



AVRUPA BİRLİĞİ

**ENTEĞRE KİRLİLİK ÖNLEME VE KONTROL (IPPC)
DEMİR VE ÇELİK ÜRETİMİNDE EN İYİ TEKNOLOJİLER
REFERANS DOKÜMANI**

KASIM 2001

TERCÜME

**DEMİR ÇELİK ÜRETİCİLERİ DERNEĞİ
ANKARA – ŞUBAT 2007**

İÇİNDEKİLER

AMAC	1
ÖNSÖZ	2
1- Bu dokümanın statüsü	2
2- IPPC nin İlgili Yasal Yükümlülükleri ve BAT ın Tanımı	2
3- Bu dokümanın hedefi	3
4- Bilgi Kaynakları	3
5- Bu Dokümanın Anlaşılma ve Kullanım Şekli	3
ÖZET	5
Amaç	5
Sunulan Bilgiler	5
Dokümanın Yapısı	5
Genel Bilgiler	6
Demir Ve Çelik Üretimi	6
Sinter Tesisleri İçin BAT (bölüm 4)	6
Peletleme tesisleri için BAT (bölüm 5)	8
Kok fırın tesisleri için BAT (Mevcut En İyi Teknikler) (bölüm 6)	9
Yüksek Fırınlara Ait BAT (Bölüm 7)	12
Bazık Oksijen Çelikhane Ve Dökümü İçin BAT (Bölüm 8)	13
Elektrikli Çelik Üretim Prosesi ve Dökümhanesi için BAT (Bölüm 9)	15
Anlaşma Zeminini	16
1. GENEL BİLGİ	17
1.1 Avrupa ve Dünyada Genel Çelik Üretimi	17
1.2 AB' de çelik üretiminin coğrafik dağılımı	18
1.3 AB demir ve çelik sanayinde yatırımlar ve işçilik	24
1.4 Ekonomik Durum	25
1.5 Demir ve çelik sanayinin çevreyle ilişkisi	26
2. HAM MADDELERİN DEPOLANMASI VE MANİPLASYONU	30
3. ÇELİKHANEYE GENEL BAKIŞ	31
3.1 Çelikhane proses yolları	31
3.2 Entegre çelik işletmeleri	31
3.2.1 Proses genel bakışı	32
3.2.2 Üretim prosesleri arasındaki bağlantılar (Enerji, yarı ürünler/atıklar, hava ve suya verilen kirlilikler yönüyle)	34
4. SİNER TESİSLERİ	38
4.1 Uygulanan prosesler ve teknikler	38
4.1.1 Sinter prosesinin amacı	38
4.1.2 Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması	39
4.1.3 Sinter bandı işlemi	40
4.1.4 Sıcak sinter eleme ve soğutma	42
4.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri	42
4.2.1 Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri	42
4.2.2 Tek emisyon kaynağı kütle akışına ait bilgiler	46
4.3 BAT'ın belirlenmesinde göz önüne alınacak teknikler	57
4.3.1 Prosesle entegre edilmiş teknikler	57
4.3.2 Arıtım sonrası teknikler	58
4.3.1 Proses-entegreli teknikler	58
4.3.2. Hat Sonu Teknikleri	71
4.4 Sonuçlar	90

4.5 Ortaya çıkan teknikler ve gelecek gelişmeler	92
4.5.1 PCDD/F uzaklaştırılması	92
5. PELEMLEME TESİSLERİ.....	93
5.1 Uygulanan Proses ve Teknikler	94
5.1.1 Öğütme ve Kurutma/Suyunu atma	95
5.1.2 Yeşil top hazırlama.....	95
5.1.3 Sertleştirme	95
5.1.4 Eleme ve taşıma	97
5.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri.....	97
5.2.1 Akış diyagramı ve input/output data.....	97
5.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri.....	100
5.2.1 Ana akış diyagramı ve girdi/çıkış bilgileri	100
5.2.2 Tekil emisyonlu kütle akışı hakkında bilgi	102
5.3 Kullanılabilir en iyi tekniğin (BAT) belirlenmesi için değerlendirilecek teknikler	103
5.4 Sonuçlar.....	109
5.5 Geliştirilen teknikler	111
5.5.1 Katılaştırma hattında proses bütünleşik NO _x indirgenmesi	111
5.5.2 Soğuk bağlanmış peletler/tuğlalar	111
5.5.3 Diğer olası teknikler	112
6. KOK FIRINI TESİSLERİ.....	113
6.1 Uygulanan prosesler ve teknikler	113
6.1.1 Kömür işleme.....	114
6.1.2 Kok fırını bataryası işletme	115
6.1.3 Kok fırını gazının (COG) toplanması ve arıtımı	119
6.1.4 Kok fırını su akışı	122
6.2 Tüketim / emisyon seviyeleri	124
6.2.1 Akış miktarlarına bakış ve girdi/çıkış verileri.....	124
6.2.2 Havaya verilen emisyon bilgileri.....	118
6.2.3 Suya verilen emisyon bilgileri	118
6.2.4 Enerji gereksinimi	120
6.2.5 Toprak kirliliği	120
6.3 En kullanışlı tekniklerin (BAT) tespitlerinin göz önünde tutulması	121
EP.1 Fırın şarj emisyonlarının düşürülmesi	132
6.4 Sonuçlar.....	151
6.5 Yeni ortaya çıkan teknikler ve gelecekteki gelişmeler	154
7. YÜKSEK FIRINLAR	156
7.1 Uygulanan Prosesler	156
7.1.1 Şarj.....	158
7.1.2 Sıcak Sobalar	158
7.1.3 Yüksek Fırın	159
7.1.4 İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu.....	160
7.1.5. Döküm	161
7.1.6 Curuf İşleme	161
7.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri	163
7.2.1 Kütle akışı ve girdi/çıkış verileri	163
7.2.2 Tekli emisyon kütle akışları ve enerji ihtiyacı bilgileri.....	167
7.3 BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınan teknikler	174
7.4 Sonuçlar.....	192
7.5 Yeni ortaya çıkan teknikler ve gelecekteki gelişmeler	194

8. BAZİK OKSİJEN ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ	196
8.1. Uygulanan Prosesler ve Teknikler	197
8.1.1 Sıcak Metalin Transferi ve Depolanması	198
8.1.2 Sıcak Metal Ön İşlemleri	199
8.1.3 BOF'da Oksidasyon	200
8.1.4 Sekonder Metalurji	204
8.1.5 Döküm	207
8.2 Mevcut Emisyon ve Tüketim Seviyesi	210
8.2.1 Kütle akım genel görünüşü ve giriş-çıkış dataları	210
8.2.2 Kütle akışında emisyon ve enerji gereksinimi ile ilgili bilgiler	213
8.3 BAT hesaplamalarında tekniklerin hesaba katılması	224
8.4 Sonuç	246
8.5 Yeni teknikler ve geleceğe yönelik gelişmeler	248
9. ELEKTRİK ARK OCAĞI ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ	250
9.1 Uygulanan proses ve teknikler	250
9.1.1 Hammadde taşıma ve depolama	253
9.1.2 Hurda Ön ısıtma	254
9.1.3 Şarj Etme	254
9.1.4 Ark Ocağı Ergitme ve Arıtma	255
9.1.5 Çelik ve Cüruf Dökümü	255
9.1.6 İkincil Metalürji	255
9.1.7 Curuf taşıma	256
9.1.8 Sürekli Döküm	256
9.2 Mevcut tüketim ve emisyon değerleri	257
9.2.1 Akış şeması ve girdi/çıkış verileri	257
9.2.2 Emisyon akış şeması ile gürültü emisyonları ve enerji gereksinimleri ile ilgili bilgiler	259
9.3 En uygun tekniğin belirlenmesinde dikkate alınan uygulamalar (BAT)	271
9.4 Sonuçlar	286
10. YENİ / ALTERNATİF DEMİR YAPIM TEKNİKLERİ	290
10.1 Giriş	290
10.2 Direk İndirgeme (Dr)	293
10.2.1 Genel	293
10.2.2 Elde edilebilir (mevcut) prosesler:	293
10.2.3 DRI' ın çevresel yönü	295
10.3 Ergitme İndirgemesi (SR)	295
10.3.1 Genel	295
10.3.2 Corex:	296
10.3.3 Gelişmekte Olan Prosesler	298
Hİsmelt	298
DİOS	299
AISI-DOE/CCF	299
ROMELT	300
10.4 Yüksek fırın prosesinin, direkt redüksiyon ve ergitme-redüksiyon prosesleriyle karşılaştırılması	300
11. SONUÇLAR VE TAVSİYELER	305
TERİMLER	307

AMAÇ

Bu BREF, ark ocağı çelik işletmelerinde çelik üretimi ile birlikte entegre demir çelik üretimi işletmelerindeki prosesleri kapsar.

Tanımlarla karşılanan ana operasyonlar aşağıdaki şekildedir:

- Dökme ham maddelerin yüklenmesi, tahliyesi ve maniplasyonu,
- Ham maddelerin harmanlaması ve karıştırılması,
- Kok üretimi,
- Demir cevherinin sinterlenmesi ve peletlenmesi,
- Cüruf işlemi dahil yüksek fırın yolu ile mayi demir üretimi,
- Potada kükürt giderme, pota metalürjisi ve cüruf işlemi dahil bazik oksijen prosesi kullanılarak üretimi ve arıtılması,
- Pota metalürjisi ve cüruf işlemi dahil ark ocağı ile çelik üretimi,
- Sürekli döküm

Haddeleme, yüzey temizleme, kaplama gibi alt prosesler ile ilgili tüm diğer çelik prosesleri ile birlikte tav ve ısı işlem fırınları, kuvvet santralleri, oksijen tesisleri dahil değildir ve bu konular ayrı bir BREF ile işlenecektir.

Birincil demir çelik üretimi prosesiyle doğrudan ilgisi olmayan, ancak çevreye etkisi olan aşağıdaki prosesler bu doküman kapsamında yer almamaktadır.

- Hammadde stoklanması ve maniplasyonu sırasında yayılan toz emisyonu,
- İş sağlığı güvenliği ve tehlike riski
- Emisyonların izlenmesi

Bu belgede, bu görüşler sadece özet olarak işlenmiştir, detayları farklı bir dokümanda yer alır.

ÖNSÖZ

1- Bu dokümanın statüsü

Aksi durum belirtilmedikçe, bu belgedeki “DİREKTİF” için referanslar entegre kirlilik önleme ve kontrol hususundaki 96/61/EC sayılı direktifi kasteder. Bu belge onlar içindeki en iyi mevcut teknikler (BAT), ortak denetleme ve gelişmelerle ilgili AB Üye Devletleri ve sanayileri arasındaki bir bilgi değişiminin sonucunu sunarak bir serinin devamını oluşturur. Direktifin 16 (2) Maddesine uygun Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmıştır ve bu nedenle “en iyi mevcut teknikler” belirlenirken Direktifin ek 4 üne uygun olarak hesaba katılmalıdır.

2- IPPC nin İlgili Yasal Yükümlülükleri ve BAT ın Tanımı

Bu belgenin taslağının hazırlanmasında okuyucunun yasal metni anlamasına yardımcı olmak amacıyla, “en iyi mevcut teknikler” teriminin tanımı dâhil IPPC Direktifinin en alakalı koşulların bazıları bu önsöz de izah edilmektedir. Bu tanım kaçınılmaz surette eksiktir ve sadece bilgi için verilmiştir. Yasal değere sahip değildir Direktifin gerçek koşulları herhangi bir şekilde değiştirilmez yâda önyargısız olamaz.

Direktifin amacı, bir bütün olarak çevrenin korunmasının yüksek bir seviyesini hedef alarak Ek 1 de listelenmiş olan aktivitelerden doğan kirliliğin entegre şeklinde önleme ve kontrolü başarılıdır. Direktifin yasal temeli çevresel korumayla ilgili ilgilidir. Topluluk, sürdürülebilir kalkınma esasına dayalı gelişmeyi, kendine esas almalıdır.

Direktif, değişik kategorideki endüstriyel tesislerdeki kirliliği bütünüyle görmeyi ve bunlar için gerekli önlemleri almayı öngörür. Bu entegre yaklaşımın amacı çevre kirliliğini bütün boyutuyla görüp, önlemleri almak içindir. Bu yaklaşımın merkezi, çevresel performanslarını ıslah etmelerini sağlayarak mevcut en iyi tekniklerin uygulamasıyla kirliliğe karşı işletmecilerin tüm uygun önleyici tedbirleri almasını gerektiren Madde 3’te verilen genel prensiptir.

“Mevcut en iyi teknikler” terimi, “bir bütün olarak çevredeki emisyonları ve etkiyi azaltmak (pratik olmayan yerde) ve önlemek için dizayn edilen emisyon limit değerlerine ait esas prensip olarak sağlayan özel tekniklerin pratik uygunluğunu gösteren işletim metotları ve aktivitelerin geliştirilmesinde en etkili ve ileri safha” olarak Direktifin Madde 2 (11) de belirtilir. Madde 2 (11) aşağıdaki şekilde bu tanımı açıklamayı sürdürür:

- “teknikler” hem kullanılan teknolojiyi hem de tesisin dizayn edilmesi, bakımı, işletilmesi ve durdurulması operasyonlarını içerir;
- “uygun” teknikler, operatör için makul şekilde kullanılabilen tekniklerdir. Bu tekniklerin maliyet, teknoloji ve diğer avantajları düşünülerek kurulup kurulmamasına karar verilir.
- “en iyi” bir bütün olarak çevrenin genel yüksek bir koruma seviyesini başarmada çok etkili demektir.

Ayrıca Direktif Ek IV’de, “önceden alınan tedbir ve önlemin muhtemel maliyetleri ve kârlarını karşılayarak... Mevcut en iyi teknikleri belirlerken genel olarak veya özel

durumlarda hesaba katılacak olan karşılıkların” bir listesini ihtiva eder. Bu karşılıklar Madde 16 (2) uygun olarak Komisyon tarafından yayınlanan bilgiyi içerir.

İzin koşulları belirlenirken Madde 3’te belirtilen genel prensiplerin dikkate alınması gereklidir. Bu koşullar emisyon limit değerleri, teknik önlemler veya eşdeğer parametrelerdir. Madde 9(4) deki Direktif’lere göre, bu emisyon limit değerleri, eşit parametreler ve teknik tedbirler, çevresel kalite standartlarına uygunluğunu yargılamaksızın, herhangi bir teknik veya özel teknolojinin kullanımını tavsiye etmeksizin en iyi mevcut tekniklere istinaden olmalıdır ancak coğrafik yerleşimi ve yerel çevresel koşullarını ilgilendiren tesisin teknik karakterleri hesaba katılmalıdır. Tüm koşullarda, iznin koşulları uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğin minimizasyonundaki koşulları kapsamlı ve bir bütün olarak çevre için yüksek bir koruma seviyesi temin etmelidir. Üye Devletler, Direktifin Madde 11 ne göre kabiliyetli yetkililerin izlemesini veya en iyi mevcut tekniklerde gelişmelerin bildirilmesini temin etmek için yükümlüdür.

3- Bu dokümanın hedefi

Direktifin Madde 16 (2)’sı üye devletler arasında bilgi ağının kurulmasını, izleme alt yapısının geliştirilerek en iyi teknolojilerin uygulanmasını sağlayarak gelişmeyi öngörmektedir. Bu organizasyonun ise bir komisyon tarafından yerine getirilmesi istenir.

“En iyi mevcut teknikler hakkında topluluk seviyesinde bilginin gelişimi ve değişimini topluluktaki teknolojik dengesizliklerini gidermeye yardımcı olacağını, limit değerlerinin ve toplulukta kullanılan tekniklerin yaygın şekilde dünyaya dağılımını ilerletecek olan ve Direktifin etkili ıslahında Üye Devletlere yardımcı olacağını belirten” Direktifin 25. beyanatında bilgi değişimin amacı verilmektedir. Madde 16(2) altında çalışmaya yardım etmek için bir bilgi değiştirme forumu (IEF) nu tesis eden Komisyon (Çevre DG) ve teknik çalışma gruplarının bir kaçı IEF’ nun şemsiyesi altında tesis edilmiştir. Hem IEF hem de teknik çalışma grupları Madde 16(2) de gerekli olduğu üzere Üye Devletler ve sanayisinden temsilcilerden oluşur.

Bu dokümanın amacı, izin koşullarını belirlemek, izin yetkisine ait referans bilgisini sağlamak amacıyla Madde 16(2) ile belirlenen bilgi değişimini kusursuzca yansıtmaktır. En iyi mevcut tekniklerle ilgili bilgi sağlanırken, bu belgeler değerli araçlar olarak çevresel performansın gelişmesini etkiler.

4- Bilgi Kaynakları

Bu belge komisyon hizmetleri tarafından tasdik edilerek, çalışmasında komisyona yardım etmek için kurulan uzman grupları kapsayarak kaynakların birçoğundan toplanan bir özet bilgiyi sunar. Tüm destekler memnuniyet vericidir.

5- Bu Dokümanın Anlaşılma ve Kullanım Şekli

Bu dokümanda sağlanan bilgiler özel durumlarda BAT ın belirlenmesi için bir girdi olarak kullanılacağını göstermektedir. BAT belirlenirken ve BAT-bazlı izin koşulları ayarlanırken, daima bir bütün olarak çevre için yüksek bir koruma seviyesinin başarılması genel hedef olarak dikkate alınmalıdır.

Bu bölümün geri kalanı belgenin her bir bölümünde sağlanan bilginin şeklini izah eder.

Bölüm 1,2 ve 3 sanayi sektöründeki genel bilgileri sağlar ve Bölüm 4–9 sektör içinde kullanılan sanayiye ait prosesler hususunda bilgi verir. Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri yazım zamanında mevcut tesislerdeki durumu yansıtarak Bölüm 4-9' un ikinci bölümünde sunulmaktadır.

Bölüm 4–9' un üçüncü bölümü BAT ve BAT-bazlı izin koşullarını belirleyerek çok ilgili olmasını dikkate alan emisyon azatımı ve diğer teknikleri daha detaylı olarak izah etmektedir. Bu bilgi, teknik ile birleştirilen teknik, bazı fikir değerleri ve çevresel etkileri kullanarak başarılabılır kayda değer tüketim ve emisyon seviyelerini içerir, ve tekniğin IPPC gereken tesislerin alanına uygulanabilir olan uzantı örneğin yeni, mevcut, geniş ve ufak tesislere izin verir. Genel olarak atıl olarak görülen teknikler dahil değildir.

Bölüm 4–9' un her birindeki sonuç bölümü genel anlamda BAT ile uygun olabileceğini dikkate alan teknikleri ve emisyonları ve tüketim seviyelerini sunar. Böylece bu amaç Madde 9(8) altında genel bağlayıcı kuralların tesisi için ve BAT-bazlı izin koşullarının belirlenmesinde yardımcı olmak amacıyla uygun bir referans olarak dikkate alınabilir. Ancak, bu belgenin emisyon limit değerlerini arz etmediğini ehemmiyetle ifade etmelidir. Uygun izin koşullarının belirlenmesi, ilgili tesisin teknik karakteristikleri, coğrafik yerleşimi ve yerel çevresel koşulları gibi özel faktörlerin hesaba katılmasıyla alakalı olacaktır. Mevcut tesisleri yenilemenin ekonomik ve teknik yeterliliği de hesaba katılmalıdır. Bir bütün olarak yüksek bir koruma seviyesini temin etmenin tek amacı, lokal olarak çevresel yaptırımları göz önünde bulundurmaktır.

Bu düzenlemelerin bir kaçını beyan etme teşebbüsünde bulunulmasına rağmen, bütün teknikleri bu dokümanda tanıtmak mümkün değildir. Dolayısıyla, Bölüm 4–9' un her birinde En iyi Mevcut Teknikler üzerindeki sonuç bölümünde sunulan teknikler ve seviyeler tüm tesisler için gerekli olarak uygun olmayacaktır. Diğer taraftan, uzun mesafe ve sınır ötesi kirliliğin minimizasyonu dahil çevre korumasının yüksek bir seviyesini temin etmek için yükümlülük izin koşullarının sadece yerel koşullara uyarlamayla mümkün değildir. Bu nedenle, bu dokümanda yer alan bilgilerin izin veren yetkililerce dikkate alınması gerekmektedir.

En iyi mevcut teknikler zamanla değiştirileceğinden, bu doküman uygun şekilde tekrar incelenecek ve güncelleştirilecektir. Tüm yorumlar ve öneriler aşağıdaki adresteki Prospective Technological Studies Kuruluşundaki European IPPC Bürosuna yapılmalıdır:

Edificio Expo-WTC, Inca Garcilaso s/n, E-41092 Seville-Spain

Telefon: +34 95 4488 284 Faks: +34 95 4488 426

e-mail eipp@jrc.es

Internet: <http://eippcb.jrc.es>

ÖZET

Konsey Direktifi 96/61/EC' nin Madde 16(2)' e göre icra edilen Demir ve Çelik Sanayisinde mevcut en iyi teknikler hususunda ki bu Referans Belgesi bir bilgi değişimini yansıtır. Belgelerin objelerini ve kullanımını açıklayan, Belgelere başlangıç ışığı olarak bakılmalıdır.

Amaç

Entegre çelik işletmeleri (sürekli ve ingot dökümü dahil sinter tesisleri, peletleme tesisleri, kok fırını tesisleri, yüksek fırınlar ve bazik oksijen fırınları) ve elektrik ark fırınlarında demir ve çelik yapımın da ki çevresel görüşleri kapsar. Döküm için ferro metal prosesleme akışı bu Belgenin kapsamında değildir.

Sunulan Bilgiler

Demir ve çelik yapımının en önemli çevresel düzenlemeleri, havaya ve katı atıklara/yan ürünlere emisyonlara bağlantılıdır. Kok tesisleri, yüksek fırınlar ve bazik oksijen fırınlarından atık su emisyonları bu sektördeki su için en uygun emisyonlardır.

Bu nedenle, bu görüşler üzerinde mevcut iyi bilgilerin var olması şaşırtıcı değildir fakat sadece onları minimize etmek için gürültü/titreşim emisyonları ve ilgili ölçümler hakkında sınırlı bilgiler mevcuttur. Toprak kirlenmesi, sağlık ve güvenlik için ve doğal kaynak tüketimi için de aynen geçerlidir. Ayrıca, sunulan veriler için bir esas olarak kullanılan numune alma metotları, analiz metotları, zaman aralıkları, tüketim metotları ve referans koşulları hususunda çok az bilgi mevcuttur.

Dokümanın Yapısı

Bu BREF' in tüm yapısı üç ana bölümle karakterize edilir:

- Sektördeki genel bilgiler
- Entegre demir ve çelik işletmelerindeki bilgiler
- Elektrik ark fırını çelik yapımındaki bilgiler

Genel bilgiler, Avrupa Birliğinde sektörün çevresel öneminin kabaca değerlendirmesi ile birlikte coğrafik dağılımı, ekonomik ve istihdam görüşleri gibi demir ve çelik hususunda ki istatistik verileri içerir. Entegre çelik işletmelerinin karmaşıklığı yüzünden, aşağıda verildiği gibi ana üretim kademeleri için tam bir bilgi seti sağlamadan önce genel bir bilgi verilir. (Bölüm 3) :

- Sinter tesisi (bölüm 4)
- Peletleme tesisi (bölüm 5)
- Kok fırını tesisi (bölüm 6)
- Yüksek fırınlar (bölüm 7)
- Döküm dâhil bazik oksijen çelikhanesi (bölüm 8)

Tam bir bilgi seti, IPPC BAT (Mevcut En İyi Teknikler) referans belgelerine ait Genel Taslağa göre üretim safhaları için bilgilerin tümünü kasteder. Böyle bir "tesis güvenliği" bilgisinin toplanması uygulamada belgenin kullanmasına yardımcı olur.

Elektrik ark fırını çelikhanesi entegre çelik işletmelerinden tamamen farklıdır ve bu nedenle ayrı bir bölümde (bölüm 9) sunulmaktadır.

Sonuç olarak, tümünü görmek için bilgi, yeni/alternatif demir yapımı tekniklerinde (bölüm 10) sunulmaktadır.

Bölüm 11 sonuçları ve tavsiyeleri içerir.

Genel Bilgiler

Demir ve çelik yaygın olarak kullanılan önemli mamullerdir. Avrupa Birliğinde ham çelik üretimi 1999 da 155,3 milyon tonda kalmış olup, dünya üretiminin yaklaşık %20 ne eşittir.

Avrupa Birliğinde ham çeliğin yaklaşık üçte ikisi 40 tesiste yüksek fırınlar vasıtasıyla üretilir ve üçte biri 246 ark ocağında üretilir.

1995'te, inşaat, otomobil imalatı, mekanik mühendislik vs gibi sanayilere bağlı olan büyük sayıda çalışanla birlikte yaklaşık 330.000 insan, demir ve çelik sanayinde çalıştırılmıştır.

Demir Ve Çelik Üretimi

Demir ve çelik sanayi yoğun olarak enerji ve aşırı derecede hammadde kullanan bir sanayidir. Madde girişinin yarısından daha fazlası atık gazlar ve katı atıklar/yarı mamuller şeklinde çıkar. Bunlar havaya verilen en önemli emisyonlardır. Sinter tesisinde kirleticilerin birçoğu tüm emisyonları birleştirir. Büyük çabalar emisyonları azaltmış olmasına rağmen Avrupa Birliğinde havaya verilen toplam emisyonlar için sektörün katkısı özellikle bazı ağır metaller ve PCDD / F' e ait kirliliğin bir miktarı olarak dikkate alınabilir. Geçmişte katı atıklar / yan mamullerin geri kullanımı ve kazanımı oranı dramatik olarak artmıştır fakat kayda değer miktar hala arazilere bırakılmaktadır.

Entegre çelik tesislerinde ana üretim tesisleri hususunda ve ark ocağı için bilgiler hem çevresel sorunlar hem de ilave bilgilerin uygun bir şekilde anlaşılmasını başarmak amacıyla uygulanan proseslerin ve tekniklerin kısa bir izahatı ile başlar. Hava, su ve katı maddelerin ve aynı zamanda enerji ve gürültüye göre planlanmış giriş ve çıkış kütle akışlarını emisyon ve tüketim verileri detaylı olarak karakterize edilir (sinter tesisleri için: tablo 4,1; peletleme tesisleri için: tablo 5.1; kok tesisleri için: tablo 6.2 ve 6.3; yüksek fırınlar için: tablo 7.1; bazik oksijen çelikhanesi ve dökümü için tablo: 8.2;. Bu verilerin tümü mevcut tesislerden alınır ve BAT'ın belirlenmesini dikkate almak için izah edilen tekliflerin değerlendirilmesi amacıyla çok gereklidir. Bu tekniklerin izahı belli bir yapıyı izler (tekniklerin izahı, başarılı ana seviyeler, uygulanabilirlik, diğer (cross-media) etkileri, referans tesisleri, işletmeye ait veriler, zorunluluklar, maliyetler ve son olarak BAT'ın ne kadar kayda değer olduğu sonucu çıkar. Bu sonuçlar TWG'de uzman yargısına dayandırılır.

Sinter Tesisleri İçin BAT (bölüm 4)

Sinter, demir ihtiva eden malzemelerin birleştirilerek, yüksek fırınlara şarj edilebilir hale gelmesini sağlayan ve yüksek fırının önemli bir girdi malzemesidir. En önemli çevresel etkileri atık gaz emisyonlarıyla çevreye yayılan; toz, ağır metaller, SO₂, HCl, HF, PAH_s, PCB ve PCDD/F gibi kirleticilerdir. BAT'ın amacı bu kirleticilerin havaya verilmesini önlemek üzere yeni tekniklerin geliştirilmesidir. Sinter fabrikalarında en kritik kirleticiler toz ve PCDD/F olduğu için teknikler, bunları gidermeye yönelik oluşturulur.

Sinter tesisleri için aşağıdaki teknikler veya teknikler kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

- 1- Aşağıdaki uygulama ile atık gaz tozsuzlaştırılması:

- İleri elektrostatik çökeltme (ESP) (hareket eden elektrot ESP, ESP pulse sistemi, ESP'nin yüksek voltaj operasyonu) veya
- Elektrostatik çökeltme + torbalı filtresi veya
- Ön tozsuzlaştırma (örneğin ESP veya siklonlar) + yüksek basınçlı ıslak toz tutma sistemleri.

Bu teknikler kullanılarak toz emisyon konsantrasyonları 50 mg/Nm^3 ün altına indirilir. Torbalı filtrenin uygulanmasıyla, $10\text{-}20\text{mg/Nm}^3$ konsantrasyonlarına erişilir.

2- Aşağıdakiler tatbik edilerek, sinter kalitesini ve verimi önemli şekilde etkilenmez ise, atık gaz sirküle edilir:

- sinter bandının tam yüzeyinden itibaren atık gazın bir parçasının sirkülasyonu veya
- Bir bölgeden çıkan atık gazın sirkülasyonu

3- Aşağıdakiler vasıtasıyla PCDD/F emisyonları minimize edilir;

- Atık gaz sirkülasyonunun uygulanması;
- Sinter değirmeninden çıkan atık gazın işlenmesi;
- İnce ıslak tip toz tutma sisteminin kullanımı, değerler $<0,4 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ başarılmıştır.
- Torbalı filtrelere ilave linyit kok tozu içeren filtre ilavesiyle PCDD/F emisyonlarında %98 oranlarında azalma olur, $0,1\text{-}0,5 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ konsantrasyonu elde edilir. (Bu oran, 6 saatlik bir zaman diliminde, sürekli işletme koşullarında alınan numuneye aittir).

4- Ağır metallerin minimizasyonu,

- suyla-çözülebilir ağır metal klorürlerini özellikle % 90' ın üzerinde bir verimlilik ile kurşun klorürleri gidermek için pulverize ıslak tip toz tutma sistemlerinin kullanımı;
- Suyu geçen tozların çöktürme yapılarak sudan ayrılmasını sağladıktan sonra sızdırmazlığı sağlanmış güvenli depolama alanında depolamak. Çamur susuzlaştırılarak depolanırsa, kapladığı hacim azalacaktır.

5- Katı atığın minimizasyonu

- Entegre tesislerden çıkan demir ve karbon içeren yan ürünlerin geri kazanımı, özellikle yağ içeriği % 0,1'in altında olanlar dikkate alınır.
- Katı atıklar için aşağıdaki sıralamaya uygun BAT'ler dikkate alınır.
- Atık çıkışını minimize etmek
- Sinter prosesine geri kazanım
- Dahili kullanım esastır, kullanımın mümkün olmadığı durumlarda harici kullanım hedeflenmelidir.
- Yeniden kullanım mümkün değilse atıkların minimize edilmesi ilkesiyle paralel atık üretimi azaltılarak depolanan atık miktarı azaltılabilir.

6- Sinter beslemesinin hidro-karbon içeriğinin azaltılması ve yakıt olarak antrasit kömüründen kaçınma.

- Geri kazanılan yarı mamuller-atıkların yağ içeriklerinin %0,1'in altında olması gerekir.

7- Hassas ısının geri kazanımı:

- Hassas ısı, sinter soğutucu atık gazından geri kazanılabilir yada bazı durumlarda sinter ızgara atık gazının geri kazanılması daha fizibildir. Atık

gaz geri kazanım uygulaması hassas ısı geri kazanımının bir şekli olarak dikkate alınabilir.

8- SO₂ emisyonlarının minimizasyonu, örneğin:

- Kükürt girişini azaltma (düşük kükürt içeriği ile kok tozunun kullanımı ve kok tozu tüketiminin minimizasyonu, düşük kükürt içerikli demir cevherinin kullanımı); bu önlemlerle emisyon konsantrasyonları <500 mg SO₂/Nm³ başarılabılır.
- Atık gazı uygulanan ıslak tip kükürt giderimi tekniği ile, SO₂ emisyonları % 98 verimle giderilir ve SO₂ emisyon konsantrasyonları < 100 mg SO₂/Nm³ lük azaltma başarılabılır. Yüksek maliyeti nedeniyle atık gaz kükürt giderme tesisleri, çevresel kalite standartlarının karşılanamadığı durumlarda gerekli olabilir.

9- NO_x emisyonlarının minimizasyonu, örneğin:

- Atık gaz sirkülasyonu,
- Atık gaz azot giderme
- Rejenere edilebilen aktif karbon prosesi
- Seçici katalitik azaltma
- Atık gaz azot giderme yüksek maliyeti değer nedeniyle çevresel kalite standartlarının karşılanmadığı koşullarda uygulanır.

10- Atıksu deşarjları (soğutma suyu değıldir)

Atıksu, ıslak tip atık gaz temizleme sistemi kullanımı sonucu gazın suyla yıkanması sonucu ortaya çıkar. Çıkan su ağır metallerin çöktürülmesi, nötralizasyonu ve kum filtresinden geçirilerek filtre edilmesi sonucunda temizlenir. Bu işlemler sonucu TOC konsantrasyonu 20 mg/lt'nin altına, ağır metal konsantrasyonları (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) ise 0,1 mg/lt'nin altına indirilir. Sisteme beslenen suyun, tuz içeriğı dikkate alınmalıdır.

Soğutma suları geri kazanılabilir.

İlke olarak 1 ile 10'uncu maddelerde bahsedilen teknikler hem yeni hem de mevcut tesislere uygulanabilir.

Peletleme tesisleri için BAT (bölüm 5)

Peletleme demir ihtiva eden malzemeleri topaklaştırmak için kullanılan diğeri bir prosestir. Sinter, pratik olarak daima çeşitli sebepler için çelik tesislerinde üretilirken peletler, maden ocaklarında veya sevk limanlarında üretilir. Bu nedenle Avrupa birliğinde entegre bir demir çelik fabrikasının parçası olarak sadece bir peletleme tesisi mevcuttur. Dört tane bağımsız tesis bulunmaktadır. Aynı zamanda bu tesisler için havaya verilen emisyonlar çevresel düzenlemelere tabiidir. Sonuç olarak, BAT'nin uygulanması kararında, havaya verilen emisyon sonuçları etkili olur.

Peletleme tesisleri için aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

1. Aşağıdakiler vasıtasıyla atık gazda bulunan toz, SO₂, HCl ve HF'nin etkili şekilde giderilmesi sağlanır:
 - Islak tip gaz temizleme veya
 - Kuru tip desülfürizasyon ve uygun tozsuzlaştırma sistemi (örneğin, gaz absorblama veya eşdeğeri sistemleri)
 - Bu birleşiklerden arıtma verimi aşağıdaki şekildedir:

- Toz : > % 95 verimle; < 10 mg toz/Nm³ lük konsantrasyona ulaşılır,
 - SO₂ : > % 80 verimle; < 20 mg SO₂/Nm³ lük konsantrasyona ulaşılır,
 - HF: > % 95 verimle; < 1 mg HF/Nm³ lük konsantrasyona ulaşılır,
 - HCl: > % 95 verimle; < 1 mg HCl/Nm³ lük konsantrasyona ulaşılır,
2. Gaz temizleyicilerden suya geçen maddeler, ağır metal çöktürücüsü, nötralizasyon ve kum filtrasyonu ile sudan ayrılır,

3. NO_x azaltımı;

Tesis dizaynı, tüm yakma bölümlerinden (öğütme bandında tatbik edilebilir ve kurutma işleminin olduğu yerdeki katılaştırma bandı) hassas ısı ve düşük-NO_x emisyonlarının geri kazanımı için optimize edilmelidir.

Bir tesiste, manyetik demir cevheri kullanan ızgara tipi fırınlarda emisyonlar < 150 g NO_x/ton pelet üretimi olarak gerçekleşir. Diğer tesislerde (mevcut veya yeni olanlarda) tesisin yapısına uygun yıkama çözeltisi oluşturulur. NO_x emisyon seviyesi tesisten tesise değişebilir.

4. NO_x emisyonlarının uygun teknolojilerle minimizasyonu:

Katalitik İndirgeme veya başka yöntemle en az %80 lik bir NO_x indirgeme verimi elde edilir.

Yüksek maliyeti nedeniyle atık gaz denitrifikasyonu, çevresel kalite standartlarını tutturma zorunluluğu olduğu durumlarda kurulur. Şu ana kadar hiçbir pelet tesisinde denitrifikasyon tesisi kurulmamıştır.

5. Katı atık/yan ürünleri minimize etme

BAT'ler uygulanırken aşağıdaki atık yönetimi stratejisi dikkate alınır. (Önem sırası yukarıdan aşağıya doğru azalmaktadır)

-Atık oluşumunu minimize etme

-Katı atıkların/yan ürünlerin verimli kullanımı(geri kazanım veya yeniden kullanım)

-Kaçınılmaz atıklar/yan ürünlerin kontrol edilmesi

6. Hassas ısının geri kazanımı;

Birçok peletleme tesisinde enerjinin büyük bir oranı geri kazanılmaktadır. Enerji geri kazanımı tesisine göre farklılık gösterir.

Prensip olarak 1–6 arasında listelenmiş olan teknikler, hem yeni hem de mevcut pek çok tesise uygulanabilir.

Kok fırın tesisleri için BAT (Mevcut En İyi Teknikler) (bölüm 6)

Kok kömürüne yüksek fırınlarda primer indirgeme etmeni olarak ihtiyaç duyulur. Koklaştırma fırınlarından, havaya verilen emisyonlar çok önemlidir. Ancak bunların bir kaçı, kömür şarjı, kok itme ve kok söndürme gibi belli operasyonlardan itibaren kapaklar, fırın kapıları ve seviyeleyici kapılar, kok fabrikalarından yükselen borularda oluşan sızıntı ve kaçaklardır. Havaya verilen emisyonlar için ana kaynak alttan ateşleme sistemlerinden çıkan atık gazdır. Bu özel emisyon durumu yüzünden detaylı bilgiler, uygun bir anlaşma sağlamak amacıyla derlenir. Netice olarak, BAT' ın belirlenmesini dikkate almak için tekniklerin çoğu havaya verilen emisyonların minimizasyonunu temsil eder. Esas olarak gözüken kok fırınlarının bakımı ile birlikte pürüzsüz ve rahatsızlık vermeyen işletim üzerine önem verilmiştir. Kok fırın gazının kükürdünü giderme, sadece kok fırın tesislerinde değil fakat aynı zamanda kok fırın gazının bir yakıt olarak kullanıldığı diğer tesislerde SO₂ emisyonlarını minimize etmek için yüksek öncelikli bir yöntemdir. Atık suların ortadan kaldırılması kok

fırın tesisleri için diğer büyük bir düzenlemedir. Detaylı bilgi, suya deşarj edilen atık miktarını minimize etmek için izah edilen tekniklerle birlikte açıklanır. Sonuçlar yukarıda bahsedilen düzenlemeleri yansıtır. Bu nedenle kok kuru söndürme BAT olarak genel olarak dikkate alınmaz fakat sadece belli şartlar altında dikkate alınır.

Kok fırın tesisleri için aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

1- Genel:

- Kok fırınları, fırın kapıları, çatı sızdırmazlıkları, kok fabrikasından yükselen borular, şarj holleri ve diğer ekipmanların yoğun bakımı (özellikle eğitimli bakım personeli tarafından icra edilen sistematik program);
- Bakım sonrası kapılar, çatı sızdırmazlıkları, şarj holleri ve kapakları ile kok fabrikasından yükselen boruların temizlenmesi
- Kok fırınlarında serbest bir gaz akışını sağlanması,

2- Kömür Şarjı:

- Şarj arabaları
- Dumansız şarj tercih edilir. Zira çift borulama sistemleri sayesinde çıkan kok gazı içerisindeki toz ve diğer istenmeyen empürilerden arıtılır. Eğer gaz, kok fırınları dışında arıtılıyorsa toprak seviyesinde yapılan arıtım tercih edilir. Gazın arıtımında torbalı filtreler kullanılır ve toz emisyonu konsantrasyonu 5 g/ton kok'a ulaşır.

3- Koklaşma:

İyi bir koklaşma aşağıdaki işlemlerin bir kombinasyonudur:

- Kuvvetli ısı dalgalanmalarından kaçınarak pürüzsüz, gürültüsüz kok fırın işletimi,
- Yaylı esneyebilir sızdırmaz kapılar veya keskin kenarlı kapıların uygulanması. (özellikle yüksekliği 5 m veya < 5m olan, bakımı yapılmış kapılarda), Yeni tesislerde görülebilir emisyonların tüm kapılardan < % 5'in altında olması istenir, (kapıların toplam sayısı ile mukayese edilen herhangi bir sızıntıların frekansı) ve Mevcut tesislerdeki tüm kapılardan < % 10 görülebilir emisyonları başararak.
- Borulardan çıkan emisyonlar < % 1'in altında olmalıdır. (kok fabrikasından çıkan boruların toplam sayısı ile mukayese edilen her türlü sızıntıların frekansı)
- Şarj deliklerinin sızdırmaz çamurla kapatılarak bu deliklerden yayılan görülebilir emisyon miktarı < % 1'in altına düşürülür. (hollerin toplam sayısı ile mukayese edilen her türlü sızdırmazlıkların frekansı)
- Seviyeleme kapılarının sızdırmazlığı sağlanarak görülebilir emisyon seviyesi < % 5'in altına düşürülür.

4- Yakma:

- Kükürdü giderilen COG'un (kok fırın gazı) kullanılması
- Düzenli kok fırın işletmesi vasıtasıyla koklaşma hücresi ile ısıtma hücresi arasında sızdırmazlığın önlenmesi ve
- Fırın hücresi ve ısıtma hücresi arasındaki sızdırmazlığın onarımı ve
- Kademeli yakma gibi yeni bataryaların yapımında düşük NO_x tekniklerinin birleştirilmesi (sırasıyla 450-700 g/t kok ve 500-770 mg/Nm³ düzenindeki emisyonlar yeni/modern tesislerde başarılabilir).

- Yüksek maliyet nedeniyle, baca gazı denitrifikasyonu (örneğin SCR) çevreye ait kalite standartlarını karşılamayan şartlar altında, yeni tesisler haricinde tatbik edilmez.
- 5- İtme:
- Baca emisyonundaki toz konsantrasyonunu 5g/ton kok'dan daha aşağıya çekmek için transfer arabası ve kok söndürme işleminden çıkan tozun toplanarak torbalı filtrelerden geçirilmesi gerekir.
- 6- Söndürme:
- Islak söndürmeyle elde edilen toz emisyonu miktarı 50g /ton kok'dur. (VDI metoduna göre belirlenen) Söndürme suyu olarak önemli organik yük içeren (hidrokarbon içeriği yüksek ham kok fırın atık suyu, atık su gibi) proses suyunun kullanımından kaçınılır.
 - Torbalı filtre sayesinde şarj, kırma ve eleme işlemlerinden tozun giderilmesi ve hassas ısının geri kazanımı ile kok kuru söndürme. Avrupa Birliğinde enerji fiyatlarını sunmayla ilgili olarak, "enstruman/işletmeye ait maliyet-çevresel yarar"-CDQ' nun yeterliliğinde kuvvetli sınırlamalar dikkate alınır. Ayrıca, geri kazanılan enerjinin kullanımı mevcut olmalıdır.
- 7- Kok fırın gazının kükürdünü giderme:
- Absorbsiyon ile kükürt giderme (H_2S , ızgara gazı 500–1000 mg H_2S/Nm^3 ü içerir) veya
 - Oksidasyonla kükürt giderme (< 500 mg H_2S/Nm^3), Toksik bileşiklerin çevresel etkileri böylece azaltılmış olur.
- 8- Gaz işleme tesisinin özellikleri:
- Gaz işleme tesisinin gözle görülebilir gaz sızdırmazlığını sağlamak için tüm sistemlerde aşağıdaki hususları dikkate almak gerekir.
- Her ne şekilde olursa olsun, kaynak, boru ve flanş bağlantıları minimize edilmelidir;
 - Sızdırmaz gaz basma pompalarının kullanımı(örneğin magnetik pompalar);
 - Basınçlı vanalardan depolama tanklarına gaz kaçağının önlenmesi, gaz çıkış vanalarının ana gaz toplama hattı dışına konulması.
- 9- Atık su ön arıtımı:
- Bazik solüsyon kullanarak sudaki amonyağın uzaklaştırılması, Amonyak uzaklaştırıldıktan sonra etkili bir arıtım yapılırsa sudaki NH_3 konsantrasyonu 20 mg/l'te kadar inebilir.
- Katran giderme
- 10- Atık su arıtma:
- Entegre nitrifikasyon/denitrifikasyon ile yapılan biyolojik arıtım sonrası,
- COD (kimyasal oksijen ihtiyacı) giderme > % 90
 - Sülfid < 0.1 mg/l
 - PAH (poliaromatik hidrokarbonlar)(borneff) <0.05 mg/l
 - CN^- : <0.1 mg/l
 - Fenol <0.5 mg/l
 - NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- nin toplamı <30 mgN/l
 - Askıda katı maddeler <40 mg/l
- Bu konsantrasyonlar 0.4 m³ / ton kok'luk atık suda ölçülenlerdir.

Prensip olarak 1–10 maddeler altında listelenmiş olan teknikler düşük – NO_x teknikleri hariç mevcut ve yeni yeni tesislere birlikte uygulanabilir.

Yüksek Fırınlara Ait BAT (Bölüm 7)

Yüksek fırın, demir cevherinden pik demir üretmeye yarayan en önemli bir prosestir. Bu proses, başta kok ve kömür hammaddesi olmak üzere entegre demir çelik işletmelerinin en çok enerji tüketen proseslerinden birisidir. Proses olarak çevreye emisyonlar yayılır. Bu nedenle BAT'ın belirlenmesinde çevreye olan etkiler ve enerjinin minimizasyonu dikkate alınır. Sonuç olarak, yüksek fırın gazının yıkamasından çıkan atık suyun arıtımı, döküm holünden çıkan tozun azaltılması cüruf, toz veya çamurun yeniden kullanılması ve nihai olarak enerji girişinin azaltılması ve yüksek fırın gazının yeniden kullanılması ile ilgilidir. Yüksek fırınlar için, aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

- 1- Yüksek fırın gazının geri kazanımı;
- 2- İndirgeme sağlayıcı katkı maddelerinin doğrudan enjeksiyonu;
Örneğin: 180kg kömür/ton pik demirin küçük tanecikler halinde fırına enjeksiyonu verimli sonuçlar vermiştir. Ancak bu oran daha da arttırılabilir.
- 3- Yüksek fırın tepe basıncındaki enerjinin geri kazanımı.
- 4- Sobalar
 - toz < 10 mg/Nm³ ve NO_x<350 mg/Nm³ emisyon konsantrasyonu (%3 lük bir oksijen içeriği ile ilgili olan) başarılabilir.
 - Uygun tasarımla, enerji tasarrufu sağlanır.
- 5- Katransız çalışma astarlarının kullanımı;
- 6- Etkili tozsuzlaştırma sistemli yüksek fırın gazı arıtımı;
Kaba partikül madde tercihen kuru ayırma teknikleri vasıtasıyla gazdan ayrılır (örneğin deflektör) ve tekrar kullanılır. Müteakip ince partikül madde aşağıdakiler vasıtasıyla ortadan kaldırılır:
 - Bir gaz temizleyici veya
 - Islak bir elektrostatik çökeltici veya
 - Aynı giderici verimi başararak herhangi bir diğer teknik;10 mg/Nm³ lük toz konsantrasyonuna ulaşılabilir.
- 7- Döküm holü tozsuzlaştırma (döküm alma delikleri, yolu, sıyırıcılar, torpido ve pota şarj noktaları);
Emisyonlar, torbalı filtreler veya elektrostatik çökeltici kullanılarak belirtilen noktalarda minimize edilmelidir. 1–15 g toz/Nm³ lük toz emisyon konsantrasyonları başarılabilir. Kaçak emisyonlar 5–15g toz/ton pik demir olarak başarılabilir; dumanların tutulma verimi önemlidir.
Azot kullanılarak dumanı önleme (özel koşullarda örneğin; döküm holü tasarımı uygunsa ve azot mevcutsa)
- 8- Yüksek fırın atık gaz yıkama suyunun arıtımı:
 - a. mümkün olduğu kadar gaz yıkama suyunun yeniden kullanımı
 - b. askıda katı maddelerin; koagülasyon ve çökeltme /sedimentasyonu ile sudan ayrılması (askıda katı madde konsantrasyonu < 20 mg/l'e indirilebilir. Bu değer, 50 mg/l e kadar da ulaşılabilir).
 - c. Çıkan çamur tane ebatlandırmasının hidrosiklonla yerine getirilmesi,

9- Curuf arıtma emisyonlarını minimize etme ve kalan curufun land-fill sahasına dökülmesi.

Piyasa koşullarının müsaade ettiği şekilde curufun granül hale getirilmesi.

Koku azaltılması için çıkan buharın yoğunlaştırılması.

Katı curuf elde edildiği zaman yer uygun olduğu takdirde su ile cebri soğutma minimize edilmelidir.

10- Katı atıkları ve yan ürünleri minimize etme.

Katı atıklar için, aşağıdaki teknikler BAT olarak dikkate alınır:

- Katı atık üretimini minimize etme
- Katı atıklar/yan mamullerin etkili kullanımı (geri kazanılması veya yeniden kullanılması); özellikle, Yüksek fırın gaz işleminden kaba tozun ve döküm holü tozsuzlaştırmadan tozun geri kazanımı, cürufun komple yeniden kullanımı (örneğin çimento sanayinde veya yol inşası için)
- Bertaraf edilmesi gerekli olan atıkları ise kontrollü bir şekilde sahaya boşaltmak, (Yüksek fırın gaz temizleme prosesinden çıkan çamurun ince tanecikli olan bölümü)

Prensip olarak, 1–10 maddeler olarak listelenen teknikler hem yeni hem de mevcut tesislere uygulanabilir.

Bazık Oksijen Çelikhanesi Ve Dökümü İçin BAT (Bölüm 8)

Oksijen üflemleri çelik üretim prosesinin amacı yüksek fırınlardan gelen sıcak metalin içerdiği istenilmeyen saflığı bozan maddeleri okside etmek içindir. Ön arıtma, oksitlenme, ikincil metalurji istasyonu ve döküm alma (sürekli ve/veya ingot) işlemlerinden oluşmuştur. Ana çevresel düzenlemeler izah edildiği gibi çeşitli kaynaklardan havaya verilen emisyonlardır ve aynı zamanda izah edilen çeşitli katı atık/yarı mamuller. Ayrıca atık su, ıslak tip tozsuzlaştırma ve sürekli dökümden ortaya çıkar. Sonuç olarak BAT ın belirlenmesini dikkate almak için teknikler bazık oksijen fırın gazının geri kazanımı ile birlikte bakış açılarını gösterir.

Sonuçlar, bazık oksijen fırın gazının geri kazanımı ve ıslak tozsuzlaştırmadan gelen atık suyun, katı atık / yarı mamullerin yeniden kullanımını/geri kazanımını farklı kaynaklar ve ölçülerden toz emisyonlarının minimizasyonu ile ilgilidir.

Bazık oksijen çelikhanesi ve dökümü için, aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

1- Aşağıdakiler vasıtasıyla sıcak metal ön işleminden itibaren partikül maddenin azaltılması (sıcak metal transfer prosesleri, kükürt giderme ve cüruf giderme):

- Verimli boşaltma;
- Torbalı filtrasyon veya elektrostatik çöktürücü (ESP) vasıtasıyla gazın temizlenmesi,

Torbalı filtreler ile 5-15 mg/Nm³ lük toz emisyon konsantrasyonlarına ve ESP ile de 20-30 mg/Nm³ konsantrasyonuna ulaşılır.

2- Aşağıdakiler uygulanarak BOF gazının geri kazanımı ve birincil tozsuzlaştırması sağlanır;

- Kontrollü yakma ve
- Kuru elektro statik çöktürme (yeni ve mevcut durumlarda) veya
- Gazla yıkama (mevcut durumlarda)

Toplanan BOF gazı bir yakıt olarak sonraki kullanım için temizlenir ve depolanır. Bazı durumlarda, ekonomik olmayabilir veya uygun enerji idaresiyle ilgili olarak, BOF gazının geri kazanımı fizibil olmayabilir. Bu durumlarda, BOF gazı buhar elde edilmesi amacıyla yakıt olarak kullanılır. Yakmanın bu cinsi (tam yakma veya kontrollü yakma) yerel enerji idaresine bağlıdır. Toplanan tozlar ve/veya çamurlar mümkün olduğunca geri dönüştürülmelidir. Genelde toz/çamurda yüksek çinko içeriğini dikkate alınız. Lans deliğinden partikül maddenin emisyonlarına özel dikkat gösterilmelidir. Bu delik oksijen üfleme esnasında kapatılmalıdır ve gerekirse partikül maddeyi dağıtmak için asal gaz lans deliğinden enjekte edilmelidir.

- 3- Aşağıdakiler uygulanarak ikincil tozsuzlaştırma yapılır;
 - Torbalı filtreler veya ESP'nin veya benzer verimle çalışan bir teknikle şarj ve döküm alma sırasındaki emisyonların temizlenmesi,
 - Yaklaşık % 90 lık toz tutma verimine ulaşılır. Torbalı filtre kullanımında 5–15 mg/Nm³ lük ve ESP kullanımında 20–30 mg/Nm³ lük toz konsantrasyonu elde edilir. Tozun genellikle yüksek çinko içeriği dikkate alınmalıdır.
 - Sıcak metalin işlenmesi (tekrar potaya boşaltma operasyonu) esnasında, torbalı filtre veya benzer toz giderme verimiyle çalışan sistemler mevcutsa çıkan toz emisyonu 5 g/t sıvı çelik olur. Aynı şekilde ikincil metalurjide curufun giderilmesinde de uygulandığında benzer emisyonlara ulaşılır.
 - Duman/Toz jenerasyonu minimize etmek amacıyla torpedo potasından (veya sıcak mikserden) şarj potasına sıcak metalin tekrar boşaltılması esnasında soy gaz ile duman bastırılır.
- 4- Aşağıdaki tedbirler uygulanarak BOF gazının birincil ıslak tip tozsuzlaştırmadan suya verilen emisyonlarının minimizasyonu/azaltılması:
 - Yerleşim alanı uygunsuz BOF gaz temizleme işlemi uygulanabilir;
 - Mümkün oldukça gaz yıkama suyunun geri kazanılması (örneğin kontrollü yakma sistemlerinde suya CO₂ enjeksiyonu vasıtasıyla);
 - Askıda katı maddelerin koyulaştırılarak sedimantasyonu; 20 mg/l askıda katı maddeye ulaşılabilir.
- 5- Aşağıdakiler vasıtasıyla sürekli döküm makinelerinde direkt soğutmadan suya verilen emisyonların azaltılması:
 - Mümkün oldukça proses ve soğutma suyunun geri kazanılması
 - Askıda katıların koyulaştırılması ve sedimantasyonu
 - Sıyırma tankları veya etkin bir başka yöntemi kullanarak yağın giderilmesi
- 6- Katı atığın minimizasyonu
Katı atık jenerasyonu için, aşağıdaki teknikler öncelikli sıra içinde BAT ta dikkate alınır:
 - Minimize edilen atık üretimini, katı atıklar/yan ürünleri verimli kullanım (geri kazanım veya yeniden kullanımı); özellikle BOF gaz temizleme işleminden itibaren BOF cürufu ile kaba ve ince baca tozunun geri kazanımı.
 - Kaçınılmaz olarak çıkan atıkların kontrollü yok edilmesi

Prensip olarak 1–6 maddelere göre teknikler mevcut tesislerle birlikte yeni tesislere de uygulanabilir. (Başka bir gösterge yoksa).

Elektrikli Çelik Üretim Prosesi ve Dökümhanesi için BAT (Bölüm 9)

Demir ihtiva eden malzemelerin direkt ergitilmesi, özellikle hurdanın kullanıldığı elektrikli ark ocakları oldukça büyük miktarda elektrik enerjisi tüketirken havaya vermiş olduğu emisyonları ve baca gazı toz ve cürüfları çıkan diğer belli başlı atıklardır. Havaya verilen emisyonlar demir oksit ve ağır metaller, önemli organik bileşiklerden; klorobenzenler, PCB ve PCDD/F'leri içerir. BAT'ler belirlenirken bu yayılan kirlilik parametrelerinin önlenmesi; özellikle toz ve PCDD/F parametreleri bu tekniğin belirlenmesini sağlayan en önemli kirleticilerdir. Hurda ön ısıtması, cüruf ve tozların yeniden kullanımı/geri kazanımı gibi hususlar BAT'ta dikkate alınır.

Elektrikli ark ocakları ve dökümhanesi için, aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak dikkate alınır.

1- Toz toplama verimi

- Davlumbazlı emiş sistemleriyle gazın çekilmesi (dördüncü veya ikinci holden) veya
- Kapalı, emiş sistemleriyle gazın alınması (dog house),
- Alınan gazın toz tutuculardan geçirildikten sonra sistemden tahliye edilmesi

EAO'ları birincil ve ikincil emisyonlarındaki kirleticiler % 98 verimle gazdan ayrılırlar.

2- Aşağıdaki uygulanarak atık gaz tozsuzlaştırması:

- İyi tasarlanmış torbalı filtreler ile yeni tesislerde 5 mg toz/Nm^3 ten daha düşük, mevcut tesislerde ise 15 mg/Nm^3 den daha düşük toz konsantrasyonuna ulaşılır. Toz içeriğinin minimizasyonu ile ağır metal emisyonları da minimize edilir, ancak civa gibi gaz fazlı ağır metallere etkisi olmaz.

3- Aşağıdakiler vasıtasıyla organik birleşiklerin, özellikle PCDD/F ve PCB emisyonlarının minimize edilmesi:

- Emilen gazın kontrollü olarak yakılması,
- Torbalı filtre öncesi kanala linyit tozunun enjekte edilmesiyle PCDD/F emisyonlarını $0.1-0.5 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ mertebesine indirilmesi. .

4- Birincil gaz çıkışından itibaren hassas ısıyı geri kazanmak için hurdanın ön ısıtılması (üçüncü kombinasyonda)

- Hurdanın bir bölümünün ön ısıtılması ile yaklaşık 60 kWh/t tasarruf edilebilir, ön ısıtma durumunda 100 kWh/t sıvı çeliğe kadar toplam hurda miktarı tasarruf edilebilir. Hurda ön ısıtmasının yeterliliği yerel koşullara bağlıdır tesislere göre farklılık gösterebilir. Hurda ön ısıtması uygulanırken organik kirleticiler maddelerin olası artan emisyonları dikkate alınmalıdır.

5- Katı atık / yan ürünlerin minimize edilmesi

Katı atıklarda aşağıdaki teknikler öncelikli düzende BAT olarak dikkate alınır:

- Atık üretiminin minimizasyonu
- EAF cürufu ve filtre tozlarının geri kazanılarak atık minimizasyonu; yerel şartlara bağlı olarak filtre tozu ark ocaklarına sürekli beslenerek çevrim içerisinde tutulmasıyla tozdaki çinko oranı % 30'a kadar

zenginleştirilir. % 20 den daha fazla çinko içeriğine sahip filtre tozları demir dışı metal sanayinde kullanılabilir.

- Yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden çıkan filtre tozları, içeriğindeki alaşımları geri kazanmak için tekrar kullanılırlar.
- Çıkması kaçınılmaz olan ve geri kazanılmayan atıklar için, çıkan miktarın minimize edilmesi önemlidir. Bütün tedbirlerden sonra kaçınılmaz olarak açığa çıkan atıklar kontrollü bir şekilde bertaraf edilirler.

6- Suya verilen emisyonlar

- Fırın ekipmanlarının soğutulması için kapalı çevrim su soğutma sistemi
- Sürekli dökümden gelen atık su
- Mümkün oldukça soğutma suyunun geri kazanımı
- Askıda katı maddelerin çöktürülmesi/sedimentasyonu
- Atık suda bulunan yağın uygun bir sistemle sudan ayrılması.

Prensip olarak 1–6 maddelerde yer alan teknikler mevcut ve yeni tesislere uygulanabilir.

Anlaşma Zemini

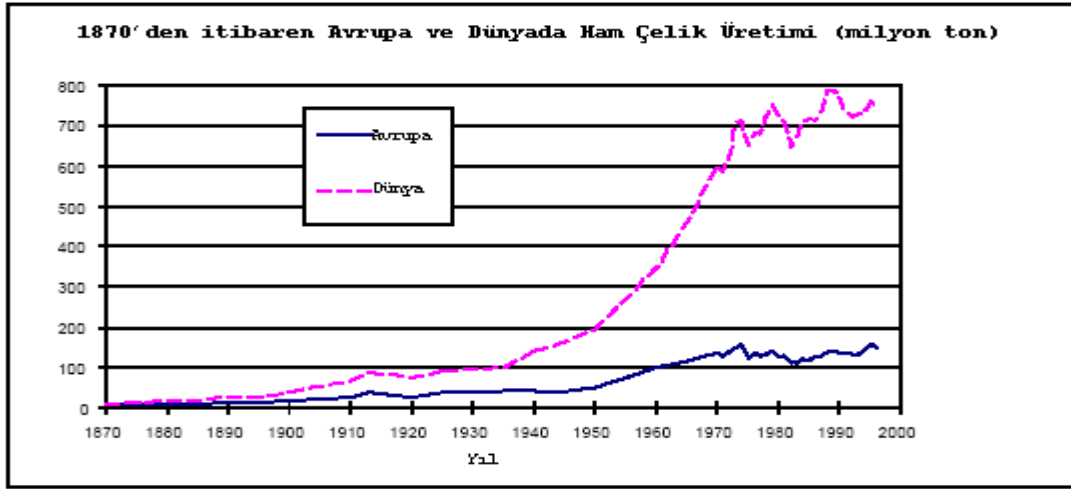
Bu BREF’lerde yüksek bir anlaşma zemini oluşmuştur. TWG ve IEF müzakereleri esnasında görüş ayrılığı olmamıştır. Belge üzerinde genel bir mutabakat vardır.

1. GENEL BİLGİ

1.1 Avrupa ve Dünyada Genel Çelik Üretimi

Demir ve çelik birkaç yıllık dönemde medeniyetin gelişmesinde önemli bir rol oynamış olup ziraatta, inşaatta, elektrik üretimi ve dağıtımında, makine ve ekipman imalatında, ev aletleri ve tıp sektöründe yararları olmuştur.

Kömür ve pamuk ile birlikte demir ve çelik, sanayi devriminin temeli olan temel malzemeler olmuştur. En erken on sekizinci yüzyıldan itibaren teknik gelişmeler, çelikte konverter pik demiri için tavlama prosesinin geliştirilmesi ve sırasıyla taş kömürü/linyit, ve kok ile görel olarak nadir odun kömürünü değiştirerek verimde dramatik artışlara izin vermiştir. Çelik üretimi 1995’ te 757 milyon tonluk toplama yükselterek yirminci yüz yılın ikinci yarısında aşırı potansiyelle çelik üretimi artmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: 1870’ den itibaren Avrupa ve Dünyada ham çelik üretimi-(Stat.Stahl 1997)

Şekil 1.1 aynı zamanda, dönem sonunda % 21’ lik seviyelere düşerek dünya çelik üretiminin Avrupa’ya ait paylaşımın muntazaman nasıl azalmış olduğunu gösterir. 1974–1975 yıllarındaki petrol krizinden itibaren özellikle Avrupa’yı etkilemesiyle birlikte üretim Dünyada da durgunlaşmıştır.

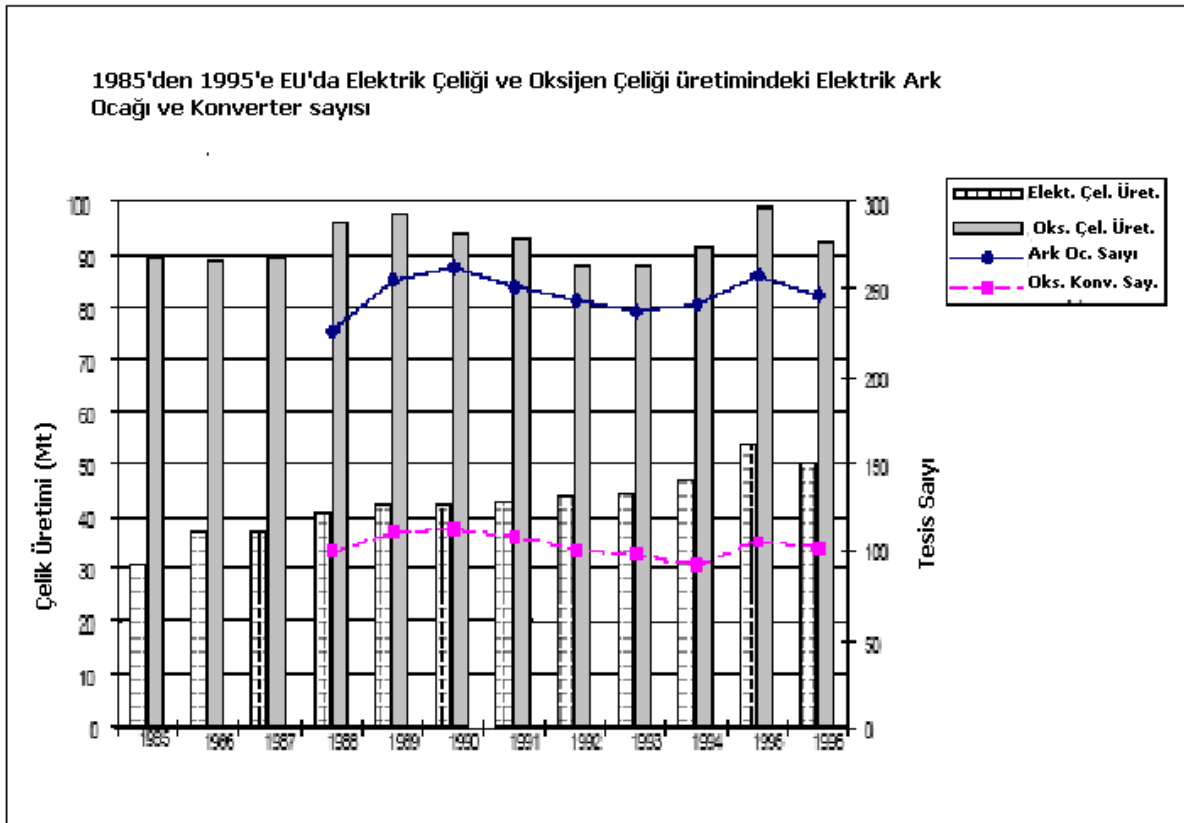
AB ham çelik üretimi hacim içinde 1985 ve 1994 arasında % 1.2 yıllık bir oranda büyümüşür (Şekil 1.2’ e bakınız). Büyüme 1989’ a kadar üç yıl içinde oldukça daha fazla olmuştur (% 3.7 yıllık). Akabinde 12 AB’ da ki üretim 1995’ de 143 milyon ton ve 1994’ de 139 milyon tona ulaşması tekrar ele geçirilmeden önce 1992 ve 1993’ de 140 milyon tondan 132 milyon tona azalmıştır. Üç yeni Üye Devlet- Avusturya, Finlandiya ve İsveç-’ in girişi, sırasıyla 102, 94 ve 93 milyon tonluk Japonya, Amerika ve Çin’ in üretimi ve 112 milyon tonluk (Rusya’ nın payı 51 milyon ton olmuştur) Doğu Avrupa üretimi ile mukayese edildiği üzere 1995’ de 156 milyon tona kadar AB ham çelik üretimini getirmiştir (EC Panorama, 1997). 1999’ da AB’ de ki ham çelik üretimi ABrofer ve IISI Kaynaklarına göre 155.3 milyon ton veya dünya üretiminin % 19.7 olmuştur.

Şekil 1.2 aynı zamanda kademeli olarak ark ocağı çelik üretimi artmış olduğu üzere oksijen çelik üretiminin oldukça sabit nasıl kalmış olduğunu gösterir. Sonraki toplam çelik üretiminin payı 1995’ de % 34.4 e ulaşmıştır. Ne yazık ki yüksek fırın-bazik oksijen fırın rotası en az

gelecek yirmi yılda çelik üretiminin dominant yollarının geri kalması önceden görülmez (Luengen, 1995).

1995’ de AB’ de adam başına gözüken çelik üretimi 367 kg/adam başı olmuştur (İrlanda’ da 152 kg/adam başı, İtalya’ da 533kg/ adam başı olarak değişkendir) (Stat. Stahl, 1997).

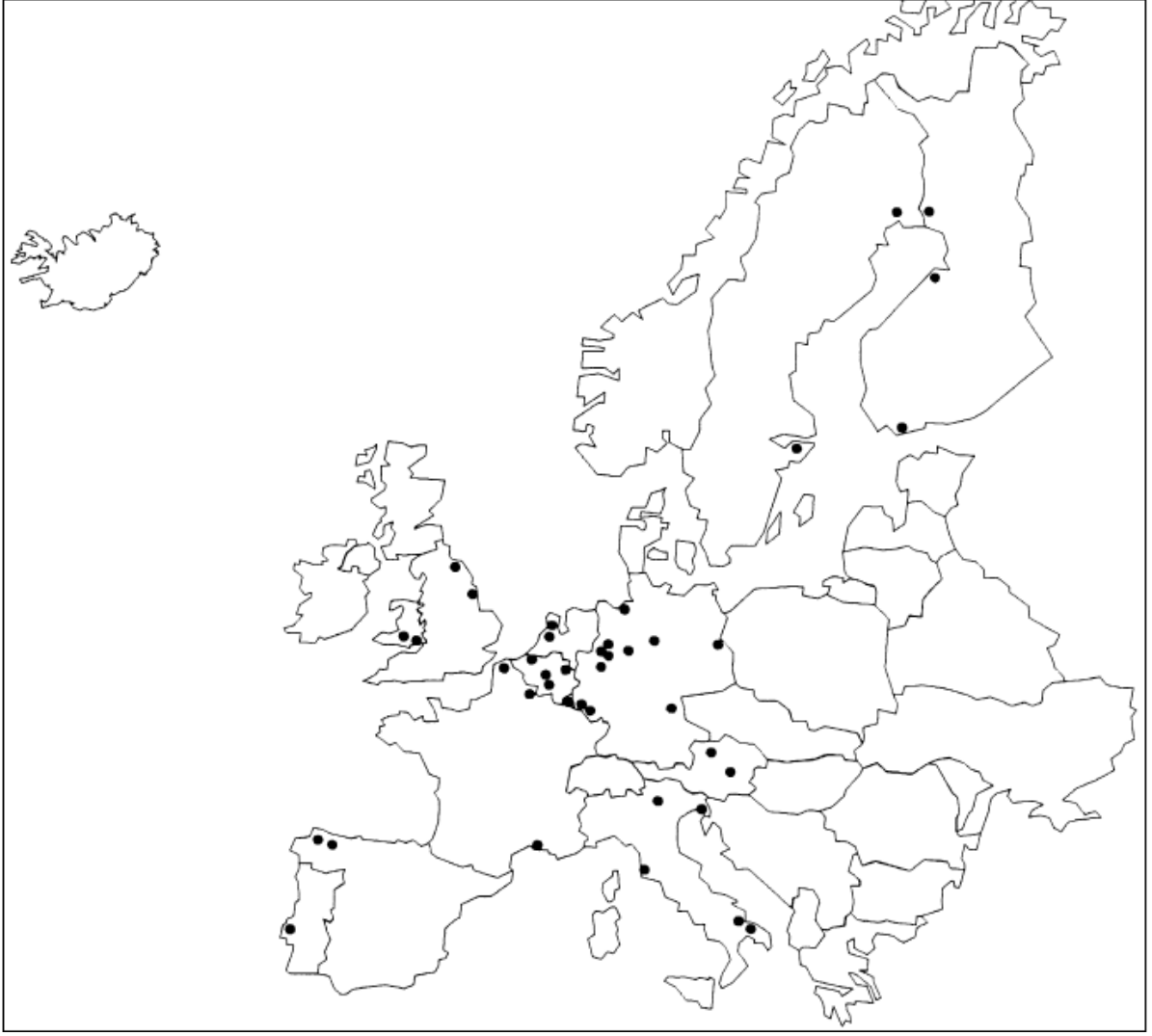
Ayrıca, Şekil 1.2 hem geri kalan hemde yeni tesislerin kapasiteleri artmışken 1990 dan sonra ark ocakları ve oksijen konverterlerinin sayısında azalmayı göstermektedir. 1995’teki artışın sebebi üç yeni üye devlet girişinin bir yansımasıdır.



Şekil 1.2 : 1985’ den 1995’ e kadar AB’ de ki ark ocağı ve oksijen çeliğinin üretimi-(Stat. Stahl, 1997).

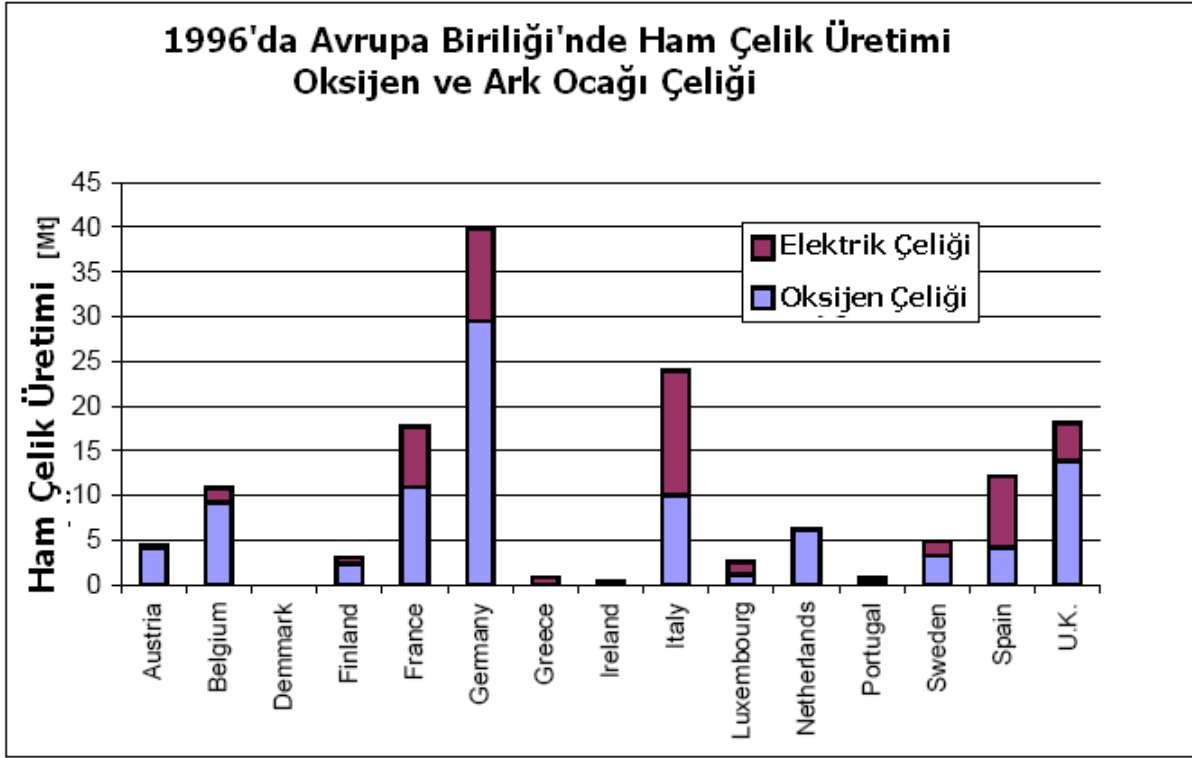
1.2 AB’ de çelik üretiminin coğrafik dağılımı

15 adet AB’deki entegre çelik işletmelerinin yerleşimleri, Şekil 1.3 de gösterilmiştir. Şekilden çelik işletmelerinin Avrupa’nın Merkezinde yoğunlaştığını açıkça görüyoruz. Ne yazık ki, Üye devletlerin çoğunda yerleşmiş olan entegre çelik işletmeleri vardır. Ark ocaklarının sayısı çok daha fazladır. (Stat. Stahl, 1997)’ e göre 15 AB ülkesinde 246 ark ocağı vardır. Yerleşimleri Şekil 1.3’ de gösterilmemiştir.



Şekil 1.3 : Avrupa Birliğinde Entegre Çelik İşletmelerinin Coğrafik Dağılım

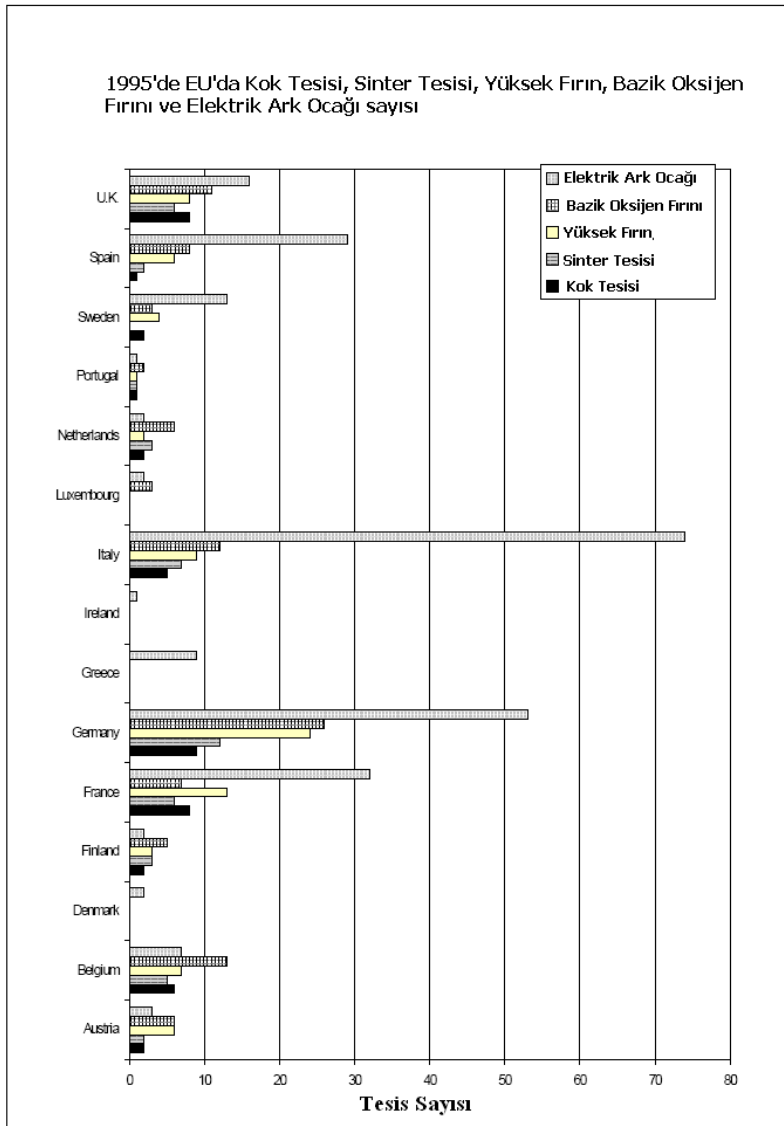
Şekil 1.4, 1996’ da ham çelikten 40 milyon ton üreterek Avrupa’ da Almanya’nın geniş çelik sanayine sahip olduğunu gösterir. Yani 15 AB üretiminin % 27’ si. 15 AB üretiminin % 16 sını kapsayan İtalya tarafından takip edilir. Altı en büyük AB üreticileri (Almanya, İtalya, Fransa, İngiltere, İspanya ve Belçika) birlikte 1996’ da AB üretiminin % 83’ ünü kapsar.



Şekil 1.4 : 1996'da AB üyesi devletlerde oksijen ve elektrik ark ocağı çelik üretimi – (Stat, Stahl, 1997)

1996' da AB' de ortalama üretim kapasitesi kullanım faktörü Yunanistan' da % 22.2 ve Hollanda'da % 93.2 arasında değişerek % 73.3 olmuştur.

Pik demir ve çelik üretiminde (kok fırını, sinter tesisi, yüksek fırınlar, bazik oksijen fırınları ve ark ocakları) ana proses kademeleri için 15 AB' deki tesislerin sayısı Şekil 1.5' de verilmiştir.



Şekil 1.5 : 15 AB ülkesindeki pik ve çelik üretim tesisi sayısı

Normal olarak bir kok tesisi 2–4 adet kok bataryasından ibarettir.

12 AB ülkesindeki kok tesisi kapasiteleri ve diğer karakteristikleri ile karşılaştırılarak Tablo 1.1'de verilmiştir. Sürekli dökümlerden alınan verileri de içermektedir. (Yine 12 adet AB ülkesi için)

Tablo 1A: Kok Bataryaları

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Fırınlara n ortalama sayısı	Fırınlara n ortalama ebatları			1993' de üretim (Mt)
				Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Uzunluk (mm)	
106	27	17	40	4957	438	13590	34.1

Kok bataryalarının farklı ebatları için (YTK) Yıllık Teknik Kapasite (kt/y olarak), farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (MT/yıl olarak)Toplam Yıllık Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)

YTK	<200	200-299	300-399	400-499	500-599	600-699	700-799	800-899	900-999	>1000
No.	35	25	16	9	3	13	2	0	0	3
TYTK	5.43	6.03	5.31	3.84	1.59	8.22	1.43	-	-	4.17

Tablo 1B: Sinter tesisi (sinter bandında sinterleme)

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Ortalama bant genişliği (mm)	Toplam bandın ortalama alanı (m2)	Ortalama yıllık teknik kapasite (Kt/yıl)		
47	23	16	3420	252	2521		
Toplam bandın (m2 olarak)(Alan) alanlarına göre sinter bantlarının ebat dağılımı, farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (MT/yıl olarak)Toplam Yıllık Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)							
Alan	<100	100-199	200-299	300-399	400-499	500-599	>600
No.	5	19	7	4	8	2	2
TYTK	2.8	31.9	17.3	13.1	37.9	10.6	4.9

Tablo 1C: Yüksek fırınlar

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Ortalama kullanım hamcı (m3)	Ortalama fırın çapı (m)	Toplam günlük teknik kapasite (Kt/yıl)				
81	28	7	1721	9.4	3931				
Fırın çaplarına (m olarak)(HD) göre yüksek fırınların ebat dağılımı, farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (kt/24 saat olarak)Toplam Günlük Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)									
HD	4.0-5.99	6.0-6.99	7.0-7.99	8.0-8.99	9.0-9.99	10.0-10.99	11.0-11.99	12.0-12.99	>13
No.	4	6	5	15	20	17	7	1	6
TGTK	3,0	8,6	9,0	38,5	67,6	83,6	41,8	7,0	59,3

Tablo 1D: Bazik Oksijen Fırınları (oksijen konverterleri)

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Ortalama kapasite beher döküm (t/döküm)
95	22	11	204

Beher döküm alma kapasitesi ve farklı ebat sınıfları (Toplam Yıllık Teknik Kapasite için veriler mevcut değildir) için tesislerin sayısı(No.)								
C/H	50-99	100-149	150-199	200-249	250-299	300-349	350-399	
No.	17	12	17	18	13	13	5	

Tablo 1E: AC ark ocakları(sadece 4 adet var olan DC ark ocakları dahil değildir)

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Ortalama kapasite beher döküm alma(t/Döküm)	Transformatörlerin ortalama oranı (1000kVA)	Ortalama Yıllık Teknik Kapasite (kt/yıl)					
203	21	9	73	44	335					
Beher döküm kapasitelerine (C/H) ark ocaklarının ebat dağılımı (t/döküm olarak), farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (Mt/yıl olarak)Toplam Yıllık Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)										
C/H	<20	20-39	40-59	60-79	80-99	100-119	120-139	140-159	160-179	>180
No.	19	27	28	44	33	18	18	9	4	3
TYTK	0,3	2,6	5,3	15,6	15,1	9,3	9,6	7,2	1,8	1,4

Tablo 1F: Kütük veya blumler için sürekli döküm

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Bir oksijen ertitme tesisine ek tesislerin sayısı	Ortalama Yıllık Teknik Kapasite (kt/yıl)			
149	16	8	30	514			
Kütük ve blumler için sürekli dökümün farklı ebatları için Yıllık Teknik Kapasite (YTK)(kt/yıl da) farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (Mt/yıl olarak)Toplam Yıllık Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)							
YTK	<200	200-399	400-599	600-799	800-999	1000-1199	>1200
No.	17	47	29	29	18	4	5
TYTK	2,3	14,1	14,3	20,0	15,5	4,2	6,2

Tablo 1G: Slablar için sürekli döküm

Tesislerin sayısı	Ortalama yaşı (yıl)	Son önemli modernizasyonun ortalama yaşı(yıl)	Bir elektrik ertitme tesisine ek tesislerin sayısı	Ortalama Yıllık Teknik Kapasite (kt/yıl)
65	14	8	16	1399

Slablar için sürekli dökümün farklı ebatları için Yıllık Teknik Kapasite (YTK)(kt/yıl olarak) farklı ebat sınıfları ve her bir ebat sınıfının (Mt/yıl olarak)Toplam Yıllık Teknik Kapasitesi için tesislerin sayısı(No.)							
YTK	<500	500-999	1000-1499	1500-1999	2000-1499	2500-2999	>3000
No.	10	11	14	14	10	4	2
TYTK	3,5	7,1	17,8	23,0	21,9	11,0	6,6

Tablo 1.1 : 1993’ de 12 AB ülkesinde pik demir ve ham çelik üretimi (kok bataryaları, sinter tesisleri, yüksek fırınlar, ark ocakları, bazik oksijen fırınları ve sürekli döküm) için tesislerin sayısı ve karakterizasyonu - (ABrostat, 1993);

EAF’ ın sayısı 1.2 altında bahsedilen sayı ile uyuşmaz. Çünkü bir sayı 12 adet AB üyesi ülkeyi diğeri ise 15 adet AB üyesini temsil eder.

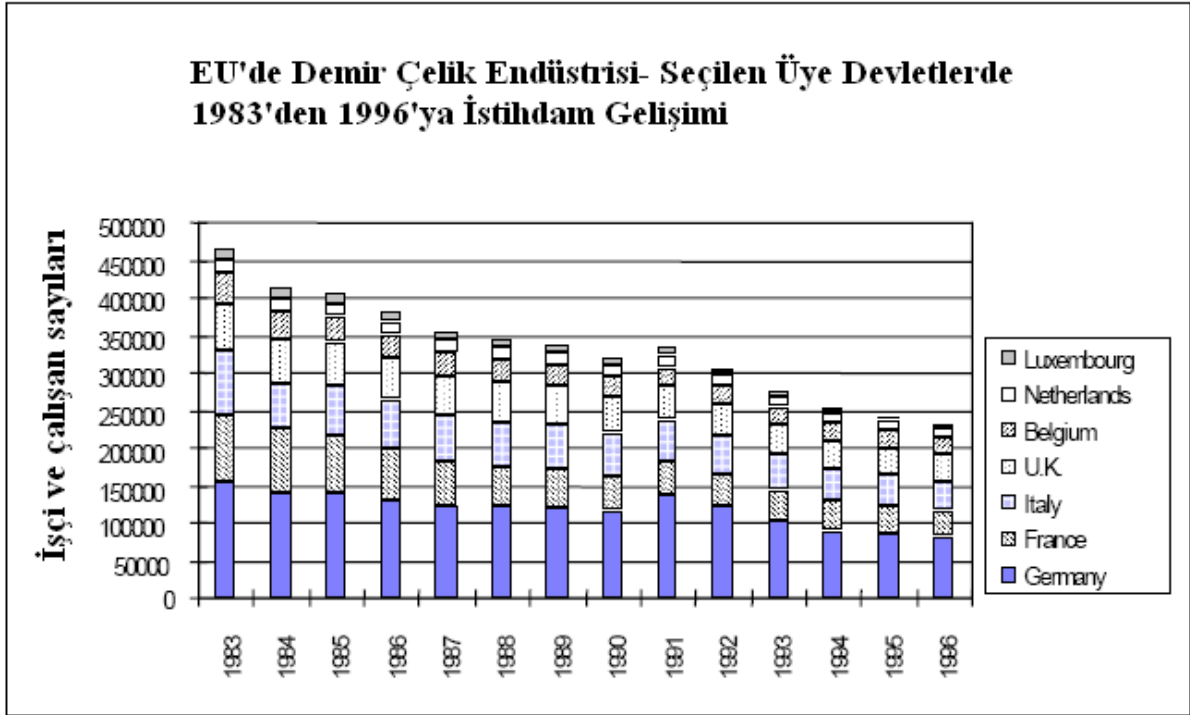
Sürekli dökümün gelişmesi 1970 ve 1980 lerde çelik sanayinin ekonomisi üzerinde aşırı derecede olumlu bir etkiye sahip olmuştur. 1990 lar, ancak, AB’ de radikal yeni teknolojilerin tanıtımını göstermemektedir. Oldukça, üretimin klasik metotları çeşitli safhalarda (yüksek fırınlar, çelik işletmeleri) tasfiye edilmiş ve üretim zinciri boyunca ıslahlar ile çok daha fazla verim alınmıştır. Bunlar, üretim kalitesini artırırken enerji kullanımı ve kirlilikte önemli düşümlere izin vermiştir.

DC ark ocaklarının bir sayısı 1993’ den itibaren kurulmuş ve işletmeye alınmıştır (Almanya’ da 3, Belçika’ da 2 ve Fransa’ da 1).

1.3 AB demir ve çelik sanayinde yatırımlar ve işçilik

Yatırım masrafı 1991’ de 5,9 milyar Ecu’ dan 1994’ de 2.7 milyar Ecu ya kadar azalmıştır, ancak 1996’ da tekrar 4.0 milyar Ecu’ ya yükselmiştir (15 AB)(EC Panorama, 1997). Bunun yaklaşık % 16’ sı demir yapımında (sinter tesisi, kok tesisi ve yüksek fırın), % 13’ü elektrikli çelik işletmelerinde, % 4’ü oksijen üflemleri çelik işletmelerinde, % 7’si sürekli dökümde, % 31’i haddehanelerde harcanmıştır (ABrofer1, 1997).

AB’ de demir ve çelik sanayinde istihdam, sanayide statik üretim seviyelerinin düşmesi ve rasyonel yaklaşımlar sonucu 1990’lı yıllarda azalmaya başlamıştır. (Şekil 1.6) Yeni teknoloji ve çalışma pratikleri sayesinde verimlilikte 1985 ve 1994 arasında % 64’ lük bir artış olmuştur. 1995’ de yaklaşık 330 bin insan inşaat, araba imalatı, mekanik mühendislik gibi sanayilerle bağlantılı olan büyük bir çalışan sayısı ile 15 AB ülkesinde (EC Panorama, 1997) demir ve çelik sanayi tarafından istihdam edilmiştir.



Şekil 1.6 : 1983-1996 15 adet AB ülkesi demir çelik endüstrisindeki istihdam gelişimi – (Stat.Stahl, 1997)

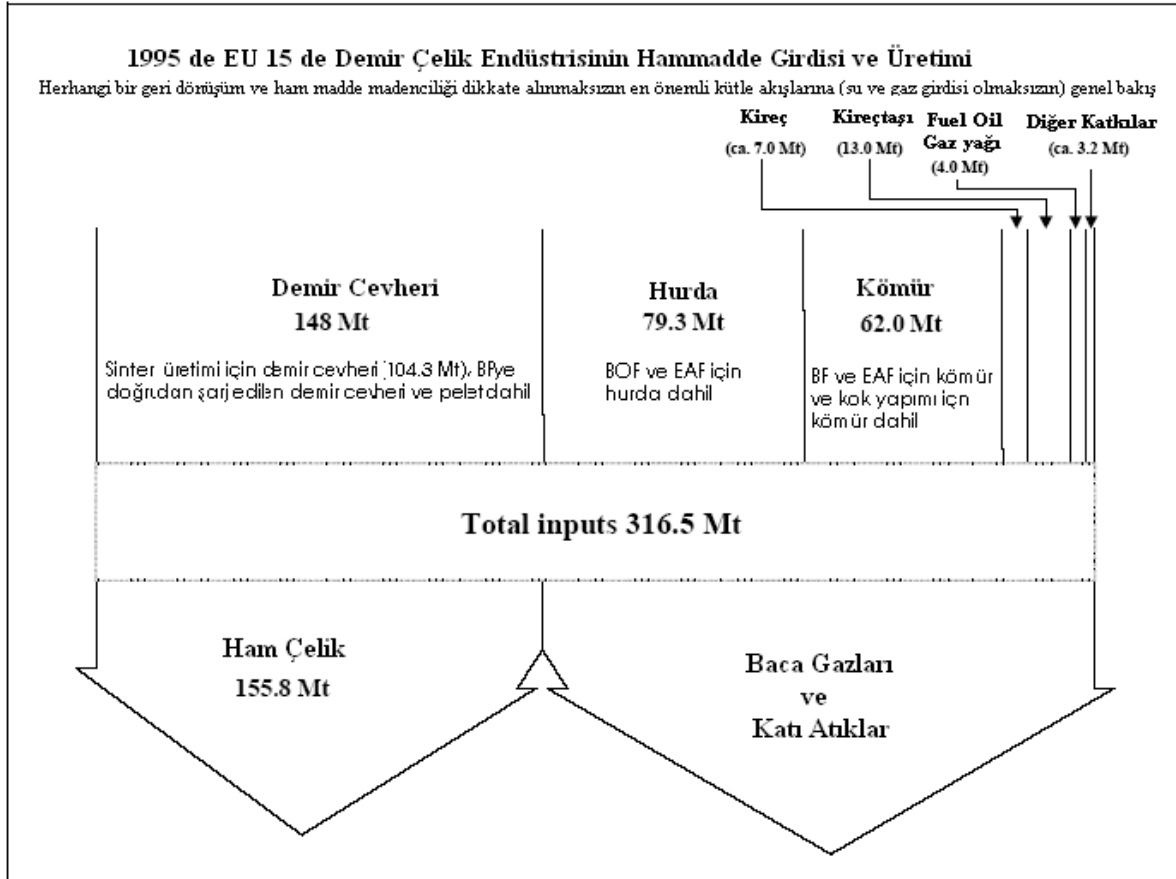
Kömür, demir ve çelik için Avrupa piyasasını birleştirmek ve gelişmesini ilerletmek amacıyla Avrupa Kömür ve Çelik Birliği (ECSC) 1951’ de kurulmuştur (ECSC Treaty, 1951). Bu, Avrupa demir ve çelik sanayinin evriminde önemli bir safha olmuştur, ancak 2002’ de sona erecektir.

1.4 Ekonomik Durum

Dünya ekonomisinin globalleşmesi, çelik sanayinde çok derin bir etkiye sahip olmuştur ve böyle olmaya devam edecektir. Piyasa durgunluğuna rağmen veya yüzünden sanayi yoğun yapısal değişime uğrayacaktır. Bu, çelik işindeki yeni yorumların geliştirilmesiyle karakterize edilir (örneğin mini elektrik çelik haddehaneleri, ark ocakları için yeni teşebbüsler, yeni döküm teknikleri ve direkt veya ergitmeli indirgeme teknikleri) Yüksek şekilde rekabet edici piyasa koşulları bu yapısal değişimi ve çelik sanayisinde işbirliğini teşvik ederek hızlandırabilir. Birleşmelerin büyüme sayısı, işbirliği riskleri ve devirler bunun delilidir.

1.5 Demir ve çelik sanayinin çevreyle ilişkisi

Demir ve çelik sanayi hammadde ve enerji tüketimi yüksek olan sektörlerden bir tanesidir. Şekil 1.7, 1995’de AB’ de üretilen ham çeliğin miktarı ile birlikte ana giriş kütle akışlarını gösteren ve numaralayan basitleştirilmiş olan bir şemayı sunmaktadır. Şekilden anlaşılacağı üzere girdilerin yarısından fazlası baca gazları ve katı atık yan ürün olarak çıkmaktadır.

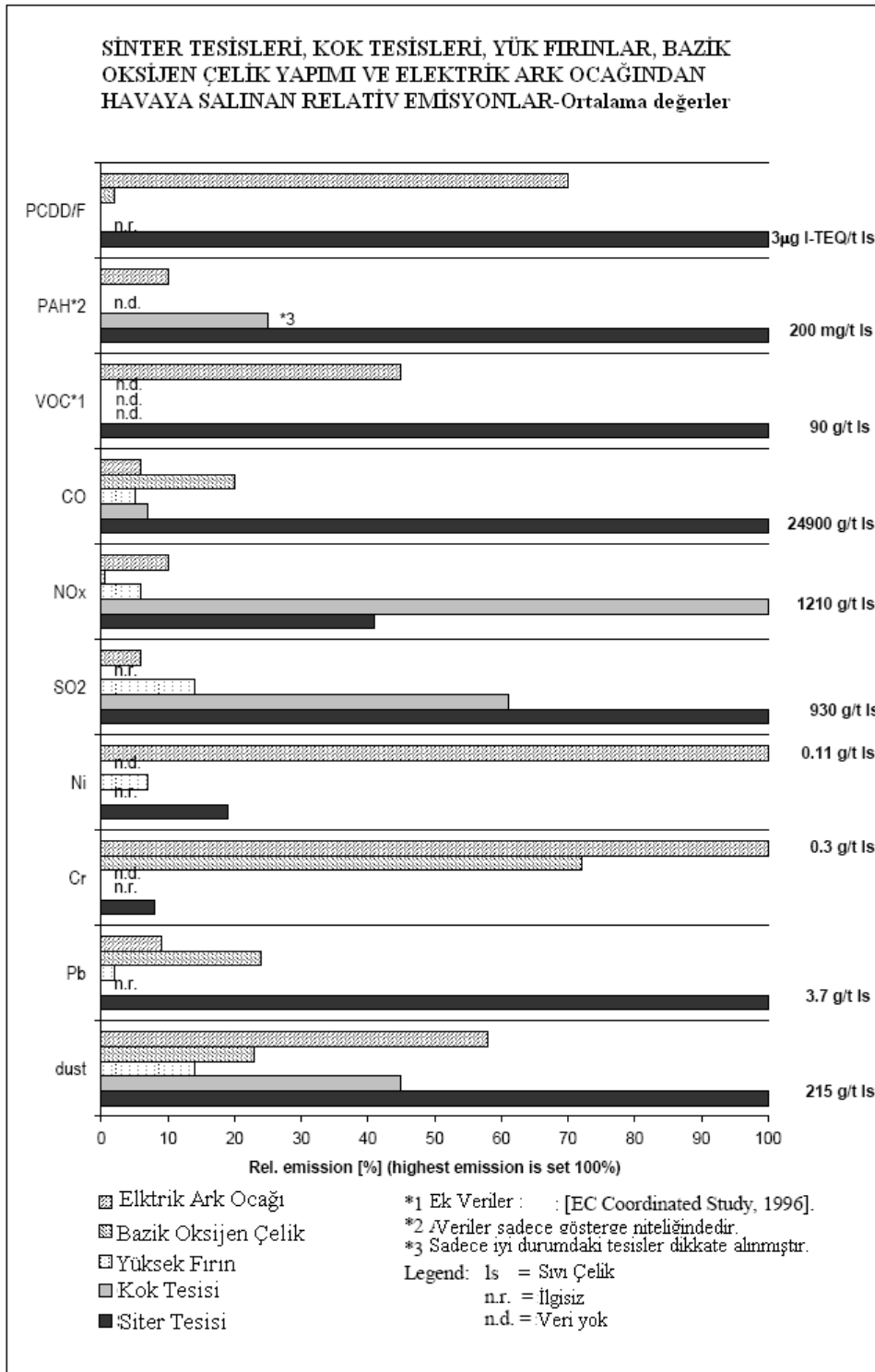


Şekil 1.7 : 1995 yılı 15 adet AB ülkesindeki demir çelik endüstrisi girdi ve üretimleri (Stat, Stahl, 1997)

Şekil 1.1’ de verilen genel görünüm basit, proses kütle akışlarını gösterir. Geri kazanım veya ham maddenin madenden alınması sürecini içermez.

Hava emisyonlarını kontrol edip, katı atıkları yöneterek çevresel etkiler kontrol altında tutulmaya çalışılır.

Hava kirliliği önemli bir düzenlemeyi gerektirir. Entegre çelik işletmelerinde, sinter tesisleri (Şekil 1.8) ve kok fabrikaları en büyük hava kirliliği kaynağıdır.



Şekil 1.8: Sinter Tesisleri, kok tesisleri, Yüksek Fırınlar, Bazık Oksijen Çelik Yapımı ve Elektrik Ark Ocaklarından havaya karışan kirletici maddelerin relatif emisyonları

Şekilde belirtilen % 100' lük değer, her bir bireysel kirliliğin en yüksek değere ulaşmasını sağlayan emisyon değeridir. (mutlak spesifik miktarı dip notla açıklanır). Diğer tesis kategorilerinin emisyonları en yüksek emisyonlar ile bu tesislerin bağlantısı verilir.

Ark ocakları ile birlikte yüksek fırınlar, bazik oksijen çelikhane, kok fırınları toz emisyonlarının dikkate alınabilir relatif yüzdelere sahiptir. Ark ocağından gaz emisyonları, cıva ve Şekil 1.8’ de bahsedilen organik kirlilikler çıkabilir.

Hava kirlilik kontrolü doğrultusunda ilk tedbirler toz toplama ve giderme olarak alınmıştır. Seksenli ve doksanlı yıllarda toz giderme artarak etkili olmuştur (özellikle ikincil tozsuzlaştırma). Bu doğrudan cıva gibi yüksek buhar basıncı verilmesi halinde gazlaşan metaller dışında diğer ağır metal emisyonlarını azaltmıştır. Aynı zamanda SO₂ ve NO_x emisyonlarını minimize etmek için çabalar sarf edilmiştir. Ayrıca, poli aromatik hidro karbonlar (PAH) ve monosilik aromatik hidrokarbonlar, özellikle benzenle birlikte poliklorine olmuş dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F), heksaklorobenzen (HCB) ve poliklorine olmuş bifeniller (PCB) gibi organoholejen birleşiklerin emisyonları artarak önemli olmuşlardır. Tesislerden bahsi geçen emisyonlarla diğer açık saha malzeme depolama sahalarından çıkan emisyonlar da kontrole tabi olmuştur.

AB’ de havaya verilen kirleticilerdeki en büyük pay demir ve çelik sanayisine aittir. Kirlilik daha çok ağır metaller ve PCDD/F emisyonlarına yöneliktir. NO_x ve SO₂ emisyonlarının etkisi daha azdır (Tablo 1.2).

Parametre	Yıl	AB’ da Emisyonlar (t/yıl)	Demir ve çelik sanayisinin yüzde olarak katkısı (%)
SO ₂	1994	12088000* ^{1,2}	Ca. 1.5* ⁶
NO _x	1994	12435000* ^{1,2}	Ca. 1* ⁶
Cd* ³	1990	200	19
Cr* ³	1990	1170	55
Cu* ³	1990	3040	5
Hg* ³	1990	250	3
Ni* ³	1990	4900	3
Pb* ^{3,4}	1996	12100	9* ^{7,8}
Zn* ³	1990	11100	35
PCDD/F* ⁵	1995	580 g I-TEQ	19

- *1 güç jenerasyonunu kapsamaz
- *2 veriler kaynağı: (EEA, 1997)
- *3 veri kaynağı: (TNO Raporu, 1997); rakamlar entegre çelik tesislerini kapsar (sinter tesisleri, kok fırınları, yüksek fırınlar,basik oksijen çelikhane ve ark ocakları)
- *4 (UN-ECE Lead,1998) bazlı ağır kurşun emisyonlarının son etkili redüksiyonu yüzünden düzeltilen veriler
- *5 (LUA NRW; 1997) den veriler
- *6 bölüm 3’ te verilen emisyon faktörlerinden hesaplanan
- *7 kurşunsuz benzinde yüzde artacaktır
- *8 Şekil 1.8 ve bölümde verilen veriler ile çapraz kontrol sadece yüzdesi % 4 olduğunu gösterir.

Tablo 1.2: 15 AB’ de ki SO₂, NO_x, ağır metaller ve PCDD/F in genel emisyonları için ark ocaklarının ve Entegre çelik tesislerinin (sinter tesisleri, kok tesisleri, yüksek fırınlar, bazik oksijen çelik işletmeleri) katkısı.

Katı atıklar, atık ve yan ürünlerin miktarları genel olarak yüksektir (Tablo 1.3).Geri kazanım veya kullanım oldukça yüksek seviyelere ulaşmış ancak AB’de değişkendir ve daha ileriki optimizasyondan yararlanacaktır.

Katı atıklar/atıklar/yan mamuller	Spesifik miktar (kg/t LS)* ¹	Toprak üzerine boşaltılan ₂
Sinter tesisi * ³		
• toz	0.9-1.5	?
Kok fırın tesisleri * ⁴	-	-
Yüksek fırınlar		
•döküm evi tozu		?
•YF gaz temizlemeden toz ve çamur	7	33
• cüruf	11	2
Pik demir kükürtünü giderme	9-18	41
Bazık oksijen çelikhanesi		
• BOF gaz işleminden kaba toz ve çamur	3-12* ⁸ 9-15* ⁸	42 12
• BOF gaz işleminden ince toz ve çamur	99	26
• Konverter cürufu	34	9
• Pik demir potası,mikser,çelik potası ve tandişden cüruflar	11*⁵	7
• Sekonder metalurjiden cüruflar	6	76
Ark ocağı		
• Cüruf	129	69
• Karbon çelikleri	109	59
• Düşük alaşımlı çelikler	161	34
• Yüksek alaşımlı ve paslanmaz çelikler	15* ⁶	63* 6
Sürekli döküm	4-6	-7

*1 kullanılan zit faktörler (tüm Avrupa bazık oksijen çelik işletmelerinin ağırlıklı ortalaması):940 kg pik demir/t LS

*2 atık yüzdesi işletme içinde geri kazanılır ve haricen kullanılır

*3 sinter bandı, soğutucu ve hava tozsuzlaştırma binasından tozlar normal şekilde elektrostatik çöktürücünün son alanından toz toprağa boşaltıldığında ki bazı durumlar hariç bant' a tekrar gönderilir; ince bir sıyırıcı uygulaması durumunda atık su işleminden çamur da toprağa boşaltılır (Avrupa'da sadece bir çok durumda)

*4 yarı mamül benzen,katran,naftalin,sulfirik asit ,elementer sulfur tamamen geri kazanılır/kullanılır

*5 üç bazık oksijen çelik işletmesinden ortalama

*6 karbon,düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik için ortalama

*7 hadde skalı normal şekilde sinter tesisine geri kazandırılır

*8 (ABROFER BOF; 1997) den itibaren

(EC Study,1996)dan itibaren tüm veriler,aksi durum belirtilmedikçe.Gösterilen ortalama değerler.

LS= sıvı çelik: BF= yüksek fırın:BOF= bazık oksijen fırını

Tablo 1.3: Entegre çelik işletmelerinden ve ark ocaklarından katı atıkların/atıkların/yan mamullerin toprağa boşaltılmasının ortalama spesifik miktarı ve ortalama yüzdesi

Kok tesislerinden deşarj edilen atık sular, yüksek fırınlar, bazık oksijen çelikhanesi ve sürekli döküm tesislerinden gelenlerden daha yüksek öneme haizdir.

Yüzey suyu kirliliği ile birlikte gürültü, katı atıklar vs. demir ve çelik sanayisi için belli başlı atık kaynaklarıdır.

Enerji tüketimine dikkat edilebilir. Kok, sinter tesisi,yüksek fırın yolu ile üretilen 1 ton sıvı çelik için spesifik enerji tüketimi yaklaşık 19.3 GJ dür (lüngen, 1995;Peters, 1994) ve Tablolar 4.1,5.1,6.2,7.1 ve 8.2' e göre). Bu miktarı kömür girişi de etkiler.

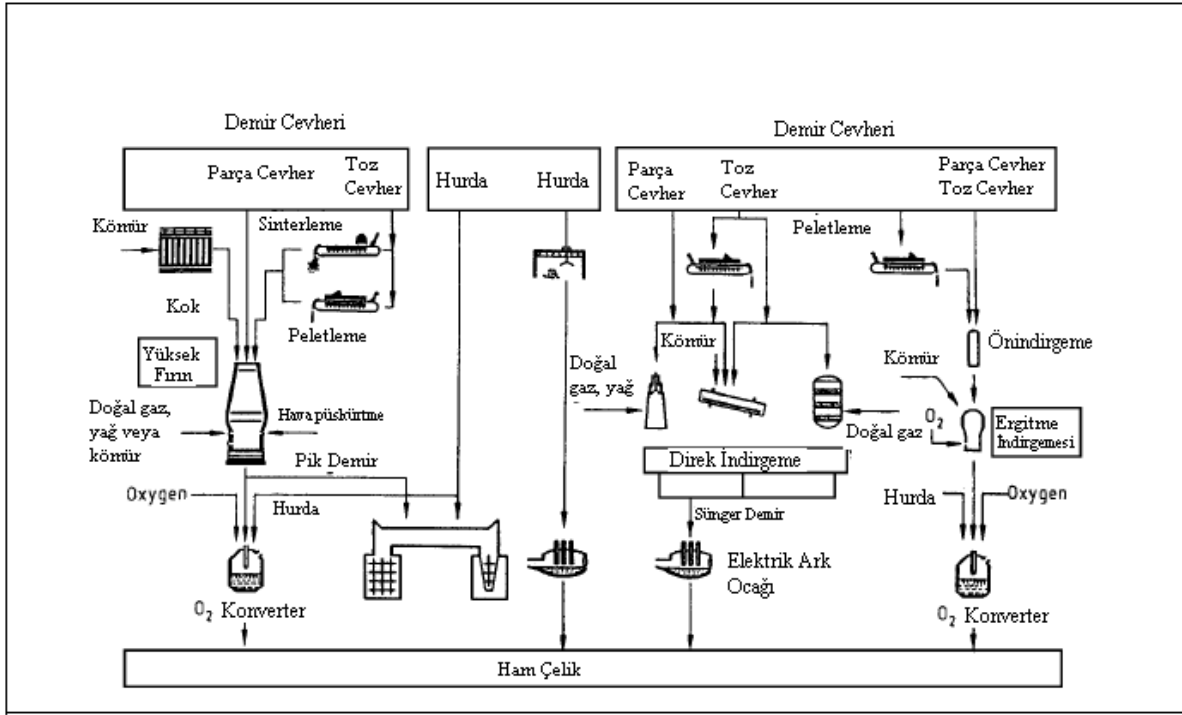
Yaklaşık 1.6 GJ/t LS olan elektrik tüketimini de gösterir (kendi elektrik tüketimi primer enerji ile mukayese edilebilir kılınması için üç faktör ile çarpılmıştır)

Ark ocaklarının üretimi için spesifik enerji tüketimi yaklaşık 5.4 GJ/t LS dir (tablo 10.1 e göre) Elektrik tüketimi faktör üç ile çarpılmıştır.

