (istenen nihai boyut ve şekil kazandırma)
- Tamamlama (baş ve sondaki bozuk kesitlerin kesilmesi, dilimleme, kesme)

Bir uzun ürün (çubuk) haddehanesi için proses akış şeması ve uygulanan işlemler Şekil 4'te verilmiştir.

Haddehane tav fırınına yüklenen kütükler gaz veya sıvı yakıtlı (genellikle doğal gaz) yakıcılarla (brülörler) ısıtılarak tavllanır. Çelikhanede sürekli dökümden gelen sıcak kütükler doğrudan tav fırınına yüklenebildiği gibi stoktan veya diğer tesislerden alınan soğuk kütükler de tav fırınına yüklenebilmektedir. Sıcak kütük ile çalışılması, tavlama için gerekli yakıt miktarını azaltacaktır.

Tav fırınında haddeleme sıcaklığına kadar ısıtılan yarı mamulleri hazırlama ve finiş grubu tezgah merdanelerinde istenilen ebatlara göre inşaat çeliği, profil ve filmaşın olarak çekilir. Fırın çıkışında kütüğün yüzeyindeki tufaller, yüksek basınçlı su püskürtme veya kesme yöntemiyle temizlenir.

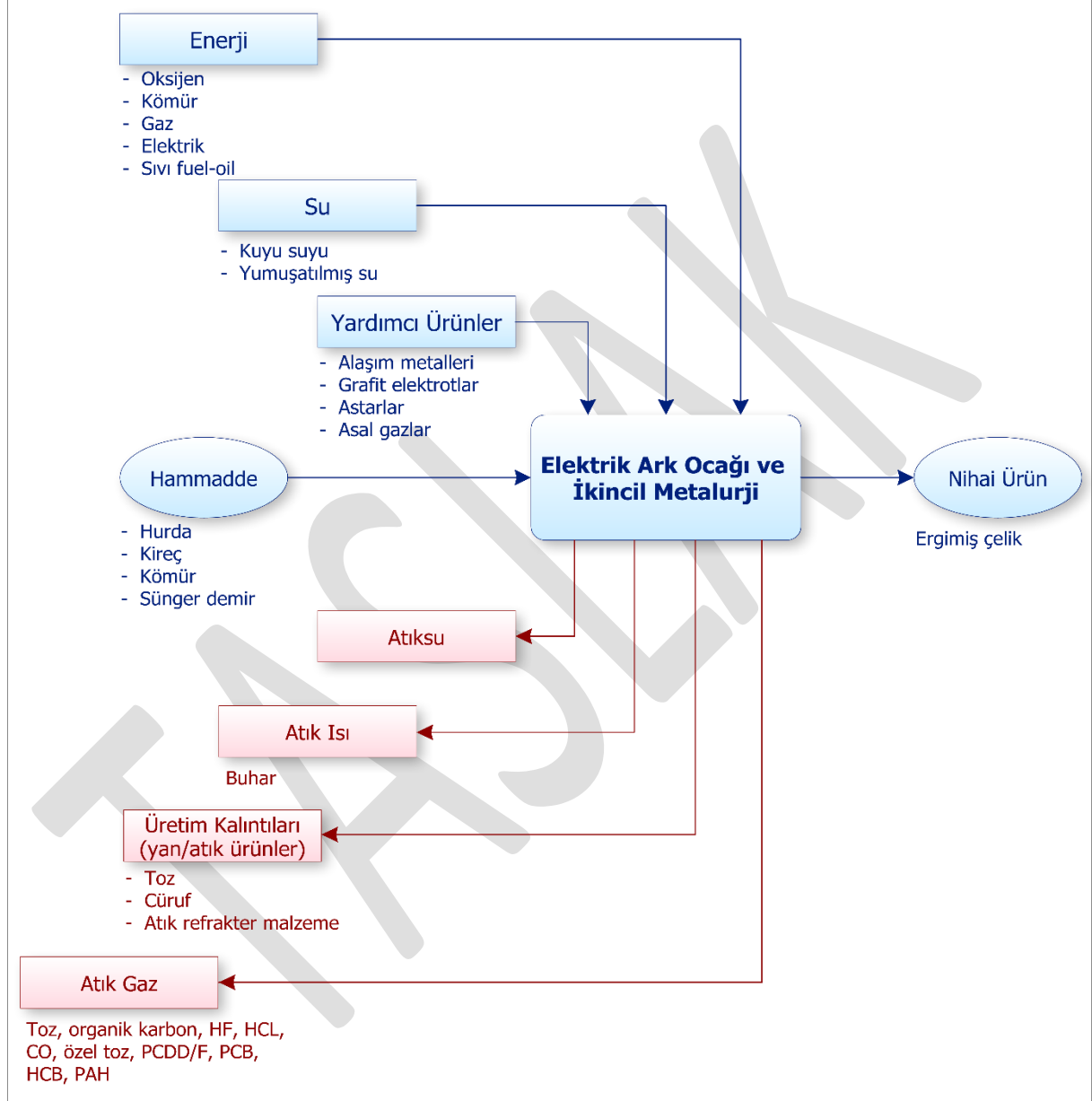
Finiş tezgâhında, boy özellikleri hariç diğer özellikleri oluşturulan ürün, soğutma platformuna ulaştırılır. Burada kontrollü bir soğutma işlemi ile ürüne istenilen mekanik ve teknolojik özellikler kazandırılır. Soğuk makasta istenilen boylarda kesilen çubuklar ambalajlama hattında her bir bağda belirlenmiş sayıda bulunmak üzere ilgili talimatlara uygun olarak paketlenir ve istiflenir veya sevkiyat için araçlara yüklenir.