3. ÇELİKHANEYE GENEL BAKIŞ

3.1 Çelikhane proses yolları

Çelik üretimi için geçerli dört yol kullanılır: klasik yüksek fırın/bazık oksijen fırını yolu, hurdanın direkt ergitilmesi (ark ocağı), ergitme redüksiyonu ve direkt indirgeme (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 : Ham Çelik Üretim Metodları – (Ullmann's, 1994)

Şimdi (1998), AB'ndeki (15) çelik üreticisi yüksek fırın/bazık oksijen (yaklaşık % 65) ve ark ocağına (yaklaşık % 35) bağlı olarak çelik üretmektedirler. (Şekil 1.2). Ergitme ve direkt indirgeme vasıtasıyla dünya ham çelik üretiminin yüzdesi 1996' da yaklaşık % 4 olmuştur. Avrupa'da direkt indirgenmiş demirin üretimi dünya çıkışının yaklaşık % 1.5 ini temsil eden yaklaşık 500.000 t/yıl (Almanya ve İsveç) ile sınırlıdır. EAF çelikhaneğinde direkt indirgenmiş demirin tüketimi 1995' de (15) AB' de 400.000 ton olarak rapor edilmiştir ancak bu malzemeye ilgi artacaktır ve yeni üretim teknolojileri ortaya çıkacaktır. (15) AB ülkesinde ticari ölçekte geçerli ergitme indirgenmiş birimler yoktur. Bu yollar, bu nedenle, burada izah edilmemiştir ancak "Alternatif demir yapım teknikleri" bölümünde bahsedilecektir.

3.2 Entegre çelik işletmeleri

3.1'de izah edilen dört çelik yapma yöntemi, klasik yüksek fırın/bazık oksijen fırını yöntemi, (Şekil 3.2) birkaç kilometre kare alanı kapsayan entegre çelik işletmeleri olarak bilinen büyük sanayi komplekslerinde yer alan bir çok kompleksden ibarettir. Entegre çelik işletmeleri bu BREF' de (sinter tesisleri, peletleme tesisleri, kok fırınları, yüksek fırınlar ve uygun döküm ile bazık oksijen çelik haneleri) yer alanların çoğu, çeşitli üretim birimleri arasında bağımsız malzeme ve enerji akışlarının şebekeleri ile karakterize edilmiştir. Detaylı olarak tesisin bu

bireysel şekillerini açıklamadan önce bahsedilen birbirine bağlantılı bölümlerin genel bir görünüşü verilecektir



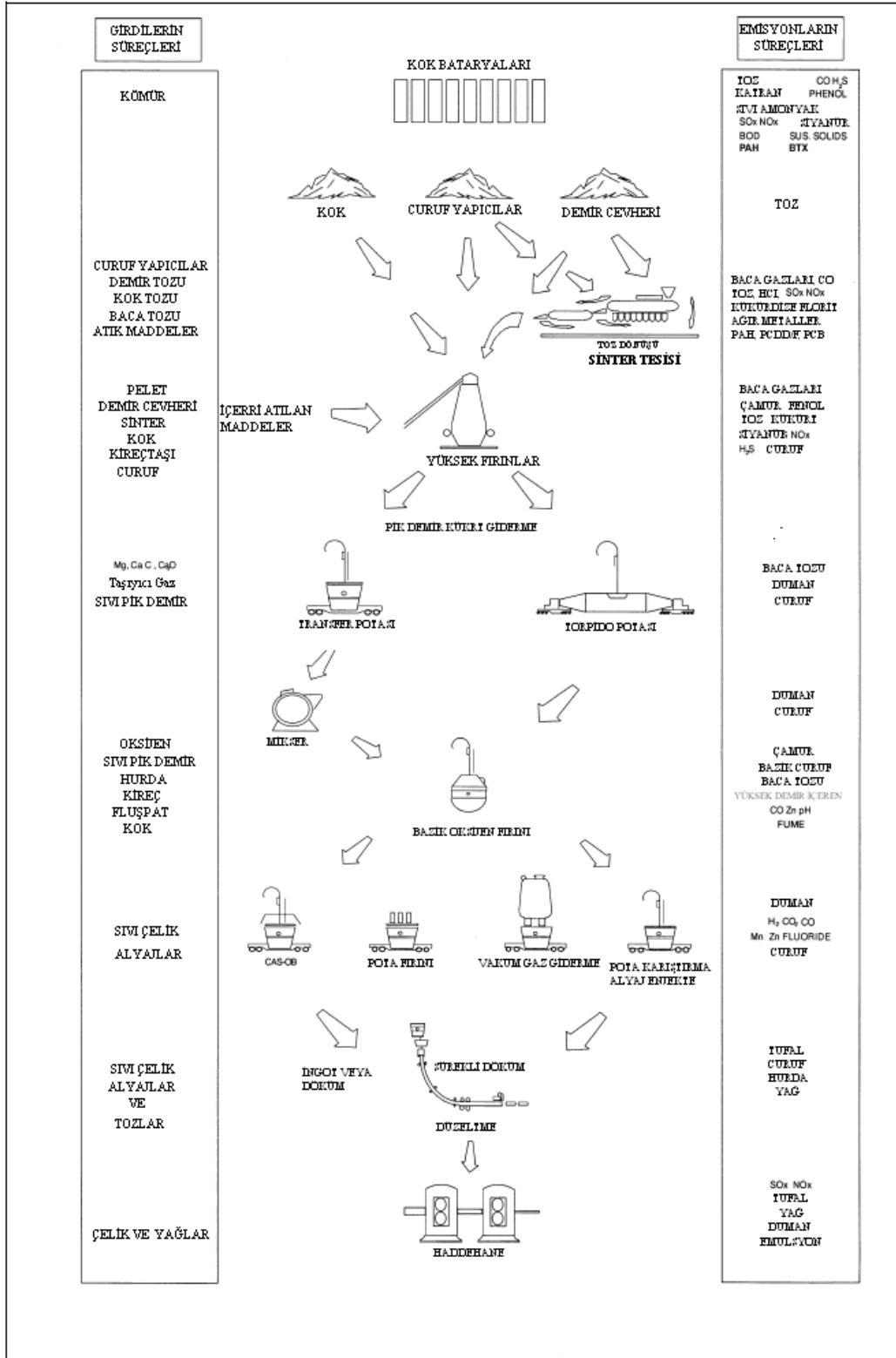
Şekil 3.2 : Deniz kıyısına kurulmuş entegre çelik fabrikasının kuş bakışı görünümü

3.2.1 Proses genel bakışı

Bu BREF’de söz edilen demir çelik üretim metodları Şekil 3.3’ de gösterilmektedir. Şekil, proses yolunun her bir kademesi için ana malzeme girişleri ve çıkışlarının (emisyon kütle akışları) bir şematik görünüşünü verir.

Bir entegre çelik işletmesinde yüksek fırın, oksit cevherlerinin ilk olarak indirgendiği pik demir olarak bahsedilen sıvı demirin olduğu yer olan ana işletim birimidir. Modern yüksek performanslı yüksek fırınlar, ağır yükün fiziksel ve metalurjik hazırlığına ihtiyaç duyar. Demir cevheri hazırlama tesislerinin iki şekli sinter ve pelet tesisleridir. Peletler daima madende iyi tanımlanmış demir cevheri ve konsantreden yapılır ve bu şekilde nakledilir. Avrupa’ da aynı zamanda bir peletleme tesisi olarak çalışan sadece bir entegre çelik işletmesi vardır. Sinter, genellikle toz cevher, atıklar ve katkı maddelerinin ön dizayn edilmiş karışımlarından üretilir. Bir yüksek fırındaki ana indirgeme birimleri, demir oksitleri indirgeyen karbon monoksit ve hidrojenle biçimlenen kok ve enjeksiyon kömürüdür. Aynı zamanda kok ve kömür bir yakıt olarak da kullanılır.

Kok, bir kok fırınında kuru damıtma vasıtasıyla kömürden üretilir ve kömürden daha iyi fiziksel ve kimyasal karakteristiklere sahiptir. Birçok durumlarda, ilave indirgeme etkenleri (ajanları)/ yakıtları, yağ, doğal gaz ve (birkaç durumda) plastiklerin enjeksiyonu ile sağlanır.



Şekil 3.3 : Entegre çelik fabrikalarının iş akış şeması – (UK IPR 2/1, 1994)

(bir peletleme tesisini göstermez, Avrupa'da bir adet olan sadece bir entegre çelik işletmesidir)

Bir sıcak üfleme demir oksit için bazik redükleme etkisi olan karbon monoksiti şekillendirmek için gerekli oksijeni sağlar.

Yüksek fırın kokun alternatif katmanlarından ve sinter ve/veya peletlerin, parça cevher ve karışımların karıştırılmasından ibaret olan yük ile tepeden şarj edilir. Yüksek fırında demir cevheri redüklenir ve sıvı demir ve cüruf, döküm alınan yerden fırının altında toplanır.

Yüksek fırından cüruf granüle edilir, peletlenir veya cüruf çukuruna akıtılır. Granüle cüruf veya peletler genellikle çimento imalat şirketlerine satılır. Aynı zamanda çukurlardan alınan cüruf yol yapımında kullanılabilir.

Yüksek fırından alınan sıvı demir (pik demiri) karbon içeriğinin (yaklaşık % 4) çelik olarak % 1 den daha aza düşürüleceği yer olan bazik oksijen fırınına nakledilir. Kaliteli çelik üretimi için pik demire kükürt giderme işlemi yapılır ve çeliğe pota metalürjisi uygulanır. Bazik oksijen fırınından alınan sıvı çelik ya ingotlara ya da sürekli dökümlere kalıplar vasıtasıyla dökülür. Bazı durumlarda vakumla gaz giderme, çeliğin kalitesini daha sonra ıslah etmek için uygulanır.

Döküm mamulleri, ingot, slab, kütük veya blum ise, piyasa için onları hazırlamak amacıyla haddehanelerde ve mamul işleme hatlarında işleme tabi tutulurlar.

3.2.2 Üretim prosesleri arasındaki bağlantılar (Enerji, yarı ürünler/atıklar, hava ve suya verilen kirlilikler yönüyle)

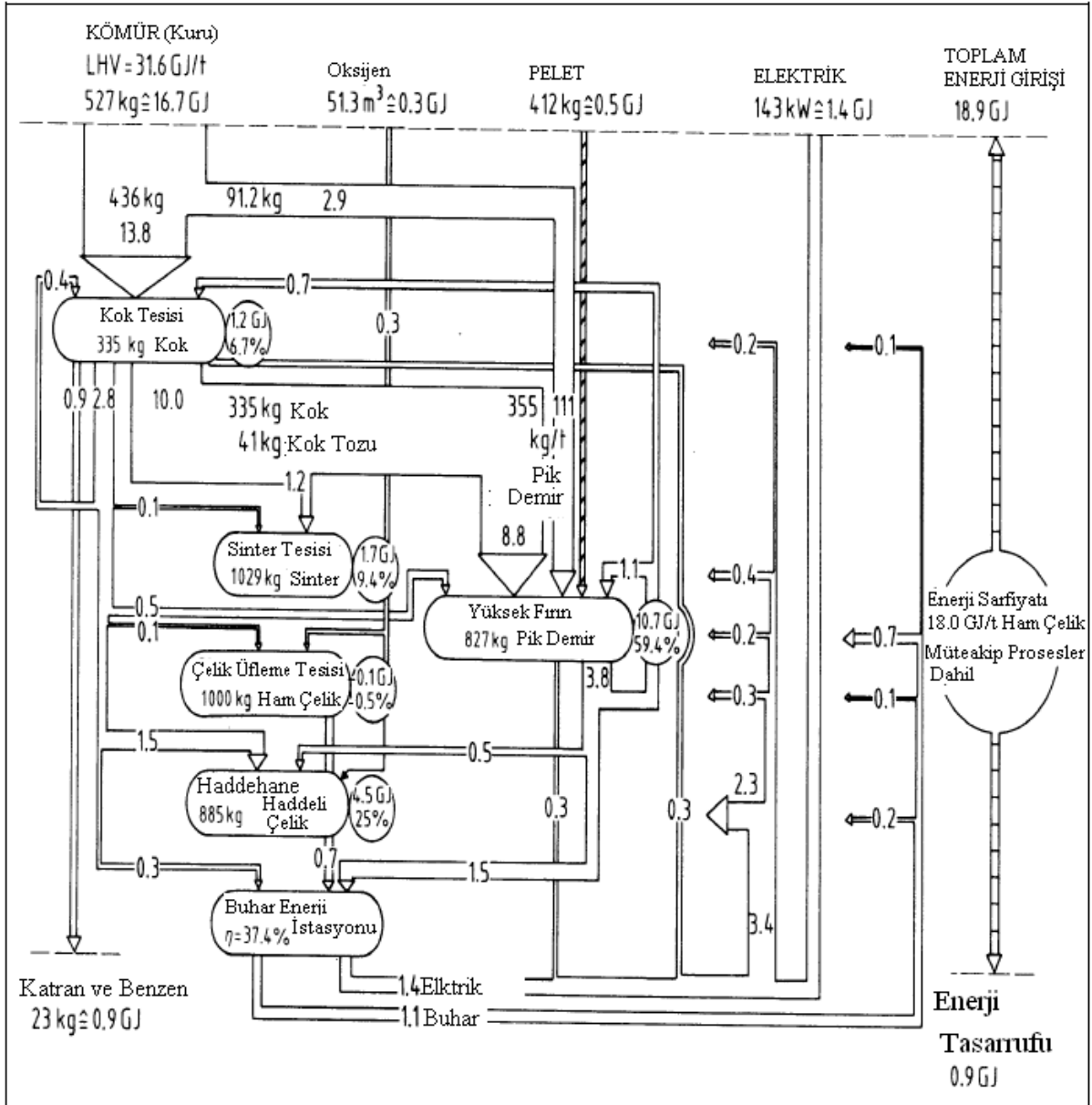
Şekil 3.3, entegre bir demir çelik işletmesindeki çeşitli üretim birimlerini göstermektedir. Her bir prosesin, atıkları (hadde skalı, filtre tozu, YF ve BOF gaz temizleyicisinden alınan çamurlar), su kullanımı (çeşitli atık su akışlarının uygun işlemi, soğutma suyunun ardışık kullanımı) ve enerji tüketimleri (kok gazı, YF gaz, BOF gaz, YF üst basınç türbininden veya bazik oksijen fırınından akış) hem üretim akışına hem de proseslerin kendi içindeki akışlarına bağlıdır. Bu bağlantı, hem emisyonları minimize etmek hem de verimliliği optimize ederek maliyeti düşürmek için kurulmuştur.

3.2.2.1 Enerji

Enerji, bu bağlantının en önemli kompleksidir. Şekil 3.4, bir entegre çelik işletmesinin dahili enerji akışı ile birlikte, her bir enerji kaynağının giriş ve çıkışlarını göstermektedir. Dominant enerji girişleri, kömür ve dışardan satın alınır, koktur. Aynı zamanda elektrik, doğal gaz, yağ ve (birkaç durumda) plastik enerji girişlerini temsil eder. Kok fırın gazı (COG), yüksek fırın gazı (YFGaz) ve bazik oksijen fırın gazı (BOF gaz) bir çok amaçlar (kok bataryaları, sıcak üfleme koşulu, sinter beslemesinin ateşlenmesi, sıcak haddeleme için tav fırınları v.s.) için kullanılır. Yüksek fırınların üst basınç türbinlerinden veya bazik oksijen fırınları akışlarından elde edilen enerji de çeşitli prosesler için kullanılır.

COG ve YF gazı tüm entegre çelik işletmelerinde geri kazanılır ve kullanılır. Ancak, bu BOF gazı ve YF tepe basıncından elde edilen buhar için geçerli değildir. Buhar geri kazanımı, yüksek fırının üst basıncına, BOF' un işletme koşuluna ve BOF gazının kullanılabilirliğine bağlıdır.

Şekil 3.5 bir entegre çelik işletmesinde farklı enerji tiplerinin nicelik dağılımının detaylı bir açıklamasını verir. Harici elektrik kaynakları dahil bu şekildeki tüm veriler toplam enerji girişi ile bağıntılıdır. İthal edilen enerjinin yaklaşık % 88' i kömürden elde edilir bunun % 83' ü koka dönüştürülür.

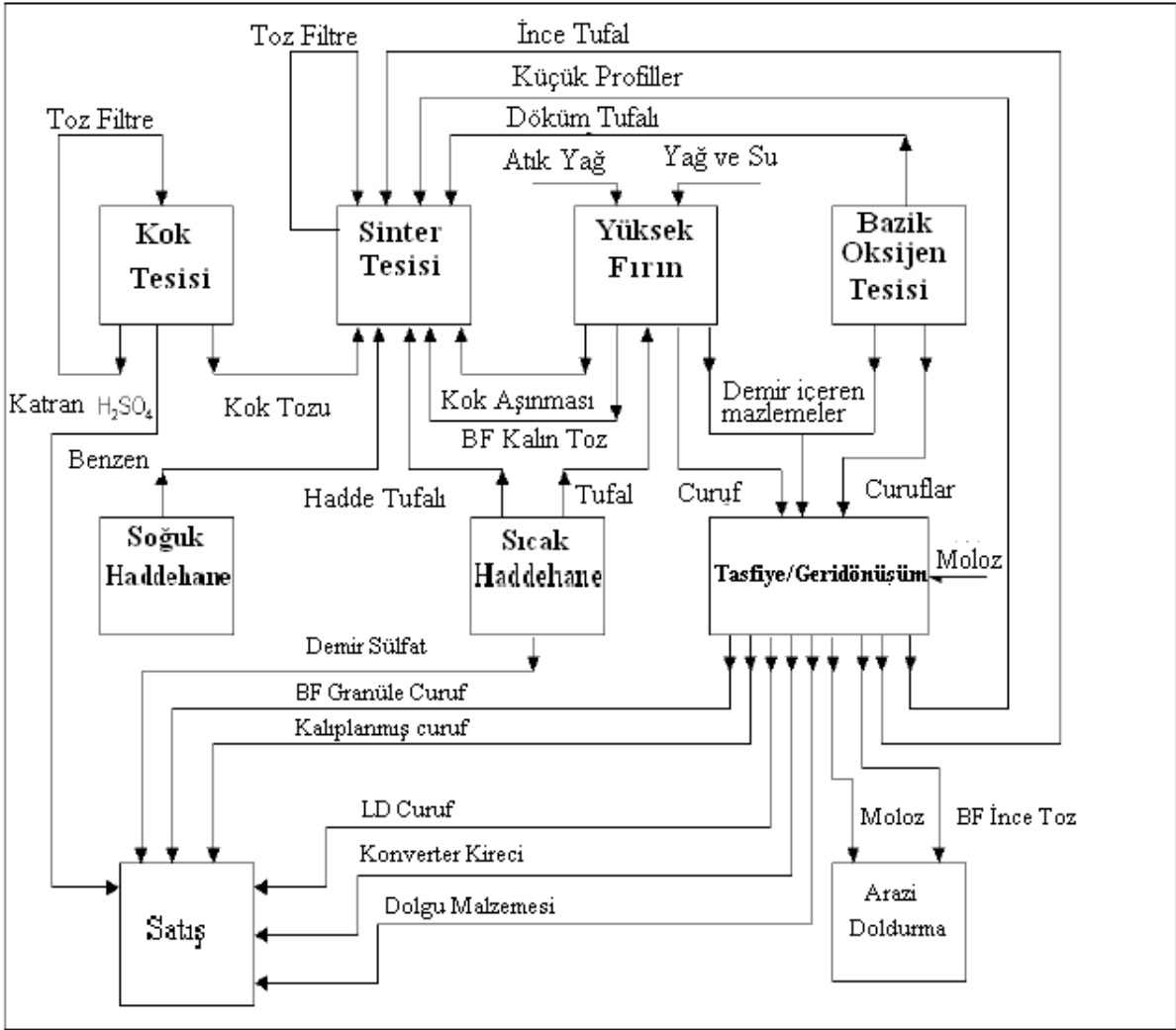


Şekil 3.5: Ham çeliğin beher tonu için bir entegre çelik işletmelerinde tipik enerji talep dağılımı – (Ullmann's, 1989);

Bu örnek 1.5' de verilen rakamları teyit eder.

3.2.2.2 Katı atıklar/yan ürünler

Bir entegre çelik işletmesinde atıkların yönetilmesi, atık öğütme tesisi olarak bilinen sinter tesisinde yerine getirilir. Curuf ve diğer geri kazanılabilen maddeler sinterde değerlendirilir. Dolayısıyla sinter, kendi esas prosesinin yanı sıra atıkları geri kazanım teknolojisiyle başka bir alternatifi olmayan bir prosedir. Değerlendirilemeyen kalan çok az miktardaki atık ise land-fill'e (depolama sahasına) verilir. Yüksek fırın gaz temizlemeden çıkan ince tozlar, BOF prosesinden çıkan ince baca tozları, yüksek alkali konsantrasyonu içeren klorlu bileşikler ve sinter fabrikası elektrostatik toz tutucusunda tutulan ince tozlar bunlardandır. Şekil 3.6 örnek bir entegre demir çelik üretim fabrikasından çıkan atıkların yönetimini göstermektedir.



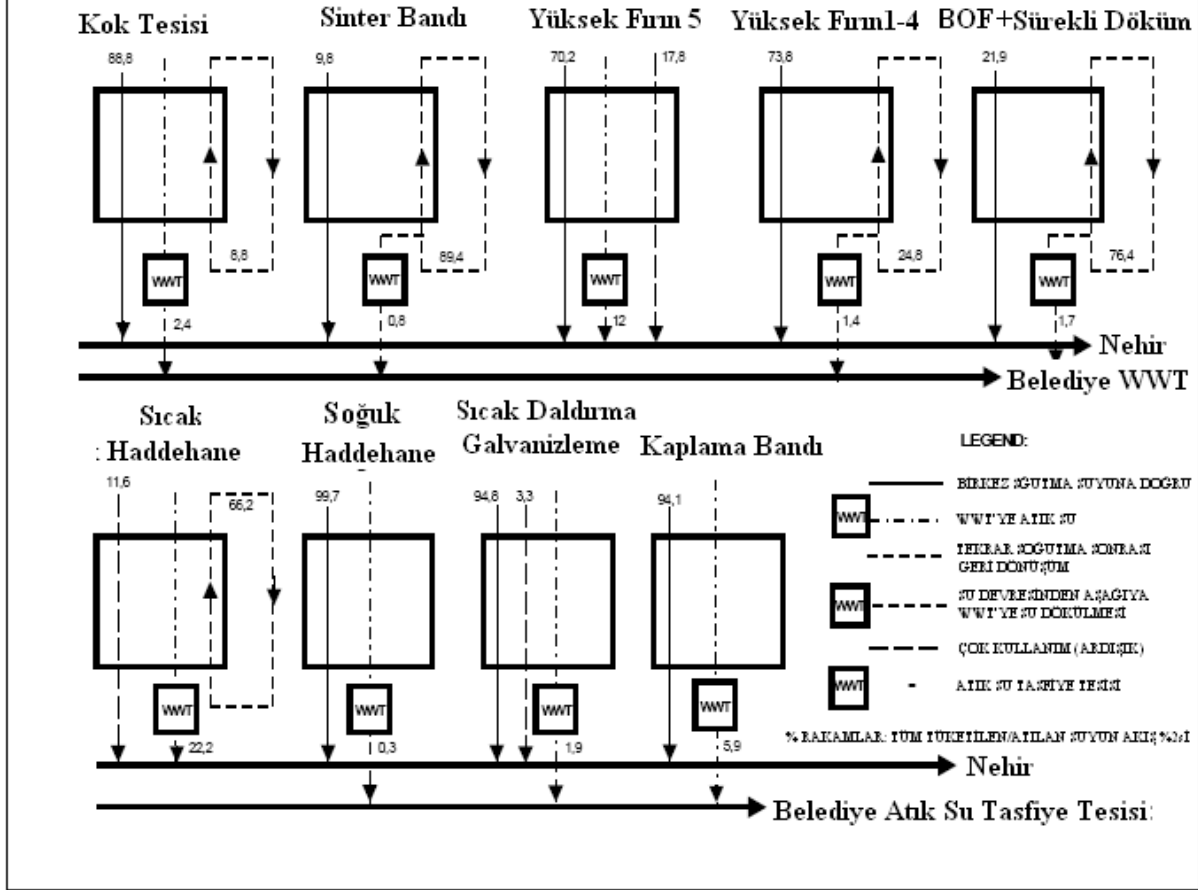
Şekil 3.6: Bir entegre çelik işletmelerinde yarı mamuller ve atıkların idare edilmesi için tipik örnek – (Bothe, 1993).

3.2.2.3 Su

Bir entegre çelik işletmesinde su yönetimi su kaynağının mevcudiyetine, yasal mevzuata ve yerel koşullara bağlıdır. Yasal sınırlamalar soğutma suyunun boşaltılmasını veya deşarj edilen atık suyun minimize edilmesini isteyebilir. Bazen soğutma sistemlerinden çıkan buharın minimize edilerek soğutma veriminin yükseltilmesi istenebilir.

Şekil 3.7, 100m³/t çelikten daha fazla spesifik su tüketimi olan entegre bir çelik işletmesinin su yönetimini gösteren bir örnektir. Su kaynağı kapasitesi sınırlıysa tesislerde daha fazla su tasarruf etme ihtiyacı vardır. Böyle durumlarda, spesifik su tüketimi 10 m³/t çelikten daha az olabilir ve bazı bağlantıların daha hassas olduğu durumlarda bu değer, 5 m³/t dan daha az olabilir.

Entegre Çelik İşletmelerinin Su İdaresi - Örnek (Akış miktarı %)



Şekil 3.7: Su Kaynağı uygun olan bir yerleşimdeki entegre demir çelik işletmesinin su yönetimi için verilen örnek

4. SİNERJİ TESİSLERİ

4.1 Uygulanan prosesler ve teknikler

4.1.1 Sinter prosesinin amacı

Modern yüksek performanslı yüksek fırın işletmesi için girdilerin fiziksel ve metalurjik kompozisyonunun uygun hazırlanması, bu da fırın geçirgenliğinin ve indirgeme kapasitesinin yüksek olmasını sağlar. Bu hazırlık fırın şarjına sinter veya pelet (bölüm 5'e bakınız) olarak beslemeyle mümkündür. Şarj, kok tozunun ateşlenmesini sağlayan ilave maddeler olan yüksek fırın gaz temizleme tozları, hadde ve döküm tufalı, gibi malzemeler ile toz cevherler, ilave katkı maddeleri, geri kazanılan ve demir içeren diğer atık malzemelerin karışımından ibarettir. Avrupa' da sürekli gezer ızgaralarda aşağı doğru draft sinterleme kullanılır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Sinterleme sonunda şarjlama tesisi (tamburlar veya oluklar) ateşleme kabini ile bir sinter bandının fotoğrafı

4.1.2 Ham maddelerin harmanlanması ve karıştırılması

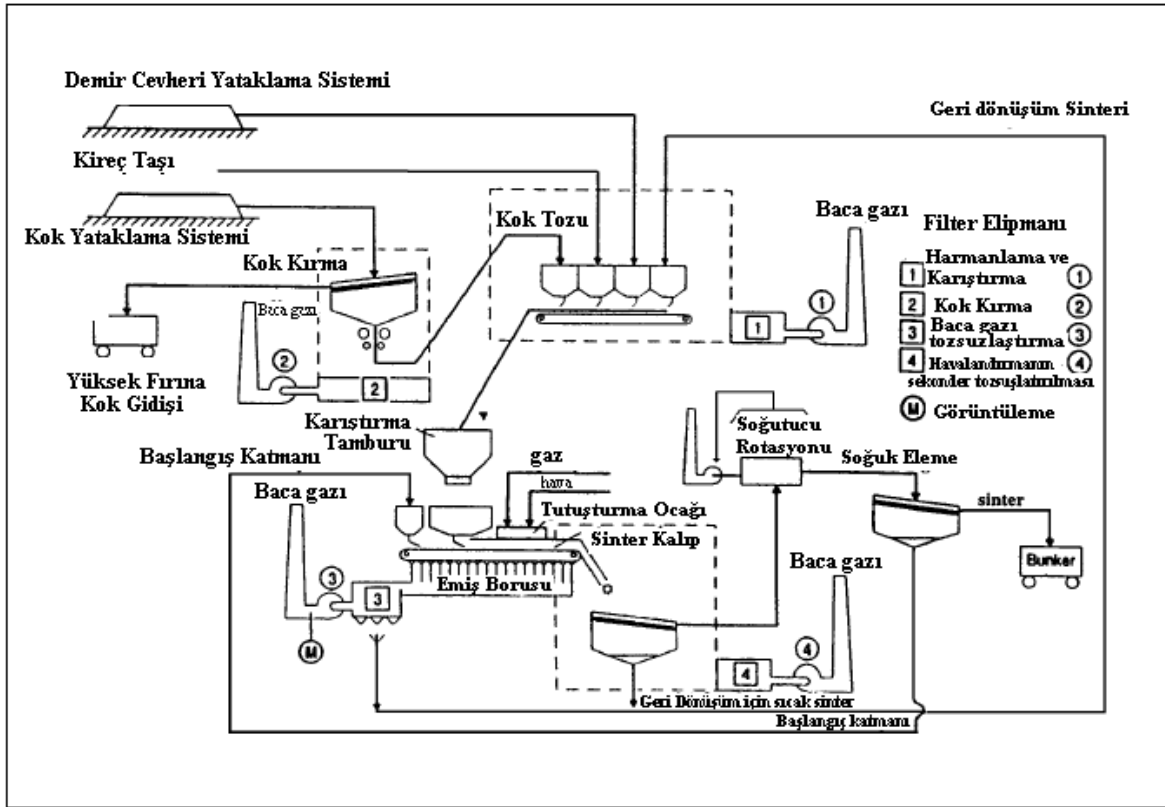
Ham maddelerin sinterleme işleminden önce harmanlanması gereklidir. Bu genel olarak sinterleme işlemi ile gerekli olan malzemelerin hammadde harmanlama sahasında serilmesiyle sağlanır. Bazı curuf yapıcı malzemeler, diğer geri kazanılabilen atık malzemelerle birlikte bu aşamada ilave edilir. Genellikle cevher sahalarının en üst tarafına rüzgâra karşı tozlaşmayı önlemek için daha büyük malzeme serilir. Sinterleme işleminin başında, bu cevher harmanlama sahalarından alınan malzemeler bunkerlere taşınır.

(Şekil 4.2) sinter elemenden geri kazanılan sinter (<5 mm' lik orandaki parçacıklar) ve yüksek fırınlardaki gaz temizlemeden gelen kireç, olivin, toplanan toz ve hadde tufalı, tozlar gibi diğer katkı maddeleri karıştırma safhasında cevher harmanlamaya ilave edilebilir.

Kok tozu (< 5mm' lik parçacık ebatları ile ufak dereceli kok) sinterleme prosesi için en uygun yakıt olarak kullanılır. Kok tozu genellikle kok tesisi tarafından üretilir ve daha sonraki kullanım için boşaltma silolarında depolanır. Alternatif olarak, toz kok kırmadan da temin edilebilir. Bazı durumlarda, antrasit yakıt olarak kullanılır. Sinter tesislerinin ihtiyaçlarını karşılamak için kok kapasitesi yetersizse entegre çelik işletmeleri harici kok tozu tedarikçilerine güvenir.

Cevher harmanlama sahasından gelen malzemeler ve kok tozu konveyör bantlarda tartılarak bir karıştırma tamburuna yüklenir. Burada, tamamen harmanlanırlar ve karışım (Şekil 4.2) sinter yatağının geçirgenliğini arttıran mikro peletlerin formasyonunu fazlalaştırmak için nemlendirilir.

Bunker harmanlama ve karıştırma yerlerinde oluşan emisyonun azaltılması için çıkan tozlar tutulur.



Şekil 4.2 : Sinter Tesisi ana emisyon noktalarını gösteren şematik diyagram-Theobald1, 1995

Aynı zamanda diğer tasarımlar kullanılır: Şekil kok kırma ve bunker harmanlama kullanan tesisler içindir: Şekildeki bacalar emisyon kaynaklarını gösterir; gerçekte her bir bacada birleşebilen baca gazı akışından daha fazla olan birkaç baca olacaktır.

4.1.3 Sinter bandı işlemi

Sinter tesisi esas olarak ısıya dayanıklı hareketli dökme demir malzemeden yapılmış ızgaradan oluşmuştur. (Şekil 4.1). Sinterlenecek malzeme, geri kazanılan sinterin 30–50 mm üstüne serilir. Bu alttaki tabaka, malzemenin ızgara deliklerinden geçmesini ve karışımın direkt ısıya maruz kalmasını önler.

Modern sinter tesislerinde, sinterlenecek olan malzemelerin tabaka kalınlığı yaklaşık 400-600 mm arasında değişir, ancak eski tesislerde genellikle sıg yataklar kullanılır. Izgaranın başlangıcında, gaz bönerlerinin karışım içerisindeki kok tozunu ateşlemesiyle işlem başlar. Aşağı grafit prosesinde güçlü bir fan rüzgar kutuları (hava kanalları) olarak bilinen ızgara altına yerleştirilen dağıtım hücreleri içine sinter yatağının tam uzunlamasına geçerek proses havasını çeker. Bir sinter tesisinden atık gaz akışı tesis ölçüsüne ve işletme koşullarına bağlı olarak 350.000'den 1.600.000 Nm³/saat'e değişir(EC Sinter/YF, 1995). Tipik olarak spesifik atık gaz akışı 1500 ve 2500 Nm³/t sınıflanan sinter arasındadır(UBA Comments,1997). Geniş emiş alanları ile bir çok sinter tesisi(250 m² den daha fazla ve/veya 3 m' den daha fazla ızgara genişliği) emisyonların toplanması için uygun olabilir. İki adet gaz toplama hattı üzerinde

bulunan fanlar ve tozsuzlaştırma ekipmanlarıyla emisyonların önlenmesi sağlanabilir. (Bothe, 1993).

Izgara boyunca sinterleşme işlemi sürerken, yakma işlemi karışımın içinden aşağıya doğru geçer. Bu da küçük parçacıkların sinterleşmesi için gerekli ısının (1300-1480 °C) oluşmasını sağlar.

Sinterleme prosesi esnasında birçok kimyasal ve metalürjik reaksiyon gerçekleşir. Reaksiyonlar, birbirini etkileyebilir, katı haldeyken sıvı ve sinter bölgesinde gaz fazına geçebilir. Aşağıdaki prosesler ve reaksiyonlar (çok uygun olan 1.5-1.7, Şekil 4.9' a bakınız) orta baziklikteki sinter karışımında vuku bulur (Matzke, 1987):

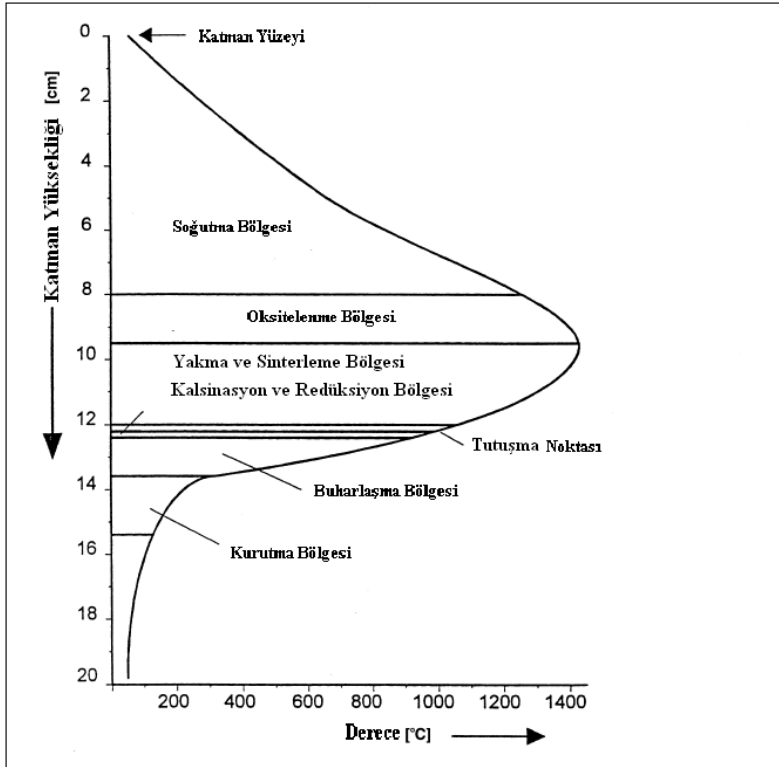
- nemin buharlaşması
- bazik bileşiklerin ön ısıtılması ve kalsinasyonu ile kok tozunun karbonuyla, pirit, klorür, florür içeren bileşiklerin ve oksijenin reaksiyonu.
- hidratların parçalanması ve karbonatların ayrışması
- kalsiyum oksit ve hematit arasındaki reaksiyon
- bir silikat ergitme üretimi için silikat safhası, kalsiyum oksit ve demir oksit safhaları arasında reaksiyon ve erimiş safhaların oranını arttırma
- alkali ve metal klorürler ile birlikte kalsiyum-sülfür bileşikleri ve florinin ihtiva eden bileşiklerin formasyonu
- yüksek ısı bölgesinde demir oksitlerin metalik demire redüklenmesi
- kok yakma ve nem buharlaştırma ile kavite ve kanal biçimleme etkileri
- sinter soğutma esnasında büzülme, yataklama ve sertleştirme etkileri ile yeniden oksidasyon ve yeniden kristalleştirme prosesleri
- sinter soğutma esnasında termal zorlama nedeniyle çatlakların formasyonu ve sinter mikro yapısında ki kusurlar.

Şekil 4.3 ateşlemeyi müteakip 6 dakikada bir sinter tabakasının sıcaklığını ve reaksiyon bölgelerini gösterir. Çeşitli parametreler (H_2O, O_2)(Şekil 4.5 e bakınız) ve kirleticilerin (CO_2, CO, SO_2, NO_x alkali kloritler, ağır metal kloritler ve PCDD/F) emisyon profilleri tartışılabilir (Şekil 4.5, 4.8 ve 4.2.2.1.2 e bakınız).

Yanma proseslerinin çoğunda olduğu gibi, kirleticilerin sayısı ve değişimi sinter bandından itibaren baca gazında mevcuttur. Gaz, partikül madde (ağır metaller, demir birleşikleri fakat aynı zamanda diğerleri özellikle kurşun bileşikleri), alkali klorürler, kükürt oksitler, nitrojen oksitler, hidrojen florür, hidrokarbonlar, karbon monoksit ve aynı zamanda PAH' ın önemli eser miktarı ve PCDD/F ve PCB gibi aromatik organo-halojen bileşikleri ihtiva eder. Şekil 1.8'de de izah edildiği üzere entegre demir çelik tesislerinin en büyük emisyon kaynağı sinter tesisleridir (kütle beher zaman birimi). Her bir kirleticinin formasyonu, emisyon miktarları ve sinter bant profili hakkında detaylı bilgiler bölüm 4.2' de verilmiştir.

Kok tozu, ızgaranın sonuna ulaşmadan önce tamamen yakılır ve en sonuncusu veya iki rüzgâr kutusu soğutma prosesini başlatmak için kullanılır. Soğutucu sinter bandına entegre edilebilir fakat ayrılacak olan için en uygundur.

Üretildiği gibi, sinter düz bir kademe üzerine ve bir kırıcı ile kırılan bir kek biçimindeki ızgaranın sonuna düşer. Bir çok tesislerde, yaklaşık 5 mm'den daha az toz ölçümüne ayrılan ve besleme karışımına geri kazandırılan sinter sıcak bir eleme prosesinden geçirilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.3: Bir sinterleme prosesinde sıcaklık ve reaksiyon bölgelerinin şematik diagramı- (Dietrich, 1961) bazlı

4.1.4 Sıcak sinter eleme ve soğutma

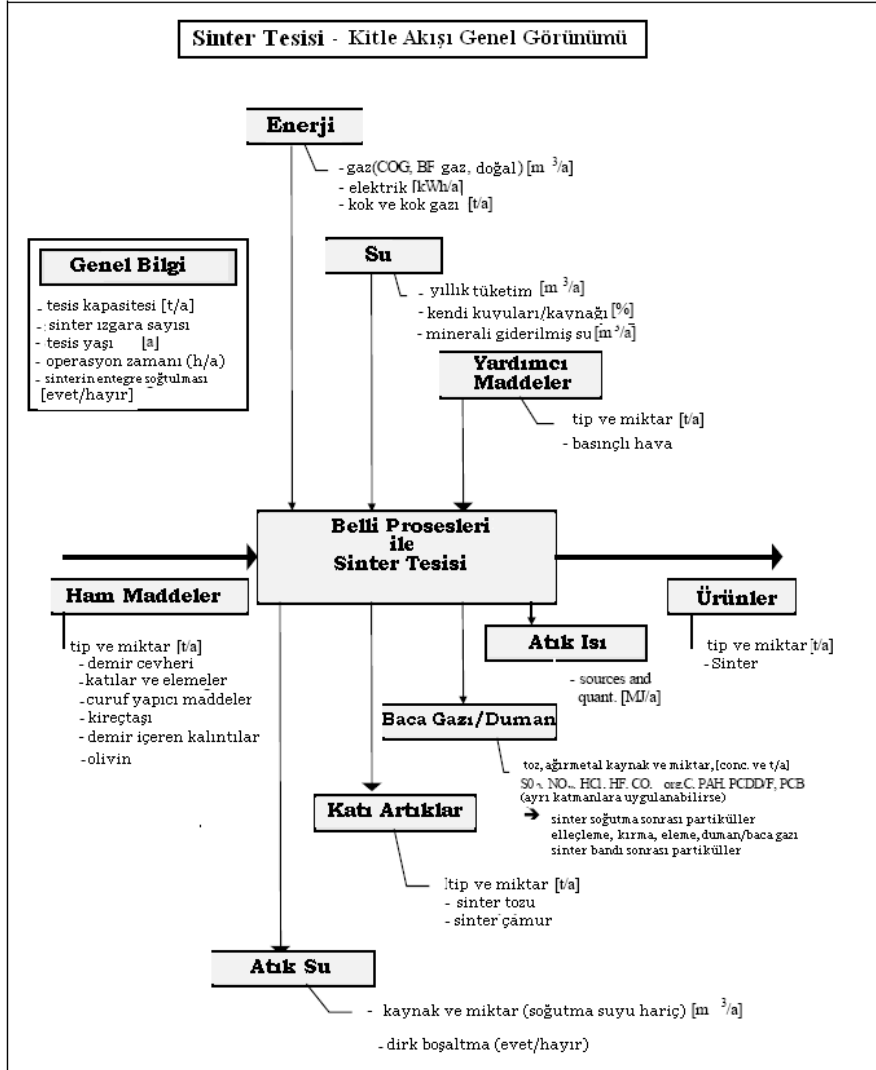
Soğutma bandı entegre olmadığında, sinterlenen malzeme banttın söküldükten sonra bir soğutma işlemine tabi tutulur. Soğutucu, 1 m kalınlıktan daha fazla bir katmana sinter yerleştirildiğinde çap olarak bazen 20–30 m tipik şekilde bir dönüş yapısındadır. Sinter, katmandan geçerek yukarı doğru güçlenen hava ile soğutulur. Sinter soğutma gaz akışı yüksektir ve kullanılan sistemin cinsi ve yaşına bağlıdır. Spesifik akış 100.000 ve 1.000.000 Nm³/saat arasında akış oranlarına yol gösteren 1500 ve 2500 Nm³/t sinter arasındadır. Ara sıra sinter soğutma atık gaz da hassas ısı, bir atık ısı kazanında, sinter ızgara ateşleme başlığında ve yeşil beslemeli ön ısıtma için kullanılır. Soğutucunun diğer dizaynları da bilinmektedir.

Soğutulan sinter, sinter prosesine (“geri dönen tozlar olarak” 0–5 mm, “fırın katmanı olarak” 10–20 mm) sinter prosesine geri döndürülecek olan (4–10 mm ve 20–50 mm) ve yüksek fırında kullanılacak olanlar olmak üzere eleklerle transfer edilir.

4.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri

4.2.1 Kütle akışına genel bakış ve giriş/çıkış verileri

Şekil 4.4 bir sinter tesisinin giriş ve çıkış kütle akışlarının bir genel görünümünü gösterir. Bu genel görünüm sinter tesislerinden verilerin toplanması için kullanılabilir.



Şekil 4.4: Bir sinter tesisinin kütle akışına genel bakış

Kütle akışının genel görünümü hem spesifik giriş faktörleri hem de spesifik emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanabilir. Tablo 4.1 beş farklı AB Üye devletinin sinter tesislerinden alınmış, modern tesislere örnek olarak gösterilebilecek verilerdir.

Emisyon faktörleri, çeşitli üretim kademelerinden emisyonların eklenmesini basitleştirmek amacıyla sıvı çeliğin beher tonunu belirtir.

Giriş			Cıkış		
Ham maddeler			Üretim		
Demir cevheri	kg/t sinter	680-850*1	sinter	kg/t	1000.0
Diğer demir	kg/t sinter	37- 125	Gaz		
kirec	kg/t sinter	0.5-14	toz	g/tLS ⁴	170-280* ⁵
Kirec taşı	kg/t sinter	105- 190	Cd	g/tLS	0.002 - 0.04 ^b
katkılar	kg/t sinter	26-42	Ci	g/tLS	0.005-0.05 ⁶
YF tozu	kg/t sinter	11-27	Cu		0.007-
Geri dönüşüm	kgA sinter	42-113	H ₂	mg/tLS	16-149* ¹³
Elemenden sonra ara	kg/t sinter	230 - 375	Mn	g/tLS	0.02 - 0.4 ⁶
			Ni	g/tLS	0.002 - 0.04 ⁶
			Pb	g/tLS	0.04 - 7 ⁶
			Tl	g/tLS	0.005-0.03 ⁶

enerji			V	g/tLS	0.005 - 0.02
COG/YF gaz/doğal	MJ/t	57 - 2(X) ²	Zn	g/tLS	0.002-1.8 ⁶
kok	MJ/t	1260-	HC1	g/tLS	17-65
elektrik	MJ/t	96-114	HF	g/tLS	1.4-3.5
			NO _x	g/t LS	440-710
			SO ₂	g/tLS	900-1850
			CO	kg/tLS	13-43
Basınçlı hava	Nm ³ /t	1.2-3	co ₂	kg/tLS	205-240 ⁷
			voc ⁸	gALS	150 ⁸
			PAH ⁹	mg/t LS	115-915
			PCDD/F	Mg H	0.5-6.5
su	m ³ /t sinter	0.01 -0.35	PCB ¹⁰	mgALS	1-13
			Atıklar/yarımamuller		
			tozlar*11	kg/tLS	0.9-15
			camur*12	kg/tLS	0.3
Legend:			Atık su*12	mVt LS	0.06

*1 daha düşük demir içeriği ile cevherin tarafımızdaki durumu 1065 kg/t sinter' e kadar

*2 tüketim ateşleme tesisinin verimliliğine bağlıdır

*3 28650 kJ/kg kok tozu ile: 44-48 kok tozu/t sinter

*4 kullanılan değiştirilen faktörler (tüm Avrupa' ya ait yüksek fırınlar ve bazik oksijen çelik işletmelerinin ağırlıklı ortalaması):1160 kg sinter/t pik demir:940 kg pik demir/t LS

*5 ESP için verilen değerler; siklonlar halinde:560-740 g toz/t LS;ESP+torba filitreler durumunda;bant dan itibaren (Avrupa' da ki bir tesiste)10-30 g toz/t LS; ince kazıyıcı durumunda:<110 g toz/t LS (Avrupa da ki iki tesis)

*6 uygun torba filitreler ile ESP veya Esp den sonra bir sönüm ve ince kazıyıcı sisteminin uygulanması halinde daha düşük değer

*7 FeO ve CO₂ ye ayrıışan demir cevheri ihtiva ederek demir(II) karbonatın kullanılması halinde 425 kg CO₂/t LS' e kadar değerler

*8 sadece bir tesisten veriler;VOC sürekli olarak bir alev iyonlaştırma dedektörü ile ölçülmüştür (1 ölçme devresi)

*9 EPA 16' nin toplamı, 2100Nm³/t sinter ile Borneff 6 (EPA 16= Borneff 6x4) den hesap edilmiştir.

*10 tüm PCB' nin toplamı, sadece iki tesisten mevcut olan veriler 2100 m³ baca gazı/t sinter ile ve (UN-ECE, 1997 E göre faktör 5)(\sum_3 PCB 28+52+101+153+138+180)x5) den hesaplanmıştır

*11 tozun bir kısmı toprağa dökülürse (elektro statik çöktürücünün en son alanından alınan toz)

*12 ince kazıyıcı bir sistem uygulanırsa

*13 Hg ilgili miktarlarda demir cevheri içerdiğinde daha yüksek değer

Tablo 4.1: Dört farklı AB Üye Devlette (Avusturya, Belçika, Almanya ve Hollanda) beş sinter tesisinden giriş/çıkış-verileri

Emisyon verileri, sinter tesisindeki gerekli emisyon azaltıcı önlemler (banttan, sinter soğutma, binanın atmosferinin tozsuzlaştırmasından itibaren baca gazı) alındıktan sonra yapılan ölçümlere aittir. Numune alma ve analiz metotları, zaman aralıkları, tüketim metotları ve referanslara ilişkin bilgiler elimizde mevcut değildir.

Tablo 4.2, bir sinter tesisi prosesi için atmosferik emisyon faktörlerini (azaltılmasından sonra) göstererek Tablo 4.1 ile birbirini tamamlar. Bu tablo, AB'ne üye ülkelerdeki sinter tesislerinden kaynaklanan baca gazındaki SO₂, NO_x, CO ve VOC içeriklerini verir. En fazla toz çıkışı, sinter boşaltma bölgesi ve soğutma bölgelerinden çıkar. Emisyon düşürme tekniklerinin buralarda yetersiz oluşundan kaynaklanır. (EC Study, 1996).

	Toz g/tLS	HF g/tLS	HCl g/tLS	so ₂ g/tLS	NO _x g/t LS	CO g/tLS	co ₂ kg/t LS	voc gC/tLS	PAH mg/t	PCDD/F µg/tLS ^{*3}	PCB mg/t LS
Sinter tesisi											
- kırma/harmanlama	■ 5 ¹	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
- sinter bandı* ⁴ alan (verilerin sayısı)	100-480 ⁶ (23)	0.4-57(18)	23-95(9)	490-3000(22)	75-1600(26)	7600-42500(24)	n'a	50-150 "7) 100-26	n/a	1 - 10 ^{*J}	n a
- tahliye bölgesi* ⁴	10 - 270**	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
- sinter soğutma	40 - 450 ⁸	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
- bina atmosferi	•V	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Beş sinter tesisinden veriler* ¹⁰	Sinter tesisinin giriş/çıkışı için tablo 4.1' e bakınız										

LS= sıvı çelik (ham çelik); x±s=vasıta değeri ve standart sapma (yeterli veriler mevcutsa sadece hesaplanır);

n.r.=ilgili olmayan; n/a=mevcut değil

*1 kullanılan dönüşüm faktörleri (tüm Avrupa' ya ait yüksek fırınlar ve bazik oksijen çelik işletmelerinin ağırlıklı ortalaması): 1160 kg sinter/t pik demir;940 kg pik demir/t LS; ağır metaller için emisyon faktörleri "sinter tesisinin giriş/çıkışı" tablosunda verilmiştir

*2 EPA 16' nın toplamı, 2100 Nm³ baca gazı/t sinter ile Borneff 6 (EPA 16= Borneff 6x4) den hesap edilmiştir.

*3 (µg I-TEQ/t LS) olarak, (LAI, 1995; Theobad 1, 1995; UN-ECE, 1997; LUA NRW, 1997) den itibaren veriler

*4 (EC Study,1996) dan itibaren veriler

*5 (EC Study,1996) dan itibaren veriler, ancak % 10 en düşük ve en yüksek sayılar olmaksızın ve emisyonların önemi daha yüksek olan azaltma tekniği olarak siklonları dikkate almaksızın (faktör 4-2)

*6 2100 m³ baca gazı/sinter ile (EC sinter/YF, 1995) den itibaren hesaplanmış ve sinter tesisinden itibaren mevcut veriler ile tasdik edilmiştir

*7 sadece bir şantiyeden alınan veriler; çok sık baca gazı bina atmosferinin tozsuzlaştırılmasından ve sinter soğutmadan baca gazı gibi diğer akışlarla birlikte işlenir.

*8 2000 m³ baca gazı/t sinter ile (EC Sinter/YF, 1995) den itibaren hesaplanmış ve sinter tesisinden alınan mevcut veriler ile onaylanmıştır; siklonlar ile baca gazı işlemi, daha düşük torba filitrelere (40-110 g/t LS) ile 100 ve 450 g/t LS arasında emisyonlara yol gösterir

*9 bina atmosferinin tozsuzlaştırılmasından alına baca gazı çok sık sinter soğutma ve/veya tahliye bölgesi/eleme gibi diğer işlemlerden alınan baca gazı ile birlikte işleme tabi tutulur

*10 "Sinter tesislerinin giriş/çıkışı" 4.1 tablo da verilen tüm emisyon kaynakları dahil 15 AB' de 5 sinter tesisinden alınan emisyon faktörleri

*11 (Dropsch, 1997) e göre bir Alman sinter tesisinden (11 ölçüm) alınan ilave veriler

Tablo 4.2: Sinter tesislerinin her biri için havaya verilen emisyonlar için emisyon faktörleri

4.2.2 Tek emisyon kaynağı kütle akışına ait bilgiler

Önceden belirtildiği üzere, sinter tesisinden özellikle banttardan alınan gazlı emisyonlar yüksek çevresel öneme sahiptir. Emisyonların azaltılması teknikleri uygulandığında diğer etkiler oluşabilir.

Enerji kullanımı, havaya ve suya verilen emisyonlarla ilgili detaylı bilgi, aşağıda verilmiştir:

4.2.2.1 Havaya verilen emisyonlar hakkında detaylı bilgi

- Sinter hammadde besleme stoğu ve mamulünün maniplasyonu, kırma, eleme ve taşıma bandından çıkan toz emisyonları;
- Sinter bandından emilen atık gaz emisyonları;
- Sinter soğutmadan çıkan toz emisyonları;

4.2.2.2 Suya verilen emisyonlar hakkında bilgi

- Atık gaz arıtımından çıkan atık su (opsiyonel)
- Soğutma ve yıkama suyu

4.2.2.3 Katı atıklar hakkında bilgi

- Atık gaz arıtma işleminden çıkan katı atıklar (opsiyonel)

4.2.2.4 Enerji kullanımı ile ilgili bilgi

- Enerji tüketimi

4.2.2.1 Havaya Verilen Emisyon Hakkında Detaylı Bilgi

4.2.2.1.1 Sinter hammadde besleme stoklama, kırma eleme ve taşıma sırasında çıkan toz emisyonları

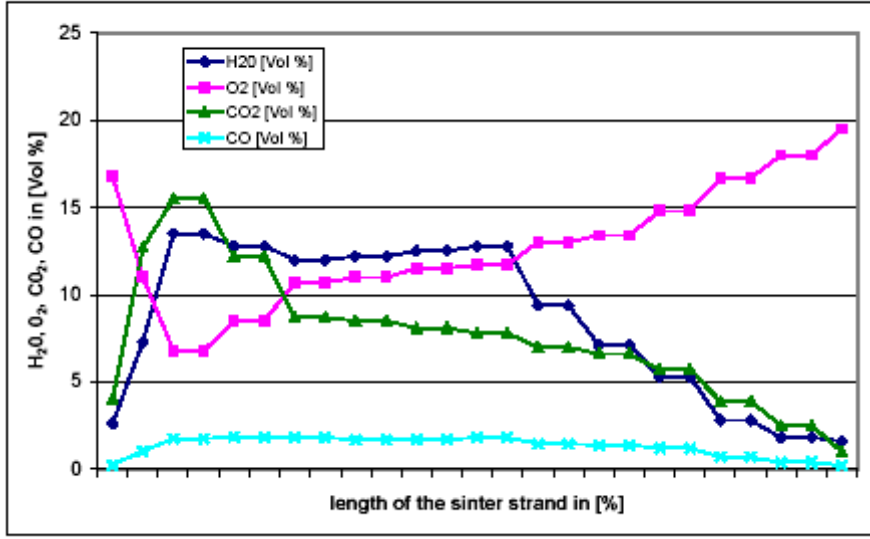
Sinter hammadde depolama ve maniplasyonu, kırma eleme ve taşınması sırasında toz emisyonu oluşur.

Bu toz emisyonları, uygun toz tutma sistemleriyle kontrol altına alınır.

4.2.2.1.2 Sinter bandından yayılan atık gaz emisyonları

4.2.2.1.2.1 Genel

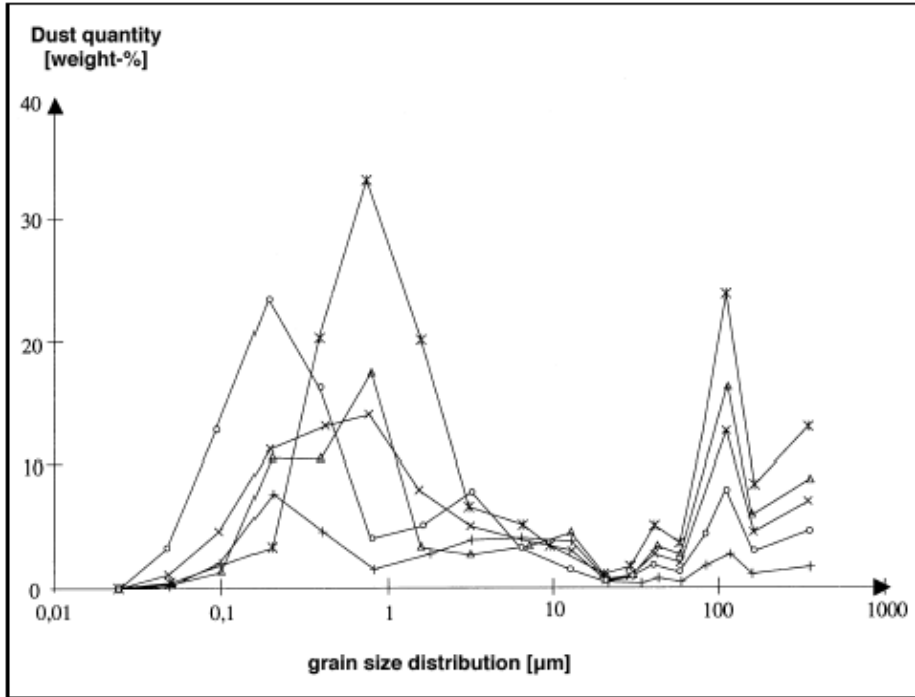
4.1.3'de bahsedildiği gibi, atık gazın spesifik akış miktarı nispeten yüksektir (1500-2500 m³/t sinter). Tablo 4.2 bir bütün olarak sinter bandından çıkan karışık atık gazı ilgilendiren bilgileri göstermektedir. Ayrı hava kanallarından emilen atık gazların kompozisyonunun hayli farklı olmasına rağmen, belirli karakteristik özellikler gösterir. Şekil 4.5, sinter bandı atık gazında bulunan CO₂, CO, O₂ ve H₂O'nun içeriğini gösterir. Bu parametreler aynı zamanda çeşitli reaksiyon dengelerine de katkı yapar. Sıcaklık ve kurşun, SO₂, NO_x, PCDD/F içeriği (bakınız Şek. 4.8 ve 4.1.4) için karakteristik eğriler de mevcuttur ve diğer kirleticiler için de bulunabilir. Şu anda CO, CO₂, H₂O, O₂, NO_x ve SO₂ gibi bazı parametreler, uygun modellerle hesaplanabilir. [Neuschütz, 1996].



Şekil 4.5, Sinter bandı atık gazının içindeki (hava kanalları) CO₂, CO, O₂ ve H₂O'ya [Neuschütz, 1996] dayandırılarak hazırlanmış tipik emisyon profilleri

4.2.2.1.2.2 Toz

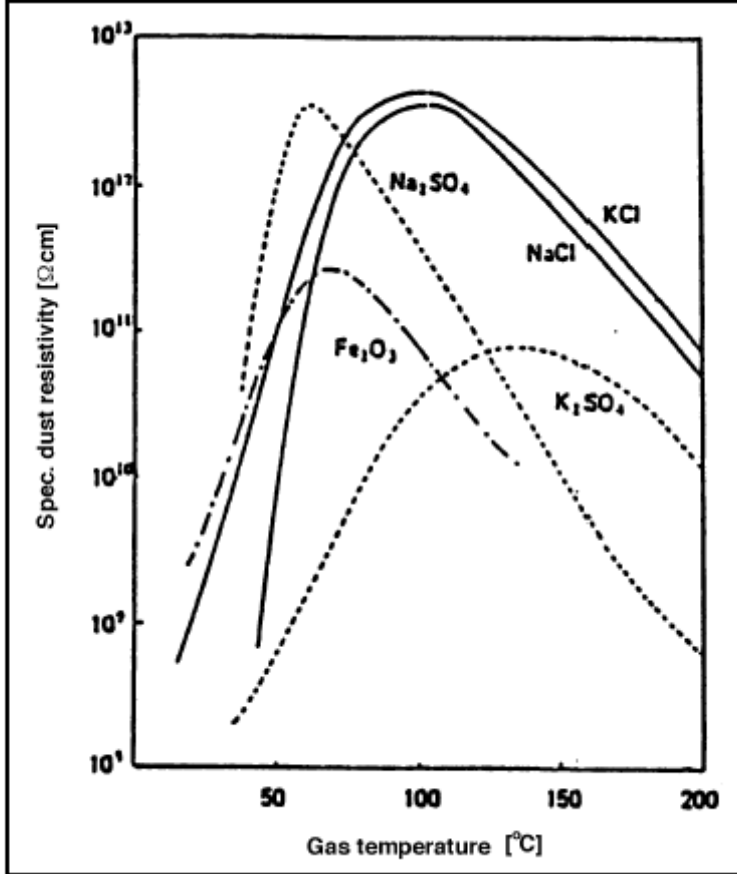
Sinter bandında toplanan tozların (tozsuzlaştırma sisteminden geçirilmeden önce) parçacık dağılımı analizine bakıldığında iki farklı yapıda toz tipi olduğu görülür. Birincisi ebatları 100 µm civarında olanlar, diğeri ise 0.1-1 µm arasında değişenlerdir (Şekil 4.6). Bu "iki bileşenli toz karışımı"nın karakteristiği, iki toz oluşturan prosesin varlığı ile açıklanabilir.



Şekil 4.6: Çeşitli sinter demetlerinden alınmış tozun parça büyüklüğü ve ağırlık dağılımı. (Bothe, 1993)

Büyük tozlar, bandın başlangıcında sinter beslemesi sırasında, alt tabakadan ve bütün suyun uzaklaştırıldığı sinterleme bölgesinden gelir. Büyük tozların kompozisyonu sinter beslemesi ile ilgilidir ve yüksek etkinlikte elektrostatik çöktürücülerde (ESPlar) ayrılabilirler. Bununla

birlikte küçük tozlar ise, sinterleme prosesi süresince oluşan alkali ve kurşun klorürleri içerir (Şekil 4.1.3'e bakınız). Alkali klorürler (10^{12} ile 10^{13} Ω cm arasında) yüksek spesifik toz dirençliliğine sahiptir (Şekil 4.7) ve bu nedenle elektrotlar üzerinde yalıtıcı yüzey oluştururlar. Bu yüzey, çöktürücülerin etkinliğini düşürdüklerinden, toz uzaklaştırılması için ciddi problemlere neden olurlar [Bothe, 1993; Gebert,1995]. [Bothe, 1993]'e göre alkali klorürler sadece ortalama % 60 etkinlikle uzaklaştırılabilirler. Bu işlenmiş toz, iyi dizayn edilmiş ve işleyen konvansiyonel elektrostatik çöktürücülerin bile, normalde salınan toz konsantrasyonunu $100-150 \text{ mg/m}^3$ 'ün altına düşüremedikleri anlamına gelmektedir.



Şekil 4.7: Demir oksit - alkali klorürler ve sülfatların spesifik toz dirençliliği- [Reiche, 1990]

Kurşun klorürler, diğer alkali klorürlerle aynı yapıya sahiptirler. Dolayısıyla Sinter bandında yüksek kurşun emisyonları oluşur. (Tablo 4.1'e bakınız).

Salınan ince tozlar ortam toz kalitesini belirler ve Konsey Yönergesi'nde 96/62/EC [EC Air, 1996] bu değerler için (PM 10) sınırlama getirilir (EC LV,1998). Bu da sinter tesislerinden yayılan toz emisyonlarına yönelik tartışmaları etkileyebilir.

4.2.2.1.2.3 Ağır Metaller

Sinter tesislerinden ağır metal emisyonları, özellikle kurşun için (Şekil 1.8'e bakınız) yüksek derecede anlamlı olabilir.

Kurşun

Sinterleme prosesi süresince kurşun PbO-PbCl_2 , PbCl_2 ve muhtemelen ayrıca PbCl_2 formlarında bulunur. Bu kurşun bileşikleri nispeten uçucudur ve gaz fazına geçerler [Matzke, 1987]. Özellikleri (uçuculuk, parça boyutlarında artık artış gözlenmemektedir, çok iyi saflıkta PbCl_2 kristalleri) işlenmemiş atık gazda nispeten yüksek konsantrasyonlara ($2100 \text{ Nm}^3/\text{t}$)

sinter,150g Pb/t sinter ile 70 mg pb/ Nm³e kadar) neden olur. İyi-dizayn edilmiş yaygın ESP'nin uzaklaştırma etkinliği çok küçük partiküller için yüksek değildir. Bu nedenle g Pb/t sinter dağılımında kurşunun önemli emisyonları gerçekleşebilir (Tablo 4.1'e bakınız). ESP'den sonra [UA-OÖ, 1998], gazın yüksek-verimlilikte ıslak yıkayıcılardan geçirilmesiyle emisyonlar minimize edilmiş olsa dahi yaprakta olan birikimlere bakarak, sinter tesislerinin çevre havasına yapmış olduğu etki diğer tesislerin yaptığı etkiden oldukça fazladır.

Kurşun klorür oluşumunda en önemli faktör, sinter beslemesinde (normalde 40-100 g Pb/t sinter besleme), kurşunun konsantrasyonu değil, klorür konsantrasyonudur (normalde 200-700 g Cl/t sinter besleme) [Matzke, 1987]. Klorür konsantrasyonu için bildirilen 10 kat kadar düşük klorür içeriği [BS PCDD/F, 1998], daha düşük kurşun emisyonları ile korelasyon gösterebilir.

Sinter bandındaki kurşun bileşiklerinin emisyon profili, kurşunun sinterleşme prosesinin üçte iki zamanında uçucu hale geldiğini göstermektedir [Matzke,1987].

Avrupa'daki birçok sinter tesisi kapalı filtre-toz döngüleri kullanarak çalışmaktadır. Bu ESP'den çöken tüm filtre tozunun, işleme yeniden dönüşüm yaptığı anlamına gelir. Kısmi açık filtre-toz döngülerine kıyasla (temelde alkali ve metal klorürlerinden oluşan, ESP'nin son alanından filtre tozu, arazi doldurmasında kullanılır), kapalı döngü tesisleri daha yüksek alkali ve metal klorür emisyonlarına sahiptir [Matzke, 1987]. Bu önemli etkinin (çapraz-ortam) tam doğru miktarını ölçmek çok mümkün olmamıştır.

Sinter beslemenin florür içeriğine bağlı olarak, kurşun florürler de oluşabilir. Bunlar çok daha uçucudurlar ve tüm kurşun emisyonuna katkı sağlar.

Civa

Civa, sinterleme prosesi boyunca gaz fazına doğrudan geçer. Emisyon düzeyleri sinter beslemesinin civa içeriğine bağlıdır fakat, normalde çok düşüktür. Eğer demir cevherinde civa varsa sinter emisyonlarında da oldukça fazla civa emisyonu çıkacaktır. İyi dizayn edilmiş ve çalıştırılan ESP ve ıslak tip baca gazı yıkama sistemiyle emisyon seviyesi 15-54 µg Hg/Nm³ veya 38-136 mg Hg/ton sinter seviyelerine düşürüldüğü görülmüştür. (Linz,1996). Bu değerler 1994 yılında tespit edilmiştir. Bu tekniklerin kullanımıyla çevreye olan etkiler azaltılmış olur (örneğin, ağaç yaprakları üzerindeki birikimler azalır). Ancak yapılan araştırmalarda ortam havasındaki civa konsantrasyonu 0,18-0,19 ng/Hg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu da tavsiye edilen Standardların çok altındadır.

Çinko

Sinter beslemede çinko içeriği normalde 70-200 gZn/t sinter beslemesi aralığındadır. [Matzke,1987]. Yakma/ kavurma / oksidasyon bölgesinde yüksek sıcaklıklarda (Şekil 4.3'e bakınız), çinko buharlaşır fakat aynı zamanda, ya sinterde kalan [Mazke, 1987] ya da yüksek etkinlikle iyi dizayn edilmiş ve çalıştırılan ESP kullanarak uzaklaştırılabilen, çinko ferrit oluşturmak üzere reaksiyona girer. Sinterleme prosesi süresince çoğunlukla karışımın kok kısmı tarafından etkilenen sıcaklığın, çinkonun sıvılaşmasında anlamlı etkisi olabilir. İşlenmemiş gazda, çinko 50 mg Zn/Nm³veya 100 g Zn/t sinter kadar yüksek düzeylerde bulunabilir [Bothe, 1993]. Arıtılmış atık gaz, çevre açısından anlamlı olabilecek 1.65 g Zn/t kadar sinter içerebilir (Tablo 4.1'e bakınız).

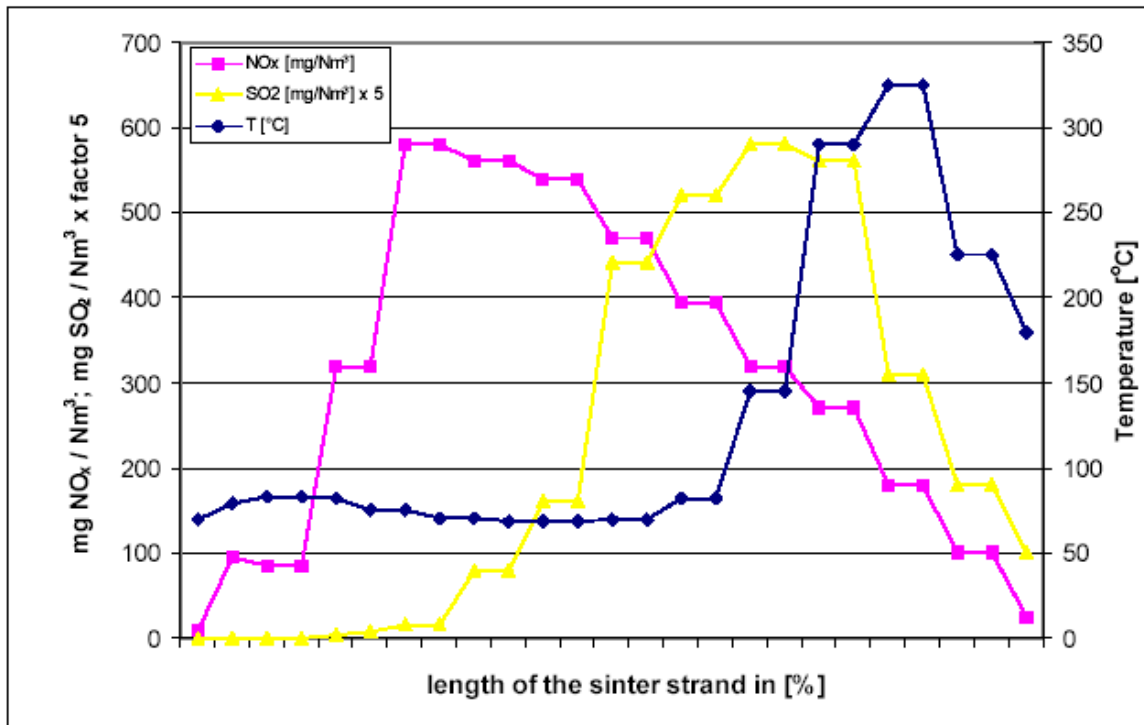
4.2.2.1.2.4 Alkali klorürler

Sinter beslemesinin alkali içeriği normalde 600-1000 g K₂O/t sinter besleme ile 250-500 g Na₂O/t sinter besleme arasında değişir [Matzke, 1987]. Cevherin kalitesine bağlı olarak bazı durumlarda 3000 g K₂O/t sinter beslemesine kadar değerler belirtilmiştir. Sinterleme prosesi

süresince alkali klorürlerin oluşumu ve ESP uzaklaştırma etkinliğinde ters etkisi, yukarıda açıklanmıştır (bakınız “toz bölümüne”)

4.2.2.1.2.5 Kükürt Oksitler (SO_x)

Atık gazdaki kükürt oksitler (başlıca SO₂), sinter beslemesinde kükürt bileşiklerin yanmasından oluşur. Bu kükürt bileşikleri aslında kok, kül ve sönmüş kömür parçaları yoluyla ortaya çıkmaktadır. Demir cevherinden katkı normalde on kat kadar daha azdır. Toplam kükürt girişi 0.28-0.81 kg/t sinter arasında değişir [InfoMil, 1997]. SO₂ için emisyon konsantrasyonları normalde 400-1000 mg SO₂/ Nm³ veya 800-2000g SO₂/t sinter'dir (Tablo 4.1) [Bothe, 1993]. Bu değerler bütün olarak, sinter işlemler zincirinden ortalama atık gaz konsantrasyonlarını temsil eder. Bununla birlikte, sinter işlemler zinciriyle birlikte emisyon profilleri, ayrı hava kanallarındaki SO₂ konsantrasyonlarında dikkate değer değişikliklerle, açıkça değişiklik gösterir (Şekil 4.8).

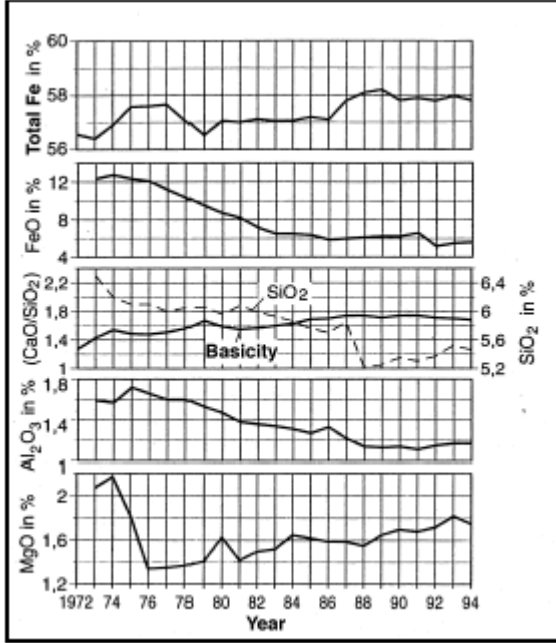


Şekil 4.8: Atık gazda SO₂ ve NO_x'in tipik emisyon profili (ayrı hava kanallarında) ve sinter işlemler zinciri yanında sıcaklık eğrisi- [Neuschütz, 1996]'

Prosesin başında, SO₂ içeriği düşüktür. Sinter yatağının alt yüzeylerinde yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında, emisyonlar göze çarpacak şekilde artar. En yüksek konsantrasyonlar, sinter soğutma başlamadan önce sinterleşmenin sonunda oluşur. Bu emisyon profili, atık gazın sadece bir kısmının arıtılmasına olanak sağlar.

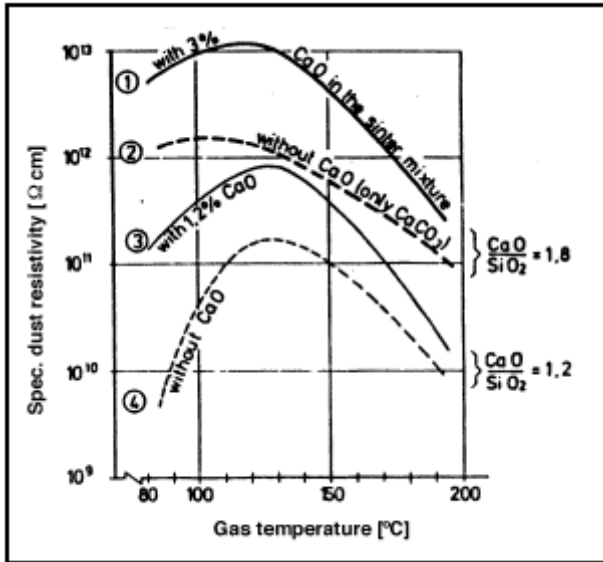
Yukarıda bahsedilen SO₂ emisyonlarına, düşük kükürt içerikli ham maddeler kullanılarak ve, yakıt tüketimini minimize ederek ulaşılabilir. Seksenlerin başlarında ortalama 80 kg kok tozu/ton sinter girişi yaygınken, şu anki tüketim 38-55 kg/t sinterdir [Lüngen, 1991]. Hammaddenin dışında, baca gazında SO₂ miktarını etkileyen diğer faktörler mevcuttur. Bunlardan biri, sinterde bulunması gerekli kükürt konsantrasyonudur. Bu da sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır. 1'e kadar bazikliklerde, kükürtün % 90'ından fazlası uçar. Yüzdeler, 1.5'in üzerindeki bazikliklerde düşer [Bothe,1993]. Bazikliğin 2 olduğu durumlarda, kükürtün % 80-90'ı salınmaktadır. Almanya'da, kendiliğinden değişim yüküne ulaşmak amacıyla, yetmişlerden beri sinterin bazikliği ortalama 1.7'ye çıkarılmıştır ve bu bir bütün olarak Avrupa için tipik örnektir. Bu durum azaltılan SO₂ emisyonlarına sadece çok az

katkıda bulunmuştur. Dahası, yüksek-baziklikteki sinter tarafından kükürtün alınımı, alkali olarak $MgCO_3$ değil de, $CaCO_3$ alkali olarak kullanıldığında mümkündür [Bothe, 1993].



Şekil 4.9: Almanya'da ortalama sinter kompozisyonu- [Stahl, 1995]

$CaCO_3$ 'ün SO_2 emisyonu üzerinde olumlu etkisi olmasına rağmen toz spesifik direnci baziklikten dolayı artacağı için ESP'nin toz tutma verimliliğini düşürür. (Şekil 4.10).

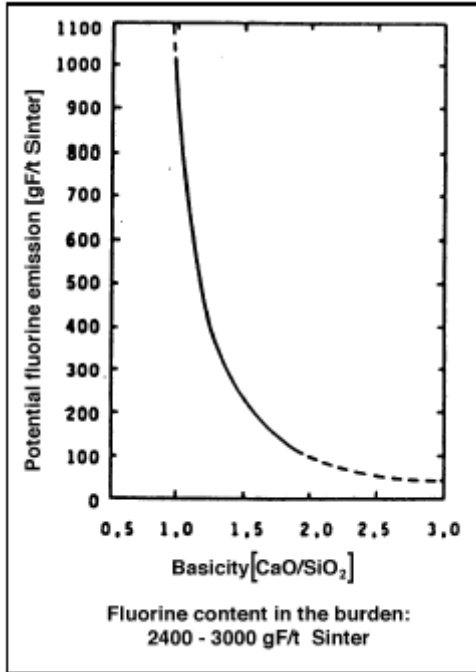


Şekil 4.10: Sinter bazikliğinin (CaO/SiO_2) spes. toz direncini etkilemesi –[Bothe, 1993]

Kok tozu ve kok tozu parça boyut dağılımının SO_2 emisyonları üzerinde anlamlı bir etkisi vardır. Normal parça boyutları (<3mm) yerine, daha iri kok tozu kullanımı (5mm- 6mm), SO_2 emisyonlarını nispeten azaltabilir. Örnek olarak parça çapı 1mm olan kok tozu kullanımı ile SO_2 emisyonu $800 \text{ mg } SO_2/Nm^3$ olurken, parça çapı 6 mm olan kok tozu kullanımıyla SO_2 emisyonununun $500 \text{ mg } SO_2/Nm^3$ e düştüğü belirtilmiştir (Beer, 1991).

4.2.2.1.2.6 Florürler

Temelde florür emisyonları cevherin florür içeriği ve sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır. Fosforca zengin cevherler, anlamlı düzeyde florür içerir (1900-2400ppm). Avrupa’da bu tip cevherler özellikle İsveç’den ithal edilmektedir (Kiruna D, Graengesberg)(Bothe, 1993). Florür emisyonları en çok sinter beslemesinin bazikliğine bağlıdır (Şekil 4.11). Son yirmi yılda sinter beslemesinin bazikliğinin artması (Bakınız Şekil 4.9), florür emisyonlarının anlamlı derecede düşmesine yol açmıştır. Yukarıda belirtildiği üzere, yüksek baziklikte sinter beslemesinin bir dezavantajı, daha yüksek spesifik toz direncine sahip, toz oluşumudur (Şekil 4.10’a bakınız). Tablo 4.1’e göre florür emisyonları 1.3-3.2 g F/t sinter veya (2100 Nm³/t sinter ile) 0.66-1.5 mg F/Nm³’dür.



Şekil 4.11: Florür emisyonu ile sinter-besleme bazikliği arasındaki ilişki- [Bothe, 1993]

4.2.2.1.2.7 Azot oksitler (NO_x)

Sinter yatağında alev yüzündeki sıcaklıklar, doğal olarak NO_x oluşumuna neden olur. Bu NO_x üç şekilde oluşabilir: Sinter beslemesinde organik azot bileşiklerin yanması ile (“yakıt- NO_x”); yanma bölgesinde çürüyen bileşiklerin moleküler azot (N₂) ile reaksiyonu ile (“tam NO_x”); ve yanan havada moleküler oksijenin (O₂), moleküler azot (N₂) ile reaksiyonu ile (“termal- NO_x”). Yakıt NO_x toplamın yaklaşık % 80’ini temsil ettiğinden en önemlisi olabilir fakat, termal NO_x %60-70 düzeyinde egemen olabilir [InfoMil, 1997]. Tablo 4.1’de 200-310 mg NO_x/ Nm³’ün konsantrasyonu (2100 Nm³/t sinter ile) anlamına gelen, 400-650g NO_x/t sinterin emisyon faktörleri bahsedilmiştir. Temel olarak yakıtlardaki azot içeriği ile ilgili olarak, 700 mg NO_x/ Nm³’e kadar emisyon konsantrasyonları belirtilmiştir [Bothe, 1993].

Her bir hava kanalındaki NO_x konsantrasyonları incelendiğinde sinter bandı boyunca NO_x konsantrasyonunun eşit şekilde dağılmadığı görülebilir. Bununla birlikte, SO₂’ye kıyasla, farklar o kadar anlamlı değildir.(Şekil 4.8).

4.2.2.1.2.8 Hidrokarbonlar

Hidrokarbon emisyonları, temelde karbon ürünü veren işlenmemiş maddelerin tamamlanmamış yanması ve pirolizden (ısıl bozunma) oluşan ürünlerden kaynaklanır. Geri dönüştürülmüş atıklar, örneğin haddehanelerden gelen yağlı tufal (%10’a kadar yağ içeren [Gebert,1995]), sinter işlemler zincirinde ana hidrokarbon kaynağıdır [Gebert, 1995;Pütz,

1996]. Çoğu entegre çelik fabrikası, ESP ile operasyonel problemlerden (tortu oluşumu, ateş sıcaklığı) kaçınmak ve emisyonu minimize etmek amacıyla, sinter işlemler zincirine geri dönüşüm yapılan yağ içeriği (bazısı < % 0.1, bazısı < %0.5 ve bazısı < %1) için iç (internal) standartlar getirmişlerdir.

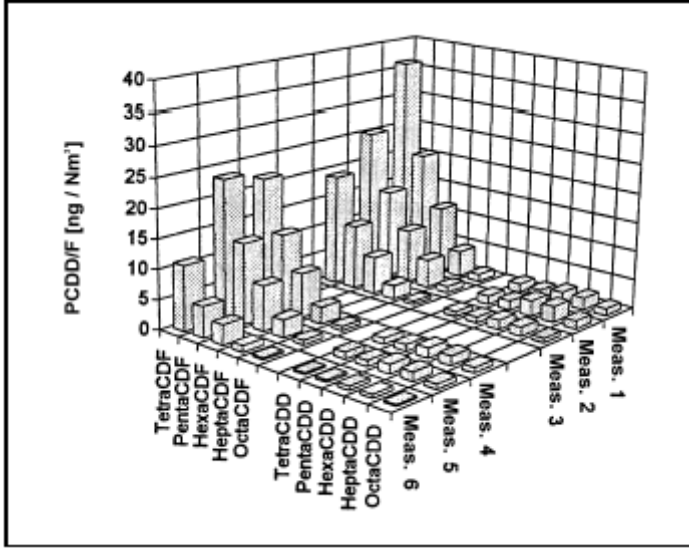
Hidrokarbon emisyonları, oksidasyon/yakıp kül etme bölgesinin en alttaki sinter yatak tabakasına ulaşmasından önce, buharlaşmanın bir sonucudur (Şekil4.3'e bakınız). Bu emisyonlar, metan, alifatik bileşikler, fenoller, olefinler ve aromatikleri içerirler (Gebert,1995; Bothe, 1993). Alev iyonlaştırıcı dedektörlerce belirlenen, bildirilmiş emisyon konsantrasyonları 49-109mg C/Nm³ (11 ölçüm, $x \pm s$: 66 ± 18 mg C/Nm³) [Dropsch, 1997] ve, 20-90mg C/Nm³ (32 ölçüm, $x \pm s$: 51 ± 21 mg C/Nm³) [BS PCDD/F, 1998]. Bu emisyonlar direkt olarak girdiye bağlıdır.

4.2.2.1.2.9 Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve furanlar (PCDD/F)

Sinter tesislerinin önemli bir PCDD/F emisyon kaynağı olabileceği yeni anlaşılmıştır [Broeker, 1993; Lahl, 1994]. Bir defasında, 43 ng I-TEQ/Nm³'e kadar emisyon konsantrasyonları (tekrarlanmış analiz) belirlenmiştir [Broeker, 1993]. Proses optimizasyonu, özellikle girdi kontrolüne bağlı olarak, gerçek emisyon konsantrasyonları normalde 0.5- 5 ng I-TEQ/Nm³ aralığındadır ki, bu da (2100 Nm³/t sinter ile) 1-10 µg I-TEQ/t sinterdir [LAI, 1995; Theobald1, 1995; UN-ECE, 1997; LUA NRW, 1997]. Bu emisyon konsantrasyonları/faktörleri, normalde üç, dört alanlı elektrostatik çöktürücü kullanarak temizlenen gazdaki emisyonu karşılık gelir.

PCDD/F'in emisyonu oluşumu için ayrıntılı bir açıklama yoktur (eşdeğerleri, miktarları ve oluşum mekanizmaları vs.). Aşağıda belirtilen gözlemlerin önemli olduğu düşünülmektedir:

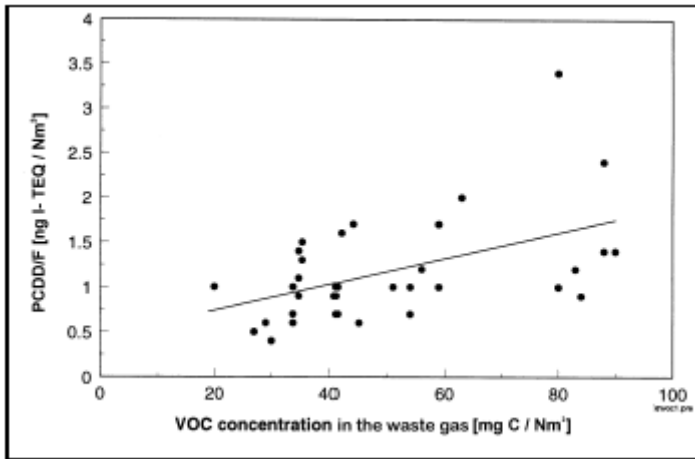
- PCDD/F'e açısından sinter tesisindeki birincil toz tutma tesisi olan ESP ile çok düşük bir uzaklaştırma verimi elde edilir. Bu da, PCDD/F konsantrasyonunda kayda değer bir değişim olmaması gerçeği ile belgelenmiştir;
- PCDD/F'in homolog ve eştürlerinin dağılımı (PCDD/F profili), "termal PCDD/F profili" denen profile benzerdir [Pütz,1996]. Fakat burada PCDF ile kıyaslandığında, daha yüksek yüzdede tetra/penta-CDF, daha fazla göze çarpan homologların dağılımı ile belli belirsiz PCDD belirtilmektedir;
- Bu zamana kadar çalışılan sinter tesislerinin atık gazı, PCDD/F homolog gruplarının kütle konsantrasyonlarının sadece çok küçük dağılımını göstermektedir;
- % 40'dan %60'a, 2,3,4,7,8 - penta-CDF, toksisite eşdeğerlerinin en büyük kısmını temsil eder (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: 6 ölçüm için, sinter tesisinin (tozsuzlaştırma öncesi) işlenmemiş atık gazının tipik homolog grupları- [Pütz,1996]

Yakın zamanda yapılan araştırmalar, de novo sentezi için, PCDD ve PCDF'e oluşumuna götüren iki farklı yolun olduğu görülmüştür. Karbondan, PCDD'nin oluşumu fenil grubunun kondenzasyonu ile gerçekleşir. Örneğin fenolün kondenzasyonu. Ancak tek fenil grubu bu reaksiyonu gerçekleştirmez, reaksiyonun gerçekleşmesi için bifenil yapısında olması gerekir.

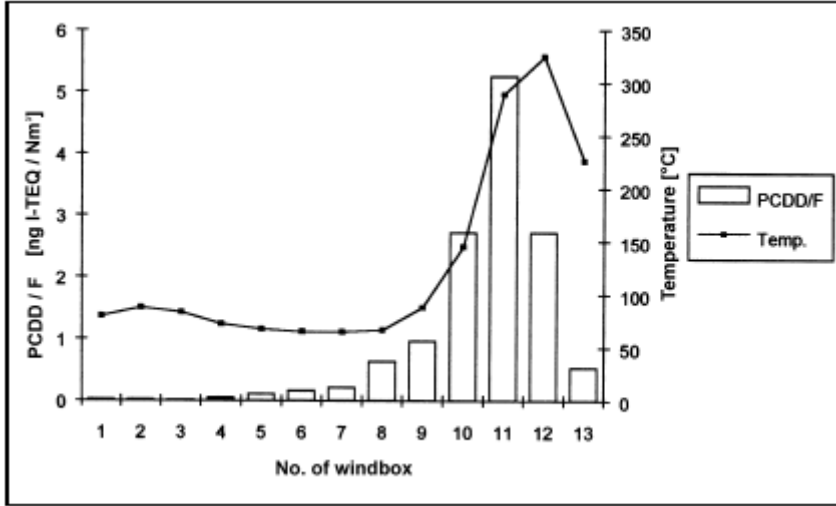
Sinter tesislerindeki atık gazlarda PCDF daha baskındır. Bunun da nedeni PCDF oluşumu için fenil grubunun inorganik klorür grubundan daha az etkili olmasındandır. Karbon ve klorür sinter beslemesinde mevcut olduklarından, PCDD/F oluşumu için sınırlayıcı faktörler olamazlar. Bu düşünce, belirtilen, sinter beslemelerinde uçucu hidrokarbonlarla, atık gazdaki PCDD/F konsantrasyonu arasındaki pozitif korelasyonu desteklemez [Gebert, 1995; Pütz, 1996]. Fakat diğer kaynaklar, sinter beslemesinde veya atık gazda, PCDD/F emisyonu ile (uçucu) hidrokarbon içeriği arasında açık bir korelasyondan söz etmezler (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Sinter tesislerinde atık gazda PCDD/F konsantrasyonu ile VOC konsantrasyonu arasında açık bir korelasyon gözlenmemiştir (korelasyon katsayısı $r=0.25$)-[BS PCDD/F, 1998]

Diğer parametreler için belirtildiği gibi (Şekil 4.5 ve Şekil 4.8'e bakınız), PCDD/F için de sinter işlemler zincirinde (Şekil 4.14) emisyon profilleri mevcuttur. Nem tamamen

buharlaştırıldığında, sıcaklık artar (Şekil 4.5) ve PCDD/F emisyonları ile korele gibi görünür (Şekil 4.14). Bu gözlemlerin bir muhtemel açıklaması da, sinter yatağının üst bölgelerinde PCDD/F'in oluşup, daha soğuk yükün altında yoğunlaşması ve daha ileri reaksiyonlara uğraması ve, yanma bölgesi (Şekil 4.3'e bakınız) yatak boyunca yol aldıkça tekrar-uçucu hale gelmesidir.



Şekil 4.14: Sinter tesisinde atık gazda PCDD/F ve sıcaklık profili [Pütz, 1996]

Bir diğer faktör de, azalan nem içeriği ile klorür tarafına kayan Deacon dengesi olabilir ($2\text{HCl} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$). Bu etkileşimin etkisi tam belirgin değildir.

Farklı PCDD/F profili, atık gazın daha konsantre kısımlarını arıtma ihtimalini teklif etmektedir.

4.2.2.1.2.10 Poliklorlanmış Bifeniller (PCB)

Uzun süreden beri devam ettirilmesine rağmen, termal proseslerde hiçbir de novo sentez prosesi yoktur, aslında yukarıda PCDD/F için açıklanan aynı koşullar altında PCB'nin oluşturulabileceği de gösterilmiştir [Blaha, 1995; Hagenmaier, 1996; Scholz, 1997]. Bununla birlikte, oluşum yol ağı boyunca fenil halkalarının işe karıştığı gözlenmemiştir. Daha ileri bir reaksiyonda, oluşturulan PCB, PCDF vermek üzere halka formuna kapanabilir fakat PCDD yapamaz [Scholz, 1997]. Bu nedenle, PCDF örneğinde olduğu gibi, oluşması için herhangi bir aromatik başlatıcıya gerek yoktur.

PCB aynı zamanda ham maddelerde de olabilir. Kok tozu, sönmüş kömür parçaları ve demir cevherleri için belirtilen PCB konsantrasyonları yaklaşık 1- 1.6 mg/t civarındadır ve bir sinter tesisi için sınırlı hesaplamalar, 850 µg/t cins sinter potansiyel girdisini belirtmiştir [BS PCDD/F, 1998]. Açıkçası, PCB'nin yanma bölgesinde parçalanabileceği hakkında bir olasılık vardır (Şekil 4.3'e bakınız), fakat örneğin, yanma proseslerinin atık yakıp kül etme proseslerindeki kadar yoğun olmadığı hatırlanmalıdır ve, proses havasındaki tüm PCB'lerin yanma bölgelerinde parçalanmayacağı düşünülmektedir.

Dahası, PCB nispeten uçucudur ve, ağır yükler yakma bölgesinin önünde gazlı yanma ürünleri tarafından ısıtıldığından, kontrol edilmekten uzaktır [BS PCDD/F, 1998].

Sinter tesislerinden PCB emisyonunu ilgilendiren veriler, sadece iki tesisten mümkündür (Tablo 4.1'e bakınız). Bunlar için emisyon faktörleri 1-12 mg \sum PCB/t sinter'dir. Bu konsantrasyon düzeyi nispeten yüksektir ve çevreye etkisi olabilir.

4.2.2.1.2.11 Diğer organohalojen bileşikler

PCDD/F ve PCB'nin varlığı, klorobenzen, klorofenol, kloronaftalenler vb. gibi organohalojen bileşiklerin oluşumu için indikatör olarak değerlendirilebilir [Stieglitz, 1997]. Bu nedenle bu bileşikler, sinter tesislerinin atık gazında beklenen bileşiklerdir.

4.2.2.1.2.12 Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)

4.1.3'de bahsedildiği üzere sinter yatağındaki reaksiyonlar karmaşıktır. Yanma prosesi homojen olmayıp tamamlanmamıştır, bunun sonucunda önemli miktarlarda polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHlar) oluşur. PCB için, PAH emisyonları hakkında veriler sadece birkaç sinter tesisi için mevcuttur (Tablo 4.1'e bakınız). 105- 840 mg Σ EPA16/t sinter düzeyindeki emisyon faktörleri, PAH emisyonlarının önemini belirtmektedir.

4.2.2.1.3 Sinter soğutmayla çıkan katı madde emisyonları

Sinterleşme oluştuktan sonra çıkan ürün sinter kırılır, elenir ve soğutulur. Bu işlemlerin toz yayma potansiyeli yüksektir ki bu toz içerik olarak sinterle aynı kompozisyona sahiptir. Soğutma havası atık ısıyı geri kazanılmak üzere sisteme geri beslendiğinde kırma ve eleme sırasında çıkan toz prosese tekrar geri döner.

Hava, sisteme tekrar verilmezse içerisinde bulunan tozlar ESP vasıtasıyla tutulur. Genellikle soğutucudan çıkan gaz ile boşaltma bölgesinde oluşan gazlarla birlikte artılır. Tutulan tozlar ise sinter prosesine geri beslenir.

Sinter soğutma ve boşaltma bölgesindeki toz emisyonları yüksek olmalarına rağmen (40-450 g/t sinter), (sinter bandı üzerindeki tozla aynı seviyede) genellikle tutulmaz. [EC Çalışması, 1996], (Tablo 4.2'ye bakınız). Oysa, tozun kompozisyonu, sinter bandından çıkan tozun içeriğinden farklıdır. (özellikle alkali klorür ve organik mikro kirletici içermemesi nedeniyle).

4.2.2.2 Suya Verilen Deşarjlar

4.2.2.2.1.1 Yıkama suyu

Demir ve çelik üretim tesisleri prosesleri gereği tesis bina ve yapıların üzerinde toz bırakılmasına neden olur. Yüzey suyuna akışı önlemek amacıyla, tercihen kuru teknikler ile bu tozların uzaklaştırılması istenir. Bunun yanında birkaç tesis yıkama suyu temizleme tekniklerini kullanmaktadır. Meydana gelen atık su, askıda katılar içerir (ağır metalleri de içeren) ve tahliye edilmeden önce arıtılır. Örneğin, günde ortalama 11000 ton sinter üretimi olan bir sinter tesisinde, yıkama suyu akışı 460 m³/gün kadardır. Bu atık su, sirküle etmeden önce içerisindeki katı maddeleri çöktürmek için çöktürme sisteminden geçirilir, deşarj edilecekler ise tekrar ikinci bir çöktürme işleminden geçirildikten sonra deşarj edilir. [InfoMil, 1997]. Diğer tesislere ait veri mevcut değildir.

4.2.2.2.1.2 Soğutma suyu

Sinter tesisinde soğutma suyu, sinter makineleri için olduğu kadar, yakma bacası ve vantilatörlerin soğutulması için kullanılır. Yılda 4 Mt çelik üreten bir entegre çelik fabrikasında, sinter tesisi soğutması saatte yaklaşık 600m³ su akışı gerektirir [EC Haskoning, 1993]. Soğutma suyu normalde tamamen geri dönüştürülür.

4.2.2.2.1.3 Gaz arıtımından gelen atık su

Atık gaz arıtmasından elde edilen atık su, sadece ıslak tip temizleme sistemi uygulanırsa oluşur. Çıkan su, askıda katı madde (ağır metaller de dahil olmak üzere), PCDD/F, PCB, PAH, kükürt bileşikleri, florür ve klorür gibi organohalojenleri içerir. Genellikle tahliyeden

önce arıtılır. Böyle bir atık suyun nitelik ve nicelikleri, ilgili tekniğin açıklamasında “diğer etkileri” başlığı altında, daha detaylıca açıklanmıştır (EP.4’e bakınız).

4.2.2.3 Katı Atık Hakkında Bilgi

Normalde, sinter tesisinden çıkan tüm katı atıklar (toz tutucu tozları, eleme işleminden gelen tozlar), sisteme geri dönüştürülür. Bunun yanında iki istisna olabilir: İlki, tesislerin ıslak tip toz tutucularından gelen çamurlar ki bunlar land-fill’e gönderilir. Diğeri ise elektrostatik çöktürücülerin (ESP) son kısmından gelen filtre tozudur. 4.2.2.1.2.3’de bahsedildiği üzere, çoğu Avrupa sinter tesisleri, tamamen kapalı devre çalışan toz sistemleri ile işletilmektedir [Bothe, 1993]. Bunun yanında, bazı tesisler ESP’nin son kısmından gelen işlenmiş tozu hesaba katmaz. Bu toz, temelde alkali ve metal klorürleri içerir. Bu kısmen ESP’nin veya torba filtrelerinin çalışmasını daha verimli hale getirmek, alkali ve metal klorür emisyonlarını azaltmak için yürütülür.

4.2.2.4 Enerji Yönünden Bilgi

European Blast Furnace Committee (Avrupa Yüksek Fırın Komisyonu) tarafından yapılan açıklamada 1996 yılı ortalaması sinter enerji tüketimi 1125 ile 1920 MJ/t sinter arasında değişmekte, ortalama 1480 MJ/t sinter olmaktadır (bu tüketim içerisinde katı yakıtlar, ve ateşleme yakıtı da dahildir). Bunlar, ortalama 52 kg kok tozu eşdeğer/t sinter ile, 39.5- 67 kg kok tozu eşdeğer/t sinter’dir. Toplam elektrik tüketimi, ortalama 105MJ/t sinter ile, 68- 176 MJ/t sinter aralığındadır. Düşük baziklikte sinter (<1.7 CaO/SiO₂) ile yüksek baziklikte sinter (≥1.7 CaO/SiO₂) arasında çok az bir yakıt tüketimi vardır.

Tablo 4.1 bu rakamların karşılık geldiği beş sinter tesisinden verileri göstermektedir. Kok, sinter tesisinin egemen enerji girişi olup (yaklaşık % 85), kalan kısmı da eşit olarak elektrik ve gaz (COG ve/veya BF gazı ve/veya doğal gaz) paylaşmaktadır. Ana enerji çıkışları, atık gaz, su buharı ve sinterleşme için gerekli olan reaksiyon enerjisidir. Genellikle sinter soğutma atık ısının geri kazanımıyla birleştirilebilir.

4.2.2.5 Gürültü Emisyonu Hakkında Bilgi

Sinter tesislerinde egemen olan gürültünün kaynakları aşağıda belirtildiği gibidir:

- Sinter atık gaz fanları
- Sinter soğutma fanları

4.3 BAT’ın belirlenmesinde göz önüne alınacak teknikler

Bu bölüm, sinter tesislerinde çevresel koruma ve enerji tasarrufu için, proses-entegre ve arıtım sonrası tekniklerini inceler. Her teknik için açıklama, ulaşılan temel emisyon düzeyleri, uygulanabilirliği, emisyon denetlemesi, çevresel etkiler, referans tesisler, işletme verileri, ekonomi ve uygulamaya zorlayan güc, ilgili bilginin bulunduğu durumlar için verilmiştir.

4.3.1 Prosesle entegre edilmiş teknikler

Aşağıda belirtilen proses-entegreli tekniklerin sinter tesislerinde kullanıldığı bilinmektedir:

PI.1 PCDD/F emisyonunun minimize edilmesi için proses optimizasyonu

PI.2 Sinter tesisine demir-içeren atığın geri dönüştürülmesi

PI.3 Sinter beslemesinde uçucu hidrokarbonların içeriğinin düşürülmesi

PI.4 Sinter beslemesinin kükürt içeriğinin düşürülmesi

PI.5 Sinterleme ve sinter soğutma’dan ısı eldesi

PI.6 Üst-tabaka-sinterleme

PI.7 Atık gaz yeniden sirküle edilmesi örneğin Emisyon Optimize Sinterleme (EOS)

PI.8 Atık gaz sirkülasyonu

4.3.2 Arıtım sonrası teknikler

Aşağıda belirtilen arıtım sonrası tekniklerin sinter tesislerinde kullanıldığı bilinmektedir:

EP.1 Elektrostatik çöktürücü (ESP)

EP.2 Torbalı filtre sistemi

EP.3 Siklon

EP.4 İnce ıslak tip gaz temizleme sistemi, örneğin Airfine

EP.5 Baca gazı desülfürizasyon sistemi

EP.6 Rejeneratif aktif karbon (RAC)

EP.7 Seçici katalitik indirgeme (SCR)

4.3.1 Proses-entegreli teknikler

PI.1 PCDD/F emisyonlarını minimize etmek için proses optimizasyonları

Tanım: Sinterleme proseslerinde poliklorlanmış dibenzo-p-dioksin ve furanların (PCDD/F) oluşumu hakkında kapsamlı araştırmalar [BS PCDD/F, 1998], PCDD/F'in, muhtemelen sıcak gazların yatak üzerinde ilerlerken alev yüzeyinin biraz ilerisinde, sinter yatağının içinde oluştuğunu göstermiştir (bakınız 4.2.2.1.2.9). Örneğin durağan faz işlemleri gibi, alev yüzü yayılmasının bölünmesinin, daha yüksek PCDD/F emisyonları ile sonuçlandığı da gösterilmiştir. Bu nedenle çözüm, band hızı, yatak kompozisyonu (özellikle klorür girişinin minimize edilmesi yeniden dönen maddelerin sürekli harmanlanması), yatak yüksekliği, yanmış kireç gibi ilavelerin kullanımı ve yağlı tufal yağ içeriğinin %1'in altında tutulması ve beslenen hava miktarını optimumda tutmak gibi önlemlerle bu konsantrasyonu düşürmek mümkündür. Bu önlemler, üretilen sinter işletme performansının geliştirilmesi ve verimliliğinin artması gibi avantajlar da sağlayacaktır.

Ulaşılan temel emisyon düzeyleri: İngiltere'de dört bölgeden toplam 41 örnekten ortalama 1.0 ng I-TEQ/Nm³'e ulaşılmıştır. Örneklerin çoğunluğunun 1 ng I-TEQ/Nm³'e yakın değerlerde olmasına karşın, tipik aralık 0.5- 1.5 ng I-TEQ/Nm³'dür. Örnekler US EPA'nın 23. metodu kullanılarak belirlenmiştir. PCDD/F analizleri yetki verilmiş (akredite) iz organik laboratuvarlarında yürütülmüştür. Detaylı sonuçlar, Tablo 4.3'de gösterilmektedir. Bunun yanında, aynı veya çok benzer işletme şartlarında olan diğer AB üye devletlerinde, bu kadar düşük değerlere ulaşılamamıştır. Almanya'da genellikle 2-3 ng I-TEQ/Nm³ değerlerine ulaşılmıştır. Bir tesiste de 5 ile 6 ng I-TEQ/Nm³ arasında değerler bildirilmiştir. Nispeten düşük PCDD/F emisyon düzeylerine ulaşabilmeyi sağlayan herhangi spesifik bir önlem tanımlanmamıştır, onun yerine yukarıda bahsedilen birkaç önlemin kombinasyonu görülmektedir.

Uygulanabilirlik: Var olan ve yeni tesislere uygulanabilir

Diğer etkileri: Enerji kullanımı, işlemlerin sürekliliği sağlanarak minimize edilmiştir. Herhangi bir negatif etkisi yoktur.

Referans tesisler: İngiliz Çelik Scunthorpe, İngiliz Çelik Teesside, İngiliz Çelik Port Talbot, İngiliz Çelik Llanwern (2 tesis).

AB'de benzer şekilde işletilen sinter tesisleri mevcuttur. Kısmen uzmanlar bu düşük emisyon düzeylerini onaylamaktadır (0.5- 1.5 ng I-TEQ/Nm³), fakat diğerleri 5- 6 I-TEQ/Nm³ 'e kadar yüksek konsantrasyonlara ulaşırlar.

İşletme verileri: Sürekli yüksek üretkenlik ve kaliteli sinter üretimiyle proses optimize edilmiştir.

Ekonomi: Yatırım maliyeti yoktur; işletmelerin sürekliliğinden kaynaklanan işletmesel (operasyonel) avantajlar mevcuttur.

Referans literatürü: [BS PCDD/F, 1998]

British Steel Teesside (Redcar)		British Steel Scunthorpe		British Steel Port Talbot		British Steel Llanwern			
						B Strand		C Strand	
Sampling date	PCDD/F [ng I-TEQ/Nm ³]	Sampling date	PCDD/F [ng I-TEQ/Nm ³]	Sampling date	PCDD/F [ng I-TEQ/Nm ³]	Sampling date	PCDD/F [ng I-TEQ/Nm ³]	Sampling date	PCDD/F [ng I-TEQ/Nm ³]
08/03/95	1.0	20/02/95	0.6	24/02/95	1.6	09/04/97	1.6	11/04/95	1.0
09/03/95	1.7	20/02/95	0.7	24/02/95	0.9	10/04/97	1.3	11/04/95	0.4
26/04/95	0.7	20/02/95	1.0	24/02/95	0.6	11/04/97	1.1	12/04/95	0.6
26/04/95	0.9	06/07/95	1.1	19/04/95	1.0	11/04/97	1.0	12/04/95	0.5
27/04/95	0.9	06/07/95	1.4	19/04/95	0.7			09/06/95	1.4
27/04/95	1.2	06/07/95	1.1	20/04/95	1.0				
17/12/96	1.0	06/07/95	0.9	20/04/95	1.2				
17/12/96	1.0	17/05/96	1.5						
20/07/98	0.6	17/05/96	1.3						
21/07/98	0.6	18/05/96	1.3						
21/07/98	1.5	30/06/97	1.5						
		04/08/98	1.2						
		04/08/98	0.3						
		04/08/98	0.8						
Range: 0.6 – 1.7		Range: 0.3 – 1.5		Range: 0.6 – 1.6		Range: 1.0 – 1.6		Range: 0.4 – 1.4	
Mean: 1.0 (n = 11)		Mean: 1.1 (n = 14)		Mean: 1.0 (n = 7)		Mean: 1.25 (n = 4)		Mean: 0.8 (n = 5)	

Tablo 4.3: Beş adet sinter tesisindeki PCDD/F emisyonları (PCDD/F'yi düşürmek için yapılan Proses optimizasyonundan sonra)

PI.2 Demir içeren maddelerin sinter tesisine geri dönüşümünün yapılması

Tanım: Bir entegre çelik fabrikasında, haddehanelerden demir içeren tufallar ile gaz arıtma sistemleri sonrası toz ve çamurlar yan ürün olarak çıkar. Bu toz, çamur ve tufallar içeriklerindeki demir ve karbondan dolayı (normalde >% 50) sinter tesislerinde tekrar kullanılırlar. Kireç içeriği yüksek olan curuflar kireç yerine kullanılmak üzere sintere beslenirler. Genellikle dünyadaki bütün sinter fabrikaları toz, çamur ve tufalları yeniden kullanırlar. Bu da toplam sinter girdisinin % 10 ile 20'sini oluşturur. En azından bir tesis %100 toz, çamur, cüruf ve katkı maddelerini kullanır.

Ulaşılan temel çevresel kazançlar: Kullanılan yan ürünler oranında hammadde tasarrufu sağlanır. Bu ürünlerin araziye boşaltılması önlenmiş olur. Bu bağlamda, sinter tesisinin entegre demir ve çelik tesisinde önemli bir fonksiyonu vardır.

Uygulanabilirlik: Yeni ve var olan tesislere uygulanabilir.

Diğer Etkiler: Bazı tesislere yüksek yağ içerikli atık beslemesinden dolayı hidrokarbon ve PCDD/F emisyonlarında artış olur. Sürekli sirkülasyondan dolayı Alkali ve klorür konsantrasyonunda artış olabilir. Mevcut yasal mevzuatlara uyum amacıyla torbalı filtre veya geliştirilmiş ESP sistemleri uygulanır. Bu sistemlerin toz tutmaya ve maliyete oldukça katkısı vardır (UBA Comments,1997)

Referans tesisler: Tüm dünyada çamur, toz ve tufalı geri dönüştüren (hemen hemen) tüm sinter tesisleri. Bahse değer bir sinter tesisi Warren Consolidated (Güçlendirilmiş) Endüstrisi, Youngstown Sinter Tesisi, Warren, Ohio, ABD'dir. 1992 yılında bu tesis, kendi sinter tesisi için demir kaynağı olarak, sadece demir içeren toz/çamur ve cürufları kullanmıştır.

İşletme verileri: Problemsiz işletme mümkündür.

Ekonomi: Hammadde maliyetlerinden kazanç sağlanır, atık bertaraf maliyetleri, atıkların değerlendirilmesi nedeniyle düşer.

Uygulamaya Zorlayan Neden: Çoğu zaman, atık ve yan ürünlerin sınırlı atık depolama (land-fill) imkanları vardır. Ayrıca bu depolama maliyetleri, vergiler vs ile yasal zorunluluklar bu atıkların geri kazanımını optimize etmek için en önemli itici güçtür.

Referans literatürü: [InfoMil, 1997;Rentz, 1996]

PI.3 Sinter beslemesinde uçucu hidrokarbonların içeriğini düşürmek

Tanım: Yağ girişini azaltmak ve aynı zamanda antrasitten kaçınarak, hidrokarbon girişi minimize edilebilir. Yağ, sinter prosesine temelde yağlı tufal besleme ile girer. Yağlı tufalın yağ içeriği, kaynaklarına bağlı olarak, önemli şekilde değişiklikler gösterir. Bazen, %10'a kadar çıkabilir. [Gebert, 1995].

Geri dönüştürülen toz ve tufalın düşük yağ içeriği, yangın çıkması ile ESP veya torbalı filtre üzerinde birikim yaparak tortu oluşmasını önlemek gibi nedenlerden dolayı istenir. Yüksek yağ içeriği aynı zamanda daha yüksek PCDD/F emisyonlarında artışa neden olur (4.2.2.1.2.8'e bakınız). Daha düşük yağ içeriği, VOC emisyonlarını düşürmeye yol açar.

Yağlı bileşikler 100 ile 800 °C sıcaklıkta buharlaşır ve emisyon olarak çevreye yayılır. Toz ve tufal üzerindeki yağ girişini minimize etmek için, iki "teknik" uygulanabilir:

1. Sadece düşük yağ içerikli toz ve tufalın sintere beslemesi yapılarak yağ girişi minimize edilir. Haddehanelerde uygulanan en iyi işletme yöntemleriyle çıkan tufaldaki yağ konsantrasyonları düşürülebilir.
2. Haddehane tufalındaki yağın giderilmesi için genellikle iki yöntem geliştirilmiştir ve uygulanmaktadır:
 - Hadde tufalının ortalama 800°C'ye kadar ısıtılarak, yağ ve hidrokarbonların uçurulması ve bu hidrokarbonların yakılması,
 - Solvent kullanılarak hadde tufalındaki yağın ayrıştırılması.

Şu anda hiçbir AB çelik endüstrisinde bu arıtma tekniklerinden biri ticari olarak kullanılmamaktadır.

AB 'de kok tozu, sinter proseslerinde halen yakıt olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında bazı tesisler hala kok tozu ve antrasit karışımını yüksek hidrokarbon emisyonlarına rağmen "degrassing" etkisinden dolayı kullanıyorlar. Bu, prosese kok tozunun dışarıdan ilave edilmesiyle önlenemez.

Uygulanabilirlik: Yeni ve var olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan temel emisyon düzeyleri: Metan-olmayan hidrokarbon konsantrasyonları max. 20mg/Nm³ 'e kadar ulaşılabilir. Eğer sinter hammadde beslemede yakıt olarak antrasitin de kullanıldığı durumlarda yağ içeriğini azaltmak için önlemler alınmazsa, rakam önemli derecede yüksek olabilir.

Diğer çevresel etkiler: Bazı durumlarda demir-içeren atıkların bir kısmı, sinter prosesinde değerlendirilmezse atık olarak bertaraf edilir. Dolayısıyla atık başka bir alana transfer edilmiş olur. Yağlı tufalın kullanıldığı durumlarda yağın ayrıştırılması için yapılan ısıtmada enerji harcanır. Hidrokarbonların tam olarak yanması için % 6'nın üzerinde oksijenle ısı 850 °C'ye çıkartılır ve bu sıcaklıkta en az 2 saniye kalması sağlanır.

Referans tesisler: Birçok sinter tesisi, özellikle ESP veya torbalı filtresi olanlar tesise atıklarla yağ girişini kontrol altında tutarlar. Birçok AB ülkesindeki sinter tesislerinde antrasit yakıt olarak kullanılmaz.

Mülheim-Ruhr'da, Thyssen Altwert Umweltservice GmbH'e ait 15000 t/yıl kapasiteli yağlı tufaldan yağ uzaklaştırmak için kullanılan bir döner fırın (demonstrasyon amaçlı) işletmesi yapılmaktadır. Birçok Alman çelik fabrikası (örneğin Thyssen Stahl AG), farklı proseslerle pilot uygulamalar yapmışlardır (UBA Comments, 1997).

İşletme verileri: Inland Çelik, Indiana Harbor Works, Doğu Chicago, ABD'de, maksimum yağ girişi 0.3 kg/t sinter ile sınırlandırılmıştır. Yağ içeriğinin yüksek olduğu durumlarda yağ uzaklaştırılır. Tesiste torbalı filtreler mevcuttur. Ancak tesisin halen çalışıp çalışmadığı belli değildir.

Yağlı tufaldan yağın alınması prosesi Nippon Kokan, Keihin Works'de ve Nippon Steel Corporation'da, yine Japon Wakamatsu/Yawata Works'de yer alır. (InfoMil, 1997). NSC Yawata Works'de tesisin çalıştırılmadığı belirtilmiştir. Bunun yerine tesise girişteki yağ konsantrasyonunun kontrol altında tutulduğu belirtilmiştir.

Kobe Çelik, Kakogawa Works, Japonya'da ESP'deki hidrokarbon oranını % 1'in altında tutmak için, girişteki yağlı tufal beslemesini maksimum % 3 oranında tutmaktadır.

Ekonomi : Yağ uzaklaştırma hakkında herhangi bir veri yoktur; kok/antrasit karışımı kullanımının, sadece kok kullanımından daha ucuz olacağına dair kesin rakamlar mevcut değildir.

Referans Literatürü: [Gebert, 1995; UBA Comments, 1997; InfoMil, 1997]

PI.4 Sinter beslemesinde kükürt içeriğinin azaltılması

Tanım: Kükürt bileşenleri temelde sinterleme prosesine cevherle ve kok tozuyla girmektedir (4.2.2.1.2.5'e bakınız); cevherlerle giriş yüzdesi çok daha düşüktür. Kükürtün bir kısmı (% 13-25 derecesinde), sinter bazıklığı ve parça büyüklüğü dağılımına bağlı olarak (4.2.2.1.2.5'e bakınız), sinter ürününün içinde kalır. Bu nedenle kok tozu ve daha düşük kükürt içerikli demir cevheri ($\leq 0.8 S$) kullanımı, direkt olarak daha düşük SO₂ emisyonlarını verir. Bunun yanında, spesifik kok tozu tüketiminin en aza indirilmesi çok önemlidir. Son 15 yılda AB'deki birçok sinter tesisinde tüketim, yaklaşık 80 kg/t sinterden 38-55 kg/t sintere düşürülmüştür (Tablo 4.1 ve [Bothe, 1993]'e bakınız).

Ayrıca, daha iri kok tozu kullanımı (6 mm), daha ince olanlara kıyasla (1mm) önemli ölçüde daha düşük SO₂ emisyonlarına yol açabilir. 800 mg SO₂/Nm³'den 500 mg SO₂/Nm³'e kadar düşüş belirtilmiştir [Beer, 1991].

Ulaşılan temel emisyon düzeyleri: Tablo 4.1 ve 4.2'de 1kg SO₂/t sinterin altında emisyon faktörleri, veya (2100 Nm³/t ile) 500mg/Nm³'ün altında emisyon değerlerinin ulaşılabileceğini göstermektedir.

Uygulanabilirlik: Sinter beslemesine kükürt girdisini minimize etme prosedürü (düşük kükürtlü kok tozu ve demir cevheri kullanma ve spesifik kok tozu tüketimini minimize etme) hem yeni hem de var olan tesislere uygulanabilir. Bunun yanında, düşük kükürtlü kok tozu ve cevherin mevcudiyeti, bir kısıtlama (zorunluluk) olabileceğine dikkat edilmelidir.

Diğer çevresel etkileri: Herhangi bilinen çevre etkisi yoktur. Fakat, düşük kükürtlü demir istenmesi durumunda, sinterin içinde kalan kükürt, yüksek fırın işletilmesinde problem yaratabilir.

Referans tesisler:

- 1) Nippon Steel Works, Yawata/Wakamatsu Works: Sinter tesisinde düşük-kükürtlü kok tozu kullanılmaktadır
- 2) Sumitomo Metal Endüstrisi, Wakayama Works 'deki 4 nolu Sinter Tesisi.
- 3) Sidmar, B-Gent'de sinter tesisi mevcuttur.

İşletme verileri: Bilinen spesifik bir problem yoktur. Tesisler sorunsuzca işletilmektedir.

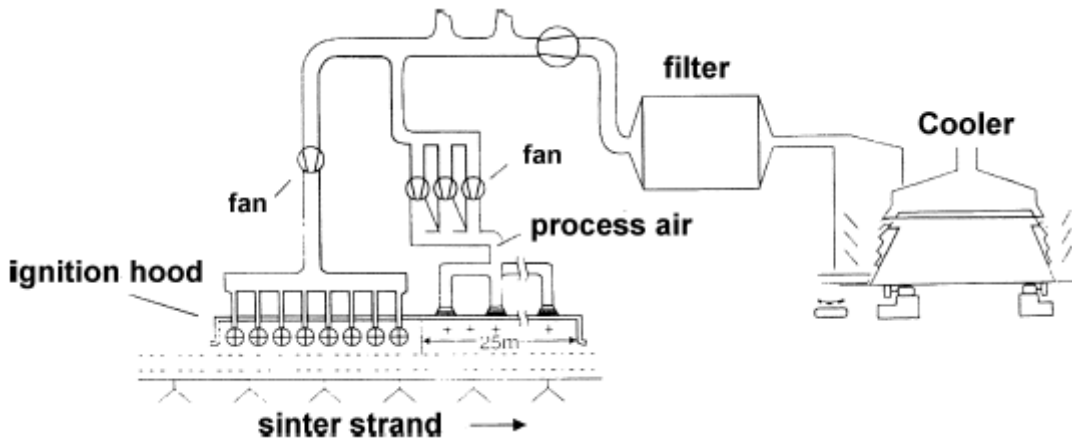
Ekonomi: Mevcut değil

Referans Literatürü: [Bothe, 1993]

PI.5 Sinterleme ve sinter soğutma'dan ısı eldesi

Tanım: Sinter tesislerinden tahliye edilen potansiyel olarak kullanılabilir iki çeşit atık enerji vardır; sinterleme makinalarından gelen ana egsoz gazı ve sinter soğutucudan gelen soğutma gazıdır.

Bacadan çıkan egsoz gazlarının ısısından faydalanmak üzere ısı değiştiriciden faydalanır. Enerji kazançları açık değildir. Atık gaz sirkülasyonu, ısı geri kazanımının spesifik bir durumudur. Isı, sinter yatağına sıcak sirkülasyon gazı vasıtasıyla verilir. Bu şu anda, atık gazlardan ısı elde etmenin tek pratik yoludur.



Şekil 4.15: Sinter soğutucusu, soğutucu havasından ısı geri kazanımı - [Beer,1991]

Sinter soğutucusundan çıkan sıcak havanın içindeki hisedilebilir ısı, aşağıda belirtilen yerler için kullanılır;

- a. Atık ısı kazanında buhar oluşumu
- b. Yakma bacasında yanma havasının önceden ısıtılması; örneğin Şekil 4.15
- c. Sinter beslemenin ön ısıtılması

Geri kazanılan ısının miktarı, sinter tesisinin tasarımı ve ısı geri kazanım sistemiyle bağlantılıdır.

Isı eldesiyle ilgili bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

- *EOS-sinterleme kadar konvansiyonel yolla sinter soğutucu atıklarından ısı eldesi*
Sinter soğutmadan çıkan sıcak hava gazı, atık ısı kazanında buhar oluşturmak ve yakma bacalarında yanma havasını önceden ısıtmak için kullanılır.

Ulaşılan temel enerji kazançları: Toplam enerjinin % 18'i atık ısı kazanında % 2.2'sinin ise yakma bacalarından geri kazanıldığı belirtilmiştir. [InfoMil, 1997].

- *Bölgesel atık gaz geri kazanımı için sinter soğutma ve atık ısı geri kazanımı*
Sumitomo Ağır Endüstrisi Kokura 3 No'lu sinter tesisinde, bölgesel atık gaz geri kazanım sistemi uygulanmaktadır. Sirkülasyondan önce, atık gazlar ve sinter soğutucudan gelen gazlar bir atık ısı kazanına geçer.

Ulaşılan temel enerji kazançları: Bu tesiste bu sistem ile belirtilen enerji kazançları, enerji girişinin % 23.1'i kadardır; 273 °C ve 9 barlık bir basınçta, 120 kg buhar/t sinter üretilmektedir [SHI, 1987].

- *Kısmi atık gaz geri kazanımı ile "işlemler zinciri soğutma" ve atık ısı eldesi*
Sumitomo Heavy Industries Wakayama 4 No'lu sinter tesisinde, sinter soğutucusu sinter bandıyla entegre edilmiştir. Bu, sinterleşme ve soğutma işlemi sonrası çıkan atık gazlar, ızgaralardan gelen gazlar atık ısı kazanlarına yönlendirilmekte ve banda sirküle etmektedir.

Ulaşılan temel enerji kazançları: Elde edilen ısı miktarı, ısı girişinin %30'u kadardır. 375 °C sıcaklıkta ve, 25 bar basınçta yaklaşık 120 kg buhar/t sinter oluşturulur. Tesisde sinter üretimi 10.000 t/gün olacak şekilde tasarlanır ve 360 m² sinter alanına sahiptir [SHI, 1987] fakat, eğer sistem mevcut tesislere uygulanırsa maksimum fayda elde edilmek istenirse üretim açısından ters etkiler olabilir.

Uygulanabilirlik: Baca veya sinter soğutma atık ısı geri kazanımı mevcut ve yeni tesislere uygulanabilir. Ancak yatırım aşamasında ısı geri kazanım tasarımı yapılarak işletilen tesislerin maliyeti, mevcutlara oranla daha düşüktür.

Diğer çevresel etkileri: Enerji tüketimini azaltır ve büyük toz parçacıkları ön toz tutucuda tutulduğu için toz emisyonu da azalır.

Ekonomi: Tesis maliyeti bulunduğu yere göre değişir. Fakat atık ısı geri kazanımı işletme maliyetlerini düşürür.

Referans tesisler: Sinter soğutmadan ısı geri kazanımı sık sık uygulanmaktadır (örneğin Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden, Almanya'da Thyssen Çelik ve belirtilen Japon sinter tesislerinin % 64'ü) [OECD, 1988; Arimitsu, 1995].

1995 yılında, Japon sinter tesislerinin % 43'ü bacadan çıkan atık ısıyı geri kazanmışlardır. [Arimitsu, 1995] ve İngiliz British Steel tesisinde sinter soğutmadan gelen sıcak hava geri kazanılmaktadır.

Operasyonel veriler: Bilinen spesifik bir problem yoktur.

Referans Literatürü: [,Arimitsu, 1995; InfoMil,1997; OECD, 1988; SHI, 1987]

PI.6 Üst-tabaka sinterleme

Tanım: PI.2'de demir içeren maddelerin sinter prosesine geri dönüşümü açıklanmıştır. Özellikle hidrokarbon, yağ içeren maddelerin geri kazanımı PI.3'de açıklanmış, bunların

uzaklaştırılma tekniklerinden söz edilmiştir. %3'e kadar değişen yağ içeriğine sahip böyle maddeleri geri dönüştürmek için başka imkanlar da vardır. Buna üst-tabaka sinterleme denir ve yağ giderme tekniklerine kıyasla çok daha ucuz olduğu iddia edilmektedir. Üst-tabaka sinterleşmesi, yağ/hidrokarbon içeren yan-ürün/atık malzemenin su oranı % 7 olacak şekilde sinter prosesine beslenmesiyle olur. İkinci yakma bacasından çıkan enerjinin % 25 – 35'i sinter yatağının ikinci tabakasını yakmak için kullanılır. İkinci sinter tabakasındaki yağ içeren atıklarla elde edilecek olan sinter kalitesinin artırılması için bu tabakada suyun ve yağın buharlaşmasını ve organik maddelerin parçalanmasını sağlayacak homojen enerji dağılımının yapılması gerekir. Bunlara ek olarak sinter ateşlemesindeki zamanlama ve geçen süre de bu ikinci tabakadaki atıkların problemsiz sinterleşmesi için önemlidir.

Elde edilen çevresel kazanç: Hidrokarbonların (temelde geri dönüştürülen maddelerin yağ içeriğinden kaynaklanan) sinter tabakaları içinde yanması, ESP'yi korumak (yangınlardan kaçınmak) ve mavi dumandan (tam olarak yanmamış organik bileşenleri temsil eden) kaçınmak için optimize edilmiştir. Buna ek olarak PCDD/F'in emisyonu azaltılabilir; yığın ocak ızgarası testleri, % 60-65 oranında bir azalma göstermiştir [VAI, 1996], fakat sinter işlemler zincirinden herhangi bir veri mevcut değildir.

Uygulanabilirlik: Ek depolama olanağı ve aynı zamanda ikinci bir besleme sistemi için alanların olmaması nedeniyle, mevcut tesislere uygulamada kısıtlılık mevcuttur. Yeni tesisler normalde geri dönüştürülen yan-ürün /atıkların hidrokarbon/yağ girişini minimize eden teknikleri tercih etmektedirler. Ham maddelerin seçiminde esneklik çok sınırlıdır.

Diğer çevresel etkileri: İkinci tabakanın yakılması için ek yakıtın sağlanması gereklidir.

Referans tesisler: Voest-Alpine Stahl Donawitz GmbH, A-Leoben-Donawitz'in sinter tesisi
İşletme verileri: Voest-Alpine Stahl Donawitz GmbH'in sinter işlemler zincirinin 120 m² alanlık emme alanı ve 35 t/m².24saat üretkenliği vardır. Üretkenlik Ocak 1995'de üst-tabaka-sinterleşme sisteminin getirilmesinden sonra değişmemiştir. Demir içeren kalıntı/yan ürünler/maddeler için geri dönüşüm kapasitesi 18 t/s'dir.

Ekonomi: Mevcut değil

Referans Literatürü: [VAI, 1996]

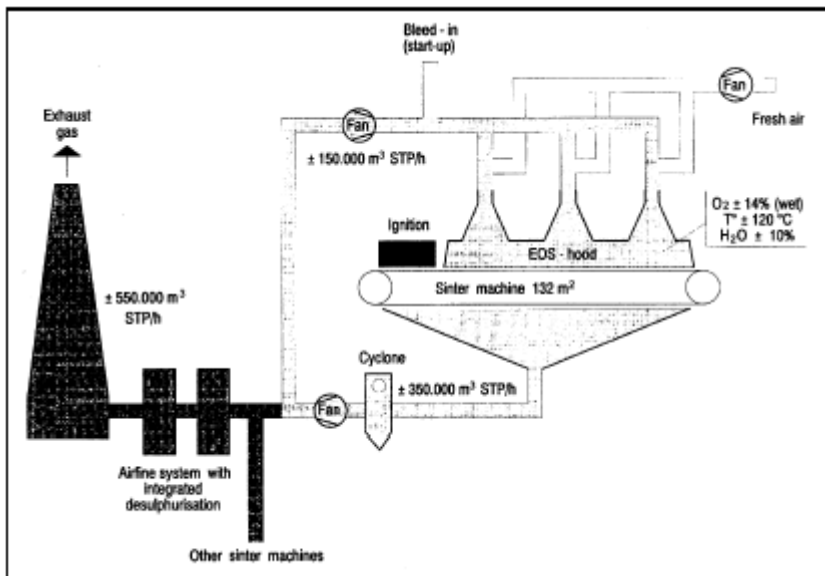
PI.7 Emisyon Optimize Sinterleme (EOS)

Tanım: 1992 yılında alınan sonuçlara göre sinter bandından çıkan atık gazların bir kısmının geri kazanımı neticesinde atmosfere atılan gazların miktarı azalmakta aynı zamanda katı yakıt tüketimi de düşmektedir. [Gudenau, 1992]. Hollanda'da Hoogovens IJmuiden'de Mayıs 1994'de yapılan gösteri/ticari uygulama, bu görüşün potansiyelini tam olarak onaylamıştır. 132 m² 'lik emiş alanına sahip tamamen sızdırmaz bir şekilde kapatılan sinter bandı, Lurgi EOS (Emisyon optimize sinterleme) prosesine uyumlu bir şekilde yapılmıştır. (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: EOS prosesine göre kapalı sinter bandı –[Panne, 1997]

Genel düşünce, tüm banttın gelen karışmış atık gazın bir kısmını, bandın tüm yüzeyine geri döndürmektir. Sinter atık gazı geri dönüşüm oranı % 40 -45 civarında olup, bu gazın % 14-15 oksijenle zenginleştirilmesiyle atmosfere verilen atık gaz oranı % 45-50 azalmaktadır. Atık gaz, geri dönüştürülmeden önce içerisindeki tozlar bir siklonda ayrılır. Bu koşullar altında, sinter üretimi değişmeden kalır ve kok tozu tüketimi, konvansiyonel (geleneksel) uygulamalara kıyasla % 10-15 düşürülmüştür. İndirgenme parçalaması olarak tanımlanan sinter kalitesi sabit görünür, sinterde FeO daha yüksektir, indirgenebilirlik artar, itici kuvvet çok az azalır ve ortalama çap yaklaşık 17 mm kalır [Panne, 1997]. Yüksek fırınlarda “EOS sinter” kullanımı herhangi bir ters etki göstermez fakat, Hoogovens, NL-IJmuiden yüksek fırınlarında kullanılan yüksek pelet yüzdesinden dolayı, toplam şarjın %50’sine karşılık gelir. Başka yerlerde yüksek fırınlarda kullanılan sinter oranları çok daha fazla olabilir (%95’e kadar).



Şekil 4.17: Emisyon Optimize Edilmiş Sinterleme (EOS) prosesinin şematik diyagramı - [Kersting, 1997]

Ulaşılan temel emisyon düzeyleri: EOS temelde atık gaz akışını azaltmak için geliştirilmiş ve bu nedenle katı madde ve PCDD/F'in atmosfere verilmeden önce atık gazdan ayırmak üzere kurulan baca gazı arıtma tesisi yükü dolayısıyla yatırım ve işletme maliyeti azaltılmıştır. Yüksek bazıklığe sahip sinter ($\geq 1.7 \text{ CaO/SiO}_2$) tesisleri EOS sisteminin kurulması çok uygun olmuştur. (Tablo4.4). Düşük bazıklıkte sinter tesisleri için ise benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Component	Unit	Conventional sintering		Emission optimised sintering	
		July 1994	October 1994	July 1994	October 1994
Total gas flow	Nm ³ /h	394000	372000	328000	328000
Recirculation flow	Nm ³ /h	0	0	153000	120000
Emitted waste gas flow	Nm ³ /h	394000	372000	175000	208000
Temperature	°C	164	114	155	149
Percentage of moisture	%	10	11	16	19
Acid dewpoint	°C	46±5	n.d.	71±5	n.d.
Particulate matter *1	g/t sinter	500	n.d.	170	n.d.
O ₂	%	15	15	11.5	12.1
CO ₂	%	7.5	7	11.7	11.2
CO	%	1	1.2	1	1
SO ₂	g/t sinter	1430	890	840	680
NO _x	g/t sinter	630	570	300	410
C _x H _y	g/t sinter	200	145	95	83
PCDD/F	µg I-TEQ/t sinter	2	n.d.	0.6	n.d.

*1 Bu tarihlerde toz emisyonları sadece siklonlarla azaltılıyordu.

Tablo 4.4: Hoogovenas IJmuiden'deki 132 m² emiş alanlı ve günde 4700 t yüksek bazıklıkte sinter üreten tesiste Konvansiyonel sinter üretimi ile EOS prosesinin karşılaştırması - (Panne, 1997)

EOS sistemiyle elde edilen kütleli emisyon azaltımı aşağıda gösterilmiştir.

Parameter	Emission reduction* (mass %)	
	Low basicity sinter	high basicity sinter
Waste gas flow	40	40 - 50
Particulate matter	50	60
Carbon monoxide (CO)	45	50
SO ₂	?	15 - 20
NO _x	35	30 - 45
Hydrocarbons (C _x H _y)	n/a	50
PCDD/F	70	65

* emisyon düşürülmesi bileşenin bir kütle akış düşüşü olarak ifade edilmiştir. Bu konsantrasyonda mutlaka bir düşüş anlamına gelmemektedir.

?= tutarlı herhangi bir veri mevcut değildir; n/a= veri mevcut değildir

Tablo 4.5: Emisyon Optimize Sinterleme'nin (EOS), bildirilen (kütlece) emisyon azalmaları -[Panne, 1997]

EOS, kok tozu tüketimini 60 kg/t sinter'den 48 kg/t sinter'e düşürülmesine izin verir [Panne, 1997]. Açıklanan Alman tesisindeki termal enerjideki önemli miktardaki tasarruf, mutlaka diğer tesislere de uygulanabilir diyemeyiz, çünkü bu tesisler proses optimizasyon ölçümlerinin bir sonucu olarak, katı yakıtlardan zaten düşük termal enerji girişlerinde çalışıyor olabilirler. Hem Tablo 4.1'deki hem de Avrupa Yüksek Fırınları Komisyonunun sinter tesisleri için işletimsel verilerinin incelemesi (1996), çoğu Avrupa'daki tesisler [Panne,

1997] tarafından zikredilenlerden önemli derecede düşük düzeylerde işletildiğini göstermektedir.

EOS'un uygulaması, ekstra emiş fanı gerektirir. Bu da 200'lük elektrik kapasitesinin 400 kW'a çıkarılmasına, toplamda da 0.003- 0.008 GJ/t sinter enerji tüketiminde artışa denk gelir.

Karbonat demir cevherleri kullanıldığında atık gazdaki CO₂ konsantrasyonu artar, bu nedenle EOS uygulaması, sinter prosesini güçlü şekilde inhibe eder. Karbonat cevherleri kullanmayan tesislerde CO₂ emisyonları ortalama 190'dan 220 kg/t sinter iken, karbonat cevherlerini kullanan tesislerde ortalama iki katı kadar fazla olabilir (Tablo 4.1).

Uygulanabilirlik: Yatırım maliyetlerinin planlama evresinden itibaren sisteme dahil edilmesi nedeniyle yeni tesislerde daha uygun olacaktır. Mevcut tesislerde modifikasyon gerekeceği için daha maliyetli olacaktır.

Diğer çevre etkileri: EOS hem hava emisyonunu, hem de sinterleme prosesinde enerji tüketimini azaltır. Ek emiş fanları elektrik tüketimini artırır fakat, bu artış kok tozundaki tasarrufa kıyasla, önemsizdir. Çalışanların karbon monoksit zehirlenmesini önlemek amacıyla, yeniden sirküle olan atık gazda karbon monoksit özel önem verilmelidir.

Referans Tesis: Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden. Bu tesiste tüm sinter üretimi EOS ile gerçekleştirilmektedir. ABD'de yıllarca benzer düzenlemeyle çalışan Wierton tesisine önem verilmelidir.

Ekonomi: Hoogovens IJmuiden'de üç bandlı EOS sistemli sinter tesisinden çıkan atık gaz toplam debisi ortalama 1.2 MNm³/s olup, bunun için gerekli olan yatırım tutarı 17 milyon Ecu₁₉₉₆'dır. Kok tozu girişinin azaltılmasıyla işletme maliyetleri diğer konvansiyonel tipe göre düşmüştür. İşletme maliyetleri yıllık 2,5 Milyon ECU(1996) azaltılmıştır. Bu rakamlar kok tozu tüketiminin 6 kg/t sinter, kok tozu fiyatının 100 ECU/t (1996) ve sinter üretiminin ise yıllık 4,2 Mt olduğu bir işletme için çıkarılmıştır. Bu rakamları kok tozu tüketimi Hoogovens'dakinden daha az olan AB'ndeki mevcut sinter tesisleri için (yukarıya bakınız) elde etmek çok kolay değildir. Diğer AB sinter tesislerinde kullanılan kok tozu ortalama fiyatlarının, muhtemel kok tozu tasarrufunun ekonomik açıdan daha az çekici olduğunu sunarken, 60 Ecu₁₉₉₆/t civarında olduğu vurgulanmıştır.

Bunun yanında atmosfere verilen atık gaz miktarındaki azalma, çıkan atık gazın artım maliyetini de azaltacaktır.

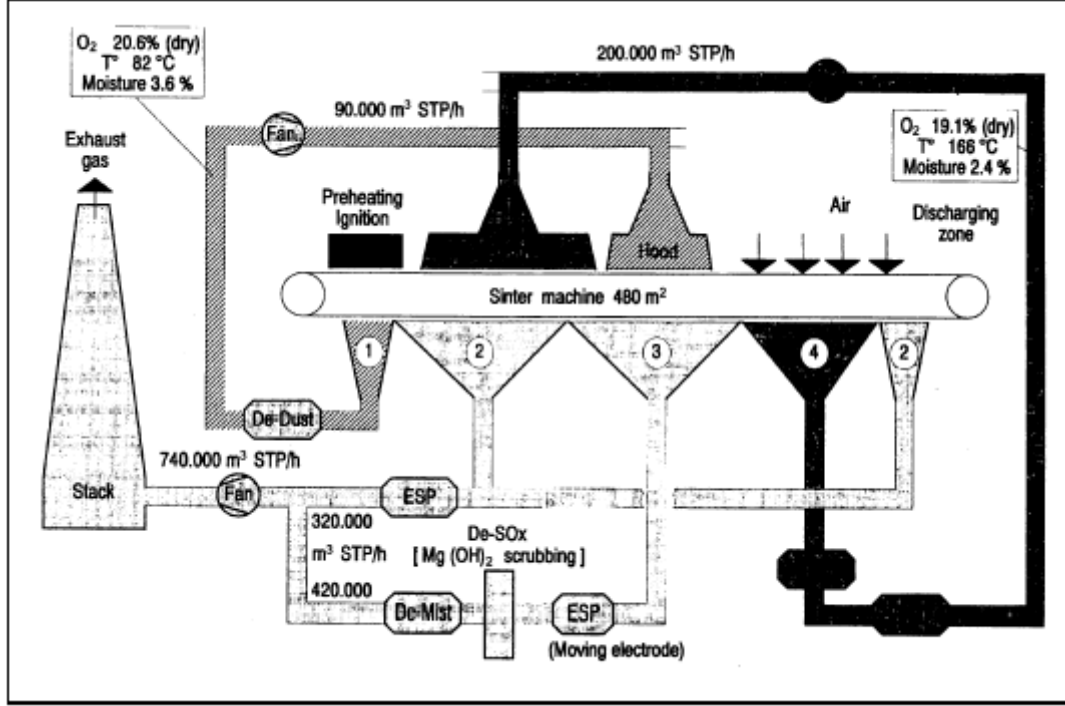
Uygulama için zorlayıcı neden: Otoriteler tarafından ortaya konulan katı şartlar ve emisyon sınırlamaları, uygulama için en önemli itici güç olmuştur.

İşletme verileri: Hoogovens IJmuiden sinter tesisinin 31. sinter bandında EOS, ilk kez Mayıs 1994 yılında işletilmeye başlamıştır. Şu anda EOS tesisde tüm üç sinter bandlarında işletilmektedir. Bu güne kadar, sistemin kullanılabilirliği >%95 olmuştur. Bir hata durumunda, sistem otomatik olarak konvansiyonel sinterlemeye geçmektedir.

Referans literatürü: [Panne, 1997; Goverde, 1995]

Pl.8 Kısmi atık gaz geri kazanımı

Tanım: Kısmi atık gaz geri dönüşüm teknolojisindeki genel yaklaşım, atık gazın sinter bandındaki belli bir bölgeden emilerek tekrar sinter yatağına verilmesidir. Bu işlem şekli EOS prosesi ile arasındaki temel farklılıktır. Şekil 4.18'de Japonya'daki bir sinter tesisine ait kısmi atık gaz geri dönüşüm sistemi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.18: Kısmi atık gaz geri dönüşüm sistemi şematik diyagramı (Nippon Steel Corporation - Yawata Works-Tobata Tesis No.3 -[Kersting, 1997]

Bu durumda 480 m²'lik-sinterleme yüzeyi 4 farklı bölgeye ayrılır:

- **1. Bölge :** Sinter ön ısıtmadan gelen gazlar, bandın ortasına geri döndürülür. (Yüksek O₂, düşük su ve sıcaklık) (Şekil 4.5, 4.8 ve Tablo 4.6'ya bakınız)
- **2. Bölge :** SO₂'si düşük atık gaz, tozsuzlaştırmadan sonra bacadan dışarı atılır. (düşük O₂, yüksek H₂O, düşük sıcaklık) (Şekil 4.5, 4.8 ve Tablo 4.6'ya bakınız)
- **3. Bölge :** SO₂'si yüksek olan gaz tozsuzlaştırma ve kükürt giderme işleminden sonra bacadan dışarı atılır (örnekta, gaz magnezyum hidroksit çözeltisi ile yıkanmaktadır) (düşük O₂, yüksek H₂O, düşük sıcaklık) (Şekil 4.5, 4.8 ve Tablo 4.6'ya bakınız)
- **4. Bölge :** SO₂'si yüksek gaz ateşleme bölgesi yanındaki bandın ilk bölgesine geri dönüştürülür. (yüksek O₂, düşük H₂O, yüksek sıcaklık) (Şekil 4.5, 4.8 ve Tablo 4.6'ya bakınız).

Bu prosede geri dönüştürülecek atık gazın O₂ konsantrasyonu yüksek (%19) kalırken, nem düzeyi düşüktür (%3.6). Sinter kalitesi üzerinde olumsuz etki olmaksızın (RDI pratikte sabit kalır ve, SI-Shatter indeksi- % 0.5 kadar artar), % 25 oranında geri dönüşüm hızına ulaşılmıştır. Katı yakıt tasarrufunun da % 6 olduğu bildirilmiştir.

Konvansiyonel sinterlemeye kıyasla, bu sistemin iki avantajı vardır:

1. Atık gazın içinde kullanılmamış O₂ , yeniden sirkülasyon ile etkili şekilde kullanılabilir.

2. Gazın kompozisyonuna bağlı olarak, farklı kısımlardan gelen atık gaz, ayrı ayrı arıtılabilir. Bu nedenle, konvansiyonel sinterleme ve EOS sistemi ile bile kıyasla, atık gaz arıtma olanaklarının yatırım ve işletme maliyetleri, önemli ölçüde düşürülebilir.

Waste gas flow section	Waste gas composition				SO ₂ [mg/Nm ³]	Waste gas treatment
	Flow [kNm ³ /h]	Temp. [°C]	O ₂ [%vol.]	H ₂ O [%vol.]		
Windbox 1 - 3	62	82	20.6	3.6	0	Recirculated to sinter strand
Windbox 4 - 13 + 32	290	99	11.4	13.2	21	To stack after ESP (electrostatic precipitation)
Windbox 14 - 25	382	125	14.0	13.0	1000	To stack after ESP and desulphurisation
Windbox 26 - 31	142	166	19.1	2.4	900	Recirculated to sinter strand
Stack	672	95	12.9	13.0	15	Emission to air

Tablo 4.6: Tobata 3 No'lu sinter tesisinde, NSC's Yawata Works, kısmi atık gaz geri kazanımı, atık gaz akışının karakteristiği- [Sakuragi, 1994]

Ulaşılan temel emisyon düzeyleri: Birazdan bahsedilecek gelişmeler, hava kirliliğini azaltma adına gerçekleştirilmiştir: Atmosfere verilen atık gazda önemli ölçüde azalma (yaklaşık % 28), toz emisyonunda azalma (yaklaşık % 56, şimdi hareket eden elektrotlarla teçhiz edilen, elektrostatik çöktürücünün iyileştirme etkisini de içerdiğine dikkat edilmelidir) ve SO₂ emisyonunda azalma (yaklaşık % 63, bölge 3'den dağıtılan gazın arıtım sonrası kükürt giderimini de içerir). NO_x emisyonunda küçük bir düşüş (%3) de belirtilmiştir. Tablo 4.7 bölümsel atık gaz yeniden sirkülasyonunun önce ve uygulama sonrası emisyonlarını kıyaslar.

Characteristic/ Component	Unit	Conventional (with desulphurization plant)	Sectional waste gas recirculation	Improvement
Waste gas flow	Nm ³ /h	925000	665000	28%
Particulate matter*	mg/Nm ³	50	30**	56% by mass
SO ₂ ***	mg/Nm ³	26	14	63% by mass
NO _x	mg/Nm ³	408	559	3% by mass
Net energy consumption	GJ/t sinter	1.662	1.570	6%****

* elektrostatik çöktürücü ile arıtım yapılmış atık gaz

** ESP'nin onarımı ile kısmen elde edilen toz emisyonunda azalma

*** Kükürt uzaklaştırma biriminde arıtım yapılmış atık gazın bir kısmı

****net enerji tüketimindeki bu azalma, rölatif üretkenlik, Japonya ve AB sinter tesislerinde kalite gereksinimleri ile ilişkili olarak değerlendirilmelidir

Tablo 4.7: Kısmi geri kazanım sistemi kurulduktan sonra ve öncesindeki atık gaz kompozisyonu kıyaslaması [Sakuragi, 1994]

Uygulanabilirlik: Kısmi atık gaz geri kazanım sistemi yeni ve eski sistemlere uygulanabilir. Ancak yeni tesislere planlama aşamasında dahil edileceğinden, mevcut sistemlere kurulma maliyeti yeni tesislere oranla daha yüksektir.

Diğer çevre etkileri: Ek olarak fan kullanımıyla enerji tüketimi artmaktadır. Ancak kok tozu tüketimindeki düşüşün yanında bu tüketilen enerji miktarı çok önemsiz kalır.

Referans tesis: Japonya'da bu tekniği uygulayan beş tesis vardır. Burada verilen veriler, Nippon Steel Corporation, Yawata Works'da Tobata 3 no'lu sinter tesisine karşılık gelmektedir.

İşletme verileri: Ekim 1992'de Nippon Steel Şirketi'nin Yawata Works'de Tobata No 3 sinter tesisinde, kısmi atık gaz geri dönüşüm sistemi kullanılarak bir tesis kurulmuştur. Atık gaz, her biri ayrı arıtılan dört bölüme ayrılmıştır. Sistem sorunsuzca çalışır ve, atık gaz geri kazanımı sinter kalitesini etkilemez [Sakuragi, 1994]. Bunun yanında, bu son belirtilen Japon tesisindeki sinter üretkenliği, diğer AB ülkelerindeki birçok sinter tesisinden daha düşüktür.

Ekonomi: Atık gazdaki NO_x, SO_x arıtma sistemleri hariç, gaz geri dönüşüm sistemi yatırım maliyeti, 8 ile 10 Milyon Ecu₁₉₉₇ olarak belirtilmiştir.

İşletme maliyetleri gizli raporlanmıştır. Yine de kok tozu tüketiminde % 6'lık bir düşüş kaydedilmiştir.

Referans literatürü: [InfoMil, 1997; Sakuragi, 1994]

4.3.2. Hat Sonu Teknikleri

EP1.Elektrostatik çöktürücü (ESP)

Tanım : EU sinter tesislerinde, atık gazların uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılan cihazlar nemsiz, kuru ortamdadır. Elektrostatik çöktürücüler üç yada dört alanda sıralanır. Bu işler hava buharlarının içerisinde partikül parçalarına karşı elektrostatik alan oluşturarak yapılır. Partiküller negatif olarak yüklenir ve pozitif yüklü toplanma plaklarına doğru bir göç oluşur. Elektrostatik tutucular içerisinde toplanan malzeme periodik olarak rapperslar vasıtasıyla vuruntu da titreşimle uzaklaştırılır, kaldırılır ve toplanma hunilerinin içine düşürülür.

Nemli ortamda ki tutucular içerisinde toplanan malzeme sabit bir su akışı ile kaldırılır. İyi bir ayırma işlemi gerçekleştirebilmek için, partiküllerin spesifik direnci 10^4 - 10^9 Ω m arasında olmalıdır. Genellikle sinter proseslerinden geçen atık gaz içerisindeki partiküllerin çoğunluğu bu oran içerisinde. Fakat spesifik direnci daha yüksek olan “alkali chlorides” ağır metal “chlorides” ve “kalsiyum oksit” gibi bileşiklerin oluşumu ve yüksek verimlilikte kaldırılması zordur.

Verimi etkileyen diğer faktörler; atık gaz akış oranı, elektrik alan mukavemeti, partikül yükleme oranı SO_3 konsantrasyonu; nem içeriği ve elektrotların şekil ve alanı.

Yüksek veya değişken voltaj artırımını ani voltaj değişimi ve akım kontrolleriyle performans geliştirilmesi “ESP” ye yaptırılmıştır. Uygulamalar vurma gücünü 200 Gs ye sistemin başlangıcında arttırıldı. SO_3 ve su buharlı durumda de-dusting verimi arttığı gibi HCl emisyonları artabilir.

En yeni üç elektrostatik çöktürücü gezintileriyle, bugünkü değişken teknolojide birkaç ticari firma tarafından kurulan teknikle, en yeni üç elektrostatik çöktürücü iyi bir raporlama performansına sahiptir.

- i. MEEP(Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Çöktürücü):
Hareketli Elektrotlu Elektrostatik Çöktürücü içerisinde birçok elektrot plaka grubu tırtıllı yollar üzerinde hareket eder. Bunlar sürekli olarak dönen fırçalar tarafından temizlenir. Böylece güçlü yapışkan tozlar plakalardan kaldırılır ve hortum izalasyon etkisi önlenmiş olur(see 4.2.2.1.2.2)
- ii. Tatbik Edilen Enerji Darbelerinin Kullanımı:
Darbe sistemi filtre edilmiş negatif polarity, voltajı üzerine negatif darbelerle tatbik edilen bir voltaj sağlar. Bu yüksek gerilim darbeleri 140 μ s genişliğindedir. Saniyede maksimum 200'e kadar tekrar edilebilir. Yüksek enerji daha fazla enerji darbesiyle yükseltilir. Ayrıca çöktürücü içerisine daha iyi partikül yüklemesini ve akım dağılımını daha iyi hale getirir. Darbeli enerji sisteminin en önemli karakteristik özelliklerinden biri, onun yüksek dirençteki toza karşı olan kapasitesidir.
- iii. Elektrostatik Space Cleaner Supper (ESCS)
ESCS yüksek voltajda uygulanır. (70-200 kv) bu elektrot plaka aralıklarının genişletilmesiyle mümkündür.

Ulaşılan Emisyon Seviyesi: ESP partikül parça konsantrasyonlarını %95 oranında fazla verimlilikle azaltır. Bazı durumlarda bu oran %99'u bulur. Sinter tesisleri için uygulama dataları 20-160 mg/Nm³ oranındadır. MEEP ve ESCS için emisyon değerleri 40 mg/Nm³'te küçük değerlere ulaştırılabilir. Tatbik edilen enerji çarpma vurmalarıyla ESP 20-30 mg/Nm³ yapar.

Uygulanabilirlik: Elektrostatik çöktürücüler yeni ya da var olan tesislerde kurulabilir. MEEP var olan elektrostatik çöktürücüler son haliyle kurulabilir ya da kendi içinde ayrı bir birim olarak kurulabilir(Bothe 1993). Fakat her iki çeşit kurulum olabirliği ve hazırlığı spesifik bir alanda olacaktır.

Diğer çevresel etkiler: Katı atık akışı oluşturulur. Bazı durumlarda bu katı akış sinter proses içerisine tekrar kullanılabilir hale getirilebilir. Alkali bileşiklerin ya da ağır metallerin konsantrasyon zamanları çok yüksektir, reuse sepetlenmelidir. Buna ek olarak enerji tüketimi artar. Bir sinter tesisi atık gaz akışı $1\text{MNm}^3/\text{h}$ enerji tüketimi 300-400 kw 4 Mt/a sinter üretiminde bu miktar 0,002-0,003 GJ/t sinterdir ya da toplam sinter enerji tüketiminin 0,1-0,15% sidir.

Referans İşletmeler: Yaklaşık olarak Avrupa da ki tüm sinter tesislerinde elektrostatik çöktürücü uygulanır. (UBA yorumları 1997) tüm alman sinter tesislerinde uygulanan kuru elektrostatik çöktürücü kullanıldığı rapor edilir. MEEP (Hareketli Elektrotlu-Elektrostatik çöktürücü) Japonya da iki Almanya da ki iki sinter tesisinde kurulmuştur. Almaya da kurulan sinter tesisi Krupp Hoesch Stahl, Dortmund EKO Stahl, Eisenhüttenstadt. Enerji akış uygulaması Güney Kore de 4, D-Duisburg ta 2, sinter tesisinde kurulmuştur. ESCS Japonya da Nippon Çelik Corporation sinter tesisinde kuruldu.

İşletme verileri ve sistemin ekonomikliğı: Elektrostatik çöktürücü sinter tesisi gaz atık gaz temizliğinde partikül parçalarını artadan kullanılan çok yaygın bir araçtır. Elektrostatik çöktürücü problemsiz olarak uygulanabilir. Bakımında yangın riskini önlemek için atık gaz içerisine bir miktar hidrokarbon vermek gereksinimi vardır.

Tablo 4.8’de sinter tesisinde elektrostatik çöktürücü kullanımına dair uygulama ve ekonomik data bilgileri verir.

Diğer Maliyetler:

DHV (1996) elektrostatik çöktürücü için maliyet raporu:

Yatırım = 5-7,5 million Ecu₁₉₉₆

Uygulama = 0,05-0,08 Ecu₁₉₉₆/1000 Nm³

4 Mt/a kapasiteli bir sinter tesisi için; 1 million Nm³/h atık gaz akışı ve yıllık 8640 çalışma saati bu değerler aşağıdaki maliyetlerle örtüşür.

Yatırım = 5-7,5 million Ecu₁₉₉₆

Uygulama = 0,11-0,16 Ecu₁₉₉₆/t sinter

Elektrostatik çöktürücüye eklenen hareketli elektrotlu elektrostatik çöktürücü 5.000.000 Nm³/h lik uygulama için sunulan maliyeti 1,1 million Ecu₁₉₉₇

Kesin maliyet faktörü atık gaz akışıdır.

Uygulamayı Zorlayan Etmenler :

Tanımlanan uygulama teknikleri için asıl yürütme kuvvetinde emisyon standartları ve yasal gereksinimler zorunlu hale getirilmiştir.

Referans Literatür: [Gebert, 1995; InfoMil, 1997;Kim, 1998]

	Unit	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata	Krupp Hoesch Stahl Dortmund	Kobe Steel Ltd. Kakogawa works	Sumitomo Metal Ind. Wakayama
Sinter production	(t/h)				
Design		1000	625	560	n/a
Actual		600	n/a	375	185
Total waste gas flow	(10 ⁶ Nm ³ /h)				
Design		2	1.05	1	n/a
Actual		1	n/a	0.7	0.4
Sinter basicity	(CaO/SiO ₂)	1.92	n/a	1.8	2.2
Electrostatic precipitator					
Type		ESCS*	MEEP	n/a	dry ESP
Number		2 parallel	3 parallel	3 parallel	1
flow per ESP	(10 ⁶ Nm ³ /h)	0.5	2*0.3; 1*0.45	0.25-0.33	0.4
Particulate matter inlet concentration					
Design	(mg/Nm ³)	1000	n/a	1000	n/a
Actual	(mg/Nm ³)	n/a	700	1000	1100
Particulate matter outlet concentration					
Design	(mg/Nm ³)	50	n/a	50	n/a
Actual	(mg/Nm ³)	20-37	25	30-50	40
ESP efficiency					
Design	(%)	95	n/a	95	n/a
Actual	(%)	n/a	96	95-97	96
Conditioning ESP and/or pre-treatment sinter feed		ESP non-conditioned; Oil content raw materials regulated (no de-oiling)	ESP non-conditioned No special measures to prevent fire-hazard	ESP non-conditioned; Max. HC* in ESP-precipitate: 1%; achieved by max. input mill scale of 3% of feed	non-conditioned
By-product (dust)					
Amount	(kg/t sinter)	1-2	n/a	1-2	2
Processing		recycled to sinter process	recycled to sinter process	n/a	n/a
Energy demand	(GJ/t sinter)	0.00036	n/a	n/a	n/a
Investment	(1 x 10 ⁶ Ecu ₁₉₉₆)	n/a	9 in 1995	n/a	4.2 in 1975
Operational costs	(Ecu ₁₉₉₆ /t sinter)	0.0018-0.0024 in 1986 (only maintenance)	n/a	n/a	0.11 in 1986 (maint. and deprec. excluded)

n/a not available
* ESCS Electrostatic Space Cleaner Super
** MEEP Moving Electrode Electrostatic Precipitator

Tablo 4.8: MEEP ve ESCS elektristatik çöktürücülerindeki İşletme ve Maliyet Verileri (InfoMil, 1997)

EP.2 Torbalı Filtre

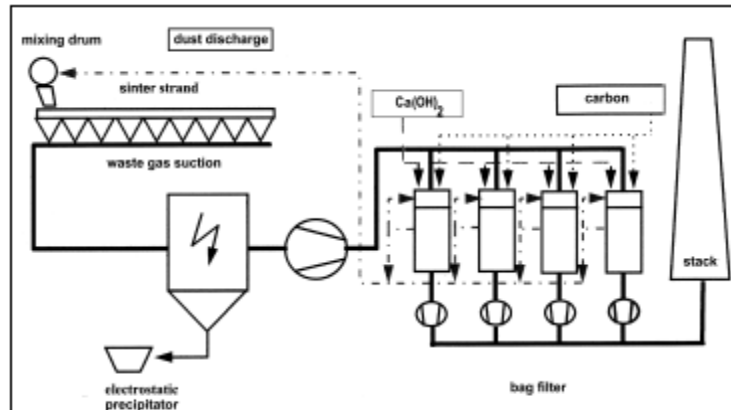
Tanımlama: Atık gaz akımı içerisinde; partikül parça emisyonunun azaltılmasında bez filtre oldukça yüksek verimlilik sağlar. Katkılarla güçlendirilen bez filtreler PCDD/F, HCl, HF ve SO_2 emisyonları azaltılabilir. Partikül içerisinde PCDD/F emisyonları önemli derecede azaltılabilir.

Filtreler bez filtre eş anlamıyla kullanılan sık boru şeklinde saport üzerine hava geçirmez “bag house” olarak adlandırılan bir shell içerisine yerleştirilir.

Hava akımı aşağıdan girer, bezde partikül parçalarını toplar ve torbadan geçer. Süzgeç tortuları başına düşene kadar toplanır, bu zamanda filtre temizlik için üç mekanizmadan biriyle (hava dönüşü, vuruş veya darbe jet) kapatılır. Filtreleme materyallerinden bir çoğu kullanılabilir ve bunların her biri kendi spesifik değerleri vardır. Sinter atık gaz tesislerinde uygulanan bez filtrelerde çok yüksek sıcaklığa, aşınmaya, geniş gaz hacmine ve buna ek olarak basınç düşmesine ve yapışkanlığa karşı engel olunmalıdır.

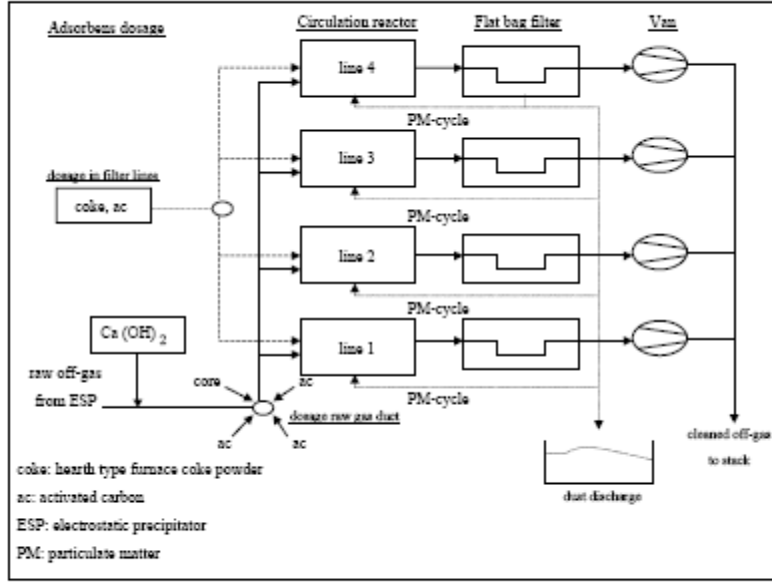
Küçük partiküllerin varlığı (özellikle alkaline chlorides, ağır metal chlorides ve kalsiyum oksit) ve oldukça yüksek organik bileşikler oldukça güçlü yapıştırıcı etkisine ve su sızdırmaz tabaka formunda toz kalıbı torba üzerinde oluşabilir. Küçük partikül problemi ve yüksek konsantrasyondaki organik bileşikler susuzluğu giderici temel katkı maddesi kireç sayesinde çözülebildiği rapor edilir (weiss 1998). Buna ek olarak; yüksek konsantrasyondaki hidrokarbonlar filtre yangınına sebep olabilir. Filtre malzemesinin tıkanmasını önlemek için bez filtrenin $20-30 \text{ mg/Nm}^3$ 'e limitlenmesinden önce hidrokarbon konsantrasyon beyan edilmelidir. Bremendeki deneyler gösterdi ki; bu sınırlama kireç ve hidrokarbon konsantrasyonunun ölçülen atık gaz içerisinde 200 mg/Nm^3 'e kadar gerekli değildir.

Şekil 4.19 toz emisyonlarını ve ağır metalleri minimize etmek için iki bölgede kurulan elektrostatik çöktürücü içeren torba filtrenin layout'unu gösterir. Sönmüş kireçle birlikte bu uygulamada problemlerden kaçınmak için kullanılan dozaj öncelikli olarak atık gaz sinter tesisindeki torba filtre uygulamalarıyla birleştirilmiştir.



Şekil 4.19: ESP'den sonra kurulu bulunan Torbalı filtre sisteminin yerleşim planı- (Wells, 1996)

İlaveten atık gazdaki PCDD/F ve civa emisyonlarını düşürmek için linyit kömürü tozu, torbalı filtre öncesi sisteme ilave edilir. (Şekil 4.20)



Linyit kömürde olduğu gibi, torba filtreyi korumak ve kendiliğinden tutuşma riskini azaltmak ve bir kaplama tabakası oluşturmak için toz kireç dozajı ayarlanır. Diğer bir etkide HF ve HCl emisyonları azaltılır. Ayrılan toz ve adsorbent maddeleri sinter fabrikasına tekrar geri dönüşüm yapılır.

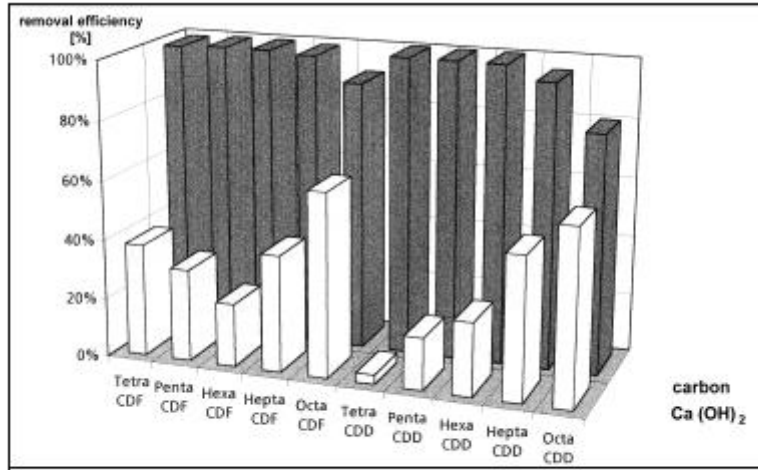


Figure 4.21 : PCDD/F removal efficiency of a bag filter with dosage of lignite coke powder – [Weiss, 1996]

Şekil 4.21: Linyit kömür tozu eklenmiş torbalı filtre sistemindeki PCDD/F uzaklaştırma verimi

Elektrostatik çöktürücü den kurtulan toz oldukça yüksek klorit içeriği (ki bu içerik atık gaz içerisindeki atık toz miktarını artırır.) yüzünden ortamı doldurur. Elektrostatik çöktürücü sonrası; girişteki yüksek poli klorürlü Dibenzo-P, dioksinler, furanlar(PCDD/F) konsantrasyonu sayesinde bunlar 5-10 ng olabilir. I-TEQ/Nm³ atık konsantrasyonu 0,2-1 ng I-TEQ/Nm³ arasındadır. Birçok durumda 0,5 ng I-TEQ/Nm³ altında olmasına rağmen bu artık içerik küçük toz konsantrasyonu ile orantılıdır.

Uygulanabilirlik: Torbalı filtre hem yeni hem de eski fabrikalar için kullanılabilir. Fakat bez filtrenin uygulanabilirliği site (lokal) spesifikasyonlarına atık gazın ve partikül malzemenin karakteristik özelliklerine bağlıdır.

Diğer çevresel etkiler: Torbalı filtreler sinter tesisinde tercihen yeniden kullanılmak üzere katı bir akış (0,5-1 kg/t sinter) üretir. Bazı durumlarda tutlan tozlar içerisinde çinko, kurşun gibi istenmeyen bileşikler içerir. Bu durumlarda katı atıkların bir kısmı ya da hepsi iskontoya çıkartılmaktadır.

Torbalı filtre kullanımı elektrik tüketimini de arttırır (0,2-2kwh/1000 Nm³). Bu tüketim 0,002-0,015 GJ/t sintere denk gelmektedir, ya da her yıl 1MNm³ ve 8640 çalışma saati ile her yıl 4 Mt sinter üretiminde <%1 toplam sinter enerji tüketimiyle örtüşür. Eğer daha fazla PCDD/F emisyonu azaltmada C kullanılırsa özel uygulamalarla filtre yanmalarının ve operasyon derecesini atık gazın çığ noktasının altına yaklaştırır. Gerektiğinde kıvılcım bulma ekipmanları kurulabilir filtre bypass edilir. Bez filtreler başlatma anında by pass edilmelidir.

Referans fabrikalar: başarılı şekilde filtreleme sistemine sahip olan 3 sinter atık gaz fabrikası bulunmaktadır. İleriye dönük olarak yeni filtreleme sistemleri yapım aşamasındadır.

1. Stahlwerke Bremen GmbH, Bremen, Almanya; Yukarıda açıklanan sistem 1993 te inşa edildi. 1996 tan beri kireç ve linyit kömür tozu devamlı bir dozajda operasyona tabi tutlmaktadır.
2. Inland Çelik Doğu Chicago, USA
3. Warren Consolitated Industries (WCI), Youngstown sinter company, Warren, Ohio, USA.
4. US. Çelik, Gary Worksl Gary Hindistan, USA, Fabric filtreleme sistemi yapım aşamasındadır.

İşletme verileri ve Ekonomikliği: Tablo 4.9 işletme verimliliği ve ekonomikliği hakkında genel bir bakış açısı sunmaktadır..

	Unit	Stahlwerke Bremen GmbH, Bremen, Germany	Inland Steel* East Chicago, USA	WCI-Youngstown Sinter Company**, Warren, Ohio, USA
Sinter capacity	(t sinter/h)	260	167	125
design		230	125	100
actual				
Waste gas flow	(1 x 10 ⁶ Nm ³ /h)	0.5	0.82	n/a
design		0.4-0.45	0.75	0.42
actual				
Pre-inst. de-dusting		dry ESP (two fields)	none	none
Particulate matter				
inlet	(mg/Nm ³)	ca. 300	n/a	n/a
outlet	(mg/Nm ³)	< 5	12-16	20
efficiency	(%)	>99	n/a	>99%
Dioxin removal			n/a	n/a
inlet	(ng 1-TEQ/Nm ³)	5-10		
outlet	(ng 1-TEQ/Nm ³)	0.02-1.0		
efficiency	(%)	98-99.6		
HCl removal			n/a	n/a
inlet	(mg/Nm ³)	26.6		
outlet	(mg/Nm ³)	11.4		
efficiency	(%)	57		
HF removal			n/a	n/a
inlet	(mg/Nm ³)	5.9		
outlet	(mg/Nm ³)	0.2		
efficiency	(%)	>95		
Heavy metal removal			n/a	n/a
efficiency	mg/Nm ³	Inlet (after ESP)	Emission (after fabric filter)	
		Al: 0.2	0.04	
		As: 0.009	0.0003	
		Cd: 0.076	0.001	
		Cr: 0.01	0.003	
		Cu: 0.93	0.003	
		Hg: 0.013	0.0013	
		Ni: 0.01	0.006	
		Pb: 13.4	0.02	
		Zn: 0.41	0.12	
Additives	(mg/Nm ³)	Slaked lime (Ca(OH) ₂): ca. 450 Lignite coke powder: ca. 100	none	none
Waste product				
generation	(kg/t sinter)	Ca. 1	n/a	n/a
reuse		recycled to sinter plant	to BOF briquetter	n/a
Type of fabric		Nomex, Rastex	Dacron	non-woven Nomex
Type of cleaning		pulse jet	reverse air flow	pulse jet
Pressure drop	mm watercolumn	150	75-180	75-100
Investments	(1 x 10 ⁶ Ecu ₁₉₉₆)	Fabric filter: 7.3 (in 1993) Additive dosage device: 1.1	8 (in 1987)	5 (in 1991)
Operational costs	(Ecu ₁₉₉₆ /t sinter)	Energy: 0.11 (in 1996) Other: strongly depending on type and operation time of fabric	not separated from other operational costs	n/a

n/a verilmemiştir.

* ABD East Chicago Inland Steel'de torbalı filtre 1978'den beri çalışmaktadır (PWS,1987). Yağlı tufal girişi ton sinter başına 3 kg'dan daha az olarak ayarlanmış olup, torbalı filtrenin yangın tehlikesi önlenmiştir. Yağ uzaklaştırma sistemi 1 yıldan beri çalıştırılmaktadır. Kullanılan solventle yağ miktarı %1-2'den % 0,1'e düşürülmüştür.

** Ohio Youngstown sinter fabrikasında torbalı filtre 1991'den beri çalıştırılmaktadır. Filtre torbalarında yangın tehlikesi oluşmuştur.

Tablo 4.9: Sinter tesisi torbalı filtreleri işletme verileri ve maliyetleri (InfoMill, 1997; Weiss,1996)

EP.3 Siklon

Tanım: siklonlar sentrifüj hareketiyle partikül parçalarını dışarı ayırır. Siklonlar partikül parçalarının büyük olduğu durumlarda etkili azaltma araçlarıdır. Bir multi siklon, ayrı serideki siklonlarla paralel olarak çalışma prensipleri ayrıdır. Bu yüzden daha fazla verimlilik elde edilir. Siklonlar bazen sinter tesislerinde atık gaz içerisindeki partikül parçalarından gelecek olan aşındırıcı etkilerden korumak için kullanılan orta derece temizleme cihazı olarak kullanılır.

Ulaşılan Emisyon Seviyeleri: 10µm den büyük partiküller için multi siklon kullanımıyla %90-95'lik bir verimlilikle rapor edilir ama atık gaz sinter tesisindeki oldukça küçük ebatlardaki partikül parçaları yüzünden verimlilik %60-80 arasında düşünülür. Bu yüzden sinter tesisinden çıkıştaki konsantrasyonlar giriş konsantrasyonu ve partikül ebatına bağlı olarak 300-600 mg/Nm³ arasında değişir.

Uygulanabilirlik: yeni ve hazır tesislerde kullanılması mümkündür.

Diğer çevresel etkiler: bir sinter tesisi ile her yıl 4 Mt sinter üretimi ve bir MNm³/h atık gaz akışı için slight basınç düşümü (0,5 kPa) atık gaz emiş pompalarının yaklaşık olarak 200 kw'lık enerji tüketimini artırır.

Referans İşletmeler: dünyadaki bir çok sinter tesisinde kullanılan siklonlar büyük partikül parçalarını azaltan araç olarak kullanılır. Örneğin Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden; Wakamatsu/Yawata Works, Nippon Steel Corporationi Japan

İşletme verileri: uygulamalar düzgün olarak aşındırıcı ve nemli ortamlarda partikül parça konsantrasyonunu azaltmada yaklaşık olarak tozun spesifik ağırlığına bağlı olarak %60-80 verimlilikte azaltır. Hoogovens IJmuiden2de 300 mg/Nm³ çıkış konsantrasyonu multi siklonla başarılmıştır.

Ekonomi: her 1000 Nm³/h için yatırımlar 500-750 Ecu₁₉₉₆ arasında tahmin edilir. Bir sinter tesisinde 1 MNm³/h atık gaz akışı bu miktar 0,5-0,75 Ecu₁₉₉₆

Uygulama maliyetleri basınç düşmesine ve dolayısıyla enerji maliyetlerine bağlıdır. Bahsedilen sinter tesisi için her yıl 6.000-127.000 arasında değişen miktar 0,02-0,04 Ecu₁₉₉₆/t sintere tekabül gelmektedir.

EP.4 Islak Tip Yıkama Sistemi, Örneğin “Airfine”

Tanım: Yıkayıcıda atık gaz içerisindeki toz halindeki maddeleri uzaklaştırmak için su kullanılmaktadır. Karışım halindeki sıvı daha sonra tekrar kullanılmak için ayrıştırıcı kullanılarak temizlenir.

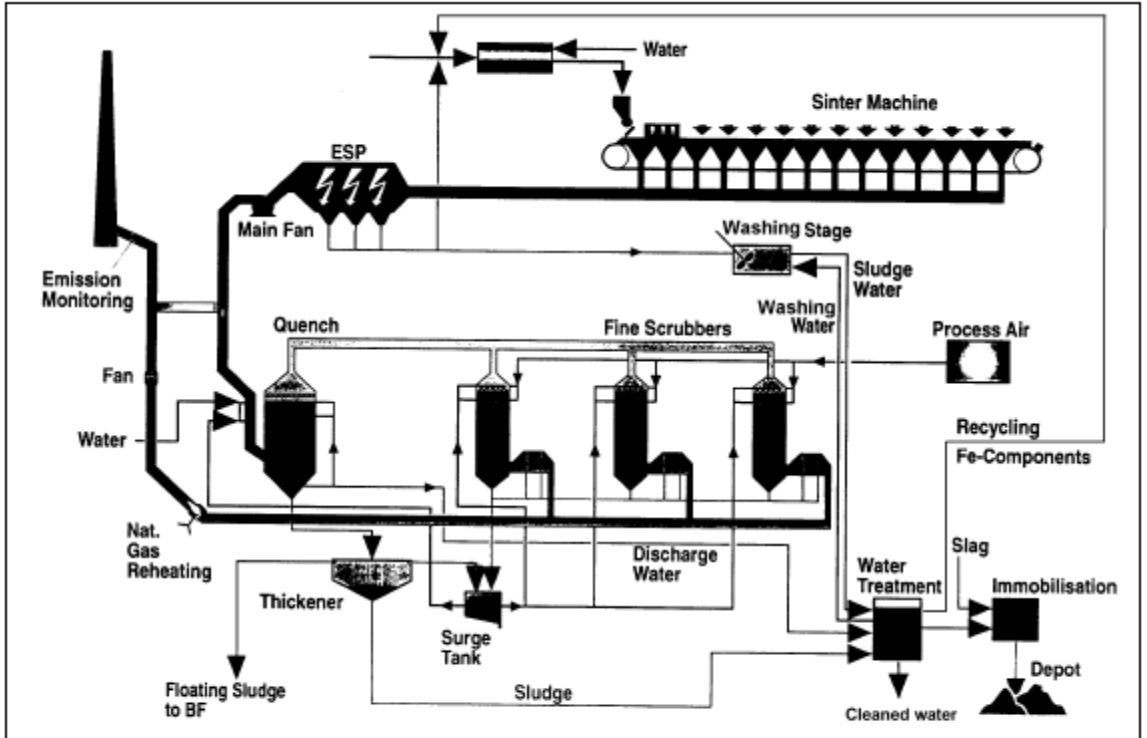
Yüksek konsantrasyonlardaki hidrokarbon ve etkin maddeler sinter atık gaz fabrikasındaki bilindik scrubberlar (örneğin venturş scrubbers, spray column scrubbers) tarafından genellikle konsantrasyonu azaltılamadığı için Avrupa’da sinter fabrikalarına uygulanmamaktadır.

Günümüzde geliştirilen yeni tip scrubber (high performance scrubber) AIRFINE adı altında piyasaya sürülmektedir.

Gaz temizleme sisteminin ana bölümleri (figür 4.22)

- Elektrostatik precipitator (ESP): Atık tozu ayrıştırmak için
- Atık gaz soğutma ve çökeltme sistemi
- A fine scrubber sistemi: İnce toz ayrıştırma ve eş zamanlı gaz temizliği
- Su çevrim sistemi: Ayrıştırma ve yeniden kullanımı korumak için

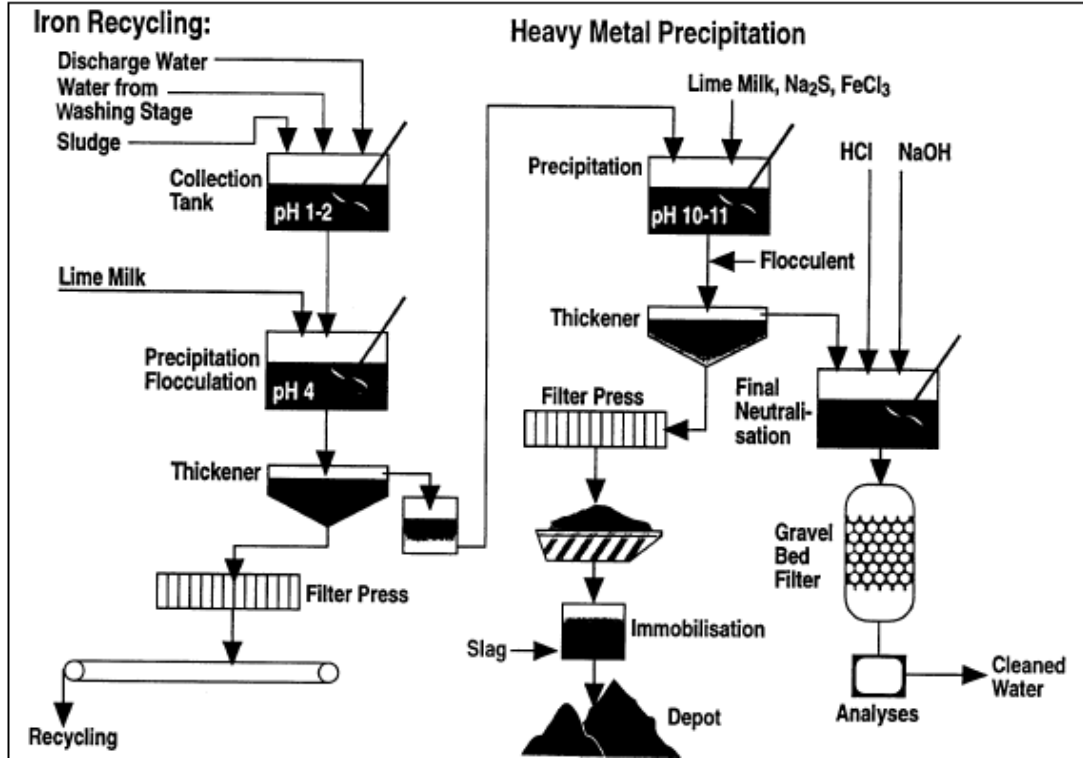
Bu sistemin kalbi fine scrubber sistemidir. Çift buhar nozzle suyu çıkartıp sıkıştırarak yüksek basınç elde edip jet etkisiyle atık gazı soğutur.



Şekil 4.22: Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz’de yer alan sinter fabrikası ıslak tip arıtmalı atık gaz arıtım sistemi

AIRFINE yıkama sistemi ile en ince toz parçaları (alkali ve ağır metal klorürleri) ve noxious atık gaz bileşikleri gazdan ayrılır. Özellikle PCDD/F, ağır metaller ve PAH’lar ince tozun içerisinde bulunurlar. Kuru tip temizleme sistemi ile bu sistemi karşılaştırsak Airfine, suda

çözülebilir bütün bileşikleri ayrıştırabilmektedir (alkali ve ağır metal klorürler gibi). Bunların yanında bazik ve asidik bileşikleri de (HF, HCl ve SO₂) ayrıştırılabilmektedir.



Şekil 4.23: Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz'deki ESP ve ıslak yıkayıcı sisteminden gelen atıksuyun arıtımı

Ulaşılan emisyon seviyeleri: İki ticari tesisten biri Voest-Alpina Stahl AG'de 1993 yılından bu yana uygulanmaktadır; 2. si Hoogeveens IJmuiden de 1998 ilkbaharında bu yana faaliyetine devam etmektedir. 3. ise BHP-ISD, Whyalla Avustralya da planlanmaktadır.

Ulaşılan emisyon konsantrasyonları ve emisyon faktörleri Tablo 4.10 da gösterilmektedir. Partikül parça emisyonları 50 mg/Nm³ ten küçüktür bu da %95 lik partikül parça uzaklaştırma verimliliğine denk gelmektedir. Elektrik tüketimi 39 MJ/t sinterdir ve 79 MJ/t (boşaltmadan önceki atık gazın yeniden ısıtılması için tüketim). Kaba toz ayrışması ESP'nin ilk kurulumu ile yaklaşık 150-250 mg/Nm³'lük bir çıkış konsantrasyonu ile olur. Rapor edilen basınç düşmesi 8-15 mbar dır. Normal operasyon durumları altında; 0,4 ng I-TEQ/Nm³ garanti edilir, bu da yaklaşık 8 ng I-TEQ/Nm³ giriş için %95 verimliliğe denk gelir. Buna ek olarak; 80-95% HCl ve HF uzaklaştırılır. SO₂ emisyonları yüksek verimlilikte uzaklaştırılır. Eğer olanaklar ve katkı injeksiyonları sağlandığı takdirde (bak EP.5 ve BAT sonucunun 8. noktasına – SO₂ emisyon minimizasyonu)

Ağır metal konsantrasyonları su da erime sonucuna bağlı olarak 90% dan fazla verimlilikle azaltılır.

Component	Achieved emission concentration [mg/Nm ³]	Achieved emission factor with 2200 Nm ³ /t [g/t sinter]	Removal efficiency [%]	Measuring method
Particulate matter	48	110	95.2	VDI 2066 B13
As	< 0.001	< 0.002	87	VDI 3868
Cd	0.003	0.0067	92	VDI 3868
Co	< 0.001	< 0.002	95	VDI 3868
Cr	0.002	0.0045	92	VDI 3868
Cu	0.02	0.044	96	VDI 3868
Hg	0.01	0.02	96	VDI 3868
Mn	0.01	0.02	93	VDI 3868
Ni	< 0.001	< 0.002	95	VDI 3868
Pb	0.05	0.1	96	VDI 3868
Sb	< 0.001	< 0.002	87	VDI 3868
Se	0.001	0.002	90	VDI 3868
Tl	0.002	0.0045	93	VDI 3868
V	< 0.001	< 0.002	87	VDI 3868
Zn	0.001	0.002	94	VDI 3868
HCl	26.5	60	96	VDI 3480 B11
HF	0.6	1.3	95	VDI 2470 B11
SO ₂	370	820	10	Infrared
VOC (FID-measurement)	11	25	50-60	Instruction UBA EM-K1
PAH (EPA 16)	50 µg/Nm ³	110 mg/t	n/a	EPA-Method
PCDD/F	0.4 ng I-TEQ/Nm ³	1.0 µg I-TEQ/t	94	VDI 3499 B11

n/a verilmiş

Tablo 4.10: Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz’de Airfine sistemiyle ulaşılan emisyon faktörleri ve değerleri

Bu tekniğin verimlilik düzeyleri, uygulanı elektrostatik çöktürücüye göre daha yüksek verir (bak Tablo 4.10). Hem de PAH gibi non-polar kirlilikler, küçük tozların etkili şekilde uzaklaştırılmasıyla kaldırılır.

Çökeltme ve topraklanma sonrası, atık su emisyon konsantrasyonları ve uygulanmış emisyon faktörleri Tablo 4.11 de verilmiştir.

Component	Achieved concentration [mg/l]	Achieved emission factor [mg/t sinter]	Removal efficiency [%]	Measuring method
Treated waste water flow	14.2 m ³ /h	0.064 m ³ /t sinter	-	induction
pH	8.8 – 9.3			DIN 384
Suspended solids	8	0.5	99.6	DIN 38409-H2
Al	0.28	0.018	98	DIN 38406
As	0.001	0.00006	99	DIN 38406
Cd	0.002	0.00013	99	DIN 38406
Cr	0.009	0.0006	95.5	DIN 38406
Cu	0.062	0.004	99	DIN 38406
Fe	0.23	0.014	99.9	DIN 38406
Hg	0.001	0.00009	99.8	DIN 38406
Ni	0.048	0.003	99	DIN 38406
Pb	0.006	0.0004	99.9	DIN 38406
Zn	0.026	0.0016	99	DIN 38406
Chloride	4770	310	-	DIN 38405-D1
Sulphate	2420	160	20	DIN 38405-D5
Fluoride	6.7	0.43	81-90	DIN 38405-D4
Sulfide	0.06	0.004	-	DIN 38405-D26
CN-volatile	0.02	0.0013	-	DIN 38405-D13
Ammonium-N	110	7.1	-	DIN 38406-E5
Nitrate-N	17	1.1	-	DIN 38405-D9
Nitrite-N	0.64	0.04	-	DIN 38405-D19
TOC	17	1.1	-	DIN 38409-H3

Tablo 4.11: Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz tesisinde atık gaz temizlenmesi sonrası çıkan atıksuyun arıtma sonrası ulaşılan emisyon faktörleri ve emisyon konsantrasyonları

Uygulanabilirlik: Yeni ve hazır tesislerde kullanılabilir fakat spesifik değerleri dikkate alınmalıdır.

Diğer çevresel etkiler: Kirlenmiş atık su arıtılmalıdır. Atık arıtmasından oluşan çamur ya da tortu, güvenli bir bölgede elden çıkarılmalıdır. Küçük gaz temizleme ya da yıkama sisteminin oldukça yüksek enerji ihtiyacı vardır. Bu boşaltmadan önce temizleme sistemi atık gazın yeniden ısıtılması içindir.

Referans İşletmeler: Voest-Alpine Linz'deki tesisi 1993'den beri çalışmaktadır. Hoogovens IJmuiden 1998'den beri çalışmaktadır. Bu tesisi desülfürizasyon ünitesini de içermektedir.

Economikliği: Voest-Alphine Stahll AG, A-Linz

Yatırımlar: 39,2 milyon Ecu₁₉₉₆ (toplam yatırım, kurulum ve mühendislik) bu yüksek maliyet, kurulan ilk pilot fabrika olması yüzündendir.

İşletme Verileri: enerji tüketim maliyetleri önemlidir buna ek olarak bir işçi, atık su arıtımında ve sistemin bakımında gereklidir. Bu yatırım 1,5% dir.

Uygulama ve Enerji Maliyetleri: 1997 yılında 28.000 Ecu₁₉₉₇ olmuştur.

Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden;

Yatırımlar: 40 milyon Ecu₁₉₉₇, bu maliyette alt yapı yatırımları dahildir.

İşletme Verileri: 1998 mayıs'tan bu yana yapılan uygulamalarda; 550.000 m³/h atık gaz arıtılmıştır. Asıl maliyetler atık su arıtma servisleri ve local gereksinimleri yüzünden farklı olacaktır.

İşletme Verisi : Voest Alphine Stahll AG, sinter tesisi yüksek performansta gaz temizleyici (scrubber) olarak AIRFINE adı altında 1993 yılında görevlendirilmiştir. Gaz temizleyici kaba toz ayırıcıdan sonra (ESP) kurulur ve 270 t/h sinter üretiminde 600.000 Nm³ arıtır. Bugün bu sistem daha yüksek verimlilik vaat eder. Hava sıkıştırma ve gaz temizleyici pompalar için enerji gereksinimi yaklaşık olarak 2MW dır. Extra enerji ihtiyacı 39 MJ/t sinter ile degelenir, bu da 95% lik artıştır. Buna ek olarak 650 Nm³/h (79 MJ t/sinter) doğalgaz temizleyici sonrası gazın tekrar ısıtılması için kullanılır. Bu yeniden ısıtma loval regülasyonlara bağlı ve bu teknik için spesifik değildir. Soğutma su akışı (hava kompresör istasyonu için) 200-300 m³/h tir (operasyon durumlarına bağlı olarak).

Referans Literatür : (Gebert, 1995)

EP.5 Islak Tip Desülfürizasyon

Tanım : Islak ve kuru tip desülfürizasyon prosesleri mevcuttur. Burada sadece ıslak tip ele alınmıştır. Atık gazın soğutulmasından sonra SO₂ Ca ve Mg içeren bir çözelti ile absorbe edilir, CaSO₄ ve MgSO₄ olarak çöktürülerek sistemden alınır. Reaksiyonu gerçekleştirmek için değişik malzemeler kimyasal olarak kullanılır:

Çelikhane curufu (çelikhane desülfürizasyon curufu). % 30-40 CaO içeren çelikhane curufu pulverize bir şekilde su ile karıştırılarak Ca(OH)₂ oluşturulur ,
Sönmüş kireç (Ca(OH)₂),
CaCl₂ ve sönmüş kireç (Ca(OH)₂),
Sönmüş kireç ve CaCO₃,
Mg(OH)₂.

Oluşan CaSO₄ (kalsiyum sülfat) susuzlaştırılır. Kalsiyum sülfat kalitesi kurulan toz tutma sistemin verimliliğine göre değişir. Bazı ülkelerde kalsiyum sülfat çimento fabrikalarına satılır.

Kalsiyum sülfat çamurundan ayrılan su, resirküle ettirilir. Klorür birikiminden dolayı resirküle eden suyun bir kısmı blöf suyu olarak atılır. Dolayısıyla kalsiyum sülfat çamuru ve atıksu bu proses sonucu oluşur.

Amonyum hidroksit (NH₄OH) kullanıldığı zaman NH₄H₂SO₃ solüsyonu oluşur. Bu solüsyon kok fabrikalarındaki yan ürün geri kazanım prosesinde kullanılarak, amonyum sülfat (NH₄)₂SO₄ elde edilir.

Islak tip desülfürizasyon sistemi ıslak tip yıkama sistemiyle de birlikte kullanılır. (Bakınız EP.4)

Ulaşılan emisyon seviyeleri : % 90'ın üzerinde %95- 99 arasında desülfürizasyon verimi elde edilir. HCl, HF ve toz atık gazdan ayrılır. Sistem NO_x'ları ayırmaz. (InfoMil, 1997)

Uygulanabilirlik: Eski ve yeni sistemlere yer kısıntısı olsa bile uygulanır.

Diğer çevresel etkiler: Oluşan kalsiyum sülfat çamuru atık olarak problem oluşturabilir. Bu atığın satışının yapılmadığı ülkelerde atığın depolanabilmesi için stabilize edilmesi gerekmekte, bu da maliyetli olmaktadır. Bazen bu atık malzeme tozla birlikte sistemden ayrıldığı için fazla bir zararlı etkisi olmadığı için sahaya boşaltılabilir. Eğer içeriğindeki katı maddeler ayrılacaksa atıksu arıtma sisteminden geçirilmesi gerekir.

Kalsiyum sülfatın % 10'luk bölümü atık olarak depolanır, % 90'lık bölümü ise geri kazanım için satılır. Bu sistem, Thyssen Stahl AG, Duisburg tesislerinde mevcuttur (InfoMill, 1997).

Yıkama suyunun tamamına yakını, desülfürizasyon öncesi toz tutma sistemi varsa geri döndürülür. Klorür'ün sistemde birikimini önlemek için zaman zaman su blöf olarak atılır. Yaklaşık 5-20 m³/saat arasında su atıldığı rapor edilmekle birlikte hiç su atılmadan üzerine takviye su ile çalışan sistemler de mevcuttur.

Elektrik tüketimi , ton sinter üretimi başına 6.1-7.2 MJ'dür. Bunun yanında; temizlenmiş atık gaz emisyon öncesi tekrar ısıtılmalı yeterli eriyik artışını sağlamak için. Bazı durumlarda fırın

gazı kullanılır (coke oven gas). Bazende sinter fabrikasından atık olarak üretilen CO ısıtmada kullanılır. Slakeol kireç harcaması SO₂ iç konsantrasyonuna ve atık gazın miktarındaki istenen etkinliğe bağlıdır. Wakamatsu Works, NSC, Japan, fabrikasında rapor edilen tüketim miktarı m³ SO₂ başına 3-4 kg sönmüş kireçtir.

Referans İşletmeler: Tablo 4.12 ye göre yaş desülfürizasyon uygulayan fabrikalar: Avrupadaki tek Mitsubishi uygulamasıyla desülfürizasyon yapan sinter fabrikası Thyssen Stahl AG'dir. Bu fabrikada alınan numunedeki SO₂ konsantrasyonu yüksek olduğundan fabrika 2 yıldır çalıştırılmamaktadır. Çünkü SO₂ azaltılması yüksek maliyetli bir iştir.(bkz. Tablo 4.12)

Company	Works	Plant no.	Amount of gas treated (design) (1 x10 ⁶ Nm ³ /h)	Reaction agent
Nippon Steel Corporation	Wakamatsu/Yawata		1	slaked lime
	Sakai		1	SSD (steel slag)
Nippon Kokan KK	Fukuyama		0.76	NH ₄ OH
	Keihin		1.2-1.3	NH ₄ OH
Kawasaki Steel Corporation	Chiba	sinter plant no.4	0.62-0.75	slaked lime
	Chiba	sinter plant no.3	0.32	slaked lime
	Mizushima	3 sinter plants	0.75; 0.75; 0.9	slaked lime
Kobe Steel Ltd.	Kakogawa		1	CAL*
	Kobe		0.35	CAL*
Sumitomo Metal Industries	Wakayama	sinter plant no.5	0.4	Slaked lime and chalk
	Kashima	2 sinter plants	0.88; 0.2	Slaked lime and chalk
	Kokura		0.32	Magnesium hydroxide
Thyssen Stahl AG	Duisburg	sinter plant no. 4	0.32	Slaked lime and chalk

CAL : Kalsiyum klorür ve sönmüş kireç

Tablo 4.12 : Sinter fabrikasındaki ıslak tip desülfürizasyon ünitesi – (InfoMil,1997)

İşletme Verileri ve Ekonomikliği: Tablo 4.13 bu 5 desülfürizasyon fabrikasının operasyonel ve ekonomik datalarından genel bir bakış açısı sunmaktadır. Yerel otoriteler tarafından bunların hepsine bir ayarlama geliştirilmiştir. Hiçbir zorluktan bahsedilmemiştir.

Desülfürizasyon etkinliği belirli bir sürede değil 24 saatlik bir ölçüm ile yapıldığı için genel etkinlik figürleri daha düşük olmaktadır. Notlara bağlı olarak atık satış sonuçları bazı Avrupa ülkelerinde mümkün olmamakta ve problemler yaratmaktadır

İlave maliyet verileri :

(InfoMil, 1997) ıslak tip desülfürizasyon sistemleri için aşağıdaki maliyetleri raporlamıştır.

Yatırım : 50-80 Ecu (1996) /Nm³/h

İşletme : Her bir uzaklaştırılan SO₂ kg'ı başına 0.5-1.0 Ecu (1996).

Yıllık üretim kapasitesi 4 Mt, atık gaz akışı 1 MNm³/h , 8640 saat işletilen ve atık gazdaki SO₂ miktarı 1200 g/t sinter olan ve % 90 verimle çalışan desülfürizasyon ünitesinden geçen tesisin harcamaları aşağıda verilmiştir:

Yatırım : 50-80 Ecu (1996)

İşletme : 0.5-1.1 Ecu (1996)/ton sinter.

Yatırım maliyeti çok yüksek olduğu için neredeyse sinter fabrikası fiyatına eşdeğer olan desülfürizasyon tesisi yerine giren hammaddedeki kükürtün düşürülmesine yönelik çaba sarfedilirse daha uygun olur.

Referans literatür : (InfoMil,1997)

	Unit	Thyssen Stahl AG Duisburg	Kawasaki Steel Corp. Chiba	Nippon Kokan KK Keihin	Nippon Steel Corp. Wakamatsu/Yawata	Sumitomo Metal Ind. Wakayama
Sinter production design	(t/h)	400	290	500	1000	n/a
actual		375	180	n/a	600	185
Total waste gas flow design	(10 ⁶ Nm ³ /h)	0.32	0.62-0.75	1.2-1.3	2	n/a
actual		0.24	0.38	n/a	1	0.4
Sinter basicity	(CaO/SiO ₂)	1.75 - 2.1	1.8	1.8	1.92	2.2
Desulphurisation capacity design	(10 ⁶ Nm ³ /h)	0.32	0.62-0.75	1.2-1.3	1 (partial deSO _x)	n/a (partial deSO _x)
actual		0.1 (partial deSO _x)	0.38	n/a	0.45-0.51 (partial deSO _x)	0.2 (partial deSO _x)
Pre-installed de-dusting Type		3-field dry ESP	dry ESP	dry ESP	cyclone	dry ESP
clean gas	(mg/Nm ³)	130-140	70-80	50	n/a	40
Reaction agent		slaked lime and chalk	slaked lime	NH ₄ OH	slaked lime	slaked lime and chalk (50%-50%)
SO ₂ -inlet concentration design	(mg/Nm ³)	1500	880-1170	n/a	1140	1830
actual		n/a	370	560-840	513-684	730-940
SO ₂ -outlet concentration design	(mg/Nm ³)	<150	30	n/a	<110	370
actual		<30	9	3-9	6-29	n/a
Desulphurisation efficiency design	(%)	>90	96-98	n/a	90	80
actual		>98	98	>99	95-98	n/a
By-product type		gypsum	gypsum	ammonium sulphate	gypsum	gypsum
amount	(kg/t sinter)	0.9	2.3	n/a	1.0-1.34	4.5
processing		90% sold; 10% disposed	sold	sold	sold	mainly disposed
Energy demand	(GJ/t sinter)	n/a	n/a	n/a	0.0061-0.0072 (electricity) (< 0.3% of tot. energy cons.)	n/a
Investment	(10 ⁸ Ecu ₁₉₈₆)	13 (in 1980)	26 (in 1976)	n/a	n/a	19.4 (in 1976)
Operational costs	(Ecu ₁₉₈₆ /t sinter)	0.6 (in 1986)	2.1 (in 1986); without depreciation	n/a	0.016 (in 1986); only maintenance	0.62 (in 1986); without maintenance without depreciation

n/a not available

Tablo 4.13 : Sinter tesisi ıslak tip desulfürizasyon ünitesine ait işletme verileri ve maliyetler

EP.6 Rejeneratif aktif karbon (RAC)

Tanım: Kuru desülfürizasyon teknikleri, aktive edilmiş karbon üzerinde SO₂'nin soğurulması esasına dayanmaktadır. Karbon üzerine yüklenmiş SO₂ rejenere edildiğinde sistem, "Rejeneratif Aktive Edilmiş Karbon (Rejenerated Aktivated Carbon RAC)" ile adlandırılır. Bu durumda yüksek kaliteli, pahalı karbon kullanılabilir ve Sülfirik Asit (H₂SO₄)'ten yan ürün olarak tasarruf sağlanır. Yatak ya su ile ya da termal yolla rejenere edilir. Bu tekniğe çöp yakma fırını, rafineri, güç(enerji) tesisleri ve sinter tesisinde başvurulur.

Bazı durumlarda, linyit esaslı aktive edilmiş karbon kullanılır. Bu durumda SO₂ yüklenmiş aktivekarbon genellikle kontrol altında yakılır.

RAC-prosesi atık gazdan çeşitli komponentlerin ayrılmasına olanak verir. SO₂,HCl, HF, Civa(Hg) ve NO_x(değişken). Sistem 1 yada 2 aşamalı proses şeklinde geliştirilebilir. 1 aşamalı proseste atık gazlar aktif karbon yatağına doğru yönlendirilir. Pislik, aktif karbon tarafından emilir. NO_x atıkları sadece katalizator yatağından önce gaz buharı içine amonyak (NH₃) enjekte edildiği durumlarda oluşur.

2 aşamalı proseste, atık gazlar aktif karbonla birlikte 2 yatağa yönlendirilir. Yataktan önce NO_x emisyonunu azaltmak için amonyak enjekte edilebilir.

Ulaşılan emisyon seviyeleri : Yüksek verimli desülfürizasyon imkanı bulunmaktadır(>%95). Denitrifikasyon verimi işlem sıcaklığı; NH₃ ilavesine bağlı olarak %80-90 seviyeleri gibi yüksek olabilir. Bu verimlilik oranları tesisin duruş zamanları için değil 24 saatlik çalışma için geçerlidir. Buna göre gerçek verimlilik oranları nispeten daha düşük olur.

Uygulanabilirlik: RAC prosesi eski ve yeni tesislerde hat sonu tekniği olarak uygulanır. Proses genellikle atık gazdan çeşitli komponentlerin eş zamanlı olarak arındırılması için düzenlenir(SO₂, HF, HCl, NO_x gibi).

Diğer çevresel etkileri: RAC prosesi uygulandığında ton-sinter başına toplam enerji tüketimi yükselir ve küçük bir su akışı olur. Entegre demir-çelik tesisinde uygun tesis mevcutsa bu su, su arıtma tesisinde kimyasal işleme tabi tutulabilir. Aksi durumda suyun arıtımı için ek maliyetler oluşur. Yan ürün olarak sülfirik asit oluşur.

Aktive edilmiş karbon rejenere edildiği ve kısmen yakıldığı için katı atık oluşmaz. Enerji tüketimi 12000 kW ya da 8,6 MJ/t sinter (toplam sinter enerji tüketiminin yaklaşık %0,4'ü) kadardır.

Rejeneratif olmayan proses uygulandığında t sinter başına enerji tüketimi artar ve kirliliğe sebebiyet veren katı atık oluşur.

Referans tesis: RAC prosesi Ağustos 1987'den beri İspanyada bulunan Nippon Steel Corp "Nagoya Works"taki 3 no.'lu sinter tesisinde kullanılmaktadır.

İşletme Verileri: Sinter tesisi 900.000Nm³/h lik gaz akışı ile birlikte günlük 12.000 t sinter kapasiteye sahiptir. RAC proses 450.000 Nm³/h lik kapasiteye sahip 2 paralel soğurma kulesi olarak dizayn edildi. Desülfürizasyondan önce, partikül sorunu bir siklon ve doğal olarak sonra ESp'de giderilir(temiz gaz konsantrasyonu:20-30 mg/Nm³). SO₂ giriş konsantrasyonları 360 mg/Nm³ ve raporlanan desülfürizasyon verimliliği %97'dir. Bu durum, 11mg/Nm³'lük çıkış konsantrasyonu sağlar. Partikül maddesi çıkış konsantrasyonları 15-20 mg/Nm³

tür(partikül boyutu 2-4 µm ;%60 karbon) denitrifikasyon 2 kuleden sadece birinde uygulanır. NH₃, NO_x enjeksiyonu bağlı olarak, uzaklaştırma verimi %15 seviyelerinde düşüktür.

SO₂ yüklenmiş aktif karbon 380-430 °C de termal işleme rejenere edilir. Karbon, bir kk fırın gazı ile yakılmış ısıtıcı vasıtası ile dolaylı olarak ısıtılır. Nitrojen (N₂) karıştırılır (500 m³/h). Suya doyurulmuş SO₂ zengin gazı (%15) sülfürik asit tesisine yönlendirilir. Rejenere edilmiş elenir ve soğurma yataklarına geri yönlendirilir. Küçük boyutlu partiküller sinter tesisi besleme-stoğu olarak kullanılır. Bu düzenlemeler tesis için spesifiktir ve diğer tesislerde genel kullanım için başvurulmamalıdır. Aktif karbon tüketimi 150 kg/h civarındadır. Buhar kullanımı (40 bar) 600 kg/h ve su tüketimi 0,08 m³/h tir.

Atık gaz giriş sıcaklığına (< 140 °C) ve partikül giriş konsantrasyonuna (max. 50 mg/Nm³) dikkat edilmelidir.

Maliyet : Yatırım (sülfürik asit ve atık su temizleme tesis dahil) 1987 yılında yaklaşık 21 milyon Ecu dur. 1991 yılında Voest Alpine Stahl AG, A-Linz bir RAC tesisi için 73 milyon Ecu'luk fiyat almışlardır.

İşletme maliyeti 1991 yılında ton sinter başına 0,75 Ecu (bakım maliyetleri dahil) idi. Bakım maliyetleri ton sinter başına 0,17 Ecu olarak hesaplanır (750.000 Ecu yıllık)

Referans literatür: [InfoMil,1997]

EP.7 Selektif Katalitik Redüksiyonu (SCR)

Tanım: Bu proseste, atık gaz içerisindeki NO_x, amonyak gazı ya da N₂ ve H₂O vasıtasıyla katalitik etki azaltılır. Vanadyum penta oksit (V₂O₅ ya da tungsten oksit (WO₃), titanyum oksit (TiO₂) taşıyıcı üzerindeki, genellikle katalizör olarak kullanılır. Diğer olası katalizörler demir oksit ve platinyumdur. Optimal işletme sıcaklığı 300-400 °C arasındadır.

SCR yüksek-toz sistemi, alçak-toz sistemi ve temiz-gaz sistemi (her biri kendi karakteristiklerine sahip) olarak işletilebilir. Şu zamana kadar sinter tesislerinde sadece temiz gaz sistemleri kullanılmıştır.

Katalizör de-aktivasyonu, patlayıcı amonyum-nitrat (NH₄NO₃) birikimi, amonyak sızmaları ve aşındırıcı SO₃ formasyonuna dikkat edilmelidir.

Genellikle, istenilen işletme sıcaklığını sağlamak için atık gazlar SCR aygıtından önce tekrar ısıtılırlar.

Uygulanabilirlik: yeni ve eski tesislerde hat-sonu tekniği olarak uygulanabilir. Sinter tesislerinde sadece “temiz-gaz sistemleri” kullanılır. Gazın çok temiz olması (<40mg/Nm³) ve min. 300 °C sıcaklığında olması zorunludur. Bu durum enerji ihtiyacını doğurur.

Ana Emisyon Seviyeleri: Sinter tesislerinde %90’dan daha yüksek NO_x redüksiyon verimi elde edilebilir. (katalizör tipi, işletme sıcaklığı ve NH₃ ilavesine bağlı olarak)

Diğer çevresel etkileri: SCR kuru teknik olduğundan su emisyonu bulunmamaktadır. Bu teknik amonyak kullanımı ve depolanmasını gerektirir. Üre ya da amonyak çözümleri de kullanılabilir.

Atık gazların katalizörle temasa geçmeden önce tekrar ısıtılmaları zorunlu olduğundan enerji tüketimi yükselir. Bu, sinter tesislerinden uygun ısıya ulaşma olasılığını düşürür. Ayrıca SCR aygıtı elektrik enerjisi harcar.

Referans tesisler:

1. Sinter Tesisi, Kawasaki steel corporation, Chiba Works, Japan
2. Sinter Tesisi, Nippon Kokan, Keihin Works, Japan
3. Sinter Tesisi 3&4, China Steel, Taiwan

İşletme verileri:

1. Sinter tesisi, Kawasaki steel corporation, Chiba Works, Japan

Kawasaki steel corporation, Chiba Works’te NO_x emisyonunu azaltmak için 1975 yılında bir SCR kuruldu. Sinter tesisi 7000 t sinter/gün ve 620.000-750.000 Nm³/h lik gaz akışı kapasitesine sahiptir. NO_x emisyonları platinyum katalizör üzerinde 450 mg/Nm³ ten 37 mg/Nm³ düşürülmüş ve böylece %90’dan büyük redüksiyon verimi sağlanmıştır. SCR, toz toplama ve desülfürizasyondan sonra kurulan, temiz-gaz-sistemi olarak işletilir.

SCR 260 °C ya da 400 °C’de işletilebilir. 260 °C’de yılda birkaç kez katalizör yenilenmelidir. Bu sıcaklıkta %90 verim sadece 1.2’nin tam katlarında NH₃ ilavesi ile elde edilir. Bu durumda NH₃ sızıntısı oluşur. 260 °C’de 3 senelik işletme sonrasında SCR akışına karşı bir CO çevirici düzenlenir. Bu çeviricide, atık gaz içerisinde bulunan CO, katalizör vasıtasıyla tüketilerek ısı üretilir. CO çevirici gaz sıcaklığını yaklaşık 400 °C’den 480 °C’ye yükseltir.

0,9'un tam katları şeklinde NH₃ ilavesi ile yaklaşık %90 verim (NO_x'in atılmasında) elde edilir. Amonyak sızıntısı oluşmaz.

2. Sinter Tesisi, Nippon Kokan, Keihin Works, Japan

Nippon Kokan, Keihin Works'teki sinter tesisinde 1979 yılında bir SCR kuruldu. Bu sistem toz toplama ve sülfürizasyondan sonra temiz gaz sistemi olarak işletilir. Sinter tesisi 12.000 t sinter /gün ve 1.2-1.3 milyon Nm³/h'lik gaz akış kapasitesine sahiptir.

SCR katalizör olarak maden cevheri (Asya'dan gelen limonit ve gezit cevheri) kullanır.

Gazlar, 410 mg/Nm³ konsantrasyonlu NO_x ile 340 °C deki ön ısıtmadan sonra, SCR'ye girer. Temiz gaz konsantrasyonu 100-120 mg/Nm³'tür ki bu %70-75 SCR verimine karşılık gelir. SCR aygıtı üzerindeki basınç düşümü 60-70 mm su seviyesidir. Isı dönüştürücü 80 mm su basınca sahiptir.

NH₃ tüketimi 120 g/t sinter'dir. Elektrik tüketimi 0,014 GJ/t sinter ya da toplam sinter enerji tüketiminin <%1'dir.

SCR rapor edilen hiçbir probleme sahip olmadan işletilmektedir.

Ekonomik veri:

1. Sinter Tesisi, Kawasaki steel corporation, Chiba Works, Japan

Yatırımlar = 27,3*10⁶ Ecu, 1975 yılında

Bakım giderleri = 0.08 Ecu/t sinter, 1992 yılı (200.000 Ecu/a)

İşletme Giderleri = 0.40 Ecu/t sinter, 1992 yılı (ön ısıtma giderleri dâhil 1.000.000 Ecu/a)

2. Sinter Tesisi, Nippon Kokan, Keihin Works, Japan

Yatırımlar = 50*10⁶ Ecu, 1979 yılında

Bakım giderleri = 0.57 Ecu/t sinter, 1992 yılı (900.000 Ecu/a)

İşletme giderleri = 0.75 Ecu/t sinter, 1992 yılı

[InfoMil,1997] SCR için aşağıdaki giderleri raporlamıştır.

Yatırım = 25-45 Ecu (Nm³/h)

İşletme = 0,7-0,9 Ecu/1000Nm³

4 Mt/a kapasite, 1 MNm³/h gaz akışı ve yıllık 8640 saatlik işletme için aşağıdaki giderler çıkarılabilir.

Yatırım = 25-45 milyon Ecu

İşletme = 1,5-2,0 Ecu/t sinter

1992 yılında Hoogovens IJmiden, NL-IJmiden deki SCR ünitesi için (ön ısıtma dahil) tahmini 30 milyon Ecu fiyat verilmiştir.

Fiyat faktörleri katalizör kullanımı, NH₃ tüketimi, atık gaz ön ısıtması giderleridir.

Avrupada hiçbir sinter tesisi de-NO_x sistemini kullanmamaktadır.

Referans Literatür: [InfoMil,1997]

4.4 Sonuçlar

Bu b3l3m ve içeriğini anlamak için okuyucunun dikkati bu d3k3manın 3ns3z3ne ve 3zellikle 3ns3z3n beşinci b3l3m3ne çekilir: “D3k3manı anlamak ve kullanmak”. Bu b3l3mde sunulan teknikleri ortaya çıkarma ve /veya t3k3tim d3zeyleri ya da d3zeylerin menzillerini takip eden adımları içeren tekrarlanan işlem yoluyla değerlendirildiler:

- Sekt3r için anahtar çevresel konunun tanımlanması; sinter tesisleri için bunlar toz,ağır metallere, NO_x, SO_x, dioksinler ve enerji verimliliği(ısı) dir
- Bu anahtar konularla en çok ilişkili tekniklerin sınanması
- En iyi çevresel performans seviyelerinin tanımlanması
- Ulaşılan bu performans seviyelerindeki durumların sınanması;maliyet,cross-media etkileri, bu tekniklerin y3r3t3lmesinde karşılaşılan ana zorlayıcı kuvvetler
- M3mk3n olan en iyi teknikler(BAT), makale 2(11) ve Annex IV y3nergesine uygun olan bu sekt3r için ortak emisyon ve/veya t3k3tim d3zeyleri

Bu değerlendirmenin temelinde,teknikler ve BAT’ın kullanımı ile ortak m3mk3n olan emisyon ve t3k3tim d3zeyleri, bir b3t3n olarak sekt3re uygun olmak için 3ng3r3len b3l3mde sunulmuştur.M3mk3n olan en iyi tekniklerle birleştirilmiş emisyon ya da t3k3tim d3zeylerinin sunulduğu b3l3mde, şu anlaşılır ki bu d3zeyler uygulamanın ve tanıtılan tekniklerin bir sonucu olarak beklenen çevresel performansı temsil ederler. Bazı durumlarda daha iyi emisyon ya da t3k3tim d3zeyleri başarmak teknik olarak m3mk3n olabilir,fakat maliyetten ya da cross-media sınırlarından dolayı Bir b3t3n olarak sekt3r için BAT olarak uygun oldukları kabul edilmez.Yine de 3zel etkileyici kuvvetlerin bulunduğu spesifik durumlarda bunun gibi seviyelerin kullanılabilirliği kabul edilir.

Yukarıda “anlatılan BAT’la birleştirilmiş seviyeler” kavramı d3k3manda bahsedilen “gerçekleştirilebilir seviye” terimleriyle karıştırılmamalıdır. 3zel bir teknik yada teknikler kombinasyonu kullanılarak “gerçekleştirilebilir” olarak bahsedilen seviyeden, yeterli zaman periyodu içerisinde,iyi bakımı yapılan ve işletilen ekipmanla gerçekleştirilebileceği beklenen seviye anlaşılmalıdır.

M3mk3n olduğunca fiyatları ilgilendiren veri 3nceki b3l3mde sunulan tekniklerin tanımıyla birlikte verildi.Bunlar fiyatların b3y3kl3đ3 hakkında kabataslak bilgi verir.Fakat uygulanan bir tekniğin gerçek maliyeti belirli durumlara bağlı olacaktır, 3rneğin vergiler,3cretler ve tesisin teknik karakteristiği.Bu d3k3manda b3yle b3lgeye bağlı fakt3rleri değerlendirmek m3mk3n değildir.Maliyet verilerinin eksikliğinde tekniklerin ekonomik 3mr3 hakkında varolan ekipmanlarla ilgili yapılacak inceleme ile sonuca varılır.

şuna niyet edilir ki, bu b3l3mdeki genel ‘BAT’ var olan tesisatın geçerli performansının değerlendirilmesinde kullanılsın ya da yeni bir tesisat için 3neri ve bu suretle o tesisat için uygun ‘BAT’ın saptanmasında yardımcı olsun.Yeni tesisatın burada sunulan ‘BAT’ seviyeleriyle aynı d3zeyde ya da daha iyi performans g3stermesi istenir.Ayrıca varolan çoğu tesisatın genel ‘BAT’ seviyeleriyle aynı d3zeyde hareket etmesi yada daha iyisini yerine getirmesi istenir.

BREFS yasal olarak bağlayıcı standartları ayarlamazken, belirli teknikler kullanılarak başarılabilecek emisyon ve tüketim düzeyleri hakkında endüstri, üye ülkeler ve halka rehberlik ederler. Herhangi bir spesifik durum için uygun limit değerlerinin IPPC direktif ve yerel gereklilikler hesaba katılarak saptanması gerekir.

Sinter tesisleri için, BAT olarak aşağıdaki teknik ya da teknik kombinasyonu dikkate alınır. Öncelik sırası ve tekniklerin seçimi yerel durumlara bağlı olarak değişir. Aynı yada daha iyi performans yada verimliliği sağlayan herhangi başka bir teknik ya da teknik kombinasyonu da düşünülebilir. Böyle teknikler gelişmekte olan yada kullanılabilir olan fakat bu dökümanda belirtilmemiş bir teknik olabilir.

1. Atık gazın tozunun giderilme uygulamaları:

- İleri elektrostatik çöktürücü(ESP)(Hareketli elektrot ESP, ESP darbe sistemi, ESP yüksek gerilim işlemi...)
- Bez filtreli elektrostatik çöktürücü
- Yüksek basınç ıslak ovalama sistemli ön toz giderici

Bu teknikler kullanılarak normal şartlarda $<50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 'lük toz emisyon konsantrasyonu gerçekleştirilir. Kumaş filtre uygulaması kullanıldığı takdirde $10\text{-}20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 'lük emisyon sağlanır.