Şekil 4. Bir çubuk haddehanesi için iş akış şeması

3. EMİSYON KAYNAKLARI

Bir EAO prosesi için temel girdi ve çıktılar Şekil 5'te gösterilmiştir. Hurda, kireç, kömür, vb. gibi hammaddeler ile diğer yardımcı malzemeler (alaşım metalleri, grafit elektrotları, asal gazlar, vb.) girdileri oluştururken çıktılar arasında gaz, katı ve sıvı formda atıklar bulunmaktadır.



Şekil 5. EAO prosesinde girdi ve çıktılar

Elektrik ark ocaklı demir çelik tesislerinde hava kirletici emisyonları genel olarak birincil emisyonlar ve ikincil emisyonlar şeklinde ikiye ayırmak mümkündür. Birincil emisyonlar, hurdanın ergitilmesi sırasında ark ocağında oluşan atık gazlar olup doğrudan emiş

sistemiyle baca gazı arıtma (toz ve/veya gaz kontrol) tesisine gönderilmektedir. İkincil emisyonlar ise hurda taşıma, şarj alma, döküm, vb. gibi ark ocağı kapağı açıkken oluşan emisyonlar ile ikincil metalürji (pota ocağı) işlemlerinden kaynaklanan emisyonlardır.

Elektrik ark ocaklı demir çelik üretim tesislerindeki emisyon kaynakları aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Ark Ocağı

Hurda metallerin ergitildiği ark ocakları, bütün procesten çıkan toplam emisyonun neredeyse tamamına yakınının oluştuğu emisyon kaynağıdır. Ark ocağına ilk hurda şarjı ile başlayan ve son döküm aşamasına kadar geçen süreçte oluşan emisyonlar, ocak kapağı kapalı iken doğrudan emiş hattı (dördüncü delik) ile kapak açıldığında ise davlumbaz veya çatıdan emiş sistemleri ile toplanmaktadır. Doğrudan emiş hatları, ocak kapağı kapalı durumda iken ocak içinde oluşan toz ve gazların çekilip filtre sistemine gönderildiği sistem olup atık gazlar hem nicelik hem de nitelik açısından en yüksek kirlilik potansiyeline sahiptir. Hurda şarjı veya döküm için kapak açıldığında iç ortama yayılan atık gazlar davlumbaz sistemiyle toplanarak birincil emisyonların arıtıldığı baca gazı arıtma tesisine gönderilir.