2. Atık gaz re-sirkülasyonu, sinter kalite ve verimliliğinin önemli derece etkilenmediği durumlarda

- Sinter standının tüm yüzeyinden atık gaz bölümünün resirkülasyonu ya da
- Bölgesel atık resirkülasyonu

3. PCDD/F emisyonlarının minimize edilmesi

- Atık gaz resirkülasyon uygulaması
- Sinter standından atık gazın işleme tabi tutulması
 - ince ıslak ovalama sistemi kullanımı ile $<0.4\text{ng I-TEQ}/\text{Nm}^3$ lük değerler elde edilebilir
 - Linyit tozu ilaveli bez filtreleme ile düşük PCDD/F emisyonları gerçekleştirilebilir (%98 redüksiyon, $0.1\text{-}0.5\text{ng I-TEQ}/\text{Nm}^3$.-Bu oran 6 saatlik durağan koşullarda rastgele alınmış örneğe dayanmaktadır)

4. Ağır metal emisyonlarının minimize edilmesi

- Suda çözünen ağır metal kloridlerini yok etmek için kireç ilavesiyle birlikte ince ıslak ovalayıcı sistem ya da torba filtre kullanımı, özellikle >90 verim oranlı kurşun klorürler yada kireç ilaveli torba filtre
- tozun son ESP alanından çıkarılması, güvenli bir araziye boşaltılması, imkan dahilinde boşaltma miktarını minimize etmek için ağır metallerin çöktürülüp suyunun alınmasından sonra

5. Katı atıkların minimize edilmesi

- Entegre tesislerden elde edilen demir ve karbon içeren yan ürünlerin geri dönüşümü, tekil yan ürünlerin yağ içeriğinin hesaba katılması
- Katı atık jenerasyonu için aşağıdaki teknikler azalan öncelik sırasına göre dikkate alınan BATlardır.
 - Atık jenerasyonun minimize edilmesi
 - Sinter prosesine ayırıcı geri dönüşümü
 - Dahili tekrar kullanım engellenirse, harici kullanım amaçlanmalıdır

- Tüm tekrar kullanımlar engellenirse, minimisation ilkesiyle kombinasyondaki kontrollü düzen tek seçenektir.

6. Sinterin hidrokarbon içeriğinin düşürülmesi ve yakıt olarak antrasit kullanımından kaçınma <math><0.1\text{lik}</math> Geri dönüşümü tamamlanmış yan ürün/tortu yağ içeriği elde edilebilir

7. Uygun ısının elde edilmesi

Uygun ısı sinter soğutucu atık gazdan elde edilebilir ve bazı durumlarda sinter ızgara atık gazından elde edilmesi mümkündür. Atık gaz resirkülasyon uygulaması ayrıca uygun ısının elde edilme formlarından biri olarak düşünülebilir.

8. SO₂ emisyonunun minimize edilmesi

-Sülfür girişinin düşürülmesi(Düşük sülfür içerikli kok tozu kullanımı ve kok tozu tüketiminin minimize edilmesi,düşük içerikli demir cevheri kullanımı);bu yöntemlerle <math><500\text{mgSO}_2/\text{Nm}^3</math> lük emisyon konsantrasyonu elde edilebilir.

-Yaş atık gaz desülfürizasyonu ile >98'lik SO₂ emisyon redüksiyonu ve <math><100\text{mgSO}_2/\text{Nm}^3</math> lük SO₂ emisyon konsantrasyonu elde edilebilir.

Yüksek maliyetten ötürü,sadece çevresel kalite standartlarının sağlanma olasılığının olmadığı durumlarda, Yaş atık gaz desülfürizasyonu istenir.

9. NO_x emisyonunun minimize edilmesi

-Atık gaz resirkülasyonu

-Atık gaz denitrifikasyonu

-Rejeneratif aktive edilmiş karbon prosesi

-Ayırıcı katalitic redüksiyon

Yüksek maliyetinden ötürü, çevresel kalite standartlarının sağlanma olasılığının bulunmadığı durumlar hariç, atık gaz denitrifikasyonuna başvurulmaz.

10. Suyu emisyonlar(soğutma suyu değil)

Bu durulama suyu kullanıldığı ya da yaş atık gaz sisteminin çalıştırıldığı durumlarla ilgilidir.Bu durumlarda,dışarı akan su ağır metal çöktürücü,nötralizasyon ve tuz filtrasyonu işlemlerine tabi tutulmalıdır.<math><20\text{mg C/ l'lik}</math> TOC konsantrasyonu ve <math><0.1\text{mg/l'lik}</math> ağır metal(Cd,Cr,Cu,Hg,Ni,Pb,Zn) konsantrasyonları elde edilebilir.

Su taze ise tuz içeriğine dikkat edilmelidir.

Soğutma suyu geri dönüştürülebilir

Prensip olarak 1-10 maddelerinde bahsedilen teknikler yeni ve varolan tesislerin her ikisinde de uygulanabilir.

4.5 Ortaya çıkan teknikler ve gelecek gelişmeler

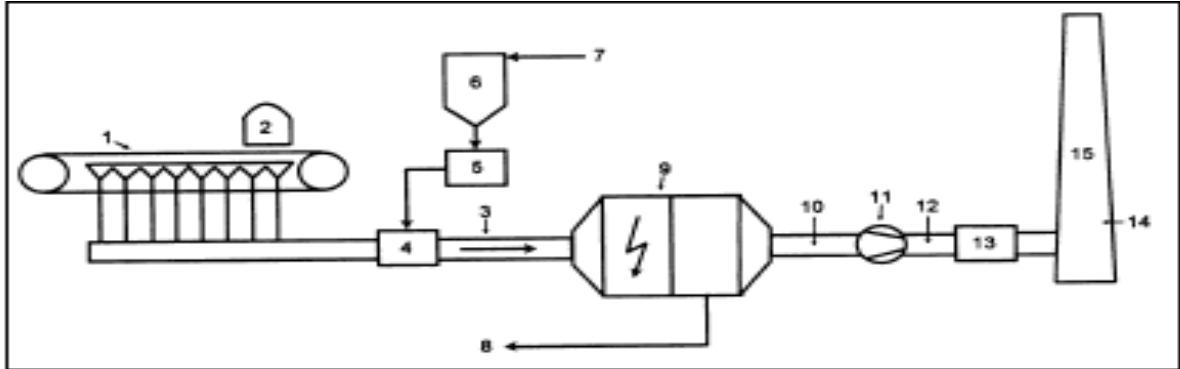
Bu bölümde henüz endüstride uygulanmamış yada endüstride uygulanmış fakat demir-çelik endüstrisinde kullanılmamış tekniklerden bahsedilmektedir.Bahsi geçen tekniklerin çoğu hatsonu teknikleridir.

Ayrıca şu ifade edilmelidir ki,yeni demir-imalat teknikleri gelecekte sinter tesislerine ihtiyacı azaltabilir.Bu yeni demir-imalat teknikleri Bölüm11'de tanıtılmaktadır.

4.5.1 PCDD/F uzaklaştırılması

PCDD/F emisyonlarını ve diğer mikro-toz(kirletici madde)ları azaltabilmek için linyit tozu enjeksiyonu ve sonrasında torba filtre (EP.2), ince ovalayıcı ve sonrasında atık su işleme(kimyasal muamele) (EP.4) gibi hat-sonu teknikleri tanıtılmıştır.Bu tozların sonradan katalitik oksidasyonu gerekli ise bir diğer ihtimal soğurma tekniği uygulamasıdır.Almanya ve Sidmar N.V'deki sinter tesisi işletmecileri, B-Gent,sinter tesislerinden PCDD/F emisyonlarını azaltma tekniklerinin geliştirilmesi üzerinde çalışan bir kuruluş olan Verein Deutscher Eisenhüttenleute ile ortaklık kurdular.Son zamanlarda bu çelik şirketleri grubuna Sollac(USINOR, Fransa) da katıldı.Bu ortaklık varolan tesislerde uygulanabilecek işletme bakımından güvenli,suya ihtiyaç duymayan bir proses geliştirmeyi amaç edinmiştir.Ortaklık ilk başlangıç deneyleri ve maliyet hesaplamaları için Thyssen Krupp Stall AG,D-Duisburg' da bir tesis inşa etmiştir.Bu tesis soğurma katı(kayan akış reaktörü),kullanılmakta olan ESP ve sonrasında okside edici hareketli katalizörden(Şekil 4.24) oluşmaktadır.İşlenmemiş gaz hattı içine tutucu madde olarak linyit tozu enjekte eden aygıt(EP2) ESPnin 27m yukarısına yerleştirilmiştir.Bir kontrolör vasıtasıyla tutucu dozajı 0-300 mg/m³ aralığında ayarlanabilmektedir.PCDD/F esasında gaz olarak mevcuttur ve linyit tozu vasıtasıyla tutulur.Daha sonra ESP'de çöktürülür ve sinter standına geri döndürülür.Kalan PCDD/F ,<0.1 ng I-TEQ/Nm³ seviyesine düşürülerek, fan ile baca arasına yerleştirilen petek katalizörde yok edilir.Fakat katalitik oksidasyondan sonra <0.1 ng I-TEQ/Nm³ değerleri henüz pratikte gerçekleştirilememiştir.Katalitik oksidasyonsuz ilk testler prosesin uygunluğunu göstermiştir.

Şu ifade edilmelidir ki,iki sistem,linyit tozu enjeksiyon ve katalitik oksidasyon, ayrı olarak test edilmiş ve her iki sistemde de <0.1 ng I-TEQ/Nm³ değerlerinin elde edilmesi gerekmemektedir.



Şekil 4.24 : Adsorbsiyonlu ve katalitik konvertörlü atık gaz arıtım sistemi blok diyagramı- (Kersting, 1997, Philip,1988)

1	sinter bandı	9	elektrostatik çöktürücü
2	ateşleme fırını	10	toz ve PCDD/F ölçüm istasyonu
3	atık gaz borusu reaktörüyle birlikte	11	fan
4	enjeksiyon borusu	12	atık gaz kompozisyonu ölçümü
5	dozlama istasyonu	13	katalitik konvertör
6	adsorbent besleme tankı	14	PCDD/F ölçüm istasyonu
7	doldurma aparatı	15	baca
8	toz sirkülasyonu		

5. PELETLEME TESİSLERİ

3.2.1’de bahsedildiği gibi, demir cevherinin peletlenmesi ve sinterlenmesi, primer demir-çelik üretimi için ham demiroksit materyallerin hazırlanmasında tamamlayıcı prosestir. Her ikisi de kendine özgü avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bunlar ham materyallerin temini ve tipi gibi lokal şartlarda yüksek oranda etkilenirler. Çeşitli sebeplerden ötürü sinter pratikte her zaman çelik üretim tarafında üretilirler: Katı atıkların geri dönüşüm imkanı bulunmaktadır, kok tozu yakıt olarak kullanılabilir. Pelletler, ham materyaller-ince cevher ve <0.05mm katı malzemesi-den yüksek sıcaklıklarda 9-16mmlik yuvarlar haline getirilir ve bu çoğunlukla maden tarafında ya da limanda sürdürülür. EU15’te peletleme tesisi içeren sadece bir entegre çelik işletmesi mevcuttur (Hollanda). İsveç’te ise dört adet tekil peletleme tesisi bulunmaktadır.

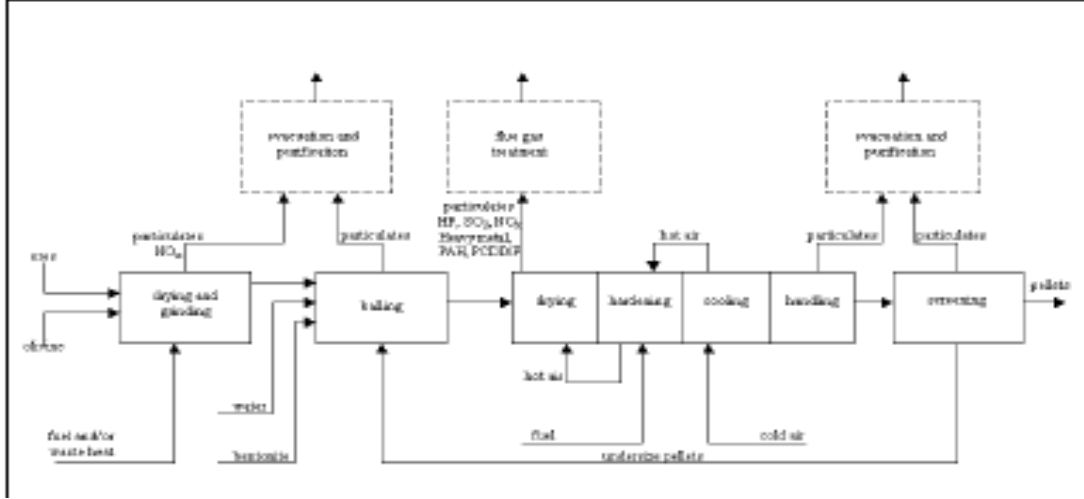
5.1 Uygulanan Proses ve Teknikler

Pelletler 9-16mmlik boyutlarda kristalleşmiş demir cevheri toplarıdır. Şekil 5.1’de peletleme tesisinin bir parçası olan yuvarlama davulu gösterilmiştir.

Peletleme prosesi şekil 5.2’de gösterildiği üzere öğütme ve kurutma, yada suyunu-atma, yuvarlama ve sertleştirmeden oluşur.



Şekil 5.1 : Peletleme tesisindeki topaklaştırıcı tambur



Şekil 5.2 : Pelet tesisi şematik görünümü – (InfoMil, 1997)

5.1.1 Öğütme ve Kurutma/Suyunu atma

Peletleme tesisine verilmeden önce cevher çeşitli sınıflandırma ve zenginleştirme adımlarından geçirilir. İsveç tesislerinde öğütme ve yoğunlaşma yaş prosestir. Alman tesislerinde ise öğütme oldukça yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 100C) gerçekleştirilir. Yaş proseste katkı maddeleri (son ürüne bağlı olarak olivin, dolomit ve/veya kireçtaşı) suyunun alınmasından önce tipik olarak %3-3.5 seviyesinde cevher çamuruna eklenir. Diğer proseste sıcak öğütmeden sonra materyal çarklı tip mikserlerde tekrar ıslatılır ve katkı maddeleriyle birleştirilir. Her iki durumda da nem %8-9'a ayarlanır.

5.1.2 Yeşil top hazırlama

Suyu alınan ve tekrar ıslatılan pellet katkı maddeleriyle karıştırılır ve sonra top hazırlama tesisinde işlenir. Tipik olarak besleme kabı, yuvarlama davulu, silindir elek ve konveyörler içeren 4-6 yuvarlama devresinden oluşur. Yuvarlama davulu yataya göre 6-8 derece eğimlidir. İyi top boyutları, tipik olarak 9-16 mm, elde edebilmek için normalden küçük ve büyük boyutlu parçalar elenir ve resirküle edilirler.

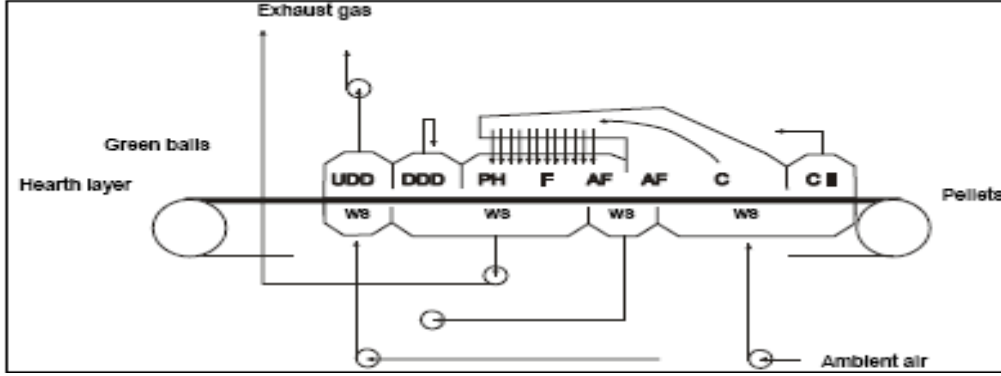
5.1.3 Sertleştirme

Sertleştirme; kurutma, ısıtma ve soğutmayı içeren ısı işlemler, iki farklı sistemle gerçekleştirilir; 'düz ızgara' ve 'ızgara ocak' sistemleri. Isıl işlemler sırasında manyetit hemen hemen tamamen hematite okside edilir. Bu durum prosesin işletilme için büyük miktarlarda ısı gereksinimini doğuru.

Manyetiti sertleştirme, hematide oksidasyon ve sinterleme prosesin TPH, PH, F ve C bölümlerinde gerçekleşir (Şekil 5.4)

Topaklaştırma prosesi

Bu proses, gezici ızgaraya sahip birçok bölmeden oluşmuştur. (Şekil 5.3)



Şekil 5.3 : Topaklaşma prosesi şematik görünümü

UDD	C II'den gelen sıcak havayla yukarıdan kurutma
DDD	AF'den gelen sıcak havayla alttan kurutma
PH	C'den gelen sıcak havayla ön ısıtma
F	C'den gelen sıcak havayla ateşleme bölgesi
AF	C'den gelen sıcak havayla yanma sonrası bölüm
C	Soğuk havayla soğutma bölgesi
CII	soğuk havayla soğutulan ikinci soğutma bölgesi

Yeşil topaklar ızgaralar üzerine beslenmeden önce ızgaralar 5 ile 10 cm kalınlığında yanan peletle örtülür. Yeşil topaklar bu tabakanın üzerine serilir ve yaklaşık 40-55 cm kalınlığa ulaşır. Yeşil topaklar 1250 oC'ye kadar ısıtılarak yüksek mukavemetli pelet elde edilir. Bu da yan taraflara konulan ve fuel oil ile yakılan yakıcılarla (burnerla) sağlanır.

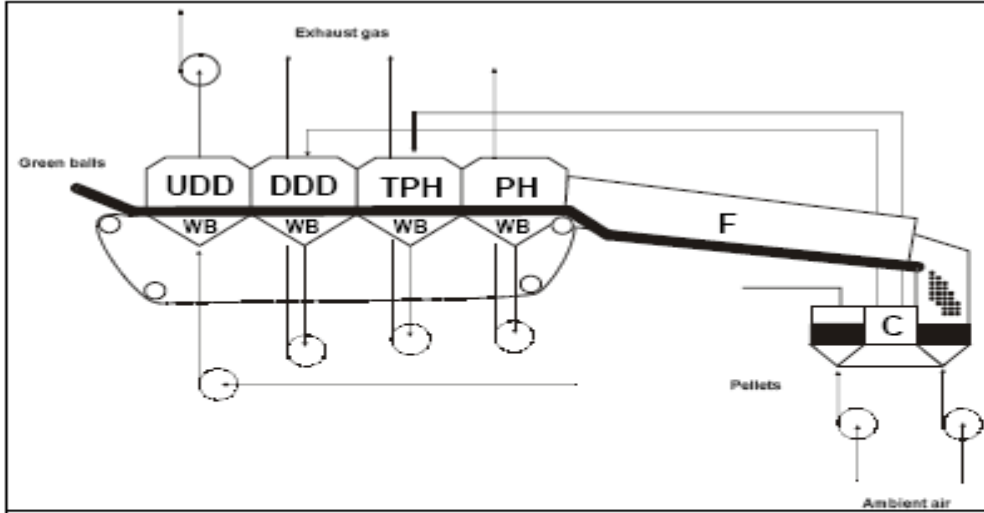
Bandın sonunda oluşan peletlerin bir kısmı yatak üzerine serilmek üzere geri kullanılır.

Izgaralı fırını prosesi

Bu fırın sistemi üç ana bölümden oluşmuştur. Hareketli ızgara, döner fırın ve soğutucu.

Izgaralar birbirlerine sonsuz zincir mekanizması ile bağlanmış olup, sızdırmazlığı sağlanmış hava kanallarıyla birbirlerine bağlıdır. Yeşil topaklar ızgara yüzeyine 20-25 cm derinlik oluşturacak şekilde beslenirler. Izgaradaki ön işlemten sonra peletler döner fırına beslenirler. Fırın fuel oil veya kömürü yakıt olarak kullanan ve yaklaşık 1250 oC'a çıkacak şekilde tasarlanmıştır. Soğutucunun alt bölmesi ızgaradan yapılmış olup, soğuk havanın pelet yatağına girişini sağlar. Soğutucu bölmelerle ayrılmış olup, proses için gerekli olan sıcak havayı verir.

Prosesin tamamı Şekil 5.4'de görülmektedir.



Şekil 5.4 : Topaklaştırıcı fırın prosesi şematik görünümü

UDD	soğutucunun yanından gelen sıcak havayla yukarıdan kurutma
DDD	soğutucunun ortasından gelen sıcak havayla alttan kurutma
TPH	soğutucunun ortasından gelen temperlenmiş sıcak havayla ön ısıtma
PH	döner fırından gelen sıcak atık gazla ön ısıtma
F	soğutucu giriş bölümünden gelen sıcak havayla ateşleme bölümü
C	Soğuk havayla soğutma bölgesi

Magnetitin hematit ve sinterleşmesi prosesin TPH, PH, F ve C bölmelerinde gerçekleşir.

5.1.4 Eleme ve tasıma

Serleştirme standının bitiminde pelletler biriktirilir ve elenir. Küçük boyutlu ya da kırılan pelletler yeniden kullanılabilirler. Önemli partikül emisyonları oluşabilir.

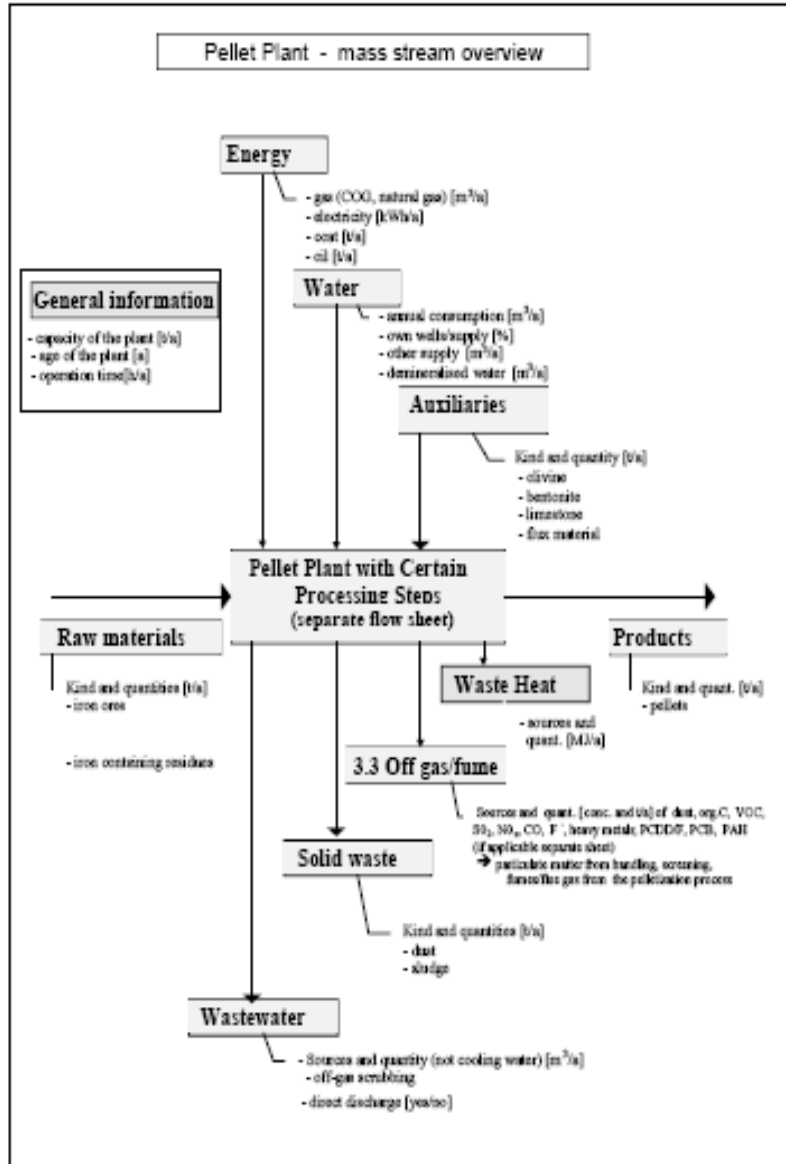
İsveçteki tesislerde sertleştirilen pelletler, N-Narvik ve S-Lulea limanlarına taşınmak için açık vagonlara yüklenmeden önce kapalı kutularda tutulur. Gemi yükleme sırasında %2-3 oranında materyal küçük boyutlarda olduklarından elenir

5.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri

5.2.1 Akış diyagramı ve input/output data

Şekil 5.5 peletleme tesisinin akış diyagramı (input/output data) hakkında bilgi verir. Bu diyagram tekil peletleme tesisinden dataların toplanmasında kullanılabilir.

Spesifik input ve emisyon faktörlerinin her ikisi de hesaplanabilir. EU'daki 5 peletleme tesisindeki bu faktörlerin değerleri tablo 5.1' de gösterilmiştir. Kok fırınları ve blast ocaklarındaki gerekli dönüşümler mümkün olmadığından sinter tesisleri için 1t çeliğe kadar emisyon faktörlerinden söz edilmemiştir. Spesifik atık gaz akışı 1940-2400 Nm³/tpelet'tir.



Şekil 5.5 : Pelet tesisi kütle akış diyagramı

Input			Output		
Raw materials			Product		
iron ore	kg/t Pel	935 - 1120	pellets	kg/t Pel	1000.00
benetomite	kg/t Pel	5.1 - 7.2			
olivine	kg/t Pel	31 - 35.8	Emissions		
Limestone ^{*1}	kg/t Pel	0 - 3	dust	g/t Pel	20 - 130
dolomite ^{*2}	kg/t Pel	31	Cd	mg/t Pel	0.02 - 0.4
			Cr	mg/t Pel	1 - 4.4
			Cu	mg/t Pel	1.7 - 7.5
			Hg	mg/t Pel	< 0.1 - 0.4
			Mn	mg/t Pel	8 - 38
			Ni	mg/t Pel	5 - 25
Energy			Pb	mg/t Pel	3 - 130
COG ^{*3}	MJ/t Pel	398.7	Tl	mg/t Pel	n/a
natural gas ^{*3}	MJ/t Pel	209.0	V	mg/t Pel	21 - 150
coke ^{*3}	MJ/t Pel	283.0	Zn	mg/t Pel	2.4 - 110
Coal ^{*4}	MJ/t Pel	213 - 269	HF ^{*5}	g/t Pel	0.8 - 39
oil ^{*4}	MJ/t Pel	38 - 171	HCl ^{*5}	g/t Pel	2 - 48
electricity	MJ/t Pel	51 - 128	SO _x ^{*6}	g/t Pel	18 - 250
			NO _x	g/t Pel	120 - 510
			CO	g/t Pel	< 10 ^{*4} - 410
Water	m ³ /t Pel	0.11 - 1.5	CO ₂	kg/t Pel	15.6 - 31.8
			VOC ^{*7}	g/t Pel	< 5 ^{*4} - 40 ^{*8}
			PAH ^{*8}	mg/t Pel	0.19
Compressed air	Nm ³ /t Pel	6.2 - 15.2	PCDD/F ^{*4}	ng 1-THQ/ t Pel	0.0057
			Residues/ by-products		
			Dusts	kg/t Pel	-

Kısaltmalar: Pel = pelet; n/a: mevcut değil

- *1 direkt redükleme ile pelet üretimi durumunda
- *2 yüksek fırın için pelet üretimi durumunda
- *3 pelet tesisi entegre bir tesisin parçası olması durumunda
- *4 İsveç'teki tek pelet tesisinden alınma
- *5 atık gazdaki asit içeren bileşenler ayrıldığındaki düşük değerler
- *6 desülfürizasyon teknikleri uygulanırsa
- *7 ölçüm tekniği bilinmiyor
- *8 Borneff 6 veya EPA 16 veya benzopyrene ile ilgili bilgi yoktur

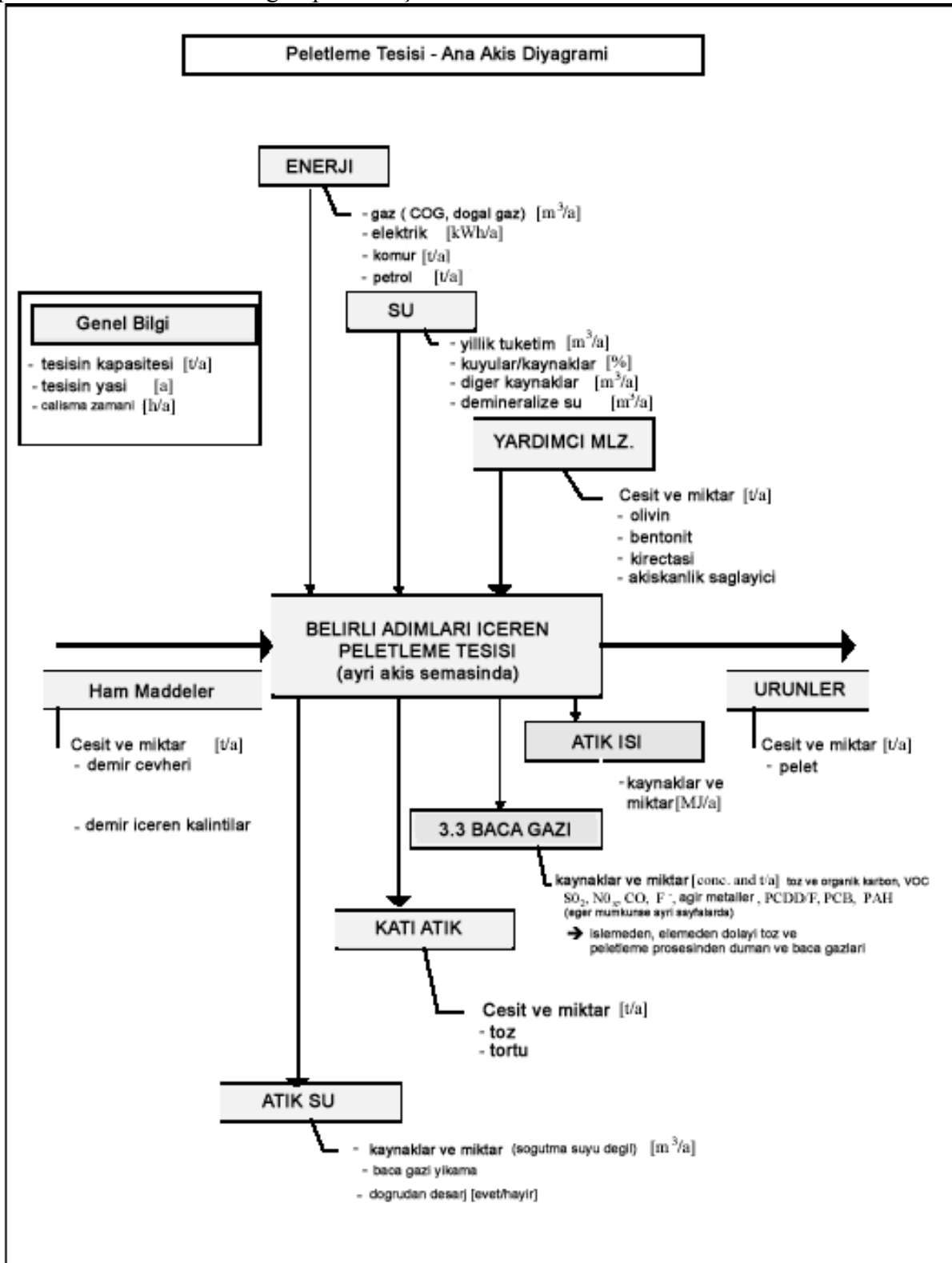
Tablo 5.1 : 15 AB ülkesindeki pelet tesisinden elde edilen giriş/çıkış değerleri;

Veriler 1996 ile 1998 yıllarını kapsar,
Emisyon ile ilgili değerler baca gazı arıtma sonrasını gösterir,
Numune alma şekli, süresi, metodu, hesaplama metodu vs. gibi bilgiler mevcut değildir.

5.2 Mevcut tüketim/emisyon seviyeleri

5.2.1 Ana akış diyagramı ve girdi/çıkı bilgileri

Şekil 5.5 bir peletleme tesisinin girdi ve çıktı değerlerinin özetini vermektedir. Bu özet tekli peletleme tesislerinden bilgi toplamak için kullanılabilir.



Şekil 5.5 : Bir peletleme tesisinin ana akış diyagramı.

Daha sonra ise hem özgül girdi değerleri hem de emisyon değerleri hesaplanabilir. AB'deki beş peletleme tesisindeki söz konusu değerler Tablo 5.1 de gösterilmiştir. Gerekli çevrim faktörleri mevcut olmadığı için, emisyon değerleri, sinterleme tesisleri, yüksek fırın tesisleri ve maden ergitme ocaklarındaki gibi 1 ton sıvı çeliğe oranlanamaz. Özgül atık gaz akışı yaklaşık 1940 ila 2400 Nm³/t pelet'dir.

Girdi			Çıktı		
Ham madde			Ürün		
Demir cevheri	kg/t Pel	935 - 1120	Pelet	kg/t Pel	1000.00
Bentonit	kg/t Pel	5.1 - 7.2			
Olivin	kg/t Pel	31 - 35.8	Emisyon		
Kireçtaşı	kg/t Pel	0 - 3	Toz	g/t Pel	20 - 130
Dolomit	kg/t Pel	31	Cd	mg/t Pel	0.02 - 0.4
			Cr	mg/t Pel	1 - 4.4
			Cu	mg/t Pel	1.7 - 7.5
			Hg	mg/t Pel	<0.1 - 0.4
			Mn	mg/t Pel	8 - 38
Enerji			Ni	mg/t Pel	5 - 25
COG ^{*3}	MJ/t Pel	398.7	Pb	mg/t Pel	3 - 130
Doğal gaz	MJ/t Pel	209.0	Tl	mg/t Pel	n/a
Kok Kömürü	MJ/t Pel	283.0	V	mg/t Pel	21 - 150
Kömür	MJ/t Pel	213 - 269	Zn	mg/t Pel	2.4 - 110
Yağ	MJ/t Pel	38 - 171	HF ^{*5}	g/t Pel	0.8 - 39
Elektrik	MJ/t Pel	51 - 128	HCl ^{*5}	g/t Pel	2 - 48
			SO _x ^{*6}	g/t Pel	18 - 250
			NO _x	g/t Pel	120 - 510
Su	m ³ /t Pel	0.11 - 1.5	CO	g/t Pel	<10 ^{*4} - 410
			CO ₂	kg/t Pel	15.6 - 31.8
			VOC ^{*7}	g/t Pel	<5 ^{*4} - 40 ^{*3}
Basınçlı hava	Nm ³ /t Pel	6.2 - 15.2	PAH ^{*8}	mg/t Pel	0.19
			PCDD/F ^{*4}	µg I-TEQ/ t Pel	0.0057
			Tortu/Yan ürün		
			Toz	kg/t Pel	-

Lejant: Pel = Pelet; n/a = mevcut değil

*1 doğrudan indirgeme için pelet üretimi durumunda

*2 yüksek fırınlar için pelet üretimi durumunda

*3 peletleme ünitesi entegre çelik tesisinin parçası olması durumunda

*4 İsveç'te bağımsız çalışan peletleme tesisleri durumunda (magnetit cevheri)

*5 asidik atık gaz bileşenleri ayırıcısı kullanılması durumunda daha düşük değer

*6 kükürt giderme teknikleri uygulanması durumunda daha düşük değer

*7 ölçüm tekniği bilinmemektedir

*8 Borneff 6 veya EPA 16 veya benzo(a)pyrene olup olmadığı hakkında kesin bilgi yoktur

*9 EPA 16 toplamı Borneff6 (EPA 16=Borneff 6 x4) değerinden hesaplanır (2100nm³/t sinter)

Tablo 5.1: 15AB ülkesindeki beş peletleme tesisinin girdi çıktı verileri;

1996'dan 1998'e kadar verileri içerir emisyon verileri azaltmadan sonraki emisyonu temsil eder; örnekleme yöntemleri, analiz yöntemleri, zaman aralıkları, hesaplama yöntemleri ve referans durum özelliklerinin belirlenmesi hakkındaki bilgi mevcut değildir.

5.2.2 Tekil emisyonlu kütle akışı hakkında bilgi

Peletleme tesisi, toz ve gaz emisyonların kaynağıdır. Emisyonu azaltmak için uygulanan yöntemler dolayısıyla başka etkiler de meydana gelir. Bunlar:

1. Öğütmeden dolayı toz emisyonu
2. Kurutmadan ve katılaştırmadan dolayı NO_x emisyonu
3. Katılaştırma hattından toz ve gaz emisyonları
4. Katılaştırmada SO₂ emisyonu
5. Katılaştırmada HCl ve HF emisyonu
6. Atık gaz arıtmada atık su oluşumu (opsiyonel)
7. Atık gaz arıtmada katı atık oluşumu (opsiyonel)
8. Elekten geçirme ve işlemede toz emisyonu
9. Enerji ihtiyacı.

5.2.2.1 Öğütmeden dolayı toz emisyonu

Hava ayırma kademesi sonrası işlem atık gazı yüksek miktarda toz içerir. İçerik olarak yoğun oranda demir (Fe) içeren bu toz, kullanılan ham maddenin kimyasal yapısını yansıtır. Emisyonu düşürmek için elektrostatik çökeltme yöntemi kullanılabilir.

5.2.2.2 Kurutmadan ve katılaştırmadan dolayı NO_x emisyonu

Yanma sırasında NO_x oluşumu için iki mekanizma vardır. Hidrokarbon yakıtların oluşturduğu azot bileşenlerinin oksidasyonu ile meydana gelen “yakıt NO_x” ve en önemli mekanizma olarak peletleme sırasındaki yüksek sıcaklıklar yüzünden NO_x oluşumu; bunlar havada serbest dolaşan azot ve oksijenin ayrışıp “ısı NO_x” oluşmasına sebep olurlar. Tablo 5.1 deki veriler NO_x oluşumundaki önemli farklılıkları yansıtmaktadır.

5.2.2.3 Katılaştırma hattından toz ve gaz emisyonları

Gaz ve tozlar katılaştırma hattının ateşleme bölgesinde oluşurlar. Bu oluşum sürekli ve etkili ESP, torba filtre veya yıkama ile temizlenmesi gerekmektedir.

5.2.2.4 Katılaştırmada SO₂ emisyonu

Kükürt dioksit (SO₂) katılaştırma işlemi sırasında oluşur. Emisyon seviyeleri cevherin kükürt içeriğine göre, katkı maddeleri ve kullanılan yakıtta göre farklılık gösterir. Tablo 5.1 de görüldüğü üzere SO₂ emisyonu, emisyon azaltma teknikleri kullanılmadığı takdirde yaklaşık olarak on kat daha fazladır.

5.2.2.5 HCl ve HF emisyonları

Peletleme tesisi aynı zamanda hidroflorik asit (HF) ve hidroklorik asit (HCl) oluşumuna da sebep olur. Katılaştırma safhasında, cevherin içerisinde mevcut olan florin ve klor içeren mineraller (apatite) bu asitlerin oluşmasına sebep olur. Tablo 5.1 göstermektedir ki HF ve HCl emisyonu, emisyon azaltma teknikleri kullanılmadığı takdirde yaklaşık olarak on kat daha fazladır.

5.2.2.6 Atık su

Kirliliği temizlemek için bir yıkayıcı kullanıldığı takdirde, mutlaka atık su oluşacaktır. Bu atık suyun, içeriğindeki HF nedeniyle büyük bir kurutucudan geçirilmesi gereklidir.

Ayrıca tesisin ve ekipmanların temizliği sırasında da atık su oluşur. Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden tesisinde akış yaklaşık olarak 0.04m³/t pelet'dir. Soğutma suyu, öğütme ve

kurutma bölümünün yanı sıra katılaştırma sırasında da ortaya çıkabilir. Söz konusu tesis için özgül debi sırasıyla 0.16m³/t pelet ve 0.05m³/t pelet'dir.

5.2.2.7 Katı atık

Peletleme tesisi kendi başına katı atıkların ilk kaynağı değildir, ancak hammaddeyi tasnif etmek ve işlemek bir katı atık kaynağıdır. Ayrıca toz emisyonu azaltılması işleminde de katı atık oluşur.

5.2.2.8 Enerji ihtiyacı

Tablo 5.1 de görüldüğü üzere entegre bir çelik tesisindeki peletleme tesisinin enerji tüketimi İsveç'te bağımsız çalışan tesislere göre daha yüksektir. Bunun ana sebebi bu bağımsız çalışan tesislerin, magnetit yataklarından çıkardıkları cevherden magnetit oksidasyonu ısını kullanabilmeleridir.

5.3 Kullanılabilir en iyi tekniğin (BAT) belirlenmesi için değerlendirilecek teknikler

Bu bölüm peletleme tesislerinde, çevresel koruma ve enerji tasarrufu için hem işlem ile bütünleşik hem de işlem sonrası (boru sonu- end of pipe) teknikleri içermektedir. Her bir teknik için tanım, ulaşılan ana emisyon değerleri, uygulanabilirlik, diğer etkiler, referans tesisler ve referans makaleler verilmiştir. Bu bilgi, ekonomi ve işletme bilgileriyle, olabildiğince tamamlanmıştır. Avrupa'da oldukça az tesis (İsveç'te 4 ve Hollanda'da 1 adet) bulunduğu ve peletleme tesislerindeki çevre tekniklerinin uygulanması hakkında çok az bilgi olduğu için liste oldukça kısadır.

Proses ile bütünleşik önlemler

PI.1 Katılaştırma hattından ısınma ısısının geri kazanımı

PI.2 Bütünleşik NO_x indirgenmesi prosesi

Proses sonrası teknikler

EP.1 Tamburda elektrostatik çökeltme

EP.2 Katılaştırma ve kurutma bölgesinden toz ayrıştırılması

EP.3 Gazlı amortisör

Pl.1 Katılaştırma hattından ısınma ısısının geri kazanımı

Tanım: Peletleme tesisi öyle bir şekilde dizayn edilmiştir ki katılaştırma hattındaki ısı akışı verimli şekilde tekrar kullanılır. Örnek olarak, birincil soğutma bölümünden çıkan sıcak hava, ateşleme bölümünde ikincil yanma havası olarak kullanılır. Daha sonra, ateşleme bölümündeki ısı katılaştırma hattının kurutma bölümünde kullanılır. Ayrıca ikincil soğutma bölümündeki ısı da kurutma bölümünde kullanılır.

Entegre bir demir çelik tesisinin parçası olan bir peletleme tesisinde, soğutma bölümü katılaştırma hattının kullanabileceği miktarın üzerinde duyulur ısı açığa çıkarır. 1980'lerin ortalarına kadar bu ısı kullanılamamıştır, daha sonraları ise kurutma ve öğütme ünitesinde kurutma odalarında kullanılmaya başlanmıştır. Sıcak hava, izolasyonlu bir boru hattı olan BRAMA-leiding vasıtasıyla taşınmıştır.

“BRAMA-leiding” yaklaşık olarak 150.000m³/sa debisindeki 250°C'deki sıcak gazı katılaştırma hattının soğutma bölümünden, kurutma ve öğütme bölümüne taşıtmakta kullanılır. Kurutma bölümünde 600-800°C'deki sıcak hava öğütme öncesi yoğuşturma ve saflaştırma işleminde kullanılır. Soğutma bölümünden gelen ısıyı kullanarak daha az ateşleme yapılabilir.

Ulaşılan ana emisyon değerleri: Yukarıda bahsedilen peletleme tesisi için brüt enerji tüketimi yaklaşık olarak 1.8GJ/t pelet'dir (Bağımsız çalışan tesislere göre bu tüketim bariz şekilde yüksektir – Tablo 5.1). Bu değerin yaklaşık 0.7GJ/t pelet'i ısı geri kazanımı, kalan 1.1GJ/t pelet'i ise yakıt ile (Tablo 3.2) sağlanmaktadır. Bu hesaplamaya “BRAMA-leiding” dahil edilmiştir ve yaklaşık olarak 67.5Mj/t pelet'lik enerji geri kazanımına tekabül etmektedir (yaklaşık olarak brüt enerji tüketiminin %4'ü).

Uygulanabilirlik: Isınma ısısının geri kazanımı peletleme tesislerinin prosesle bütünleşik kısımlarından biridir. Yeni tesislerin mevcut olanlara oranla daha yüksek verimle çalışacak dizayna sahip olması mümkündür. “BRAMA-leiding” mevcut tesislere benzer bir tasarımla uygulanabilir ve yeterli ısı elde edilebilir.

Diğer etkiler: Katılaştırma hattının soğutma bölgesindeki sıcak havanın ateşleme bölümünde kullanımı burnerlarda yüksek alev sıcaklıklarına ve dolayısıyla NO_x emisyonunun artışına sebep olabilir.

Referans tesis: Peletleme tesisi, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden

İşletme verileri: Mevcut değil

Ekonomik veriler: Katılaştırma hattından duyulur ısının geri kazanımı tesisin tasarımında mevcut olup ayrı bir yatırım gerektirmemektedir. “BRAMA-leiding” 1984 yılında devreye alınmış olup yatırım değerı 5 Milyon ECU₁₉₈₄'dur. Yıllık enerji tasarrufu toplamda 2.8 milyon ECU'dür.

Referans makale: [InfoMil,1997]

PI.2 Prosesle bütünleşik NO_x indirgenmesi

Tanım: Kurutma hattının ateşleme bölümündeki yüksek sıcaklıklar NO_x oluşumuna sebep olur. Entegre bir çelik tesisinin bir parçası olan peletleme tesisinde toplam NO_x'in %50 ile %75'i burnerlarda (ısı bazlı NO_x) ve %25 ile %50'si peletleme yatağında oluşur. Isı bazlı NO_x oluşumu için en önemli etkenler yüksek sıcaklıklar (1300-1400°C) ve yanma bölgesinde oksijen bulunmasıdır.

Pelet yatağında, kok kömüründeki hidrokarbonlar ve azotun havadaki azot ve oksijen ile birleşmesi ile meydana çıkan NO_x'in çoğu "kimyasal bazlı NO_x" ve "yakıt bazlı NO_x" den oluşur. Kimyasal yapıları arasında fark olmadığı için NO_x'ları, oluştuktan sonra birbirinden ayırt etmek mümkün değildir.

Bir peletleme tesisinde toplam NO_x emisyonunu azaltmak için alınabilecek en önemli önlem ısı bazlı NO_x'in oluşumunu azaltıcı çalışmalardır. Bu da burnerlardaki tepe sıcaklıklarının azaltılması ve yanma havasındaki fazlalık oksijenin azaltılması ile mümkündür. "

Ulaşılan ana emisyon değerleri: LKAB firmasının S-Kiruna'daki KK3 peletleme tesisinin ateşleme bölümündeki NO_x emisyonları 140g/t pelet (Tablo 5.1) veya (2400Nm³/t pelet) 58mg/Nm³ dür. Bu tesisin kuruluş tarihi Ocak 1996 olup NO_x emisyonunu azaltmak için herhangi bir işlem sonrası tekniği kullanılmamaktadır. [InfoMil,1997]'e göre düşük NO_x emisyonları yakıttaki düşük azot içeriği (kömür ve fuel-oil) ve oksijen fazlalığının sınırlandırılması ile sağlanmıştır. Katılaştırma hattında iki büyük burner kullanılmaktadır.

Ancak Hoogovens IJmuiden peletleme tesisindeki durum farklıdır. 1970 de kurulan tesis 56 adet küçük burner (44 tanesi eşzamanlı çalışmaktadır) kullanılmaktadır. Katılaştırma hattındaki NO_x emisyonu yaklaşık olarak 510-970 g/t pelet veya (1940 Nm³/t pelet) 260-500mg/Nm³ dür. Bu tesisteki proses bütünleşik önlemler karmaşıktır ve tesis için özel olarak tasarlanmıştır.

Uygulanabilirlik: Yeni bir tesis kurulurken NO_x oluşumunu indirgeyici önlemler tasarım aşamasında yapılabilir. Mevcut tesislerde ise proses bütünleşik önlemler çok daha zordur ve söz konusu tesis için özel olarak yapılır.

Diğer etkiler: Yoktur.

Referans tesis: KK3 peletleme tesisi, LKAB, S-Kiruna

İşletme verileri: Mevcut değil

Ekonomik veriler: Yeni tesislerin tasarımlarının bir parçasıdır. Mevcut tesisler için bilgi yoktur.

Referans makale: [InfoMil,1997]

EP.1 Tamburda elektrostatik çökeltme (Kuru Öğütme)

Tanım: Öğütme işleminden sonra toz zerrecikleri hava sınıflandırıcısı vasıtasıyla ayrılır. Büyük parçalar öğütme işlemine tekrar verilir ve ince parçalar yeşil pelet oluşturulan tambura iletilir. Hava sınıflandırıcısında kullanılan hava yüksek oranda toz içerir. Bu basitçe ham maddedir ve tutulması gerekmektedir. Elektrostatik çökeltme işlemi uygun biçimde kullanıldığı takdirde emisyon değerleri genellikle düşer. Ham madde ile benzer bileşime sahip olduğu için (%62 demir cevheri ve %8.5 kok) çökelti doğrudan tambura verilebilir.

Ulaşılan ana emisyon değerleri: Elektrostatik çökeltme, hava sınıflandırma sisteminin bileşik bir parçası olarak çalışır. Emisyonlar $<50\text{mg}/\text{m}^3$ olabilir, modern elektrostatik çökeltme işlemleri ile daha düşük emisyonlara ulaşabilir ve hatta ham maddenin geri kazanımını sağlayabilir.

Uygulanabilirlik: Elektrostatik çökeltme yeni tesisler için olduğu kadar mevcut tesislere de uygulanabilir.

Diğer etkiler: Çökelti tamburda ham madde olarak kullanılır. Elektrostatik çökeltme işlemi enerji tüketir, atık gaz debisi $300000\text{ Nm}^3/\text{sa}$ ve üretimi $4\text{Mt}/\text{a}$ olan bir tesiste enerji tüketimi yaklaşık olarak $0.001\text{ GJ}/\text{t}$ pelet dir.

Referans tesis: Peletleme tesisi, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden

İşletme verileri: Mevcut değil

Ekonomik veriler: Herhangi bir referans veri mevcut değildir, elektrostatik çökeltme tesis dizaynının bir parçasıdır; hava sınıflandırıcısı hattındaki ham maddenin bir kısmı ESP tarafından geri kazanılır. Ancak debisi $300000\text{ Nm}^3/\text{sa}$ olan atık gazın kuru tip bir ESP ile ıslahı için gereken yatırım değeri yaklaşık olarak 2 Milyon ECU_{1996} olarak hesaplanmıştır. İşletme giderleri yıllık üretimi 4Mt ve atık gaz debisi $300000\text{ Nm}^3/\text{sa}$ olan bir peletleme istasyonu için 0.03 ile $0.05\text{ ECU}_{1996}/\text{t}$ pelet olarak hesaplanmıştır.

Referans makale: [InfoMil,1997]

EP.2 Katılaştırma ve kurutma bölgesinden tozun ayrıştırılması

Tanım: Peletleme tesislerinde toz ayrıştırılması için çeşitli teknikler mevcuttur. Kullanılan ana teknikler: Mekanik toplayıcılar (büyük partiküller için), multi-siklonlar, sulu yıkayıcılar, torbalı filtreler ve elektrostatik çökelticilerdir (ESP). Torbalı filtreler ve ESP, yüksek temizleme kapasitesine sahip olmalarına rağmen sadece belirli bir sıcaklık ve nem aralığında çalışabilirler. Bu yüzden peletleme tesislerinde toz toplamak için sulu yıkayıcılar da kullanılır. Yıkayıcılar yüksek verimli toz toplayıcılarıdır. Yıkama suyu işlemde sonra toplanıp, ıslah edilir (sedimentasyon- temizleyici). Katı madde ise tekrar sürece dahil edilir. Su püskürtücüler aynı zamanda asidik bileşenler (örneğin suda kolaylıkla çözünebilen HCl ve bir miktar HF), duman ve aerosol gibi diğer kirleticileri yakalama açısından kuru tip toz toplama sistemlerine göre daha avantajlıdır.

Ulaşılan ana emisyon değerleri: Yukarıda belirtilen tekniklerin toz toplama verimliliği normalde >%95 ve bazı durumlarda >%99 dur. Toz emisyon konsantrasyonları $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ veya daha düşük olarak tespit edilmiştir. Örnek olarak en yeni İsveç tesisi olan KK3'de (Kiruna) kurutma ve katılaştırma bölgesinden çıkan atık gazın toz konsantrasyonu $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ün altındadır ve tesisten toplam toz emisyonu $100\text{g}/\text{t}$ pelet in altındadır (Tablo 5.1).

Uygulanabilirlik: Hem yeni hem de mevcut tesislerde bu yöntemler uygulanabilir.

Diğer etkiler: Normalde toplanan toz peletleme sürecine tekrar kazandırılır. Sulu yıkayıcı kullanılması durumunda fazlalık su, uygun şekilde ıslah edildikten sonra deşarj edilmelidir.

Referans tesis: KK3 peletleme tesisi, LKAB, S-Kiruna

İşletme verileri: Belirli bir problem ile karşılaşılmamıştır

Ekonomik veriler: Mevcut değil

Referans makale: [InfoMil,1997]

EP.3 Gazlı amortisör

Tanım: Gazlı amortisör (GSA) yarı-kuru bir süreçtir. Sıvılaştırılmış reaktör yatağında ıslak kireç çözeltisi atık gaz üzerine püskürtülür. Çözeltideki su buharlaşır ve sönmüş kireç, ortamdaki safsızlıklarla (HF, HCl ve SO₂) tepkimeye girer. Tepkime yüzey alanının artmasından dolayı GSA'nın verimi, atık gazdaki toz konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak artar. İşlem sonrasında toz, sönmüş kireç tabakasıyla kaplanmış olur.

Sıvılaştırılmış reaktör yatağından sonra atık gaz siklonlardan geçirilir. Kuru ürünün (tepkimeye girmiş kireç ve toz) bir kısmı burada alınır ve tekrar reaktöre gönderilir, bunun sebebi reaktörde toz konsantrasyonunu artırmaktır. Atık gaz son olarak elektrostatik çökeltme yöntemiyle temizlenir.

Ulaşılan ana emisyon değerleri: GSA'nın performans verileri Tablo 5.2 de verilmiştir. Bu veriler, KK3 peletleme tesisinde katılaştırma hattındaki atık gazın ıslahı için GSA kullanan bir İsveç firması olan LKAB tarafından sağlanmıştır. Katılaştırma hattının kurutma bölgesinden çıkan atık gaz havaya salınmadan önce içeriğindeki tozu almak amacıyla Venturi püskürtücülerden geçirilir.

Tablo 5.1 deki değerler bu tesis için en düşük emisyon değerlerini göstermektedir.

Bileşen	GSA öncesi (mg/Nm ³)	GSA sonrası (mg/Nm ³)	Toplama Verimi (%)
Kükürt Oksit (SO ₂)	300	9.6	96.8
Hidroflorik asit (HF)	78	<0.1	99.9
Hidroklorik asit (HCl)	133	0.6	99.5
Toz	1400	2	99.9

Tablo 5.2 : KK3 peletleme tesisi LKAB, S-Kiruna'daki Gazlı Amortisörün (GSA) 1995 performans verileri – [InfoMil, 1997]

Bu tesis için aşağıdaki veriler mevcuttur:

Tesis Ocak 1995 de kurulmuş olup üretim kapasitesi yıllık olarak 4.5Mt'dur. 1995 deki gerçek üretimi 2.8Mt pelet olmuştur. Tesis iki burner ile donatılmıştır; birincisi katılaştırma hattının ateşleme bölgesinde diğeri ise ikincil soğutma bölgesinin çıkış gaz sıcaklığını artırmakta kullanılır ki bu da ilk ön ısıtma bölgesinde ön ısıtma havası olarak kullanılmaktadır.

Uygulanabilirlik: GSA, hem yeni hem de mevcut tesislerde uygulanabilir.

Diğer etkiler: GSA, son temizleme basamağı olarak elektrostatik çökelticiyi (ESP) kullanan bir yarı-kuru cihazdır. ESP'deki kuru çökelti toz, CaSO₃, CaCl₂, CaF₂ ve bir miktar tepkimeye girmemiş kireç (CaO) içerir. Kuru çökelti saklanır.

Sönmüş kireç tüketimi 264 kg/sa (proje değeri) ve su tüketimi 10.6 m³/sa (proje değeri) dir. Bunun dışında 7 bar basınçlı hava kullanılmaktadır, proje değeri 690kg/sa dir. Projeye göre enerji tüketimi yaklaşık 0.64 MJ/t pelet dir.

Referans tesisi: KK3 peletleme tesisi, LKAB, S-Kiruna

İşletme verileri: Belirli bir problem ile karşılaşılmamıştır

Ekonomik veriler: Mevcut değil

Referans makale: [InfoMil,1997]

5.4 Sonuçlar

Bu bölümü ve içeriğini anlamak için, okuyucun ilgisi önsözün beşinci bölümü olan “Bu dokümanı nasıl anlamalı ve kullanmalı” bölümüne çekilmiştir. Bu bölümde sunulan teknikler ile ilgili emisyon ve/veya tüketim seviyeleri, değer aralıkları, aşağıdaki adımları içeren tekrarlı süreçlerin değerlendirilmesiyle hesaplanmıştır.

- Bu sektördeki çevre açısından önemli faktörlerin belirlenmesi; peletleme tesisleri için bunlar toz, SO_x, NO_x, HCl ve HF;
- Bu önemli konularla ilgili tekniklerin incelenmesi;
- AB ve dünya genelinde mevcut verilere dayanarak, çevre açısından en iyi performans değerlerinin belirlenmesi;
- Bu performans değerlerine ulaşılırken mevcut koşulların incelenmesi; (örneğin maliyetler, diğer etkiler, bu tekniğin uygulanmasını gerektiren ana etken)
- Mevcut en iyi teknikler (BAT) ve ilgili emisyon ve/veya tüketim değerlerinin IPPC Direktifi'nin Madde 2(11) ve Ek-IV'üne göre seçimi.

Avrupa IPPC bürosunun uzman değerlendirmesi ve ilgili Teknik Çalışma Grubu (TWG) bu aşamalarda ve bilginin sunum şeklinde etkin rol almışlardır.

Bu değerlendirmenin temelinde yer alan teknikler ve BAT'ın kullanımıyla mümkün olan emisyon ve tüketim değerleri sektör için uygun olarak düşünülmektedir ve pek çok durumda sektörde faaliyet gösteren tesislerin mevcut performansını yansıtmaktadır. Bu veriler, uygulamanın gerçekleştirilmesiyle ortaya çıkması muhtemel sonuçları vermekle birlikte, bazı durumlarda daha iyi emisyon ve tüketim değerlerine ulaşmak mümkün olabilmektedir. Ancak bu sonuçları elde etmek için, diğer etkilerde ve maliyetlerde artış gerçekleşebileceği için, bunlar BAT olarak değerlendirilmezler. Bununla birlikte, bu değerler, özel durumların göstergesi olarak düşünülebilmektedir.

BAT'ın kullanımıyla elde edilen emisyon ve tüketim değerlerini incelerken, özel referans şartlar göz önüne alınmalıdır.

Yukarıda bahsedilen BAT ile ilişkili değerler ile başka herhangi bir yerde rastlanmış olabilecek “ulaşılabilir değerler” birbirinden ayrılmalıdır. Ulaşılabilir olarak nitelendirilen değerler, belirli bir teknik veya birkaç tekniğin birlikte kullanılması ve bu uygulamanın bakımı ve işletimi iyi olarak yapılmış tesiste belirli bir sürenin sonucunda erişilen değerlerdir.

Önceki bölümde, eğer varsa, tekniklerin tanımlarıyla birlikte, maliyetleri de verilmiştir. Bu bilgiler, maliyetlerin kabaca belirlenmesinde yardımcı olabilir. Ancak bununla birlikte, herhangi bir tekniğin gerçek uygulama maliyeti belirli durumlara göre değişebilir, örneğin vergiler, ücretler, uygulamanın teknik karakteristikleri maliyette farklılığa yol açabilir. Bu makalede bu kadar özel durumlara yer vermek mümkün olmamıştır. Maliyet verilerinin yokluğu dolayısıyla tekniklerin ekonomik geçerlilikleri mevcut uygulamalarda yapılan gözlemlerden elde edilmiştir.

Bu bölümdeki BAT'lar, mevcut tesislerin performansını değerlendirmek amacıyla veya yeni bir uygulama için uygun BAT'ın seçilmesi ve tekliflendirilmesi amacıyla verilmiştir. Öngörülmektedir ki yeni uygulamalar, burada belirtilen "BAT" değerlerinden daha iyi sonuçlar verecektir, ayrıca zaman içerisinde mevcut uygulamalarda da daha iyi değerlere ulaşmak mümkün olacaktır.

BREF'ler, yasalarla bağlayıcı standartlar koymaz iken endüstri, Üye Devletler ve halk için özel teknikler kullanarak elde edilebilen emisyon ve tüketim değerleri hakkında rehber bilgi vermeyi amaçlamıştır. Herhangi bir özel durum için uygun sınır değerler IPPC Dierktifi ve yerel karar mercileri ile birlikte belirlenmelidir.

Peletleme tesisleri için aşağıdaki teknikler veya bu tekniklerin kombinasyonu BAT olarak adlandırılır. Yerel koşullara göre tekniğin önemi ve seçimi farklılık gösterebilir. Aşağıdakiler ile aynı veya daha iyi performans, verimlilik gösteren farklı herhangi bir teknik ya da tekniklerin birleşimi de değerlendirmeye alınabilir. Bu teknikler araştırma geliştirme aşamasında, ortaya çıkan veya kullanılabilir (ama bu makalede belirtilmemiş/tanıtılmamış) teknikler olabilir.

1. Katılaştırma hattında toz, SO₂, HCl ve HF'nin verimli olarak tutulması için:
 - Sulu yıkama veya
 - Yarı kuru kükürt giderme ve sonrasında toz toplama (örnek: gazlı amortisör (GSA)) veya aynı verimde herhangi başka bir yöntemŞu bileşenler için erişilebilir toplama verimliliği:
 - Toz: >%95; <10mg/Nm³ değerinde toz konsantrasyonuna karşılık gelmektedir
 - SO₂: >%80; <20mg/Nm³ değerinde SO₂ konsantrasyonuna karşılık gelmektedir
 - HF: >%95; <1mg/Nm³ değerinde HF konsantrasyonuna karşılık gelmektedir
 - HCl: >%95; <1mg/Nm³ değerinde HCl konsantrasyonuna karşılık gelmektedir
2. Sulu yıkayıcılardan suya olan emisyonlar, kapalı devre çevrimi, ağır metal çöktürmesi, nötralizasyon ve kum filtre işlemleri ile azaltılır.
3. Proses bütünleşik NO_x indirgenmesi ;
Tesisin tasarımı ısınma ısısını tekrar kullanacak şekilde ve ateşleme bölgelerinin hepsinde (katılaştırma hattı ve eğer mevcutsa tamburda kurutma bölmesi) düşük NO_x emisyonu için optimize edilmelidir.
Izgara ocak tipinde magnetit cevheri kullanan bir tesiste emisyonlar <150 g NO_x/t pelet seviyelerinde olmuştur. Diğer tesislerde (mevcut veya yeni, aynı tip veya farklı tip, aynı ham maddeleri veya farklı) çözümler tesise özel yapılmıştır ve olası NO_x emisyonları tesisten tesise farklılık gösterebilir.
4. Proses sonrası NO_x emisyonlarının, proses sonrası teknikler kullanılarak, azaltılması:
Seçici katalitik indirgeme veya NO_x indirgemesi verimi en az %80 olan diğer teknikler.
Atık gazın denitrifikasyonu oldukça yüksek maliyetli olduğu için bu proses, çevre standartlarının karşılanmadığı durumlarda düşünülmelidir, bu gün ticari peletleme tesislerinin hiçbirinde çalışmakta olan de-NO_x sistemi bulunmamaktadır.
5. Katı atık ve yan ürünlerin azaltılması
Azalan önem sırasına göre aşağıdaki teknikler BAT olarak değerlendirilmektedir
 - Atık üretimini azaltmak
 - Katı atıkların/yan ürünlerin etkin kullanımı (geri dönüşüm veya tekrar kullanım)

- Engellenemeyen atıkların/yan ürünlerin kontrollü olarak imhası
6. Isınma ısının tekrar kazanımı;
Çoğu peletleme tesisinde halihazırda yüksek oranda enerji geri kazanımı mevcuttur. Daha fazla geliştirme için tesise özel iyileştirmeler yapılması gerekir.

Prensip olarak 1-6 arası listelenen teknikler hem yeni hem mevcut tesislere uygulanabilmektedir.

5.5 Geliştirilen teknikler

5.5.1 Katılaştırma hattında proses bütünleşik NO_x indirgenmesi

Tanım: PI.2 NO_x'in oluşumu ve olası önlemler hakkında bilgi vermektedir. Ancak peletleme tesislerinde bu önlemlerin çoğu alınmamaktadır. Bazı önlemler, geliştirilen teknikler olarak tanımlanır ve belirli bir tekniğin uygulanabilirliği pek çok etkene bağlıdır ve burada tartışılmayacaktır.

Aşağıdaki önlemler brülör alevindeki tepe noktalarını moleküler oksijen (O₂) veya moleküler azota (N₂) sınırlama getirmek suretiyle “ısı- NO_x” oluşumunu azaltmayı (PI.2) hedefler. Aşağıdaki önlemler şöyle tanımlanmıştır:

1. *Katılaştırma hattı brülörlerine su enjeksiyonu*
Bu önlem alevin tepe noktası sıcaklıklarını düşürür. Ancak enjekte edilen su miktarı arttıkça enerji verimliliği düşer.
2. *Egzoz gazının diğer işlemlerde yanma havası olarak kullanılması*
Bu önlem brülörlerdeki oksijeni azaltmayı hedefler ve böylece NO_x oluşumunda azalma gözlenir. Kullanılmış egzoz gazı peletleme tesisinden veya başka bir yerden (örnek: Entegre demir çelik tesislerinde ocaklar, sinter tesisi, yüksek fırın.) temin edilebilir. Bu önlem tesisin çalışmasında oldukça büyük etkiye sahip olabilir.
3. *Soğutma bölümünde doğrudan olmayan su enjeksiyonu*
Oluşan buhar brülörlerde oluşan NO_x'u azaltabilir, ancak bu kesin değildir. Bunun yanında bu önlem katılaştırma hattında kurutma ve soğutma işlemlerini etkiler.

Referans makale: [İnfoMil,1997]

5.5.2 Soğuk bağlanmış peletler/tuğlalar

Tanım: Soğuk bağlama yakın zamanda Japonya, ABD ve İsveç'teki demir çelik tesislerinde kullanılmıştır. Bu proses, cevherin ısı kullanmadan bir bağlayıcı kullanarak sertleştirilmesini sağlar. Soğuk bağlama prosesleri, mevcut sinter ve peletleme işlemlerini tamamlayıcı olarak tasarlanır, hem kaba hem ince hem de geri dönüştürülmüş materyallerin toplanmasıyla, proses gerçekleştirilir. Soğuk bağlanmış pelet/tuğlaların en fazla %15'i (ama genellikle %3-5'i) ocağa şarj edilir.

Soğuk bağlama için çeşitli prosesler mevcuttur. Birincisi Nippon Çelik Şirketi (Nagoya) tarafından geliştirilmiştir. Prosesde, kuru toz, demir cevheri, ıslak toz, tortu ve kok tozu bir bağlayıcı vasıtasıyla tamburda birleştirilmektedir. Stok alanında 10 gün havada sertleştirildikten sonra ergitme ocağında kullanılabilir.

Bir diğer proses olan NKK-Corac (NKK Niigata) cürufu bağlayıcı olarak kullanmak suretiyle ardışık bir ıslah sürecidir. Bu proses, ıslah süresini yaklaşık 10 saat gibi kısa bir süreye indirmektedir.

Ulaşılan ana emisyon değeri: Soğuk bağlama teknikleri SO_x ve NO_x yaymaz. Soğuk bağlanmış peletler/tuğlalar, sinter veya pelet aglomeralarının yerini alamaz. Bu teknik, sinter tesisine verilen demir cevheri tozu ve geri dönüşüm materyali için kullanılabilir.

Durum: Ticari olarak Japonya, ABD ve İsveç'te uygulanmıştır. Ancak, soğuk bağlanmış pelet/tuğlalar kendinden cürufu (self-fluxed) sinter ve peletlerin yerini tam olarak alamaz.

Referans makale: [EC Sinter/BF,1995]

5.5.3 Diğer olası teknikler

Peletleme tesislerinde proses sonrası teknikleri olarak ancak birkaç teknik uygulanmasına rağmen, ticari olarak ciddi bir problem olmaksızın uygulanabilecek daha birçok teknik mevcuttur.

NO_x emisyonları ile ilgili olarak aşağıdaki teknikler peletleme tesislerinde uygulanabilir.

- Seçici katalitik indirgeme (SCR)
- Shell-deno;
- Degussa H₂O₂
- Rejenerasyonlu aktif karbon (RAC)

SO₂ emisyonları ile ilgili olarak aşağıdaki teknikler peletleme tesislerinde uygulanabilir.

- Sıvı desülfürizasyon :
 - MgO rejenerasyon prosesi
 - Çift Alkali prosesi
 - NaOH prosesi
 - KHI sistemi
 - CFB prosesi
 - AIRFINE yıkama prosesi
- Yarı kuru desülfürizasyon:
 - Fläkt/Niro
 - Fläkt/Drypac
 - Fläkt CDAS
 - Walther
- Kuru desülfürizasyon
 - Kuru alkali enjeksiyonu
 - Rejenere aktif karbon (RAC)
- Yıkama sıvısıyla desülfürizasyon
 - Wellman-Lord prosesi
 - Fläkt-boliden prosesi
 - Degussa H₂O₂ prosesi
 - Solinox

6. KOK FIRINI TESİSLERİ

Kömür pirolizi, kömürün oksidasyon olmayan bir ortamda gazlar, sıvılar ve katı kalıntılar (kok veya kor) oluşturmak amacıyla ısıtılması anlamına gelmektedir. Yüksek sıcaklıkta kömür pirolizine koklaştırma denir. Bu proseste baca gazları ısısı genellikle 1150-1350 °C olup kömür doğrudan olmayan yöntemle 1000-1100 °C'de 14-24 saat ısıtılır. Bu proses, ergitme ocağı ve dökümhane koku üretilmesine yarar. Ergitme fırınlarında kok, indirgeme aracı olarak ilk sıradadır ve kömür gibi diğer yakıtlarla karşılaştırılmaz. Kok hem destek maddesi hem de gazın dolaştığı matris olarak işlev görür.

Sadece belirli kömürler, örneğin kok veya madenkömürü ancak uygun plastik özelliklerde ise kok kömürüne çevrilebilir ve diğer cevherlerle birlikte, ergitme ocaklarının üretimini artırmak için harmanlanabilir.

6.1 Uygulanan prosesler ve teknikler

1940 lı yıllarda modern kok fırınlarının temel tasarımları oluşmaya başladı. Fırınlar yaklaşık 12 m uzunluğunda 4 m yüksekliğinde ve 0.5 m genişliğindeydi ve her iki tarafında kapılar ile donatılmışlardı. Hava çıkış gazıyla ön ısıtılır ve atık ısı kazanımı ile yüksek ısı sıcaklıklarına ve kok elde etme oranlarına ulaşıldı. 1940'lerden beri proses mekanize edilmiş ve dizaynda çok önemli değişimler olmadan yapı malzemeleri geliştirilmiştir. Mevcut montaj uzunluğu 14 m yüksekliği 6 m olan 60 fırına kadar çıkabilir. Isı transferi kısıtlamaları yüzünden genişlikler 0.3-0.6 arasında kalmıştır. Bataryadaki her fırın 30 tona kadar kömür işleyebilir. Resim 6.1 böyle bir bataryayı göstermektedir. Bazı yeni inşa edilmiş kok fırını tesisleri boyutları daha da artırmıştır. Örneğin, 1992'nin sonlarında çalışmaya başlayan "Kaiserstuhl" yeni kok fırını tesisinin hazneleri 18 m uzunluğunda 7.6 m yüksekliğinde ve 0.61 m genişliğinde olup yaklaşık 65 t kömür işleyebilmektedir. [Schönmuth,1994]



Şekil 6.1 : Bir kok fırını tesisinin hazneler, kömür kulesi ve kok fırını gaz toplama hattının resmi.

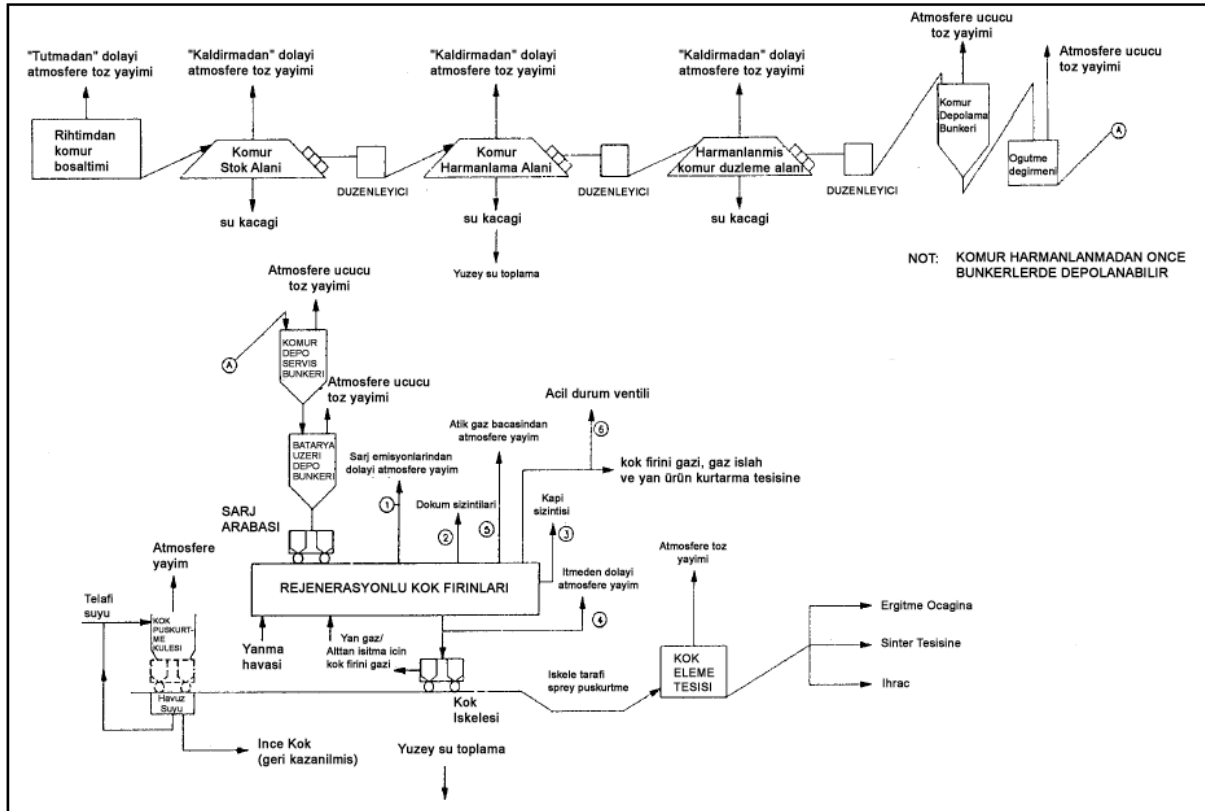
Son yıllardaki gelişmeler özellikle proseslerdeki emisyonları azaltmayı ve işletmeciler için çalışma koşullarını iyileştirici olmayı hedeflemiştir.

Kok elde etme süreci şu alt bölümlere ayrılabilir:

- Kömür işleme
- Tesis işletme (kömür şarjı, ısıtma/ateşleme, koklama, kok yükleme, kok yıkama)
- Kok işleme ve hazırlama
- Kok fırın gazının (COG) yan ürünlerin geri kazanımıyla toplanması ve arıtımı

Kok prosesindeki su akışlarını daha anlaşılır kılmak için atık su arıtımı tanımı da burada yapılmıştır.

Şekil 6.2 kok üretimi için gerekli proses ve operasyon dizelerini basitleştirmiş bir şema halinde vermektedir.



Şekil 6.2 : Bir kok fırını tesisinin emisyon kaynaklarını gösteren tipik akış diyagramı - [UK Coke, 1995]

6.1.1 Kömür işleme

Kömür işleme aşağıdaki adımlardan oluşur:

- Kömürün boşaltılması; kömür genellikle gemilerden veya trenlerden taşıma sistemine veya depolama alanına boşaltılır. Genellikle keçeli vinçler kullanılır. Rüzgar, kömür tozu yayılmasına sebep olabilir.
- Kömürün depolanması; kok fırını tesisleri genellikle büyük kömür depolama alanlarına sahiptir. Rüzgar kömür tozu emisyonuna sebep olabilir. Kaçan su için uygun ıslah yöntemi (sedimentasyon) uygulanmasına dikkat edilmelidir.
- Kömürün nakliyesi; konveyör ile nakil, bina dışında olabilecek nakil yerleri ve yol vasıtasıyla nakliye göz önüne alınmalıdır.
- Kömürün hazırlanması; kömür hazırlama işlemi, yatakta harmanlama, bunkerde harmanlama ve ezme işlemlerini içerir ve toz emisyonuna sebep olabilir. Karıştırma

işlemi sırasında katran gibi geri dönüştürülmüş malzemeler eklenmesi uçucu madde emisyonuna sebep olabilir.

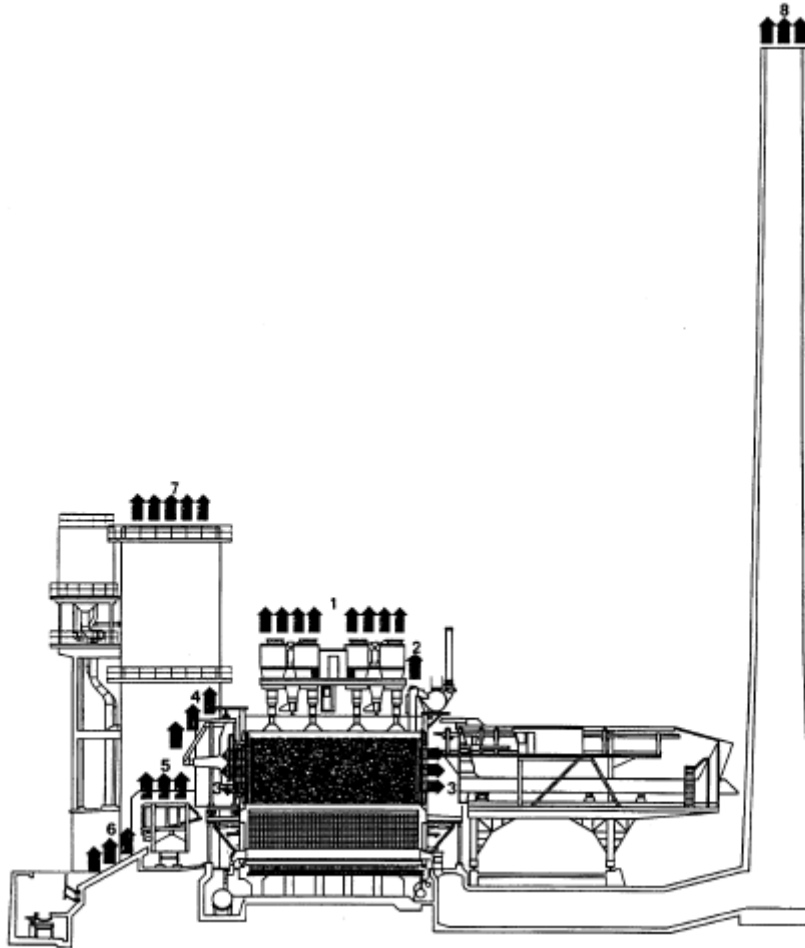
- Kömür kulesinin doldurulması (kömür tozu emisyonu olabilir)
- Şarj arabasının doldurulması (kömür tozu emisyonu olabilir)

6.1.2 Kok fırını bataryası işletme

Kok fırını bataryası işletme aşağıdaki adımları içerir :

- Kömür şarjı
- Haznelerin ısıtılması/ateşlenmesi
- Koklaştırma
- Kok sıkıştırma
- Kok spreyleme

Bu işlemler kok fırını tesislerindeki emisyonların büyük bölümünü oluşturmaktadır. Bu yüzden bunlar emisyon kaynakları hakkında bilgi ile birlikte burada daha fazla ayrıntıya girerek verilmiştir. Şekil 6.3 bataryanın genel görünüşünü ve ana emisyon kaynaklarını göstermektedir.



1 fırınların şarjı
4 kok sıkıştırma
7 kok spreylemesi

2 yükselme borusu
5 kok spreyleme arabası
8 eksik ateşleme sistemi yığını

3 kok fırını kapısı ve düzleyici kapılar
6 kok iskelesi, nakliyesi, elemesi

Şekil 6.3 : Bir kok fırını bataryasının ana emisyon kaynaklarını gösteren şematik diyagramı

6.1.2.1 Kömür şarjı

Şarj deliklerinden tozlaştırılmış kömürün (%70-85 kadarı <3 mm) şarjı için birkaç farklı teknik mevcuttur. En yaygın teknik, şarj arabalarını kullanarak, yerçekiminden faydalanmaktır (Şekil 6.4). Bu işlem eşzamanlı, ardışık sıralı veya safha safha şarj olacak şekilde hız kontrollü yatay besleyiciler veya döner tablalar ile gerçekleştirilebilir. Başka sistemler de mevcuttur. Kömür akışı ne olursa olsun kontrol altında olmalıdır. Bu sistemlerin hepsine genel tedbirler uygulanır. Bu önlemlerin amacı “dumansız” şarj (düşük emisyonlu şarj) sağlamaktır.

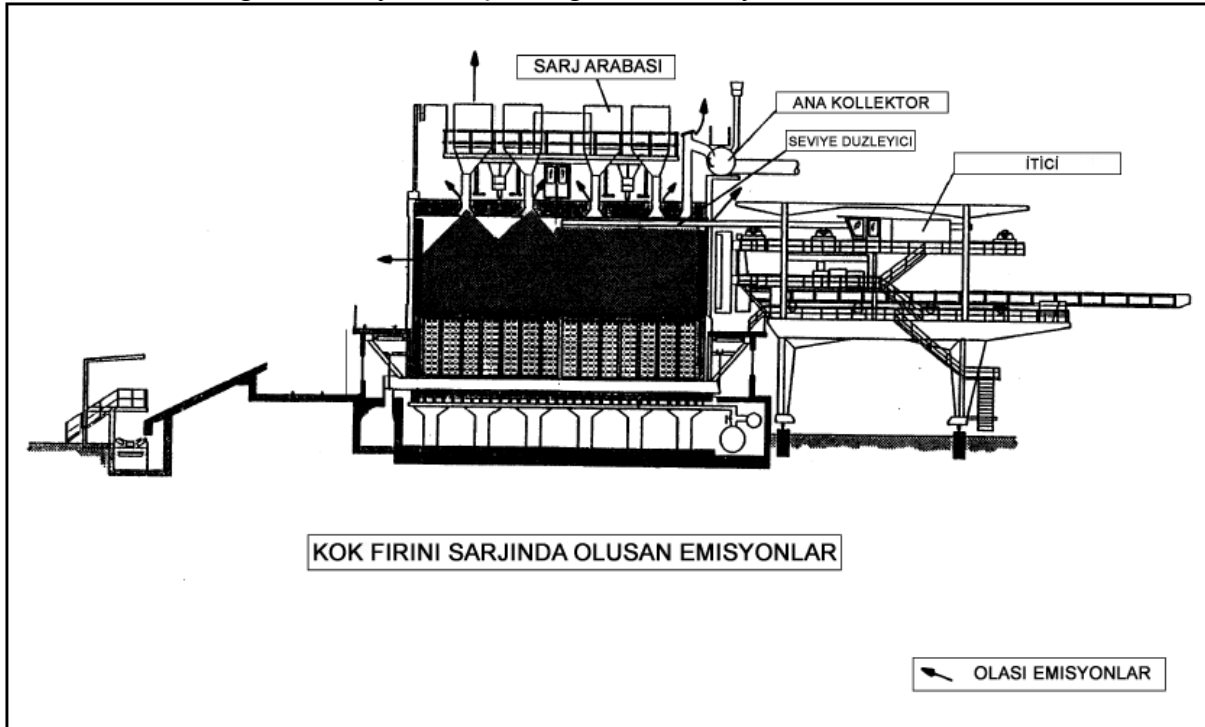
Boru hattı şarjı veya pres şarjı nadiren uygulanır.

Şarj deliklerinin ve sistemin geometrisi şarj emisyonları için çok önemli bir etkidir.

Süreç ile ilgili olarak aşağıdaki ayrımlar yapılmaktadır:

- Şarj prosesindeki emisyonlar
- Şarj gazlarının tahliyesi ve arıtılması
- Kömürü düzleme aşamasında seviye düzleyici kapısından olan emisyonlar.
- Fırın üzerine dökülen malzemeden oluşan kaçak emisyonlar

Tesis donanımına göre bir veya birkaç tekniğin kombinasyonu kullanılabilir.

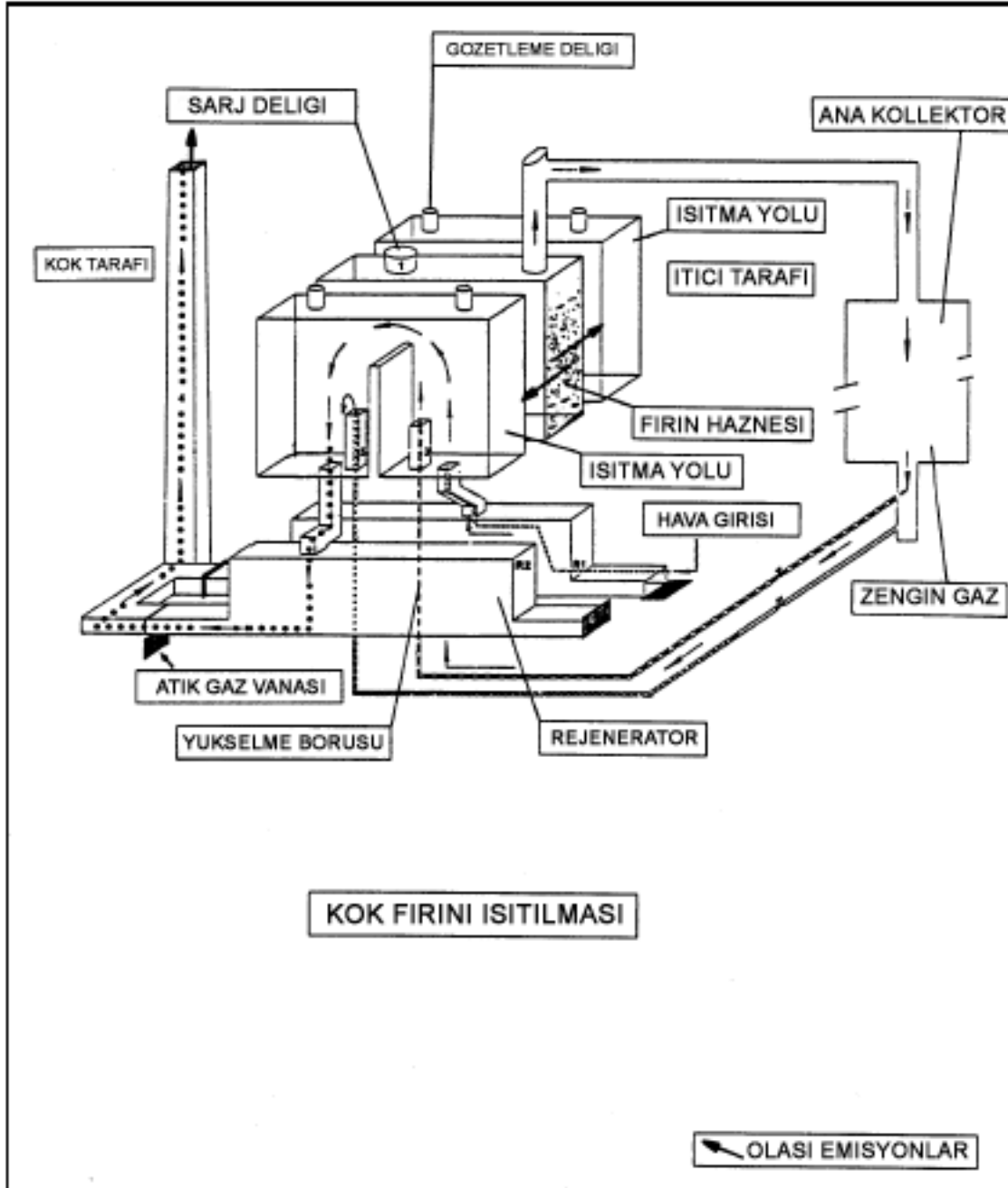


Şekil 6.4 : Kok fırını odalarına kömür şarjı sırasında oluşan emisyonları gösteren diyagram (oklar emisyonları göstermektedir)

6.1.2.2 Yanma odalarının ısıtılması/ateşlenmesi

Tekil kok fırını odaları ısıtma duvarlarıyla birbirinden ayrılmıştır. Bunlar, yakıt sağlamak için üfleçleri bulunan belirli sayıdaki ısıtma bacaları ve bir ya da daha çok (kok fırını duvar yüksekliğine bağlı) hava girişinden oluşmaktadır. Ortalama üfleç tuğla sıcaklığı, baca ısıtma hattı çalışmasını karakterize etmekle birlikte genellikle 1150 °C ile 1350 °C arasında tutulur. Genellikle, temizlenmiş kok fırın gazı yakıt olarak kullanılır ancak zenginleştirilmiş ergitme ocağı gazı gibi diğer gazlar da kullanılabilir.

Enerji verimliliğini artırmak amacıyla, fırınların hemen altına baca gazlarından yanma havasına veya ergitme ocağı gazına ısı transferi yapmak için rejeneratörler yerleştirilir. Şekil 6.5 te bir kok fırını ısıtma sisteminin emisyon noktalarıyla beraber şematik bir çizimi verilmiştir. Eğer çatlaklar yüzünden ısıtma duvarları sızdırmaz değilse (ki bu oldukça yaygın bir durumdur) kok fırını gazı baca gazına karışacak ve onunla birlikte çatıdan dışarı çıkacaktır.



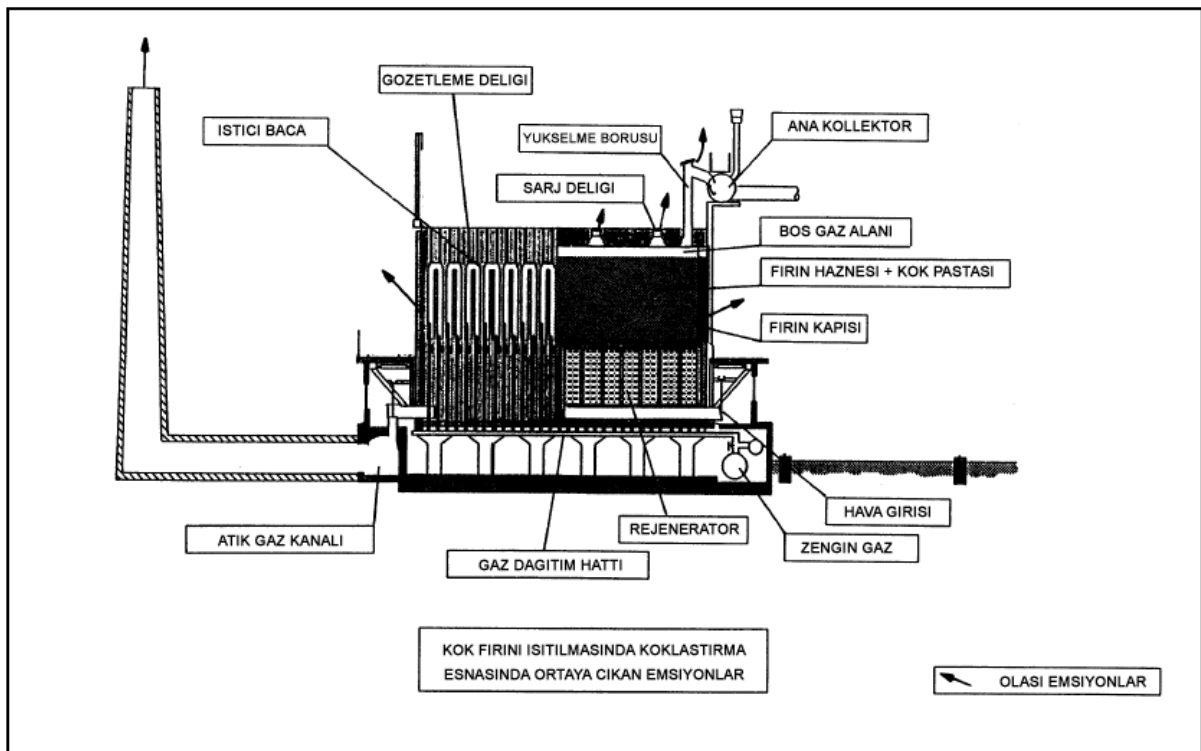
Şekil 6.5 : Kok fırını ısıtma sisteminin şematik çizimi (oklar emisyonları göstermektedir)

Yukarıdaki dizayn tek aşamalı yanmanın olduğu bir tesisi göstermektedir. Şu anki çoğu modern tesis çok aşamalı yanmaya sahiptir; normalde yakıt olarak kükürtsüzleştirilmiş ham kok fırın gazı (COG) kullanılır.

6.1.2.3 Koklaştırma

Koklaştırma süreci kömür şarjından hemen sonra başlar. Şarj edilen kömürün yaklaşık %8-11'i gaz ve nemden oluşur. Bu ham kok fırını gazı (COG) yükselme boruları vasıtasıyla ana kolektörde toplanır. Bu gazın yüksek kalorifik içeriği saflaştırmadan (COG arıtımı) sonra yakıt olarak kullanılabilirdiği anlamına gelir. (örnek: Bataryanın ısıtılması). Kömür ısıtma/ateşleme sistemi ile yukarıda anlatıldığı şekilde ısıtılır ve merkez sıcaklığı 1000-1100 °C'ye erişinceye kadar kok fırınında bekletilir.

Fırın genişliğine ve ısıtma koşullarına bağlı olarak, koklaştırma süreci yaklaşık 14-24 saat arası bir sürede tamamlanır. Şekil 6.6 koklaştırma sırasında ana emisyon kaynaklarını göstermektedir. Bunlar kapı emisyonları, şarj deliklerinden ve yükselme borularından emisyonlar ve aynı zamanda duvar çatlakları olması durumunda ısıtma gazları ile birlikte COG emisyonu olabilir.

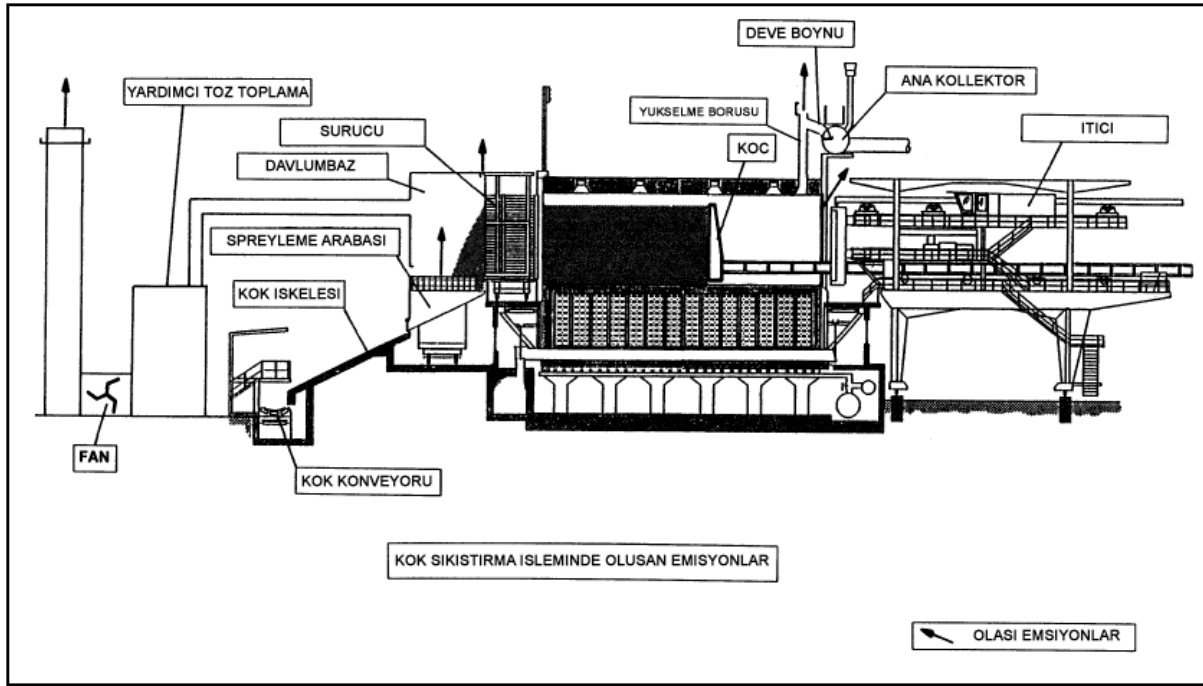


Şekil 6.6 : Kok fırını haznesinin koklaştırma esnasında olası emisyon noktalarının şematik çizimi (oklar ile göstermektedir)

1000 kg kömür 750 ile 800 kg arası kok ve yaklaşık 325 m³ COG (yaklaşık 187 kg COG) verir. Ancak not edilmelidir ki elde edilen kok ile COG üretim ve tüketimi kömür bileşimine bağlıdır ve koklaştırma zamanında büyük artışa sebep olur.

6.1.2.4 Kok sıkıştırma ve spreyleme

Koklaştırılmış kok fırından depo haznesine iticinin koçu sayesinde sıkıştırılır (Şekil 6.7). Atmosferik oksijenle temas, kokun anında yanmasına sebep olur. Kullanılan hazne genellikle kok spreyleme arabası olup sıcak koku bir spreyleme kulesine taşımakta kullanılır. Burada kok doğrudan olarak büyük miktarlarda su ile spreyleyilir. Buharlaşmayan su tanecikleri toplanıp bir sonraki işlemden kullanılabilir. Bu atık su emisyonlarını azaltmak için kullanılan bir yöntemdir.



Şekil 6.7 : Koklaştırılmış kokun spreyleme arabasına itilmesi. Emisyon noktaları oklarla gösterilmiştir.

Kuru spreyleme olarak bilinen alternatif bir sistemde, spreyleme arabası sıcak koku dikey bir spreyleme haznesine taşır. Haznenin etrafında asal gaz sirkülasyonu vardır ve atmosfer havasından izole edilmiş olan kokun bu şekilde yanmadan soğuması sağlanır. Gaz, ısı enerjisinin geri kazanımı için bir ısı değiştirici vasıtasıyla soğutulur.

6.1.2.5 Kok taşıma ve eleme

Sprey soğutmadan sonra kok, konveyörler, karayolu, tren veya bunların kombinasyonları vasıtasıyla stok yığınları halinde depolanacakları yere sevk edilir ve en son olarak ezilip elenir. Küçük parçalar (<20 mm) genellikle sinter prosesi için ayrılır ve büyük olanlar ise (20-70 mm) ergitme ocaklarında kullanılır.

Kok taşıma ve eleme, toz emisyonlarında artışa sebep olur.

6.1.3 Kok fırını gazının (COG) toplanması ve arıtımı

Ham COG içeriğindeki hidrojen, metan, karbon monoksit ve hidrokarbonlar sebebiyle yüksek kalorifik değerdedir. Bundan başka, ham COG katran, hafif yakıtlar (çoğunluk olarak BTX-benzen, tolüen ve ksilen), kükürt ve amonyak gibi değerli ürünler içerir. Tablo 6.1. ham COG'un bileşimini göstermektedir. Pek çok sebepten dolayı COG yakıt olarak kullanılmadan önce ıslah edilmelidir.

Ham Gaz Verimi [m ³ /h/t kömür]	Ham Gaz yoğunluğu [kg/Nm ³]	H ₂ [vol%]	CH ₄ [vol%]	C ₂ H ₂ [vol%]	CO [vol%]	H ₂ S [vol %]	BTX [g/Nm ³]	PAH [mg/Nm ³]	NH ₃ [mg/Nm ³]	CO ₂ [vol%]
12-25	0.53-0.62	39-65	32-42	3.0-8.5	4.0-6.5	3-4	23-30	n/a	6-8	2-3

Lejant: n/a= mevcut değil

Tablo 6.1 : Ham COG bileşimi – ve sonrası [InfoMil,1997]

Kok fırını gaz bileşimi koklaştırma süresine ve kömür bileşimine bağlıdır. Bu datalar alınırken su ve külsüz kömür kullanılmıştır. Söz konusu örneğin H₂S içeriği göreceli olarak yüksektir. Diğer tesislerin tipik aralığı 3.5-4.5 gH₂S/Nm³ değerlerindedir.

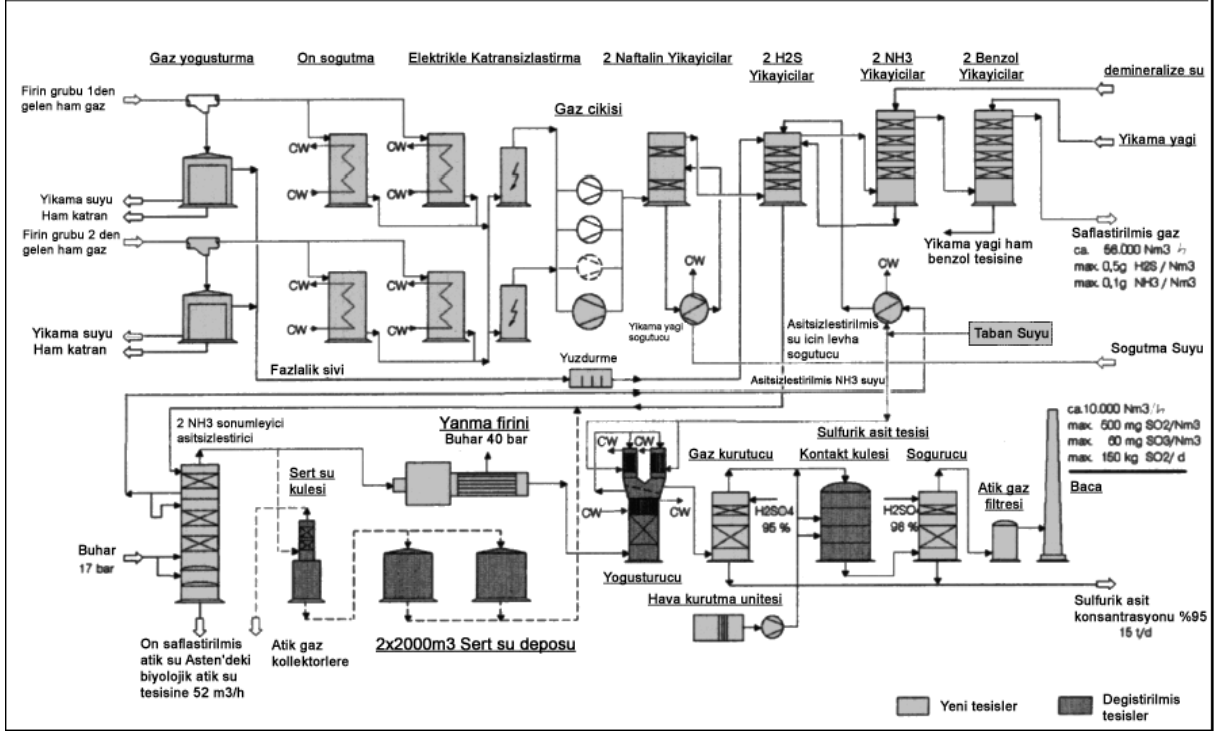
Ham gazın içeriğindeki katran ve naftalin boruların ve cihazların tıkanmasına sebep olabilir ve öncelikli olarak alınması gerekmektedir. Üretilen her ton kok için yaklaşık olarak 35-45 kg katran elde edilebilir. Katrandan pek çok ürün elde edilebilir, örneğin zift, antrasen yakıtı, yıkama yakıtı, naftalin yakıtı, karbolik yakıt (phenol) ve hafif yakıt.

Kükürt bileşenleri ve amonyak borular ve ekipmanlarda korozyona sebep olurken, ayrıca COG'un yakıt olarak kullanılması durumunda SO₂ emisyonuna sebep olur. Üretilen her ton kok için yaklaşık olarak 3 kg amonyak ve 2.5 kg H₂S üretilir.

Bazı durumlarda hafif yağ ve özellikle BTX değerli bir yan ürün olarak COG'dan ayrıştırılır. Üretilen bir ton koktan 15 kg'a kadar hafif yakıt elde edilebilir. Bu yakıt benzen, tolüen, ksilon, aromatik olmayan yakıtlar, homolog aromatik yakıtlar, fenol, piridin bazlı ve polisayklik (polycyclic) hidrokarbonlar (PAH) gibi diğer organik bileşenleri içerir.

Şekil 6.8 tipik bir COG arıtım tesisini göstermektedir. Süreçteki ana adımlar aşağıda tanımlanmıştır.

Linz'deki kok tesisinin basitleştirilmiş gaz ve atık su saflaştırma diyagramı



Şekil 6.8 : COG arıtma tesisinin yan ürünlerin geri kazanımını gösteren tipik şeması – [UK Coke, 1995]

6.1.3.1 Gaz soğutma

Sıcak ham fırın gazı askanya borularına yaklaşık olarak 800°C sıcaklık ile girer. Kaz boynu tabir edilen bölgede amonyaklı sıvı madde püskürtülerek buhar doyma sıcaklığı olan 80°C civarına kadar direk soğutulur. Bunun için karbonlaşmış kömür ton başına 2-4 m³ amonyaklı sıvı maddeye ihtiyaç duyulur.

Gaz faz ilk soğutuculara giderken, sıvı faz katran/su ayrıştırıcısı besler. İlk soğutucuları, açık sistem olarak kullanmak yaygınlaşmıştır. Şimdilerde kapalı soğutma sistemlerde indirekt soğutma daha yaygındır. Doğru sıcaklıktaki yeterli soğutma suyu ile gaz 20°C'nin altındaki seviyelere soğutulabilir ve çevreyi ılık bir hava sarar. Bu şartlar altında kaynama noktaları yüksek olan birçok bileşikler ve gaz içinde bulunan bir miktar su buharı yoğunlaşır.

Eksozlar yolu (emiş fanları) ile emilen gaz, yıkama ünitesine gönderilmeden önce akış yönündeki elektrostatik katran çöktürücülerinde, içinde bulunan damlacıklar ve partiküller çöktürülür. Elektrostatik katran çöktürücüler bazen akış yönündeki eksozlar içine yerleştirilmektedir. Elektrostatik katran çöktürücüsündeki çöktürmeler de katran/su ayrıştırıcısına gönderilir.

Emiş fanları gazın sıkışmasına neden olur, her ne kadar fan olsa da bunu küçümsemek gerekir, buna bağlı sıcaklık artışı aşağı akış yönündeki proses şartlarında tolere edilemez. Bu durum son soğutucuların kullanılmasını gerekli kılar.

Kok fırın gazındaki empürüteleri tutmak için kullanılan son soğutucular indirekt veya direkt olabilir. Sonuç olarak soğutma döngüsünün sonunda dönüş akışındaki soğutmada doğal yol veya fan soğutucuları da kullanılsa emisyon oluşması kaçınılmazdır. Bu nedenle son soğutucularda indirekt yöntem tercih edilse de bazı tesislerde hala açık sistemler kullanılmaktadır.

6.1.3.2 Kok Gazından katran kazanımı

Kok fırın gazının soğuması sırasında suyun ve kaynama noktası yüksek hidrokarbonların büyük bir kısmı yoğunlaşır. Yoğunlaşan sıvı borulardan ve elektrostatik katran çöktürücülerinden katranın geri kazanıldığı katran/su ayrıştırıcısına gider. Kömürlü su denen sıvı faz ayrılır ve daha ileri artıma için amonyak stripping ünitesine gider.

Bazen katranı ayrıştırıcıdan çıkarmak için raspa monte edilir. Bu iri parçalar genellikle kömür beslemeye geri gönderilir.

6.1.3.3 Kok Gazının desülfürizasyonu

Kok fırın gazı Hidrojen Sülfür (H₂S) ve çeşitli bir çok organosülfür bileşikleri (Karbon disülfat (CS₂), karbon oksisülfat (COS)) içerir. Halen kullanılmakta olan bütün desülfürizasyon teknikleri H₂S'in temizlenmesinde oldukça verimlidir. Organosülfür bileşiklerinin temizlenmesinde daha az verimlidir. Ticari kok fırın gazı desülfürizasyon prosesi iki kategoriye ayrılabilir.

1. Elementel kükürt (S⁰) üretmek için yaş oksidasyon prosesinin kullanılması
2. Sülfürik asit (H₂SO₄) ve elementel kükürt (S⁰) haline dönüştürülmesini sağlayan H₂S absorblama ve stripping prosesi

Yaş oksidasyon prosesi Hidrojen Sülfürün elementel kükürt veya sülfata dönüştürülmesi için indirgeme-oksidasyon katalizörü kullanılır. Bu proseslerin tamamı H₂S'in (en düşük 2 mg/Nm³) giderimi konusunda oldukça verimlidir ancak yüksek oranda su ve/veya havanın kirletilmesi ile sonuçlanan prosese ilave arıtım tesislerinin yapılması gerekli hale gelmiştir. (UN-CE,1990)

H₂S'in gideriminde absorblama-stripping proseslerinin verimi düşüktür (0.5-1 g/Nm³), ancak rejenerasyon sistemi içinde hava kullanılmaması ve toksik olmayan katalizör kullanılmasından bu yana prosesin hava ve suya vereceği emisyonlar azaltılmış veya elemine edilmiştir. Prosesler, sülfürik Asit veya çok yüksek saflıkta elementel kükürt üretmek için çalıştırılabilirler. (Claus Fabrikaları)

Alçak basınçta NH₃ / H₂S yıkayıcı ve yüksek basınçta potasyum karbonat ile giderme (karbonat vakum prosesi) ile hem alçak hem de artan basınçta çalışan BTX yıkayıcı genel bir proses kombinasyonudur. Her iki basınç aşamasında potasyum yıkayıcı sistemine bir BTX yıkayıcı eklenmesi çok yaygındır.