Direk olarak EAO'ndan toplanan atık gazların içinde ağırlık olarak tozlar, iz elementler/ağır metaller, eksik yanma ürünleri (karbonmonoksit-CO ve hidrokarbonlar-HC'ler), hidrojenflorür (HF) ve hidrojenklorür (HCl) gibi halojenler, UOB (uçucu organik bileşikler) (benzen, toluen, ksilen, kloro benzenler), dioksin ve furanlar (PCDD/PCDF), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), poliklorlu bifeniller (PCB) gibi kirleticiler bulunmaktadır. Zn, Pb, Mn, Cu, Sn, Cr, Cd, Sb, Hg karşılaşılan başlıca ağır metaller/iz elementlerdir.

Ark ocağında ergitme sırasında oluşan kirleticilerden miktar olarak en yüksek orana sahip kirleticiler, eksik yanma ürünleri CO ve HC'ler olup ocak çıkışında yüksek sıcaklıktaki gaz taze hava beslenmesi ile yakılarak kontrol edilirler. Yine yüksek sıcaklıktaki ergitme işlemleri sırasında kullanılan kömür ve hurda türüne bağlı olarak kükürt dioksit, destek yakıcılardan kaynaklanan azot oksitler (NO_x) yüksek konsantrasyonlarda olmasa da bu tesislerden atmosfere verilen emisyonlardır.

UOB emisyonları özellikle de benzen ve türevleri hem hurda sepetlerine ilave edilen kömürün yanarak gazlaşması ile hem de hurda bileşimindeki maddelerin yanmaları sonucunda oluşurlar. Toluene ve ksilen başta olmak üzere diğer uçucu organik bileşikler de beklenen emisyonlardır.

Kalıcı organik kirleticilerden olan PCB'ler özellikle içinde küçük kapasitör içeren çamaşır makinesi, saç kurutma makinesi, mutfak davlumbazları, yağ brülörleri, floresan lambalar gibi malzemeleri içeren kırpıntı hurdadan ve hurda üzerindeki bazı PCB içeren

pigmentlerden gelmektedir. Ayrıca, EAO çalışması esnasında önemli miktarlarda PAH oluşabilir.

Bunlarla birlikte, EAO'ndan toplanan atık gazların içindeki en önemli kirletici madde türlerinden birisi de PCDD/PCDF bileşikleridir. PCDD/PCDF'ler hammadde içinde bulunmamalarına rağmen ortamdaki klor ve organik maddelerin daha çok yanma sonrasında oluşturdukları reaksiyonlar sonucu oluşurlar. PCB'lerin de bu şekilde oluşması mümkündür. Bu kalıcı kirleticilere ilaveten, atık gazlar içerisinde bromlu difenil eterler (PBDE'ler) ve klorlu naftalinler (PCN'ler) de bulunmaktadır.

3.2. Hurda Ön Isıtma

Ön ısıtma işlemi; ocağa şarj edilecek hurdaların hurda sepetindeyken ocakta oluşan sıcak atıkgaz ile ısıtıldığı, bir enerji tasarrufu sağlamak amacıyla uygulanan bir işlem olmakla birlikte önemli bir emisyon kaynağıdır. Önceki şaft ocaklarında hurdanın %50'si ısıtılırken yeni ocaklarda tüm hurdaya ön ısıtma uygulanabilmektedir.