6.1.3.4 Kok Gazından amonyak geri kazanılması

Koklaştırma prosesi esnasında oluşan amonyağın bir kısmı kok gazında kalırken bir yoğunlaşan sıvıda kalmaktadır. Amonyağın %20-30'u sıvı çözeltide içerisinde bulunur. Kok gazından amonyağı ayırtmak için ticari üç teknik kullanılır.

- NH₃ / H₂S yıkayıcı. Bu proseste kok gazındaki amonyak, suyla veya seyreltik çözelti ile yıkanarak giderilir. Amonyak giderme ünitesinde (yıkayıcı) oluşan atıksu H₂S yıkayıcı ünitesinde kullanılır. H₂S yıkayıcıda oluşan atıksu hem H₂S hem de NH₃ içerir ve atıksu amonyak stripping ünitesine gönderilir. Bu proses aynı zamanda Carl Stil, Diamex veya Amonyum Sülfat Kreislaufwascher (ASK) prosesi olarak da bilinir.
- Amonyum Sülfat ((NH₄)₂ SO₄) geri kazanımı. İki proses kullanılabilir : Otto-tip absorblama ve Wilputte düşük diferansiyel kontrollü kristalleştirme prosesi. Her iki sistemde de kok gazına seyreltilmiş sülfürik asit çözeltisi püskürtülerek amonyum sülfat geri kazanılır.
- Susuz amonyağın (NH₃) geri kazanımı. Kok gazından susuz amonyağın geri kazanımı USS PHOSAM adı altında US Steel Corp. tarafından geliştirilmiştir. Bu proseste, kok fırın gazı ters akımlı temas sağlanarak fosforik asit ile yıkanarak, amonyağın giderimi sağlanır. Amonyağın giderme verimi %98-99'dur. (UN-ECE, 1990)

6.1.3.5 Kok Gazından hafif yağ geri kazanılması

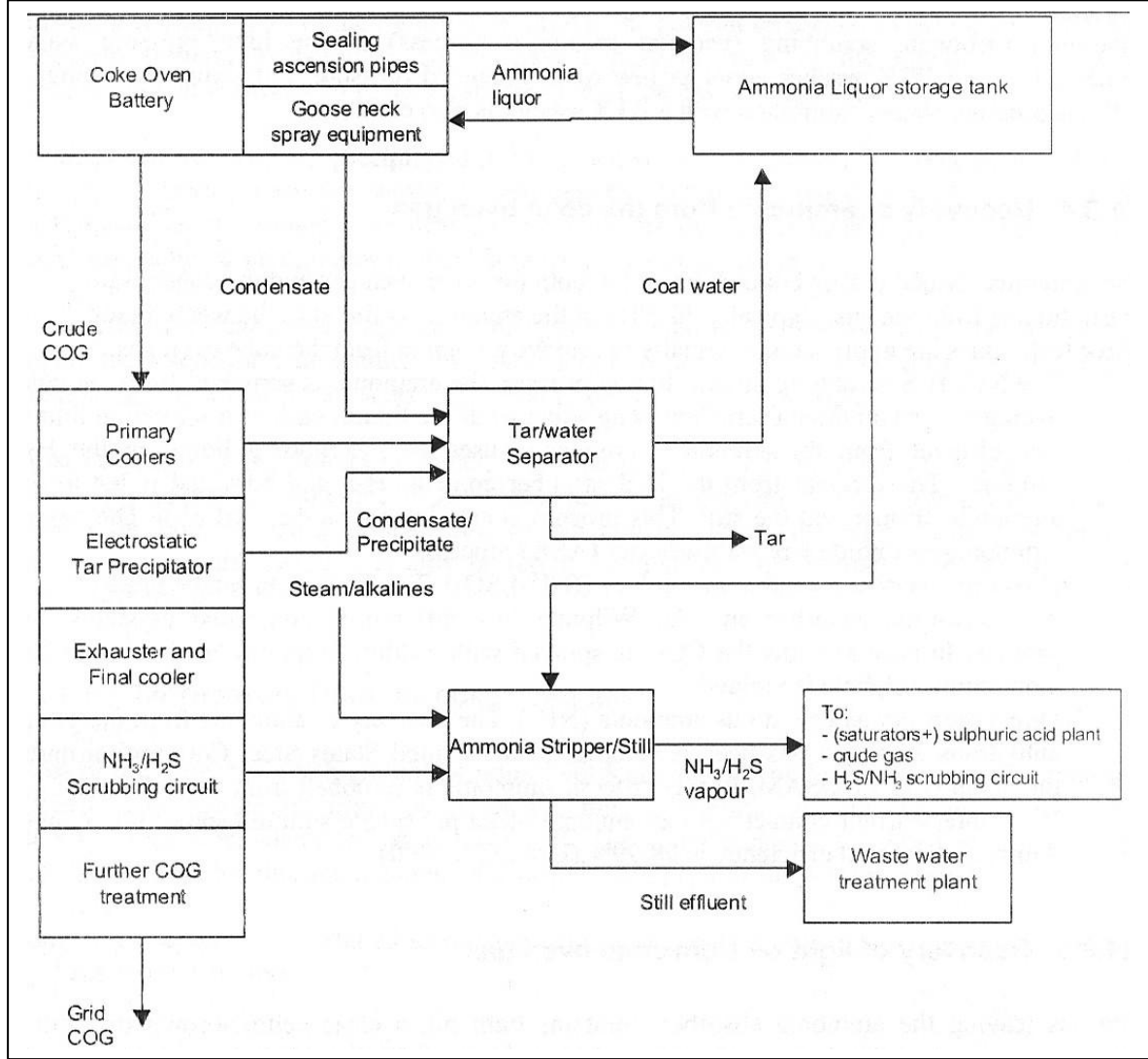
Amonyak absorblama ünitesini terk eden gaz spesifik ağırlığı 0.88 olan açık sarı-kahverenginde hafif yağ içerir. Kok gazı kaynama noktası çoğunlukla 0 ile 200°C arasında olan yüzün üzerinde bileşeni içermektedir. Bunların bir çoğu düşük konsantrasyonlarda gösterilir ki geri kazanımı uygulanabilir değildir. Hafif yağ genellikle benzen, toluen ve ksileni (BTX) kapsamaktadır. Başlıca kullanılabilir bileşenleri benzen (%60-80), toluen (%6-17), ksilen (%1-7) ve solvent nafta (%0.5-3). Hafif yağın geri kazanılmasında üç ana metot kullanılmaktadır. (UN-ECE, 1990)

- -70°C'nin altındaki sıcaklıklara soğutma ve 10 bara sıkıştırma,
- Absorblama; hafif yağın aktif karbon yatağı içinden geçirilerek, direkt ve indirekt ısıtma yoluyla karbondan hafif yağın geri kazanımı,
- Solventler ile absorblama; kok gazının petrol yıkama yağı, kömür-katran karışımı veya absorblayıcılar ile yıkanmasından sonra buhar damıtma yöntemi ile absorblayıcıdan hafif yağın geri kazanımı.

6.1.4 Kok fırını su akışı

Koklaştırma prosesi ve kok fırın gazı temizliği esnasında bir çok su akışı oluşturulmuştur. Bu akışlardan bazıları kendi içinde koklaştırma işlemleri ile bağlantılı ve diğerleri kok gazı arıtımı ile ilişkilidir.

Şekil 6.9 Kok fırınındaki su akış örneğini göstermektedir. Bununla birlikte bir çok alternatif akım şemaları bulunmaktadır.



Şekil 6.9 : Kok Fabrikası Su Akış Diyagramı.

Ana hatta toplanan su buharının bir çok kaynağı bulunmaktadır; Kömür rutubeti, “kimyasal su” (koklaşma prosesi esnasında oluşan), şarj gazlarının emilmesi için kaz boynunda (goose neck) kullanılan buhar veya amonyaklı sıvı.

Ham kok gazı, su buharının ve daha çok katranın yoğunlaştığı ilk soğutucu ve elektrostatik filtrelerden geçer. Ana toplayıcılarda, soğutucularda ve elektrostatik filtrelerde yoğunlaşan su ve katran katran/su ayırıcısına gider.

İçinde yüksek miktarda amonyak konsantrasyonu içeren katran/su ayırıcısındaki su, amonyak çözeltisinin depolandığı tanka gönderilir.

Amonyak çözelti depolama tankı, kaz boynu püskürtme ekipmanı için su sağlar. Askanya boru kapaklarına conta takılıdır. Amonyak alkol depolama tankındaki fazlalık amonyak stripping/tutma kolonu ünitesine gönderilir.

Kapalı soğutma sistemleri ve yaş oksitleyici desülfürize sistemleri haricindeki bütün su , amonyak tutma kolonuna ve daha sonra da atıksu arıtma tesisine gönderilir.

Amonyak tutma kolonundaki atıksuyun NH_3 'ün konsantrasyonu çok yüksektir. Atıksuyu arıtma tesisine göndermeden veya çevreye boşaltmadan önce amonyak konsantrasyonunu azaltmak için bir çok sebep vardır.

- Amonyak değerli bir enerji kaynağı olarak (sülfürik asit tesisinde) veya değerli bir yan ürün olarak (amonyum sülfat susuz amonyak) geri kazanılabilir.
- Serbest amonyak suda yaşayan ekosistem için çok zehirlidir (biyolojik atıksu iyileştirme tesisleri dahil)
- Amonyak çok yüksek özellikte oksijene gereksinim duyar (nitrat oksidasyonu için kendi ağırlığının 4.5 katı oksijene ihtiyaç duyar). Sonuç olarak atıksu iyileştirme tesislerinde veya alıcı su ortamında oksijen tüketiminde bir risk vardır.

Bu durum kok fırını tesislerinin hemen hemen tamamına amonyak stripping ünitelerinin konulmasına sebep olmuştur. Bu cihaz buhar ve alkali katkı maddeleri ile atıksudan H_2S ve NH_3 'ü ayrıştırır. Buharlar daha sonra gelen ham gazı NH_3 / H_2S yıkayıcıya (H_2S 'in süpürme verimliliğini geliştirmek) veya NH_3 ve H_2S 'in birlikte yandığı sülfürik asit tesisine gönderir. Bazen NH_3 bu buharlardan ayrılarak amonyum sülfat elde edilir.

Kostik soda (NaOH) genel olarak en yaygın kullanılan alkalidir. Önceden kuru kireç (CaOH_2) daha sık kullanılmıştır.

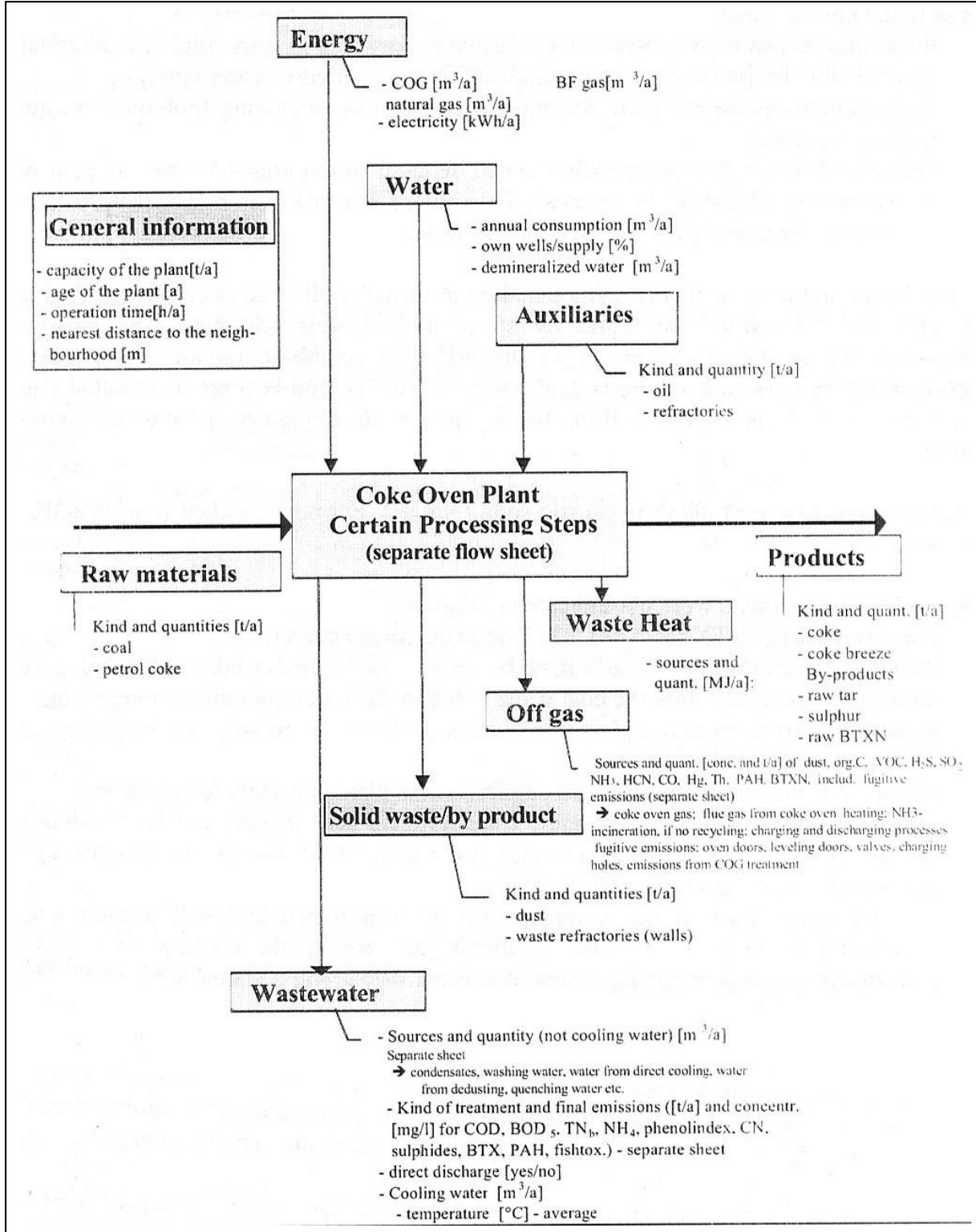
Olması mümkün olan bazı su akışları Şekil 6.9'da belirtilmemiştir.

1. Benzen, toluen ve ksilen (BTX) geri kazanımından açığa çıkan atıksu katran/su ayrıştırıcısına verilir.
2. Kömürlü su amonyak çözelti depolama tankına gönderilmeden önce solvent ekstraksiyon prosesi ile kömürlü sudan fenol (konsantrasyon > 3 g/l) geri kazanılabilir.
3. Oksidatif desülfürize prosesinden açığa çıkan atıksu ön artıma sonrası ayrı olarak deşarj edilir.
4. Sülfürik asit tesisinden (isteğe bağlı) açığa çıkan kimyasal su genellikle kolona gönderilir.
5. Claus prosesinden (isteğe bağlı) açığa çıkan kimyasal su genellikle yoğunlaşmayacak olmasına rağmen bir baca yoluyla atmosfere atılır (EC Kok, 1996). Başka bir alternatif de bu suyu arıtmadan önce ham gaz içine enjekte edilmesidir.
6. Soğutma suyu. İndirekt gaz soğutma suyu tekrar sirkülasyon yapılır ve atıksu miktarını etkilemez. Direkt gaz soğutmada ise soğutma suyu bir yıkama çözeltisi olarak düşünülür ve neticede kolona yönlendirilir.

6.2 Tüketim / emisyon seviyeleri

6.2.1 Akış miktarlarına bakış ve girdi/çıkış verileri

Şekil 6.10 Kok fırını iyileştirme tesisi girdi ve çıkış miktarlarına genel bakışı göstermektedir. Şekilde gösterilen veriler tek fırınlı kok tesisinden alınmıştır.



Şekil 6.10 : Kok Fırın Tesisinin Akış Miktar Şeması

Sonraki özel girdi faktörlerinde olduğu gibi özel emisyon faktörleri de hesaplanabilir. Bu çeşit faktörler Tablo 6.2'de gösterilmiştir. Veriler, AB üyesi dört ülkedeki 11 kok fırın tesisine bağlı olarak verilmiştir.

Çeşitli üretim ünitelerinin emisyon faktör işlemlerini kolaylaştırmak için emisyon faktörleri 1 ton sıvı çeliğe göre verilmiştir.

Girdi			Çıktı		
Hammaddeler			Ürünler		
Kömür (kuru)	Kg/t kok	1250-1350	Kok (kuru)	kg/t	1000.0
			Kok fırın gazı ^{*3}	MJ/t LS	2500-3200
			Buhar ^{*3}	MJ/t LS	3-90/500 ^{*4}
Enerji					
Y.F.gazı+Kok gazı	MJ/t kok	3200-3900	Gaz emisyonları		
Elektrik	MJ/t kok	20-170 ^{*1}	Toz	g/t LS ^{*3}	17-75 ^{*1}
			SO _x	g/t LS	27-950 ^{*5}
			NO _x	g/t LS	230-600 ^{*1}
			NH ₃	g/t LS	0.8-3.4
			H ₂ SO ₄	g/t LS	0.7 ^{*6}
Buhar	MJ/t kok	60-300 ^{*2}	HCN	g/t LS	0.02-0.4
			H ₂ S	g/t LS	4-20 ^{*1}
			CO	g/t LS	130-1500 ^{*1}
Sıkıştırılmış hava	Nm ³ /t kok	7-15	CO ₂	kg/t LS	175-200
			CH ₄	g/t LS	27 ^{*7}
			VOC ^{*8}	g/t LS	4-8
Proses suyu (≠soğutma suyu)	M ³ /t kok	0.8-10	Benzen	g/t LS	0.3-15 ^{*9}
			PAH ^{*10}	mg/t LS	170-500 ^{*11}
			Tortu/yan ürün		
			Benzen	kg/t kok	8-15
			H ₂ SO ₄ ^{*6}	kg/t kok	4-9
			Katran	kg/t kok	25-46
			(NH ₄) ₂ SO ₄ SO ₄ ^{2-*} 12	kg/t kok	1.7-3.4
			Sülfür ^{*13}	kg/t kok	1.5-2.3
			Atıksu	M ³ /kok	0.3-0.4

Açıklama : LS = sıvı çelik (ham çelik); VOC = Organik Uçucu Bileşikler; PAH = Poliaromatik Hidrokarbonlar

^{*1} eski tesisler için yüksek değer (20 yıldan daha eski)

^{*2} eski tesisler (20 yıldan daha eski) 1200 MJ/t kok buhar tüketimi yapabilirler.

^{*3} kullanılan dönüşüm faktörleri (Avrupa'daki bütün Yüksek Fırınlar ve Bazık oksijenli çelik işletmeleri) : 358 kg kok/t sıcak maden; 940 kgsıcak maden/t sıvı çelik

^{*4} kok kuru söndürme değerleri yüksek olduğunda (buhar formundan ısı geri kazanımı ile) 14-15 yıldan buyana işletmede olan iki tesisten alınan değer 90 MJ/t sıvı çelik; 7 yıldan buyana işletmede olan bir tesisten alınan değer ise 500 MJ/t sıcak maden.

^{*5} desülfürize edilmemiş kok fırın gazı değerleri yüksek olduğunda; desülfürize olduğu takdirde SO₂'nin belirli emisyonu 27-300 g/t sıvı çelik (bu alandaki en yüksek değer yetersiz desülfürizeyi göstermektedir)

^{*6} SO₂'nin absorblanarak,son ürün olan H₂SO₄'e dönüştürülmesi

^{*7} sadece bir tesisten veri alınmıştır

^{*8} metan içermeyen organik uçucu bileşikler

- *9 bir tesiste düşük değer (5 yaşında)
- *10 poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) EPA 16 (16 PAH'ın toplamı)
($\Sigma(\text{FLU}+\text{PYR}+\text{TRI}+\text{CPP}+\text{BaA}+\text{CHR}+\text{BNT}+\text{BeP}+\text{BbF}+\text{BkF}+\text{BaP}+\text{DbahaA}+\text{BghiP}+\text{INP}+\text{ANT}+\text{COR})$)
- *11 sadece iki tesisten veri alınabilmiştir
- *12 amonyak çözeltisi ile SO₂ 'nin absorpsiyonu
- *13 SO₂'nin absorpsiyonu ve elementel sülfürün geri kazanımı

Tablo 6.2 : Dört değişik AB üyesi ÷lkedeki 11 Kok Fabrikasının girdi/çıkıtı verileri

Diğer tesislerin ilgili veri detaylarına ulaşılamamıştır, veriler 1996'dan bu yanadır; emisyon verileri, emisyonların arıtma sonrası değerlerini temsil etmektedir; değerler kok ve kömürün maniplasyonu sırasındaki emisyonları eksik bilgiden dolayı içermemektedir ancak bu emisyonların etkisi azdır; örnekleme metotları, analiz metotları, zaman aralıkları, hesaplama metotları ve referans durumlarını belirlemek için bilgi alınamamıştır.

Tablo 6.3’de yer alan bilgiler, Tablo 2’de önde gelen kok fabrikaları için havaya verilen emisyon faktörlerini (arıtmadan sonra) tamamlamaktadır.

İşlem		PM [g/t LS]	CH ₄ [g/t LS]	ali.HC [gC/t LS]	Benzen [mg/t LS]	BaP [mg/t LS]	PAH* ² [mg/t LS]	CO [g/t LS]	SO ₂ [g/t LS]	H ₂ S [g/t LS]	NH ₃ [g/t LS]	NO _x [g/t LS]	
Şarj	“eski tesisler” ^{*3}	1-1.5	17		34	3.5		7-13					
	[Eisenhut, 1990]				34-570	0.5-5 ^{*5}	5-74 ^{*5}						
	[EC kok, 1993]	0.1-3.5	0.02-25	0.003-10	2-400	0.007-		0.02-24	0.003-3		<0.1		
	Kaiserstuhl 96 ^{*4}	0.3			3	0.01		0.3					
Karbonizasyon	Kapılar	“eski tesisler” ^{*3}	4		335	19							
		[Eisenhut, 1990]				2700-4700 ^{*6} 70-100 ^{*7}	19 ^{*6} 01.-5 ^{*7}	3- 1250 ^{*5}					
		[EC kok, 1993]	0.1-2	1.5-25	0.3-7	70-4700	1.5-15		0.5-10	0.05-	0.006-	0.03-0.5	0.01-0.15
		Kaiserstuhl 96 ^{*4}	0.3			30	0.3						
	Kapaklar	“eski tesisler” ^{*3}				270	3						
		[Eisenhut, 1990]				270-9000 ^{*8}	1-90 ^{*5}	40- 1100 ^{*5}					
		[EC kok, 1993]	0.06-0.3	1.5-8.5	0.5-3	270-2700	3-5		0.5-3	0.05-	0.003	0.03-0.1	0.01-0.05
		Kaiserstuhl 96 ^{*4}				0.03	0.05						
	Askanya/borular	“eski tesisler” ^{*3}											
		[Eisenhut, 1990]				3-600 ^{*9}	0.1-11 ^{*9}						
		[EC kok, 1993]	<0.07	0.1-1	0.03-0.3	3-33	0.1-1		0.001-	0.003-	<0.003	<0.003	
		Kaiserstuhl 96 ^{*4}							2	5			

Açıklama : LS=sıvı çelik(ham çelik), PM=partikül madde, ali.HC=alifatik hidrokarbonlar, BaP=benzo piren, PAH=Polisilik hidrokarbonlar

Tablo 6.3 : Kok Fabrikalarının havaya emisyonları için emisyon faktörleri (Devamı)

İşlem		PM [g/t LS]	CH ₄ [g/t LS]	ali.HC [gC/t LS]	Benzen [mg/t LS]	BaP [mg/t LS]	PAH ^{*2} [mg/t LS]	CO [g/t LS]	SO ₂ [g/t LS]	H ₂ S [g/t LS]	NH ₃ [g/t LS]	NO _x [g/t LS]
İtme	“eski tesisler” ^{*3}	135-200 ^{*10}				17						
	[Eisenhut, 1990]	<2 ^{*11}			170 ^{*12} 7-25 ^{*13}	0.001-17 ^{*14}						
	[EC kok, 1993]	>70	0.3-2					2-12	2-8			
	Kaiserstuhl 96 ^{*4}	0.3				<0.001						
Söndürme	“eski tesisler” ^{*3}	20-40						30-50		22	1.5	
	[Eisenhut, 1990]				15-1000 ^{*15}	0.003-3 ^{*5}	0.2-33					
	[EC kok, 1993]	45’e kadar						100-470		17-27	1-3	
	Kaiserstuhl 96 ^{*4}	5										
Eleme		2 ^{*16}										
Yan ürün tesisi					30-8000 ^{*17}	0.02-0.03	0.5-1.5					
Altan yanmalı									27-100 ^{*19} 100-500 ^{*20} 1250 ^{’ye} kadar ^{*21}			80-600

Açıklama : LS=sıvı çelik(ham çelik), PM=partikül madde,ali. HC=alifatik hidrokarbonlar, BaP=benzo piren, PAH=Polisilik hidrokarbonlar

*1 kullanılan dönüşüm faktörleri (Avrupanın bütün Y.Fırın ve Bazık Oks.Çelik Tesislerinin ağırlıklı ortalaması)

*2 PAH as EPA 16 (16 Poliaromatik Hidrokarbon toplamı) (Σ(FLU+PYR+TRI+CPP+BaA+CHR+BNT+BeP+BbF+BkF+BaP+DBahaA+BghiP+INP+ANT+COR))

*3 [Hein et al., 1996]’dan alınan veriler. Eski tesisten başlayıp yerine yenilenen modern tesis (Kaiserstuhl-D-Dortmund) ile devam etmiştir.

- *4 [Hein et al., 1996]'dan alınan veriler.
- *5 yüksek değerler eski ve kötü durumdaki tesisler için, düşük değerler yeni ve iyi tesisler içindir.
- *6 Sert çekiç bıçak contası
- *7 Esnek kapı contası (örnek : membran)
- *8 Yüksek değerler, kapıların sızdırmazlığının sağlanmadığı durumlar
- *9 Metal contalar için yüksek değerler, su contaları için düşük değerler
- *10 Azaltılmamış emisyon verileri
- *11 Alman [TA Luft, 1986]'a göre 5 g/t kok veya 1.7 gPM/t sıvı çelik elde edilmeli.
- *12 Kok arabası ile
- *13 Başlık arabası ile
- *14 Düşük değerlere torba filtrelerle ulaşılmıştır, yüksek değerler toz giderici ile oluşmuştur.
- *15 Tamamlanmamış kok olduğu takdirde
- *16 [US PM-10, 1994] verileri
- *17 Yüksek değerler, gaz dengeleme boru sistemli tesislerden alınmıştır.
- *18 1997 yılından bu yana 10 kok fırın tesisinden alınan değerler
- *19 Desülfürize kok fırın gazı kullanıldığı takdirde (bir çok durumda Y.F. gazı karışımı)
- *20 Desülfürize kok fırın gazı kullanıldığı takdirde, fakat gaz sıkışması olmayan kamara duvarları yüksek emisyonlar için en önemli unsur olmuştur.
- *21 Desülf. edilmemiş kok f. gazı kullan. takdirde (bir çok durumda Y.F. gazı karışımı)

6.2.2 Havaya verilen emisyon bilgileri

Kok fabrikalarının oldukça fazla sayıda emisyon kaynakları olduğu bilinir. Bu emisyonların birçoğu zamanla çok değişmektedir (Örneğin: kapılardaki, kapaklardaki ve askanya borularındaki yarı sürekli emisyonlar; itme ve çekme kaynaklı sürekli olmayan emisyonlar). Üstelik bu emisyonları ölçmek çok zordur. Tesisler arasındaki emisyon faktörlerini karşılaştırabilmek için aynı zamanda tesislerin spesifik parametrelerini de hesaba katmak gerekir. Örneğin kapılardan kaynaklanan emisyonlar büyük oranda kapı tipinden, fırının büyüklüğünden ve bakım kalitesinden kaynaklanmaktadır. Bakım faaliyetleri belirleyici faktör olabilir. Bakımları iyi yapılmış geleneksel kapılara (keskin kenarlı) sahip küçük fırınlarda iyi sonuçların alındığı ve bakımları iyi yapılmamış esnek kapılara sahip yeni ve modern tesislerde ise kötü sonuçların alındığı örneklerle rastlamak mümkündür. Tablo 6.2 ve 6.3'de havaya verilen emisyon kaynakları ile ilgili bilgi değerlendirilirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Emisyon faktörlerindeki geniş aralık değerleri her şeyden önce bakım programı, performansına (sabit ve standart çalışma ortamı sağlanması) gösterilen özen derecesi ve uygulanan azaltma teknikleri ile açıklanabilir.

6.2.3 Suya verilen emisyon bilgileri

Aşağıda suya verilen emisyonlar ve enerji talebi konusunda detaylı bilgi verilmiştir.

6.2.3.1 Suya verilen sürekli emisyonlar

6.2.3.1.1 Miktarlar

Kok fırın gazı aşağı akış prosesinde bir çok değişik proses ve çeşitli yöntemler kullanılır. Gaz Arıtma Sisteminden oluşan atıksuyun miktarı , sistemde kullanılan suyun miktarına göre değişir. Yaklaşık olarak atıksu miktarı, kok prosesinden kaynaklanan su miktarının 1,5 - 3 katı civarındadır.

Kok prosesinden dreyn edilen suyun önemli bir bölümü kok fırınındaki kömürün nemidir. Kömürün ortalama rutubeti %8-11 civarındadır. Örneğin: 0.08-0.11 m³/t kömür. Bu sonuçla üretilen 780 kg kok/t için kömür yaklaşık olarak 0.1-0.13 m³/t su akışı olacaktır.

Kömürün termal dekompozisyonu ilave su oluşturur. Kömürün kalitesine bağlı olarak ağırlıkça %3 ile %5 oranındaki "kimyasal su" olarak adlandırılan kısım 0.03-0.05 m³/t kömür ve 0.04-0.06 m³/t kok başına oluşmaktadır.

Eğer buhardaki yoğunlaşmanın emilmesi (şarj gazlarının emilmesi) için buhar enjeksiyonu kullanılıyor ise bu ilk soğutucularda tekrar su oluşması ile sonuçlanacaktır. Yoğunlaşma aynı zamanda kok fırın tesisinden gelen suyun bir kısmıdır.

Kok fabrikalarından borularla atılan su ve ham kok fırın gazındaki katran ile birlikte sonradan yoğunlaşır. Katran ve su karışımı, "kömürlü su ayrıştırıcısı" denilen katran/su ayırıcısına gönderilir [EC Kok, 1996]. Bu su, amonyak alkol çözelti tankına ve buradan da amonyağı tutmak için amonyak tutma kolonuna gönderilir.

6.2.3.1.2 Kok Fabrikası Atıksuları

Distilasyon yoluyla amonyağın giderilmesinden sonra oluşan atıksu çeşitli organikler (fenoller gibi) ve inorganik bileşikler (artık amonyak ve siyanürler) içerir. Direkt boşaltıldığı takdirde bu bileşiklerin alıcı suda olumsuz etkisi vardır. Bu nedenle, bu atıksular deşarj edilmeden önce atıksu arıtma tesisinde arıtılmalıdır.

Veriler, arıtmadan öncesi atıksuyun kompozisyonunun çok değişik olduğunu göstermektedir, atıksuyun konsantrasyonu ve yükü üretilen kok başına değişmektedir. Bunun ana nedeni gaz arıtma sistemleri, kok prosesinin tipi ve kömürün özelliğine bağlıdır. Tablo 6.4, Biyolojik arıtma tesislerinin en önemli dizayn parametrelerini göstermektedir.

Parametre	Konsantrasyon [mg/l]		Emisyon faktörü [g/t kok]
	Ortalama değer	Standart sapma	
Kimyasal Oksijen talebi (COD)	2250 - 4450	310 - 590	430 - 1700
Amonyak (NH ₃ /NH ₄)	25 - 85	15 - 105	5 - 30

Tablo 6.4 : Belçika ve Almanya, Fransa ve Hollanda'da yer alan kok fabrikalarının atıksu özellikleri. [Löhr, 1996]

Gösterilen veriler, atıksudan amonyak ayrıldıktan sonrası fakat seyreltme ve iyileştirme öncesi elde edilen ortalama değer ve standart sapmaları temsil etmektedir.

Kimyasal oksijen talebi, fenol (1000-2000 mg/l), organik nitrojen bileşikleri (Kjeldahl-N: 250-500 mg/l), polisilik aromatik hidrokarbonlar (PAH) (30 mg/l'ye kadar) gibi bir çok değişik organik kimyasal bileşiklerin toplamından oluşmaktadır. Buna ilave olarak amonyak, tiyosiyanat (150-350 mg/l) de olduğu gibi, inorganik nitrojen ihtiva eden diğer bileşikler gibi tanınabilir.

6.2.3.1.3 Islak oksidasyon desülfürize prosesi atıksuyu

Biyolojik atıksu arıtma tesisleri üzerinde zararlı etkisi olan bileşikleri içermesinden dolayı ıslak oksidatif desülfürize prosesinden kaynaklanan atıksu genellikle ayrı olarak arıtılır.

Tablo 6.5'de atıksu kompozisyonunun iki ıslak oksidatif desülfürize prosesi gösterilmektedir. Diğer bir ıslak oksidatif prosesinin uygulanması da arsenik bileşikleri açığa çıkarabilir.

Bileşen	Stretford desülfürizasyon (g/l)	Perox desülfürizasyon (g/l)
NH ₃ (free)	0.1	7.5 - 24
NH ₃ (fixed)	?	48 - 61
Na ₂ CO ₃	5.7 - 65	-
CO ₂	?	13 - 34
SCN ⁻	80 - 300	61 - 73
Cl ⁻	?	1.5
H ₂ S	?	0.04 - 0.2
S ₂ O ₃ ²⁻	50	35 - 127
SO ₄ ²⁻	12.2	7 - 23
Vanadate (VO ₃ ⁻)	1.2	-
Tartrate (V ₄ O ₉ ²⁻)	1	-
Anthraquinodisulphonate	1.9	-
Hydroquinone	-	0.3 - 0.6
pH	?	8.7

Tablo 6.5 : İki ıslak oksidatif desülfürize prosesi atıksu kompozisyonu - [EC Kok, 1996]

6.2.3.1.4 Soğutma suyu

Kok gazı (COG) arıtma sisteminde indirekt soğutma için su kullanılır. Bu soğutma suyu resirküle eder. Buharlaştırma ve drenaj kayıplarına karşı taze su ihtiyacı yaklaşık olarak 6-10 m³/h'dir (0.06 m³/t kok).

Kapalı devre kok gazı (COG) direkt soğutma için amonyak çözeltisi kullanılır. Kapalı devreki akış yaklaşık olarak 6 m³/t koktur.

6.2.3.2 Suya verilen kesikli emisyonlar

6.2.3.2.1 Yaş kok söndürme

Bazı durumlarda yaş kok söndürme operasyonu ile suya kesikli emisyon verilebilir. Bununla birlikte söndürme işlemi doğru yapıldığı takdirde artan su toplanıp bir sonraki işlemde kullanılır. Bu artan suyun diğer proseslerde kullanılması mümkündür. Bu işlem suya verilen emisyonu elemine eder.

6.2.4 Enerji gereksinimi

Tablo 6.6'da kok gazı (COG) arıtımı yapmayan bir kok fırın tesisinin enerji girdi bilgileri yer almaktadır. Tablo 6.2 bu değerleri doğrulamaktadır. Tablo aynı zamanda enerji verim bilgilerini de vermektedir, böylece oldukça çok olan enerji kayıplarını da göstermektedir. (yaklaşık olarak 3GJ/t kok). Kok fabrikaları tarafından üretilen kok gazı, entegre çelik tesislerinde enerji tedarikinde ve yönetiminde çok önemli rol oynamaktadır (Şekil 3.3 ve 3.4'e bakınız).

Enerji girdisi		Enerji verimi	
Enerji taşıyıcı	GJ/t kok	Enerji taşıyıcı	GJ/t kok
Kömür	40.19	Kok	27.05
Kok fırın ateşi	3.01	Kok fırın gazı	8.08
Kimyasal reaksiyon	0.32	Enerji kaybı	3.33
		İlave ürünler (So, katran vb.)	2.56
		Kokun elek atıkları	1.92
		Kok tozları	0.26
Toplam	43.52	Toplam	43.20

Tablo 6.6: Bir kok fırın tesisinin enerji kıyaslaması (kok fırın gazı arıtımı içermeyen) – [BM-ECE, 1990]'ye dayanarak; varsayılan kok getirisi 780 kg kok/t kömür.

6.2.5 Toprak kirliliği

Kok gazı arıtma tesisinde, kok gazından katran ve diğer organik bileşikler (örn. Benzen, Toluen, Ksilen (BTX)) geri kazanılır. Bu bileşiklerin döküntü veya sızıntıları bölgesel toprak durumuna göre toprak kirliliğine yol açabilir. Bunun yanında kömürlü su döküntü veya sızıntısı da toprak kirliliğine yol açabilir.

Bu dokümanda toprak kirliliği iyileştirilmesi bölgesel olarak tek yönlü ele alınmıştır. Bu nedenle burada sadece ölçüm yapılması mümkün olan özet bilgiler verilmiştir.

- flanş ve eklenti sayılarının düşürülmesi
- boru ve flanşların mümkün olduğunca kontrol edilebilir olması (örn.: toprak altında veya kapalı boru içine yerleştirilmesi), tesisin yaşı ve dizaynı bunu imkansız kılmadıkça.

- toprağı tehlikeli şekilde kirletebilecek potansiyel maddelerin toprak oluşumunu etkilememesi, depolama ve taşınması esnasında dökülmesine engel olmak için gerekli önlemlerin alınması

6.3 En kullanışlı tekniklerin (BAT) tespitlerinin göz önünde tutulması

Bu bölüm, çevre koruma ve kok fabrikalarında enerji tasarrufu için entegre proses ve baca gazı arıtma tekniklerinin her ikisini de içermektedir. Ulaşılan ana emisyon seviyeleri, uygulanabilirliği, emisyonların izlenebilmesi, kesişen ortam etkileri, işlemsel veriler, ekonomiklik ve gerçekleştirmek için zorlamalar (bu verileri almanın mümkün ve geçerli olduğu) ile birlikte her teknik için bir açıklama verilmiştir

Entegre proses ölçümleri

Aşağıdaki entegre proses tekniklerinin kok fırınlarında kullanıldığı bilinir.

- | | |
|------|--|
| PI.1 | Kok fabrikalarının sorunsuz işletilmesi |
| PI.2 | Kok fırınlarının bakımı |
| PI.3 | Fırın kapaklarının ve çerçeve sızdırmazlıklarının geliştirilmesi |
| PI.4 | Fırın kapaklarının ve çerçeve contalarının temizlenmesi |
| PI.5 | Kok fırınında serbest gaz akışının korunması |
| PI.6 | Kok fırın ateşlenmesi esnasında emisyon azaltılması |
| PI.7 | Kok kuru söndürme (CDQ) |
| PI.8 | Daha geniş kok fırın kamaraları |
| PI.9 | Geri kazanımı olmayan koklaştırma |

End-of-pipe teknikleri

Aşağıdaki End-of-pipe tekniklerinin kok fabrikalarında kullanıldığı bilinir.

- | | |
|-------|--|
| EP.1 | Fırın şarj emisyonlarının düşürülmesi |
| EP.2 | Askanya boru ve şarj delikleri sızdırmazlıklarının sağlanması |
| EP.3 | Kok fırın kamarası ile ısıtma kamarası arasındaki sızıntıların azaltılması |
| EP.4 | Kok fırını itmelerinde toz giderme |
| EP.5 | Yaş söndürme emisyonlarının azaltılması |
| EP.6 | Kok fırın yanmasından açığa çıkan Azot oksitlerin (NO _x) giderilmesi |
| EP.7 | Kok fırın gazı desülfürizasyonu |
| EP.8 | Kömürlü sudan katranın ve Poliaromatik Hidrokarbonların ayrıştırılması |
| EP.9 | Amonyak stripping |
| EP.10 | Gaz arıtma sisteminde kaçakların olmaması |
| EP.11 | Atıksu arıtma tesisi |

PI.1 Kok fabrikalarının sorunsuz işletilmesi

Tanım : Bakım rejimi (PI.2) ve temizleme işlemi (PI.4) ile birlikte, kok fabrikalarının sorunsuz işletilmesi en önemli entegre proses ölçümlerinden biridir. Herhangi bir başarısızlık,

şiddetli sıcaklık inip çıkmalarına ve itme esnasında kokun tıkanma olasılığının artmasına neden olur. Bunun refrakter üzerinde ve kok fırınının kendisinde ters etkisi vardır, bu durum sızıntının artmasına ve anormal işletme şartlarına sebep olabilir.

Sorunsuz çalıştırmanın önkoşulu fırın makinesinin ve bunun kurulmasının güvenilirliğinin tam olmasıdır. Bu aynı zamanda yüksek verimliliği de etkiler.

Diğer bir önkoşul da iyileştirilmesi yapılmış kömür kullanmak – kok fırınının optimum işletilmesi kömürün homojen şarjını gerektirmektedir. Modern bir kömür ön iyileştirme tesisi iki adet karıştırma silosu, bir kırma eleme tesisi, taşıma (maniplasyon) ekipmanları, toz toplama sistemi ve kömür kurutma veya ilave kimyasal madde ekleme sistemine sahip olmalıdır.

Isıtma yüzeyi sıcaklığının kontrol edilmesi, fırın kamarası içindeki sıcaklığın dağılımının belirlenmesini ve böylelikle de ısıtma sistemi verimliliği sağlar.

Bu sonuçlara göre tamir etmek veya en iyi şekilde kullanmak konusunda tercih yapılabilir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Kok fabrikasında en önemli emisyonlar ısıtma kamarası ile fırın kamarası arasındaki çatlaklardaki sızıntılardan, deforme olmuş kapılardan, kapı çerçevelerinden ve itme arabalarının durmasından kaynaklanır. Daha fazla düzgün ve karıştırılmamış işletme şartlarına sahip bir kok fabrikası ile bu emisyonların daha da büyümesi engellenebilir. Ayrıca bu ölçüm kok fabrikası ömrünü önemli ölçüde arttırabilir.

Referans tesisler : Dünyadaki bütün işletmeciler kok fırınlarını olabildiğince düzgün çalıştırmak için eğitilmektedir. Ancak ekonomik özendirme yüksek üretim seviyelerine sevk etmekte ve bu durum düzgün çalışmayan tesislerin sayısını arttırmaktadır.

Diğer etkileri : Diğer etkiler olarak önemli bir kayıt bulunamamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır.

Ekonomiklik : bulunamamıştır.

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

PI.2 Kok fırınlarının bakımı

Tanım : Kok fabrikası bakımı, entegre proseslerin en önemli ölçüsü ve aynı zamanda sorunsuz işletilmesinin önemli faktörüdür.

Bakım sadece kampanyalarda değil, sürekli yapılmalıdır. Sabitlenmemiş veya az periyotlu bakımlar ayarlanabilir. Bu sistematik bir programı takip edebilir ve özel eğitim almış personel tarafından gerçekleştirilebilir (ör. 2 vardiya). SIDMAR'da bakım programının ardından, B-Gent aşağıda bir örnek olarak tarif edilmiştir. Orada her fırının her 3-3,5 yılda bir bakım ve tamiri yapılır. Aşağıdaki işlemlerin yapılabilmesi için fırın bir hafta için boş bırakılır:

- Kamaradaki tortuların yeniden grafitlenmesi (duvarlar ve tavan)
- Refrakter tuğlalarının yüzeylerindeki hasar, delikler ve çatlaklar oksitermik kaynakla kapatılır
- Fırın kamarasının tabanı çimento yayılarak tamir edilir.
- Çatlaklara hava ile toz enjekte edilir.

- Fırınların kapı çerçeve ve yüzeylerindeki sızıntıların tamiri
- Kapıların tamirinin tamamlanması; bütün bölümlerin ayrı ayrı sökülmesinin tamamlanması, temizlenmesi ve tekrar bir araya getirilmesi; esnek contaların yeniden ayarlanması. Hasarlı kapı tuğlalarının değiştirilmesi; bir çok durumda kapı tuğlalarının tamamı yeniden örülür.

Bu üç yıllık bakım-onarıma ilave olarak fırınların destek sistemleri (kaynaklar, bağlantılar, vb.) düzenli olarak kontrol edilmeli ve ayarlanmalıdır.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Yapılan iyi bakım refrakter tuğlaların çatlamasını önler ve sonuç olarak sızıntılar ve kok gazı emisyonları en aza iner. Kok fırınından atılan mavi gaz ve bacalarda görülen siyah dumanın çıkması önenebilir. Buna bağlı olarak bakım, yeniden ayarlama, kapıların ve çerçevelerinin onarımı sızıntıları önler.

Referans tesisler : Sidmar kok fab., B-Gent; Hoogovens IJmuiden'in 2. Kok fabrikası, NL-IJmuiden

Diğer etkileri : Diğer etkiler olarak önemli bir kayıt bulunamamıştır.

İşletme verileri : B-Gent'da 1986'dan buyana uygulanan bakım programının Sidmar'da büyük bir başarı ile uygulandığı açıklanmıştır.

Ekonomiklik : Bakım programı için çalışan kalifiye işçiler için harcanan giderler oldukça fazladır, (yaklaşık 1.5 Ecu₁₉₉₇/t kok) fakat düzgün ve karıştırılmadan çalıştırma için yapılan ölçümlerde kalifiye operatörlerin kullanılması bu harcamaları telafi etmektedir.

Uygulama için itici güç : Kok fabrikalarını en verimli şekilde ve en az emisyon ile olabildiğince düzgün çalıştırmak.

Referans kitap : bulunamamıştır

PI.3 Fırın kapaklarının ve çerçeve sızdırmazlıklarının geliştirilmesi

Tanım : Fırın kapısı gaz kaçaklarının önlenmesi çok önemlidir ve üstesinden gelmek için aşağıdakiler uygulanır:

1. yaylı ve esnek sızdırmaz kapıların kullanımı,
2. her taşımada kapı ve çerçevelerinin dikkatlice temizlenmesi.

Mevcut bataryalardaki çerçeveler ve zırlı levhalar eğer fazla deforme olmamışsa yeni yaylı sızdırmaz kapılarla değiştirilebilir. Buna göre itme arabaları buck-stays çok önemli bir rol oynar çünkü itme arabalarına tutturulan zırlı levhalar (tuğlaları yerinde tutan) tercihen kaynakla tutturulmuştur.

Bu durumun küçük ve büyük fırına göre farklılık göstereceği not edilmelidir. 5 m yükseklikten daha az keskin kenar kapılı fırınlar bakımları iyi yapılırsa kapı emisyonlarını önlemekte yeterli olabilir.

Uygulanabilirlik : Yeni tesislerde ve bazı durumlarda kullanımda olan tesislerde uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Esnek sızdırmaz kapıların özel emisyon değerleri geleneksel kapılardan çok daha düşüktür. Temiz tutulması sağlanan “yeni nesil” kapılar, kok tarafı ve her iki itici tarafındaki fırın kapılarının tamamında görülen emisyonları %5’in altında tutmayı mümkün kılmaktadır. Bununla beraber bakımları çok iyi yapılmış geleneksel (keskin kenarlı) kapılı küçük fırınlarda çok iyi sonuçların alındığı ve bakımları kötü yapılmış esnek sızdırmaz kapılı büyük fırınlarda çok kötü sonuçların alındığı örneklere rastlamak mümkündür. Fakat esnek sızdırmazlık özellikle büyük fırınlarda sıkılık için çok daha elverişli durum sunmaktadır. Tablo 6.3 emisyonların azaltılmasında mümkün olan gelişmeleri göstermektedir.

Referans tesisler : Bir çok yeni ve yeniden yapılan tesisler esnek sızdırmaz kapı sistemi uygulamaktadır.

Kok Fab.1, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden
Kok Fab., Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, D-Huckingen

Diğer etkileri : Diğer ortam etkileri oluşmamıştır.

Ekonomiklik : bulunamamıştır

İşletme verileri : bulunamamıştır

Referans kitap : [Vos, 1995]

PI.4 Fırın kapaklarının ve çerçeve contalarının temizlenmesi

Tanım : Avrupa’nın eski kok fabrikalarının bir çoğu hala yay gergili keskin kenarlı kapılara sahiptir. Bu tesislerde kapılardaki sızıntı çok ciddi bir problem olabilir. Bununla birlikte iyi yapılan bakım (PI.1 ve PI.2’ye bakınız) mevcut kapılar ile %10’un altındaki emisyonlar görülebilir [Vos, 1995]. Stabil koklaştırma prosesindeki bakım planının başarısı büyük oranda bakım için devamlılığın sağlanması, sürekli izleme ve geri besleme ile ilgili elde edilen verilere dayanmaktadır. Kapılar için her tesise kendi bakım atelyesi önerilmektedir.

Kok fırın kapılarının temizliği için uygulanan bir başka yol da yüksek basınçlı su jeti kullanılmasıdır. Bu yöntemin başarısı kanıtlanmıştır. Bununla birlikte kok fırın kapısının yüksek basınçlı su jeti ile temizliği her dönemde işe yaramayabilir. Uzman kapı temizleyicilerinin kullandığı kazıyıcılar her dönemde iyi sonuç vermektedir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Yüksek basınçlı su jeti temizleme sistemi, görülen emisyonların hemen hemen giderilmesini mümkün kılmıştır - %95 azalma elde edilmiştir (EPA metoduna göre)

Referans tesisler :

Kok Fab.2, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden
Redcar Kok Fab. No.1, British Steel Teside Works, UK

Cross-media etkileri : Yüksek basınçlı su jeti ile temizleme sonucu açığa çıkan kirli su, kok bataryalarından atılan atıksu ile birlikte arıtılabilir.

Ekonomiklik : bulunamamıştır

İşletme verileri : bulunamamıştır

Referans kitap : [Vos, 1995; Murphy, 1991]

PI.5 Kok fırınında serbest gaz akışının korunması

Tanım : Koklaştırma esnasında fırın kamarası genellikle zayıf pozitif basınç altında tutulur. Negatif basınç havanın fırın kamarasına girmesine neden olur ve bu kokun bir kısmının yanmasına neden olabilir, bu durum fırının deforme olması sebeplerinden birisidir. Fırın tabanı atmosferik basınçta olmalıdır. Kural olarak ana toplama borusundaki yüksek basıncın (mm su sütunu) fırın yüksekliğinin (m) 2 katı kadar olması sağlanır. Dolayısıyla 7 m yükseklikteki modern bir fırına karşılık gelen yüksek basınç 14 mm su sütunudur. 4 m yükseklikteki eski fırınların toplayabileceği en yüksek basınç 8 mm su sütunudur.

Bu basınç farkı kok fırın kamarasındaki gaz ve katranın giderilmesi için gereklidir. Basıncın 80 mm su sütunu olan ana toplama yerinin dışındaki bir basınç vanasının kısılması ile basıncın düşürülmesi sağlanır.

Fırın kamarasının üst tarafında gazların ve katran buharının askanya borusundan atılabilmesi için, dizayna bağlı olarak genellikle fırının itme makinesi tarafında veya her iki yanında boşluk bırakılmıştır. Şarj olan kömürün fırının üst bölümüne ulaşması ve orada grafit oluşturması gaz akışına engel olur. Fırında her gaz tıkanıldığında kapıda ve şarj deliğinde sızıntı oluşur çünkü engelin arkasındaki basınç yükselir.

Bu durum fırın çatısındaki grafitlenmenin periyodik olarak engellenmesi, periyodik kaz boynu temizliği yapılması ve şarj edilen kömür seviyesinin yeterli miktarda yapılması ile önlenabilir. (PI.2'ye bakınız)

Fırın çatısındaki grafit oluşumu, fırın duvarları üzerindeki ısı dağılımının uygun yapılması ile azaltılabilir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Kok fırın kamarasındaki basınç dağılımının iyi olması sızıntı ve emisyon yayılımını önemli ölçüde azaltır. Ayrıca itme işleminin yavaşlaması esnasında kok şarjı sıkışma riskini azaltır.

Referans tesisler : Uygun bakım programı (PI.2'ye bakınız) ve kapı sızıntılarını azaltma teknikleri uygulayan bütün tesisler.

Diğer etkileri : Kesişen ortam etkileri oluşmamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır

Ekonomiklik : bulunamamıştır

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

PI.6 Kok fırının ateşlenmesi esnasında emisyon azaltılması

Tanım : Koklaştırma prosesi için gerekli olan ısı, ısıtma kamarasında gaz yakıt yakılması ile sağlanır. Kok fırın kamarasındaki sıcaklık refrakter tuğlalı duvar yoluyla transfer edilir. Fırın içindeki sıcaklık ne kadar yüksek olursa koklaştırma o kadar kısa zamanda olur. Kok fırınının

yanmasından açığa çıkan en önemli kirletici maddeler NO_x (Azot Oksit), SO₂ (Kükürt Dioksit) ve partikül maddelerdir.

SO₂ emisyon seviyesi büyük bir olasılıkla yakıtın ihtiva ettiği sülfür ile ilişkilidir. Böylece yakıtın içindeki sülfür azaltıldığı takdirde SO₂ emisyonu da azaltılabilir. Genellikle kok fırını ateşlemek için Y.fırın gazı (zenginleşmiş) veya kok gazı kullanılır. Kok gazı içinde bulunan sülfür oranı kok gazı iyileştirme tesisinin desülfürize performansına bağlıdır. Kok gazı içinde yer alan H₂S miktarı desülfürize prosesi ve verimliliğe bağlı olarak 50 mg/Nm³ ile 1000 mg/Nm³ civarında olabilir. Eğer desülfürizasyon hiç uygulanmıyorsa (AB'deki tesislerin bazılarında hala mevcut) H₂S içeriği 8000 mg/Nm³ mertebesinde olabilir. Kok gazı desülfürizasyon prosesindeki ana parametrelerden biri de gazın sıcaklığıdır.

Fırın kamarasındaki ısıtma duvarlarında bulunan çatlaklardan sızan ham kok gazı ile birlikte ısıtma yakıtı ile yakılarak SO₂ emisyonu ve partikül madde oranlarını arttıracaktır.

NO_x (Azot Oksit), durumu biraz daha fazla karmaşıktır. NO_x tamamıyla N₂ ve O₂'nin alev içinde reaksiyona girmesi ile oluşan termal NO_x'den meydana gelmiştir. Büyük olasılıkla sıcaklığın doruk noktaya ulaştığı ve O₂'nin alev içinde konsantrasyona girmesi ile termal NO_x formasyonu oluşmuştur. Dolaylı olarak NO_x emisyonları; yakıt (zengin Y.fırın gazı veya kok gazı), kullanılan kömürün cinsi, kömürün şarj ağırlığına, koklaştırma zamanı ve kok fırın kamarasının ebatları ile ilişkilidir.

NO_x formasyonunu azaltmanın en etkili yolu ısıtma kamarasındaki alev sıcaklığını azaltmaktır. Bu yüzden amaç soğuk alev ile yakmaktır. Bunu yapabilmek için üç metot gösterilmiştir:

- Atık gaz resirkülasyonu. Kok fırınından çıkan atık gaz, yanan hava ve yakıt ile karışır. Düşük O₂ ve yüksek CO₂ konsantrasyonu alev sıcaklığını düşürür. Ancak atık gaz resirkülasyonunun ön ısıtma etkisi, sıcaklığın düşmesini önleyebilir.
- Havanın tutuşma aşaması. Havanın tutuşmasını çeşitli aşamalara eklenerek tutuşma hali ılımlı hale gelir ve NO_x formasyonu azalır.
- Düşük koklaştırma sıcaklığı. Kok fırınlarında düşük koklaştırma sıcaklığının ekonomisi ve enerji verimine etkisi vardır. Düşük koklaştırma sıcaklığı çok az NO_x formasyonu ile sonuçlanan düşük fırın kamarası ısıtma sıcaklığına gereksinim duyar.

Bundan başka, ısıtma kamarası tarafından refrakter duvar üzerinden kok fırın kamarası tarafına sıcaklık değişimini azaltma yoluyla normal koklaştırma sıcaklığını sürdürdüğü esnada fırın kamara sıcaklığını ısıtma (böylece NO_x formasyonu) azalabilir. Bu, daha kaliteli termal yoğunluklu ve daha ince tuğla kullanılarak yapılabilir. Önceden 1320°C olan bir kamara ısıtma sıcaklığı, 1180°C kok fırın kamara sıcaklığına gelebilir. Günümüzde kok fırın kamara sıcaklığı 1200°C'dir ve ince tuğlalara bağlı olarak aynı kamara ısıtma sıcaklığına ulaşılabilmektedir.

Uygulanabilirlik : Prosesin kullanıldığı yeni tesislerde de-NO_x ölçümleri uygulanabilir. Mevcut bir tesiste sıcaklığın düşürülmesi kok üretim süresini uzatacak ve kapasite altında çalışmaya neden olacaktır.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : de-NO_x ölçümlerinin entegre edilmediği proseslerde,, havanın tutuşma safhası gibi, NO_x için ulaşılabilecek seviyeler 1300 g/ kok ile 1900 g/t kok arasındadır (konsantrasyonlar: %5 O₂ 'ne göre 600-1500 mg/Nm³). Tablo 6.2 700-1800 g/t kok arasındaki emisyon faktörlerini göstermektedir). de- NO_x prosesini uygulayan tesislerde yapılan NO_x ölçümlerinde sonuç 450-700 g NO_x/t kok çıkmıştır (konsantrasyon: %5 O₂ ile 500-770 mg/Nm³).

Referans tesisler : Modern tesislerin bir çoğu düşük-NO_x ateşlemeli ekipmanlar ile donatılmıştır. Örneğin:

Kok Fab., Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH, D-Huckingen;
Prosper Kok Fab., D-Bottrop;
Kok Fab. Batarya No.5, Ruhrkohle Hassel, D-Gelsenkirchen

Diğer etkileri : Desülfürizasyon verimliliğini arttırmak için ham gaz soğutucularının soğutma kapasitesi arttığında enerji tüketimi ve olası termal emisyonlar artar. Kok fırını ateşlenmesinde NO_x emisyonunun düşürülmesi sonucunda herhangi bir kesişen ortam etkisine rastlanmamıştır.

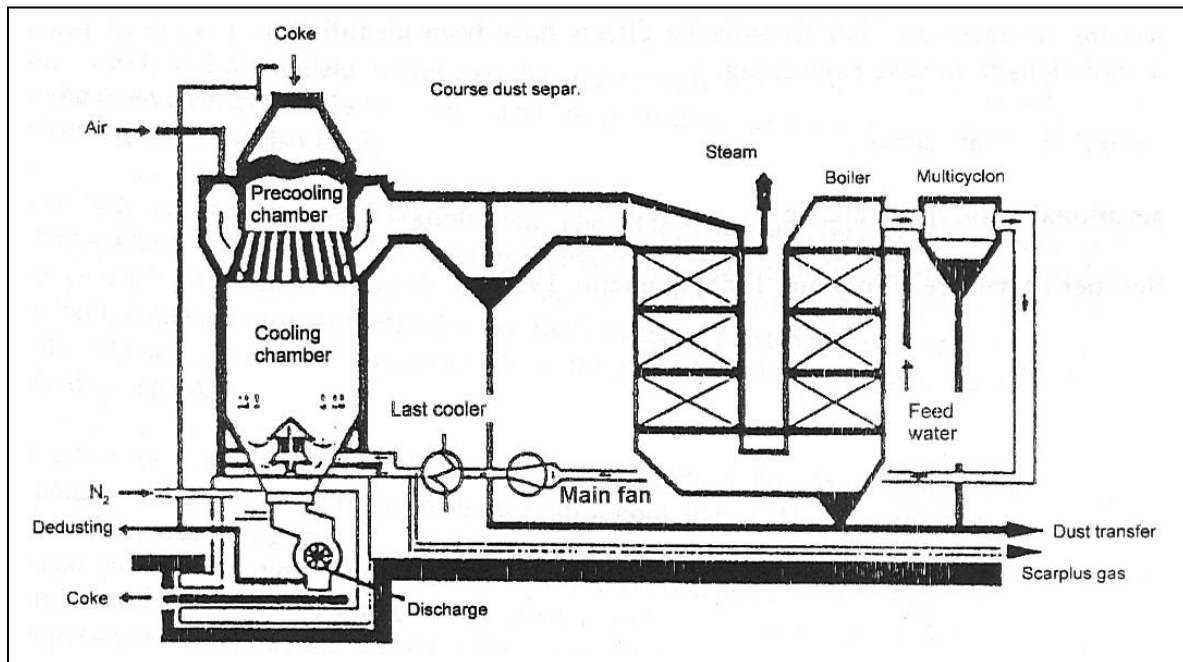
Ekonomiklik : bulunamamıştır

İşletme verileri : bulunamamıştır

Referans kitap : [Eisenhut, 1988; Stalherm, 1995]

Pl.7 Kok kuru söndürme (CDQ)

Tanım : Bir İsviçre patentine dayanan orijinal kok kuru söndürme prosesi 1960'ın başlarında Sovyetler Birliği tarafından geliştirilmiştir (Giprokoks prosesi olarak adlandırılmıştır). Bu proses, soğuk bölgelerde şiddetli soğuklara maruz kalan kok fırın tesisleri için tasarlanmıştır. Örneğin: Sibirya, Finlandiya, Polonya gibi ıslak söndürmenin çok zor yada imkansız olduğu ülkeler. Aynı zamanda bu bölgedeki tesislerin boru hatları ve defrost ekipmanlarının [Bussmann, 1985] ısıtılması için çok daha fazla enerjiye (buhar ve/veya elektrik) ihtiyaçları vardır. Daha sonra Japonya enerji tedarik pazarındaki özel düzenlemeler sebebiyle Giprokoks prosesi orada uygulanmaya başlandı ve 1973 yıllarında bazı ilave sistematik gelişmeler geçirdi. Şekil 6.11'de şimdiki kok kuru söndürme tesisinin gövde soğutmalı ünitesi, atık ısı kazanı ve gaz geri kazanım sisteminin yer aldığı şema gösterilmektedir.



Şekil 6.11 : Kok kuru söndürme tesisi şeması - [Schönmuth, 1994]

Kömürleşen kok önce direkt olarak bataryadan geçer veya asansör üzerindeki konteynır vasıtasıyla, soğutma gövdesine açılan bir aralıktan aşağı döküldüğü soğutma bölümüne gelir.

Kok kolonu sabit bir oranda alçalmaya başladığında bu durumdan etkilenen sıcaklık, gaz akışı sağlanan büyük girişten ters yönde dışarı atılır. Soğuyan kok (180-200°C) soğutma gövdesinin tabanındaki kapaktan dışarı boşaltılır ve uygun ekipmanlarla taşınır. Blower yolu ile geri dönüştürülen gaz 750-800°C sıcaklığa sahiptir ve atık gaz kazanında buhar üretimi için kullanılan sıcaklıktan kazanılmıştır (yaklaşık 0.5 t buhar (480°C, 60 bar)/t kok). Bu tekrar soğutma gövdesine gönderilir. İri taneler ve çökelen toz partikülleri tarafından kazan ve havalandırma bölümü kok tozuna karşı korunur. Kokun gazlaşmasından sonra inert gaz, karbon monoksit ve diğer bileşiklerle zenginleştiğinden zaman zaman bu gazın dışarı atılması gerekir. Bu fazla gaz 5 mg/Nm³ 'den küçük tozları toplayabilen torbalı tip toz toplama bölümünde toplanır. Bu gaz daha sonra kok bataryasına ısıtma gazı olarak gönderilir [Schönmath, 1994; Bussmann, 1985]. 50 Nm³/t civarındaki kok için bu fazla gaz akışı düşüktür.

Uygulanabilirlik : Kok kuru söndürme teknik açıdan şu anda çalışmakta olan ve yeni tesislere uygulanabilir. Kok kuru söndürmenin sınırlı yararlanma oranına bağlı olarak her kuru söndürme sistemli kok fabrikasının bir de ıslak söndürme sistemine ihtiyacı vardır.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Islak söndürme ile karşılaştırılan kuru söndürmenin avantajları enerji geri kazanımı ve çok daha iyi çevresel performanstır (toz, karbon monoksit ve hidrojen sülfat emisyonlarında azalma).

Kuru söndürme ile 0.5 t buhar(480°C, 60 bar)/ton koka karşılık 1.5GJ/t kok geri kazanılabilir ve havaya atılan buhar önlenmiş olur. Bununla birlikte ısıtıcı erozyonunun önemli problemi de çözülebilir. [Ritamaki, 1996]

Toz emisyonları üzerinde hesap yapılırken söndürme ve bunu takip eden işleme ve eleme aşamaları da dikkate alınmalıdır. Örneğin Almanya'nın Kaiserstuhl kok fabrikasında kok işleme ve eleme toz emisyonları nedeni ile ilave bir soğutma aşamasına ihtiyaç olmuştur (kok sıcaklığını 80°C'nin altına düşürmek için). Kuru kok nem oranının %1 olacak şekilde ıslatılması gerekmektedir. Bütün bunlara rağmen kuru söndürme ile ölçümleri yapılan ve emisyonları düşürülen ıslak söndürme arasındaki toz emisyonlarında önemli bir fark yoktur (EP.5'e bakınız).

Aynı zamanda gaz çevriminden açığa çıkan fazla gazın atılması sebebiyle CO emisyonlarında da önemli bir fark yoktur. Kuru söndürme ile elde edilen düşük H₂S emisyonlarının entegre çelik şirketlerinden açığa çıkan sülfür emisyonları ile ilişkileri önemli değildir.

Her ne kadar [Ritamaki, Wenecki, 1996] iddia edilse de Alman kok kuru söndürme operatörlerine göre eleme işlemine tabi tutulduktan sonra kok kalitesinde önemli bir fark yoktur.

Referans tesisler : Ritamaki şirketine göre dünya çapında 18 değişik ülkede 60 civarında kok fabrikası kuru söndürme sistemi çalıştırmaktadır. Bu şirketlerin çoğu soğuk iklim şartları nedeniyle BDT ülkelerinde (109 üniteli 25 fabrika), yüksek enerji maliyetleri nedeniyle Japonya'dadır (33 üniteli 25 fabrika). Kuru söndürme sistemi Japonya'daki fabrikaların %80'ine uygulanmıştır [Arimitsu, 1995].

- AB'daki bir çok ülkede de kuru söndürme ünitesi vardır:
- Thyssen Stahl'da 2 adet, D-Duisburg [Bussmann, 1985]
- 250 t/h ile dünyanın en büyük ünitesi Kokerei Kaiserstuhl, D-Dortmund [Schönmath, 1994]
- 3 ünite Raahe Steel, FIN-Raahe [Ritamaki, 1996]

Diğer etkileri : Kuru söndürmenin bir dezavantajı, kuru söndürme yapılan yerlerde kokun boşaltılması esnasında oluşan partikül madde emisyonudur [Eisenhut, 1988; Schönmath,

1994]. Bu emisyonlar püskürtme ve/veya taşıma için kapalı konveyör sistemleri kullanılarak önlenabilir. Özellikle çok uzak mesafelere taşıma ihtiyacı olan (entegre olmayan kok fabrikaları) fabrikalarda yüksek seviyede partikül madde emisyonları oluşabilir.

Toz toplama birimlerinde çalışan elektrikli fanların tüketimleri önemsenmez.

İşletme verileri : Thyssen, D-Duisburg [Bussmann, 1985], Raahe Steel, FIN-Raahe [Ritamaki, 1996] ve Przyjazn Kok Fab. Polonya [Wenecki, 1996] tarafından olumlu işletme sonuçları raporlanmıştır. Fakat yararlanma oranları düşündürücüdür. Kuru söndürmede en iyi veri Raahe Steel [Ritamaki, 1996] tarafından %99.9 olarak bildirilmiştir çünkü onların 3 kuru söndürme ünitesi vardır ve bir tanesi her zaman çalıştırılmadan hazır bekletilmektedir. Mevcut şirketlerin tamamı tarafından raporlanan ortalama yararlanma oranı %80 ile %90 arasında olmalıdır. En düşük değer %40 ile 60 arasındadır [Ritamaki, 1996]. Bununla birlikte kuru söndürme sistemi kullanan her kok fabrikasının aynı zamanda ıslak söndürme sistemi de bulunmaktadır.

Ekonomiklik : Ekonomik boyutu kuru söndürmenin en önemli noktasıdır. Yatırım ve işletme maliyetleri çok yüksektir. 2 Mt/a kok fırın tesisi için yatırım maliyeti yaklaşık 110 MEcu₁₉₉₆'dır. Bu ıslak söndürme istasyonu çalıştırmaktan yaklaşık 10-15 defa daha yüksektir (söndürme kulesi, çökeltme tankları, pompalar, vb. dahil). Buna ilave olarak kuru söndürme sisteminin kısıtlı kullanım oranları sebebiyle ilave bir ıslak söndürme sistemi de kurulmalıdır. Yatırım tutarının 15-20 defa daha yükseleceği raporlanmıştır. Bu 40-60Ecu₁₉₉₆/t koka eşittir. İşletme maliyetleri (yatırım maliyetini kapsamamaktadır) 7-8 Ecu₁₉₉₆/t koktur. Almanya'daki doğal gaz fiyatlarına göre üretilen buhar (480°C, 60 bar) 7-8 Ecu₁₉₉₆/t kok olarak hesaplanmıştır. Böylece kuru söndürme sisteminin AB'da ekonomik olarak çalıştırılması mümkün değildir. Bu tekniğin neden sadece birkaç tesiste uygulandığının sebebi budur. Ekonomik verimlilik direkt olarak enerji fiyatlarına bağlıdır. Bundan dolayı Japonya'da kurulan kuru söndürme tesislerinin ayrıca kurulmuş bir enerji üretim üniteleri vardır.

Referans kitap : [Arimitsu, 1995; Bussmann, 1985; Eisenhut, 1988; Ritamaki, 1996; Schönmutz, 1994; Wenecki, 1996]

PI.8 Daha geniş kok fırın kamaraları

Tanım : Geniş ve yüksek kok fırın kamaralarının geliştirilmesi iki ana prensibe dayanmaktadır: günlük fırın itme sayısının azaltılması ve kapatılan yarıklı yüzey uzunluklarının azaltılması.

Geniş ve yüksek kok fırın kamaralarının ana karakteristiği geniş hacimli fırınların geleneksel fırınlarla karşılaştırılmasıdır. Böylelikle verilen çıktılarda kapı sızmaları, mesafe bazında azaltılmış ve itme frekansı düşürülmüş olacaktır. Fakat dolgu ile yapılan sızdırmazlıklara özellikle dikkat etmeliyiz çünkü bu gibi fırınlarda gaz kaçaklarını önlemek çok daha zordur, özellikle tepe ve dip bitişlerinde (PI.3'e bakınız).

Uygulanabilirlik : Sadece yeni tesislere uygulanabilir. Bazı durumlarda, eski fabrikalardaki yüksek bir kok fırın kamarası da yeniden yapılmak için seçilebilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Karşılaştırma yapılabilecek işletme durumlarında tam olarak bakımı yapılmış ve yaylı esnek kapı kullanıldığında, kapı ve çerçeve sızdırmazlıklarının ton kok başına emisyonunun direkt olarak geleneksel kok fırınlarının sızdırmazlık uzunluğunun azalması ile orantılı olması beklenir. Fırın kapılarının yüksek oluşu daha yoğun bakım yapılmasını gerektirir.

İtme işleminden kaynaklanan emisyonların azalması ancak ton kok başına daha az itme işlemi ihtiyacı ile beklenebilir ve bu emisyonlar direkt olarak itme sayısı ile orantılıdır. Yine de emisyon faktörleri (ton kok başına emisyon) geniş kok fırın kamaraları uygulamasından etkilenmemektedir.

Referans tesisler :

Kok fırın bataryası, D-Huckingen
Prosper No.3 kok fırın bataryası, D-Bottrop
Kokerei Kaiserstuhl, D-Dortmund

Diğer etkileri : Kapı emisyon kaçakları görülebilir.

İşletme verileri :

Tablo 6.7 çeşitli kok fırınları karakteristiklerini göstermektedir.

Safha	Birim	Küçük	Orta	Uzun			
				Huckingen	Prosper	Kaiserstuhl	
Boyutlar							
Yükseklik	[m]	4.5	6.0	7.85	7.1	7.63	
Boy	[m]	11.7	14.2	17.2	15.9	18.0	
En	[m]	0.45	0.45	0.55	0.59	0.61	
Faydalı Hacim	[m ³]	22.1	36.4	70.0	62.3	78.9	
Verimlilik	[t kok{fırın}]	12.7	21.3	43.0	39.8	48.7	
Fırın sayısı	[#]	322	187	120	142	120	
Toplam Fırın açılışı	[#]	2898	1496	1080	1278	1080	
Sızdırmaz yüzey mesafesi	[km]	10.5	6.9	6.0	6.2	5.5	
İtme	[#/d]	430	257	128	138	115	
Toplam açma	[#/d]	3870	2056	1152	1242	1035	
Temizlenen sızdırmaz yüzey mesafesi	[km/d]	14.0	9.5	5.6	6.0	5.3	

Tablo 6.7 : Çeşitli kok fırın tiplerinin karakteristikleri – [Eisenhut, 1988]

Geniş ve yüksek kamaralı tesisler ile ilgili özel problemler bilinmemektedir. Daha büyük talepler duvar gücüne bağlıdır.

Ekonomiklik : bulunamamıştır

Referans kitap : [Eisenhut, 1988; Stalherm, 1990]

PI.9 Geri kazanımı olmayan koklaştırma (Non recovery coking)

Tanım : Geri kazanımı olmayan koklaştırma proseslerinde koklaştırma esnasında çıkan katran ve gazlar fırın içerisinde yanarak bacadan atılmaktadır. Geri kazanımı olmayan koklaştırma prosesi geleneksel olarak kullanılan fırın tipinden farklı olarak dizayn edilmektedir. Bu proseste gaz temizleme ve atıksu arıtma sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Kısmi yanma için gerekli olan ilk hava şarjın yukarısında kapıların içine yerleştirilmiş deliklerden kok fırın kamaralarına verilmektedir. Bu kısmi yanma, fırının üst bölümündeki koklaştırma için gerekli olan ısıyı sağlamaktadır. Fırının üst bölümünde istenilen sıcaklığın sağlanması için ilk hava miktarı kontrol altında tutulmaktadır. Yanan gazlar fırın kamarasını fırının duvarındaki geçişlerden terk ederek, baca gazı çıkış hattına girer. Bu hatta ikincil hava verilerek, yanma tamamlanır. İkincil yanmadaki ısı tabandaki refrakterin ısı iletimi yoluyla fırın kamarasına transfer edilir.

Tüm atık gazlar ana boruda toplanarak, havaya atılmadan önce atık ısı kazanına yönlendirilir. Bütün sistem atmosferik basıncın altında işletilmektedir.

Yan ürün kok fırın dizaynlarına uyumlu olarak, fırın geniş veya dar olabilir. Geri kazanımı olmayan kok fırınlarının dizaynına bir örnek Tablo 6.8’de verilmiştir.

Proses	Boyutlar
Fırın uzunluğu	15.6 m
Fırın genişliği	4.2 m
Orta hattın uzunluğu (centerline distance)	5.2 m
Şarj ağırlığı	23 - 43 t
Koklaştırma süresi	24 - 48 t

Tablo 6.8: Geri kazanımı olmayan kok fırının boyutları [Knoerzer,1991]

Dünyanın en yüksek kapasiteli Yüksek Fırını beslemek üzere Mayıs 1998 tarihinde Hindistan’da Inland Çelik Şirketine ait Indiana Harbour Works fabrikası işletmeye alındı. Besleme stok alanları belli özellikteki kömürler için sınırlı tutuldu. [Eisenhut,1992;Nashan 1997]

Uygulanabilirliği:Yeni fabrika kurulması düşünüldüğünde uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyeleri: Tablo 6.9’da geri kazanımı olmayan Kok Fabrikası emisyon değerlerini vermektedir. Bu değerler artıma sistemlerinin kullanılmaması durumundaki değerleri yansıtmaktadır. Vansanttaki Virginia fabrikası, belli miktarlardaki atık gazı termal kurutucudan geçirerek, gazı temizler ancak geri kalan fırınlarda gaz temizleme sistemleri bulundurmadan çalıştırmaktadır.

Bileşen	Birim	Değer	Birim	Değer
Partikül Madde	mg/m ³	bulunamamıştır	g/t kok	1960
SO ₂	mg/m ³	bulunamamıştır	g/t kok	7000
NO _x	mg/m ³	bulunamamıştır	g/t kok	380
CO	mg/m ³	bulunamamıştır	g/t kok	77

Tablo 6.9: Geri kazanımı olmayan Kok Fabrikası emisyon değerleri (Aritma Sistemleri bulunmamaktadır) (Değerler 1 ton kömür üretiminden 0,78 ton kok üretimi baz alınarak hesaplanmıştır.)

Kok Fabrikasının atmosferik basınçtan düşük çalışması nedeniyle, kapılardan sızan emisyonlar ihmal edilebilir. İtme ve şarj esnasında oluşan emisyon Tablo 6.10’da verilmiştir. Fırınlarda toz toplama sistemi bulunmamaktadır.

Bileşen	Birim*	Şarj	İtme
Partikül madde	g/ton kok	7.35	276
Benzen çözünebilir organikler	g/ton kok	bulunamamıştır	0.65

Benzo(a)piren	g/ton kok	1.3×10^{-5}	bulunmamıştır
---------------	-----------	----------------------	---------------

*: EPA-USA emisyon faktörleri

Tablo 6.10: Geri kazanımı olmayan Kok Fabrikası itme ve şarj emisyon değerleri [Knoerzer,1991] (Değerler 1 ton kömür üretiminden 0,78 ton kok üretimi baz alınarak hesaplanmıştır.)

Referans Tesisler: Geri kazanımı olmayan Kok Fabrikaları 1962 yılından beri işletilmektedir. Günümüzde çalıştırılan tesisler; Battery 3B ve 3C, Jewell Coal ve Coke Company, Vansant, Virginia, USA.

Avrupa’da şimdilerde geri kazanımı olmayan Kok Fabrikasının inşa edilmesi veya işletilmesi düşünülmektedir.

Diğer etkileri: Bacadan çıkan SO₂ ve partikül madde emisyonları klasik koklaştırma prosesine oranla yüksektir. Emisyonların giderilmesi amacıyla yıkayıcının kullanılması durumunda da atıksu oluşmaktadır.

Fırınlarmın yatay dizayn edilmesi nedeniyle çok büyük alanlara ihtiyaç duyulması prosesin dezavantajıdır.

Entegre çelik tesislerinde geri kazanımı olmayan Kok Fabrikası ile mevcut enerji ağı arasında ekonomik kazancı olan enerji bağının kurulması çok zordur.

İşletme verileri: Battery 3C 1990 yılında, Battery 3B –Jewell Coal ve Coke Company 1989 yılında ticari işletmeye alındı. Şu ana kadar işletme problemleri olmamıştır.

Ekonomiklik: Kömür manipasyonu ve enerji üretim maliyetleri hariç, 1,2 milyon ton/yıl üreten işletmenin maliyeti 185 milyon \$₁₉₉₆. Bu da yaklaşık 147 milyon Ecu₁₉₉₆’dır. İşletme maliyeti ise 13,2 Ecu₁₉₉₆/ton kok’a eşdeğer, 16,6 \$₁₉₉₆/ton kok’tur.

Referans kitap: [Knoerzer,1991;Shoup,1991];Eisenhut,1992;Nahsan,1997]

EP.1 Fırın şarj emisyonlarının düşürülmesi

Tanım : Fırın şarjı en yaygın olarak şarj arabaları ile yerçekimi şarjı ile gerçekleştirilir. Bu şarj şekli için üç temel teknik kullanılmaktadır

1. “Dumansız” şarj. Bu sistem kok fırını ile şarj arabası arasındaki gaz kaçağını önleyici bağlantılarını kullanır. Bataryalar dört veya beş şarj deliğinden çok kısa bir sürede doldurulur. Kaz boynu askanya borusuna buhar veya su enjekte edilerek emme meydana gelir.
2. Sıralı şarj veya aşamalı şarj. Sıralı veya aşamalı şarjda, şarj delikleri arka arkaya değiştirilir. Bu tip şarj çok uzun zaman alır. Askanya borusunun her ikisi de kullanılarak fırının her iki tarafında da emme gerçekleştirilir yada fırına bitişik geçici bir boru ve askanya borusu kullanılır. Şarj arabası ile fırın arasındaki bağlantılar gaz sıkışmasına değil emmeye neden olur, ilk açılışta atmosfere neredeyse hiç emisyon atılmaz.
3. “Japon şarjı” olarak da bilinen iç içe geçen rekor şarj; bu tip şarj dört delikten aynı anda yapılır. Şarj arabası ile fırın arasındaki bağlantılar gaz kaçağını önleyici değildir fakat “iç içe geçen rekor” ile yayılan gaz şarj arabası ve ana toplama yeri arasındaki bağlantı yoluyla ana toplama yerine gönderilir. Açığa çıkan gazlar yakılmış ve daha sonra bazı özel maddelerin tutulduğu toprağa yerleştirilmiş bir cihazdan geçirilmektedir. Bazı durumlarda açığa çıkan gazlar şarj arabası üzerinde işleminden geçirilir.

Şarj aynı zamanda boru hatlarından transfer olan kömür ile de taşınabilir. Boru hatları ile şarj için iki sistem geliştirilmiştir:

1. Bütün fırınlara bağlantısı olan merkezi boru hattı sistemi,
2. Kömür şarj edilen kömür arabasına bağlantılı bir boru hattı.

Kömür ön ısıtması boru hattı ile şarjı mümkün kılmaktadır.

Seviye kapılarına karşı sızdırmazlık conta uygulaması sonrası seviye prosesi esnasında seviye engeli kapıdan kaynaklanan emisyonları azaltabilir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Bu sistemlerin tamamında şarj emisyonları çok düşük olabilir. Belirleyici ana faktör fırın bataryasında ve şarj teleskopunda yüksek basınçtır. Bazı sistemler diğerlerine göre daha çok işletme problemlerine maruz kalırlar.

Şarjdan kaynaklanan emisyonların ölçülmesi zordur fakat şarj başına emisyonların görünürlüğü (visible emission) 30'den küçük ise yapılabilir. 10 saniyeden az olan emisyonlar uygun şartlarda başarılabılır.

Üzerinde toz toplama ünitesi olan şarj arabası ile teleskobik kollarla yapılan şarjdan kaynaklanan küçük toz partiküllerinin oluşturduğu emisyon 5 g/t kok (<50 mg/Nm³ konsantrasyon)'tan azdır. Bu durumda tahliye gazı atılmadan önce yakılmıştır.

Referans tesisler : Dünyadaki bir çok tesiste emisyon azaltıcı şarj uygulanmıştır. Buna aşağıdaki örnekler verilebilir.

“Dumansız” şarj :

Kok fırını 2, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden.

Sıralı/aşamalı şarj :

ABD'deki bir çok tesiste

Kok fırını Mannesmann Hüttenwerke Krupp, D-Huckingen

Kok fırını Prosper, D-Bottrop

“Japon” şarjı :

Kok fırını 1, Kawasaki Steel Corp., Chiba Works, Japonya.

Kok fırını, Nippon Steel Corp., Kimitsu Works, Japonya.

Kok fırını, Sumitomo Metal Ind., Wakayama Works, Japonya.

Kok fırın 1, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden.

Kok fırını, ZK Saar & Gneisenau, Almanya

İşletme verileri : bulunamamıştır.

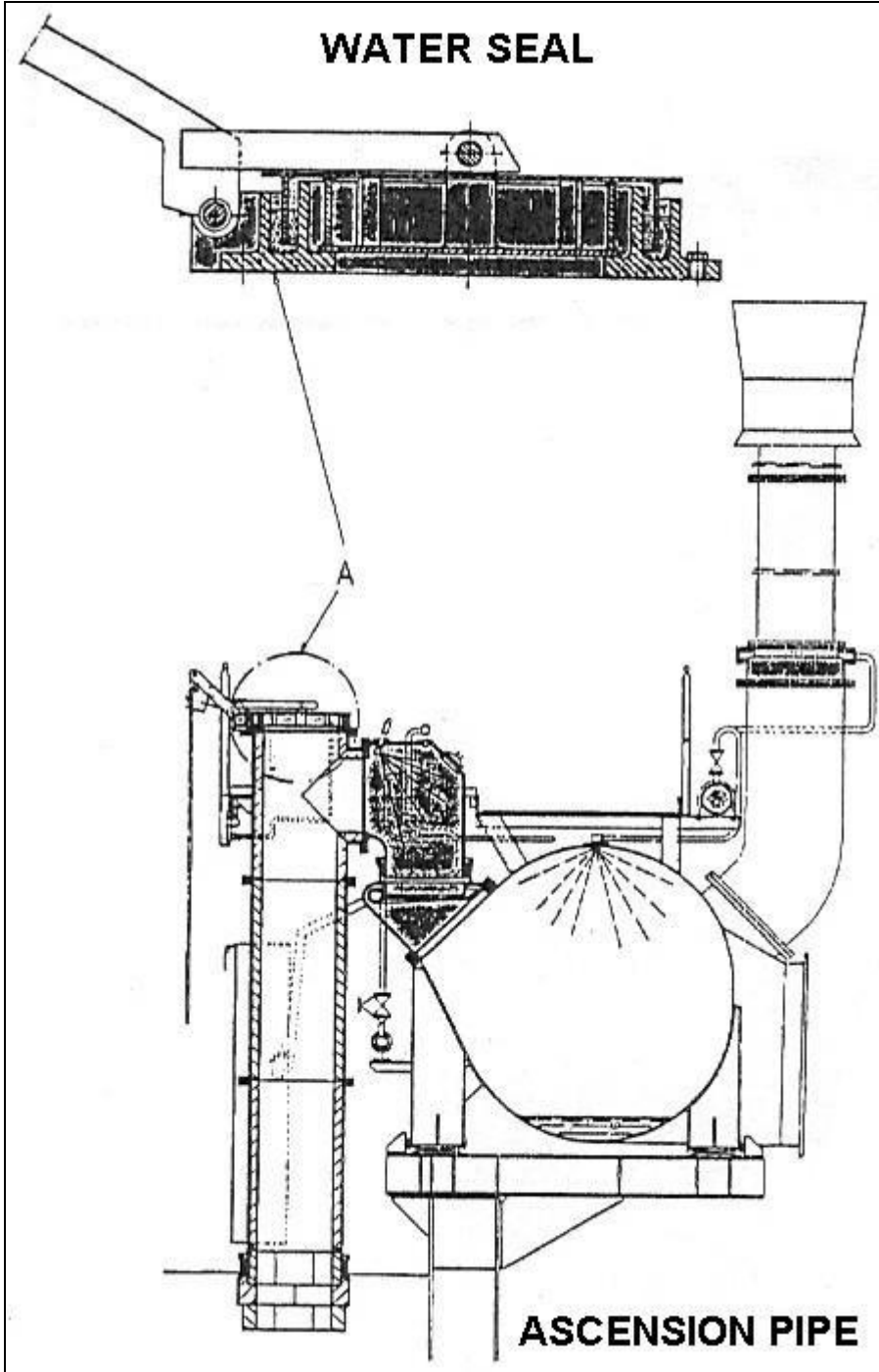
Ekonomiklik : bulunamamıştır.

Referans kitap : [Eisenhut, 1988]

EP.2 Askanya boru ve şarj delikleri sızdırmazlıklarının sağlanması

Tanım : Koklaştırma periyodunca kok fırın kapaklarının açılmasından kaynaklanan yaygın emisyonlar şarj işlemi ve itme sonrası sızdırmazlık verimliliği ile azaltılabilir. Buna rağmen bu ölçümler dikkatli bakım ve temizlik ile birleştirildiğinde başarılı olabilir. [Eisenhut, 1988].

Bir çok yeni kok fırın fabrikalarında su ile sızdırmazlığın sağlandığı askanya boruları standart ekipman haline gelmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 : Kok fırını askanya borusu (bacası)

Buna ilave olarak eski tesislerin bir çoğu su ile sızdırmazlığı sağlayan askanya borulu sistemi uygulamıştır. Boruların tıkanmadan çalıştırılması durumunda su ile sızdırmazlık verimli olabilir.

Bugünlerde şarj deliklerinin sızıntı geçirgenliğini korumanın en iyi yolu ek yerlerini kil ve sudan oluşan bir süspansiyon ile sıvamaktır.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir. Yeni tesislerdeki askanya boruları ve şarj deliklerindeki istenmeyen emisyon kaçaklarını azaltmak için dizayn iyileştirmesi yapılabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Su sızdırmazlığı uygulanan askanya borularında partikül madde, CO ve hidrokarbon emisyonları önemli ölçüde azaltılacaktır (Tablo 6.3'e bakınız). Sızma sıklığı (şarj deliklerinin toplam sayısının %) olarak ifade edilen şarj deliklerindeki kaçakların %1'inin önlenmesi için kapakları kil ile sıvanabilir. (Tablo 6.3'e bakınız).

Referans tesisler : Dünyadaki bir çok tesis sulu sistem askanya borusu uygulamıştır. Buna ilave olarak tesislerin bir çoğu şarj deliklerini elle veya otomatik olarak sıvanmasını sağlamıştır.

Diğer etkileri : Sulu sistem askanya boruları atıksu oluşmasına neden olur. Bu atıksu bazı durumlarda amonyak çözelti tankında geri dönüştürülebilir veya amonyak stripping/amonyak tutma kolonuna gönderilir. Suyu sirküle eden pompalar elektrik tüketirler.

Şarj deliklerinin kil ile sıvanması herhangi bir kesişen ortam etkisine neden olmamıştır.

Ekonomiklik : bulunamamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır.

Referans kitap : [Eisenhut, 1988]

EP.3 Kok fırın odası ile ısıtma odası arasındaki sızıntıların azaltılması

Tanım : Kok fabrikalarına sürekli olarak sistematik bakım sağlayarak, Pl.2'ye uygun olarak, tuğla örgüsünden kaynaklanan sızıntılar önenebilir. Tuğlalardaki çatlaklar, kok gazının yanma sonucu oluşan atık gaza ulaşmasına izin verir. Bu durum SO₂ partikül maddelerinin ve hidrokarbon emisyonlarının oluşmasına neden olur. Fırının yanması esnasında çatlaklardan çıkan siyah duman emisyonları ile çatlakların oluşumu kolayca saptanabilir. Bununla birlikte sızıntının hangi bataryadan olduğunu saptamak hiç de kolay değildir. Bunu tespit etmek için bir teknik de boş fırının her iki taraftan birden ateşlenmesidir. Duvarlardan fırın içine gelen alevler ile çatlakların pozisyonu tespit edilir.

Refrakter tuğla örgüsü yüzeyindeki çatlaklar, delikler ve diğer hasarlar oksitermik kaynağı, silikon kaynağı ve refraktere ıslak veya kuru çimento püskürtülme yöntemleri ile verimli bir şekilde tamir edilebilir. Bazı olağanüstü durumlarda refrakter tuğlasını yenileme ihtiyacı olabilir.

Uygulanabilirlik : Bu teknik sadece kullanımda olan tesislere uygulanabilir.

Kesişen ortam etkileri : Püskürtme tam olarak uygulandığında ve çatlakların oluşumu izlendiğinde emisyonlar sifra yakın azaltılabilir. Bu bakımdan kok fırın duvarlarının refrakter kalitesi ve durumu çok önemlidir.

Referans tesisler : AB'deki bir çok tesis.

Diğer etkileri : bulunamamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır.

Ekonomiklik : bulunamamıştır.

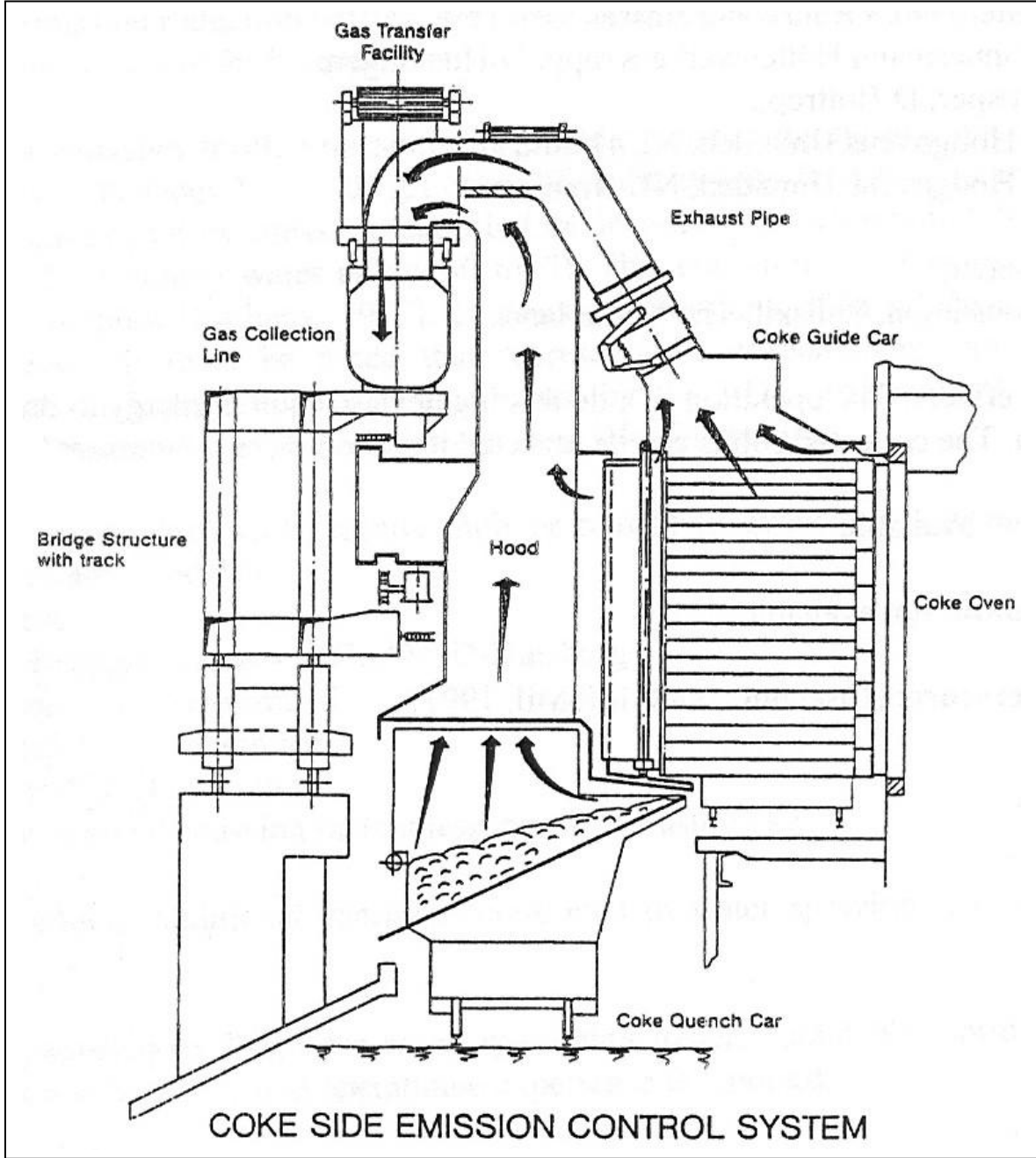
Referans kitap : [InfoMil, 1997]

EP.4 Kok fırın itmelerinde toz giderme

Tanım : Kok itmeden kaynaklanan partikül madde emisyonlarının azaltılması için bir çok sistem geliştirilmiştir.

1. Kok kenar döküntüleri, boşaltma ve tozuşmayı da kapsamaktadır.
Boşaltmadan kaynaklanan kok kenar döküntüleri ve tozlaşmadan oluşan partikül maddeler kumaş filtrede tutulur.
2. Draft-hood sistemi
Islak yıkayıcı prensibine göre çalışır, termal gazın toz yüklerini kullanarak koku kuru tutar ve hidrojen sülfat oluşumunu önler.
3. Konteynır araba
Kok, fırından direkt olarak konteynır arabasına sürülür. Kok oksijen ile ilişkiye girmez ve çok az miktarda partikül madde oluşur. Genellikle kok kuru söndürme ile kombinasyon olarak uygulanır (PI.7'ye bakınız).
4. Kok transfer makinesi ile (entegre) başlıklı ve mobil toz toplama cihazı
Partikül madde, kok transfer makinesi üzerindeki entegre başlık yardımı ile boşaltılır.
5. Başlıklı (entegre) kok transfer makinesi, sabit kanal ve sabit gaz temizleme, tercihen kumaş filtre (Şekil 6.13), "Minister Stein Sistem" olarak bilinir.

İtme prosesinin tamamı süresince söndürme arabası toz toplama sisteminin yakalama bölgesinde pozisyon alacaktır (kok transfer makinesi üzerindeki başlık (entegre) ile tek noktalı söndürme arabası kullanımı).



Şekil 6.13 : Kok itme kaynaklı tozlar için toz toplama sistemine örnek.

Uygulanabilirlik : Kok kenar toz toplama hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir. Kullanımda olan tesislerde terzi yapımı çözümler sık sık kullanılmıştır. Bazen tesisdeki alanın yetersiz oluşu sıkıntı yaratabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Partikül madde emisyonu azaltılmadan önce 500 g/t kok civarındadır. İyi çalışma şartları altında operatörler için yukarıda bahsedilen beş teknikten en iyisi ulaşılan >%99 verimlilik değeri ile "Minister Stein System"dir. Emisyon faktörleri için (yığımda) 5 g partikül madde/t kokun altındaki değerlere ulaşılmıştır (Tablo 6.3'e bakınız).

Varolan tesislerde >%99 partikül madde toplama oranı elde edilebilir, Ruhrkohle Hassel (Almanya) kok tesisinde gösterildiği gibi. Atılan havadaki bir partikül madde miktarı <30 mg/Nm³ olarak elde edilmiştir. Sistem, sabit kanallar yolu ile boşaltım temeline dayanmaktadır.

“Minister Stein” sistemini kullanan tesislerin hava kapasitesi 200000 Nm³/h’dir fakat bu oda boyutuna göre değişmektedir. Partikül emisyonlarının azaltılması için kumaş filtre kullanılmıştır.

Draft-hood-sisteminin toz tutma verimliliği %95-96 olarak bildirilmiştir.

Referans tesisler :

”Minister Stein” sistemi :

US Steel Kok Fırını, Clairton Works, Pittsburgh, ABD
Sidmar Kok fırın bataryası, B-Gent
Ruhrkohle Hassel Kok fırın batarya No.5, Almanya
Mannesmann Hüttenwerke Krupp Kok Fırını, D-Huckingen
Prosper Kok Fırını, D-Bottrop
Hoogovens IJmuiden Kok Fırın 1, NL-IJmuiden
Hoogovens IJmuiden Kok Fırın 2, NL-IJmuiden

Draft-hood sistemi :

Sluiskil ACZ Karboniasyon, Hollanda

Diğer etkileri : Toz toplama cihazının işletilebilmesi ve pervanelerin havayı boşaltabilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Toplanan katı partiküller prosese geri döndürülebilir.

Ekonomiklik : bulunamamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır.

Referans kitap : [Eisenhut, 1988; InfoMil, 1997]

EP.5 Yaş söndürme emisyonlarının azaltılması

Tanım : Kok, söndürme kulesinde söndürüldüğünde yanarak dışarı atılan koktan söndürme suyunun buharı ile birlikte duman ve partikül maddeler çıkar. Çekilen partikül madde miktarı işletme şartlarına, kok özelliklerine ve su ilave tipine bağlıdır. Partikül madde ve su buharı emisyonlarını azaltmak için yapısal ve diğer ölçümler aracılığıyla bazı denemeler yapılmıştır; örneğin dumana su püskürtülmesi.

En uygun çözümler, ince yığın engellerini kullanmak ve uygun söndürme kule dizaynını içermektedir (Şekil 6.14).

Bunun yanında koku su ile söndürmeye bir modifikasyon ile “swamp” (su ile doldurma) söndürme uygulanabilir. Daha sonra doldurulan su söndürme arabasının dibindeki boru ile boşaltılarak bir kısmı kokun üzerine püskürtülür (bir çok söndürme sisteminde sadece kokun üzerine su püskürtülür). Böylelikle partikül madde emisyonları azalır. Yine de söndürme kulesinin kendisi su ile doldurarak söndürme ve toz tutma sistemi ile aynıdır. “Swamp” su ile doldurarak söndürmenin tek dezavantajı kok parçacıklarının emisyonu ve söndürme arabası içindeki kok kütesinin buhar ile patlamaya sebep olma olasılığıdır.

Yük yatağı şekli için özel bir tip tahta kullanılmıştır. Gerçek toz toplama cihazı, içerisine panjur şekilli plastik ince levhaların monte edildiği ayrı çerçeveler içermektedir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanımda olan tesislere uygulanabilir. Kullanımda olan söndürme kuleleri emisyon düşürme engelleri ile donatılmıştır. Yeterli draft şartlarını sağlayabilmesi için en küçük kule yüksekliği 30 m olmalıdır.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Islak söndürme esnasındaki partikül madde emisyonu azaltılma yapılmadan 200-400 g/t kok civarında ölçülmüştür. Sistem ile bu oran 50 g/t kokun altına çekilebilir (azaltılmadan önceki emisyon faktörü, en fazla 250 g/t kok ve söndürme suyu içeriğinde en fazla 50 mg/l katı içeriği). Bu emisyon faktörü sadece Avrupalı tedarikçi tarafından garanti edilmektedir [Nathaus, 1997]. Denemelerde 25 g/t koktan daha az emisyon değerlerine normal ulaşılmıştır. Örnek ölçümlerin zor olduğu not edilmelidir. Anılan emisyon faktörü VDI 2303 metodu ile belirlenmiştir (Islak söndürmede toz emisyonunun örnek ve ölçüm kılavuzu).

Referans tesisler : yeni yapılmış veya çalışmakta olan eski tesislere uygulanmış söndürme kuleleri ile emisyon düşürme engelleri uygulanmış tesis örnekleri :

Sidmar, B-Gent

Hüttenwerke Kruppmanneßmann GmbH, D-Duisburg

Kokerei Kaiserstuhl, D-Dortmund

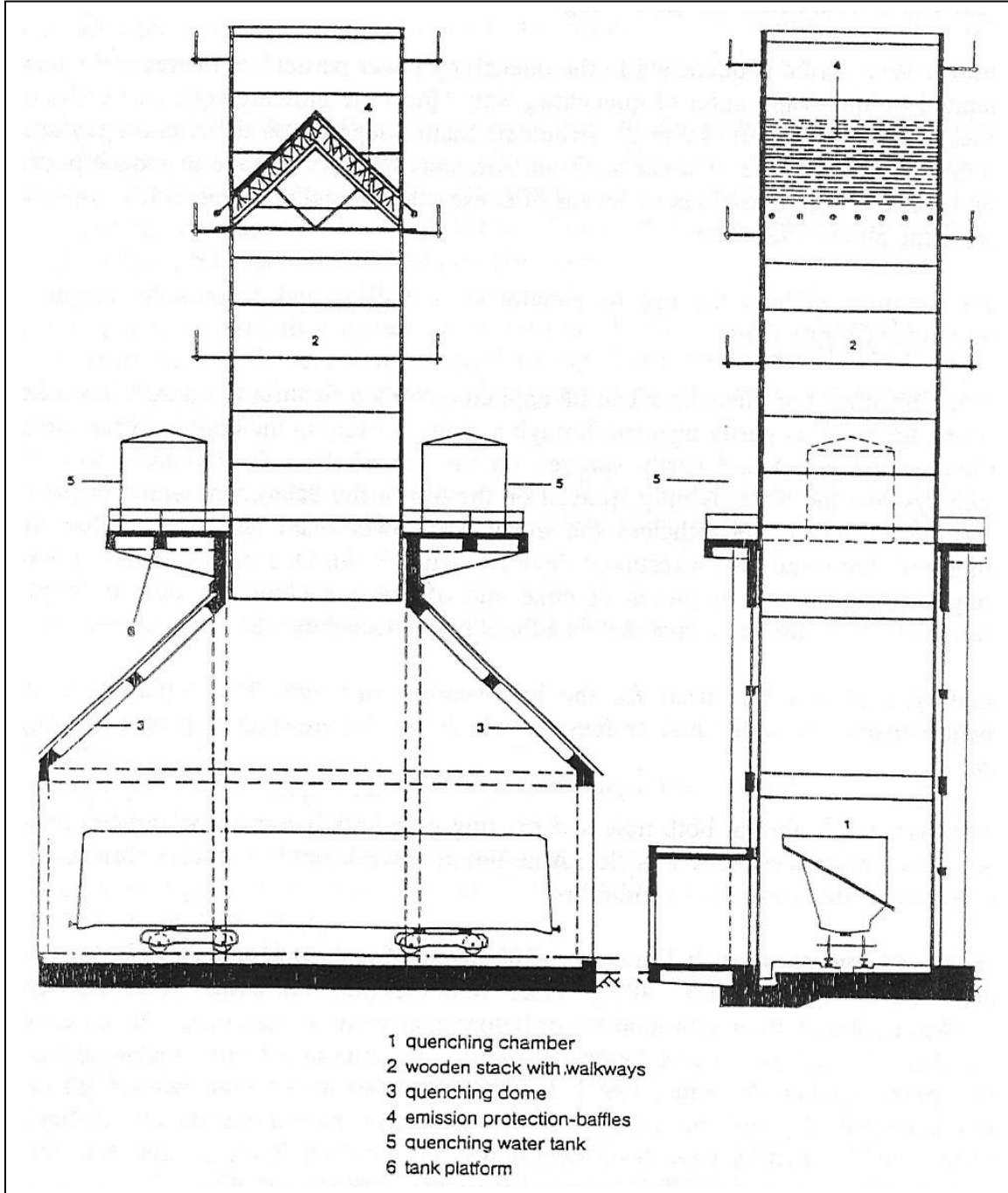
Kokerei Hassel, D-Gelsenkirchen

Preussag Stahl AG, D-Salzgitter

Bu tesislerin hepsi 25 g toz/t kok emisyon faktörüne ulaşmıştır.

Diğer etkileri : Bu her ne kadar önemli olmasa da su püskürtme için ilave enerji ihtiyacı vardır.

İşletme verileri : Dünyada, emisyon azaltıcı engeller ile donatılmış bir çok söndürme kuleleri vardır. İyi işletme tecrübeleri raporlanmıştır.



Şekil 6.14 : Emisyon azaltma engelleri ile donatılmış söndürme kulesi şematik diyagramı

Ekonomiklik : Çalışmakta olan söndürme kulelerine sonradan emisyon düşürücü engeller uygulama maliyeti 150000-200000 Ecu₁₉₉₇ civarındadır. Bu sisteme sahip yeni bir söndürme kulesinin tamamının yatırım maliyeti 11 mEcu₁₉₉₇ civarındadır (Dortmund'da bulunan Kokerei Kaiserstuhl tesisinin kulesi dünyadaki en büyük kuledir (15x15x50m)).

Uygulama için itici güç : Normal yasal talepler ve yerel otoritelerin tepkileri sonucunda çalışmakta olan söndürme kulelerine sonradan uygulanmıştır.

Referans kitap : [Nathaus, 1997]

EP.6 Kok fırın yanmasından açığa çıkan Azot oksit (NOx) atık gazlarının giderilmesi

Tanım : Kok fırın yanmasından açığa çıkan NO_x emisyonları, entegre proses ölçümleri ile azaltılabilir fakat aynı zamanda “end-of-pipe” teknikleri de uygulanabilir.

SCR prosesinde, sıcak gaz dumanı içindeki NO_x amonyak (NH₃) katalizörü ile N₂ ve H₂O'ya indirgenmiştir. Titanyum oksit (TiO₂) üzerindeki taşıyıcı Vanadyum pentoksit (V₂O₅), tungsten oksit (WO₃) sık sık katalizör olarak kullanılır. Kullanılabilecek diğer katalizörler demir oksit ve platindir. En iyi çalışma sıcaklığı 300 ile 400°C arasındadır. Bu gibi yüksek sıcaklıklar atık gazın biraz daha ısıtılmasını gerektirir veya kok fırın rejeneratörlerindeki (en iyi 180-250°C) enerji geri kazanımını düşürür.

Patlayıcı amonyum nitrat (NH₄NO₃) birikmesi, amonyak kaçması ve çürütücü SO₃ oluşumu gibi katalizörlerin aktivasyonuna özel bir önem vermek gerekir.

Uygulanabilirlik : Projeleri uygun ise SCR sadece yeni tesislere ve tamamen yeni baştan yapılacak tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : NO_x giderilmesinde %90 verimliliğe ulaşılmıştır. Kok fırın tesislerine uygulanmış başka sürdürülebilir herhangi bir başarı yoktur.

Referans tesisler : Kok fırın yanmasından açığa çıkan atık gazdan NO_x giderilmesi nadiren uygulanır. Sadece bir durum bilinmektedir

2,3 ve 6 nolu kok bataryaları, Kawasaki Steel, Chiba Works, Japonya

Diğer etkileri : Amonyak tüketiminde ve enerji tüketiminde bir artma oluşur. Katalizörler daha fazla etkili olmadığında bir kısmı tortulaşır.

İşletme verileri : 1976 yılında Kawasaki Steel Chiba Works tesislerinde kok fırın yanmasından açığa çıkan atık gazın iyileştirilmesi için bir SCR kuruldu. SCR'nin kapasitesi 500000 Nm³/h'dir. Çalışma sıcaklığı 240°C ve indirgenen ortam amonyaktır (NH₃). NO_x giderilme verimliliği %90'dır. Amonyum sülfat formasyonu ve toz birikintileri, atık gazın günde bir kere >260°C'ye ısıtılarak katalizörlerin yeniden oluşturulması anlamına gelmektedir.

1992 yılında 2 ve 4 nolu bataryaların kapatılması ile SCR işletmeden alınmıştır.

Ekonomiklik :

Yatırım maliyet : 1976 yılında 47 milyon Ecu₁₉₉₆

İşletme maliyeti : bulunamamıştır.

İlave ekonomiklik :

[InfoMil, 1997] aşağıda SCR için yapılan genel harcamaları raporlamaktadır :

Yatırım : 50 Ecu₁₉₉₆/(Nm³/h) ± %30

Gaz akışı 300000 Nm³/h ve üretimi 1 Mt kok/yıl olan bataryalı bir kok fırın tesisi için:

Yatırım : 15 milyon Ecu₁₉₉₆ ± 5 milyon

İşletme : 0.17-0.51 Ecu₁₉₉₆/t kok

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

EP.7 Kok fırın gazından kükürt giderme

Tanım : Arındırılmamış kok fırın gazının hidrojen sülfat içeriği (H₂S) ihtiva etmesi (8 g/Nm³'e kadar) sebebiyle bir çok endüstriyel uygulamalarda kullanıma uygun değildir. Gaz ancak kükürt giderme bir çok uygulamada kullanıma uygun hale gelmektedir. Günümüzde bir çok tesis kok fırın gazını kükürt gidermeden sonra karlı bir şekilde satmaktadır. Ticari

sebepler ile kükürt giderme, çevrenin asit yağmurlarının etkilerinden korunması ile aynı zamana denk gelmektedir. Çünkü kükürt giderilmiş kok fırın gazı, kok fırın gazının yanmasından kaynaklanan SO₂ emisyonlarını azaltmaktadır. Bir çok durumda iki safhada sülfür çıkarılmaktadır: çok düşük basınç ve çok yüksek basınç safhalarında. Her ne kadar kok fırın gazından kükürt giderme henüz yaygın bir uygulama olmasa da AB'deki 15 uygulama ile artarak yaygınlaşmaktadır.

Kok fırın gazı aynı zamanda organik sülfür bileşikleri, karbon disülfat (CS₂), karbon oksisülfat (COS) ve sülfür içeren kimyasal bileşikler gibi çeşitlilik içerir. Bununla birlikte kok fırın gazından organik sülfür bileşiklerinin geri kazanılması hakkında çok az bilgi vardır.

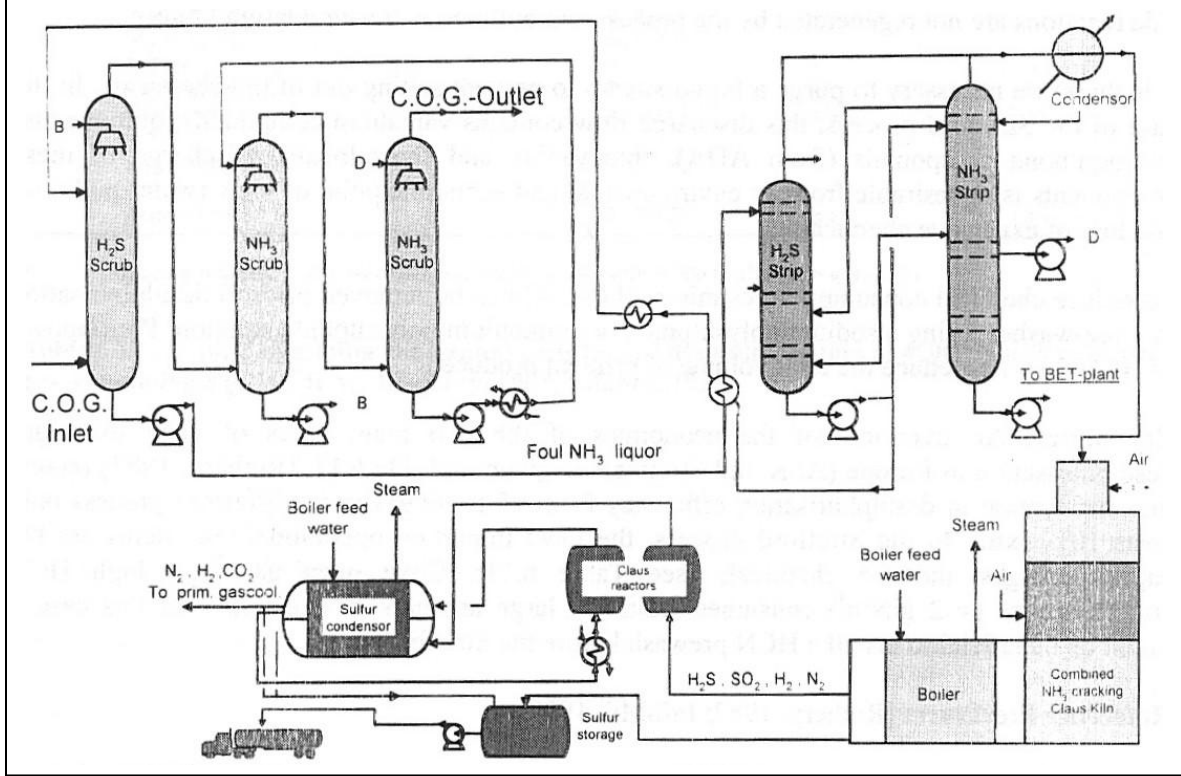
6.1.3.3'de açıklandığı gibi iki tip kok fırın gazı kükürt giderme prosesi vardır: ıslak oksidatif prosesler ve absorpsiyon prosesler. Absorpsiyon prosesi, H₂S ayırma prosesi ile amonyak (NH₃) ayırma prosesinin birleşimi ile oluşur. Tablo 6.11 farklı prosesleri ve karakteristiklerini göstermektedir.

Islak oksidatif prosesler		Emme / ayırma prosesleri	
Adı	Açıklama	Adı	Açıklama
Stretford	Kok gazının sodyum karbonat solüsyonu (Na ₂ CO ₃) ile yıkanması sonucu H ₂ S giderilir ve Vanadate (VO ₃) kullanılması ile kükürt elementi (S ^o) elde edilir. Yıkama çözeltisinin rejenerasyonu antrakinin disulfonik asit (ADA) kullanılarak, havalandırma ile (O ₂) sağlanır.	Carl Stil Diamek veya ASK*	Kok Gazının içerdiği H ₂ S, NH ₃ çözeltisi ile yıkanır. NH ₃ yıkayıcıdan elde edilir. Buhar verilme suretiyle yıkama çözeltisinden H ₂ S ve NH ₃ ayrılarak, buharlar Claus tesisine ve sülfürik asit tesisine yönlendirilir.
Takahax	Stretford prosesine benzer, farklı olarak rejenerasyonda ara ürün olarak 1- 4 naphthoquinone 2- sulphonic asit kullanılmıştır.	Vakum karbonat	Kok gazı, Sodyum karbonat çözeltisi veya potasyum karbonat çözeltisi (Na ₂ CO ₃ veya K ₂ CO ₃) ile yıkanarak, H ₂ S'in (aynı zamanda HCN ve CO ₂) giderimi sağlanır. Potasyumun değişkenliği, yüksek karbonat konsantrasyonuna müsaade eder. Yüksek sıcaklık ve düşük basınç (0.12-0.14 bar) kullanılarak, yıkama çözeltisi rejener edilir. Yıkama çözeltisinden çıkan asit gazları Claus tesisinde veya sülfürik asit tesisinde arıtılır.
Thylox	Sodyum thioarsenate (Na ₄ As ₂ S ₅ O ₂) H ₂ S'i bağlar ve rejenerasyon oksijen ile yapılır. Kükürt elementi kazanılır.	Sulfiban	Kok fırın gazı monoethanolamin (MEA) ile yıkanır H ₂ S'in giderimi için kullanılan yıkama çözeltisinin kirlenmesini önlemek için öncelikle NH ₃ 'ün giderimi sağlanır. MEA çözeltisinden buhar ile H ₂ S giderilir ve Claus tesisinde veya sülfürik asit tesisinde arıtılır. Çözilemeyen organik S-bileşikleri MEA çözeltisinden katı atık olarak ayrılır.
Perox	Gaz amonyak solüsyonu ile yıkanır. Sülfür oksidasyonu için parabenzoquinone kullanılır ve çözeltinin rejenerasyonu oksijen ile yapılır.	DESULF	Hemen hemen ASK prosesi ile aynı fakat ayrıştırıcılarda amonyum sülfat ((NH ₄) ₂ SO ₄) üretmek için NH ₃ /H ₂ S buharından NH ₃ çıkarılır.
Fumaks-Rhodacs	Kükürt elementinin üretilmesi için H ₂ S fumaks fazında pikrik asit ile oksidize olur. Rhodacs fazında siyanür geri kazanılır.		

* ASK : Amonyum sülfat Kreislaufwascher

Tablo 6.11 : Kok fırın gazı kükürt giderme prosesleri ve karakteristikleri – [UN-ECE, 1990; EC Kok, 1996]

Kok gazından H₂S'in giderilmesi için amonyak çözeltisi ile yıkanması Avrupa'da en yaygın kullanılan absorpsiyon prosesidir. (Carl Stil, Diamex veya Amonyum Sülfat Kreislaufwascher (ASK) prosesleri). Şekil 6.15 ASK prosesinin yeni uygulandığı bir örneği göstermektedir.



Şekil 6.15 : 1997 yılında kurulan kok fırın gazı kükürt giderme tesisi (ASK proses) akış diyagramı

Uygulanan en yaygın ıslak oksidatif proses "Stretford" prosesidir.

Stretford prosesi, kükürt giderme kapasitesinin en geniş aralıklarında uygulanabilir. Raporlanan kok gazı kükürt giderme dizayn kapasite aralığı 400'den 110000 Nm³/h'e kadardır.

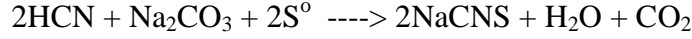
Uygulanabilirlik : Islak oksidatif ve emici tip kok gazı kükürt giderme proseslerinin her ikisi de yeni ve çalışmakta olan tesislere uygulanabilir. Seçim, kok fırın gazının özellikleri, çevre etkileri, gaz temizleme tesisi ile entegrasyonu gibi etkenlere bağlıdır.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Islak oksidatif prosesi, emme prosesine göre çok daha iyi kükürt giderme verimliliğine sahiptir. Islak oksidatif prosesi >%99.9 verimliliğe sahip olabilir, kok fırın gazındaki artık H₂S konsantrasyonu en düşük değer olan 1 mg/Nm³ elde edilmiştir. Absorpsiyon prosesinin kükürt giderme verimliliği genellikle %95'i geçememiştir ve kok fırın gazındaki artık H₂S konsantrasyonu genellikle 500 ile 1000 mg/Nm³ olmuştur.

Kullanılan tekniklerin hiçbiri organik kükürt bileşiklerinin giderilmesinde yüksek verimliliğe ulaşamamıştır. Gaz temizlemenin düşük basınç safhasında organik kükürt bileşikleri sadece 0.5 g/Nm³'den 0.2-0.3 g/Nm³'e azaltılabilmektedir.

Referans tesisler : Tablo 6.12 referans tesisleri (geniş kapsamlı değil) genel olarak göstermektedir.

Diğer etkileri : Kok fırın gazı kükürt gidermede kullanılan herhangi bir ıslak oksidatif proses kok gazından hidrojen siyanürü çıkararak aşağıdaki reaksiyon ile sodyum tiyosiyanat oluşturur :



Sodyum tiyosiyanat, küçük bir miktar sodyum sülfat ve yan reaksiyonlarla oluşan tiyosülfat proses tarafından tekrar üretilmez ve sirkülasyon sıvısında kullanılmaz.

Bu yüzden kimyasalların tuzlanmasını önlemek için sıvı yağmurlama ile temizlenmesi gereklidir. Stretford prosesinin bu safhasında akış vanadyum bileşikleri, kuinon ve hidrokuinon bileşikleri (ADA'dan), tiyosiyanat ve tiyosülfat içerir. Bu bileşiklerin atılması ekonomik ve çevresel açıdan son derece sakıncalıdır (su kirliliği ve pahalı kimyasalların kaybı).

Kimyasal tüketimi azaltmak için desülfirizasyondan önce ön yıkayıcılarda sodyum polisülfat veya amonyum polisülfat solüsyonu kullanılarak, siyanik asit (HCN) giderilebilir. HCN'nin önce giderimi toplam atık üretim hacmini azaltmaz.

Ekonomiklik : Avrupa'da iki ana tipi (ASK ve Stretford) kullanılan kok gazından kükürt giderme prosesinin ekonomikliği Tablo 6.13'te gösterilmiştir. [Rothery, 1987] raporuna göre Stretford prosesinde sadece %10 fazla maliyetle kükürt giderme verimliliğinde %95'den %99.9'a yükselme kaydedilmiştir. Stretford prosesindeki ana önemli işletme maliyet maddeleri tesis masrafları ve kimyasallardır (tablo 6.11'e bakınız). Yüksek miktarda HCN konsantrasyonu (>2g/Nm³) içeren kok gazı her şey göz önünde tutulduğunda çok büyük miktarda kimyasal tüketir. Bu safhada Stretford ünitesinden önce bir HCN ön yıkama kurmak faydalı olabilir.

Referans kitap : [Rothery, 1987; InfoMil, 1997]

Islak oksidatif

Stretford	Dofasco, Hamilton, Kanada British Steel, Orgreave, İngiltere British Steel, Redcar, İngiltere Metarom, Romanya Erdemir, Türkiye Sollac, Fransa Kobe Steel, Japonya Posco, Kore
Takahax	Nippon Steel, Yawata Works, Japonya Nippon Steel, Nagoya Works, Japonya Nippon Steel, Hirohata Works, Japonya Nippon Steel, Oita Works, Japonya Nippon Steel, Muroran Works, Japonya Nippon Kokan, Fukuyama Works, Japonya Nippon Kokan, Keihin Works, Japonya
Fumax	Nippon Steel, Kimitsu Works, Japonya Sumitomo Metal Ind., Wakayama Works, Japonya Sumitomo Metal Ind., Kashima Works, Japonya Kawasaki Steel, Chiba Works, Japonya
Thylox	Bulunmamıştır
Emme prosesi	
Carl Stil veya Diamek veya ASK	Prosper, Bottrop, Almanya Thyssen Stahl, Duisburg, Almanya Zentral Kokerei Saar, Dillingen, Almanya Kawasaki Steel, Mizushima Works, Japonya 2 nolu Kok fırını, Hoogovens IJmuiden, Hollanda Sidmar'ın kok fırını, B-Gent

Vakum Karbonat	ACZ Karbonizasyon, Sluiskil, Hollanda
Sulfiban	1 nolu Kok fırını Hoogovens IJmuiden, Hollanda
	Nippon Kokan, Keihin Works, Japonya

Tablo 6.12 : Kok fırın gazı kükürt giderme prosesi referans tesislerin tablosu – [InfoMil, 1997]

Maliyet ve Verimlilik	Ünite	Stretford Prosesi	ASK Prosesi	Vakum Karbonat
H ₂ S çıkartma verimliliği	[%]	95-99.5	90-97	>90
Sermaye maliyeti	(1-10 ⁶ Ecu ₁₉₉₆)	4.43-5.99	n/a	19.3*
İşletme maliyeti	(Ecu ₁₉₉₆ /1000Nm ³ COG)			
Kimyasallar		1.06-1.92	-	
Elektrik		0.46-0.60	-	
Buhar & su		0.12	-	
Bakım		0.25-0.30	-	
İş gücü		0.36	-	
Sermaye şarjları		2.25-3.04	-	1.90
Brüt maliyet		4.49-5.61	n/a	2.38
Kükürt kredisi		0.33-0.57	n/a	0.48
Toplam net maliyet		3.92-5.28	n/a	1.90

* 30000 Nm³/h ve 6 g H₂S/Nm³ safhasından hesaplanmış sülfürik asit tesisini kapsamaktadır.

Tablo 6.13 : 8 g/Nm³ H₂S içeren, 45000 Nm³/h kok fırın gazı, kükürt giderme tesisi işletme ve maliyet giderleri – [Rothery, 1987; InfoMil, 1997]

EP.8 Kömürlü sudan katranın (ve poliaromatik hidrokarbonların(PAH)) ayrıştırılması

Tanım : Amonyak tutma kolonun atığı normalde katran içermez fakat bu olduğunda, katran biyolojik atıksu arıtma tesisinde negatif etki yaratır. Katranın içerdiği PAH'ların biyolojik arıtma tesisindeki mikroorganizmalardaki toksik etkisi nedeniyle, işletme problemlerine yol açmaktadır. Bu nedenle suyun biyolojik arıtılmasından önce kömürlü sudan katranın ayrıştırılması tavsiye edilmektedir.

Katran, koagülasyonu sağlayan kimyasallar kullanılarak, aşağıdaki ayırma teknikleri ile ayrıştırılabilir :

- Filtrelemeyi takip eden yerçekimsel çökeltme,
- Kömürlü suyun filtreleme sonrası santrifüjlenmesi,
- Filtreleme sonrası yüzdürerek ayırma.

Atıksudaki katranın büyük bir kısmı filtrelerde yüksek konsantrasyon haldeki kekleşme ve tortulardan ayrıştırılarak elde edilir. Buna ilave bir arıtma daha uygulanmalıdır, ör. Kok fırınlarına geri kazandırılarak.

Atıksudan katran ayrıştırmanın diğer bir yolu da kereste tozuyla kaplanmış döner vakumlu tambur filtre kullanmaktır. Bu sistem, biyolojik iyileştirme öncesi kömürlü su içindeki PAH konsantrasyonunun azaltılması için uygulanmıştır. Yinede Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden'de uygulanmakta olan kereste tozu filtresi 1998 yılında aynı PAH ayrıştırma verimliliğine ulaşan kum filtre ile değiştirilmiştir.

Uygulanabilirlik : Atıksuyun arıtımından önce katranın ayrıştırılması hem yeni hem de kullanılmakta olan tesislere uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Kereste tozu filtresinde tutulan atık madde konsantrasyonunun 700-800 µg/l (EPA-PAH) ayrıştırma verimliliği %99'dur. Biyolojik arıtmasonrası emisyonlar kesin şekilde düşmüştür. 150µg/l atık maddenin biyolojik arıtılması EPA-PAH emisyonuna tekabül edebilir. PAH yüklü kereste tozu kok fırınına geri kazandırılabilir.

Referans tesisler :

Çökeltme ve filtreleme :
ACZ Karbonizasyon, Sluiskil, Hollanda

Kereste tozu filtresi :
Kok fırın, Hoogovens, IJmuiden, NL-IJmuiden

Diğer etkileri : Bütün bu katran ayrıştırıcı tekniklerin hepsi atık oluşturur. Buna rağmen bu katran yüklü atıklar kok fırınlarına geri kazandırılabilir.

İşletme verileri : bulunamamıştır

Ekonomiklik : bulunamamıştır

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

EP.9 Amonyak stripping

Tanım : Amonyak tutma kolonu ve stripping'de atık amonyak konsantrasyonu seviyesini düşük tutabilirse biyolojik atıksu arıtma tesisinin çalışmasından daha çok faydalı olabilir. Giderme verimi stripping dizaynındaki (ör. tepsi sayısı) ilave alkali ve buhara bağlıdır. NaOH miktarının artırılması ve tepsi sayısının artırılması atıksu içindeki amonyak konsantrasyonunu önemli oranda düşürecektir.

Arıtma tesisi nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesinden oluşuyorsa amonyak stripping ünitesinin gereksinimi azalır. Bu durumda, ekonomiklik ve çevresel yararları etüt edilmelidir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanılmakta olan tesislerde uygulanabilir.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Atık amonyak konsantrasyonu, buhar ve alkali dozaj miktarına ve ayırıcı dizaynına bağlı olarak 20 mg/l'den 150 mg/l'ye kadar değişiklik gösterebilir. 20 ile 40 mg/l arasındaki değerlere ulaşılabilir fakat biyolojik iyileştirmeden önce atıksu içindeki BOD₅/P/N oranının balans ayarı uygun şekilde yapıldığı takdirde bu gerekli olmayabilir.

Referans tesisler : Dünyadaki kok fırınlarının hemen hemen tamamı amonyak stripping kullanır.

Diğer etkileri : Stripping, buhar (0.1-0.2 t buhar/m³ atıksu) halinde enerji ve alkali (NaOH;6-22 l/m³) tüketirler. Eskiden NaOH yerine kireç kullanılırdı. Yüksek dozajda buhar ve alkali atıksu içindeki NH₃ konsantrasyonunun azalmasına yol açar. Ayrıca amonyak (ve H₂S) yüklü bir buhar üretildiğinde sülfürik asit tesisinde, Claus tesisinde veya amonyak kükürt kristalizasyon ünitesinde iyileştirilmesi gerekir.

İşletme verileri : bulunamamıştır

Ekonomiklik :

Amonyak ayırıcı, saatte 150 m³ atıksu iyileştirmesi

Yatırım : 1993 yılında kolonlar için 0.75-0.9 milyon Ecu₁₉₉₆

İşletme maliyeti : 1993 yılında 0.18 Ecu₁₉₉₆/m³

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

EP.10 Gaz arıtma tesisinde gaz kaçaklarının olmaması

Tanım : Ham kok gazının yakıt olarak kullanılabilmesi için gaz arıtma tesislerinde bir çok aşamadan geçirilerek temizlenir. Ham kok fırın gazı bileşiklerinin diğerlerine göre daha uçucu karakterde olması nedeniyle flanşlardan, basınç vanalarından, pompalardan emisyon oluşabileceği anlamına gelmektedir. Çevreye verdiği olumsuz etkiler bir yana kanserojen madde içerdiği bilinen bazı kok gazı bileşiklerinin (ör. PAH ve benzen) meslek hastalıkları güvenlik faktörü açısından da çok önemlidir. Kok gazı arıtma tesisine birleştirilen BTX tesisi bu yönden çok büyük önem taşımaktadır. Bu tesiste, BTX (büyük oranda Benzen, Toluen ve Ksilen içerir) yıkama sıvısı ile kok gazı yıkanır. Bu yıkama sıvısı daha sonra yeniden işlenerek BTX geri kazanılır ve satılabilir.

Bir gaz arıtma tesisinde gaz kaçaklarının önlenmesi işlemi ana güvenlik konusudur.

Bir gaz arıtma tesisinde gaz sıkışması ile ilgili bütün ölçümlerin yapılabilmesi için yapılabilecekler :

- Mümkün olan yerlerde boruları kaynak yaparak flanş sayılarını azaltmak,
- Manyetik pompa veya integral pompaların kullanımı,
- Depolama tanklarındaki basınç vanaları emisyonlarından kaçınılmalıdır. En çok kok gazı ana toplama yerine vana birleştirilirken yapılır (toplanan gazların daha sonra tutuşması veya ortamda birikmesi veya yıkayıcılarda hasara yol açması mümkündür)

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem de kullanılmakta olan tesislerde uygulanabilir. Yeni tesislere gaz kaçaklarını önleme dizaynı uygulamak, kullanılmakta olan tesislere göre çok daha kolaydır.

Referans tesisler : Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz, Hoogovens IJmuiden, NL-IJmuiden, ve Sidmar. B-Gent gaz arıtma tesislerindeki kaçakları önlemek için çalışmalarını tamamlamak üzeredir.

Diğer etkileri : Kesişen ortam etkisine rastlanmamıştır.

İşletme verileri : bulunamamıştır

Ekonomiklik : bulunamamıştır, tesis dizayn bölümü

Referans kitap : [InfoMil, 1997]

EP.11 Atıksu iyileştirme tesisi

Tanım : Kok fırın tesisinden atılan atıksu yüksek konsantrasyonlarda hidrokarbon karışımı, siyanür bileşikleri ve azot bileşikleri içermektedir. Bu atıksuyu iyileştirmek için bir çok metot vardır. Her durumda, atıksu daha sonraki arıtma aşamalarına geçmeden önce amonyak strippingden geçer (6.2.3.1.2'ye bakınız).

Atıksu biyolojik ve kimyasal olarak iyileştirilebilir. Biyolojik iyileştirme uygulandığında çoğu kez kimyasal/fiziksel metot ile katran çıkarılır (EP.9'a bakınız) ve atıksuların mikroorganizmalar üzerindeki toksik etkisini önlemek ve özellikle bakteri nitrifikasyonunu önlemek için atıksu çoğu kez seyreltilir.

Kok fırın atıksu arıtımı için en yaygın kullanılan biyolojik teknik, aktif çamur aerobik biyolojik sistemidir. Bazı durumlarda nitrifikasyon ve denitrifikasyon önem taşımaktadır.

Bazı durumlarda, atıksuyun iyileştirilmesi için biyolojik sistem olan akışkan yatak kullanılır. İngiltere'de atıksuyun basınç yatakları ile iyileştirildiği bir tesis vardır.

- a. Aktif çamur aerobik sistem

Tanım : Aktif çamur aerobik sistemde bakterilerle ayrışabilen kirleticiler biyolojik olarak CO₂, H₂O, mineraller olarak parçalanırlar; parçalanamayanlar bileşikler (PAH'ın büyük bölümü ve ağır metaller) ise adsorbsiyon yöntemi ile giderilir.

Çevreci gözüyle bakıldığında aktif çamur sisteminde ile düşük besin/ mikroorganizma oranı (F/M) tercih edilir. Düşük F/M oranı ağır parçalanabilir organik bileşiklerin biyolojik parçalanmasına imkan verir. F/M oranı organik maddenin aktif çamura oranı ve “kg COD/kg MLSS/d” olarak ifade edilir. COD kimyasal oksijen ihtiyacı, MLSS ise askıda katı maddedir.

Hava ile temizlemede ortam havası yerine oksijen kullanılabilir. Bu proses kontrolünü arttırır ve atıksu içindeki uçucu bileşiklerin “ayırıcılığı” azaltır. Örneğin, ACZC ve Sibmar tesislerinde oksijen ile temizleme kullanılmaktadır.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Atk Tablo 6.14 Avrupa’da bulunan kok fırınlarındaki aerobik aktif çamur sistemi performans verilerini göstermektedir.

Bileşen	Konsantrasyon	Ünite	Spesifik emisyon değeri	Ünite
COD	140 – 700	[mg/l]	0.2 – 1	[kg/t kok]
N-Kjeldahl	20 – 120	[mg/l]	0.01 – 0.1	[kg/t kok]
NH ₃	<1 – 100	[mg/l]	0 – 0.1	[kg/t kok]
SCN-	<0.1 – 35	[mg/l]	0 – 0.05	[kg/t kok]
Fenol	<0.1 – 10	[mg/l]	0 – 0.005	[kg/t kok]
PAH	0.003 – 0.2	[mg/l]	0 – 0.001	[kg/t kok]

Tablo 6.14 : Aerobik etkinleşen slaç atıksu iyileştirme kullanan Avrupalı kok fırın tesislerinin atıksu konsantrasyonu ve spesifik emisyonları (hem yüksek hem de düşük F/M oranı) – [EC Kok, 1996]

b. Nitrifikasyon kavramı

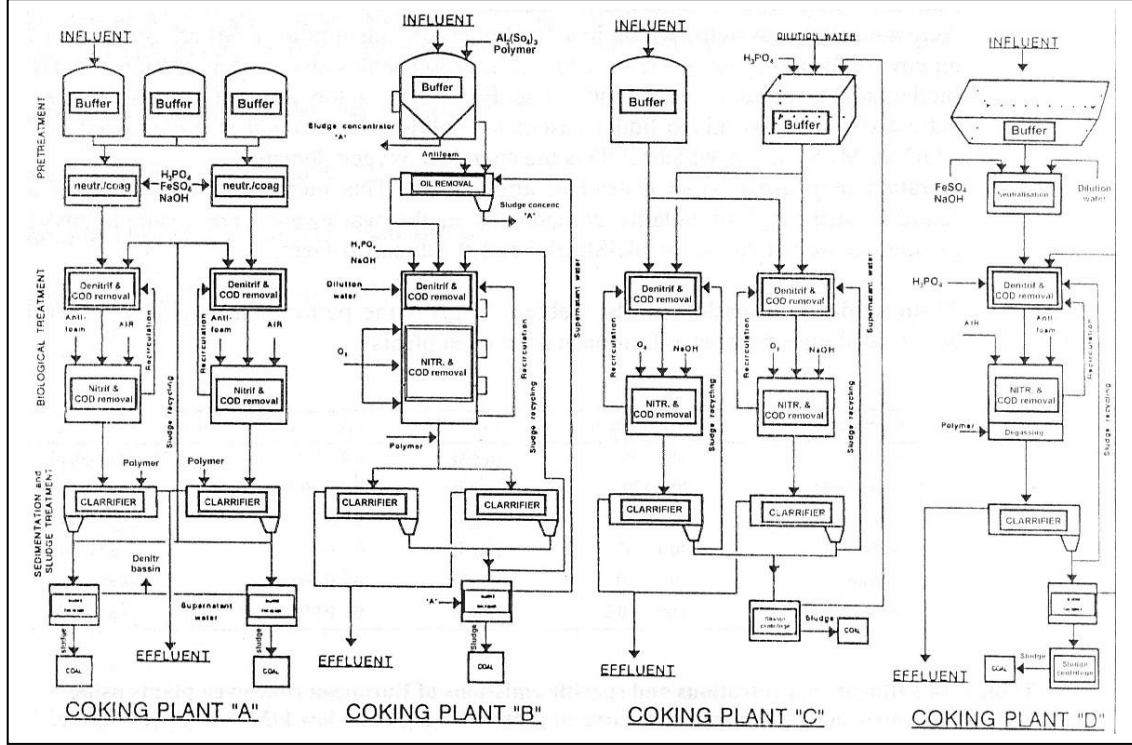
Tanım : Bazı atıksu iyileştirme tesisleri amonyağı (NH₄⁺) verimli bir şekilde ayrıştırmak için nitrifikasyon ile dizayn edilmişlerdir. Bu tip tesisler için geleneksel aerobik aktif çamur dizaynı başlangıç noktası olarak alınabilir. Sistem çok yavaş büyüyen nitrifikasyon bakterisinin yıkanmasını önlemek için çok düşük F/M oranına ve çok yüksek resirkülasyon oranına sahip olmalıdır. Nitrifikasyon bakterisi amonyağı nitrata (NO₃⁻) çevirir. Bu gibi şartlar altında ağır biyolojik parçalanabilir organik bileşikler de yüksek ayrışma verimliliği ile kristalleşebilirler.

Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Genellikle düşük spesifik yük sistemleri daha iyi performansla sahiptir ve nitrifikasyon yoluyla amonyağın azaltılmasına izin verir. Düşük spesifik yük aynı zamanda organik bileşiklerin düşük parçalanma oranı ile parçalanmasını geliştirir. Eğer “nitrifikasyon” uygulanırsa atık nitrat (NO₃⁻) konsantrasyonu nispeten yüksek olacaktır (200 mg/l).

Referans tesisler : Aynı atıksu arıtma tesislerinden “c” de bahsedilmiştir (nitrifikasyon-denitrifikasyon kavramı).

c. Nitrifikasyon-Denitrifikasyon kavramı

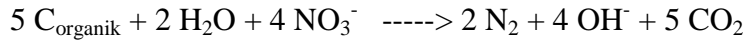
Tanım : Bazı durumlarda yerel otoriteler atıksulardaki bütün azot bileşiklerinin (nitratı da kapsamaktadır) düşük seviyede deşarj edilmesini isterler. Bu atıksuların ilave anoksik arıtmadan geçirilmesini gerektirir. Birçok tesisin projesi mümkün fakat ön nitrifikasyon-denitrifikasyon kavramı olarak bilinen yöntemin uygulandığı tesislerde atıksu arıtmada çok iyi sonuçlar elde edilmiştir (ön-DN/N).



Şekil 6.16 : 4 farklı nitrifikasyon-denitrifikasyon metoduyla Kok Fabrikası atıksu arıtma tesisi akış diyagramları – [Löhr, 1996]

“A” tesisi: Kokerei Kaiserstuhl, D-Dortmund; “B” tesisi: Kooksfabriek Sidmar, B-Gent
 “C” tesisi: Kooksfabriek ACZC, Hollanda “D” tesisi: Cokerie de Seremange, Fransa

Ön denitrifikasyon ve nitrifikasyon (pre-DN/N) sisteminde aynı zamanda aerobik aktif çamur sistemi başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte atıksuyun havalandırılmadan önce nitrifikasyon adımında zengin nitrat suyu eklenir. Anoksik şartlar altında bakteri nitratı moleküler oksijen (O₂) yerine terminal elektron alıcısı olarak kullanır. Azot, moleküler azot (N₂) olarak yayılır. Reaksiyon aşağıdaki gibidir :



Ulaşılan başlıca emisyon seviyesi : Nitrifikasyon - denitrifikasyon sistemleri çok düşük F/M oranına (0.05-0.2 kg COD/kg MLSS/d) sahiptir ve kok fırın atıksu temizliğinde çok iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Sistemden açığa çıkan azot emisyonu, yüksek F/M oranı veya yalnız nitrifikasyon sistemleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu tesislerin dört tanesindeki atıksu arıtma tesisine giren atıksu ve arıtma tesisinden deşarj edilen atıksu konsantrasyon değerleri Tablo 6.15’te verilmiştir.

Referans tesisler : Ön denitrifikasyon ve nitrifikasyon (pre-DN/N) sistemli kok fırın atıksu arıtma tesisi İngiltere’de (British Steel Corp., Scunthorpe ve Orgreave), Belçika’da (Sidmar, B-Gent), Fransa’da (Lorfonte Seremange), Almanya’da (Ruhrkohle AG Kaiserstuhl, D-Dortmund) ve Hollanda’da (ACZC Sluiskil) (Şekil 6.16’ya bakınız).

Hal/bileşen	Ünite	Sidmar	Seremange	Kaiserstuhl	ACZC
Kok üretimi	[Mt/a]	1.180	0.630	2.0	0.605

Kömürlü su akışı	[m ³ /h]	42	16	71	20
Seyreltme	[m ³ /h]	40	5	(15)***	40
Toplam akış	[m ³ /h]	86	30	72	59
Spesifik atıksu deşarjı	[m ³ /t kok]	0.59	0.31	0.38	0.86
Besin-mikroorganizma (F/M) oranı	[kg COD/kg MLSS/d]	≤0.15	n/a	≤0.15	0.17
Arıtma Tesisine giren atıksu					
PH	-	n/a	n/a	9.5	9.3
Askıda katı madde	[mg/l]	30-40	n/a	<10	n/a
Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) (x±s)	[mg/l]	3650±310	4450±460	2250±590	3600±500
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD)	[mg/l]	2100	n/a	1340	n/a
Fenol	[mg/l]	964	1000	350	900
Tiyosiyanat (SCN)	[mg/l]	355	380	200-250	72.5**
N-Kjeldahl	[mg/l]	n/a	n/a	n/a	n/a
Amonyak (x±s)	[mg/l]	83±61	82±105	43±30	25±15
Nitrit	[mg/l]	n/a	n/a	-	n/a
Nitrat	[mg/l]	n/a	n/a	-	n/a
Yağ ve katran	[mg/l]	40	n/a	n/a	n/a
PAH	[µg/l]	200	n/a	106	n/a
Arıtma Tesisinden çıkan atıksu					
PH	-	n/a	n/a	7.8	7.04
Askıda katı madde	[mg/l]	42	n/a	43	28.6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) (x±s)	[mg/l]	189±30	486±315	228±48	117±29
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD) (x±s)	[mg/l]	19±2.8	19±?	4±32	5.4±1.9
Fenol	[mg/l]	0.06	<2	0.16	0.1
Tiyosiyanat (SCN)	[mg/l]	3	<4	n/a	0.9
N-Kjeldahl	[mg/l]	n/a	n/a	n/a	7.0
Amonyak (x±s)	[mg/l]	0.7±0.8	32±53	1.3±0.232	0.05±0.6
Nitrit	[mg/l]	3	0	0.21	1.0
Nitrat	[mg/l]	65	0*	15.0	48.1
Yağ ve katran	[mg/l]	5	n/a	n/a	n/a
PAH	[µg/l]	<50	n/a	11.7	2.7

n/a bulunamamıştır, x±s aritmetik ortalama, ±standart sapma

* Bu değeri Lorfonte raporlamıştır, her ne kadar teoride imkansız olsa da amonyak içeriği ile önemsiz nitrat konsantrasyonu arasındaki büyük fark bir engeli göstermektedir.

** ACZC, uygulanan örnek tekniğe göre bu değerin çok düşük olabileceğini belirtmiştir.

*** yağmur suyu içermektedir, böylelikle sürekli değildir [Löhr, 1997]

Tablo 6.15 : Arıtma Tesisine giren/çıkan atıksu konsantrasyonu ve ön-DN/N sistemi ile atıksu arıtma yapan tesislerin durumlarını göstermektedir – [InfoMil, 1997; Löhr, 1996; Löhr, 1997]

Diğer etkileri : ACZC tesisinin enerji tüketimi 0.008 GJ/t koktur.

Ekonomiklik :

Yatırım : 1994 yılında bir nitrifikasyon sisteminin ön denitrifikasyon ve nitrifikasyon (pre-DN/N) sistemine genişletilmesi 0.6 milyon Ecu₁₉₉₆.

Toplam yatırım : 4.6 milyon Ecu₁₉₉₆

İşletme giderleri : yıllık 345000 Ecu₁₉₉₆ (0.57 Ecu₁₉₉₆/t kok) atıksu vergilerini içermektedir.

Referans literatür: [EC kok, 1996; InfoMil, 1997; Löhr, 1996; Löhr, 1997]

6.4 Sonuçlar

Bu b6l6m6n ve içeriğinin daha iyi anlaşılabilmesi için, okuyucunun dikkati 6ns6z kısmına, 6zellikle 6ns6z6n 5. kısmına dikkat çekilmiştir: “Bu dok6manı nasıl anlar ve kullanırım”. Bu b6l6mde yer alan teknikler ve ilgili emisyon ve/veya t6k6tim seviyeleri, veya seviyelerin aralıkları aşağıdaki aşamaları kapsayan ve s6reki tekrarlanan bir proses aracılığıyla değerlendirilmiştir:

- sekt6re y6nelik anahtar evre hususlarının tanımlanması; kok fabrikaları için bunlar gaz kaçaklarının 6nlenmesi, kok gazının arıtılması, ve 6zellikle amonyağı dikkate alan atıksu arıtımı,
- bu anahtar hususların 6z6m6 ile en çok ilgili tekniklerin incelenmesi;
- Avrupa Birliği ve d6nya genelindeki mevcut veriler işığında, en iyi çevresel performans seviyelerinin tanımlanması;
- bu tekniklerin uygulanmasıyla ilgili maliyetler, çarpraz-ortam etkileri ve bu tekniklerin uygulanmasında g6zlenen başlıca itici g6ler gibi, bu performans seviyelerinin ulaşıldığı koşulların incelenmesi;
- Direktifin Madde 2(11) ve Ek IV’6ne uygun olarak, genel anlamda bu sekt6re y6nelik mevcut en iyi tekniklerin (BAT) ve ilgili emisyon ve/veya t6k6tim seviyeşerinin seçilmesi.

Avrupa IPPC B6rosu ve ilgili Teknik alışma Grubu (TWG) tarafından sağlanan uzman h6k6mleri, bu aşamaların herbirinde ve bilgilerin burada sunum y6ntemi konusunda anahtar rol oynamıştır.

Bu değerlendirme işığında, teknikler ve m6mk6n olduğu kadarıyla BAT’ın kullanımıyla ilgili emisyon ve t6k6tim seviyeleri bu b6l6mde sunulmaktadır. Bunların bir b6t6n olarak sekt6re uygun olduğu ve çoğu durumda sekt6rdeki bazı tesislerin mevcut performansının yansıtığı d6ř6n6lmektedir. “Mevcut en iyi tekniklerle ilgili emisyon ve t6k6tim seviyeleri”nin belirtildiği yerler; “Bu seviyeler, BAT’ın tanımında bulunan maliyetler ve avantajlar d6ř6n6lerek tarif edilen tekniklerin ve bu sekt6rdeki uygulamanın bir sonucu olarak 6ng6r6lebilecek çevresel performansı temsil etmektedir” şeklinde anlaşılmalıdır Ancak, bu değerler ne emisyon ne de t6k6tim sınır değerleridir ve bu şekilde algılanmamalıdır. Bazı durumlarda daha iyi emisyon ve t6k6tim seviyelerine ulaşmak teknik açıdan m6mk6n olsa da, maliyetler ve çarpraz-ortam etkileri y6z6nden bu durum, sekt6r6n tamamına y6nelik bir BAT olarak değerlendirilmemektedir. Ancak, 6zel itici g6lerin bulunduğu daha spesifik durumlarda bu gibi seviyeler uygun g6r6lebilir.

BAT’ın kullanımıyla ilgili emisyon ve t6k6tim seviyeleri herhangi bir referans koşulla birlikte değerlendirilmelidir.

Yukarıda tarif edilen “BAT ile ilgili seviyeler” kavramı, bu dok6manın çeşitli kısımlarında geçen “ulaşılabilir seviye” teriminden farklıdır. Bir seviyenin; 6zel bir teknik veya tekniklerin kombinasyonunu kullanarak “ulaşılabilir” diye tanımlandığı yerlerde bu; iyi kurulmuş ve uzun ve kesintisiz bir zaman diliminde iyi işletilen bir tesis veya bu teknikleri kullanan bir proseste bu seviyeye ulaşılabilir anlamına gelmektedir.

Mevcut olan yerlerde, maliyetlerle ilgili veriler, 6nceki b6l6mde sunulan tekniklerin tanımlarıyla birlikte verilmiştir. Bunlar, maliyetlerin b6y6kl6ę6 hakkında kabaca bir fikir vermektedir. Ancak uygulanan bir tekniğin gerçek maliyeti; vergiler, harçlar ve tesisin 6zellikleri gibi spesifik durumlara bağlıdır. Bunun gibi tesise 6zel fakt6rlerin tamamını bu dok6manda değerlendirmek m6mk6n değildir. Maliyetlerle ilgili verilerin olmaması durumunda, tekniklerin ekonomik kapasitesine ilişkin sonuçlar, mevcut tesislerdeki g6zlemlerden çıkarılmaktadır.

Bu bölümdeki genel "BAT"ın mevcut bir tesisin şu andaki performansını veya yeni bir tesise yönelik teklifi sorgulaması ve böylelikle tesisin uygun "BAT" esaslı koşullarının belirlenmesinde kullanılması amaçlanmıştır. Yeni tesislerin burada verilen genel "BAT" seviyelerinde veya daha iyi koşullarda işletilecek şekilde tasarlanacağı öngörülmüştür. Aynı zamanda, çok sayıda mevcut tesisin de zamanla genel "BAT" seviyelerini yakalayacağı veya daha iyi olacağı düşünülmektedir.

BREF'ler kanuni olarak bağlayıcı standartlar getirmemekte, ve endüstri, Üye Ülkeler ve halka belirtilen teknikler kullanıldığında ulaşılabilecek emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Herhangi bir spesifik durum için uygun limit değerlerin, IPPC Direktifinin amaçları ve yerel faktörler dikkate alınarak belirlenmesi gerekecektir.

Kok fabrikaları için aşağıdaki teknik veya tekniklerin kombinasyonu BAT olarak değerlendirilmiştir: Öncelik sırası ve tekniklerin seçimi, lokal koşullara göre farklılık gösterecektir. Aynı veya daha iyi performans veya verimi sağlayan diğer herhangi bir teknik veya tekniklerin kombinasyonu da dikkate alınabilir. Bunlar, geliştirme aşamasında, yeni ortaya çıkan veya halihazırda mevcut olup bu dokümanda bahsedilmemiş/tanımlanmamış bir teknik olabilir.

1. Genel:

- Fırın odaları, fırın kapıları, kapı çerçeveleri, dikey bacalar, şarj kamaraları ve diğer ekipmanların genel bakımı (özel olarak eğitilmiş bakım personeli tarafından gerçekleştirilen sistematik program);
- Kapıların, kapı çerçevelerinin, şarj kamaraları ve kapaklarının ve dikey bacaların temizlenmesi
- Kok fırınlarında serbest gaz akışının sağlanması.

2. Şarj:

- Şarj arabaları ile şarj.

Entegre bir bakış açısından, "çift dikey baca veya by-pass borular ile dumansız" şarj veya ardışık şarj tercih edilen tiplerdir. Çünkü bu durumda tüm gazlar ve partikül maddeler kok gazı arıtmanın bir parçası olarak arıtılırlar. Ancak gazların çıkarıldığı kok fırınının dışında arıtılması halinde, çıkarılan gazların yer esaslı arıtılmasını içeren şarj sistemi tercih edilmektedir. Arıtma; etkin bir tahliye ve onun takibinde yanma ile filtrasyondan oluşmalıdır. Tozlar için 5 g/t kok'dan az emisyonlar ulaşılabilir değerlerdir.

3. Koklaştırma:

Aşağıdaki önlemler:

- Güçlü sıcaklık değişimlerinden uzak, düzgün ve sarsıntısız kok fırını operasyonu;
- Aşağıdaki değerleri sağlayan Yaylı esnek contalı kapılar veya bıçak ağızlı kapıların (Fırınların □ □ 5m yüksekliğini sağlamaları ve iyi bakım durumunda) kullanılması:
 - < Yeni tesislerdeki tüm kapılardan %5 oranında görünür emisyonlar (toplam kapı sayısına göre herhangi bir kaçak oranı) ve
 - < Mevcut tesislerdeki tüm kapılardan %10 oranında görünür emisyonlar.
- Tüm borulardan %1'den daha az oranda görünür emisyon değerleri elde eden su sızdırmaz dikey bacalar, (Toplam dikey baca sayısına göre herhangi bir kaçak oranı);
- Şarj kamaralarının kil süspansiyonu (veya diğer uygun sızdırmazlık malzemesi) ile sıvanması,

Tüm kamaralardan %1'den az oranda görünür emisyonlara (Toplam kamara sayısına göre herhangi bir kaçak oranı) ulaşılmaktadır;

- Sızdırmazlık paketi ile donatılmış kapıların tesviyesi ile %5'den az oranda görünür emisyonlara ulaşılmaktadır.

4. Yakma:

- Kükürdü giderilmiş Kok Gazı kullanımı

- Düzenli kok fırını operasyonu ile fırın odası ve ısıtma odası arasındaki kaçakların önlenmesi ve

- fırın odası ve ısıtma odası arasındaki kaçakların tamiri ve

- Yeni batarya inşaatlarında aşamalı yanma gibi düşük-NOx tekniklerinin uygulanması (yeni/modern tesislerde 450 – 700 g/t kok ve 500-770 mg/Nm³ mertebesinde emisyonlara ulaşmak mümkündür.).

- Yüksek maliyetinden dolayı, çevresel kalite standartlarının karşılanamayacağı durumlardaki yeni tesisler hariç diğer yerlerde baca gazı denitrifikasyonu (Örn: SCR).

5. İtme:

- 5 g toz/t kok (baca emisyonu)'dan az bir emisyonu ulaşabilmek amacıyla, kok transfer makinasından entegre bir kılıf ile çıkarma ve, yer merkezli ve filtreli gaz arıtımı ile tek noktadan söndürme arabasının kullanımı.

6. Söndürme:

- Emisyonun en aza indirildiği yaş söndürme ile 50 g toz /t kok'un altında emisyon (VDI metodu ile belirlenmiştir.) . Söndürme suyu olmaksızın önemli oranda organik yüke sahip proses suyu kullanımından (ham kok fırını atıksuyu, yüksek oranda hidrokarbon içeren atıksular vs. gibi) kaçınılmalıdır.

- Isı geri kazanımı ile kok kuru söndürme (KKS) ve filtrasyon vasıtasıyla şarj ve eleme faaliyetlerinden kaynaklanan tozun tutulması. AB'deki mevcut enerji fiyatlarına bakıldığında, "enstrüman/operasyonel maliyet-çevre faydası" konsepti, KKS'nin uygulanabilirliğine güçlü sınırlamalar koymaktadır. Bunun yanında, geri kazanılmış enerji kullanımı da gerekmektedir.

7. Kok gazı kükürt giderme:

- Absorbsiyon sistemleri ile kükürt giderme (gazdaki H₂S miktarı 500-1000 mg H₂S/Nm³) veya

- Toksik bileşenlerin çarpaz ortam etkilerinin büyük ölçüde azaltılmış olması şartıyla Oksidatif kükürt giderme (< 500 mg H₂S/Nm³),

8. Gaz arıtma tesisinin sızdırmaz şekilde işletilmesi:

Gaz arıtma tesisinde gaz sızdırmaz bir işletmeyi gerçekleştirmek için aşağıda verilenlere benzer tüm önlemler dikkate alınmalıdır:

- Mümkün olan yerlerde boru bağlantılarının kaynatılması ile flanş sayısının en aza indirilmesi;

- Gaz sızdırmaz pompaların kullanımı (örn: manyetik pompalar);

- Vana çıkışını kok gazı toplama hattına bağlamak suretiyle (veya gazları toplayıp hemen ardından yakmak suretiyle) depolama tanklarındaki basınçlı vanalardan kaynaklanan emisyonların önlenmesi.

9. Atıksu Ön Arıtma:

- Alkali kullanımıyla etkin amonyak azaltımı.

Azaltma verimi, bu işlemin ardından gelen atıksu arıtımıyla ilişkili olmalıdır. 20 mg/l 'lik bir NH₃ çıkışı sağlamak mümkündür;

- Katran bertarafı.

10. Atıksu Arıtma:

Entegre nitrifikasyon/denitrifikasyon işlemlerini içeren Biyolojik atıksu arıtımı sonucunda aşağıdaki değerler sağlanmaktadır:

- KOİ bertarafı: > 90%

- Sülfid: < 0.1 mg/l

- PAH (6 Borneff): < 0.05 mg/l

- CN-: < 0.1 mg/l

- Fenol: < 0.5 mg/l

- NH₄⁺, NO₃⁻ ve NO₂⁻ toplamı: < 30 mgN/l

- Askıda Katı Madde: < 40 mg/l

Bu konsantrasyonlar, 0.4 m³/t kok'luk spesifik bir atıksu debisi esas alınarak verilmiştir. 1-10 numaralar arasında listelenen teknikler prensip olarak yeni ve aynı zamanda düşük-NOx teknikleri hariç (sadece yeni tesisler için) önsözü dikkate alarak mevcut tesisler için uygundur.

6.5 Yeni ortaya çıkan teknikler ve gelecekteki gelişmeler

Yüksek fırında kullanılan kokun bir kısmının yerine petrol türevi yağlar, yakın zamanlarda da pulverize kömür kullanılması, yakıt maliyetlerinin azalmasında önemli bir rol oynamıştır. Şu anda pulverize edilen kömür yaklaşık 180 kg/t pik demir seviyelerinde olup, kok tüketimi 300 kg/t pik demir düzeyindedir.

Teorik olarak maksimum yüksek fırın kömür enjeksiyonu yaklaşık 270 kg/t pik demir olup, kok tüketimi 220 kg/t pik demir seviyesindedir. Bu durum, kokun taşıma kapasitesi ve yüksek fırındaki termokimyasal şartlardan kaynaklanmaktadır. Daha yüksek kömür enjeksiyon oranları mümkün olabilir.

Elde edilen enerji tasarrufunun yanında, kömür enjeksiyonu; daha az kok tüketildiğinden ve dolayısıyla da kok fırınlarından çıkan emisyonlar azaldığından, çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. 180 kg/t pik demir oranında bir kömür enjeksiyonunda, ki çoğu yerde bu rakama ulaşılmıştır, yaklaşık %30 oranında daha az kok tüketilmektedir. Gelecek yıllarda kömür enjeksiyon oranının yükselmeye devam edeceği beklenmektedir.

Ayrıca, çok sayıda yeni demir-üretim teknikleri geliştirilmekte olup, bunlardan biri halihazırda ticari olarak işletilmektedir (Corex). Bu yeni demir-üretim teknikleri yakıt olarak kok yerine kömür kullanmaktadır. Gelecek 25-50 yıl içerisinde, bu yeni tekniklerin yüksek fırınların yerini alması beklenmektedir. Bu durum, metalurjik kok fırını tesisini gereksiz hale getirecektir. Yeni demir-üretim teknikleri "Alternatif demir üretim teknikleri" başlığıyla Bölüm 7'de anlatılmaktadır.

Yine de, mevcut kok fırını tesislerinden kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yönelik gelişmeler devam etmektedir. Daha az emisyonu ve/veya daha fazla enerji verimine sahip yeni tesis kavramları işletme (bkz. PI.9 "geri kazanılmayan kok") veya gelişme ("Jumbo kok fırını") halindedir. Jumbo kok fırını henüz ticari olarak işletilmediğinden burada bir tanımı verilmiştir.

Tek Kamaralı Sistem (SCS)

Tanım: SCS koklaştırma reaktörleri /Tek Kamaralı Sistem (eskiden JCR olarak ifade edilirdi), 450-850 mm arasındaki genişliklere ve geniş bir hacme sahip kok fırınlarıdır. Proses, önceden ısıtılmış kömürün kullanılmasını içermektedir. Yüksek koklaştırma basıncını absorbe etmek amacıyla Reaktörler, sağlam, sabit basınçlı ısıtma duvarlarından ayrı proses kontrollü modüllerden oluşmaktadır. SCS kok fırınlarının, günümüzün sınırlı esnekliğe sahip duvarlarıyla çok kamaralı bataryalarının yerini alabilmesi beklenmektedir. Sistem, aşağıda belirtilen avantajlara sahiptir:

- Koklaştıma kömürünün daha geniş bir alanda kullanılmasını sağlamaktadır (uçucu madde değerlerine oranla);
- Fırın servis programı daha büyük bir kolaylıkla izlenebilmekte ve daha iyi bir ısıtma kontrolü sağlanabilmektedir;
- Kamara genişliğine bağlı olarak, daha az sayıda orifisler ve dolayısıyla da daha az sayıda emisyon kaynağı bulunmaktadır;
- Kamara genişliğine bağlı olarak, daha az sayıda fırın açıklığı bulunmaktadır (Mesela, Kaiserstuhl tesisindeki 115 itmeye kıyasla, 850 ve 450 mm arasında kamara genişliğine bağlı olarak 55-102 itme/gün oranı sağlanmaktadır)
- Termal verimin %38'den % 70'e çıkması;

- Neredeyse emisyon olmayan ve üç farklı sızdırmazlık seviyesinde çalışan kapılar.

Sonuçlar

Sistem genelinin ekonomik optimizasyonu üzerine yapılan çalışmalar; modern Kaiserstuhl kok tesisi ile aynı üretimi sağlayacak tek reaktörlü bir kok fabrikasının, kamara genişliğinin 850 mm'den 450'ye düşmesi şartıyla hemen hemen aynı yatırımı gerektirdiğini göstermiştir.

Referans literatür: [Nashan, 1997; EC Coke, 1993]n

Kok fırın gazından yüksek performanslı yaş kükürt giderme

Tanım: Ham kok gazından kükürt giderilirken, yaş oksidatif prosesler, absorpsiyon/azaltma proseslerinden genelde daha iyi performans gösterirler. Ancak, yaş oksidatif proseslerin dezavantajlarından biri de yüksek derecede toksik kimyasalların kullanımınıdır (ve emisyonu).

Ham gaz akışına basınçlı duman olarak püskürtülen bir kostik soda solüsyonu (NaOH) ile gaz temizliği vasıtasıyla absorpsiyon proseslerinin bertaraf verimini arttırmak mümkün olabilir.

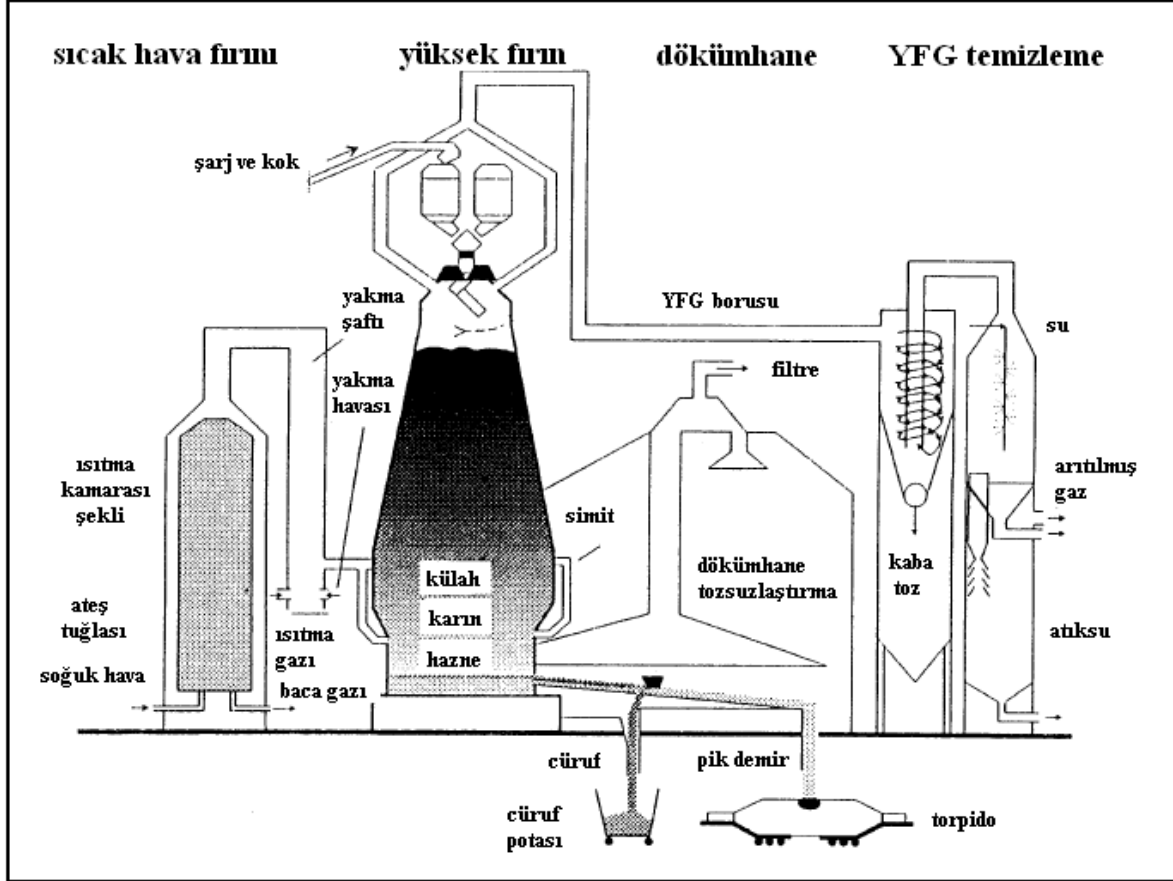
Başlıca beklenen kazançlar: 0.1 mg/Nm³ lük bir kükürt oranı ulaşılabilir görülmektedir.

Statü: bilinmiyor.

7. YÜKSEK FIRINLAR

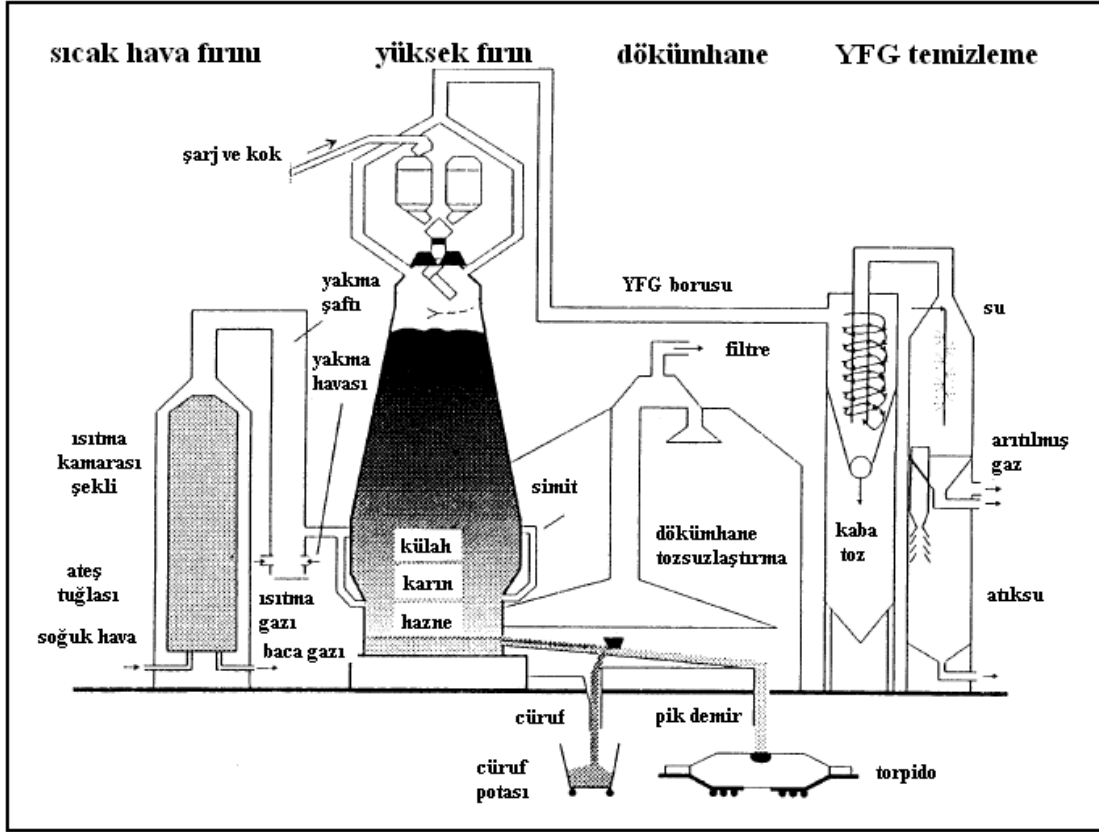
7.1 Uygulanan Prosesler

Koka dayalı ilk gerçek yüksek fırın 1735 yılında yapılmıştır [Ullmann's, 1994]. Yüksek fırınlar pik demir üretiminde açık ara farkla en önemli süreçtir. Bu teknik pik demir üretimindeki yerini önümüzdeki 20 yılda da koruyacak gibi görünmektedir [Lüngen, 1995]. Şekil 7.1'de 2 yüksek fırının genel görünümü verilmiştir.



Şekil 7.1 : Her birinde 3 sıcak soba ve bu sobalara ait atık gaz bacaları olan 2 yüksek fırının genel görünümü

Bir yüksek fırın, demir içeren malzemeler (demir cevheri, sinter ve/veya pelet), katkı maddeleri (kireçtaşı gibi çüruf yapıcılar) ve indirgeyicilerin (kok) yüksek fırın gazının (YF gazı) kaçmasını engelleyen bir besleme sistemiyle fırın şaftının üstünden sürekli beslenen kapalı bir sistemdir. Bir yüksek fırının, fırının kendisi, dökümhane, sıcak soba ve YF gazınının 2 aşamalı arıtmasından oluşan basitleştirilmiş planı Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7.2: Yüksek Fırının Basitleştirilmiş Şeması - [UBA Rentz, 1996]

Oksijen ve yardımcı indirgeyici maddelerle (kömür tozu, yağ, doğal gaz ve nadir durumlarda plastikler) zenginleştirilmiş sıcak hava indirgeyici gazların karşı akımını sağlayacak şekilde tüyer düzeyinde püskürtülmektedir. Hava ve indirgeyici madde tepkimeye girerek çoğunlukla karbon monoksit (CO) oluşturur. Karbon monoksit daha sonra demir oksitleri metal demire indirger. Sıvı demir, cürufu birlikte fırında toplanır ve her ikisi de düzenli bir şekilde dökülür. Sıvı çelik torpidolarla çelikhaneye taşınırken cüruf yol yapımı ve çimento yapımında kullanılmak üzere mıcır, granüle ya da pelet haline getirilir. Yüksek fırın gazı (YF gazı) fırının üstünde toplanır ve işlenerek ısıtma ya da elektrik üretme amaçlı yakıt olarak kullanılmak üzere dağıtılır.

Çeşitli indirgeyici maddeler bulunmaktadır. Kok, kömür, yağ, doğal gaz ve hatta son zamanlarda bazı plastikler formunda yer alan karbon/hidrokarbonlar genellikle uygun fiyatlara yeterli miktarlarda bulunabilmektedir. Ancak, birkaç indirgeyici madde arasındaki seçim yalnızca fiyatlara bağlı yapılamamaktadır. Kok indirgeyici madde olmasının yanı sıra, yüksek fırınlarda büyük sütun taşıyıcısı olarak da çalışır. Bu taşıma kapasitesi olmadan yüksek fırınların çalışması mümkün değildir.

Son zamanlarda kullanılan demir cevheri büyük miktarlarda hematit (Fe_2O_3) ve bazen az miktarda magnetit (Fe_3O_4) içermektedir. Yüksek fırında bu bileşenler azalmakta olup, demir oksit (FeO) ve daha sonrasında kısmen indirgenmiş ve karbonlanmış katı demir üretmektedir. Son olarak, demir şarjı erir, reaksiyonlar tamamlanır ve sıvı sıcak metal ve cüruf tabanda toplanır. İndirgenen karbonlar reaksiyona girerek CO ve CO_2 oluştururlar. Eritici ve katkı maddeleri eklenerek gang'ın erime noktası düşürülür, cüruf'un sülfür bağlama kapasitesi

yükseltilir, istenen sıvı pik demir kalitesi sağlanır ve cüruf daha sonraki işlemlere hazır hale getirilir.

Yüksek fırın şaftı aşağı doğru hareket ederken sıcaklığı yükselir ve bu da oksit indirgeme reaksiyonları ve cüruf oluşumuna neden olur. Şaft, bir seri kompozisyon değişimine uğrar:

- Şaftın içindeki demir oksitler indirgenir (sünger demir ve sıcak pik demir oluşturur)
- Demir cevherindeki oksijen kok veya karbon monoksitle reaksiyona girerek karbon monoksit veya karbon dioksit oluşturur.

Gang malzemeleri eriticilerle birleşerek cürufu oluşturur. Bu cüruf, erimiş demirden daha düşük yoğunluğa sahip silikat karışımından oluşur.

- Öncelikle indirgeyici madde olarak görev gören kok aynı zamanda yakıt olarak da kullanılır. Kok, fırını karbon monoksit, karbon dioksit veya pik demirdeki karbon olarak terk eder.
- Ortamda bulunan herhangi bir hidrojen de indirgeyici madde olarak görev yaparak oksijenle reaksiyona girer ve su oluşturur.

Ana operasyonlar aşağıdaki gibidir:

- Hammadde şarjı
- Sıcak hava üretimi
- Yüksek fırın süreci
- İndirgeyici madde doğrudan enjeksiyonu
- Döküm
- Cüruf işleme

7.1.1 Şarj

Demir ihtiva eden malzemeler (demir cevheri molozu, sinter ve/veya pelet) ve katkı maddeleri (eritici maddeler) karışımı “şaft” olarak bilinmektedir. Şaft ve beraberindeki kok, şarj arabası veya mekanik konveyör bantlarıyla fırına şarj edilir ve fırın gazlarını atmosferden izole eden sızdırmaz şarj sistemi ile fırın içerisine girer. Yüksek fırın basıncı atmosfer basıncını geçtiği için (0.25 – 2.5 bar) bu sistem gereklidir. Birçok yeni yüksek fırında basınç 2.5 bar’ın üzerine çıkarken bu basınçtan çok daha düşük basınçlarla çalışan modern yüksek fırınlar da bulunmaktadır. Bu yüksek fırınlardaki basınç fırının yaşına ve mevcut hava basıncı ve gaz arıtma tesisinin yapısından kaynaklanan diğer kısıtlamalar gibi bazı etkenlere bağlı olarak 0.25 bar’a kadar düşebilir.

Sızdırmaz şarj sistemi alarmlı ya da alarmsız olabilir. Şarj esnasında bazı partikül maddeler ve yüksek fırın gazı salınabilir. Gazın fırının tepesinde tahliye edilmesi ve YF gaz arıtma sistemine bağlanması prosesin bu aşamasındaki emisyonların kontrol altına alınması amacıyla kullanılabilir.

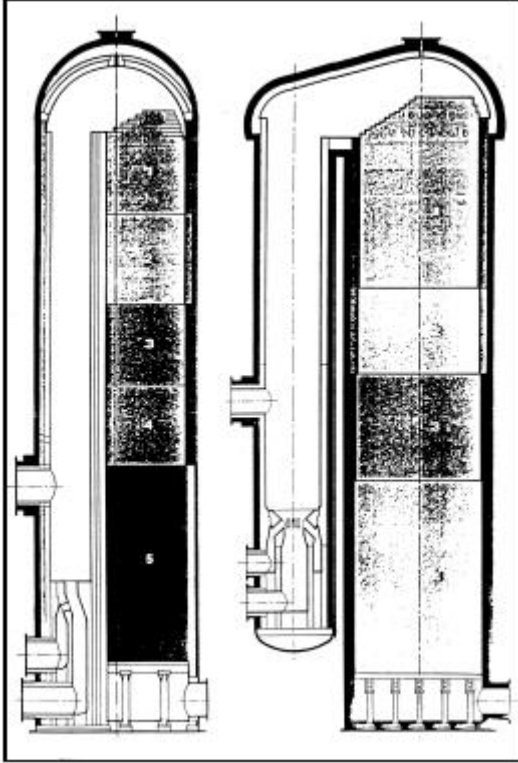
7.1.2 Sıcak Sobalar

Yüksek fırın operasyonları için sıcak üfleme havası sıcak sobalardan (bazen “yüksek fırın sobası” da denilir) temin edilir. Sobalar üfleme havasını ısıtmak için kullanılan yardımcı tesislerdir. Yükselen üfleme havası sıcaklığı karbon ihtiyacını azaltır. Sıcak üfleme havası, katı şarja sıcaklık ileterek reaksiyon sıcaklığını yükseltmek için gereklidir. Üfleme havası aynı zamanda kok gazlaştırma için gerekli oksijenin teminine ve demir oksitleri indirgeyen gazların taşınmasına yardım eder.

Sobalar döngüsel çalışmaktadırlar. Öncelikle kubbe doğru sıcaklığa ulaşıncaya kadar (yaklaşık 1100 – 1500°C) soba, yanıcı gazlar (genellikle zenginleştirilmiş YF gazı) ile ısıtılır.

Sonra, yanma gazı kesilir ve soğuk ortam havası sobalara ters yönde itilir. Sıcak tuğlalarla ısınan soğuk hava yüksek fırınları besleyen sıcak üfleme havasını (900 - 1350°C) oluşturur. Bu süreç, soba uygun sıcaklıktaki üfleme havası gazı sıcaklığını daha fazla üretmez duruma gelene kadar devam eder. İşlem tamamlandıktan sonra başlangıçtaki ısıtma döngüsü tekrar başlar. Herbir döngünün süresi enerji kaynağı, sistem özellikleri ve tasarruf önlemleri gibi bağımsız saha koşullarına bağlıdır.

Prensipite, sobalar dahili ve harici yanma odası tipi olmak üzere sınıflara ayrılabilir. (Şekil 7.3). Bu ayırım CO emisyonları açısından önem taşımaktadır.



Şekil 7.3: İç ve dış yanma odalı sıcak soba (“yüksek fırın sobası”) kesiti – [EC Sinter/BF, 1995]

Herbir yüksek fırın için 3-4 sıcak soba gereklidir. Sobaların ısınması aşamasında hava emisyonları oluşur.

7.1.3 Yüksek Fırın

7.1.3.1 Genel Tanımlar

Yüksek fırınlarda hammaddeler tepeden verilirken ürünler (erimiş demir ve cüruf) tabandan (hazne) alınır. Katı şarj aşağı doğru hareket ederken yükselen sıcak indirgeyici gaz dalgası ile karşılaşır. YF gazı geri kalan kalori değeriyle birlikte artırılmak üzere fırının tepesinden toplanır.

Yüksek fırın 6 sıcaklık bölgesine ayrılabilir:

- Tepe: Tepede, şarj ve YF gazının tahliyesi gerçekleşir.
- Şaft: Şaftta, YF gazı ısınıp katı şarja verir. Bu bölgede, şaftın sıcaklığı ortam sıcaklığından yaklaşık 950°C'ye yükselirken demir oksitler kısmen indirgenir.
- Çan: Çan, şaftı fırının karın bölgesine bağlar. Bu bölgede sıcaklık 950°C'den yaklaşık 1250°C'ye yükselirken demir oksitler indirgenmeye devam eder ve kok reaksiyonu başlar.

- Karın Bölgesi: Karın bölgesinde kok reaksiyonları devam eder. Demir erir ve cüruf oluşur.

Tüyerler: Bu bölgede sıcak hava bir seri (maksimum 42) tüyer tarafından fırına verilir. Tüyerler, haznenin üst çevresine konuşlandırılmış olup, fırını karın bölgesi seviyesinde çevreleyen uzun bir boruyla (simit) beslenir. Sıcaklık 2200°C aşabilir ve oksitler tamamen indirgenir.

Hazne: Hazne erimiş demiri ve cürufu toplar. Haznenin etrafında 1 ya da 4 tepe deliği yer alır ve aynı anda 1 ya da 2'si operasyona girer.

Şaft, çan, karın ve tüyer kemeri genellikle hazne suyuyla soğutulmuş su, yağ veya havayla soğutulur. Fırın refrakterle astarlanır (hazne kalınlığı 1,5 m'ye kadar çıkar)

Pik demir üretimi küçük yüksek fırınlarda yaklaşık 0,5 Mt/a'dan büyük fırınlarda yaklaşık 4 Mt/a'ya kadar değişir.

7.1.3.2 Yüksek Fırın Gazı (YF Gazı)

Yüksek fırın gazı yaklaşık 20-28% CO, 1-5% H₂, inert bileşenler (50-55% N₂, 17-25% CO₂), bazı sülfür ve siyanür karışımları ve büyük miktarlarda şaft kaynaklı toz içerir. Siyanür miktarı özellikle yüksek fırın blöf operasyonlarında yüksek olabilir. Fakat, bu arasıra olan bir olay olup sisteme eklemeler yapılarak siyanür oluşum miktarı en aza indirilir. YF gazının ısıtma değeri yaklaşık 2,7-4,0 MJ/Nm³ arasında olup ortalama 1200-2000 Nm³/t pik demir aralığında üretilir.

Temizleme işleminden sonra, YF gazı çoğunlukla daha yüksek ısıtma değerine sahip kok gazı veya doğal gazla zenginleştirilerek yakıt olarak kullanılır. YF gazı iyileştirilmeden de kullanılabilir (örn. Modern yakma tesisleri ve/veya yanma havası ön ısıtma kullanıldığı durumlarda sıcak sobalarda kullanılabilir) [UBA Comments, 1997]. Uygun güvenlik önlemlerinin alınması halinde YF gazı zenginleştirilmeden veya modern yakma tesisi/ön ısıtma olmaksızın da kullanılabilir.

7.1.3.3 Çinko ve Kurşun

Yüksek fırın teknolojisi yüksek kalite demir cevheri kullanır. Demir cevherinin içindeki diğer maddeler sıcak metal ve cüruf arasında dağılır. Sıcak metale geçen maddeler arasında fosfor, sülfür, mangan ve silikon yer alırken titanyum, alüminyum, kalsiyum, magnezyum ve silikon kümesi ve sülfür oksit olarak cürufa geçer. Demir cevherinde yer alan diğer birçok değişik maddenin de buharlaşması ve yüksek fırının değişik bölgelerinde toplanması mümkündür. Bu durum özellikle, yüksek fırınlara demir cevheri ve sinter fabrikalarında geri dönüştürülen yan ürünlerle ulaşan çinko ve kurşun için geçerlidir.

Şarjın içindeki çinko miktarı genellikle 100-250 g/ton pik demir arasında değişir. Kural olarak, birçok modern tesiste çinko miktarı 100-150 g/t pik demirle sınırlandırılmıştır. Yüksek çinko veya kurşun ihtiva eden geri dönüştürülmüş maddeler çoğunlukla kabul edilmez ya da sınırlı miktarda kullanılır.

Çinko ve kurşunun fırından uzaklaştırılması, fırının merkezi sıcaklığı 400°C'nin üzerinde tutularak gerçekleştirilir. Bu şekilde kurşunun tepe gazında toz ZnO olarak atılması daha muhtemeldir. ZnO daha sonra YF gaz arıtımı esnasında tamamen tutulur [Pazdej, 1995].

7.1.4 İndirgeyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu

Birçok yüksek fırında indirgeyici maddeler tüyer seviyesinde enjekte edilir. Bu, tepe şarjı esnasında kısmen kokun yerini alır. Bu işlem operatörün indirgeyici madde kullanımını optimize etmesini sağlar. Çıktıların artması ve kok üretimi gereksinimlerinin azaltılması ve böylece ton başına spesifik kok emisyonlarının düşürülmesi bu işlemin diğer avantajları

arasında yer alır. Birçok tesiste toz kömür, yağ veya doğal gaz enjekte edilir.2 şirket, plastik atık enjeksiyonuyla plastiğin yüksek hidrokarbon içeriğini, indirgeme işlemlerinde kullanmaya başlamıştır [UBA Comments, 1997].

7.1.5. Döküm

Yüksek fırın periyodik olarak dökülerek erimiş pik demir ve curuf haznedan alınır. Bu amaçla, haznenin yan duvarlarındaki döküm alma deliklerinden biri döküm alma deliğini açmada kullanılan bir makine yada tav çubuğuyla açılır. Bazı durumlarda, döküm alma deliğini açmak için oksijen lansı kullanılır. Genellikle, yüksek fırınlarda 1-4 döküm alma deliği bulunur. Döküm alma deliği sayısı yüksek fırının kapasitesine (büyüklüğüne) göre belirlenir.

Modern yüksek fırınlarda, pik demir ve curuf birlikte dökülür. (genellikle, curuf, sıcak metalden önce akmaya başlar). Curuf ve pik demir dökümhanede ardarda ayrılır ve daha sonra herbiri ayrı döküm kanallarından akmaya devam ederler.

Yüksek fırından dökülen erimiş pik demir, ısıya dayanıklı alumina-karbon veya silika-karbid karışımlarıyla desteklenmiş refrakter veya düşük çimentolu döküm kanalları boyunca akar ve potalara boşalır (doğrudan veya tumbalanmış döküm kanalları aracılığıyla). Bu potalar açık veya tepesi kapalı tip, veya da torpedo arabaları şeklinde olabilir. Bu erimiş fazda metalin sıcaklığı yaklaşık 1440-1500 °C civarındadır.

Fırından dökülen curuf kanallar vasıtasıyla granüle tesisine, curuf potalarına veya açık bir çukura boşalır. Döküm döngüsünün sonunda döküm holü; spesifik bir ısı rezistanlı döküm holü kil karışımının çamur tabancası kullanılarak enjekte edilmesiyle mekanik olarak kapatılır.

7.1.6 Curuf İşleme

Üretilen curuf miktarı, kullanılan demir cevheri ve gerekli pik demir kalitesi için lazım olan curuf yapıcı malzeme miktarına bağlıdır. Curuf; yol yapımı, beton agregası, termal izolasyon (mineral yün) ve çimento gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Yüksek fırın curufunun tamamının kullanılması, çoğu yerde olduğu zaten karşılanan bir hedeftir.

Günümüzde yüksek fırın curufunun işlenmesi ile ilgili uygulanan 3 adet proses vardır:

- curuf granüle prosesi;
- curuf çukuru prosesi;
- curuf peletleştirme prosesi.

Tüm curuf soğutma prosesleri kokuya neden olan hidrojen sülfid oluşumuna yol açmaktadır.

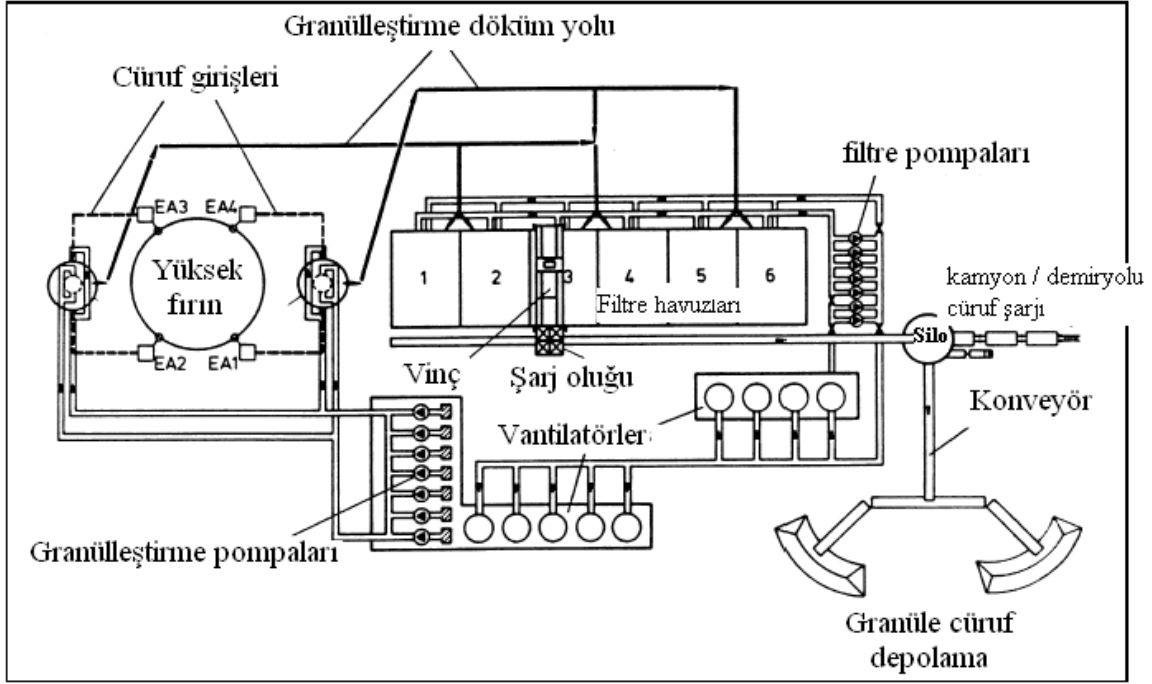
7.1.6.1 Curuf granüle işlemi

Granüle işlemi, yüksek fırın curufunun işlenmesi amacıyla AB-15 ülkeleri içerisinde şu anda en sık kullanılan prostestir. Proses, granülasyonun tepesinden yüksek basınçlı su püskürtmek vasıtasıyla erimiş curufun boşaltılmasını kapsamakta olup, yüksek fırına çok yakın konuşlandırılmaktadır.

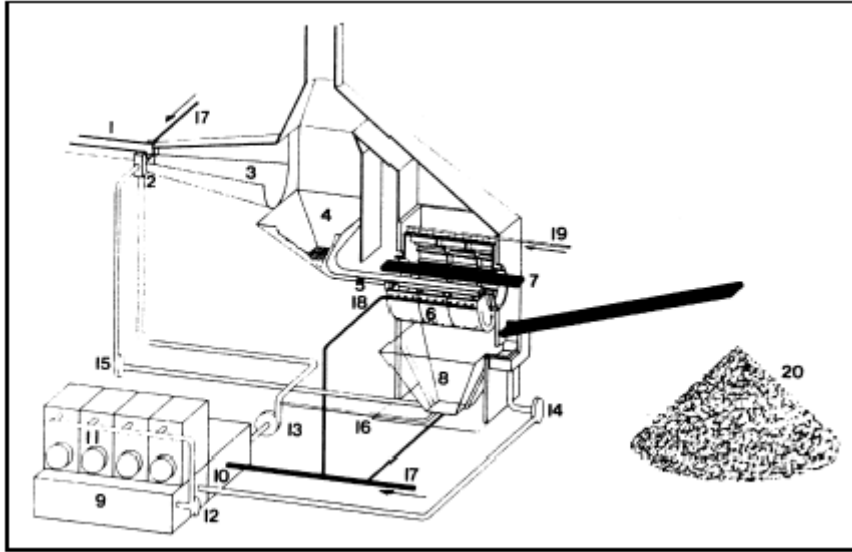
Granüle işleminden sonra, curuf/su karışımı genellikle bir drenaj sistemine taşınır. Drenaj sistemi, yatay bir filtre yatağı (özellikle OCP prosesi), yatay filtre oluşu veya döner susuzlaştırma tamburundan (özellikle INBA prosesi) oluşmaktadır. Çoğu durumda, curuf/su karışımı su drenajından önce bir ayırma tankına taşınır. Burada, su buharları toplanıp yoğunlaştırılır, veya bir bacadan havaya salınır.

Susuzlaştırmadan sonra curuf kumunun artık nemi genellikle %10 civarındadır. Filtre yatağı su ve hava ile periyodik olarak geri yıkanarak küçük parçacıklar temizlenir.

Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 en yaygın iki granüle tekniğini göstermektedir: OCP prosesi ve INBA prosesi.



Şekil 7.4 : OCP prosesinde yüksek fırın curufunun granüle edilmesi – [Poth, 1985]



Şekil 7.5 : INBA prosesinde yüksek fırın curufunun granüle edilmesi– [Radoux, 1982]

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Cüruf kanalı | 13. Soğuk su |
| 2. Çamur haznesi | 14. Sıcak su pompası |
| 3. Soğuk kanal | 15. Hazne suyu pompası |
| 4. Toplama tankı | 16. Dönüş suyu |
| 5. Distribütör | 17. Ekleme suyu |
| 6. Filtre tamburu | 18. Temizleme suyu |
| 7. Konveyör | 19. Basınçlı hava |
| 8. Su toplama haznesi | 20. Granüle cüruf deposu |
| 9. Soğutma istasyonu | |

7.1.6.2 Curuf çukuru prosesi

Curuf çukuru prosesi, erimiş ince curuf tabakalarının fırınların yanında bulunan curuf çukurlarına doğrudan akmasıdır. Bu işleme alternatif olarak, curuf kepeçelerde toplandıktan sonra erimiş curuf yavaşça soğutulur ve açık havada kristalleştirilir. Çukurlar değişmeli olarak

doldurulup kazılır, ve yığın halindeki curuf kaba agrega olarak kullanılmak üzere parçalara ayrılır. Pratikte, koku emisyonlarını arttırsa da sıcak curufun üstüne kontrollü olarak su püskürtmek suretiyle soğutma zamanı azaltılır. Düzgün olarak uygulandığında soğutma suyu tamamıyla buharlaşmaktadır.

Curuf çukuru prosesi, yol yapımı için elverişli bir hammadde olan curufu üretmektedir. Soğutma zamanının, üretilen parça curufun kalitesi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Su ile soğutma aynı zamanda mikro-yapıyı kuvvetlendirmekte ve dolayısıyla daha iyi mekanik özelliklerin elde edilmesini sağlamaktadır.

7.1.6.3 Curuf peletleştirme prosesi

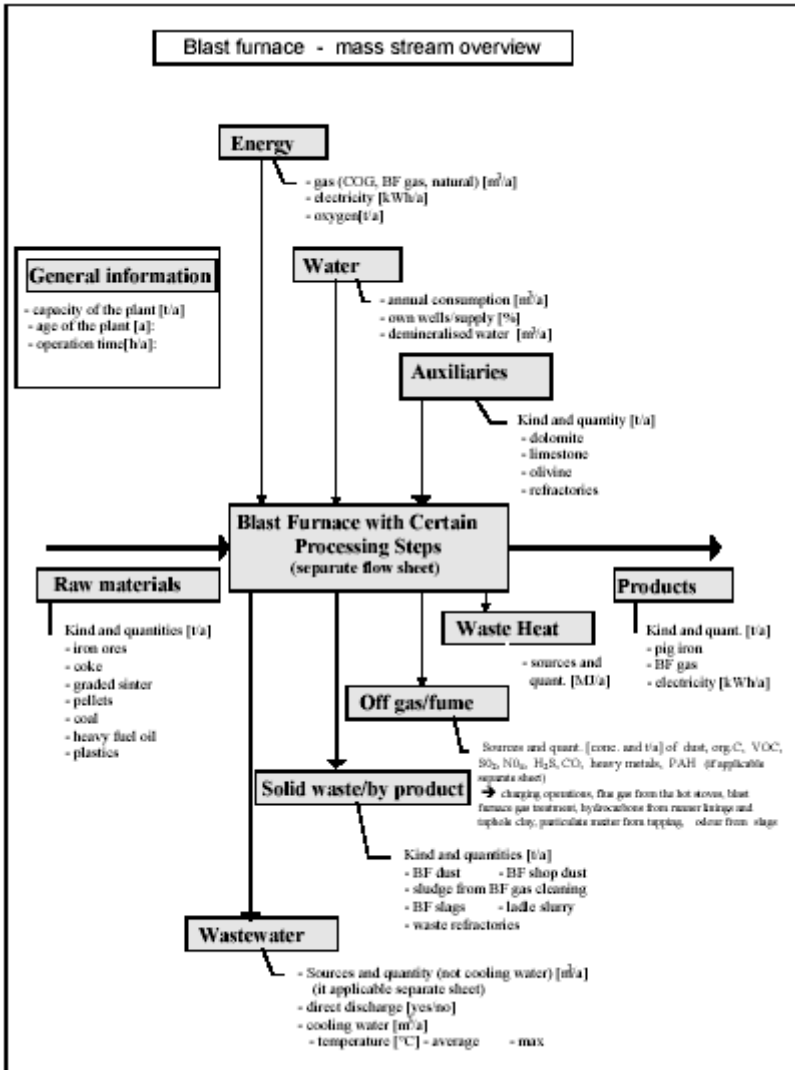
Peletleştirme prosesi yalnızca AB-15 içerisindeki birkaç tesiste ve Kanada'daki bazı tesislerde kullanılmaktadır. Erimiş curuf, deflektör vazifesi gören bir plaka üzerinde bir tabakaya yayılır. Curuf tabakaları, curufun şişmesi ve soğumasını başlatan kontrollü su jetleriyle kesilmektedir. Curuf daha sonra, büyütme ve soğutmayı tamamlamak amacıyla bir döner tambur üzerinde merkezi olarak havaya yönlendirilir. Curuf parçacıkları, granüle kumdan geniş pellete uzanan farklı ebatlarına bağlı olarak farklı yörüngeler izlemektedir.

Düzgün olarak uygulandığında, proses suyu tam olarak buharlaşmakta ve üründe nem olarak tüketilmektedir. Spesifik su tüketimi yaş granülleştirme için gereken miktardan daha azdır.

7.2 Mevcut emisyon ve tüketim seviyeleri

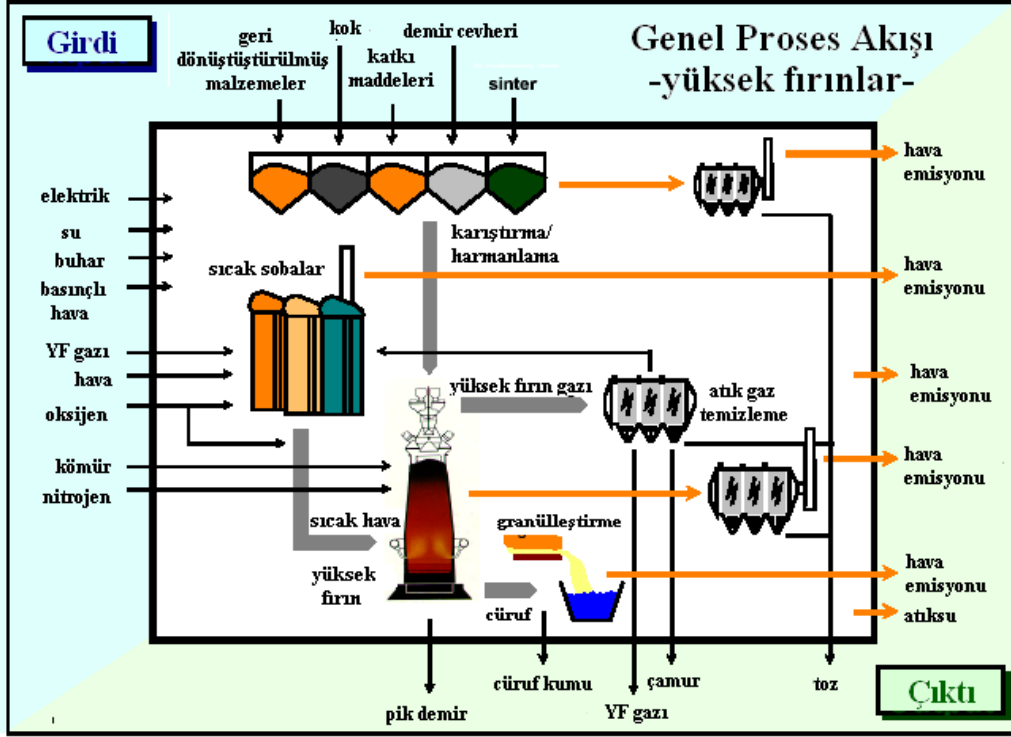
7.2.1 Kütle akışı ve girdi/çıkıtı verileri

Şekil 7.6 yüksek fırının girdi ve çıkıtı kütle akışlarını göstermektedir. Bu şekil, tekli yüksek fırınlardan veri toplamada kullanılabilir.



Şekil 7.6 : Bir yüksek fırının kütle akış diyagramı

Şekil 7.7 yüksek fırının giriş çıkış arasındaki malzeme akışının genel proses yerleşimi ile ilgili bir örneği göstermektedir.



Şekil 7.7 : Tekli operasyonlar ile girdi ve çıktı kütle akışları göstermiyle Genel proses yerleşimi

Daha sonra her iki özel girdi faktörleri ve özel emisyon faktörleri hesaplanabilir. Tablo 7.1 bu faktörler için dört farklı AB üyesinin dört farklı yüksek fırınından alınmış değerleri verir ayrıca modern bir fabrikanın örnek resmi de veriliyor.

Emisyonlar çeşitli üretim ünitelerinin izin verilen ek emisyonlarına göre ton başına sıvı çelik olarak değerlendirilmiştir.

Input			Output		
Raw materials			Products		
Sinter ^{*1}	kg/t pig iron	720 – 1480	pig iron	kg/t	1000.0
iron ore ^{*1}	kg/t pig iron	25 – 350			
pellets ^{*1}	kg/t pig iron	100 – 770	Energy		
coke ^{*2}	kg/t pig iron	280 – 410	BF gas	MJ/t pig iron	4400 – 5000
coal ^{*2}	kg/t pig iron	0 – 180	electricity ^{*5}	MJ/t pig iron	ca. 750
heavy oil ^{*3}	kg/t pig iron	0 – 60			
Lime	kg/t pig iron	0 – 10	Gas. emissions ^{*7}		
recyc. Materials	kg/t pig iron	2 – 8	dust	g/t LS ^{*3}	10 – 50
plastics ^{*4}	kg/t pig iron	0 – 30	Mn	g/t LS	< 0.01 – 0.13
			Ni	g/t LS	< 0.01 – 0.02
			Pb	g/t LS	< 0.01 – 0.12
Energy			SO _x	g/t LS	20 – 230
BF gas	MJ/t pig iron	1050 – 2700	NO _x	g/t LS	30 – 120
COG	MJ/t pig iron	90 – 540	H ₂ S	g/t LS	0.2 – 20
natural gas	MJ/t pig iron	50 – 230	CO	g/t LS	770 – 1750
Electricity	MJ/t pig iron	270 – 370	CO ₂	kg/t LS	280 – 500
			PCDD/F	µg ¹ -TEQ/t LS	<0.001-0.004
Oxygen ^{*2}	m ³ /t pig iron	25 – 55			
			Residues/ by-products		
Steam	MJ/t pig iron	22 – 30	slags	kg/t LS	200 – 290
			top gas dust	kg/t LS	6 – 16
Compressed air	m ³ /t pig iron	9 – 11	top gas sludge	kg/t LS	3 – 5
			dust from cast house de-dusting	kg/t LS	0.5 – 1.5
Water	m ³ /t pig iron	0.8 - 50	rubble	kg/t LS	14 – 25
			Wastewater	m ³ /t LS	0.1 – 3.3*

Lejant: LS = sıvı çelik (ham çelik)

*1 farklı yerlerdeki şartlara bağlı olarak

*2 kömür tozu enjeksiyonu halinde – artan sıklıkta fakat genel olarak değil (pratik olarak: 140-180 kg kömür/t pik demir)

*3 yağ enjeksiyonu halinde – diğer hava enjeksiyon hızları 140 kg/t pik demir'e kadar olabilir.

*4 1998'in plastik enjeksiyonu kullanımı EU 15'de sadece iki bölgedir.

*5 ek oksijen her zaman istenmez, özellikle düşük tüyer enjeksiyon hızlarında "0" olabilir, raporlanan dört yüksek fırın için söz konusu değildir.

*6 tepe gaz türbini durumunda

*7 yüksek fırının toplam emisyonu, çelikhane ve kok fırınları gibi diğer fabrikalardaki yüksek fırın gazının yanmasını içermez.

*8 kullanılan çeviri faktörleri (tüm Avrupa yüksek fırınlarının ağırlıklı ortalaması): 940 kg pik demir/t LS

*9 hammaddeki yüksek tuz oranına bağlı olarak daha yüksek olabilir

Tablo 7.1 : Dört farklı AB üyesi ülkede bulunan dört yüksek fırının Girdi/Çıktı bilgileri;

1996'dan bilgiler; arıtmadan sonraki emisyon bilgilerini göstermektedir;

Bilgilerin nasıl elde edildiği ile ilgili bilgi mevcut değil, örnekleme, analiz ve belli zaman aralıklarında ve referans durumlarında hesaplama vb yöntemleri kullanılmıştır gibi.

Tablo 7.2, Tablo 7.1'de verilen değerleri emisyon faktörü üzerindeki daha fazla detay ile tamamlar.

operation/emission source		dust [g/t LS]	H ₂ S [g/t LS]	SO ₂ [g/t LS]	NO _x [g/t LS]	CO [g/t LS]
charging zone	n/r x±s	25/5-38 ^{*3} 14±13	Ls.	Ls.	Ls.	Ls.
coal preparation for inject.	n/r x±s	15/2-54 12±16	Ls.	Ls.	Ls.	Ls.
BF cast house	n/r x±s	12/2-79 ^{*9} 30±24	5/0.3-4 ^{*5} -	12/2-250 ^{*6} 70±34	4/1-27 ^{*7} -	Ls.
slag granulation	n/r x±s	n/a	14/1-300 ^{*8} 63±95	13/1-142 ^{*8} 31±42	Ls.	Ls.
hot stoves	n/r x±s	3-6 -	Ls.	45/15-375 ^{*10} 120±100	41/10-550 ^{*10} 82±102	29/50-2700 ^{*11,12} 700±735

İşaret: LS = sıvı çelik (ham çelik); x±s = ortalama değer ve standart sapma (sadece yeteri kadar değer ile hesaplanmışsa vardır); n = veri sayısı; r = veri aralığı (min-max); Ls. = düşük önemde; n/a = mevcut değil

*1 [EC Study, 1996]'dan veriler

*2 kullanılan dönüşüm faktörleri (Avrupadaki tüm çelikhanelerin ağırlıklı ortalaması): 940 kg pik demir/t LS

*3 mantıksız şekilde düşük emisyon faktörleri (< 1 g/t LS) dikkate alınmamıştır; yaş sukruberlerden gelen emisyon faktörü değerleri de dikkate alınmamıştır (2-20 kat daha fazla)

*4 sürekli ölçüm yapılan tesislerden alınan veriler

*5 dikkate alınmamıştır- 64 g H₂S/t LS gibi bir tane aşırı yüksek değer vardır.

*6 180 ve 250 g SO₂/t LS gibi iki değer dahil, diğer değerler 100 g SO₂/t LS'un altındadır

*7 2450 g NO_x/t LS'lik aşırı yüksek değer dikkate alınmamıştır

*8 buhar kondensi yapılan curuf granüle tesislerine ait düşük değerler (1 g/t LS civarında)

*9 Kullanılan kok gazındaki SO₂ içeriğinden dolayı 8 adet değer önemli derecede yüksektir (> 200 g SO₂/t LS)

*10 Yanma koşullarından ötürü 3 adet değer önemli derecede yüksektir (> 300 g NO_x/t LS)

*11 Dahili yanma odalarının kullanıldığı sıcak sobalarda yüksek değerler olabilir

*12 yük şarj edilmesi esnasındaki emisyonların dahil edilip edilmediği net değil

Tablo 7.2 : Yüksek fırınlardan havaya verilen emisyonlara ait emisyon faktörleri*1,2

7.2.2 Tekli emisyon kütle akışları ve enerji ihtiyacı bilgileri

Yüksek fırın prosesinde aşağıdakiler gözlenebilmektedir:

7.2.2.1 Atık gaz emisyonları

- sıcak sobalardan çıkan baca gazı
- şarjdan çıkan emisyonlar
- yüksek fırın gazı (indirekt emisyon olarak)
- döküm holünden çıkan emisyonlar
- curuf işlemeden çıkan emisyonlar

7.2.2.2 Katı atıklar /yan ürünlerin emisyonları

- dükümden çıkan toz
- YF gas temizlemeden kaynaklanan toz ve çamur
- yüksek fırından gelen curuf

7.2.2.3 Atıksu deşarjları

- Yüksek fırın gas temizlemeden taşan sular
- Curuf granüleden çıkan atıksular
- Soğutma suyu devrelerinden kaynaklanan blöfler

7.2.2.1 Atık gaz emisyonları

7.2.2.1.1 Sıcak sobalardan çıkan atık gaz emisyonları

Sıcak sobalar genellikle YF gazı ile Kok gazı ve/veya doğal gaz bileşimi kullanılarak ateşlenir. Kükürt bileşenleri içerdiğinden Kok gazı yakma için kullanılmasında sobalarda SO₂ emisyonları olmaktadır. [UBA Comments, 1997], zenginleştirme olmaksızın YF gazı kullanılarak işletilen modern yakma ve yakma havası ön ısıtma sistemlerine sahip çok sayıda sıcak soba bulunduğunu rapor etmektedir.

Sıcak sobalardan kaynaklanan baca gazı debisi yüksek fırın başına yaklaşık 100000 ila 240000 Nm³/saat arasındadır.

SO₂ emisyonları, üretilen ton pik demir başına 20 ila 250 g arasında olup (Tablo 7.1), sobalar zenginleştirilmiş YF gazı ile yakıldığında bu rakam 160 ila 400 mg/Nm³ arasında gerçekleşmektedir. YF gazı ile kükürdü giderilmemiş Kok gazının karıştırılarak kullanılması halinde ise emisyon faktörü 400 g SO₂/t pik demir seviyelerine çıkmaktadır. (Tablo 7.2).

Sıcak sobalar, yüksek fırın prosesindeki NO_x emisyonlarının başlıca kaynağıdır. NO_x sobadaki yüksek sıcaklığın sonucunda oluşmaktadır. Emisyonlar ise 10 ile 580 g/t üretilen pik demir arasındadır (Tablo 7.2). Emisyon konsantrasyonları 70 ile 400 mg/Nm³ arasında değişebilir.

Sıcak sobalardan kaynaklanan partikül madde emisyonları 10 mg/Nm³ den daha azdır. Bu da yaklaşık 3-6 g/t üretilen pik demir seviyelerine denk gelmektedir. (Tablo 7.2).

Dahili yanma odalarının kullanılması halinde CO emisyonları dikkate alınabilir (bkz. Şekil 7.3)

Önlenmesi çok zor olan tuğlalardaki çatlaklar, YF gazının atık gaz yakma olmadan hareket edebilmesi ve 2500 mg CO/Nm³ civarlarına varan konsantrasyonlarda atmosfere salınabilmesi anlamına gelmektedir (Bu da 2700 2700 g CO/t pik demir'e denk gelmektedir) (Tablo 7.2). Kontrollü yakma ile donatılmış bir harici yanma odası ile konsantrasyon 50 mg CO/Nm³ civarındadır.

7.2.2.1.2 Şarj ve taşıma sırasında oluşan emisyonlar

Fırın basıncı atmosfer basıncından daha yüksek olduğu için, “çan şekilli” veya “daha yatık çan şekilli” şarja dayanan sızdırmaz bir şarj sistemi kullanılmaktadır.

Yüksek fırın gazında bulunan tüm bileşenler burada salınabilse de, başlıca emisyonlar karbon monoksit (CO) ve partikül maddedir. Modern sistemlerin kullanılması halinde çok daha az şarj ve taşıma kaynaklı emisyonlara ulaşmak mümkündür. [UBA Comments, 1997].

7.2.2.1.3 Yüksek fırın gazı (dolaylı emisyon olarak)

Ham YF gazı partikül madde (ağır metaller ve karbon dahil), karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt bileşenleri, amonyak, siyanür bileşenleri, hidrokarbonlar ve PAH'lardan oluşur.

YF gazı kapalı tutulmakta ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Gaz, kalite spesifikasyonlarını karşılamak için temizlenmekte ve sobalarda sıcak hava oluşumu (bkz. 7.1.2) veya kok fırınının yakılması (bkz. 6.1.2.2) gibi çeşitli yakma proseslerinde yeniden kullanılmaktadır. Bu yüzden yakılan YF gazında (dolaylı) emisyonlar oluşmaktadır.

YF gazı arıtma genellikle kaba partiküllerin bertarafı için bir ön arıtma ve ince partiküllerin (ve dolayısıyla ağır metallerin), SO₂ ve siyanür bileşenlerinin bertarafı için de onu takip eden yaş sukruher sisteminden oluşmaktadır. Bazı tesislerde elektrostatik çöktürme uygulanmaktadır.

Ham YF gazının partikül madde içeriği bir tesisten diğerine çok farklı olup, proses koşullarına çok bağlıdır (7 ile 40 kg/t üretilen pik demir arasında farklılık göstermektedir). Temizlemeden sonra YF gazı normalde 10 mg/Nm³ den daha az partikül madde içermektedir. Bu da yakma ile salınmaktadır.

Tablo 7.3'de arıtılmamış ham YF gazındaki çeşitli bileşenlerin spesifik faktörleri verilmektedir.

Raw BFGas component	Value	Unit	Specific factor	Unit
BFGas production	1.0 - 7.0	[1.10 ³ Nm ³ /h]	1200 - 2000	[Nm ³ /t pig iron]
Particulate matter	3500 - 30000	[mg/Nm ³]	7000 - 40000	[g/t pig iron]
Hydrocarbons (C _x H _y)	67 - 250	[mg/Nm ³]	130 - 330	[g/t pig iron]
Cyanide compounds (as CN ⁻)	0.26 - 1.0*	[mg/Nm ³]	0.5 - 1.3	[g/t pig iron]
Ammonia (NH ₃)	10 - 40	[mg/Nm ³]	20 - 50	[g/t pig iron]
PAH** Benzo(a)pyrene Fluoranthene	0.08 - 0.28 0.15 - 0.56	[mg/Nm ³] [mg/Nm ³]	0.15 - 0.36 0.30 - 0.72	[g/t pig iron] [g/t pig iron]
Carbon monoxide (CO)	20 - 28	[vol.%]	300 - 700	[kg/t pig iron]
Carbon dioxide (CO ₂)	17 - 25	[vol.%]	400 - 900	[kg/t pig iron]
Hydrogen (H ₂)	1 - 5	[vol.%]	1 - 7.5	[kg/t pig iron]

* blöf esnasındaki emisyonlar daha fazla olabilir

** diğer çok sayıda polisilik aromatik hidrokarbonlar da (PAH) mevcuttur

Tablo 7.3 : Ham yüksek fırın gazı kompozisyonu (arıtılmadan önce) – [InfoMil, 1997]

YF gazının iki aşamalı arıtması esnasında, çoğu ağır metal ve PAH gibi partikül maddelerle ilişkili bileşenler ve toz yüksek bir verimle bertaraf edilir. Tablo 7.4, arıtmadan sonraki YF gazı kompozisyonunu göstermektedir. Gaz hala bazı ağır metaller içermekle birlikte sinter tesislerine nazaran (bkz. 4.2.1) atık yükü çok daha azdır.

Treated BFGas component	Concentration	Unit	Specific factor	Unit
BFGas production	1.0 - 7.0	1.10 ³ Nm ³ /h	1200 - 2000	[Nm ³ /t pig iron]
Particulate matter	1 - 10	[mg/Nm ³]	1 - 20	[g/t pig iron]
Hydrocarbons (C _x H _y)	n/a	[mg/Nm ³]	n/a	[g/t pig iron]
H ₂ S	14	[mg/Nm ³]	17-26	[g/t pig iron]
Cyanide compounds (as CN ⁻)	n/a	[mg/Nm ³]	n/a	[g/t pig iron]
Ammonia (NH ₃)	n/a	[mg/Nm ³]	n/a	[g/t pig iron]
Heavy metals** Mn Pb Zn	0.10 - 0.29 0.01 - 0.05 0.03 - 0.17	[mg/Nm ³] [mg/Nm ³] [mg/Nm ³]	0.22 - 0.37 0.02 - 0.07 0.07 - 0.22	[g/t pig iron] [g/t pig iron] [g/t pig iron]
Carbon monoxide (CO)	20 - 28	[vol.%]	300 - 700	[kg/t pig iron]
Carbon dioxide (CO ₂)	17 - 25	[vol.%]	400 - 900	[kg/t pig iron]
Hydrogen (H ₂)	1 - 5	[vol.%]	1 - 7.5	[kg/t pig iron]

n/a = veri bulunmuyor.

Tablo 7.4 : Yüksek fırın gazı kompozisyonu (iki aşamalı arıtmadan sonra) – [InfoMil, 1997]

AB'de yaş sukruber sistemi, YF gaz arıtmanın ikinci aşaması olarak en sık uygulanan tekniktir. Sukruber askıda katı madde (örn: karbon ve ağır metaller), siyanür bileşenleri, azot bileşenleri gibi maddeleri içeren kirlenmiş bir atıksu oluşturur. Ayrıltilmiş katılar başta çinko olmak üzere ağır metal içeriklerinden dolayı bir atık problemine yol açarlar. Ancak, kaba toz normalde sintere gönderilmekte, sukruberden çıkan çamur da susuzlaştırılarak hem sinter tesisine geri kazanım amacıyla gönderilmekte (normalde hidrosiklon vasıtasıyla) hem de güvenli bir düzenli depolama tesisine konulmaktadır.

7.2.2.1.4 Dökümhandeden kaynaklanan emisyonlar

Pik demirin dökülmesi esnasında partikül madde emisyonları oluşmaktadır. Arıtıma tabi tutulmamış emisyonlar ortalama olarak 400 ile 1500 g/t üretilen pik demir mertebesinde. Bu emisyonlar çoğunlukla sıcak metal ve curufun açık havadaki oksijenle temasından kaynaklanmaktadır. AB'deki çok sayıda yüksek fırında döküm esnasında oluşan tozları tutmak amacıyla; uygulanan arıtma tekniğine (bazı durumlarda hala olmayanlar da var) ve toz toplama verimine bağlı olarak, 200000 ile 700000 m³/h. arasında değişen toz emisyonlarıyla dökümhane toz tutma sistemleri (döküm holünde toz çıkarma, skimmer ve torpedo potasına pik demir şarjı) kullanılmaktadır. Çoğu durumda 10 mg toz/Nm³ den daha az emisyonu

sağlayan torba filtreler kullanılmaktadır. Tablo 7.2'ye göre toz emisyon faktörleri 2 ile 85 g/ t üretilen pik demir arasında değişmekte olup, ortalama olarak 32 g toz/ t pik demir'dir. Ayrıca, döküm esnasında sıvı curuftan belli oranda SO₂ ve demir emisyonu salınmaktadır. (2-270 g/t pik demir – bkz. Tablo 7.2).

7.2.2.1.5 Curuf işlemeden kaynaklanan emisyonlar

Suyun erimiş curuf, özellikle de kükürt bileşenleri (CaS ve MnS) ile reaksiyonu buhar ile difüze H₂S ve SO₂ emisyonlarına yol açmaktadır. Bu emisyonlar, koku ve korozyon problemlerine neden olmaktadır. Bunların önemi, kullanılan curuf işleme tekniğine göre değişiklik göstermektedir.