Ancak bu enerji tasarrufunun yanında hurda ön ısıtma sistemi, PCDD/PCDF, PCB, PAH ve diğer organohalojen bileşiklerin emisyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle hurda ön ısıtma sistemi çıkışında oluşan atık gazlar toz toplama sistemine gönderilmeden önce ilave yakma sistemleri ile (post combustion) emisyon azaltımı uygulanmalıdır. Hurda ön ısıtma işlemi uygulanmayan ark ocaklarında doğrudan emiş hattında ard yakma (post combustion) işlemi baca hattına sadece hava verilerek yapılabilirken hurda ön ısıtma uygulanan sistemlerde bunun için ilave yakıt gerekmektedir. Hurda ön ısıtma sisteminin fizibilitesinde bu ard yakma maliyeti dikkate alınmalıdır. Aksi takdirde enerji tasarrufu sağlanırken çok ciddi bir emisyon artışına neden olunmaktadır.

Yukarıda sayılan emisyonların miktarları dökümden döküme geçen süre içinde sabit olmayıp uygulanan işlemlere göre bu sayılan emisyonların türleri ve miktarları değişmektedir.

3.3. Hurda Taşıma, Hurda Şarjı, Döküm Alma, Döküm Operasyonlu İkincil Metalürji ve Sürekli Döküm İşlemlerinden Kaynaklanan İkincil Atık Gazlar

İkincil emisyonlar, esas olarak, birincil emisyonlar başlığı altında tanımlanan doğrudan EAO'ndan kaynaklanan gaz ve tozlar dışındaki emisyonları içermektedir. Ark ocağı kapağının açık olduğu şarj alma ve döküm alma işlemleri ile pota ocağındaki ikincil metalürji işlemleri sırasında çevreye yayılırlar. Birincil emisyonlarla aynı tür kirleticiler olup genel olarak daha düşük konsantrasyonlardadır. Ark ocağında ve pota ocağında uygulanan işleme göre miktarları anlık olarak değişmektedir. Bu emisyonlar davlumbaz veya çatıdan emiş sistemleri toplanarak genelde birincil atık gazlar ile birlikte arıtılırlar.

3.4. Cürufun Isıl İşleminden Kaynaklanan Gazlar

EAO prosesi sonrası oluşan cüruf su püskürtülerek soğutulur. Cürufun ısıl işleminden kaynaklanan duman çıkışı ise bu soğutma amaçlı su püskürtme esnasında oluşur. Islatılan cüruf eğer serbest CaO içeriyorsa oluşan atık gaz yüksek oranda alkali olabilir. Tesislerde bu çok sık rastlanan bir durumdur. Bu soğutma sırasında su buharı ile birlikte çok ince tozlar da havaya karışarak toz emisyonu oluşturabilmektedir.

3.5. Alan Kaynaklar

Demir çelik tesislerindeki en önemli emisyon kaynaklarından birisi alan kaynaklardır. Açıkta depolanan hurda, cüruf, kömür ve yardımcı maddeler rüzgar etkisiyle tozuyarak partikül madde emisyonuna neden olmaktadır. Bu maddelerin açık alanlara taşınması, yüklenmesi, boşaltılması sırasında havaya karışan miktarları depolanma şartlarına göre daha fazla olmaktadır. Tesis içindeki yollar da önemli alan kaynaklarıdır.

Alan kaynakların neden olduğu en önemli kirletici partikül madde olup bunun kaynağına göre (hurda, cüruf, baca tozu) bileşiminde ağır metaller gibi farklı kirleticiler de bulunabilmektedir.

3.6. Kaçak (Fugitive) Emisyonlar

Demir çelik tesislerinde üretim aşamasında ark ocağındaki en önemli kaçak emisyonlar ocak kapağı kapalı durumdayken elektrot deliklerinden, kapak kenarlarından çevreye karışan emisyonlarla kapak açıldığından oluşan emisyonlardır. Ancak bu emisyonlar, miktarının fazla olması nedeniyle toplanarak baca gazı arıtma tesisine gönderilmektedir. Bina ve çatı kaplamalarında açıklık bulunması veya gaz toplama emişinin yeterli olmadığı durumlarda bina içindeki emisyonlar dış havaya karışabilmektedir.