Emisyonlar bir tesisten diğerine, bir curuf arıtma döngüsünden diğerine ve curuf arıtma döngüsünün kendi içerisinde büyük değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle, mevcut emisyon faktörlerinin aralığı geniştir. Tablo 7.2 curuf granüle işlemine yönelik olarak 1 – 320 g H₂S/t pik demir ve 1 – 150 g SO₂/t pik demir arasında değişen rakamları ihtiva etmektedir. Curufun suya değil de havaya maruz tutularak soğutulması durumunda, uzun süreli küçük SO₂ emisyonları oluşmaktadır. Zarar verici şeylerin bertarfi perspektifinden bakılınca bu bir avantaj olarak düşünülebilir.

Granüle işlemi ve peletleştirme prosesi için kullanılan su genellikle toplanabilir ve yeniden kullanılabilir. Bu sistemler çok az miktarlarda atıksu üretecek şekilde işletilebilmektedir. Bu proses esnasında oluşan buhar partikül madde, SO₂ ve H₂S içermekte olup, genellikle atmosfere verilmektedir. Curuftaki hissedilen ısının geri kazanımına yönelik testler devam etmekle birlikte, henüz ticari olarak uygulanan bir sistem mevcut değildir. Yaklaşık potansiyel enerji geri kazanımı 0.35 GJ/t pik demir'dir.

Çukurlardan gelen parça curuf üretimi daha fazla SO₂ ve H₂S emisyonlarına yol açmakta olup, kontrolü de daha zordur. Şu ile şartlandırma H₂S emisyonlarını etkileyebilir.

7.2.2.2 Katı atıklar /yan ürünler

7.2.2.2.1 Dökümden kaynaklanan partikül madde

Dökümhaneden ton pik demir başına (Tablo 7.1) 0.5 ve 1.5 kg arasında toz çıkmaktadır (bkz. 7.2.2.1.4) Bu toz mesela bir torba filtrede ayrılabilir ve kolaylıkla sinter harmanına geri gönderilebilir. Tozun bu yolla geri dönüşümünün sağlanması yaygın bir uygulamadır.

7.2.2.2.2 YF gazı arıtmadan kaynaklanan toz ve çamur

YF gazı genellikle iki aşamada arıtılır: kaba tozların siklonlarda ayrılmasını takiben yaş sukurberde ince tozlar tutulur. Bu durumda, ton pik demir başına 6 – 17 kg kuru toz ve ton pik demir başına 3 – 5 kg çamur üretilir. (Tablo 7.1).

Tablo 7.5 kuru kaba tozun tipik kompozisyonunu göstermektedir. Bu toz genelde kok ve sinter aşınmasından kaynaklanan sırasıyla karbon ve demir içermektedir. Bu kaba toz normalde sinter harmanına geri gönderilmektedir. Bu işlem çamur için çok daha güç olup, bunun nedeni de çamurun çinko içeriğinin 10 ile 20 kat, kurşun içeriğinin de 20 ile 30 kat daha fazla olmasıdır.

C	Fe	Pb	Zn	Mn	Al ₂ O ₃	Ti
25 - 40	15 - 40	0.02 - 0.07	0.1 - 0.5	0.1 - 0.5	0.2 - 3.7	0.02 - 0.2
S	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
0.2 - 1.3	4 - 8	0.04 - 0.26	2 - 8	0.3 - 2	0.03 - 0.64	0.24 - 0.96

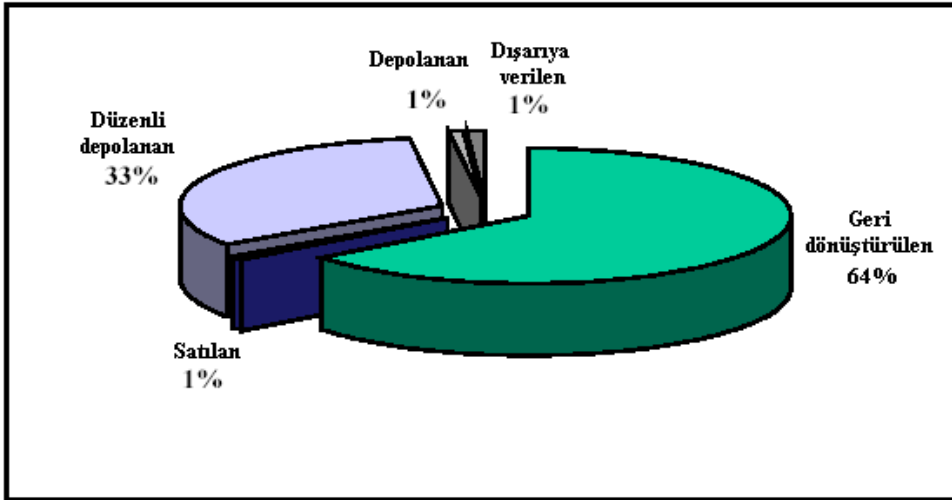
Tablo 7.5 : YF gaz arıtmadan kaynaklanan kuru kaba tozun tipik kompozisyonu [ağırlık-%]– [IISI, 1987; Mertins, 1986; data from European blast furnaces from 1997]

Çinko ve kurşun bileşenleri çoğunlukla siklona geçmekte ve sukruerde tutulmaktadır. Çinko ve kurşun bileşenleriyle veya bu ağır metallerin kendileriyle ilişkili partiküllerin çoğu 25 µm den daha az dane boyutuna sahip olup, çamurun bu kısmında yoğunlaşmaktadırlar.

C	Fe	Pb	Zn	Mn	Al ₂ O ₃	S
15 - 47	7 - 35	0.8 - 2.0	1 - 10	0.12 - 0.14	0.8 - 4.6	2.4 - 2.5
SiO ₂	P ₂ O ₅	CuO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	
3 - 9	0.1 - 0.44	3.5 - 18	3.5 - 17	0.15 - 0.24	0.08 - 0.36	

Tablo 7.6 : YF gaz arıtmadan kaynaklanan çamurun tipik kompozisyonu [ağırlık-%] [IISI, 1987; Mertins, 1986; data from European blast furnaces from 1997]

Çoğu durumda bu çamur düzenli depolamaya gönderilmektedir. Şekil 7.8, YF gazı arıtmadan kaynaklanan toz ve çamurun ayırt etmeksizin ne şekilde işleme tabi tutulduklarını göstermektedir. %33'lük düzenli depolama oranı, çamur boşaltımının bir sonucudur.



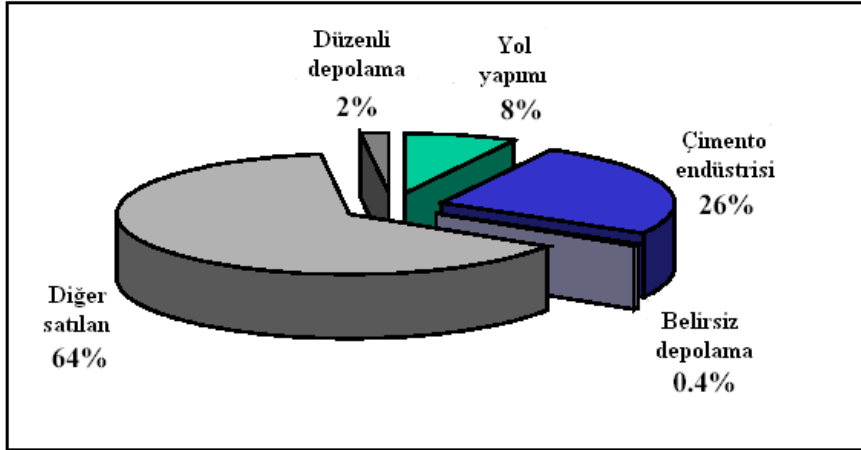
Şekil 7.8 : AB'de YF gaz arıtmadan kaynaklanan toz ve çamurun şekilde işleme tabi tutuldukları- [EC Study, 1996]

7.2.2.2.3 Yüksek fırın curufu

Spesifik curuf miktarı çoğunlukla kullanılan hammaddeye bağlı olsa da, 210 - 310 kg/t üretilen pik demir aralığında değişmektedir (Tablo 7.1). 1.0'ın üzerinde veya altında bazıklığe sahip olmalarına göre kompozisyonu Tablo 7.7'de verilmektedir.

Classification CaO/SiO ₂ MgO-content	Blast furnace slag	
	> 1.0 middle	< 1.0 high
Fe _{total}	0.2 - 0.6	0.4
Mn _{total}	0.2 - 0.7	0.3
TiO ₂	0.5 - 2.7	0.7
Al ₂ O ₃	9.0 - 14.0	9.2
S _{total} , mainly CaS	1.1 - 2.0	1.6
SiO ₂	33.2 - 37.0	38.4
CaO	38.1 - 41.7	35.6
MgO	7.0 - 11.0	18.0
Na ₂ O	0.3 - 0.6	0.5
K ₂ O	0.6 - 0.8	0.8
CaO/SiO ₂	1.1 - 1.2	0.9
(CaO+MgO)/ SiO ₂	1.3 - 1.5	1.2

Tablo 7.7 : Yüksek veya düşük bazıklığe yönelik olarak yüksek fırın curufunun kimyasal kompozisyonu [% ağırlık olarak] 1.0 - [Geiseler, 1992]

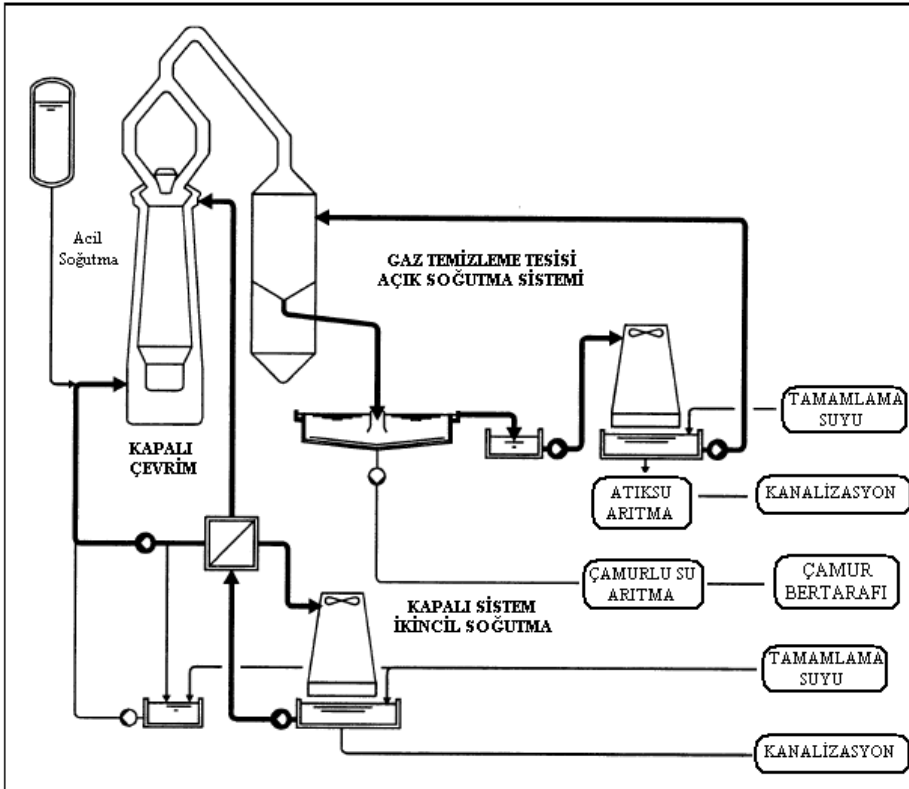


Şekil 7.9 : AB'de yüksek fırın curufunun nihai kullanımı – [EC Study, 1996]

7.2.2.3 Atıksular

7.2.2.3.1 YF gaz arıtmadan çıkan taşma suları

YF gazı sukrublerinden gelen sular normalde arıtılıp, soğutulup sukrubere geri gönderilmektedir. (Şekil 7.10). Arıtma genellikle dairesel çöktürme tanklarında meydana gelmektedir.



Şekil 7.10 : Bir yüksek fırında su yönetiminin şematik gösterimi

Su geri dönüşümünü optimize etmek amacıyla alınan önlemleri etkileyen su elverişliliğine ve hammadde kalite/spesifikasyonuna bağlı olarak devrenin taşkın oranı normalde 0.1 – 3.5 m³/t

pik demir civarındadır. Özellikle yüksek tuz içeren hammaddeler ciddi oranda daha fazla yıkama suyuna ihtiyaç duyabilirler.

7.2.2.3.2 Curuf granüleden kaynaklanan atıksular

Curuf granüleden gelen taşkın suları özellikle su elverişliliğine bağlı olup, miktarı 0.125 – 10 m³/t pik demir aralığındadır. Kimyasal kompozisyonuna ilişkin bilgiler bir Alman tesisinden alınmıştır. (Tablo 7.8).

Parameter	Unit	Number of measurem.	Average concentration	Median concentration	Emission factor*	Unit
Flow	[m ³ /d]		16000		1.96	[m ³ /t]
Pb	[µg/l]	19	3.45	2.0	3.92	[mg/t pig iron]
Cr	[µg/l]	19	3.32	2.0	3.92	[mg/t pig iron]
Cu	[µg/l]	19	5.99	4.20	8.232	[mg/t pig iron]
Zn	[µg/l]	19	37.63	20.00	39.2	[mg/t pig iron]
Ni	[µg/l]	19	4.91	3.00	5.88	[mg/t pig iron]
TOC	[mg/l]	19	4.40	4.10	8.036	[g/t pig iron]
COD	[mg/l]	19	20.62	20.30	39.788	[g/t pig iron]

*medyan esaslı

Tablo 7.8 : Curuf granüleden kaynaklanan atıksuyun kompozisyonuna yönelik olarak Stahlwerke Bremen GmbH, D-Bremen tesisinden örnek 1996/1997 – [Weigel, 1998]

7.2.2.3.3 Soğutma suyu devresinden gelen blöfler

Soğutma suyu devresinde blöfler meydana gelmektedir (bkz. Şekil 7.10). Temsili miktar ve kimyasal kompozisyona yönelik bilgiler yoktur.

7.2.2.4 Enerji ve indirgeyici ihtiyacı

Yüksek fırın prosesi, demir çelik üretiminde en çok enerji tüketilen birimdir (bkz. Şekil 3.4). Tablo 7.9, elektrik üretimi için tepe gazı basınç geri kazanımı ve kömür enjeksiyonu kullanan bir yüksek fırının enjeksiyon girdi/çıkışına ait rakamlar vermektedir.

Energy carrier	Specific energy value (GJ/t pig iron)
Input:	
- coke	12.4
- powdered coal	1.63
- hot blast (from stoves)	4.52
- electricity	0.12
- Total (gross)	18.67
Output	
- electricity	0.35
- BFgas	5.15

Tablo 7.9 : Tepe gazı basınç geri kazanımı ve kömür enjeksiyonu kullanan bir yüksek fırının enerji girdi/çıkışı örneği -1986 - [InfoMil, 1997]

Uygun tepe gazı basıncı (> 1.5 bar gauge) ve yeterli basınç düşümüne sahip çok sayıda tesis, tepe gazı basıncından gelecek enerjiyi geri kazanmaya yönelik genişletme türbinlerinin kurulması için elverişlidir.

Proses iyileştirmeleri, Avrupa'daki demir çelik üreticilerinin spesifik kömür tüketimlerini son 30 yılda ciddi bir şekilde azaltmalarına yol açmıştır. Doğrudan indirgeyici enjeksiyonu kullanımına yönelik bir trend, muhtemelen spesifik kok tüketiminde ayrıca bir azalmaya yol açacaktır. Yüksek fırına doğrudan indirgeyici enjeksiyonu, kok kullanımının yerini almakta, böylelikle kok üretiminde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Aynı zamanda Avrupa'da yerleşik çok sayıda yüksek fırın, kömür enjeksiyon yerine fuel oil enjeksiyonu kullanmaktadır.

7.3 BAT'ın belirlenmesinde dikkate alınan teknikler

Prosesle bütünleşik tedbirler

- PI.1 Redükleme maddelerinin doğrudan enjeksiyonu
- PI.2 Yüksek Fırın gazlarından enerji kazanımı
- PI.3 Baca gazı basıncından enerji kazanımı
- PI.4 Sıcak sobada enerji tasarrufu
- PI.5 Katran içermeyen yolluk astarlarının kullanılması

Hat sonu teknikleri (End –of –pipe)

- Ep.1 Yüksek Fırın gazlarının arıtımı
- EP.2 Döküm alma deliği ve yolluklarda toz tutma
- EP.3 Döküm sırasında duman çıkışının baskılanması
- EP.4 Yüksek Fırın çamurunun hidrosiklondan geçirilmesi
- EP.5 Gaz Yıkama-temizleme sularının arıtımı ve tekrar kullanımı
- EP.6 Curuf kırma öğütme sırasında çıkan dumanın yoğunlaştırılması

PI.1 Redükleme maddelerinin doğrudan enjeksiyonu

Tanım : Redükleme maddelerinin doğrudan enjeksiyonu, kullanılması gereken kok'un bir miktarının, tüyer seviyesinden enjekte edilerek verilen başka bir hidrokarbon kaynağı ile karşılanması anlamına gelmektedir. Bu hidrokarbon kaynakları, ağır akaryakıtlar, yağ tortuları, taneli veya pulverize kömür, doğal gaz veya plastik atıklar olabilir. Taneli veya pulverize kömür ile akaryakıt, günümüzde kullanılmakta olan türlerdir. Kok ihtiyacının azaltılması genel olarak kirliliği ve enerji gereksinimini de azaltacaktır.

Ancak, bu arada, Yüksek Fırın işlemlerinin uygun ve iyi bir biçimde yapılabilmesi için belirli bir miktarda kok kullanımının zorunlu olduğu gerçeği de ayrıca vurgulanmalıdır. Kok bir yandan yüksek fırın şarjını sürdürebilmek için, destek gibi taşıma kapasitesi sağlarken, diğer yandan yeterli miktarda gazın geçişini güvencede tutar.

Tüyer seviyesinden enjekte edilebilecek maksimum kömür miktarı teorik olarak 1 ton pik için 270 kg olarak düşünülmektedir. Bu değer, kok'un taşıma kapasitesi ve fırın içindeki termokimyasal şartlar dikkate alınarak belirlenmiş bir değerdir. Tüyerlerden Hidrokarbon enjeksiyonu, fırın içinde istenen sıcaklığı elde edebilmek için, oksijen enjeksiyonunun da artırılmasını gerektirir (Tüyer enjeksiyon oranları arttıkça bu oran da artacaktır). Şimdiye kadar yüksek enjeksiyon oranları (aynı zamanda yüksek Oksijen oranları) uygulamalarında az bir tecrübe edinilmiştir ve bu noktada , tüm diğer konuların içerisinde emniyet daha önemli olmaktadır.

Kullanılan kömürün tipi ve kömür enjeksiyonu , pik kalitesi üzerindeki etkilerinin yanısıra aynı zamanda maksimum besleme miktarını belirlemektedir.(Campbell,1992 ; infomill,1997)

Tip	Enjeksiyon oranı(kg/t-pik)	bakiye Kok miktarı (kg/t-pik)	Toplam kömür tüketimi*(kg/ t –pik)
Hiç uygulanmayan	0	500	625
Tipik	180	310	568
En iyi uygulama	210	270-300	547-585

* 1 kg kok'un 1,25 kg kömürden üretildiği kabul edilmiştir.

Tablo 7.10 Değişik pulverize kömür enjeksiyon oranlarında bakiye kok tüketim miktarlarının karşılaştırılması

Sağlanan Enerji tasarrufu: Yapılan hesaplamada , enjekte edilen 1-ton kömür için 3.76 GJ net enerji tasarrufu elde edilebileceği görülmektedir. 180 kg /t-pik enjeksiyon oranı ile , enerji tasarrufu 0.68 GJ/t-pik veya yüksek fırın toplam enerji tüketiminin %3.6'sına ulaşmaktadır.(bkz.Tablo 7.9)

Bu tasarruf aslında , dolaylı olarak, azaltılmış kok tüketimi sonucu oluşmaktadır. Daha yüksek enjeksiyon oranları gerçekleştiğinde tasarruf miktarı da artacaktır.

Karşı Ortam etkisi : Redükleyici malzemelerin doğrudan enjeksiyonu kok üretimi ihtiyacını da azalttığından, kok fırınlarından emisyon miktarının da azalmasını sağlamaktadır. Bu şekilde, enjekte edilen her 1 kg. kömür için, 0,85 – 0,95 kg. daha az kok üretimi gerekmektedir.

Uygulanabilirlik : Redükleyici malzemelerin doğrudan enjeksiyonu, hem yeni Yüksek Fırınlarda hem de mevcut Yüksek Fırınlarda uygulanabilir. Ancak, unutulmaması gereken, prosesle çok fazla iç-içe ve bütünlüğü olan bu önlemler, Yüksek Fırının çalışması ve bunun sonucunda ortaya çıkan süreklilik, pik ve curuf kalitesi ile çok yakından ilgilidir.

Referans Tesisler : Yüksek Fırınlarda kömür ve yakıt enjeksiyonu artık Avrupa ve dünyada yaygın olarak kullanılan bir tekniktir.(Örnek : Kömür enjeksiyonu ; Hoogovens Ijmuiden , Hollanda - Ijmuiden , Sidmar,Belçika –Gent , Thyssen AG, Almanya -Duisburg, Yakıt enjeksiyonu ; British Steel ,İngiltere –Teesside , Voest Alpine,Avusturya – Linz)

İşletme verileri : Pulverize kömür enjeksiyonu , Hoogovens Ijmuiden ‘ de ticari ölçekte uygulanmıştır.1993 yılında 6 Nolu yüksek Fırında yapılan çalışmalarda standart enjeksiyon oranı 170 kg/t-sıcak metal olarak uygulanmış fakat yüksek Fırın testleri, 270 kg/t-pik kok kullanılmak kaydı ile 210 kg/t-pik oranı ile uygulanan kömür enjeksiyon miktarının daha başarılı olduğunu göstermiştir.Ancak bu oranlar henüz, uzun sürelerle uygulanabilme bakımından mümkün görünmemektedir.Yapılan ölçümler, enjekte edilen kömürün % 1 den daha az bir miktarının yüksek fırının bacasından dışarı kaçtığını göstermektedir.(Steeghs,1994)

Yüksek enjeksiyon oranlarında, fırın duvar bölgeleri daha az hareket görmekte ve Yüksek fırın iç direnci artmaktadır.Bu yüzden, düşük kok oranlarında , ocak şarj dağılımının dikkatli bir şekilde kontrolü ve duvarlar ile merkezdeki gaz akış dengesinin hassasiyetle sağlanması gerekmektedir.

Ekonomi : Tesislerin daha fazla maliyet düşürebilmesi için, kömür enjeksiyonunu daha yüksek oranlarda kullanmalarında ekonomik olarak bir çekicilik bulunmaktadır.Özellikle bu sistemi uygulamaması durumunda, yeniden bir kok fabrikası kurmak zorunda kalarak sermaye yatırımı veya

Kok satın almak için harcama yapacak Tesisler için konu daha belirgin hale gelmektedir.Dahası,kömür enjeksiyonunda kullanılacak kömür kalitesinin, koklaştırılabilir kömür kalitesine göre daha düşük kalitede seçilebilecek olması maliyeti azaltan diğer bir unsurdur.

1999 da 1GJ maliyetinin 10 Ecu₁₉₉₆ olduğu raporlandırılmıştır..(InfoMil, 1997).Ancak , (Campbell,1992) daha az kok kullanılması nedeniyle maliyetin azaltıldığını işaret etmektedir.British Steel’in , 1997 de Port Talbot No.4 Yüksek Fırınında yaptığı kömür enjeksiyon yatırımının maliyeti – diğer bazı fazladan harcamaları da kapsamak üzere - 24MEcu tutarındadır.

Reference literature: (Campbell , 1992 ,Steeghs ,1994 ; InfoMil ,1997)

Pl.2 Yüksek Fırın gazlarından enerji kazanımı

Tanım : Tipik bir Yüksek Fırın yaklaşık olarak her 1-ton pik için 1200 ile 2000 Nm³ Yüksek Fırın gazı üretir.Yüksek Fırın gazı % 20 –28 karbon monoksit (CO), ve % 1-5 hidrojen den meydana gelmektedir.(Bkz. Tablo 7.3 ve Tablo 7.4) Karbon monoksit fırın içinde karbonun oksitlenmesi sonucu olmaktadır.Oluşan karbon monoksidin büyük bölümü oksitlenmeye devam ederek karbon dioksit (CO₂) dönüşmektedir.Karbon monoksit ve hidrojen potansiyel bir enerji kaynağıdır ve dünyadaki tüm yüksek fırınlarda bu enerjiden geri kazanım için tedbirler geliştirilmektedir.

Bu nedenle Yüksek fırın baca gazı, daha sonra yakıt olarak kullanabilmek için temizlenir ve bir gaz tankında depolanır.Bu gazın enerji kapasitesi düşük olduğu için, yakıt olarak kullanımından önce kok fabrikası gazı veya doğal gaz ile zenginleştirme yapılır.

Sağlanan Enerji tasarrufu : Yüksek Fırın baca gazı, karbon monoksit konsantrasyonuna da bağlı olarak 2,7 – 4,0 MJ/Nm³ enerjiye sahiptir.Bu enerji doğal gazın sahip olduğu enerjinin

ancak % 10'una karşılık gelmektedir. Ancak, çok yüksek miktarlarda üretiliyor olması , yüksek Fırın gazının yine de çok önemli bir enerji kazanım kaynağı olduğu anlamına gelmektedir.Yüksek fırından toplam enerji çıkışı yaklaşık olarak 5 GJ/t-pik civarındadır ve bu enerji miktarı yüksek fırında tüketilen toplam enerjinin % 30 una eşittir.

Uygulanabilirlik : Tüm yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Karşı ortam etkisi : Yüksek Fırın gazlarının temizlenmesi kaçınılmazdır, bunun sonucu olarak da atık su ve katı tortular ortaya çıkar.

Referans Tesisler : Dünyadaki yeni ve mevcut tesislerin pek çoğunda uygulanmaktadır.

İşletme verileri : Özel bir işletme verisi gerekmemiştir.

Referans literatür : Mevcut değil

Pl.3 Tepe gaz basıncından enerji kazanımı

Tanım : Yüksek tepe basıncı olan Yüksek Fırınlarda, büyük hacimlerde ürettiği basınçlı baca gazları sayesinde enerji kazanımı için ideal bir fırsat sağlamaktadırlar.Enerji, baca gazlarının temizleme işlemlerinin yapıldığı ünitelerin sonrasında tesis edilen genişleme türbinlerinde geri kazanılmaktadır.

Sağlanan Enerji tasarrufu :Baca gazı basıncından geri kazanılabilecek enerji miktarı, gazların hacmine, basınç farkına ve giriş (admission) sıcaklığına bağlıdır. Bu şekilde enerji kazanımı, Yüksek Fırın gazı temizleme ve dağıtım şebekesinde basınç düşmesi az ise, sürdürülebilir özelliğini korur.

Tepe basıncı, modern yüksek fırınlarda yaklaşık olarak 0,25 – 2,5 bar dır.Yüksek fırın gaz toplama hattının basıncı yaklaşık olarak 0,05 – 0,1 bar dır. Baca gazlarının basıncının bir bölümü gaz temizleme ünitesinde kaybedilmektedir.

Baca gaz basıncı 2 – 2,5 bar olan modern bir yüksek fırında,15 MW elektrik gücünün üretilebileceği rapor edilmiştir.

15 MW bir türbin için enerji tasarrufunun 0,4 GJ/T-pik seviyesine ulaşacağı tahmin edilebilmektedir.Bu şekilde elde edilen tasarruflar yüksek fırının toplam enerji ihtiyacının %2 sine karşılık gelmektedir.Baca gaz basıncından yararlanarak gerçekleştirilen enerji kazanımı, ancak yüksek tepe basıncı ile çalışan yüksek fırınlarda yaygın olan bir uygulamadır.

Uygulanabilirlik : Yüksek tepe basıncı geri kazanımı , daha çok yeni tesislerde uygulanmakta ve bazı şartlarda -birtakım güçlükler ve ek maliyetlerle de olsa - mevcut tesislerde de uygulanabilmektedir.

Yeni tesislerde , baca gaz türbini ve yüksek fırın gazları temizleme ünitesi birbirine adapte edilerek temizleme ve enerji geri kazanımı daha verimli hale getirilebilmektedir.

Karşı Ortam etkisi : İşaret edilmesi gereken bir nokta , gaz türbinlerinin kullanılabilmesi için yüksek fırın gazlarının iyi bir temizlik işleminden geçmiş olması gerekliliğidir. Her şeyden önce , yüksek oranda alkaliler birtakım teknik problemlere (korozyon) neden olmaktadır.

Referans tesisler : Yüksek tepe basıncı geri kazanımı , yüksek basınç ve hacimlerde gaz üreten modern yüksek fırınlarda , dünyada yaygın olarak uygulanabilmektedir.

İşletme verileri : Uygulama otomatik olarak problemsiz işletilebilmektedir.Sistemde aksenel türbinler kullanılabilir.Bu tür türbinler radyal türbinlerden daha etkindir.Kritik olan nokta , basınç farkının gaz temizleme ünitesine aktarılıp türbinin durdurulması gereken anın zamanlamasının iyi yapılmasıdır.Gaz türbinine veya gaz toplama hattına herhangi bir zarar gelmemesi için her zaman özel tedbirler geliştirilmesi gerekli olmuştur.

Ekonomi : Bir tepe gazı basınç geri kazanım türbini kurmaktaki esas çekicilik, elde edilebilecek ekonomik kazanımlar ile ilgilidir. Türbinin yararlılığı, gazların miktarı arttıkça, basınç farkı büyüdükçe ve enerji maliyetleri yükseldikçe artmaktadır.Yerel şartlara ve tepe basıncına bağlı olarak, geri ödeme süreleri 10 yıla kadar çıkıyor olsa da, modern bir yüksek fırında 3 yıla kadar geri ödeme süreleri mümkündür.

Referans literatür :(Arimitsu , 1995 ; Fisher , 1988 ; Joksch , 1995 , InfoMil ,1997)

Pl.4 Sıcak sobada enerji tasarrufu :

Tanım : Sıcak sobalar genellikle zenginleştirilmiş Yüksek Fırın gazları ile yakılır. Sıcak sobaların enerji verimliliğini optimize etmek için değişik teknikler bulunmaktadır.

1. Bilgisayar destekli Sıcak Soba işletmesi; ihtiyaca uygun miktarda enerji teminini sağlayarak gereksiz miktarlardan kaçınılmasına olanak verir, ilave edilecek gaz miktarının en az seviyede kalmasını sağlar.
2. Soğuk üfleme hattının izolasyonu ve atık, uçucu gazlarla birlikte düşünülerek, yakıtın ön ısıtmaya tabi tutulması. Uçucu gazların içerdiği ısı (sensible heat) yakıtın ön-ısıtması için kullanılabilir.Bunun uygulanabilirliği, sobaların verimli çalıştırılabilmesine bağlıdır, çünkü atık gazların sıcaklığını da belirleyen sobanın verimli çalışmasıdır; kaldı ki 250 oC altında ısı geri kazanımı, teknik veya ekonomik olarak çekici bir fırsat olmayabilir. Eşanjör sistemi , ekonomik nedenlerle, bir ısıtıcı yağ devresinden oluşturulmuştur. Bazı durumlarda, eğer mesafe de uygunsu, örneğin sinter soğutucu ısısı gibi, dışarıdan temin edilen ısı da kullanılabilir. Ön-ısıtılmış gaz ortamı enerji tüketimini azaltır. Zenginleştirilmiş yüksek fırın gazı kullanan tesislerde, gazın ön ısıtmadan geçirilmesi, gaz zenginleştirme ihtiyacını da ortadan kaldırabilir.
3. Daha uygun brülörler kullanılarak yanma veriminin artırılması
4. Hızlı O2 ölçümü ile buna bağlı olarak yanma şartlarının ayarlanması

Sağlanan Enerji tasarrufu :

(Josch,1995) aşağıdaki enerji tasarruflarını raporlandırmıştır :

1. Bilgisayar destekli sıcak soba işletmesi, sıcak soba veriminde %5 oranında ilave artış sağlamaktadır. Bu artış miktarı yaklaşık olarak 0,1 GJ/t-pik enerji tasarrufuna karşılık gelmektedir.
2. Gaz ortamının ön ısıtmadan geçirilmesi de yaklaşık olarak 0,3 GJ/t-pik enerji tasarrufu sağlayabilir.
- 3/4. Yanmanın iyileştirilmesi ve yanma şartlarının düzenlenmesi ile ilave 0,04 GJ/t-pik daha enerji tasarrufu sağlanabilir.

Bu tekniklerin birlikte uygulanması ile elde edilebilecek toplam enerji tasarrufu 0,5 GJ/t-pik seviyelerine ulaşabilir.

Uygulanabilirlik : Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Diğer çevre etkisi : (Josch,1995) tarafından herhangi bir karşı etki raporlanmamıştır. Ancak, Yakıt ortamının ön ısıtılması ve uçucu gazların, raporlandırılan sıcaklık artışının, sıcak sobalardan NOx emisyonunu artıracığı beklenebilecek bir şey olsa da, modern brülör uygulamaları bu etkiyi azaltabilir.

Referans tesisler :

Thyssen Stahl AG, Almanya –Duisburg
7No. Yüksek Fırın ; Hoogovens IJmuiden,Hollanda- Ijmuiden
Sidmar, Belçika - Gent ,
Aceralia , İspanya- Gijon

İşletme verileri : Mevcut değil

Ekonomi : Bu tedbirler ekonomik açıdan çekici bulunabilir, çünkü enerji tüketimi azaltılmakta ve parasal olarak bir tasarruf sağlanmaktadır.Elde edilen karın büyüklüğü , tasarruf edilen enerji miktarına ve alınan tedbirlerle ilgili yatırım ve işletme maliyetlerine bağlıdır. Bir sıcak soba grubu veya diğer ifade ile bir yüksek fırın için, tipik bir ısı geri kazanım yatırımının maliyeti 6Mecu¹⁹⁹⁷ civarındadır. Bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin uygulanması , üç sobalı yüksek fırınlarda en yüksek yararın sağlanabilmesi için eğer mümkünse dördüncü bir sobanın inşasını gerektirir.

Referans literatür : (Josch,1995)

Pl.5 Katran içermeyen yolluk astarlarının kullanılması

Tanım : Yüksek fırının, döküm yolluk sisteminin dış tarafı refrakter betonundan yapılmıştır. Yolluk içi, karbon matrisin içine gömülmüş aluminadan meydana gelen ve ısı direnci yüksek malzeme ile kaplanır.Kömür katranı bir bağlayıcı gibi davranır.

İç kısma yapılan kaplama, yolluğun dış bölümünü, sıvı pik ve özellikle curufun sıcaklık etkisine karşı korur. Bu kaplamanın, aşınması nedeniyle birkaç haftada bir yenilenmesi gereklidir.Karbon matrisin kalitesi, kaplamanın ömrünü belirleyen önemli faktörlerden biridir. Zayıf bir matris, içerisindeki alumina tutunamayacağı için kaplamanın daha hızlı aşınmasına neden olur.

Karışımın dayancı, ancak brülörler ile birkaç saat ısıtılması sonucunda sağlanır. Bu ısıtma sırasında katranın bozunması ile bir hidrokarbon (ve PAH) emisyonu meydana gelir.Bir kısım emisyon da pik ve curuf akışı sırasında oluşur.

İçeriğinde katran bulunmayan yeni tip bir yolluk kaplama malzemesi geliştirilmiş ve başarı ile uygulanmaya başlanmıştır.Bu yeni tip malzemedede, uçucu organik bileşikler (VOC) ile poli aromatik hidrokarbonlar_(PAH)ın emisyonu çok daha azalmıştır. Söz konusu malzemelerin curufa karşı direnci ve dayanım ömrü geleneksel yolluk malzemelerinden daha da iyidir.

Ulaşılan emisyon seviyesi :

Tablo 7.11 katran içermeyen yolluk malzemesi kullanılarak emisyonda sağlanan azalmayı göstermektedir . Değerler teorik modellemeye dayanarak yapılan tahminlerdir.

Bileşen	Geleneksel yolluk malz. (g/t – pik)	Katransız yolluk malz. (g/t-pik)	Emisyonda azalma (%)
Uçucu organik Bileşikler (VOC)	100	1	99
Polisayklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)	3,5	0,03	99

Tablo 7.11 : Yolluk kaplama malzemelerinden oluşan emisyon –(InfoMil , 1997)

Uygulanabilirlik : Prensip olarak katran içermeyen malzemeler yeni ve mevcut yüksek fırınlarda uygulanabilir.

Diğer çevre etkisi : Bu tedbirin uygulanması, çalışanların zararlı bileşiklere daha az maruz kalmaları nedeniyle, onların sağlığı bakımından olumlu bir etkiye sahiptir. Bunun dışında başka bir karşıt ortam etkisi bilinmemektedir.

Referans tesisler :

Hoogovens IJmuiden, Hollanda- Ijmuiden

İşletme verileri : Katran içermeyen malzemeler Hoogovens Ijmuiden ‘ de problemsiz olarak halen uygulanmakta olup, yolluk ömürlerinden daha iyi sonuçlar alınmaktadır.

Ekonomi : Bilgi yoktur.

Referans literatür : (InfoMil , 1997)

EP.1 Yüksek Fırın Gazlarının arıtımı

Tanım: Gaz dağıtım şebekesi özelliklerini karşılayabilmesi için, yüksek fırın gazları bir temizlemeden geçirilmelidir. Gazlar (tepe gazları) yüksek fırını terk ederken içinde, parçacık maddeler ,siyanid, (HCN), amonya (NH₃) ve sülfür bileşikleri bulunur. (Bkz. Tablo 7.3 , 7.4)

Yüksek fırın gazları genel olarak iki aşamada arıtılır. 1.aşamada, iri parçacıklar kuru siklon, veya saptırıcı v.s.kullanarak giderilir. Bu şekilde tutulan iri parçacıklar, yüksek oranda demir içerdiğinden ,sinter tesisinde tekrar kullanılabilir. (bkz.tablo 7.5)

İkinci aşamada, çinko oksit (ZnO), karbon (C) gibi parçacıklar içeren tozşar ile siyanür ve amonyak gibi bileşikler ıslak tip gaz yıkama (wet scrubbing) yöntemi ile giderilir. Gaz temizleme sistemleri, parmaklık tipi (hurdle type), venturi veya halka boşluklu (annular gap)tipte özel tasarımlardır. Bazı durumlarda sulu elektrostatik çöktürme de uygulanır.

Modern tesislerde, gaz temizleme sisteminde basınç kayıplarına özel bir dikkat gösterilir, çünkü yüksek basınç kayıpları, baca gazları basınç geri kazanım türbinlerinin verimliliğini olumsuz etkiler. (bkz.PI.3)

Bu yüzden amaç, yüksek gaz temizliğini sağlamak için gaz temizleme ünitelerini büyük basınç kaybı oluşturacak şekilde yapılandırmaktır.

Ulaşılan emisyon seviyesi :Yüksek fırın gaz temizleme sistemleri oldukça verimlidir ve parçacık konsantrasyonu, temizlenmiş gaz içinde 10 mg./Nm³ den daha düşük değerlere, hatta, 1 mg./Nm³ gibi çok düşük değerlere kadar düşürülebilmektedir.

Gaz temizleme sistemi tarafından tutulamayan parçacıklar ya ortama yayılır veya yüksek fırın gazlarının yakıldığı ortamda yakılır.

Gaz temizleme sistemindeki basınç kaybı kullanılan ekipmanın tipine de bağlıdır. İki modern tesisteki raporlanan basınç kayıpları 0.07 ve 0.14 bar dır. Eski sistemlerde basınç kaybı 0.15 – 0.5 değerleri arasında bulunuyordu.

Uygulanabilirlik: Dünyadaki yüksek fırın tesislerinde gaz temizleme sistemleri uygulanmaktadır. Yeni tesislerde, düşük basınç kaybı, düşük su ve enerji tüketen modern sistemler uygulanabilmektedir.

Eski yüksek fırınların pek çoğunda “eski tip” gaz temizleme makinaları kullanılmaktadır. Bu tip makinalar , şebeke gazı_ özelliklerinin gerçekleşmesini sağlayabilmekte ancak, dikkat çekici miktarda su ve enerji tüketmekte ve basınç kayıpları yüksek olmaktadır. Zaman zaman eski tip makinaların daha modern olanlarla değiştirilmesi olanaklıdır, fakat bunun tepe gaz basınç türbini ile birlikte düşünülmesi gereklidir.(bkz.böl.PI.3) (ki bunun diğer faktörlerin yanında, fırının işletme basıncına bağlı olduğu unutulmamalıdır.)

Diğer çevre etkisi: Şunu belirtmek gerekir ki, gaz temizleme makinaları sonuçta kirli atık su üretirler. Bir yüksek fırının kullandığı toplam su miktarı 0.1 – 3.5 m³/t - pik arasındadır. (bkz.7.2.2.3-I ve tablo 7.1) İçinde yüksek miktarda tuz bulunan hammaddeler, fırın gazının temizlenmesi için daha fazla miktarda su gerektirir. İşlem sonucu suyun içerisinde, karbon, ağır metaller (zn, pb) gibi askıda katılar, siyanid bileşikleri, amonia gibi maddeler bulunur. Genellikle, atık sular, “ağır metal çökeltme” yöntemi kullanılarak arıtılır ve sonunda katı atık çamuru meydana gelir.

Yüksek fırın çamuru, göreceli olarak yüksek miktarlarda çinko (zn) ve kurşun (pb) içerir. (bkz.tablo 7.6) Bu nedenle , üretim prosesleri içinde bu çamurun tekrar kullanımı çok zordur.Çinko, özellikle, yüksek fırın için bir “zehir” dir. Bu yüzden bazı tesisler, hidrosiklonlama uygulayarak, çamuru iki ayrı şekilde işlemde geçirirler: birincisi, sinter tesisinde tekrar kullanılabilir şekilde düşük çinkolu çamur, ikincisi, depolanan veya bertaraf edilen yüksek çinkolu çamur. (bkz.EP.4)

Referans Tesis: BF Gas arıtma tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

İşletme verileri: mevcut değil.

Ekonomi: mevcut değil.

Referans literatür: [gazdej, 1995; Info yıl, 1997]

EP.2 Döküm alma deliği ve Yollukta toz tutma

Tanım : Yüksek Fırından alınan pik ve curuf yolluktan, sırasıyla pik potasına ve curuf potasına akar. Döküm alma ve sıvının yolluk içinde akışı sırasında, metal, atmosferde bulunan oksijenle temas halindedir. Bu temas sonucu, 1300 – 1500 oC sıcaklıktaki sıvı demir oksijenle reaksiyona girerek kahverengi bir duman çıkışı ile bilinen demir oksitleri (örnek :Fe₂O₃) oluşturur.

Curuf, kendisi oksit bileşiklerinden meydana gelmesi nedeniyle, atmosferik oksijenle bir reaksiyonu söz konusu değildir. Ancak, cüruftaki, örneğin Na₂O ve K₂O gibi alkali oksitler buharlaşarak parçacık emisyonu oluşturabilir.

Döküm sırasında oluşan emisyonun azaltılması için genellikle iki tür tedbir uygulanabilir :

1. Hareketli kapaklar kullanarak, yollukların üzerini kapatmak,

2. Sıcak metali azotla(N₂) koruyarak , oksijenden uzak tutmak . Bu şekilde demir oksitlerin oluşumu da engellenmiş olacaktır.(Bkz. EP.3)

Ulaşılan emisyon seviyesi : Azaltıcı herhangi bir tedbir uygulanmıyorsa, döküm alma sırasında yaklaşık olarak ortama çıkan parçacık miktarı 400 – 1500 g/t-pik seviyelerinde olabilir. Yollukların üzerinden, havanın tahliye edilmeye çalışılması , aslında ortamdaki oksijen miktarını artırarak parçacık emisyonunu artıran bir etki yaratmaktadır. Yolluğun üzerinin kapatılarak parçacıkların ortamdaki tahliye edildiği ve sonra arıtımının yapıldığı durumlarda, en önemli faktör yapılan tahliye işleminin etkinliğidir. Yolluğun örtülmesi-kapatılması konusuna özel bir dikkat göstermek gereklidir. Kapaklar, herhangi bir kaçağa izin vermeyecek şekilde sızdırmaz olmalıdır. Döküm deliğinde, parçacıkların tahliyesinin etkin bir biçimde yapılabilmesi hayli zordur, çünkü bu bölgede, döküm deliği açma ekipmanı ve çamur tapa ekipmanının çalışabilmesi için bir alan gereklidir. Bu güçlük aynı zamanda, bosh seviyesinden geçen ve fırını çepeçevre kuşaklayan tuyerlere hizmet veren bustle borusunun da bu bölgede yeralmasından kaynaklanmaktadır. Genellikle, döküm deliği çevresinde oluşan tozluğun etkin olarak ortamdaki tahliye edilebilmesi için çok büyük miktarda akış gereklidir.

Dökümhanede ana tahliye noktaları şunlardır :

- döküm deliği
- curuf sıyırıcı (skimmer)
- eğimli yolluk (torpedo potasına şarj alınan)

Tahliye edilen atık gazın spesifik akış miktarı 1200 – 3300 Nm³ /t-pik ‘tir. Etkin bir toz tutma ve giderme sistemi (örnek : torba filtre) ile, 10 g/t-pik değerinden daha düşük spesifik değerlere ulaşılabilir. (InfoMill 1997) Toz toplama verimi % 99 ları geçerken, torbalı filtreler ile toz giderme verimi de % 99 değerini aşabilir. (InfoMill 1997)

Uygulanabilirlik : Yollukların üzerinin kapatılması ve ve bunu takibeden tahliye ve temizleme işlemleri yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Diğer çevre etkisi : Gazların tahliyesi ve arıtma işlemleri, güçlü fanlar gerektirmesi nedeniyle ilave enerji tüketimine yolaçar. InfoMill, 1997 ‘den yararlanılarak, 7 No.Yüksek Fırından 8640 saat çalışma sonucu yıllık 3 Milyon ton üretim yapılması kabulüne dayanarak yapılan hesaplamada, yaklaşık olarak 0,007 GJ/t-pik enerji tüketimi hesaplanmaktadır. Toplanan toz yüksek oranda demir içerdiğinden sinter tesisinde tekrar geri kazanılabilir.

Referans tesisler :

Gazların tahliyesi ve arıtılması :

Yüksek fırın, No.7 Hoogovens Ijmuiden, Hollanda – Ijmuiden, Yüksek fırın A, Voest Alpine,A-Linz ; Yüksek fırın Schwelgern, Thyssen AG, D-Duisburg

İşletme verileri : Açıklanan teknik çok önemli bir problem olmaksızın işletilmektedir.

Ekonomi : Hoogovens’da, 690.000 Nm³ /h kapasiteli kumaş filtreli bir gaz arıtma tesisi yatırımının 1 – 2,3 milyon Ecu₁₉₉₆ tutarında olduğu raporlandırılmıştır. Bu sadece filtre tesisi ekipmanlarının tutarıdır. Yollukların kapatılması ve tahliye hatlarının yerleşimi bu tutar içinde bulunmamaktadır.

Yıllık 8640 saat çalışma ile 7 no. Yüksek fırında, 3 milyon ton üretim için işletme maliyetinin 0,5 – 2,8 Ecu₁₉₉₆ / t-pik olduğu hesaplanmaktadır. (InfoMill , 1997)

British Steel, İngiltere-Scunthorpe (yüksek fırın, 1 milyon ton-yıl) da bir dökümhane için toz tutma sisitemi yatırımının tutarı yaklaşık olarak 4 milyon Ecu₁₉₉₇ olmuştur.

Voest Alpine,-Avusturya Linz ‘ deki yüksek fırın A (3 milyon - yıl) için yapılan toz toplama sisitemi yaklaşık 14,5 milyon Ecu 1996 malolmuştur. İşletme giderleri (enerji hariç) yıllık 0,42 milyon Ecu 1996 civarındadır.

Referans Literatür : (InfoMill , 1997)

EP.3 Döküm esnasında çıkan dumanın baskılanması

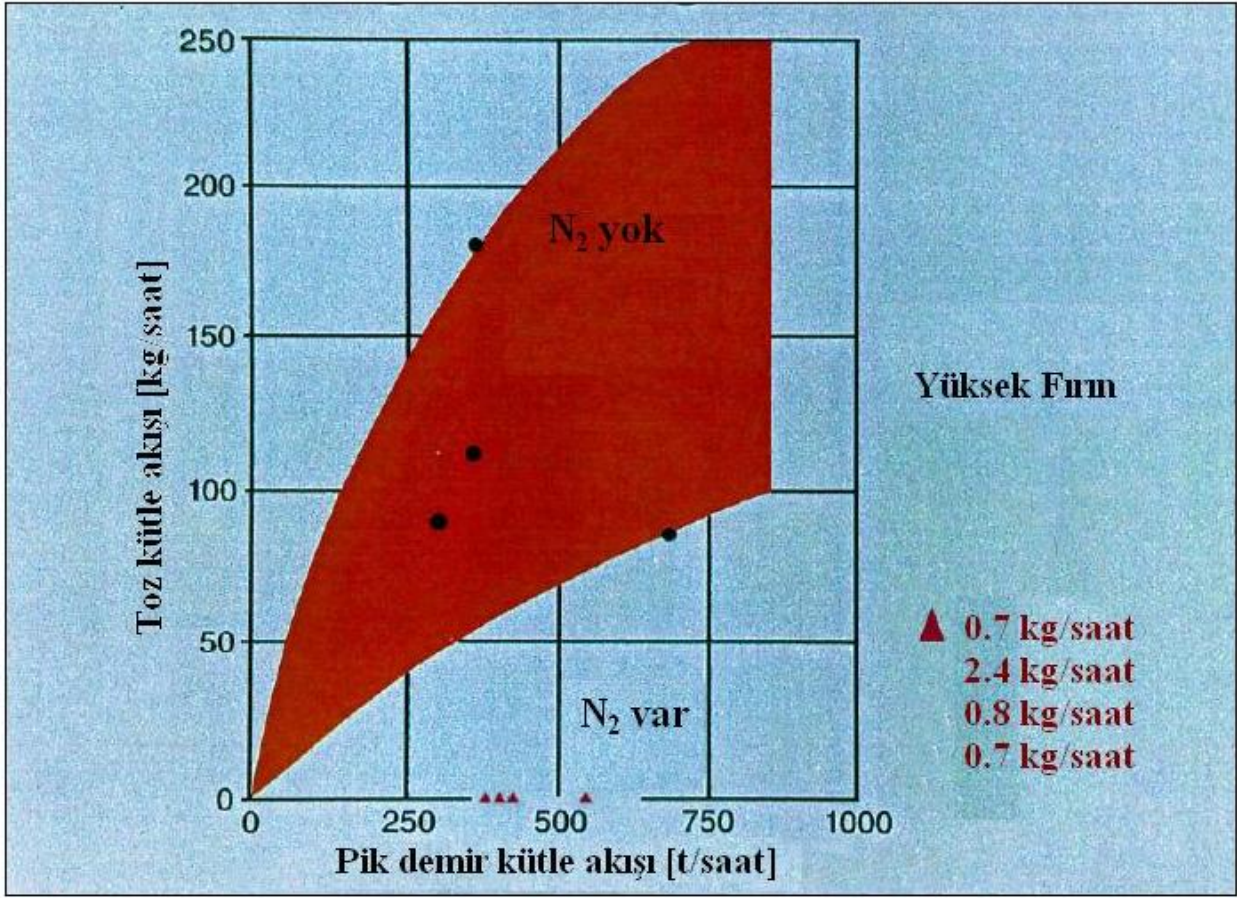
Tanım : EP.2 dökümhane emisyonlarının klasik toz giderme sistemlerini açıklamaktadır.Bu sistemler oldukça karmaşık ve maliyetli sistemlerdir.Yeni yakalşımalar ergimiş demirin oksijenle reaksiyonunu engelleyerek kahverengi duman oluşumunu baskı altında tutar.Bunun yapılabilmesi için, sıvı metalin döküm deliğinden itibaren değişik dağıtım ve transfer noktalarından geçerek torpedo potalarına kadar olan taşıma güzergahı, dikkatle tasarımlandırılmış perdeleme ve koruma yapıları ile kapatılmış durumdadır.Sıvı metalle kapak arasındaki mesafe mümkün olduğu kadar küçük tutulur ve aradaki hacim, eğer gerekirse, azot gazı basılarak doldurulur. Bir entegre çelik fabrikasında, oksijen üretimi sırasında elde edilen azot gazı bu amaç için rahatlıkla kullanılabilir.

Bu yeni metod, önceleri gerekli olan, karmaşık ve pahalı eksoz ve filtre sistemlerinin kurulma ihtiyacını ortadan kaldırmakta, böylelikle önemli ölçüde bir maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

Buna bağlı olarak filtre tozlarının da geri kazanım maliyeti düşmektedir.

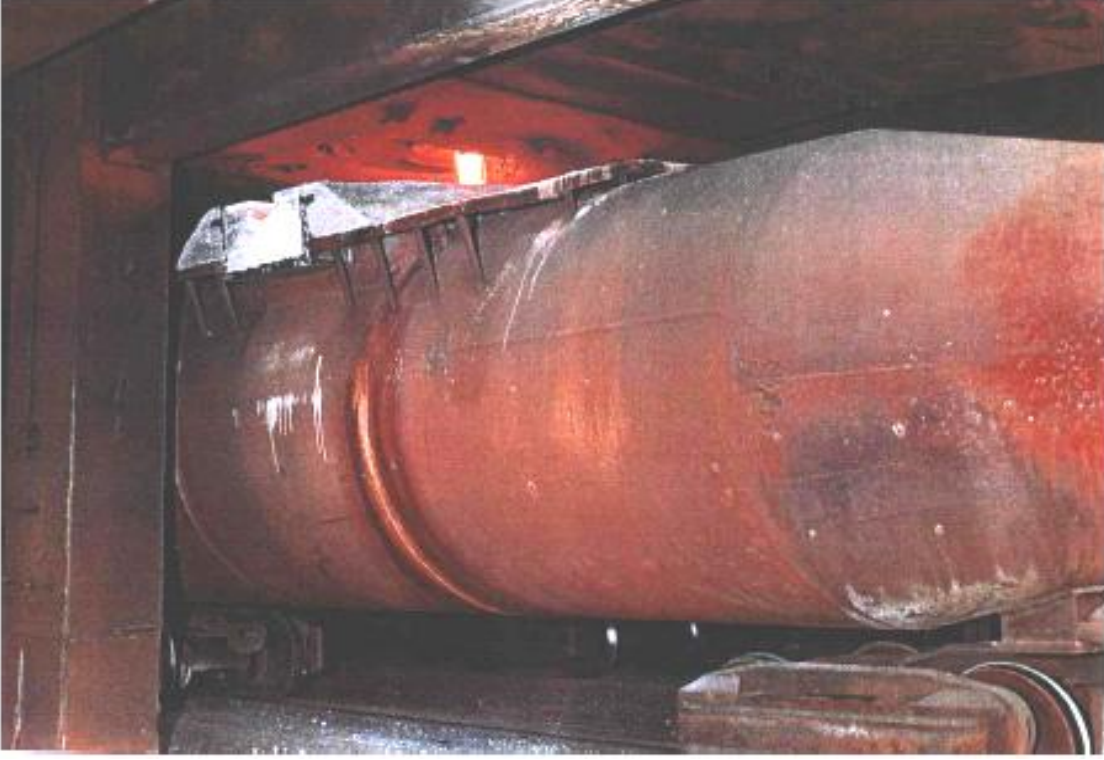
Döküm deliğinde bir eksoz sistemi zorunludur.

Şekil 7.11 sıcak metal şarjı sırasında, tozun baskılanarak kontrol altında tutulması ve tutulmaması durumunda ortaya çıkan toz miktarını göstermektedir. Bu değerler, azot ile ortamın etkileşimsiz hale getirilmesi durumunda, 100 kat daha düşük gerçekleşmektedir.



Şekil 7.11 Sıcak metal şarjı sırasında , azotlu ve azot olmayan durumda, pik demir akışına bağlı olarak oluşan toz miktarı (de Haas , 1997)

Ulaşılan emisyon seviyesi : Klasik döküm sırasında 0,4 – 1,5 kg toz/t-pik miktarında toz oluşmaktadır(Tablo.7.1). Bu miktar , tozların kontrol ve baskı altında tutulması ile 0,012 kg/t-pik değerlerine kadar düşürülebilir(de Haas , 1997). Şekil 7.12 ,sıcak metalin torpedo potasına şarjı sırasında, tozların kontrol altında tutulmasının etkisini göstermektedir.



Şekil 7.12 : Asal gaz ile toz kontrolü sağlanan bir torpedo potasına sıcak metal şarjı

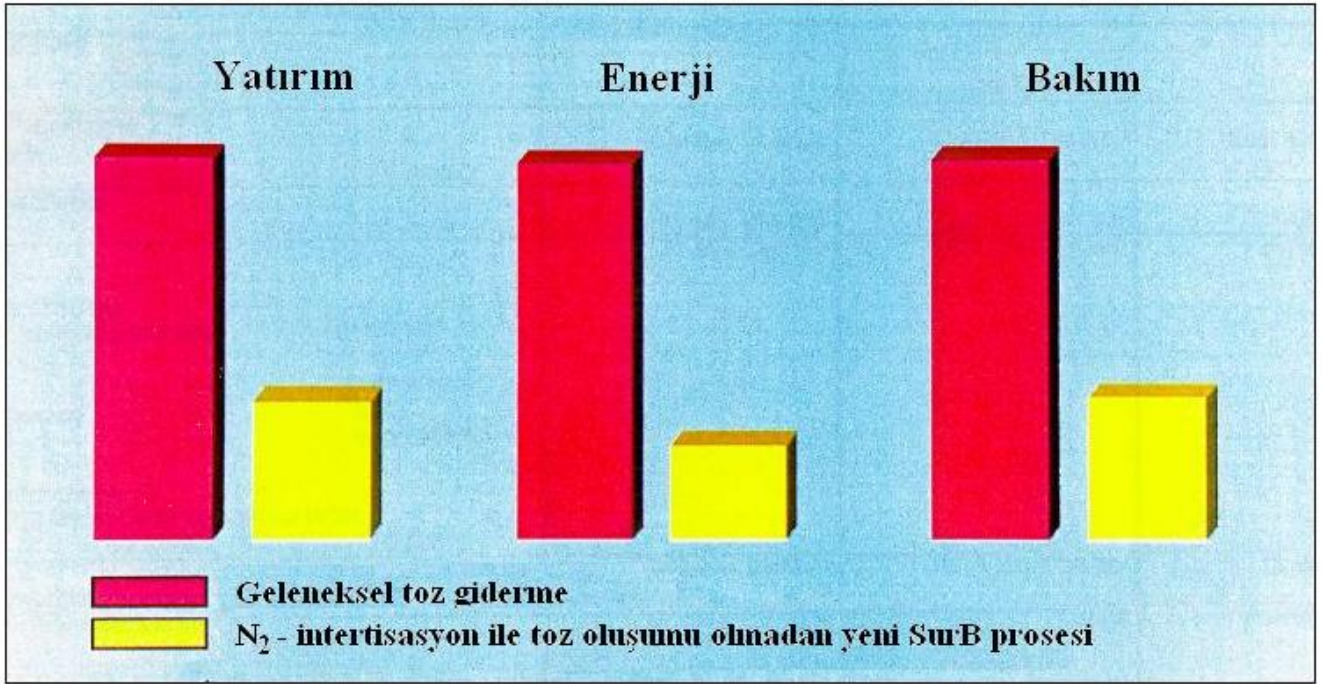
Uygulanabilirlik : Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Karşıt ortam etkisi : EP:2 de açıklanan klasik toz tutma sistemleri ile karşılaştırıldığında, kaydadeğer herhangi bir ters etkisi bulunmamaktadır.

Referans tesisler : Stahlwerke Bremen, Almanya – Bremen ‘de sözkonusu toz tutma tekniği 1991 den beri kullanımdadır.

İşletme verileri : Stahlwerke Bremen deki toz baskılama sistemi ile edinilen tecrübe, problemsiz olarak işletmenin istikrarlı şekilde sürdürüldüğünü göstermektedir.

Ekonomi : Şekil 7.13 te bir maliyet karşılaştırması gösterilmektedir. Yeni toz baskılama sistemi çok daha ucuz bir sistemdir. Stahlwerke Bremen ‘de 3 milyon ton üretim kapasitesine göre yapılan yatırım, toz baskılama sistemi, döküm deliği toz tutma ve buna bağlı torba filtre sistemi dahil 6,8 milyon Ecu₁₉₉₆ gerektirmiştir.



Şekil7.13 : Stahlwerke Bremen’de 3 milyon ton üretim kapasitesine göre yapılan yatırım, toz baskılama sistemi , döküm deliği toz tutma ve buna bağlı torba filtre sistemi dahil 6,8 milyon Ecu 1996 gerektirmiştir.

Enerji maliyetleri, yıllık 190.000 Euro, bakım maliyetleri ise 170.000 Euro dolayındadır. Bu değerler klasik sistemlere göre oldukça düşük kalmaktadır. Azot maliyetleri ise yerel şartlara göre değişmektedir.

Referans literatür : (Grützmacher,1991; de Haas,1997)

EP.4 Yüksek fırın çamurunun çökeltilmesi

Tanım : Yüksek fırın baca gazları içinde, yüksek miktarda katı parçacık bulunmaktadır. (7–40 kg/t –pik ,bkz.Tablo 7.3) Bunun önemli bir kısmı, yüksek fırın gazları arıtma sisteminin, birinci kuru aşamasında giderilir. Bunlar daha çok, yüksek oranda demir ve karbon içeren iri parçacıklardır ve geri kazanım için sinter tesisine gönderilir.

Kalan kısım (1 – 10 kg/t-pik) sulu yıkama yöntemi ile yüksek fırın gazlarından temizlenir. Çökeltme sonrasında, her bir ton pik demir için 3 – 5 kg çamur ortaya çıkar. Bu çamur göreceli olarak yüksek miktarda çinko içerir. Bu, sözkonusu çamurun sinter tesisinde tekrar kullanımına engel bir durumdur.

Çamurun, daha sonra hidrosiklonlama ile yüksek çinkolu ve düşük çinkolu olmak üzere ayrıştırılması mümkün olmaktadır.Çamurun içeriğinde bulunan çinko, çok küçük parçacıklar şeklinde esas olarak çinko oksit (ZnO) halinde bulunur.(bkz.7.2.2.2.2) Hidrosiklon, bu parçacıkların siklondan üstte toplanmasını ve tahliye olmasını, düşük çinkolu kısmın da alttan tahliye olmasını sağlar. Bu arada, Hidrosiklonun veriminin çamurun karakteristiklerine bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Hidrosiklondan alttan tahliye olan çamur sinter tesisinde tekrar kullanılır. Dikkat gösterilmesi gereken, tekrar kullanıma giren miktarın, yüksek fırın girdilerindeki toplam çinko girdisi ile bağlantılı düşünülmesi gerekliliğidir. Hidrosiklondan üstten alınan yüksek çinkolu çamur, gelecekte tekrar işlemden geçirilmek üzere veya toprak dolgusu yapmak üzere depolanır.

Buna ek olarak, içinde çok küçük oranlarda bulunan radyoaktif bileşikler yüzünden daha başka problemler ortaya çıkabilir.

Ulaşılan emisyon seviyesi : Talo 7.1 de çamurda bulunan çinko ve kurşun miktarları verilmektedir.

	Spesifik çamur miktarı(kg/t-pik)	Çinko miktarı(%)	Kuru bazda ağırlık(%)	İşlem
İşlem görmemiş çamur	1,0 – 9,7	0,1 – 2,5	100	Hidrosiklon
Hidrosiklonunda üstten tahliye edilen	0,2 – 2,7	1 - 10	20 - 40	Depolama /toprak dolgu
Hidrosiklon alttan tahliye edilen	0,8 – 7,8	0,2 – 0,6	60 - 80	Sinter tesisine geri dönüş

Tablo 7.12 : Hidrosiklonunda işlem yapılmış yüksek fırın çamuru için bir örnek (pazdej,1995; InfoMil,1997)

Uygulanabilirlik : Hidrosiklon yeni ve mevcut tesislerde, sulu toz giderme tekniğinin uygulandığı ve tane dağılımının kabul edilebilir bir ayrıştırılmaya izin verdiği sürece , bir hat sonu teknolojisi olarak kullanılabilir.

Karşı ortam etkisi : Siklonların çalıştırılması için önemsiz sayılabilecek ölçüde bir enerji tüketimi sözkonusudur.

Referans tesisler : Hoogovens Ijmuiden, Hollanda- Ijmuiden , Thyssen AG, Almanya – Duisburg

İşletme verileri : Sistem problemsiz olarak çalışmaktadır.

Ekonomi : (UBA Rentz, 1996), üç kademeli, yıllık kapasitesi 20.000 ton olan bir tesis için yatırım tutarının 2 milyon Ecu₁₉₉₄ ve işletme maliyetinin 25 Ecu/t olduğunu raporlandırmaktadır.

Referans literatür : (**Pazdej , 1995 ; UBA Rentz ,1996**)

EP.5 Yıkama suyunun arıtılması ve tekrar kullanımı :

Tanım : yüksek fırın gazları, genellikle, özel tasarımılandırılmış engel (bariyer) tipi , venturi veya halka şeklinde boşluklu yıkayıcılarda temizlenir.(bkz.EP.1) .Bu işlem, içinde 1-10 kg/t-pik oranında askıda katı madde bulunan kirli bir su meydana getirir. Askıda katı maddeler, aynı zamanda, içerisinde, ağır metaller, siyanür ve fenoller barındırmaktadır. Suya yapılan deşarjların ve su tüketiminin en aza indirgenmesi yönünde değişik tedbirler geliştirilebilir. Yüksek fırın gazlarından, kirleticilerin uzaklaştırılması için gerekli miktar yaklaşık olarak 0,3 – 4,0 l / Nm³ civarındadır. Bu toplamda 0,4 – 8 m³/t-pik su tüketimine karşılık gelmektedir. Bu miktarın önemli bir bölümü arıtılabilir ve geri kazanılabilir.

Arıtma genellikle dairesel çöktürme tanklarında gerçekleştirilir. Anyonik polielektrolitler, polimer karışımları veya aktif silisik asit gibi kimyasalların dozajlanması veya çamur geri

dönüşüm ünitesi ile çamurun çökelme özellikleri geliştirilebilir. Ancak pH değeri ve suyun sertlik değerine özel dikkat gösterilmelidir. Tablo 7.13’ de, yedi adet Alman çamur geri dönüşüm tesisinin işletme verileri görülmektedir.

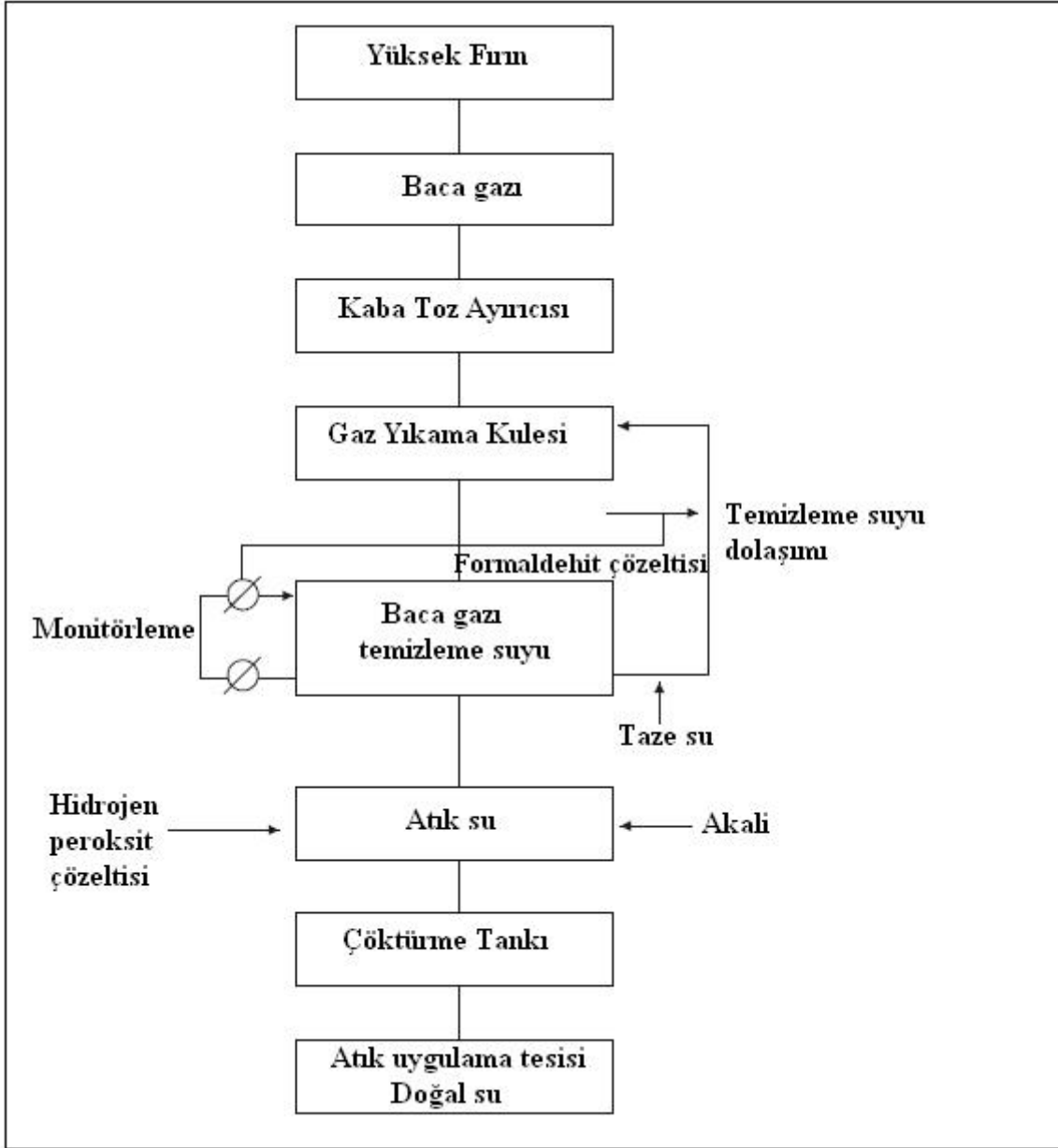
Tesis No.	Yüksek fırın gaz miktarı (103 Nm ³ /h)	Su miktarı (m ³ /h)	Askıda katı madde (mg/l) arıtma öncesi	Arıtma sonrası	Kimyasal Türü	Doz (mg/l)	Çamurda su miktarı (%)	Elektrik tüketimi (kwh/1000 m ³)
1	50	225 – 375	1000-3000	10-50	Aktif silisik asit	5-10	60-85	40
2	250	1500	500	50	Karışık polimer	0,4	85-90	17,8
3	55	500	300-600	20	Aktif silisik asit	6	75-85	-
4	550	50	100-300	20-30	Aktif silisik asit	-	85-95	8
5	225	1100	260	10	Anyonik polielektrolit	0,13	63	27,5
6	320	1400	430	13	Anyonik polielektrolit	0,13	60	21,5
7	125	800	150	20	Karışık polimer	10	60	-

Tablo 7.13 : Yüksek fırın gazları yıkama suyunun arıtmasını yapan Yedi adet Alman çamur geri dönüşüm tesisinin işletme verileri (Theobald,1988)

Yüksek fırın İşletme koşullarına bağlı olarak , özellikle blöf sırasında, siyanid artımı gerekli olabilir. Bu işlem, su devresine formaldehit ilave edilerek gerçekleştirilir.(Şekil 7.14)

Mevcut tecrübenin gösterdikleri şunlardır :

- optimum pH 8-9 arasındadır.
- pH 7 değerinin altında herhangi bir reaksiyon oluşmamaktadır.
- glikonitril pH 10 değerinin üzerinde siyanid ve formaldehit’e dönüşmektedir.



Şekil 7.14 : Yıkama suyu devresinde siyanür arıtımına örnek bir proses – (Theobald, 1997)

İnce taneli parçacıkların çöktürülmesi ile elde edilen çamur göreceli olarak yüksek bir çinko içeriğine sahiptir (Bkz. Tablo 7.6) ve hidrosiklon kullanılarak arıtma sağlanabilir. (Bkz. EP.4)

Atık suların arıtımı ile ilgili, Hoogoves IJmuiden, Hollanda - IJmuiden’de yeni kavram hayata geçirilmektedir ve 1999 yılında işletmeye geçecektir. Bu sistem, kok fırınından, yüksek fırından ve pelet tesisindeki yıkayıcıdan gelen atık suların aktif çamur sistemi içinde kombine bir işlemde geçirilmesidir. Bu işlemde COD ve azot bileşiklerinin emisyonunun en az oluşması için ön nitrifikasyon ve nitrifikasyon uygulanır.

Ulaşılan emisyon seviyesi : Yıkama suyunun yüksek geri kazanım verimi için, üstten taşma ile alınan miktarın en fazla 0,1 m³/t-pik olması istenir. Bu su, sistemden yüksek fırın çamuru ile birlikte alınarak, daha sonra başka işlemlere tabi tutulabilir.

Parametre	Birim	Ortalama değer	Birim	Emisyon faktörü
Akış	m ³ /d	3387	m ³ /tpik	0,23
Kimyasal O2 ihtiyacı	mg/l	51	g/t-pik	11,7
CN*1	mg/l	0,7	g/t-pik	0,06
Kjeldahl-N	mg/l	133	g/t-pik	30
H Sülfür (H2S)	mg/l	2,2	g/t-pik	0,5
Askıda katı	mg/l	16,1	g/t-pik	307
Çinko(Zn)	ug/l	1051	mg/t-pik	242
Bakır(Cu)	ug/l	12,7	mg/t	3,0
Krom(Cr)	ug/l	33,4	mg/t	7,6
Kadmiyum(Cd)	ug/l	0	mg/t	0
Ni(Ni)	ug/l	39	mg/t	8,9
Kurşun(Pb)	ug/l	89	mg/t	18,3
Cıva(Hg)	ug/l	<0,1	mg/t	0,02
Arsenik(As)	ug/l	5,7	mg/t	1,3
PAH-EPA	ug/l	3,1	mg/t	0,71

*1 serbest siyanür

Değerler (Weigel ,1998)

Tablo7.14 : Yüksek fırın gazı yıkama devresinden işlemden sonra deşarj edilen atıksu için bir örnek (InfoMil,1997)

Uygulanabilirlik : Hem yeni, hem de mevcut tesislerde yıkama suyu arıtma_ ve geri kazanımı uygulanabilir.Modern tesisler ciddi bir avantaja sahiptir.Çünkü Tesis etkin bir su devresi ile birlikte tasarımılandırılabilir.Yıkama için kullanılacak suyun tuz oranı, geri kazanım hızını etkiler. Ancak yine de eski tesislerde de etkin bir su devresinin kurulabilmesi mümkündür.

Karşı ortam etkisi : Yüksek miktarlarda bir su dolaşımı olacaksa, o zaman etkin bir su arıtma tesisinin kullanılması zorunludur.Yoksa, temizleme sisteminde,_tıkanma vb. problemler yaratarak veriminin düşmesine yolaçacak etkilerinin ortaya çıkması olasıdır. Su arıtma ve geri kazanım işlemlerinin sonucunda içinde yüksek oranda çinko bulunan bir çamur elde edilir. Mineral ve tuzların birikerek artmasını önlemek için devreden taşma ile bir miktar suyun alınması gereklidir.

Yıkama suyunun_ geri kazanım süreci, önemli sayılabilecek bir enerji gerektirir.(Tablo 7.13) İlave olarak, dozajlama kimyasalları da dikkatte tutulmak zorundadır.

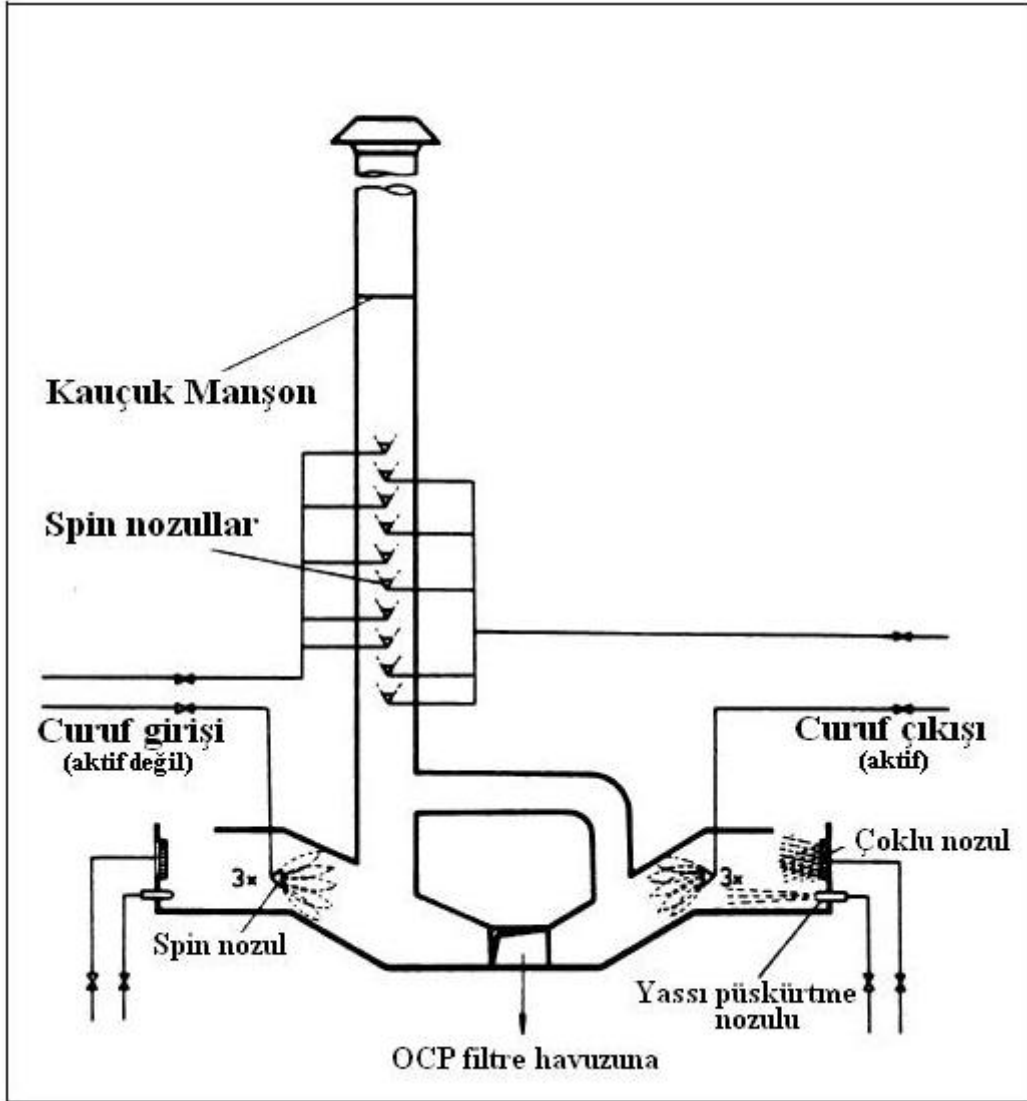
Referans tesisler : Krupp Hoesch Stahl , Almanya-Dortmund; Hoogovens Ijmuiden, Hollanda- Ijmuiden ,

Ekonomi : Hoogovens Ijmuiden'de, yüksek Fırın atık su arıtması için toplam yatırım tutarının yaklaşık olarak 18 Milyon Ecu₁₉₉₆ olduğu raporlandırılmıştır. Atık su arıtma işlemleri, iki aşamalı katı atık seperasyon ve pH düzeltme işlemlerini kapsamaktadır.İşletme maliyetleri belirtilmemiştir.

Referans literatür : (InfoMil,1997 ; Theobald , 1988)

EP:6 Curuf işleme tesisi dumanının yoğunlaştırılması

Tanım : Bölüm 7.2.2.1.5 te açıklandığı gibi, curuf işleme tesisinden H₂S ve SO₂ gibi, koku problemi de yaratan , gaz çıkışları vardır. Bu problemin çözülmesi için bazı kırma tesisleri, çıkan dumanı yoğunlaştıran sistemler çalıştırmaktadır.(Şekil 7.15) Kondensat ve curuf süzme suyu soğutulduktan sonra tekrar dolaşıma sokulur.



Şekil 7.15 Duman yoğunlaştırma sistemi ile bir curuf kırma tesisi (Poth,1985)

Ulaşılan emisyon seviyesi : Duman yoğunlaştırma ile H₂S emisyonu 10 g H₂S/t-pik değerinin altına düşmektedir.Tablo 7.2 ye göre 1 g H₂S/t-pik ulaşılabilir değerlerdir.

Uygulanabilirlik : Yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilir.

Diğer çevre etkisi : Dolaşımdaki suyun soğutulması önemli miktarda enerji gerektirir. Enerji üretiminin kendisi çoğunlukla kükürt emisyonu ile ilintilidir. Duman yoğunlaştırma sırasında , düşürülen kükürt miktarı oldukça küçüktür ve bu miktar muhtemelen enerji üretiminde ortaya çıkan kükürt miktarı ile ilişkilidir.

Referans tesisler : Almanya da pek çok curuf kırma öğütme tesisinde duman yoğunlaştırma sistemi bulunmaktadır.örnek : Thyssen AG , Alamanya –Duisburg

Ekonomi : Bilgi mevcut değil

Referans Literatür : Mevcut değil

7.4 Sonuçlar

Bu bölümün içeriğinin anlaşılması bakımından, okuyucunun ilgisini bu dökümanın önsözüne, özellikle beşinci bölüme çekilmesi önemlidir. “Bu döküman nasıl anlaşılır ve nasıl kullanılır?” Bu bölümde tanıtılan Teknikler ve bu tekniklerle ilgili emisyon ve/veya tüketim seviyeleri , veya bu seviyelerin aralıkları, aşağıda belirtilen adımları da içeren, iterasyon süreci kullanılarak değerlendirilmiştir:

- sektörün çevre ile ilgili önemli kritik konularının belirlenmesi: Yüksek Fırınlar için bu konular; Yüksek fırın gazlarının içeriği, arıtma ve değerlendirilmesi, dökümandan çıkan dumanlar ve curufla ilgili konulardır.
- Bu anahtar nitelikli konulara adreslenebilecek en yakın tekniklerin araştırılması,
- Dünya ölçeğinde veya Avrupa Birliği içinde, elde edilebilen verilere dayanarak çevre ile ilgili en iyi performans değerlerinin belirlenmesi,
- Bu performans seviyelerinin hangi şartlar altında ulaşıldığının araştırılması; örneğin maliyetler, karşı ortam etkileri, bu tekniklerin uygulanmasında dikkate alınan esas tercihler gibi,
- Genel anlamda, 2 (11) maddesine ve bu Direktif’in Ek.4 üne uygun olmak üzere, sektör için mevcut en iyi tekniklerin (BAT) ve bunlarla ilgili emisyon ve/veya tüketim seviyelerinin seçilmesi

Bu adımların her birinde ve bilgilerin buradaki sunumunda, uzman kuruluş European IPPC ve ilgili kurumu Technical Working Group’un (TWG) görüşleri anahtar rol oynamıştır.

Bu değerlendirmeler temelinde, teknikler ve mümkün olduğunca verilmeye çalışılan bununla ilgili emisyon ve tüketim değerleri, bu bölümde sunulmaktadır. Bu bilgilerin, bir bütün olarak sektöre uygun, çoğu zaman da sektör içindeki bazı tesislerin gerçekleşen performansını yansıttığı düşünülmektedir. Nerede, “Mevcut en iyi teknik”le bağlantılı olarak sunulan emisyon ve tüketim değerleri varsa, bunun, sektördeki uygulamaların, açıklanan tekniklerin bir sonucu olarak beklenebilecek bir çevre performansını temsil eden değerler olduğu anlaşılmalıdır. Burada hatırdan tutulması gereken şey, oluşan maliyetler ve avantajların farkı, BAT’ın tanımı içinde düşünülmelidir. Ancak, ne emisyon, ne de tüketim değerleri sınır değerler değildir ve bu şekilde anlaşılmalıdır. Bazı durumlarda, teknik olarak daha iyi emisyon veya tüketim değerlerini elde edebilmek mümkün olabilir, fakat maliyet nedeniyle veya karşı ortam etkisi nedeniyle, bütün sektör için uygun bir BAT tekniği şeklinde değerlendirilemeyebilir. Ama, bu tür değerlerin ,özel tercihlerin olduğu daha özel durumlarda geçerliliğinin olabileceği kabul edilebilir.

BAT ‘ın kullanımı ile gerçekleşen emisyon ve tüketim değerleri, içinde bulunulan özel şartlarla (örneğin : ortalamaların alındığı periyotlar) birlikte değerlendirilmelidir.

Yukarıda tanımlanan “BAT ile ilgili seviye” kavramı, bu dökümanda başka kısımlarda kullanılan “ulaşılabilir seviye” ifadesinden farklı anlaşılmalıdır.Özel bir teknik veya teknikler kombinasyonu kullanılarak elde edilen ve “Ulaşılabilir seviye” olarak tanımlanan seviyenin, sözkonusu teknikleri kullanan, bakımlı ve iyi işletilen bir tesiste veya proste, zamanın önemli bölümünde gerçekleşmesi beklenen değerler olarak anlaşılmalıdır.

Mümkün olduğu ölçüde, önceki bölümde sunulan tekniklerin anlatımları içinde maliyetlerle ilgili bilgiler de verilmeye çalışılmıştır. Bunlar, maliyet kapsamının büyüklükleri hakkında kaba fikirler verebilmektedir. Ancak, bir tekniğin uygulanmasının gerçek maliyeti, önemli oranda onun, örneğin, vergiler, ücretler, düşünülen yatırımın teknik özellikleri gibi özel şartlarına bağlı olduğu bilinmelidir. Bu türden, özel konularla ilgili tüm faktörlerin bu döküman içinde değerlendirilebilmesi mümkün değildir. Maliyetleri ilgilendiren verilerin elde edilemediği durumlarda, tekniklerin ekonomik uygulanabilirliği konusundaki yargılar mevcut tesislerdeki gözlemlere dayandırılmıştır.

Bu bölümde, “BAT”ın, mevcut bir tesisin performansının değerlendirilmesinde veya yeni bir tesis için yapılan önerinin değerlendirmesinde kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

Böylelikle, sözkonusu tesis için uygun BAT kriterlerine göre şartlar belirlenmesi mümkün olabilecektir. Öngörüler, yeni tesislerin, burada bahsedilen genel “BAT” seviyelerinden bile daha iyi performans verecek şekilde tasarımılandırılabilir. Mevcut tesislerin çoğunun da, zaman içinde, genel BAT seviyelerini yakalayacağı, hatta daha iyisini gerçekleştirebilecekleri gözönünde tutulmaktadır.

BREF, yasal olarak bağlayıcılığı olan standartlar değil, belirlenmiş tekniklerin kullanılması ile ulaşılabilecek emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında, endüstriye, üye devletlere ve kamuoyuna yol göstermek için bilgiler verir. Herhangi özel bir duruma uygun sınır değerlerin belirlenmesi için, IPPC Direktiflerinin gereklilikleri ile yerel etmenler dikkate alınmak durumundadır.

Yüksek fırınlar için, aşağıda belirtilen teknikler ve tekniklerin değişik bileşimleri BAT olarak değerlendirilmektedir. Bu tekniklerin öncelikleri ve sıralaması, yerel şartlara göre değişebilir. Aynı veya daha iyi bir performans ve etkinliği sağlıyorsa, başka herhangi bir teknik veya teknikler bileşimi de dikkate alınabilir; ki bu teknikler, gelişmekte olan veya yeni ortaya çıkmış, veya şu anda mevcut olup ta bu dökümanda sözedilmemiş, açıklanmamış teknikler de olabilir.

1. Yüksek fırın gazı geri kazanımı
2. Redükleyici maddelerin doğrudan enjeksiyonu ;
Örnek: 180 kg/t-pik oranında kömür enjeksiyonu halihazırda kanıtlanmış durumdadır, dahası bu oranın üzerinde enjeksiyon oranları da mümkün olabilir.
3. Önşartların sağlanması durumunda, yüksek fırın baca gaz basıncından enerji geri kazanımı
4. Sıcak sobalar,
 - toz <10 mg/Nm³ , NO_x < 350 mg/Nm³ (%3 O₂ konsantrasyonu ile bağlantılı olarak) emisyon değerlerine ulaşılabilir
 - Tasarım elveriyorsa enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir.
5. Katran içermeyen yolluk astar malzemelerinin kullanımı
6. Yüksek fırında etkin bir toz tutma ile gaz arıtımı

İri taneli maddeler, tercihan kuru ayrıştırma teknikleri kullanılarak giderilir (örneğin: saptırıcılar) ve tekrar kullanılmalıdır. Daha sonra ince taneli maddeler şu şekilde giderilir :

- Bir gaz yıkama sistemi, veya
 - sulu elektrostatik çökeltme, veya
 - aynı giderme etkisine sahip başka herhangi bir teknik
- Bu şekilde, parçacık madde konsantrasyonu 10 mg/Nm³ değerinin altına düşürülebilir.

7. Döküm hölünde toz tutma (döküm alma delikleri, yolluklar, curuf sıyırma, torpedo potası şarj noktaları):
Yollukların üstlerinin kapatılması suretiyle emisyonun minimize edilmesi ve yukarıda belirtilen kaynaklardan, emiş yaptırılarak tahliyesi, daha sonra da kumaş filtreler veya elektrostatik çökeltme ile temizlenmesi mümkün olabilmektedir. Toz emisyon konsantrasyon değerleri, 1 – 15 mg/Nm³ değerleri arasında sağlanabilmektedir. Emisyon kaçaklarına gelince; 5 – 15 g/t-pik değerlerine ulaştığı düşünülürse, duman kaçaklarının engellenmesinin önemi daha iyi anlaşılabilir. Azot kullanılarak dumanın baskılanması (özel koşullarda, örneğin döküm holünün tasarımının uygun olması ve azotun yeterli miktarda bulunması)
8. Yüksek fırın gaz yıkama sistemi atık suyunun arıtımı :
 - a. Yıkama atık suyunun mümkün olduğunca tekrar –tekrar kullanımı
 - b. Askıda katı maddenin çökeltilmesi (yıllık ortalama değerlerde askıda katı madde oranının 20 mg/l, günlük ortalama değerlerde 50 mg/l değerlerine ulaşılabilmiştir)
 - c. Çamurun hidrosiklondan geçirilmesi ; eğer tane dağılımı uygun bir seperasyona izin veriyorsa iri taneli kısmı daha sonra tekrar kullanılabilir.
- 9.) Curuf işlemlerinden çıkan emisyonu ve curuf arazi dolgusunu asgariye indirmek;
Pazar şartları uygun olduğu sürece, tercihen curufun tanelenmesi suretiyle işlem den geçirilmesi
Eğer kokunun azaltılması isteniyorsa, dumanın yoğunlaştırmadan geçirilmesi
Curufun bir çukurda oluşturulması durumunda, mümkün olduğunca ve yeterli alan bulunuyorsa, su kullanılarak yapılan harici soğutmadan kaçınılması
10. Katı atık veya yan ürünlerin asgari düzeyde tutulması
Katı atıklar için, aşağıda belirtilen tekniklerin, azalan önem sırası ile, BAT uygulaması olduğu kabul edilir :
 - a. Katı atık oluşumunu en aza indirmek
 - b. Katı atık veya yan ürünlerden, tekrar kullanım veya geri kazanım şeklinde, etkin olarak yararlanılması, özellikle yüksek fırın gaz arıtımından ve döküm holü toz tutmasından çıkan iri taneli tozların geri dönüşümü, curufun tamamının tekrar kullanılması (örnek: çimento endüstrisi veya yol yapımı)
 - c. Kaçınılamayan atıkların/yan ürünlerin kontrollü bertarafı (Yüksek fırın gaz arıtımından çıkan ince çamur, bir kısım moloz)

Prensip olarak , 1 – 10 . maddelerde listelenen konular, bahsedilen önşartlar yerine getirilir ve önsözde belirtilenler dikkate alınır, yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilecek tekniklerdir .

7.5 Yeni ortaya çıkan teknikler ve gelecekteki gelişmeler

Demir üretiminde yüksek fırın yöntemi temel proses olmasına karşın, şu anda başka bazı teknikler de geliştirilmiş durumdadır ve bunlardan biri (Corex) ticari olarak uygulamaya girmiştir.” Ergitme ve İndirgeme” adı verilen bu teknikler yakıt olarak kok yerine kömür kullanmaktadır. Yeni tekniklerin bir bölümü de, pelet ve sinter yerine pulverize demir cevheri kullanmaktadır. Eğer bu tekniklerin güvenilir, kaliteli ve ucuz üretim sağlayabileceği kanıtlanırsa, ham demir üretiminin görünüşü çok önemli bir biçimde değişikliğe uğrayacaktır. Bu teknikler aşağıda daha detaylı olarak açıklanmaktadır.

Bu gelişmelerle birlikte, dünyada yüzlercesi çalışmakta olan yüksek fırınlar, hala ham demir üretiminde belirleyici durumda olan ana ünitelerdir. Yüksek fırınların tarihi oldukça uzundur. Yeni modern yüksek fırınlar verimlilikleri yüksek, enerjiyi etkin kullanan fırınlardır. Tuyelerden karbon enjeksiyonu, yüksek fırın işletme pratiğinde, yeni, hız kazandıran teşvik edici bir unsur olmuştur. Oksijen-kömür tekniklerindeki gelişmeler, gelecekte yüksek fırın operasyonlarına yeni imkanlar sunacak konulardan biridir.

Yüksek oksijen – kömür teknikleri

Tanım : Kömür enjeksiyonu, eğer bir karşı tedbir alınmıyorsa, sıcaklık yükselmesini engelleyen bir etki yaratma eğilimindedir. Bu durumda, yüksek oranda kömür kullanımı, yanmayı olumsuz etkiler ve kömürden sağlanacak fayda azalır. Kömürden etkin bir şekilde yararlanmayı ve kok yerine ikame edebilecek ürünlerin kullanımını teşvik edebilmek için, uygun koşullarının bakımına izin verebilmek amacıyla, kömür enjeksiyon miktarı artırıldıkça, aynı şekilde, ya fırın sıcaklıklarının artırılması yada fırın içindeki oksijen miktarının artırılması zorunludur.

Klasik , Rejeneratif sobalarda, fırının ısıtılması işlemi, mühendislik kriterleri nedeniyle 1200 oC ile sınırlandırılmıştır. Bu sıcaklık seviyeleri, 150 kg/t-pik oranında kömür enjeksiyonuna imkan vermektedir.

Daha yüksek kömür enjeksiyonu yapabilmek için kullanılan iki metod vardır.

1. Elektrikle güçlendirilmiş plasma superısıtma kullanılarak daha yüksek blast sıcaklıklarının sağlanması

Bu yöntem, sadece elektriğin ucuz olduğu bölgelerde ekonomik olabilir. Nükleer enerji üretimi sayesinde, ucuz elektrik enerjisi tedarikinin mümkün olduğu Fransa'da bu konuda test çalışmaları yapılmaktadır. .

2. Blast'a oksijen ilave edilmesi

Blast sobasına girmeden önce, hava ayırıştırma tesisinden gelen oksijen, blastın içine ilave edilerek oksijen zenginleştirilmesi yapılabilir, veya tuyelerden kömür ile birlikte enjekte edilebilir. (Oksi-kömür enjeksiyon) .

Sıcak sobadan önce oksijenle zenginleştirme, bir takım mühendislik ve emniyet sorunları yaratabileceğinden, oksijenin tuyelerden enjeksiyonu tercih edilir.

Temel başarı : Yüksek miktarda oksijen zenginleştirilmesi yapılmış blast kullanılarak, teorik olarak 400 kg/t-pik oranına kadar kömür enjeksiyonu mümkündür. Bu durumda, üfleme havasının %30 oksijenle zenginleştirilmesi (toplam %51) gereklidir. Böylelikle, mevcut kullanımlarla karşılaştırıldığında, kok tüketimi önemli ölçüde azalmaktadır.

Durum : Yüksek fırınlarda, pilot çalışmalar ve test çalışmaları yapılmış durumdadır. Buna göre, prensip kanıtlanmış durumdadır. Yapılan denemelerde, fırın işletme şartlarının kararlı olduğu ve kömürün yeterli gazlaşmayı sağladığı şartlarda, mümkün olan en yüksek girdi miktarları hedeflenmektedir.

Referans literatür : (Campbell,1992; Ponghis ,1993)

İçten yanma odalı Sıcak Sobalardan CO emisyonunun azaltılması

Tanım : Bölüm 7.1.2 de, sıcak sobaların iç ve dış yanma odalı, iki temel tasarımı açıklanmaktadır. İç yanma odalı sıcak sobalarda, refrakterdeki çatlaklardan sızmalar nedeniyle, CO emisyonu oldukça yüksektir. (Şekil 7.2.2.1.1). Bu kaçaklar bir yerde kaçınılmazdır ve sonuçta yanmamış gaz emisyonuna neden olmaktadır. Fakat, refrakterin yapım aşamasında, uygun kalitede sac plakalar yerleştirilmek suretiyle bu kaçakların oluşumunu engellemek mümkündür.

Ulaşılan emisyon seviyesi : Çatlakların yarattığı etki (CO emisyonu) önemli ölçüde azaltılabilir. Sac plakaların yerleştirilmesinden önce ve sonra gerçekleşen değerler ile ilgili henüz bir veri oluşmamıştır.

Durum : Bu tedbir bir yüksek fırın tesisinde uygulamaya alınmıştır.(EU 15)

Curuf ısısından geri kazanım :

Tanım : Yüksek Fırından alınan sıvı curuf önemli miktarda ısıya sahiptir. Curufun sıcaklığı 1450oC civarındadır ve modern yüksek fırınlarda her bir ton pik üretimi için yaklaşık 250 – 300 kg curuf ortaya çıkmaktadır. Dünyada, bu ısıdan ticari anlamda yararlanmayı sağlayan bir teknik henüz bulunmamaktadır. Bu, esas olarak, güvenli, güvenilir, enerji verimini sağlayan, aynı zamanda curuf kalitesini etkilemeyen, bir sistemin geliştirilmesindeki teknik güçlüklerden kaynaklanmaktadır.

Enerji tasarrufu : Tahmini tasarruf 0,35 GJ/t-pik ‘tir.

Durum : Birtakım testler yapılmış durumdadır, ancak curuftan ısı geri kazanımı, yakın gelecekte ticari ölçekte uygulanabilir bir duruma gelecek gibi gözükmemektedir.

Referans Literatür: (InfoMil , 1997)

8. BAZİK OKSİJEN ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ

Çelik üretiminde hava yerine oksijen kullanımı Henry Bessemer tarafından önerilmiştir. 1950’den beri özel üretim metodlarına bakmaksızın çelik üretiminde oksijen kullanılmaktadır. Endüstriyel boyutta bazik oksijen fırınlarının (BOF) uygun maliyetli kullanılması için kullanılacak teknik saf oksijenin gerekli tonajının, konverterler için kullanılan su soğutmalı lans teknolojisinde olduğu gibi önceden bilinmesi gerekiyordu.

BOF (oksijen konverteri) ilk olarak 1953’te Linz’de üretime başlamıştır.

BOF prosesi ve elektrik ark fırını (EAF), Thomas prosesi ve open-heart prosesi (Bessemer, Siemens-Martin) gibi düşük enerji verimli prosesler ile yer değiştirmiştir. AB ülkelerinde son Siemens-Martin fırını 1993’ün sonunda işletmeden kaldırılmıştır. BOF ve elektrik ark fırını AB’de kullanılan sadece iki üretim yöntemi olmuşlardır. Üretim 2/3’ü BOF prosesi, 1/3’ü ise EAF ile gerçekleştirilmektedir (AB 15 1996 – Bknz. Şekil 1.2).

Şekil 8.1’de sıcak metalin bazik oksijen fırınına şarj anı görülmektedir.



Şekil 8.1 : Sıcak metalin şarjı sırasındaki bazik oksijen fırını

8.1. Uygulanan Prosesler ve Teknikler

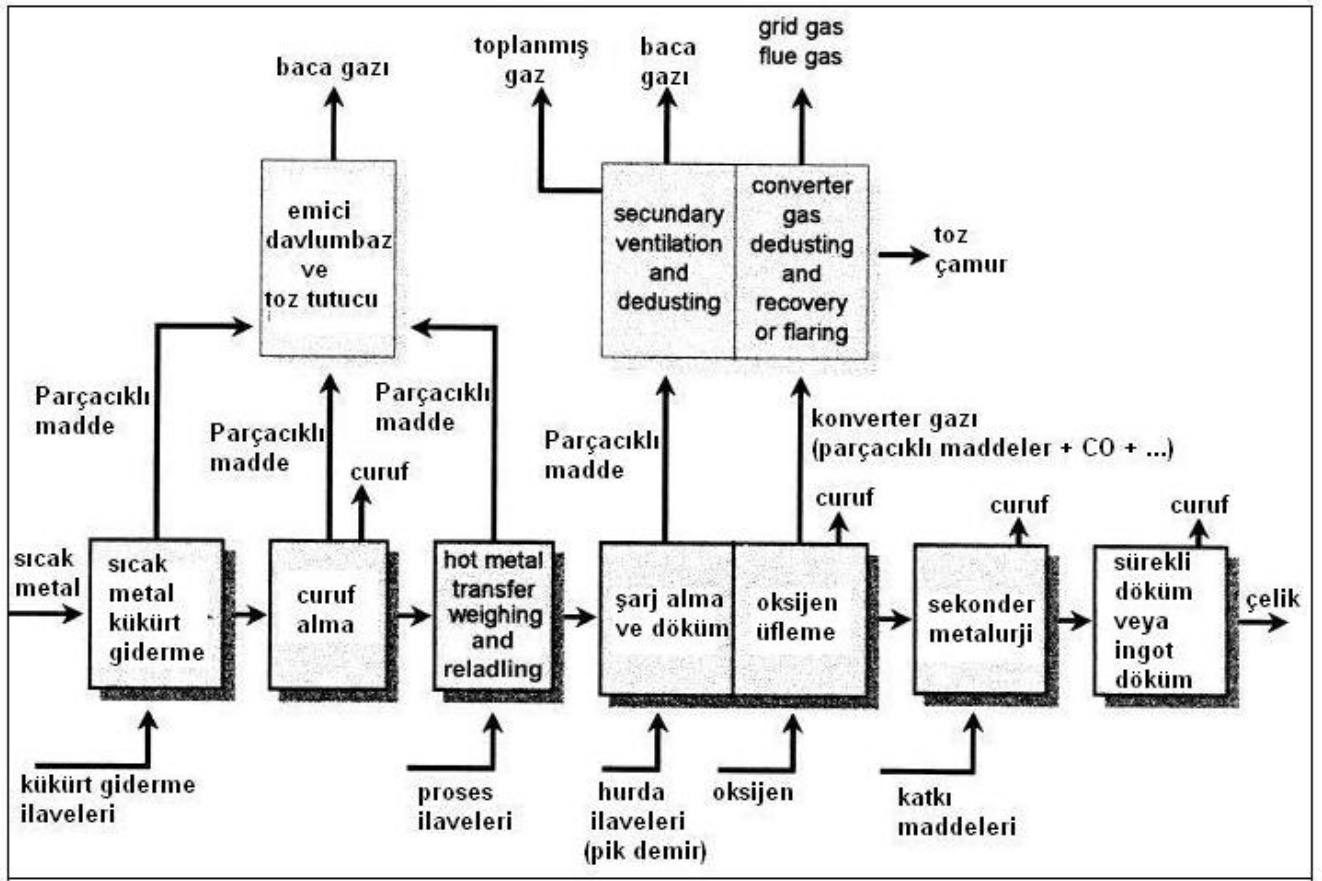
Oksijen ile çelik üretiminde amaç, beslenecek hammadde içerisindeki istenmeyen empüritelerin yakılmasıdır (örneğin; oksitleme). Oksitlere dönüştürülen başlıca elementler, karbon, silisyum, magnezyum, fosfor ve kükürttür. Bu oksidasyon prosesinin hedefi şu şekildedir:

- Karbon içeriğini istenen seviyelere indirmek (yaklaşık %4'ten %1'in altına)
- İstenen ilave elementlerin içeriğini ayarlamak
- İstenmeyen empüriteleri mümkün olan en iyi seviyeye indirmek

BOF prosesi ile çelik üretimi sürekli olmayan bir prosestir ve aşağıdaki aşamaları içermektedir:

- Sıcak metali transfer etmek ve depolamak
- Sıcak metale ön işlem yapmak (desülfürizasyon)
- BOF içerisinde oksidasyon (dekarbürizasyon ve empüritelerin oksitlenmesi)
- Sekonder metalurji uygulaması
- Döküm (Sürekli döküm ve/veya ingot döküm)

Proses aşamaları ve emisyon oluşumu Şekil 8.2'de özetlenmiştir.



Şekil 8.2. Oksijen üretim aşamaları ve emisyon kaynakları

8.1.1 Sıcak Metalin Transferi ve Depolanması

Yüksek fırından gelen sıcak metal çelikhaneye transfer arabaları veya torpedo potalar ile getirilmektedir. Potalar, çelik ile refrakter malzeme arasında ilave bir izolasyon kaplaması ile birlikte, korund mullit, boksit veya dolomit tuğlalar ile örülmüştür. Raylar üzerinde hareket eden bir sıcak metal karıştırıcısı olan torpedo pota, en yaygın sistem haline gelmiştir. Karıştırıcı alet her iki taraftan da desteklenebilir ve içeriğini boşaltacak şekilde çevrilebilir. Torpedo potalar genellikle 100 ile 300 ton kapasiteye sahiptir ve en büyük kapasite 400 ton civarındadır. Torpedo potanın tasarımı, ısı kayıplarını minimize etmektedir. Sıcak metal karıştırıcısı olarak torpedo pota çiftleri, ayrı bir sıcak metal depolama sistemine ihtiyaç duymamaktadır.

Normal kullanımda torpedo pota servis ömürleri 150.000 ile 400.000 ton arasında değişmektedir. Torpedo pota içerisinde gerçekleştirilen kükürt giderme işlemi, re-linings arasındaki devirde potansiyel kullanımını azaltır ve refrakter malzeme seçiminde özel dikkat gösterilmesini gerektirir.

Sıcak metal open-top pota içerisinde nakledilirken, bazı durumlarda karıştırıcılarda depolanmış halde olabilir. Karıştırıcılar, rekraktör tuğlası ile astarlanmış ekseni üzerine dönebilen dikey çelik konteynerlerdir. Bireysel yüksek fırın ısıısının kimyasal kompozisyonunu eşitlemek ve homojen bir sıcaklık sağlamak amacıyla, yüksek fırın ve çelik

üretim tesisindeki üretim dalgalanmalarını telafi etme işlevi görmektedirler. Modern sıcak metal karıştırıcılarının kapasiteleri, 2.000 tona kadar çıkmaktadır.

8.1.2 Sıcak Metal Ön İşlemleri

Sıcak metalin klasik ön işlem kademeleri aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

- Kükürt Giderme
- Fosfor Giderme
- Silisyum Giderme

Avrupa'da kükürt giderme işlemi, sadece sıcak metal BOF prosesi için hazırlandığı zaman yapılmaktadır. Fosfor ve silisyum giderme işlemleri, öngörülen gelecekte pahalı ve karmaşık proses teknolojileri içermektedir.

Gelişmiş yüksek fırın metalurjisi ve redüksiyon elementleri yolu ile kükürt içeriğinin indirilmesi daha düşük kükürt seviyelerine sahip sıcak metal elde edilmesini sağlamaktadır. Bugün konvertere şarj edilecek sıcak metalin belirlenmiş kükürt konsantrasyonları (0,001 ile 0,020% arası), yüksek fırından ayrı bir yerde sıvı metalin kükürt giderme işlemlerinin yapılması ile ayarlanmaktadır. Kükürt gidermenin harici şekilde yapılması ile, çevre koruması anlamında kazançlar sağlamaktadır. Upstream yüksek fırın prosesi ile sinter ve kok tüketimi azalmakta, çelikhane cürufu ve sıcak metal verimi düşmekte, metalurjik curuf kalitesi gelişmekte, refrakter malzemelerin ömürleri artmakta ve oksijen tüketimi azalmaktadır.

Bilinen Kükürt giderme elementleri, kalsiyum karbür, kostik soda, soda külü, kireç ve magnezyum içeren malzemelerdir. Soda ile kükürt giderme düşük ergime sıcaklığı ve sıcak metal ile kolay karışım özelliği sayesinde, basit bir süreçtir. Bu yöntemin olumsuz yönleri arasında ise, düşük belirgenlik ile birlikte üretilen soda cürufu için atma yolunun bulunma gerekliliğidir. Bu curufların kükürt içeriği 1 ile 15%, Na_2O içeriği ise uygulanan prosese göre farklılık göstererek 5 ile 40% arasında değişebilmektedir. Soda curufunun işletme içinde geridönüşümü yüksek alkali içeriği sebebi ile pratik bir çözüm değildir. Maliyet etkili alternatif bir proses günümüze kadar henüz bulunamamıştır. Yere döküldüğünde, içerisinde su bulunması nedeniyle, sodyum sülfat, sodyum hidroksite solüsyonuna ve hidrojen sülfüre dönüşmektedir. Soda külü kullanımı sınırlandırılmıştır. Curuf sıyırma sırasında sınırlı miktarda soda külü kullanılabilir.

Avrupa'da kullanılan en yaygın sıcak metal kükürt giderme metodu kalsiyum karbür esaslıdır. Bu method atık ve hava kalitesi idaresi sebepleri ile soda prosesi yerine kullanılmaktadır. Kalsiyum karbür, magnezyum ve kireç karışımı kullanılarak, ilk kükürt değeri ne olursa olsun 0,001% final kükürt değerlerine ulaşmak mümkündür. Kükürt giderme elementlerinin oldukça düşük egzoz gazı ve bu ajanların sıcak metalle hassas karıştırılması gerekmesi nedeni ile dezavantajlar yatmaktadır. Bu prosesin özel bir yararı da kolay ufalanabilir curuf meydana gelmesidir. Kalsiyum karbür ile birlikte magnezyum kullanımı, tek başına kalsiyum karbür kullanımı kadar yaygındır. Diğer kükürt giderme elementleri ise kireç tozu, doğalgaz ile kireç karışımı ve magnezyumdur.