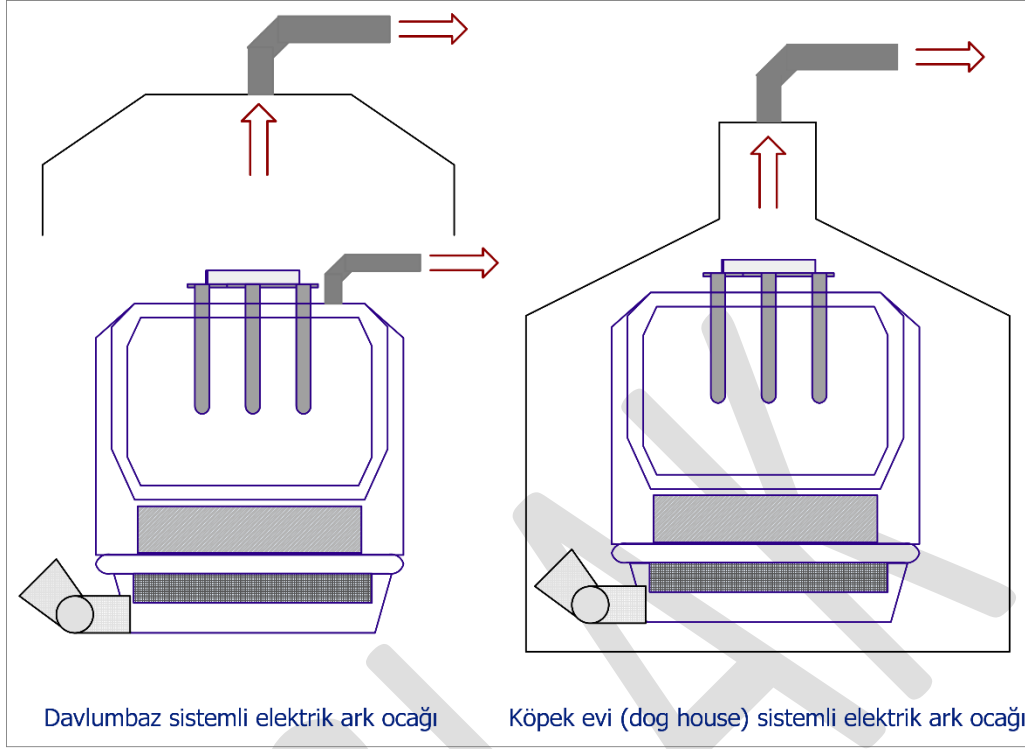
4. EMİSYON AZALTIM/KONTROL TEKNİKLERİ

Hurdadan demir çelik üreten elektrik ark ocaklı tesislerin emisyonlarında toksik ve tehlikeli emisyonların bulunması nedeniyle bu emisyonlar toplanarak bir kontrol sisteminden geçirilmelidir.

4.1. Çelikhane ve Toz Toplama Sistemi

Üretim aşamasında emisyonuna neden olan farklı işlemlerin bulunması nedeniyle öncelikle çok etkin bir toplama sistemi kurulmalıdır. İlk kurulan tesislerde sadece doğrudan emiş hatları (dördüncü delik) toplanıp filtre edilirken sonradan ikincil emisyonların toplanabilmesi için davlumbaz sistemleri geliştirilmiştir. Bunlar, çatıya monte edilen ve ocak kapağı açıldığından ocak üzerinden emiş yapabilen davlumbazlar olduğu gibi ocak üzeri

çevresini kapatarak emiş yapan davlumbazlar (dog house) şeklinde de olabilmektedir. Her iki atık gaz toplama sisteminin şematik görüntüsü Şekil 6’te verilmiştir.

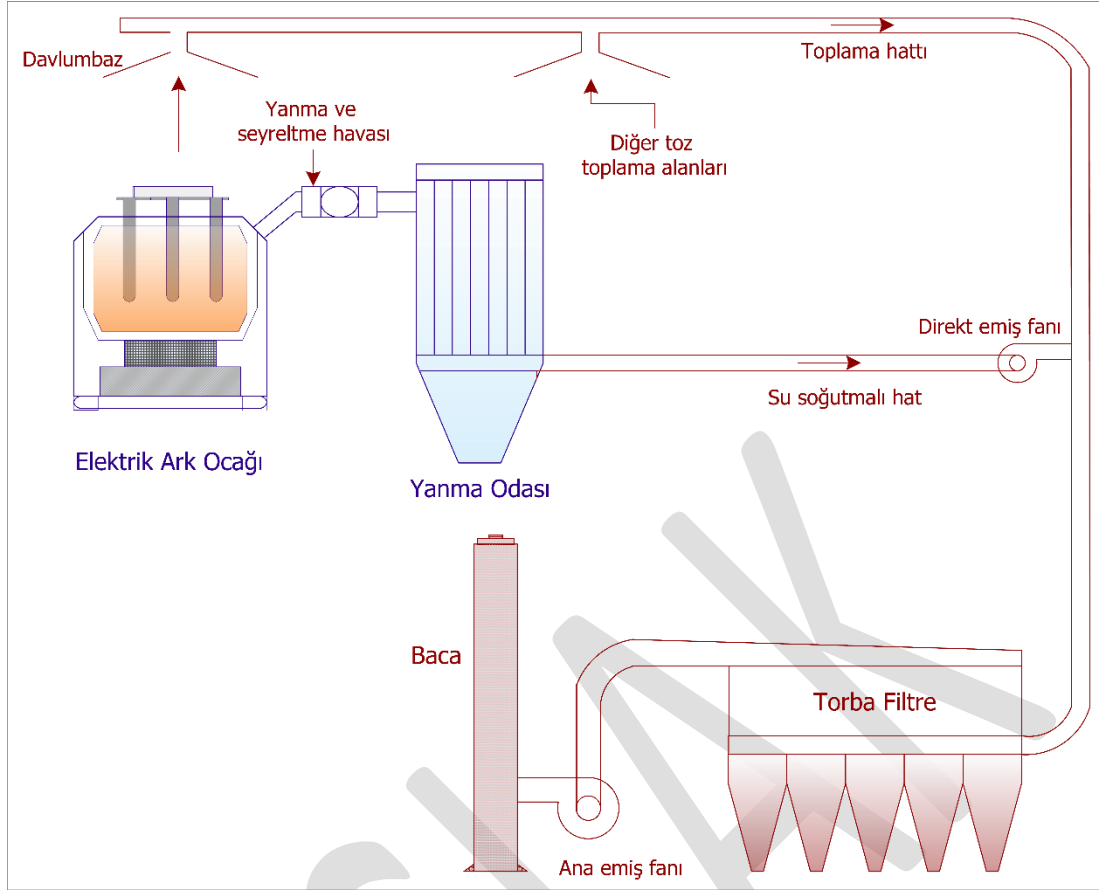


Şekil 6. EAO’larında gaz ve toz toplama sistemleri

Bu davlumbaz sistemleri ile şarj, döküm alma ve ergitme sırasında EAO’nda oluşan ikincil emisyonlar yakalanabilmektedir. Eğer aynı bina içinde ikincil metalürji işlemleri uygulanıyorsa aynı şekilde burada oluşan emisyonlar da benzer davlumbaz sistemle toplanabilmektedir.

Doğrudan emiş hatlarında öncelikle karbon monoksit ve hidrokarbon emisyonlarının azaltılması amacıyla yakma kamarası bulunmakta ve yüksek sıcaklıktaki atık gaza taze hava verilerek eksik yanma ürünlerinin tam yanması sağlanmaktadır. Buradan çıkan atık soğutulurak toz kontrol sistemine verilmektedir. Hurda şarjı, döküm alma, pota ocağı işlemleri vb. ikincil emisyonlar da ayrı davlumbazlar veya çatıdan emiş hatları ile toplanarak toz kontrol sistemine gönderilmektedir. Bu tür bir sistemin akış şeması Şekil 7’de verilmiştir.

Toz kontrol sistemi olarak genellikle torba filtre ve elektrostatik çöktürücüler (ESF) kullanılmaktadır. Önceleri yüksek toz tutma verimi nedeniyle ESF kullanılırken günümüzde yüksek sıcaklığa dayanıklı torba filtrelerin geliştirilmesi, veriminin artması ve ESF’lerdeki patlama ve yangın riski nedeniyle torba filtreler tercih edilmektedir. Bu sistemlerle toz tutma verimi %98’lerin üzerine çıkabilmektedir.



Şekil 7. EAO'lu bir çelikhane için atık gaz toplama ve toz kontrol sistemi

EAO emisyonlarında kontrol edilmesi gereken bir diğer emisyon türü ise PCDD/PCDF emisyonlarıdır. Bu emisyonların en yaygın iki kontrol yöntemi; atık gazların hızlı soğutulması (Water Quench) ve aktif karbon adsorpsiyonu yöntemidir.

Dioksin ve furan emisyonları, içinde klorlu bileşikler ve hidrokarbon bulunan atık gazların yanma sonrası soğuması sırasında orta sıcaklık aralığında oluşmaktadır. Bu emisyonların oluşmasının önlenmesi için atık gazların çok hızlı bir şekilde soğutulması sağlanmaktadır. Water Quenching işleminde baca gazına su püskürtülerek atık ısı ile suyun buharlaşarak baca gazının aniden soğutulması sağlanarak sıcaklık 250 °C'in altına inebilmektedir. Bu şekilde PCDD/PCDF'lerin oluşması önlenmektedir. Bu yöntem doğrudan emiş hattı üzerinde uygulanırken davlumbaz ve çatıdan emişlerde zaten soğuma başladığı için verimli olmamaktadır.

PCDD/PCDF kontrolünde ikinci yöntem ise adsorpsiyon yöntemidir. Atık gazlar bir aktif karbon kolonundan geçirilerek veya baca gazı içinde toz kontrol sistemi öncesinde toz aktif karbon enjekte ederek kirleticilerin aktif karbon yüzeyinde tutulması sağlanmaktadır. Demir çelik tesislerinde atık gaz toplama sistemlerinin gaz debisi çok yüksek olduğu için ayrı bir aktif karbon kolonu yerine baca gazına enjeksiyon tercih edilmektedir. Enjekte edilen aktif karbon tozları da toz kontrol sisteminde yakalanmaktadır. İkincil emisyonların

toplandığı hatta veya doğrudan emiş hattında water quenching uygulanmadığında toz toplama sisteminin tamamı için bu yöntem uygulanabilir.

4.2. Hurda Ön Isıtma

EAO'lu tesislerde en önemli maliyetlerden birisi elektrik bedeli olup, bunu azaltılması için teknikler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ark ocağına hurda şarjı öncesi hurdayı sepette sıcak atıkgaz ile ön ısıtmaya tabi tutmak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yeni ocaklar şaft entegre sistemli ön ısıtma sistemlerine sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Önceki şaft ocaklarında hurdanın %50'si ısıtılırken yeni ocaklarda tüm hurdaya ön ısıtma uygulanabilmektedir. Günümüzde şaft ark ocakları ile döküm devirme süresi 35 dakikaya kadar indirilmiş ve ön ısıtmasız ark ocağına göre 10-15 dakika kazanç sağlanabilmektedir. Bu da elektrik tüketimini azaltacağı için hem enerji tasarrufu ile ekonomik yarar sağlanmış olacak hem de daha az elektrik üreteceği için dolaylı olarak ta çevreye katkı sağlanacaktır.

Ancak bu enerji tasarrufunun yanında hurda ön ısıtma sistemi, PCDD/PCDF, PCB, PAH ve diğer organohalojen bileşiklerin emisyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle hurda ön ısıtma sistemi çıkışında oluşan atık gazlar toz toplama sistemine gönderilmeden önce ilave yakma sistemleri ile (post combustion) emisyon azaltımı uygulanmalıdır. Hurda ön ısıtma işlemi uygulanmayan ark ocaklarında doğrudan emiş hattında ard yakma (post combustion) işlemi baca hattına sadece hava verilerek yapılabilirken hurda ön ısıtma uygulanan sistemlerde bunun için ilave yakıt gerekmektedir. Hurda ön ısıtma sisteminin fizibilitesinde bu ard yakma ve dioksin furan arıtımı maliyeti dikkate alınmalıdır. Aksi takdirde enerji tasarrufu sağlanırken çok ciddi bir emisyon artışına neden olmaktadır.

4.3. Alan Kaynaklar

Demir çelik tesislerinde açık alanlarda hurda, cüruf, kömür, kireç, baca tozu ve benzeri malzemelerin depolanması önemli bir partikül kirliliğine yol açmaktadır. Bu nedenle bu tür malzemelerin mümkün olduğunca tozumayı önleyici şekilde kapalı alanlarda depolanması gerekmektedir. Bununla birlikte alan kaynaklar için uygulanabilecek emisyon azaltım ve kontrol tedbirleri şunlardır:

- Rüzgar etkisini azaltmak için alan çevresinin rüzgar perdeleri ile kapatılması,
- Depolanan malzemelerin yüzeylerinin örtülmesi veya ıslatılması,
- Bu malzemelerin yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında ilave ıslatma işleminin uygulanması,
- Araçların geçtiği yolların beton ve asfalt gibi tozumayı önleyici maddelerle kaplanması ve düzenli süpürülmesi
- Açık alanlarda hurda kesme işleminin yapılmaması

Bunların dışında bina kaplamalarının yetersizliği, atık gaz toplama sisteminin etkinliğini azaltacağı için kaçak emisyonlara neden olacaktır. Duvar ve çatılarda dışarıya gaz çıkışına neden olabilecek açıklıklar kapatılmalıdır.

4.4. Diğer Emisyon Azaltım ve Kontrol Yöntemleri

Elektrik ark ocaklı demir çelik üretim tesislerinde proses içinde yapılacak bazı düzenlemeler ve proses sonu uygulanacak bazı kontrol teknikleri ile enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak mümkündür. Proseste enerji tasarrufu sağlamak üzere uygulanabilecek en iyi optimizasyon teknikleri aşağıdaki gibidir;

- EAO proses optimizasyonu
- Hurda ön ısıtma
- Kapalı devre su soğutma sistemi

Uygulanabilecek proses sonu emisyon kontrol teknikleri ise aşağıdaki başlıklara ayrılabilir;

- Gelişmiş emisyon toplama sistemleri
- İkincil yakma ile birlikte çıkış gazı arıtımı
- Toz aktif karbon enjeksiyonu ile çıkış gazı iyileştirme
- EAO cüruflarının yeniden kullanımı
- EAO tozlarının yeniden kullanımı

5. ÖLÇÜM VE İZLEME

Elektrikli ark ocaklı demir çelik tesislerinde ölçülmesi ve izlenmesi gereken kirleticiler kaynaklarına göre Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elektrikli ark ocaklarında emisyon kaynakları ve izlenecek kirleticiler

Emisyon kaynağı (Ölçüm noktası)	İzlenecek kirleticiler	İzleme periyodu	Sürekli izleme ¹
Çelikhane Toz Toplama Sistemi Bacası	Toz, CO, SO ₂ , NO _x , özel toz emisyonları (Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Cu, Hg), HF, HCl, TOK, BTX, Klorobenzenler, PCDD/PCDF, PAH, PCB	İzin + Periyodik	Toz, TOK
Haddehane (Tav Fırını) Bacası	Toz, NO _x	İzin + Periyodik	

¹ EK-4’teki hükümlere de bakılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği.
- IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2013. JRC Reference Report Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, Spain.
- TA LUFT, 2002. "Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit", Almanya Hava Kirliliği Kontrolü Teknik Talimatnamesi - TA Luft).

TASLAK