Kükürt giderme prosesi birkaç farklı metod ve sistem ile gerçekleştirilmektedir. En yaygın uygulama yerleri

- Yüksek fırın launder'da
- Döküm akışında
- Transfer potasında, veya

- Amaca göre dizayn edilmiş metalurjik kazanlardır.

Pota içinde kullanılan bilinen kükürt giderme ekipmanları, daldırma lansı, sifon pota, dönen ve asilasyon hareketi yapan kazanlar ve çalkalama ekipmanlarıdır. Kalsiyum karbür en yaygın olarak daldırma lansı ve karıştırma metodu ile birlikte kullanılır. Magnezyum daldırma lansı yardımı ile toz halinde taşıyıcı gaz formunda ilave edilmektedir. Kükürt giderme prosesi ayrı bir işlem istasyonunda yapılmaktadır.

Bir uygulama örneği şu şekildedir: kükürt giderme elementi lans ile ve azot yardımıyla sıcak metal içine üflenmektedir. Curuf içinde bağlanan kükürt sıcak metal üst kısmına doğru yüzmektedir. Daha sonra curuf, curuf ayırma istasyonunda atılır ve sıvı demir potadan tartım çukuruna beslenir. Eğer gerekli ise, proses elementleri bu kısımda ilave edilebilmektedir. Bazı durumlarda ikinci bir curuf alma işlemi de burada curuf kazıyıcıları kullanılarak yapılabilmektedir.

8.1.3 BOF'da Oksidasyon

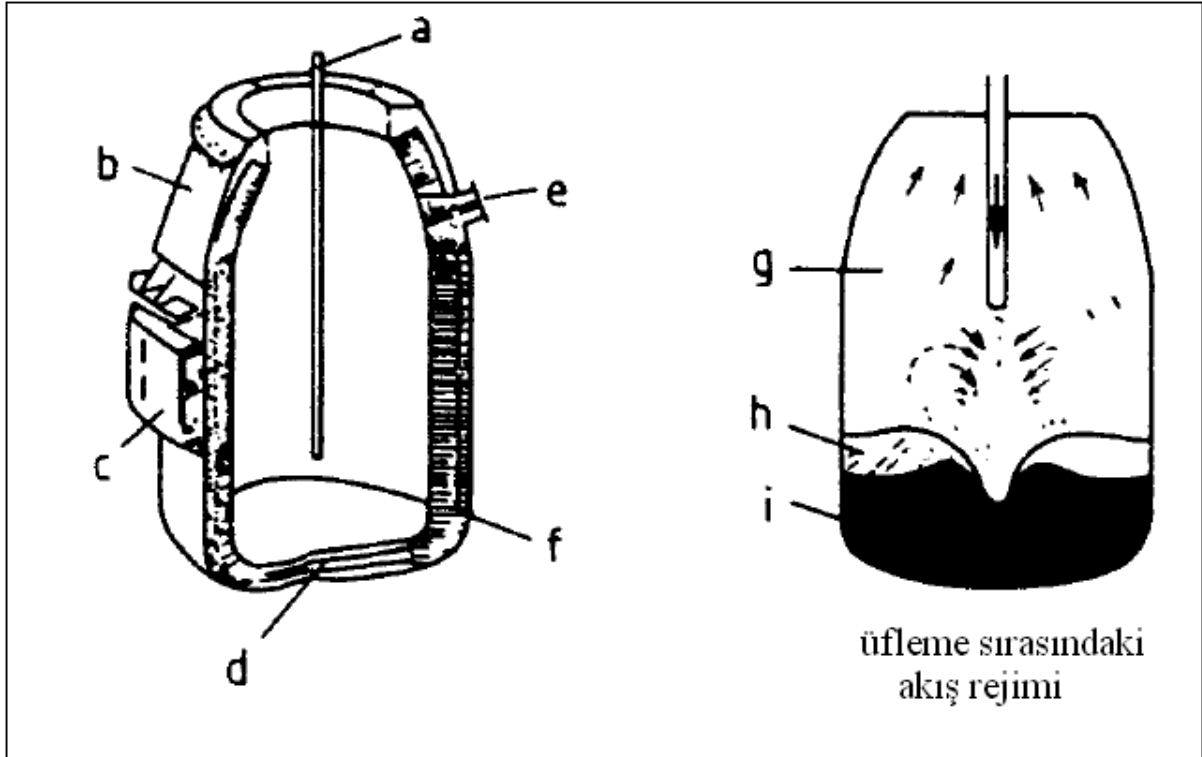
Yukarıda bahsedilen konulara göre, istenmeyen empüriteler oksitlenir ve çıkan gaz veya curufla atılır. Şekil 8.3 BOF'nda meydana gelen oksidasyon proseslerini listelemektedir. İstenmeyen empüriteler çıkan gazlar veya sıvı curufla atılmaktadırlar. Sıcaklığı yükseltmek ve ergitmeyi sağlamak amacı ile gerekli enerji ekzotermik reaksiyonlar yardımı ile sağlanmaktadır. Bu nedenle ısıyı dengelemek amacı ile ilave edilmek zorunda olan cevher veya hurda için de ayrıca bir ısı girişine ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı BOF veya diğer üfleme proseslerinde, tüyere coolant olarak hidrokarbon gazları (örneğin doğalgaz) enjekte edilmektedir.

Karbon eliminasyonu	$[C] + [O]$ $[CO] + [O]$	$\leftrightarrow CO$ (off-gas) $\leftrightarrow CO_2$ (off-gas)
İz ve eşlik eden elementlerin oksidasyonu		
- Silisyum giderme	$[Si] + 2[O] + 2(CaO)$	$\leftrightarrow (2CaO \cdot SiO_2)$
- Mangan reaksiyonu	$[Mn] + [O]$	$\leftrightarrow (MnO)$
- Fosfor giderme	$2[P] + 5 [O] + 3 [CaO]$	$\leftrightarrow (3CaO \cdot P_2O_5)$
- Kükürt giderme	$[S] + [CaO]$	$\leftrightarrow (CaS) + [O]$
Oksijen giderme		
Kalıntı oksijenin ferro-silise atılması	$[Si] + 2[O]$	$\leftrightarrow (SiO_2)$
Aluminyum	$2[Al] + 3[O]$	$\leftrightarrow (Al_2O_3)$
Not : [] demir içinde çözünme () curuf içinde çözünme		

Şekil 8.3 : Oksidasyon prosesi süresince meydana gelen kimyasal reaksiyonlar

Bazık oksijen fırını (BOF) yarı sürekliliği olan bir işlemdir. Proseste meydana gelen aşamalar şu şekildedir: pik demir ve hurdanın şarj edilmesi, oksijen üfleme, numune alma ve sıcaklığın kaydedilmesi ve döküm almadır. Modern bir çelik fabrikasında, 30-40 dakikada bir yaklaşık 300 ton çelik üretilmektedir. Proses süresince, çelik kalitesini ayarlamak ve curuf oluşturmak için katkı malzemeleri ilave edilmektedir. Şarj etme ve döküm alma süresince, konverter yana yatırılmaktadır. Oksijen üfleme esnasında ise konverter dik konumda tutulmaktadır.

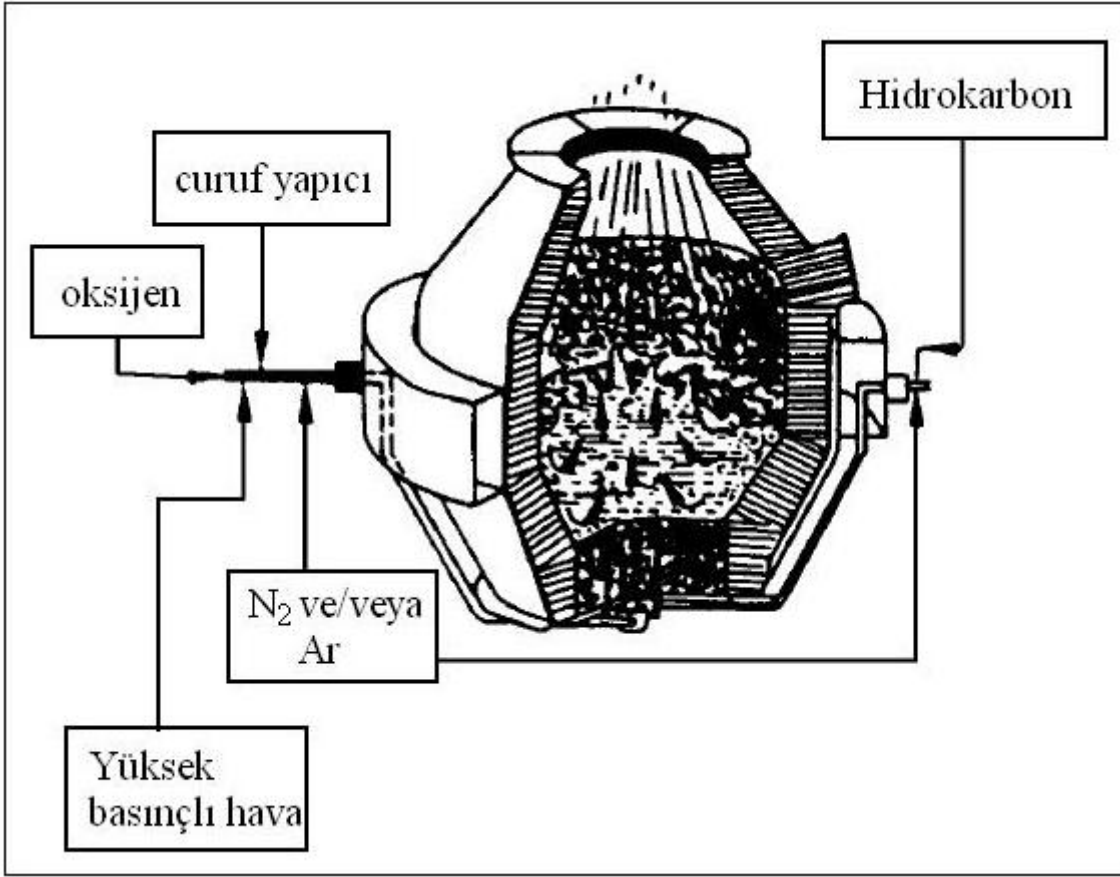
Bazık oksijen çelik yapımı prosesinde kullanılan birçok reaktör bulunmaktadır. En yaygın kullanılan tip düşük fosfor içeren pik demir üretimi için kullanılan LD (Linz-Donawitz) konverteridir. Yüksek fosfor içeren durumda modifiye edilmiş bir proses kullanılmaktadır (LD/AC process = Linz-Donawitz / Arbed-CRM- prosesi). Konverter armut şeklindedir, alt kısmında su soğutmalı oksijen lansı bulunan reaktör içi refrakter ile örülmüştür. Bu lansın içinden pik demire, hava ayrıştırma istasyonundan (oksijen tesisi) gelen saf oksijen (>%99) üflenmektedir.



Şekil 8.4 : Üstten üfleli (Top – blown) oksijen konverteri – [Ulmann, 1994]

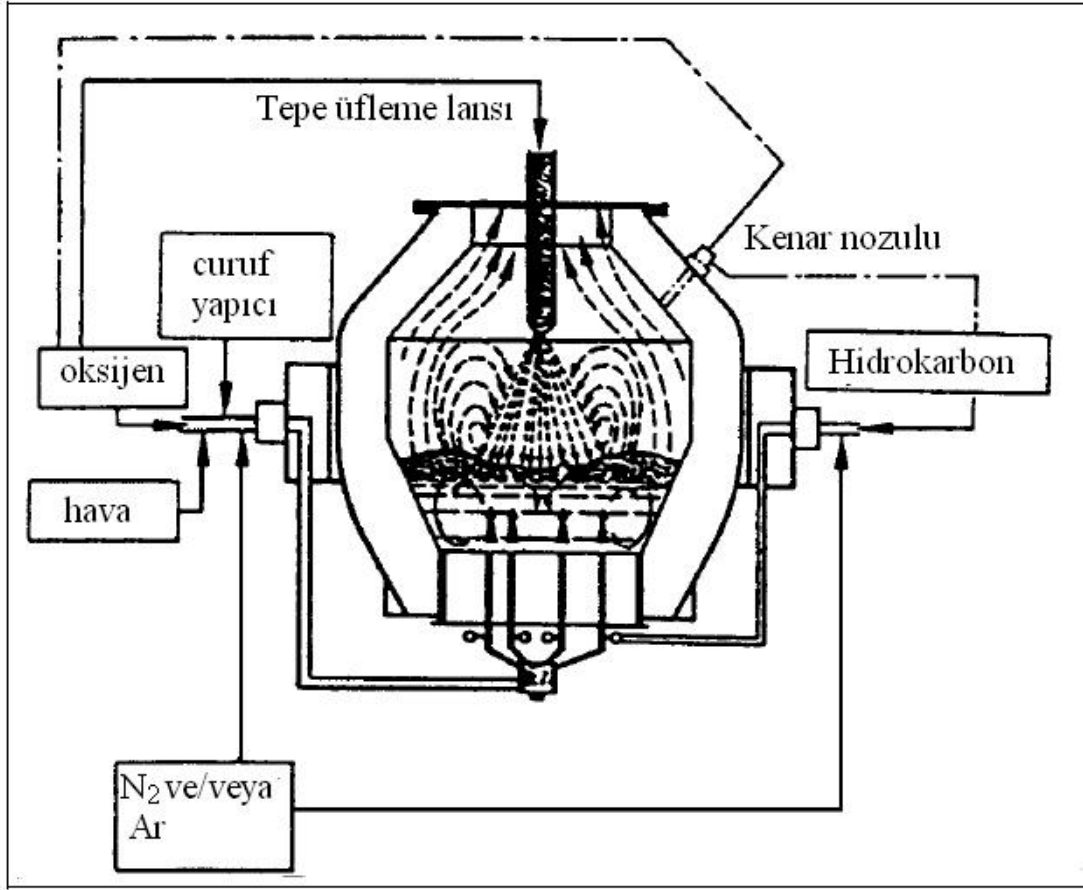
a - oksijen lansı; b – konverter üstü; c – destek ringi; e – döküm deliği; f – refrakter tabakası; g – gaz boşluğu; h – curuf tabakası; i – ergimiş metal

Diğer tip çelik üretim reaktörleri, OBM (Oxygen-Bottom-Maxheutte prosesi) veya BOP prosesi ve LWS (Loire-Wendel-Sprunch prosesi) prosesidir. Bu prosesler LD konverterine göre farklıdır. Fırın tepesinden lans içinden oksijen üflenmesi yerine, oksijen ve curuf yapıcılar fırın tabanında bulunan daldırma tüyereleri içinden üflenmektedir.



Şekil 8.5 : OBM konverterinin kesit görünümü – [Ullmann, 1994]

Bu konverterlerde oksijen alttan enjekte edilmekte, hidrokarbonlar ile soğutulan tüyereler içinden eriyiğe üflenmektedir. Kombine edilmiş üfleme teknikleri de geliştirilmiştir. Gerektiği zaman, prosesin belirli fazlarında argon (Ar) veya azot (N_2) gazları ile altta bulunan gözenekli tuğlalar içinden karıştırma yapılma sureti ile geliştirilmiştir. Üfleme prosesi süresince alternatif olarak saf oksijen ve diğer gazların enjekte edilmesi için alt tüyerler de kullanılabilir. Bu da ergimiş çeliğin daha hassas sirkülasyonunu sağlamak ve sıvı metal ile oksijen arasındaki reaksiyonları iyileştirmektedir. En sık rastlanan tipler LBE prosesi (Lance-Bubbling-Equilibrium proses) ve TBM prosesi (Thyssen-Blowing-Metallurgy prosesi)'dir (Bakınız Şekil 8.6). Özel bir versiyon olan KMS prosesinde (Klöckner-Maxhütte çelik yapım prosesi) oksijen kireç ve kömür ile birlikte alttan üflenmektedir.



Şekil 8.6 : Üstten üfleme lansı veya kenarlardan tüyerler ile kombine edilmiş kombine üfleme tekniği – [Ullmann, 1994]

Tablo 8.1 proses tiplerine göre AB’de kullanımda olan oksijen konverter tiplerini göstermektedir. LD-prosesi en hakim prosesdir.

Proses		Oranlanmış Kapasite [1000 t/yıl]
LD	17	12.400
Alttan karıştırmalı LD	44	64.960
LBE	22	27.550
OBM	5	2.780
K-OBM	1	2.200
EOF	1	400
LWS	2	2.900
Toplam	92	11.3210

Tablo 8.1 : AB’de işletmede olan bazik oksijen fırınlarının (oksijen konverterleri) tür, sayı ve kapasite oranları.

Oksijen tüketim miktarı, sıcak metalin kompozisyonuna bağlıdır (örneğin C, Si, P içeriği). Ergimiş metalden numune alınarak çelik üretim prosesi ilerlemektedir. Modern tesislerde numune alma oksijen üflenmesi kesilmeden daldırma lansları ile gerçekleştirilmektedir. Aynı sonuçlar proses prosedürlerinin standartlaştırılması ile ve/veya uygun dinamik modelleme ve monitörleme metodları ile de elde edilmektedir. Bu tarz işlemler konverter devirme işlemi sırasında devamlı kalite ve üretkenliği ve gaz emisyonunu azaltma imkanı sağlamaktadır. Çelik istenen kaliteye geldiğinde, oksijen üfleme durdurularak, ham çelik potaya alınmaktadır. Ergimiş çelik sekonder metalurji işlemlerinden sonra döküm makinesına transfer edilmektedir.

Oksidasyon reaksiyonları ekzotermik olduğundan ergimiş demirin sıcaklığı yükselmektedir. Hurda, pik demir ve diğer soğutma elemanları ilave edilmekte ve reaksiyon soğutularak yaklaşık 1600-1650 °C’de sıcaklık korunmaktadır. Genellikle, konvertere %10-20 oranında hurda şarj edilmekte olup % 40 hurda oranını da kullanılmaktadır. Şarj edilecek hurda miktarı, pik demire uygulanan ön işlem ve istenen sıvı çelik döküm sıcaklığına göre değişmektedir. [UBA Comments, 1997]. Hurda piyasasındaki değişimler ve istenen çelik speifikasyonları da etkili olmaktadır.

Oksijen üfleme sırasında ortaya çıkan gazlar (konverter gazları) büyük miktarda karbonmonoksit içermektedir. Birçok çelik üretim işletmelerinde, ölçümler konverter gazların geri dönüşümü ve bir enerji kaynağı olarak kullanılması amacı ile yapılmaktadır. Hem “açık yanma” hem de “kontrollü yanma” sistemleri kullanımdadır. Açık yanma sistemlerinde hava konverter baca gazlarının boru kanalından verilmekte ve karbonmonoksit yakılmaktadır. Daha sonra bir atık ısı kazanında yapılan geridönüşüm esnasında ısı ortaya çıkmaktadır. Kontrollü yanmada ise, oksijen üfleme sırasında konverter ağızına bir etek indirilir. Böylece ortam oksijeni baca gazı boru kanalına giremez ve karbonmonoksit yanması önlenmiş olur. CO’ce zengin baca gazları toplanabilmekte, temizlenip depolanarak yakıt olarak kullanılabilir. Bastırılmış yanmanın en önemli avantajı, yanma olmadığı için daha küçük gaz akışı meydana gelmekte ve ayrıca hava-azot ilavesi gerekmemektedir. Oksijen üfleme hızı arttırılabildiğinden daha yüksek üretkenlik elde edilebilmektedir.

Oksijen ile çelik üretim prosesi, sıcak metal ve hurda şarjı, üfleme ve sıvı çelik ile curuf dökümü süresince dikkate alınabilir miktarlarda parçacıklı maddeler ortaya çıkarmaktadır. AB’deki bütün çelik fabrikalarında bu parçacıklı maddelerin emisyonunun azaltılması için ölçümler alınmaktadır.

Oksijen ile çelik üretim prosesi süresince curuf oluşmaktadır. Curuf kontrolü sıvı metal içerisinde istenmeyen maddelerin azaltılması için tasarlanmıştır ve böylece daha sonraki proses aşamalarında yüksek kalite elde edilebilmektedir.

Genellikle, metalik demir manyetik ayırma ile ayrıldıktan sonra curuf soğutularak kırılmaktadır. Curuf teknik özellikleri nedeni ile, hidrolik ve inşaat mühendisliğinde kullanım alanı bulmaktadır.

Yapısı nedeni ile, LD curufunun aşınma direnci yüksek olduğundan yol yapımında kullanılmaktadır [Köller, 1995]. Ayrıca diğer kullanım alanları da mevcut olup arazi doldurma ile de elden çıkarılabilmektedir.

8.1.4 Sekonder Metalurji

Konverter içindeki oksidasyon prosesini çeşitli metalurjik işlemler takip etmektedir. “İkincil metalurji” denilen bu uygulamada istenen kalite özelliklerine cevap olarak geliştirilmiş ve konverterden ayrı bir yerde metalurjik rafinasyon prosesi olarak önemli ölçüde üretkenlik arttırılmıştır. Sekonder metalurjinin ana hedefleri şu şekildedir:

- Karıştırma ve homojenleştirme
- Analiz toleranslarına yakın kimyasal kompozisyonun ayarlanması
- Döküm prosesi için sıcaklığın ayarlanması
- Oksijen giderme
- Hidrojen ve azot gibi istenmeyen gazların uzaklaştırılması
- Metalik olmayan inklüzyonların uzaklaştırılması ile oksit temizliğin sağlanması

Şekil 8.7’de sekonder metalurji işlemlerinin genel görünümü verilmektedir. Bu aşamalar pota veya pota ocağında, vakum sisteminde veya istenen şekilde dizayn edilmiş fırınlarda gerçekleştirilmektedir.

Curuf kaçmasını önlemek	
Karıştırma/Homojenleştirme /Katkı maddeleri	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>gaz üfleme</p> <p>gaz üfleme tuğlası</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>lans</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>elektromanyetik</p> <p>bobin</p> </div> </div>
Katkı maddelerin enjeksiyonu	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>alaşımlandırma ilaveleri</p> <p>Gaz</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Toz / Gaz</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Tel</p> <p>Gaz</p> </div> </div>
Vakum işlemi	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Potada Gaz giderme</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>RH / DH</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>VOD</p> </div> </div>
Isıtma	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Pota Ocağı</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>VAD</p> </div> </div>
Akış koruma pota/tandis	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Gaz</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Gaz</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Gaz</p> </div> </div>
Sürekli dökümde elektromanyetik karıştırma	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>MS</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>EMBR</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>SS / FS</p> </div> </div>

Şekil 8.7 : İkincil metalurji işlemlerinin genel görünümü

Sekonder metalurjide vakum uygulaması önemli bir aşamadır. Bu işlem 50Pa vakum altında hidrojen, oksijen, azot veya kalıntı karbon konsantrasyonlarının çelikten uzaklaştırılması için yapılmaktadır. Bu işlemin amacı dekarburizasyon ve oksijen üfleme sırasında ergimiş çelikten döküm içerisinde çözünen gazların uzaklaştırılmasıdır. Bu nedenle, 10 mbar basınca inilerek, oksijen ve azot miktarları kütlece sırası ile %0,0002 ve %0,005 miktarlarına indirilebilmektedir. Günümüzde, vakum uygulama işlemleri, alaşımlanmamış çeliğin oksijen ve karbonun giderilmesi, krom alaşımlı kalitelerin karbonunun giderilmesi, kükürt ve inklüzyonların uzaklaştırılması, çeşitli alaşımlandırma işlemleri, homojenleştirme, sıcaklık kontrolü ve reoksidasyonun önlenmesi gibi işlemleri kapsamaktadır.

Vakum metalurjisi gelişmiş temizlik, daha düşük gaz içeriği ve dar alaşımlandırma toleransı imkanlarına ulaşmayı sağlamaktadır.

Aşağıdaki vakum işlem metotları uygulanır:

- Potada veya tankta gaz giderme
- Sirkülasyon ile gaz giderme

Bunlardan sirkülasyon ile gaz giderme, diğer metot (potada gaz giderme) tekrar yaygınlaşmaya başlamasına rağmen, günümüzde en çok uygulanan prosestir.

Potada gaz alma metodunda içinde oksitli metal bulunan pota, vakum uygulanan bir kaba yerleştirilir. Uygulanan ilave enerji ,reaksiyon hızlarının artışı ve banyodaki istenmeyen bileşiklerin konsantrasyonunun azalmasını sağlar. Bu hareket pota tabanındaki gözenekli bir veya iki tuğladan verilen argon gazıyla,sıvı metali lensle homojen duruma getirerek veya endüktif karıştırma prosesi ile oluşturulur.

Gerektiğinde döküm sıcaklığını ayarlamak için yüksek saflıkta hurda(soğutucu) veya dökümün kimyasal kompozisyonunun hassas ayarı için alaşım elemanları ilave edilebilir. Kullanılan alaşım elemanları katı parçalar halinde, tel içinde enjeksiyonla veya lensle toz halinde döküme ilave edilir. Karıştırma işleminin sonlarına doğru oksijen seviyesi özel kartuşlar yardımı ile tespit edilip gerekli deoksidantlar katılabilir. Proses sırasında oluşan toz ve gaz karışımı duman emme bacası yardımıyla emilir.

Sirkülasyon ile gaz gidermede ergimiş metale sürekli olarak veya kısmen vakumla işlem yapılır. Proses tipine göre ayrıştırma vakumla çekerek(DH) ve sirkülasyonla (RH) yapılır.

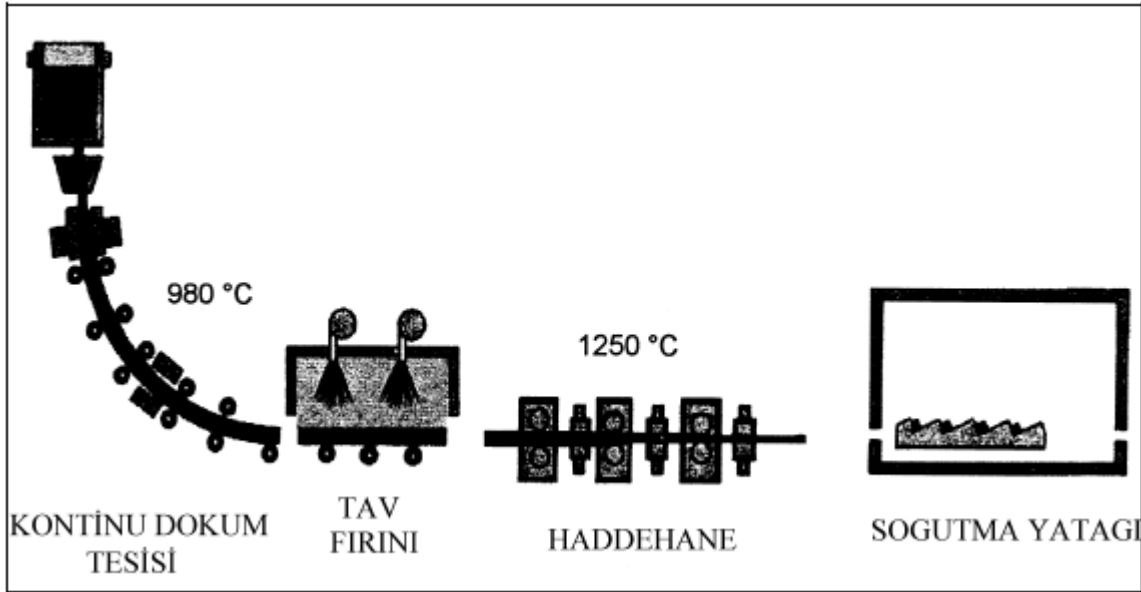
Vakum, buhar ile elde edildiğinden ve su bazlı proses olduğundan vakum işleminde suyun yönetimi çok önemlidir. Küçük sistemlerde su dolaşım pompaları kullanılırken büyük sistemler için çok kademeli jet vakum pompalarının kullanımı veya her ikisinin kombinasyonu daha güvenlidir. Vakumla işlem sonucu ortaya çıkan gaz, basınç düşümü sağlayan pompalar yardımı ile suyun içine çekilir. Bu emme prosesinde suyun akış hızı yaklaşık 5 m³/THÇ(THÇ=ton ham çelik) seviyelerine kadar ulaşabilir.

8.1.5 Döküm

İstenen çelik kalitesine ulaşıldığında pota içindeki çelik döküm makinelerine götürülür. Yakın zamana kadar standart döküm metodu sıvı çeliğin permanant kalıplara dökümü şeklinde sürekli olmayan bir prosesti. Bugün seçilen metot sürekli veya kontinü dökümdür.

8.1.5.1 Kontinü Döküm (Sürekli Döküm)

Şekil 8.8 bir kontinü döküm tesisinin şematik diyagramını göstermektedir.



Şekil 8.8 : Sıcak şarj yapılan bir kontinü döküm tesisi , tav fırını ve haddehane şeması.

Kontinü döküm önemli faydalar sağlar:

- Enerji tasarrufu, ingot dökümün bertaraf edilmesi ile emisyon ve su kullanımında azalma
- Çalışma koşullarının iyileştirilmesi
- %95 üzerinde yüksek randıman oranları
- Üretim artışı

Kontinü döküm, endüstriyel ölçülerde ilk olarak 60 ların sonunda kullanılmaya başladığından beri kullanım payı Avrupa Birliği ülkelerinde yaklaşık %94,5'e çıkmıştır. Dünyada, tüm çeliğin yaklaşık %75'i kontinü olarak dökülmektedir. Kontinü döküm, ingot döküm yanında haddehanelerin geleneksel blum-slab ve yarı ürün hazırlama işlemlerinde yerini aldı. Bugün hadde ürünü olacak hemen her cins çelik kalitesi kontinü döküm yolu ile elde edilebilirken modern ikincil metalürji ile deoksidasyon ve gaz giderme gibi gerekli ön şartlar sağlanmalıdır.

Dikey, kavisli ve düzelticili yay tipi, oval yay tipi gibi değişik şekillerde kontinü döküm makineleri vardır.

Sıvı çelik konverterden potaya alınır. İkincil metalürji işlemlerinden sonra potadaki çelik kontinü döküm makinesindeki (CCM) tandişe aktarılır. Tandiş, altında kontrollü akışı sağlayan delikleri bulunan ara potadır. Potalara sıvı çelik alınmadan ön ısıtma yapılması tandişte oluşabilecek sıcaklık farklarını engellemek için gereklidir.

İstenilen sıcaklık değerine getirilmiş olan potadaki sıvı çelik tandişe dökülür. Sıvı çelik tandiş altındaki deliklerden, çeliğin yapışmasını engellemek için yukarı-aşağı hareket eden, su soğutmalı kısa bakır kalıplara geçer. Kalıplar metale istenilen şekli verir. Metal kalıbı terk ettiğinde üzerinde katılaşmış bir kabuk tabakası oluşur. Hafif kavisli bir hat üzerinde bulunan

makaralar dökülen çeliğe yatay pozisyona gelene kadar kılavuzluk eder. Dökümü yapılan slab, blum ve kütükler yatay duruma geldikten sonra istenilen boyda kesilir.

Yüzeyi katılaşmış kütük, blum veya slab bir bölümü tahrikli makaralar üzerinde hareket eder, bu makaralar aynı zamanda ferrostatik basınca karşı dış kabuğa destek olur. Nüve halen sıvı halde olduğu için tamamen soğuyana kadar çeliğe dışarıdan su püskürtülür (sekonder soğutma). Bu işlem çeliğin, halen ince bir kabuk olan, yüzeylerinde çatlama, ayrıca makaraların aşırı ısınmalarını engeller. Taşıyıcı, sürücü ve destek elemanları genellikle içerden ve dışarıdan soğutmalı makaralardır. Sekonder soğutma alanında, sprey soğutmanın yeterli olduğu kısımdan itibaren elemanların içeriden soğutulması gereksizdir. Bir kısım yataklar otomatik gres sistemi ile yağlanır. Yol tamamen soğuduğunda, makas veya yolla birlikte hareket eden torç (alev makinesi) ile istenen boyda kesilir. Hızlı soğutma işlemi çeliğe, katılaşma mikro yapısının muntazam olmasıyla birlikte uygun teknolojik özellikler sağlar.

Kalıp geometrisi yolun şeklini belirler. Geçerli olan kalıp tipleri dikdörtgen, kare, yuvarlak veya çokgen kesitlerdedir. Amaçlanan nihai ürünün kesitlerine yakın ölçülerde kalıp kullanılarak üretim yapılır. Kontinü dökümde tipik yol kesitleri 80x80 mm ile yaklaşık 310x310mm, 600mm yuvarlak kütük, 450x650mm blum olarak değişirken slab döküm makinelerinde 350mm kalınlıkta ve 2720mm genişliğine kadar döküm yapılabilir. Kütük döküm makinelerinde 8 yola kadar aynı anda döküm yapılabilirken slab makinelerinde yol sayısı iki ile sınırlıdır.

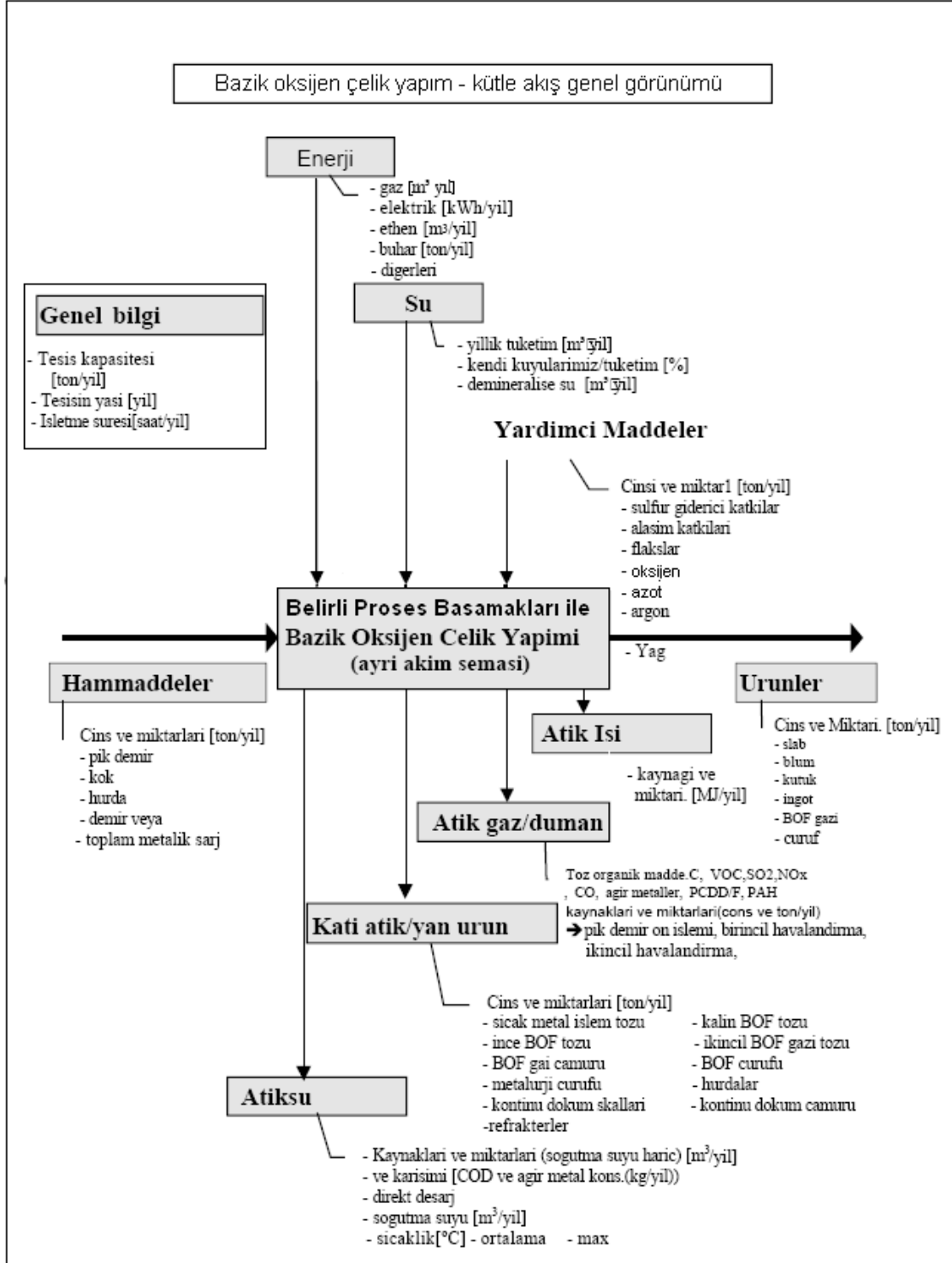
8.1.5.2 İngot Döküm

İngot dökümde, sıvı çelik döküm kalıplarına dökülür. Amaçlanan yüzey kalitesine bağlı olarak NaF gibi gaz gidericiler ingot kalıplarına döküm esnasında ilave edilebilir. Soğuduktan sonra ingotlar döküm kalıplarından çıkarılır ve haddehaneye gönderilir. İngotlar ön ısıtmayı takiben slab, blum veya kütük olarak haddelenir. Bir çok yerde kontinü döküm, ingot dökümün yerini almıştır. Ağır dövme çelikler gibi ingot dökümün gerekli olduğu özel durumlar haricinde ilerisi için beklenti, kontinü dökümün hemen hemen tamamı ile ingot dökümün yerini almasıdır.

8.2 Mevcut Emisyon ve Tüketim Seviyesi

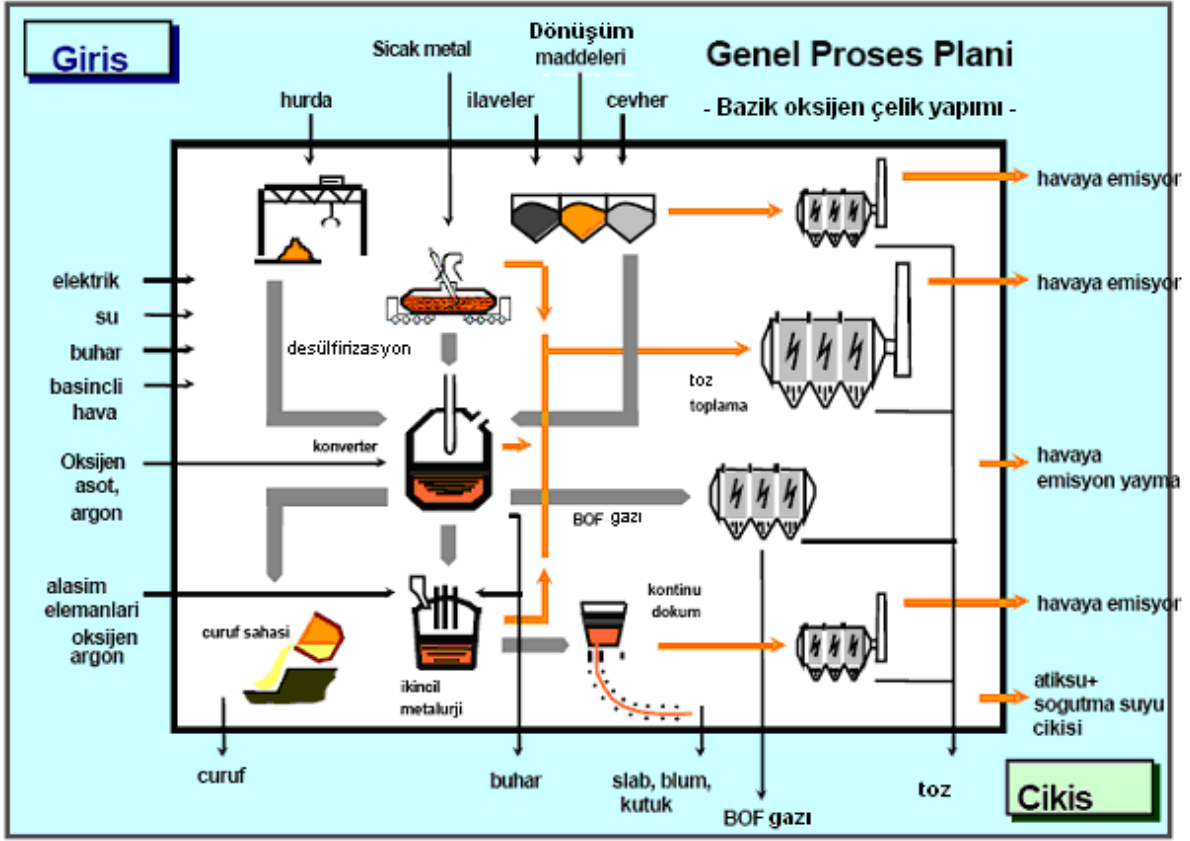
8.2.1 Kütle akım genel görünüşü ve giriş-çıkış dataları

Şekil 8.9 bazık oksijen çelik yapımının giriş ve çıkış kütle akışı ile ilgili genel bir görünüş sağlamaktadır. Bu genel görünüş bir oksijenle çelik yapım tesisi hakkında dataların toplanmasında kullanılabilir.



Şekil 8.9: Bazık oksijen çelik yapımı kütle akış şeması

Şekil 8.10 İşlemleri ve giriş-çıkış kütle akışlarını gösteren bazik oksijen çelik yapımı genel proses planı



Şekil 8.10 İşlemleri ve giriş-çıkış kütle akışlarını gösteren bazik oksijen çelik yapımı genel proses planı

Sonradan spesifik giriş faktörleri ve spesifik emisyon faktörleri hesaplanabilir. Şekil 8.2’de Avrupa Topluluğu üyesi 4 ayrı ülkedeki bazik oksijen çelik yapım tesislerine ait değerler görülmektedir.

Girdi				Çıktı		
Hammadde				Ürünler *3	Kg/t SÇ	1000,0
Pik demir *1	kg/t SÇ	820-980		Slab		
Hurda	kg/t SÇ	170-255		Blum		
Demir cevheri	kg/t SÇ	7-20		Kütük		
Diğer Fe malz.	kg/t SÇ	7-10		İngot		
Kok	kg/t SÇ	0,02-0,48				
Kireç	kg/t SÇ	30-55		Enerji		
Dolomit	kg/t SÇ	1,5-4		BOF gazı *4	Mj/t SÇ	(0)-650-840
Alaşımalar *2	kg/t SÇ	3-9		Buhar *5	Mj/t SÇ	(0)-20-270
				Gaz emisyonları		
Oksijen	m3/t SÇ	45-55		Toz	g/t SÇ	15-80
				Cr *6	g/t SÇ	0,01-0,36
				Cu *6	g/t SÇ	0,01-0,04
Enerji				Pb *6	g/t SÇ	0,13-0,9
Doğal gaz	Mj/t SÇ	20-55		Mn *6	g/t SÇ	<0,01-1,2
Elektrik	Mj/t SÇ	38-120		NOx	g/t SÇ	5-20
				CO	g/t SÇ	1500-7960
				CO2 *7	kg/t SÇ	11,2-140
Buhar	Mj/t SÇ	30-140		PAH *8	mg/t SÇ	0,08-0,16
				PCDD/F	Mg I-TEQ/t SÇ	<0,001-0,06
Basınçlı hava	Nm3/t SÇ	4-18				
				Atıklar/yan ürünler		
				Desülfürizasyon curufu	kg/t SÇ	2,2-19,2
Su	m3/t SÇ	0,4-5		BOF curufu	kg/t SÇ	85-110
				İkincil metalurjiden gelen curuf	kg/t SÇ	2-16
				Spitting	kg/t SÇ	4-5
				Tozlar	kg/t SÇ	1,5-7
				Kontinü dökümden gelen curuf	kg/t SÇ	4-5
				Skal	kg/t SÇ	1,2-6
				Moloz	kg/t SÇ	0,8-5
				Atıksu	m3/t SÇ	?

Bilgi: SÇ = Sıvı çelik (Ham çelik)

*1: Yüksek fosforlu(1.5-2.2%) ve düşük fosforlu sıcak metal (0.08-0.25%P)farklı olarak gösterilir.

*2: Önemli alaşım elemanları: Fe-Ti, Fe-W, Fe-Ni, Fe-V, Fe-Si ve Fe-Mo

*3: Ürünlerin tamamı(slab,blum,kütük ve ingotlar)

*4: BOF gazının geri kazanımı yoksa sıfırdır.

*5: Yanma ve buhar halindeki baca gazında ısı kazanımı varsa bu değer yükseltir.BOF gazından ısı kazanımı olmadan (buhar oluşumu yok) nicel kazanım varsa sıfırdır.

*6: İkincil dumanemme zayıfsa değerler yüksektir.

*7: BOF gazının kısmi veya tamamen yakılması durumunda değer yüksektir.

*8: Borneff 6 olarak PAH; yalnız iki tesisten data alınabildi.

Tablo 8.2 Dört farklı AT ülkesindeki dört bazik oksijen çelik yapım tesisinin giriş/çıkış verileri.

Verilerin tayini ile ilgili numune alma metodları, analiz metodları, zaman aralıkları, hesaplama metodları ve referans şartlar ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Diğer tesislerden de bu konuda detaylı bilgi sağlanamamıştır. Veriler 1996 yılına aittir.

Oksijenli çelik yapımında ana operasyonlar/kaynaklar için havaya toz emisyonunu(duman emme vb.kısıtlamalardan sonra) gösteren Tablo 8.3, önceki Tablo 8.2 yi tamamlamaktadır.

	Operasyon/emisyon kaynağı	Toz (g/t SÇ)	
		n/r	$\bar{x}\pm s$
Konverter gazı	Tam yanma *2	13/10-200	66 \pm 78
	Yakıt gazı dönüşümü olmayan kontrollü yanma *3	17/15-190	74 \pm 65
	Yakıt gazı dönüşümlü kontrollü yanma	13/1,5-16	8 \pm 4
Konverter haricindeki emisyon kaynağı	Sıcak metal desülfürizasyon *4	26/1-7	
	Sıcak metalin potaya aktarılması *5	1-17	
	BOF şarj,döküm alma,curuf çekme*5	1-30	
	İkincil metalurji *6	0,1-10	
	Kontinü döküm *5	0,5-4	
	BOF haricindeki emisyonlar *7	20-80	

Bilgi: SÇ = Sıvı çelik(ham çelik); $\bar{x}\pm s$ =mutlak değer ve standart sapma(yalnız yeterli veri olduğunda hesaplanır.); n= veri sayısı; r= veri aralığı(min-max); n.r =ilgili değil; n/a mevcut değil.

*1 başka belirtilmediyse veri AT Çalışması, 1996'dan(EU Study,1996)

*2 Üç konverter 200g toz/ton SÇ, kalan <50g toz/ton SÇ

*3 Üç konverter 190g toz/ton SÇ, bir konverter 140gtoz/ton SÇ, kalan<100gtoz/ton SÇ

*4 İki tesis ıslak tip filtre(wet scrubber) veya kuru elektrostatik çökeltici(ESP) kullanıyor (15-20g toz/ton SÇ kadar); yeterli veri yok.

*5 Yeterli veri yok

*6 Beş BOF tesisi ,potadaki işlemleri kapsayan ikincil metalurji, pota ocakları, BOF ve şarj-döküm alma ve diğer ekipmanlar için toz emisyonlarını 15-20g toz/ton SÇ olarak bildirilmiştir.

*7 Veri (EC Study1996) dan alınmış ancak(EUROFER BOF1997) verileri ile düzeltmeler yapılmıştır.

Tablo 8.3: Bazık oksijen çelik yapım tesislerinde havaya toz emisyonu için emisyon faktörleri.(duman tutma , önlem alma vb. sonrası),

8.2.2 Kütle akışında emisyon ve enerji gereksinimi ile ilgili bilgiler

Aşağıda belirtilen atık gaz emisyonları, katı atıklar/ürün bazında ve atıksular oksijen üfleli çelik yapımında oluşmaktadır.

8.2.2.1 Atık gaz emisyonu

8.2.2.1.1 Birincil atık gaz

- Pik demir ön işleminden
- Oksijen üfleme ve BOF gazından(konverter gazı)
- İkincil metalurjide kullanılan potalar, pota ocaklarında konverterler ve diğer ekipmanlardan

8.2.2.1.2 İkincil atık gaz

- Sıcak metalin pota aktarımı veya curuf çekilmesinden

- BOF şarjından
- BOF (konverter) ve potalardan döküm veya curuf alınması
- İkincil metalurji ve döküm alma işlemlerinden
- Katkı maddelerinin aktarılmasından
- Sürekli dökümlerden

8.2.2.2 Katı atıklar/yan ürünler

- Desülfürizasyon curuf
- BOF curufu
- İkincil metalurjiden gelen curuf
- Kuru tip BOF gaz temizlemeden gelen tozlar veya diğer gaz temizleme sistemlerinden gelen tozlar (desülfürizasyondan gelen, ikincil toz toplamadan gelen , ikincil metalurjiden gelen vs.)
- BOF gazının ıslak tip temizlenmesi sonucu gelen çamur
- Sürekli dökümden gelen curuf
- Sürekli dökümden gelen tufal
- Moloz

8.2.2.3 Atıksu deşarjı

- Yaş tip BOF gazı temizleme sisteminden
- Sürekli dökümden

8.2.2.1 Atık Gaz Emisyonları

8.2.2.1.1 Birincil atık gazlar

8.2.2.1.1.1 Pik demir ön işleminden çıkan atık gazlar

Pik demir ön işleminde, üç aşamanın her birinde toz madde emisyonu meydana gelir. Desülfürizasyon prosesi, devamında curuf çekme ve tartım sırasında çıkan gazda 1000 mg/Nm³ veya 1000 g/ton çelik kadar toz madde bulunur (Koeller 1995, EC BOF 1995). Emisyon, uygun şekilde yerleştirilmiş emiş bacası ve devamındaki torbalı filtreler veya ESP gibi diğer filtreler vasıtasıyla elimine edilebilir.

8.2.2.1.1.2 Oksijen üflemedeki emisyonlar ve konverter gazı

Oksijen üfleme süresince konverterden gaz çıkışı olur. Bu gazda karbonmonoksit (CO) ve fazla miktarda toz (özellikle ağır metal içeren metal oksitler), nispeten daha düşük miktarlarda sülfür oksitleri (SO₂) ve azot oksitleri (NO_x) bulunur. İlave olarak çok az miktarda PCDD/F ve PAH (bak Tablo 8.2) vardır.

Genellikle konverter gazındaki enerjiyi tekrar kazanım için iki sistem kullanılır.

- a) Kısmi/tam yanma;
- b) Kontrollü(suppressed) yanma

Seçilen tip geri kazanım emisyonları etkiler.

Tam(veya açık) yanma sisteminde, konverterden gelen proses gazı baca gazı hattında yakılır.Konverter ve birincil havalandırma hattı arasındaki açıklık hava girişine olanak verir böylece kısmi veya tam yanma sağlanır.Bu durumda proses gazı yaklaşık 15-20 kg/ton ham çelik toz madde ve yaklaşık 7 kg/ton ham çelik karbonmonoksit içermektedir.Enerji geri kazanımı atık ısı kazanındaki görünür ısı kullanılarak elde edilir.Açık yanma sistemlerinde gaz akışı (2000-3000Nm³/ton ham çelik) kontrollü yanma sistemlerine (50-100 Nm³/ton ham çelik)göre çok fazladır. Bu BOF gazına (konverter gazı) dışarıdan hava girişi nedeniyledir.

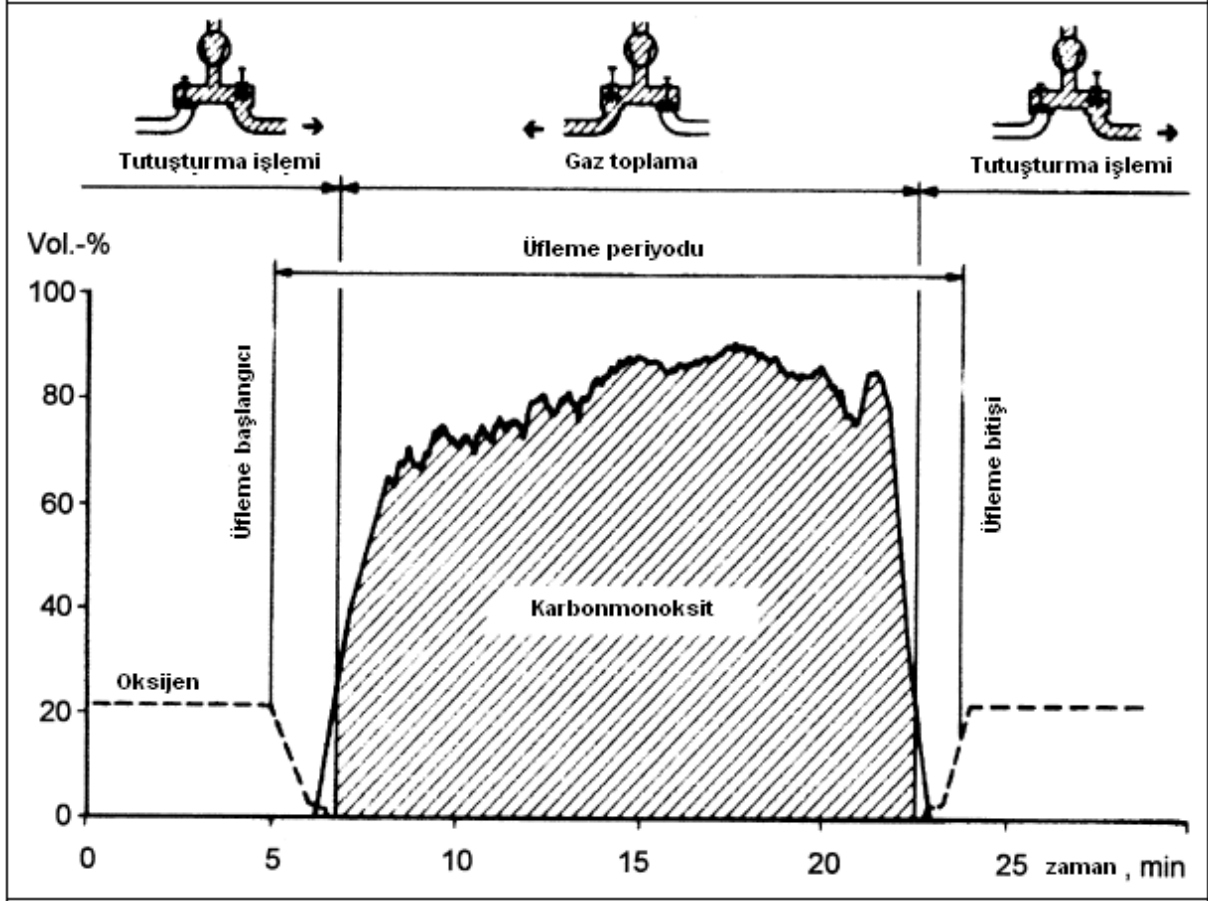
Kontrollü yanma (suppressed combustion) sisteminde su soğutmalı ve hareketli tipte bir etek konverter ağızına indirilir.Bu yolla baca hattında karbonmonoksit tutularak geri kazanılabilir. Azotun olmayışı (hava girişi olmadığı için), oksijen yüksek hızda üflenmekte ve bu da prosesin daha kısa sürede tamamlanması anlamına gelir.

BOF gazı (konverter gazı) jeneratör gazı gibi, kalorifik değeri ve Wobbe endeksine göre sınıflandırılmalıdır. Fakat yanma özellikleri dikkate alındığında(özellikle yanma sıcaklığı) zengin gazlar gurubundadır. Konverter gazının kompozisyonu kullanılan prosese, geri kazanım metoduna ve özellikle oksijen hacmine göre değişir.(tablo 8.4)

PARAMETRE	BİRİM	ORTALAMA DEĞER	DEĞİŞİM ARALIĞI
Kompozisyon			
CO	(hacimce %)	72.5	55 - 80
H ₂	(hacimce %)	3.3	2 - 10
CO ₂	(hacimce %)	16.2	10 - 18
N ₂ +Ar	(hacimce %)	8.0	8 - 26
Karakteristik			
Yoğunluk	(kg / Nm ³)	1.33	1.32 – 1.38
Brüt kalorifik değer	(kj / Nm ³)	9515	
Net kalorifik değer	(kj / Nm ³)	9580	7100 - 10100
Teorik alev sıcaklığı	(°C)	2079	
Spesifik hava ihtiyacı (yaş)	(Nm ³ / Nm ³)	1.81	
Spesifik atık gaz miktarı (yaş)	(Nm ³ / Nm ³)	2.43	
<p>1) Yanma gazı değerleri, akış yönündeki gaz tutucunun 15 °C sıcaklık, 60 mbar ölçüm basıncı, 1013 Pa barometre seviyesi ve %100 nem şartlarına göredir.</p> <p>2) Toplam nem ve 0 °C</p>			

Tablo 8.4: BOF gazının kompozisyon ve karakteristik değerleri

Şekil 8.11 Kontrollü yanma proseslerinde CO miktarı (BOF gazının kullanımında anahtar parametre) oksitlenme zamanının fonksiyonu olarak gösterilmektedir. Üfleme başlangıç ve bitimindeki birkaç dakika boyunca BOF gazındaki CO miktarı düşük olduğundan dikkate alınmaz, ancak toz tutma işleminden sonra çıkan gaz, baca tepesinde yakılarak atılmaktadır.



Şekil 8.11: Baskı altında yanma durumunda BOF gazı toplama

Genellikle, BOF gazındaki tozlar, venturi gaz yıkayıcılar(venturi scrubbers) veya kuru tip elektrostatik çöktürücüler yardımı ile uzaklaştırılır. Kontrollü yanma uygulamasında venturi gaz yıkayıcılar ile dağıtım hattındaki gazda 5-10 mg/Nm³ (50 Nm³'e kadar mümkün) toz konsantrasyonuna ulaşılabilir. Bu da 1g/ton sıvı çelik demektir. Tutulan tozdaki demir miktarı %42-45 'dir. Bu gazın içerisindeki toz, dağıtım hattında yakıt olarak kullanıldığı yerde bacadan dışarı atılır.

Tam yanma prosesinde arıtım sonrası toz konsantrasyonu 25 ile 100mg/Nm³ arasında atmosfere atılır. Açık yanma sistemlerinde baca gazı miktarının çok fazla olması nedeniyle bu, ton sıvı çelik başına 180 gram toz emisyonu demektir. Tablo 8.5 BOF gazından havaya verilen emisyonları özetlemektedir.

İçerik (Bileşen)	Spesifik emisyon değeri	Birim
- Birincil(BOF gazı) havalandırma - Tam yanma - Kontrollü yanma	2000-3000 50-120	[Nm ³ /t SÇ] "
- İkincil havalandırma	1300-4800	[Nm ³ /t SÇ]
- Oksijen üflemeden gelen toz maddeler - Birincil(BOF gazı)toz toplama yapılmadan önce - Birincil(BOF gazı)toz toplama yapıldıktan sonra	15-20 0.5 – 200	[kg/t SÇ] [g/t SÇ]
- Şarj ve döküm sırasında çıkan toz maddeler - İkincil toz toplama yapılmadan önce - İkincil toz toplama yapıldıktan sonra - Kaçan kısım	200-1000 2-60 25-100	[g/t SÇ] " "
(Ağır) metaller Al As Cd Cr Cu Fe Hg Mg Mn Pb Zn	0.60 - 0.68 0.00 - 0.02 0.07 - 0.20 0.00 - 0.04 0.04 2.8 – 83 0.00 -0.02 1.45 - 2.40 2.7 – 60 1.5 – 2.9 8.2	[g/t SÇ] " " " " " " " " " "
Sülfür oksitler (SO ₂)	0.4 – 5.5	[g/t SÇ]
Azot oksitler (NO _x)	5.0 – 20	[g/t SÇ]
Karbonmonoksit (CO)	7.0 – 16	[kg/t SÇ]
Hidrojen florit *	0.008 - 0.01	[g/t SÇ]
PAH (Borneff 6)	0.08 – 0.16	[mg/t SÇ]
PCDD/F	<0.001 – 0.06	[µg I-TEQ/t SÇ]

Bilgi: SÇ = (Ham) sıvı çelik

* Pik demir desülfürizasyonunda flaks olarak florit(CaF₂) ilave edilirse, floritlerin emisyonu daha yüksek olabilir.

Tablo 8.5 Bazik oksijen fırınından kontrollü(suppressed) yanma ile havaya verilen spesifik emisyon değerleri (InfoMil,1997 Kaynaklı)

BOF gazının bazı tesislerde tam yanma, bazılarında kısmi yanma, bazılarında ise kontrollü (suppressed) yanma prosesleri vardır. Bazı durumlarda BOF gazından faydalanmak yerine gaz, baca tepesinde tutuşturulur. Bu günlerde eğilim, gazın kontrollü yakılarak, geri kazanılmasıdır. Bu kazanım için büyük bir gaz tankı gerekir. Bu gazın tesiste kullanımı da olmalıdır. Avrupa Topluluğu ülkelerinde, hala bazı bazik oksijen çelik yapım tesislerinde, BOF gazının geri kazanım uygulamaları yapılmamaktadır.

Partikül madde emisyonunda Lans deliğinin durumu önemlidir. Oksijen lansi geri çekilebilir tipte olması gerektiğinden, baca gazı kanalındaki partikül maddeler bu delikten kaçarak binanın atmosferine yayılabilir. İzolasyon ve buhar üfleme veya asal gaz üflenmesi bu emisyonu engelleyebilir.

8.2.2.1.1.3 İkincil metalurjide kullanılan potalar, pota ocakları, BOF ve diğer ekipmanlardan kaynaklanan emisyon.

Çeşitli proseslerde çıkan toz miktarı 1- 275 g/ton sıvı çelik aralığındadır(EUROFER BOF,1997).Havaya verilen toz emisyonu, Duman emme tesisi vb. diğer kısıtlamalar sonrasında 0,1–10 g/ton sıvı çelik aralığındadır(Bak Tablo 8.3).

Kurşunlu çeliklerin üretiminde, kurşunun pota içerisindeki sıvı çeliğe ilavesi sırasındaki emisyonlara(bak 1.1.5) bakalım.Özellikle bu işlem sırasındaki emisyonda düşük toz oranı sağlanması (<5 mg/Nm³) için gaz emilerek torba filtrelerden geçirilir.Ancak potanın kendisinin hava sızdırmazlığı olmadığı için tutulamayan bir kısım emisyon, endişe verecek boyutta olabilir.Akış ve kurşun emisyonu ile ilgili bilgi elde mevcut değildir.

8.2.2.1.2 İkincil atık gazlar

İkincil atık gazlar aşağıdaki işlemler sonucu oluşur.

- Sıcak metal curufunun çekilmesi veya potaya aktarılması
- BOF şarjı(sıcak metal veya hurda)
- BOF(konverter) ve potadan sıvı çeliğin dökümü ve curuf çekilmesi
- İkincil metalurji ve döküm işleri
- Katkı maddelerinin aktarılması
- Sürekli döküm

Tüm bu proseslerden ve emisyon kaynaklarından havaya olan emisyonlar Tablo 8.3’de özetlenmiştir. BOF şarj ve döküm alma işlemlerindeki emisyon detaylı incelendiğinde:

BOF’a hurda şarjı, sıcak metal şarjı ve BOF’dan döküm alma sırasında partikül madde çıkışı olur.Şarj ve döküm işlemleri sırasında konverter yatırılır.İkincil havalandırma, bu işlem sırasındaki partikül madde emisyonunu engellemek için yapılır.İkincil havalandırma sistemi yatık durumdaki konverterin üzerindeki davlumbaz ve konverter etrafındaki3/4’lük bölgeyi kapatan ‘dog house’ dan oluşur.Emilen gaz daha sonra torbalı filtrelerde veya ESP’de işleme sokulur.

Şarj ve döküm alma sırasında çıkan partikül maddelerin tümü ikincil havalandırma ile tutulamaz. Az miktarda partikül madde (25-100 g/ton sıvı çelik) konverter binasının çatısından dışarı çıkar.Gerçek emisyon miktarı duman emme sisteminin randımanına ve hurda, sıvı pik demir şarj sıklığına bağlıdır.

8.2.2.2 Katı atıklar/yan ürünler

Oksijenli çelik yapımında oluşan çeşitli katı atıklar ve yan ürünler spesifik miktarına göre Tablo 8.6'da sıralanmıştır.

Katı Atık/yan ürün	Spesifik miktar(aralık) (kg/t SÇ)
-Desülfürizasyon curufu	2-25
-BOF curufu	100-130
-Spitting	4-10
-BOF gazı arıtımından gelen iri tozlar ve çamurlar	3-12
-BOF gazı arıtımından gelen ince tozlar ve çamurlar	9-15
-İkincil toz toplamadan gelen tozlar	0,2-3
-İkincil metalurjiden gelen curuf	2-16
-Sürekli dökümden gelen curuf	4-5
-Sürekli dökümden gelen skal	1,2-6
-Moloz	0,8-6

Bilgi: SÇ = Sıvı çelik

Tablo 8.6 Oksijenli çelik yapımında çıkan katı atıkların/yan ürünlerin çeşit ve spesifik miktarı(EUROFER BOF,1997;Rentz,1996)

Tablo 8.6'daki değerler, Avrupa Topluluğundaki dört entegre tesise ait Tablo8.2'deki değerleri teyit etmektedir.

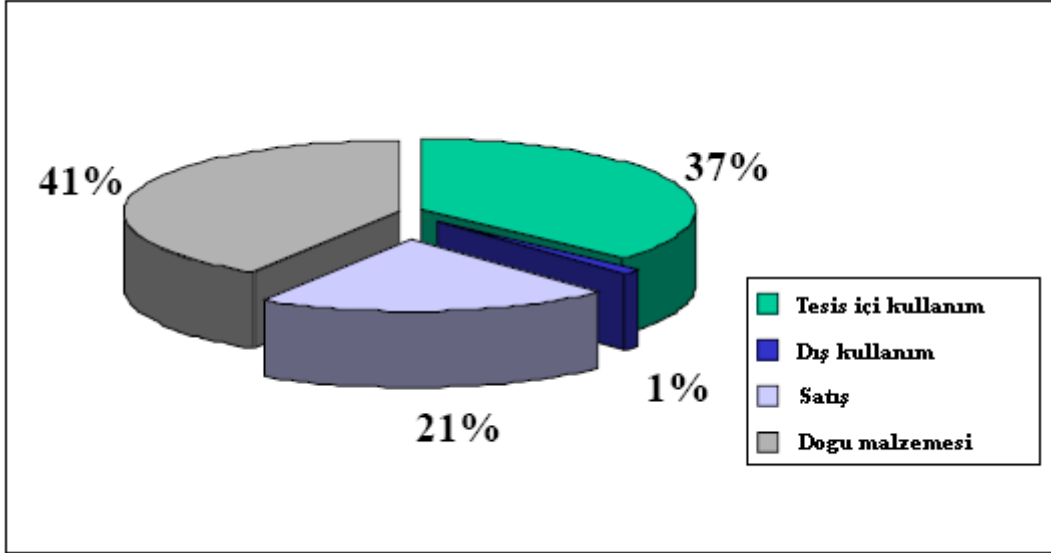
8.2.2.2.1 Desülfürizasyon curufu

Desülfürizasyon curufu kısmen erimiş bir heterojen curuftur. Desülfürizasyon curufunun yapısı özellikle kullanılan sülfür giderici maddelere bağlıdır.Bu curufun tipik bir kompozisyonu Tablo 8.7 de görülmektedir.

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Toplam Fe	Metalik Fe	MnO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Serbest CaO	S	CaO/SiO ₂
27.0	18.0	8.0	10.0	20.0	15.0	≤0.5	≤0.2	≤0.1	≤5	≤4	1.5

Tablo 8.7 Pik demir desülfürizasyon curufunun kimyasal kompozisyonu (ağırlık%)(Geiseler,1991)

Nispeten yüksek sülfür oranı ve kötü mekanik özellikleri nedeni ile desülfürizasyon curufunun tekrar kullanımı uygun değildir. Kısmen dolgu malzemesi veya ses izolasyon malzemesi olarak kullanılır.(Şekil 8.12) Atık döküm sahasına da gönderilir.



Şekil 8.12 Pik döküm desülfürizasyon curufunun, Avrupa Topluluğunda dağılımı (EC Study,1996)

8.2.2.2 BOF (Bazık oksijen fırını) Curufu

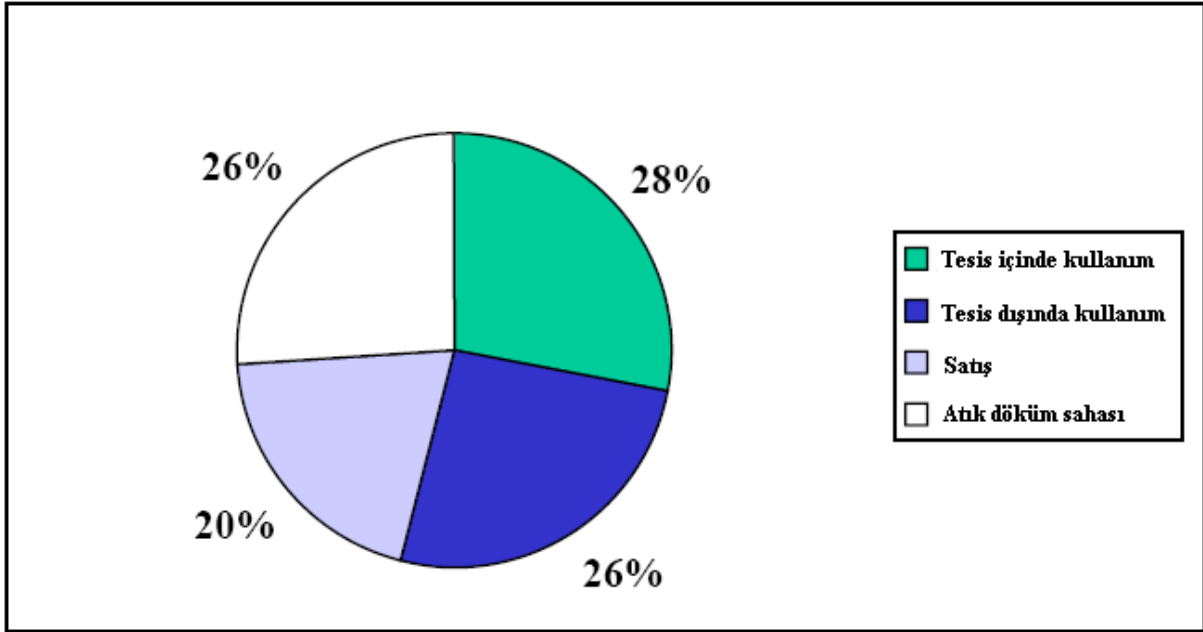
Bazık oksijen çelik yapımından gelen curuf, toplam artık maddeler içinde en fazla paya sahip olanıdır. Kullanılan prosese bağlı olarak kimyasal kompozisyonu değişir.(Tablo 8.8)

Proses	LD/AC	LD	AOD
CaO	50.0	50.0	53.0
SiO ₂	9.0	15.0	28.0
Al ₂ O ₃	≤ 2	≤ 2	3.0
MgO	≤ 3	≤ 3	5.0
Toplam Fe	12.0	16.0	≤ 2
Metalik Fe	≤ 1	≤ 1	≤ 1
MnO	2.0	≤ 4	≤ 1
P ₂ O ₅	15.0	≤ 2	≤ 0.5
Cr ₂ O ₃	≤ 1	≤ 1	≤ 2
SerbestCaO	≤ 7	≤ 10	≤ 5
S	-	-	≤ 1
CaO/SiO ₂	4	2.5	1.8

Bilgi: LD/AC = Linz-Donawitz/Arbed-CRM proses; LD = Linz-Donawitz proses,
AOD = Argon,Oksijen,Dekarburizasyon

Tablo 8.8 BOF curuflarının kimyasal kompozisyonu(ağırlık%) – (Geiseler,1991)

BOF curufu çelik yapım prosesinde tekrar kullanılabilir.Ayrıca gübre imalatında veya yol yapımında kullanılabilir. Kireç, fosfat, curuf (LD/AC veya OBM proseslerinden gelen) tamamen gübre üretiminde kullanılır.BOF curufları normal olarak inşaat ve hidrolik mühendisliğinde ,yol yapımı ve çimento endüstrisinde kullanılır.Bununla beraber yüksek oranda serbest CaO içeriğinde dikkate alınmalıdır.Avrupa Topluluğu ülkelerinde önemli oranda BOF curufu hala döküm sahalarına atılmaktadır.(Şekil 8.13)



Şekil 8.13 BOF curufllarının, Avrupa Topluluğu ülkelerinde dağılımı(EC Study,1996)

8.2.2.2.3 Spittings (Yan ürünler)

Yan ürünlerin sinter tesislerinde geri dönüşümü sağlanabilir.

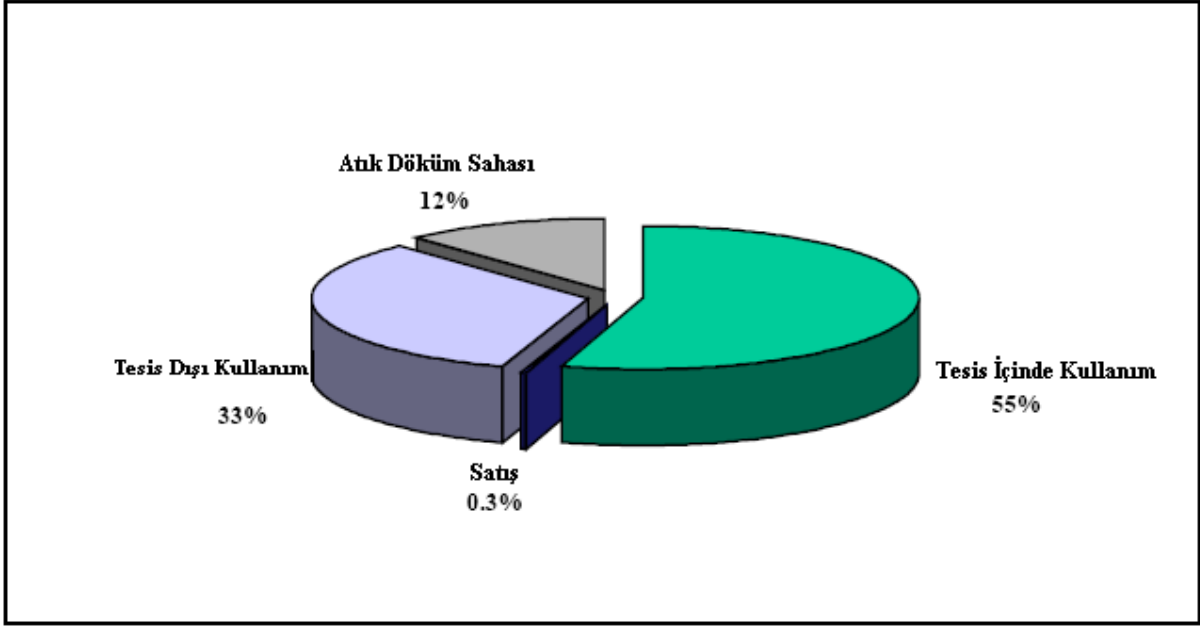
8.2.2.2.4 BOF gazı arıtımından gelen iri tozlar

İri tozlar, BOF gazından, kuru tip (filtre) veya yaş tip arıtma sonrası çamur olarak(venturi gaz yıkayıcı vb.) ayrılır. İri tozların kompozisyonu Tablo 8.9’da ince tozlarla karşılaştırmalı olarak görülebilir. Kalın ve ince çamurun karşılaştırılmasında benzer durum vardır.

Parametre	İri toz	İnce toz
Toplam Fe	30 – 85	54 – 70
Metalik Fe	72	20
CaO	8 – 21	3 – 11
Zn	0.01 – 0.4	1.4 – 3.2
Pb	0.01 – 0.04	0.2 – 1.0
S	0.02 – 0.06	0.07 – 0.12
C	1.4	0.7

Tablo 8.9 İri ve ince toz kompozisyonlarının karşılaştırması (ağırlık%)-(Harp,1990;IISI,1987) Veriler Avrupa Topluluğundaki bir entegre tesisten alınmıştır.

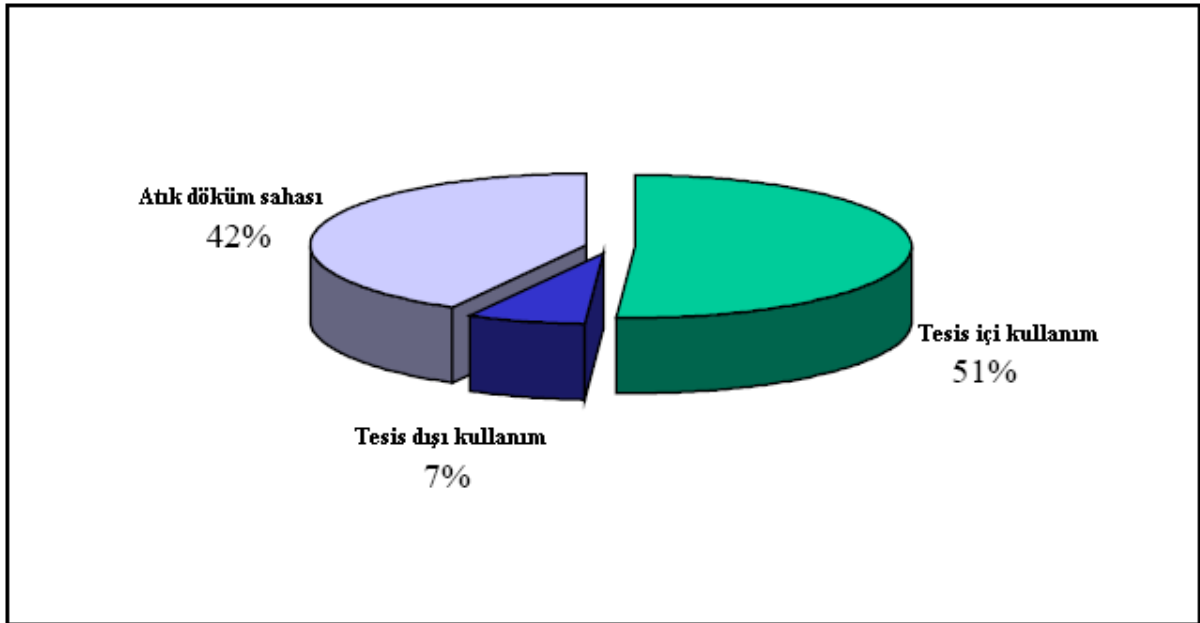
İri tozlar hazırlamadan sonra genellikle tekrar çelik yapım prosesine gönderilir veya sinter bölümünde değerlendirilir. Avrupa Topluluğu ülkelerinde çok az miktarı atık döküm sahasına gönderilir.(Şekil 8.14)



Şekil 8.14 BOF gazı arıtımından gelen tozların dağılımı(EC Study,1996)

8.2.2.2.5 BOF gazı arıtımından gelen ince tozlar ve çamur

Tablo 8.9 ince tozda, iri toz ile karıştırıldığında yüksek miktarda çinko ve kurşun olduğunu göstermektedir. Bu ağır metallerin kaynağı genellikle BOF'a şarj edilen hurdalardır. Bazı durumlarda hurda ile giren kurşun ve özellikle çinkonun kontrolü mümkündür. Hurda şarj oranları değiştirilerek çinko miktarları hedeflenen %1 seviyesinin altına düşürülür. Çinko içermesi nedeniyle, çok sıkça ince toz ve çamurun tekrar kullanımı mümkün olmayabilir ve atık döküm sahasına gönderilir.(Şekil 8.15)



Şekil 8.15 BOF gazının tretmanından (yaş) gelen çamurun AT ülkelerinde dağılımı(EC Study,1996)

Bu şekil ikincil arıtımda kullanılan venturi gaz yıkayıcı veya ESP'den gelen çamurla ilgilidir.

8.2.2.2.6 Sürekli Dökümden Gelen Cüruf ve Hadde Tufalı

Bu ürünler normalde sinterde geri kazanılır.

8.2.2.2.7 Moloz

Bu katı atıkların bertarafına yönelik uygun örneklemeler mevcut değildir. Bazı çelik üretim proseslerinde çelikhaneye tekrar veriliyor yada refrakter üreticileri, yeni refrakter malzeme üretiminde kullanıyorlar. Diğerleri ise toprak dolgu sahasına gönderiliyor.

8.2.2.3 Atık Su Emisyonu

Konu ile ilgili kaynaklar aşağıdadır :

- BOF (Çelikhane) gazının ıslak tip arıtma sisteminden geçirilmesi (gas scrubbing) sonucu ortaya çıkan atık su,
- Sürekli döküm direkt soğutma prosesinden kaynaklanan atıksu

Buna ilave olarak temelde , BOF, sürekli dökümler ve ingot soğutmadan gelen sulardır.

8.2.2.3.1 BOF Gaz Arıtımından Gelen Atık Su

BOF gazı kuru veya yaş tip gaz yıkama sistemlerinden geçirilerek temizlenirler. Yaş tip temizlemeden gelen atıksular, arıtmadan geçirildikten sonra tekrar sistemde kullanılır. Bu proses iki aşamalıdır. İlk aşamada 200 mikrondan büyük parçacıklar ayrılır, daha sonra su içerisinde kalan katı maddelerin ayrıştırılması için yuvarlak çökeltme tanklarına alınır. Çökeltmeyi kolaylaştıracak koagulantlar eklenir ve çöken çamur, vakum veya santrifuj çamur kekleştirme sistemlerinden geçirilerek, susuzlaştırılır. Bu arıtım prosesinden çıkan suyun kalitesiyle ilgili veri mevcut değildir.

8.2.2.3.2 Vakum Üretimden Gelen Atık Su

Vakum üretimden gelen atık su miktarı yaklaşık 5 m³/ton sıvı çelik'tir. (8.1.4 e bakınız) Bu suyun özellikleri, arıtım ve geri kazanımıyla ilgili bilgi mevcut değildir.

8.2.2.3.3 Sürekli Dökümden Gelen Atık Su

Sürekli döküm tesisinden gelen atıksu, direkt soğutma işlemi sonrası oluşur. Slab ve kütüğün doğrudan soğutulması sonucu oluşur. Atıksu metal oksit (tufal) ve yağ içerir. Bu su genellikle haddeleme prosesinden gelen atıksularla birlikte arıtılır. Bu arıtılmış suyun miktarı ve kalitesiyle ilgili veri mevcut değildir.

8.2.2.4 Enerji Gereksinimi

8.2.2.4.1 Çelik Üretim Prosesi (Bazik Oksijen Fırını - BOF)

BOF'ta yakıt, konvertörün ön ısıtılmasında veya bakım sonrası devreye almada kurutma amacıyla kullanılır. Bu termal enerjinin tüketim miktarı yaklaşık olarak 0.051 GJ/ton sıvı çelik'tir. Elektrik tüketimi yaklaşık 23 kWh/ton sıvı çelik veya 0.08 GJ/ ton sıvı çelik olduğu tahmin ediliyor. Bu tüketim değerlerine oksijen üretim ve konvertörün işletilmesi için gerekli enerji tüketim değerleri de dahil edilmiştir.

Konvertörlerden çıkan proses gazı CO içermekte olup, sıcak gazdır. Çıkan bu gaz geri kazanıldığında, BOF gazı, birincil enerji üreticisi konumuna geçer. Modern tesislerde kazanılan bu enerjinin miktarı, 0.7 GJ/ton sıvı çelik'e kadar ulaşabilir. .

8.2.2.4.2 Sürekli Döküm

Sıvı çeliği tekrar ısıtmak için gerekli enerji miktarı yaklaşık olarak 0.02 GJ/ton sıvı çeliktir. Sürekli döküm tesislerinde tüketilen elektrik enerjisi miktarı ise 0.04 GJ/ton sıvı çelik (1997 verisi) olarak tahmin edilmektedir.

8.3 BAT hesaplamalarında tekniklerin hesaba katılması

Prosesle bağlantılı teknikler

- P1.1 BOF gazından enerji elde edilmesi
- P1.2 Hurda içindeki çinko oranını azaltmak
- P1.3 Çelikten on line olarak numune alınması ve analiz edilmesi

Arıtma teknikleri (end-of-pipe)

- EP.1 Birincil toz toplama
- EP.2 Pik demir ön arıtımından gelen parçacıkların azaltılması
- EP.3 İkincil toz toplama
- EP.4 Tozun sıcak briketlenmesi ve geri kazanımı
- EP.5 Yaş tip toz toplama sisteminden gelen atık suyun arıtılması
- EP.6 Sürekli dökümden gelen atık suyun arıtılması

P1.1 BOF gazından Enerji Kazanımı

Tanım: Bu sistem BOF gazı ısısının ve kimyasal enerjisinin kullanımını gerektirir. Önceleri bu enerji, atık gazın baca tepesinde yakılması ile atılırdı. Oksijen üfleme esnasında üretilen BOF gazı konverter ağzından BOF' u terk eder ve birincil havalandırıcılarda tutulur. Bu gazın sıcaklığı yaklaşık olarak 1200 °C civarındadır ve 50-100 Nm³/ton çelik debiye sahiptir. Gaz yaklaşık olarak %70-80 civarında CO içermekte ve ısıl gücü 8,8 MJ/Nm³ 'dür.

Genelde , BOF gazından enerji elde etmek için iki sistem kullanılabilir :

1 - BOF gazının gaz tutma sisteminde yakılması ve sonrasında çıkan ısının atık ısı eşanjörlerinde geri kazanılması ;

Bu BOF gazı, birincil havalandırma sistemi gaz borusunun içine dışarıdaki hava verilerek yakılabilir. Böylece , hissedilen ısı ve toplam gaz akışı artmakta, dolayısıyla atık ısı kazanlarında daha fazla buhar elde edilmektedir. BOF gazı ile karışan havanın miktarı, elde edilen buharın miktarını tespit etmede kullanılır. Çelik üretme periyodunda (toplam yaklaşık 30-40 dakika) oksijen üfleme yaklaşık 15 dakika devam eder. Buhar, oksijen üflemeyle ilgili olarak üretildiğinden, üretimi kesiklidir.

2 - BOF gazının yanmasının engellenmesi ve sonradan çıkabilecek kullanımlar için BOF gazının bir tankta depolanması

Primer havalandırma sisteminde BOF gazının yanması , sisteme dışardan hava girmesi önlenerek engellenebilir. Bu da genellikle konvertörün giriş ağızına su soğutmalı kenarlıkla yapılabilir. Bu yolla CO tutulur ve BOF gazı enerji olarak başka yerlerde kullanılabilir. Gaz enerji üretim amaçlı kullanılacaksa temizlenip, bir tankta depolanabilir. Isının kazanılması için atık ısı eşanjörü montajı yapılır. BOF gazı üfleme başlangıcı yada sonunda içermiş olduğu CO konsantrasyonunun düşük olması nedeniyle toplanmaz. Bu birkaç dakika süren zaman da gaz baca tepesinde yakılarak atmosfere verilir. (Bakınız Şekil 8.11)

BOF gazının geri kazanımıyla yakma sistemleri kontrollü hale dönüştürülmektedir. Bunun iki nedeni vardır :

- Kontrollü yanma sistemi kullanılan gaz miktarını düşürdüğü için toz uzaklaştırma maliyeti ile fanların maliyetlerini düşürmektedir. Gaz akış hızının düşürülmesi, ham gazın kütle konsantrasyonunun artmasına neden olur. Dolayısıyla toz konsantrasyonunun makul seviyelerde olması uygun toz tutma sistemlerinin kurulmasıyla mümkündür. (Bakınız EP.1)
- Büyük yakma sistemleri sonucu oldukça fazla buhar elde edilir. Fakat buhar üretimi kesikli olursa tam verimli kullanılmaz. BOF gazı kullanımı esneklik yaratır. Yüksek fırın ve kok gazı ancak karıştırma istasyonlarında diğer gazlarla karıştırılarak kullanılırlar. Oysa BOF gazı örneğin doğal gaz yerine de kullanılabilir. Bazı tesislerde yüksek fırın gazının kalitesinin artırılması için de kullanılır. Tablo 8.10 hava/yakıt oranı 0,1'den az olan kontrollü yakma sistemlerindeki avantaj ve sonuçları göstermektedir.

Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> - Atık gaz hacimsel debisi daha düşüktür. - Gaz taşıyıcı ekipmanlarının büyük hacimli seçilmiş olması, hatlardaki akışın daha düzgün olmasını sağlar, - Atık gaz fanında enerji tüketimi azalır. - Gazın soğutulmasında su gereksinimini azalır. - Daha küçük hacimsel debiler için toz toplama sistemi dizaynı yapılır - Çıkan gazdan faydalanma imkanı vardır, - Sızdırmazlık ekipmanları tasarımı gereği gaz sızıntılarının azalması. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kompeks ekipman teknolojisi (emniyet mühendislik standartlarına göre) - İlave ekipmanlara ihtiyaç vardır. - Tesis güvenliğine yönelik ilave önlemlerin alınması.

Tablo 8.10 Hava / yakıt oranının 0,1 değerinin altında olan yakma sistemlerinin avantaj ve dezavantajları.

Kontrollü yakma sistemindeki BOF gazı içeriği Tablo 8.5 te verilmiştir. Tam yanma olduğunda CO oranı en düşük, CO2 miktarı ise bu oranda yüksek olur.

Ulaşılan enerji kazanımları :

Tablo 8.11, Thyssen Stahl AG- Almanya'daki çelik üretim prosesi (BOF) atık ısı eşanjöründen elde edilen buhar miktarıyla ilgili örnekleri içermektedir.

Parametre	Birim	Ruhrort	Beeckerwerth	Bruckhausen
Kapasite	Ton sıvı çelik/döküm	4X140	3X250	2X380
Hava katsayısı*	-	> 2.0	0.4	0.15
Gaz debisi	Nm ³ /ton sıvı çelik	250	115	87
Buhar üretimi	Kg buhar/ton sıvı çelik	380	130	80

* hava katsayısı faktörü gaz borusunun içinden geçen hava miktarını göstermektedir. 0: hava girişi yok 2:hava girişi orijinal BOF gazı miktarının 2 katıdır.

Tablo 8.11 : Thyssen Stahl da BOF taki buhar elde edilmesi

Atık ısı eşanjörü ile tam yanmalı sistemlerden elde edilen enerji, toplam dışarıya atılan ısının %80'i olarak rapor edilmiştir. Kontrollü yakmanın uygulandığı sistemlerde çıkan enerjinin %10-30' u (0.1-0.3 GJ/t LS) ısı eşanjöründe geri kazanılmaktadır.. (Joksch – 1995) BOF gazının tutulmasıyla, gazın %50-90 arasındaki oranı, hava katsayısına bağlı olarak kimyasal enerji (CO) olarak elde edilmektedir. Gaz tutulmayıp, baca tepesinde yakıldığı takdirde enerji de yok olmaktadır.

Kontrollü yakma ile atık ısı eşanjörlerinde % 90'a varan verimle gazın geri kazanımı mümkündür. (Arimitsu,1995;Joksch,1995)

Gazın bacada yakılması ile kıyaslandığında, BOF gazının geri kazanımıyla yaklaşık 0.6-1.0 GJ/ton sıvı çelik enerji tasarrufu yapılmaktadır. Japon Nippon Steel Firması tarafından geliştirilen OG sistemiyle (gaz sızıntısı tamamen önlenmiş) tasarruf edilen enerji miktarı 0,98 – 1,08 GJ/ton sıvı çelik olmakta, çelik üretimi ise % 0,4 oranında artış göstermektedir.

Uygulanabilirlik :

Atık ısı kazanımı ve BOF gazının geri kazanım sistemleri hem yeni hem de mevcut tesislere uygulanabilir.

Diğer çevre etkileri :

BOF gazının geri kazanımı için gazın iyice temizlenmiş olması gerekir. Tam yanmadan sonra çıkan gaz atmosfere verilir. Bu emisyonlar için tespit edilen sınır değerleri, şehir enerji üretim şebekeleri için tespit edilenden daha toleranslıdır.

Kontrollü yanma sistemleri kullanıldığında toplam yayılan emisyon miktarı da azaltılmış olacaktır. Tam yanmalı sistemlerdeki toz tutma sistemlerinin verimi düşük ve maliyetleri de çok yüksektir.

Bu gazın kazanımı ile doğal kaynak tasarrufu yapılmış olur. Ayrıca bu gaz tehlikeli madde olduğu için herhangi bir CO kaçışını önlemek amacıyla ilave tedbirlerin alınması gerekir.

Referans işletmeler : Tam yanmalı ya da kontrollü yanma sistemlerinden enerji kazanımı dünyadaki oksijenle çelik üreten proseslerin birçoğunda kullanılmaktadır. Ancak lojistik desteklerden dolayı kontrollü yanmaya doğru bir eğilim vardır.

İşletme bilgileri : Mevcut değildir.

Ekonomiklik : Kontrollü yanma sistemlerinin tahmini yatırım bedeli 5-25 Ecu (1996)/GJ'dür. Yatırımın kendini amorti etmesi ise yerel koşullara bağlı olarak bir yıldan azdır.

Referans literatür : Arimitsu , 1995 ;Joksch , 1995 ; InfoMil , 1997

PI.2 Hurda içindeki çinko oranının düşürülmesi :

Tanım: Yüksek çinko oranının yüksek fırın işletmesine olumsuz etkisi vardır. Bu nedenle yüksek çinko içerikli malzemenin yüksek fırına şarj edilmesi kabul edilmez. BOF gazı temizlenmesi sırasında açığa çıkan katı maddelerin ağır metal ve çinko içerikleri oldukça yüksektir. (Bakınız Tablo 8.9) Bu çinko aslında BOF un içine konan hurdadan kaynaklanmaktadır. Çinko konsantrasyonu dökümden döküme ilave edilen hurdanın türüne ve üfleme şartlarına göre değişir. Aynı problem kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) için de geçerlidir. Bunun için düşük çinko içeren hurda kullanılması tavsiye edilir. Galvanizli hurdaların kullanımı bu nedenle istenmez.

Ulaşılan emisyon değerleri : Bazı işletmelerde çinko oranı düşük hurda kullanımı çok titizlikle sağlanmaktadır. Bu tesislerdeki BOF gazı toz tutma sisteminde tutulan çamurun içeriği çinko % 0,1 ile 0,3 arasında değişmekte olup, % 100'ü sinter tesisinde kullanılmaktadır.

Uygulanabilirliği : Bu hem yeni hem de eski işletmelerde kullanılabilir. Bu kullanım, düşük oranlı çinko , kurşun ve kadmiyum içeren hurdalar için geçerli olup, hurdanın ekonomikliğine de bağlıdır. O nedenle her proste kullanılmayabilir.

Diğer etkileri : Bu çözüm lokal olarak düşünülmelidir. Tüm etkiler toplamda belki sıfırdır , galvanizli çeliklerin dünyada fazla miktarda üretiliyor olması , yüksek oranda çinko içeren hurdanın kullanılmasına neden olacaktır. BOF prosesinde, çinko oksijenin ilk bir iki dakikalık üflenmesi sırasında konvertörden etrafa yayılır.

Referans işletmeler : Hoogevens IJmuiden , NL-IJmuiden ve British çelik , UK-Scunthorpe , Sidmar , B-Gent

İşletme bilgileri : Problemsiz çalışmaktadır.

Ekonomikliği : Düşük çinko oranlı hurda daha pahalı olup, ton sıvı çelik maliyetini artırır. Düşük çinko içerikli hurdanın elde edilmesi zor gözükmektedir. Diğer taraftan düşük çinko içerikli hurda kullanımı sonucu açığa çıkan toz ve çamurun geri kazanımı mümkündür.

Referans Literatür : Deckers , 1995 ; Pazdej , 1995 ; InfoMil , 1997

PI.3 Sürekli numune alma ve çelik analizi

Tanım : Oksijenli çelik üretimi kesintili bir prosestir. Her şarjda istenen çelik kalitesi elde edilinceye dek sıcak metal artırılmalıdır. Çeliğin içeriğini görmek için her şarjda numune alınarak, analizi yapılır. Analiz sonucuna göre istenilen kaliteye ulaşmak oksijen üfleme zamanı uzatılır.

Son gelişen dinamik modelleme ve izleme çalışmalarıyla numune alma gereksiz hale gelmiş, numune alma sırasında çıkan emisyonlar da önlenmiş olmaktadır. Numune, çeliğin dökümü sırasında alınmaktadır.

Önceden BOF prosesinden numune almak için oksijen üflemeyi durdurmak gerekiyordu. Bu da zaman kaybına, aynı zamanda emisyon çıkmasına neden olan bir işlemdi. Modern tesislerde numune, oksijen üflenirken sub-lance ile alınmakta bir taraftan reaksiyon devam ederken diğer taraftan kalite ayarlanmakta ve üretim artışı sağlanmaktadır. Çıkan emisyonlar da öncekine göre daha az olmaktadır.

Temel başarı : Reaksiyon süresi kısaldığı için üretim artar. Her seferinde konvertörü eğerek numune alınmadığı için havaya verilen emisyon azalır.

Uygulanabilirlik : Tüm yeni fabrikalarda uygulanabilir. Mevcut fabrikalarda bu sistemin kurulması için uyarılama gerekir.

Diğer etkileri : Olumsuz etkileri bilinmiyor.

Referans fabrikalar : Modern fabrikalarda numune on-line olarak proses devam ederken alınır, Sidmar ve B-Gent tesislerinde dinamik modelleme kullanılmaktadır.

İşletme bilgileri : Mevcut değildir.

Ekonomi : Üretim artışından dolayı maliyetler düşük olabilir.

Referans literatür : [InfoMil, 1997]

EP.1 Birincil toz tutma

Tanım: Oksijen üfleme sırasında BOF gazı oluşur. Bu gaz yüksek miktarda partikül madde içerir. BOF gazı yakıt olarak tekrar kullanılacaksa (bakınız PI.1), gazın sınır değerleri sağlanması gerekir. BOF gazı atık gaz kanalında yakıldığında, çıkan gazın yerel emisyon standartlarını sağlanması gerekir. Günümüzde, çoğu fabrika BOF gazını yakıt olarak kullanır. Tam yakma sistemleri, BOF gazını yakıt olarak yakmak için önce havalandırma sistemindeki ortam havasını kullanır. Bu, yüksek bir atık gaz akışı meydana getirir (2000-3000 Nm³/ton sıvı çelik); kontrollü yakma sistemleri ise sadece BOF gazı üretir (50-100 Nm³/ ton sıvı çelik) (bakınız tablo 8.5). Bu, birincil toz tutma tesisi boyutlarında önemli farklara sebep olur. Düşük atık gaz akışına göre tasarlanmış kontrollü yakma sistemlerinde toz tutma veriminin artırılması gerekir. Bu nedenle birincil toz toplama sistemlerinde, % 90 verimle çalışan ıslak tip yıkayıcı veya kuru tip elektro filtre kullanılması gerekir. Islak yıkayıcı öncesi büyük tanecikleri ayırmak için bir mekanik ayırıcı, deflektör, konulur

Oksijen lans deliğinden çıkan toz emisyonuna dikkat edilmelidir. Bu delikten çıkan toz emisyonu, 50 g/ton sıvı çeliğe kadar ulaşabilir. Emisyonlar, hareketli bir kapak mekanizması sayesinde oksijen üfleme sırasında inert gaz olan azot veya karbondioksit üfleyerek tozun bu delikten çıkması önlenir. Başka tasarımlarda lans çevresine temizleme aparatları da ilave edilir.

Ulaşılan emisyon değerleri :

Kuru toz tutma ve açık yakma sistemi : İşletmesiyle ilgili veri mevcut değildir.

Gaz yıkama ve kontrollü yakma : Islak tip gaz yıkama sistemi uygulayarak önce iri parçacıklar daha sonra Elektro filtre (ESP) uygulayarak, BOF gazı içerisindeki toz konsantrasyonu 50 mg/Nm³ seviyesi altında, 10 mg/Nm³ konsantrasyonuna (0,5-1.0 g/ton sıvı çelik eşdeğerine) indirilebilir. Gaz ESP' de işlenmeden önce, büyük parçacıklar bir saptırıcı bölgede (deflektörde) ayrılır ve gaz soğutulurak şartlandırılır.

Kuru toz tutma ve açık yakma : Ulaşan hiçbir işletme bilgisi yok.

Gaz yıkama ve kontrollü yakma : Islak tip gaz yıkama sistemi uygulayarak önce iri parçacıklar daha sonra küçük parçacıklar gazdan ayrılırlar. BOF gazı yıkaması sonrasında gazda bulunan toz konsantrasyonu 15 ile 50 mg/Nm³ arasında değişir ama genellikle 10 mg/Nm³'den az olur.

Baca gazı yıkama ve açık yakma : BOF gazı atık gaz kanalları içinde yakıldıktan sonra venturi yıkayıcılardan geçirildikten sonra gazın içerisinde bulunan toz konsantrasyonu 10 ile 50 mg/Nm³ arasında değişir.

Uygulanabilirlik : Hem yeni hem eski fabrikalarda uygulanabilir. Sayısı her geçen gün artan fabrikalarda kuru ESP uygulanıyor. Örneğin, Voest-Alpine Stahl A-Linz, çelik fabrikası mevcut sulu olanın yerine kuru tip toz tutma sistemini yaptı.

Diğer etkileri : Çıkan toz ve çamurlar yüksek miktarda çinko içerdiğinden dolayı geri kullanımları mümkün değildir. Çinko oranı düşük hurdaların kullanımı sonucu BOF çamur/tozlarının sinter tesisinde tekrar kullanımı mümkündür. (bakınız PI.2). Kuru ESP toz tutma sistemine sahip fabrikalardan çıkan katı atıklardan sıcak briket yapılarak, çelik üretimi prosesinde tekrar kullanılabilirler. (bakınız EP.4).

Ayrıca, ıslak tip toz tutma sistemi sonucu tutulan tozlarla karışmış atıksu oluşur. (bakınız 8.2.2.3.1).

Ayrıca, toz arındırma cihazının işletilmesi enerji tüketimine yol açar. Kontrollü yakma sistemlerinde enerji tüketimi 0.001 - 0.005 GJ/ton çelik olurken, kuru ESP için ise <0.001 GJ/ton çeliğe karşılık gelir.

Açık yakma sistemlerinde bu venturi tip yıkayıcılar için 0.04 - 0.15 GJ/t pik demire ve kuru ESP için ise <0.005 GJ/t çeliğe karşılık gelir.

Referans fabrikalar :

Kuru ESP ve kontrollü yakma : Thyssen Çelik AG, D-Duisburg; LD Çelikhanesi 3, Voest Alpine Çelik AG, A-Linz;

Kuru ESP ve açık yakma : Yok.

Baca gazı yıkama ve kontrollü yakma : Oksijen çelik fabrikası 2 ; Hoogovens IJmuide, NL-IJmuiden;

Baca gazı yıkama ve açık yakma : Oksijen çelik fabrikası 1 ; Hoogovens IJmuide, NL-IJmuiden.

Maliyet : Yatırım : 1996 yılı fiyatı ile 1 Milyon ton/yıl kapasiteli bir çelik fabrikası için 24 – 40 milyon Ecu

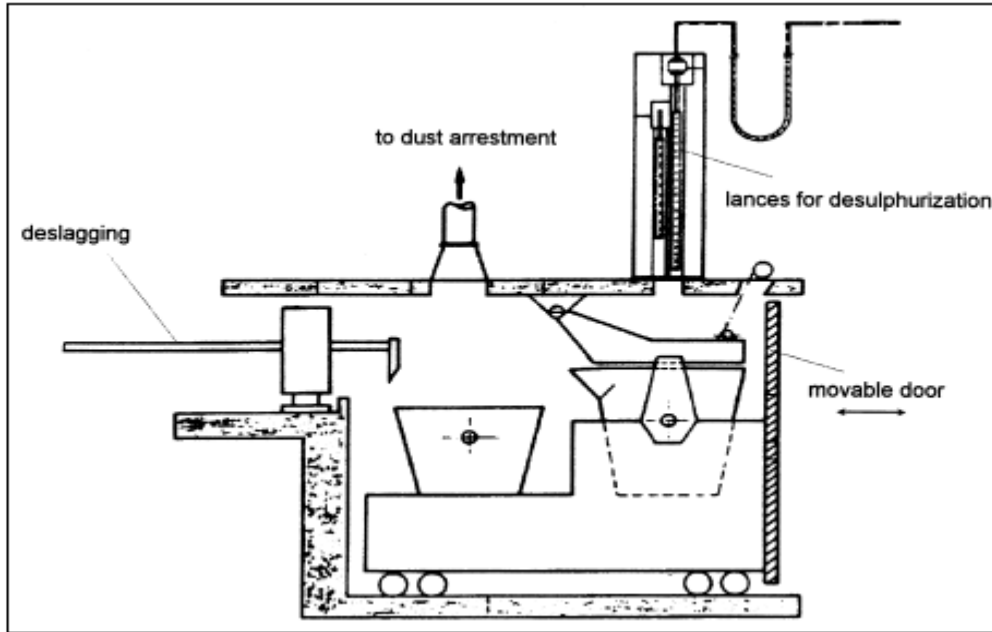
İşletme : 1996 yılı fiyatı ile 2 – 4 Ecu/ton sıvı çelik.

Yerine getirmeye iten etkenler : BOF gazını yeniden kullanmak için yüksek verimli arındırma gereklidir. BOF gazı tekrar kazanılmadığı durumda, mevcut emisyon limit değerlerini karşılaması için işlenmelidir.

Referanslar : [Joksch, 1995; Koller1995; EC BOF, 1995 ; InfoMil, 1997].

EP.2 Pik demirin ön işleminde gelen tozların azaltılması

Tanım : Pik demirin ön işlenmesindeki üç etap sırasında (desülfürizasyon, cüruf ayırma, sıcak metalin taşınma ve tartılması) partikül madde emisyonu oluşur. Spesifik toz emisyon faktörü (toz tutmadan önce) 110 ile 830 g/ton sıvı çelik [EUROFER BOF, 1997] arasında değişir. Bu tozlar torbalı tip toz tutma filtreleri ile tutulurlar. (şekil 8.16) Desülfürizasyon üniteleri büyük ve kapatılmıştır. Toz toplama üniteleri; sızdırmazlık ekipmanları, desülfürizasyonu sağlayan kimyasalları, cüruf giderme, emisyon toplama ve hareketli kapı mekanizmalarından oluşmuştur. (şekil 8.16).



Şekil 8.16 : Sıcak metal desülfürizasyon tezgahında toz tutma [EUROFER BOF,1997]

Çıkan gazlar, 10.000 mg/Nm³'e varan toz yükü içermektedir. Bazı durumlarda, kuru tip elektrostatik toz tutucular kullanılmaktadır.

Önemli bir durum ise havalandırma sisteminin tahliye verimidir. İyi bir çıkış verimi elde etmek için emiş başlıklarının pozisyonu optimize edilmelidir. Atık gaz akışı 30.000 ile 40.000 Nm³/saat aralığındadır.

Ulaşılan temel emisyon seviyesi : Gaz emisyonları sistemden iyi bir şekilde toplanır ve torbalı filtrelerden geçirilirse, (veya ESP) toz emisyonu 10 mg/Nm³'den daha düşük seviyelerde (1 g/ton sıvı çelik civarı) elde edilebilir (Tablo 8.3'e bakınız).

Uygulanabilirlik : Yeni ve mevcut fabrikalarda uygulanabilir

Diğer etkileri : Emiş pompaları enerji harcar. Ayrıca, katı atık meydana gelir. Bu katı atıklar, sinterleme prosesinde tekrar geri kullanılabilirler (yüksek Fe içeriğinden dolayı). Pik demir desülfürizasyon ünitesinde oluşan tozun kompozisyonu ağırlıklı olarak kullanılan desülfürizasyon kimyasalına bağlıdır.

Referans fabrikalar : Pik demir ön işleme sırasında partikül azaltma dünyada birçok fabrikada uygulanmaktadır.

İşletme bilgileri : Hem torbalı filtreler hem de ESP sorunsuz olarak çalıştırılabilir.

Maliyet :

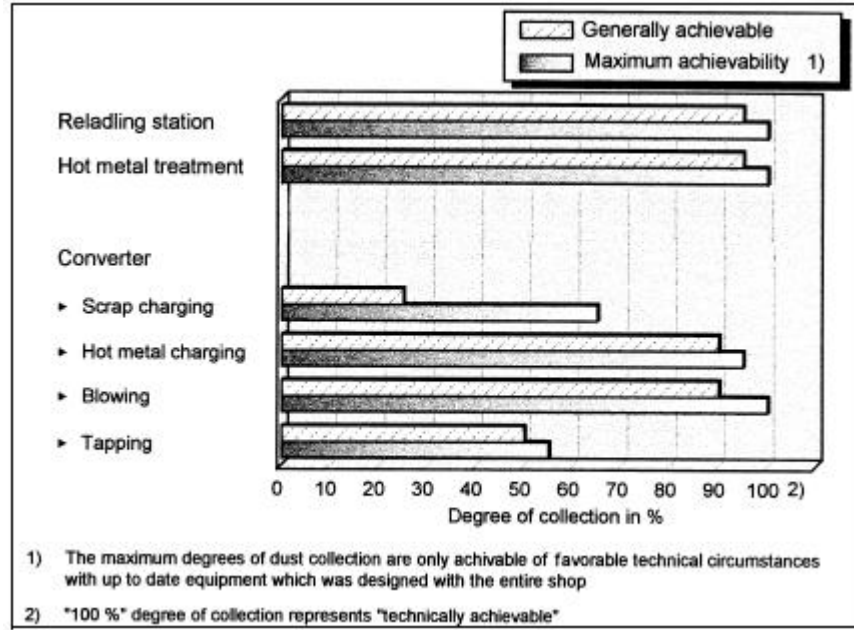
Yatırım : 1996 yılı fiyatlarıyla yaklaşık 10 milyon Ecu.

Sistemin kullanılma zorunluluğu : Bu sistemlerin kurulmasına neden olan başlıca etkenler emisyon sınır değerlerini tutturmak ve diğer yasal yükümlülüklerdir.

Referanslar : [InfoMil, 1997 ; EC BOF, 1995]

EP.3 İkincil toz tutma sistemleri

Tanım: 70'li yılların başına kadar oksijenle çelik üreten fabrikalar ikincil toz toplama sistemleri olmaksızın çalıştırılıyordu. Dolayısıyla bu kurulan sistemler mevcut yerlerine uyarlanarak kurulmuştur. Bu sistemlerin verimliliği bulunduğu yerin konumuna göre değişir. Bunlar, toz toplama sistemleri seçimi ve tasarımın da kısmen önemli rol oynar (çevirme, başlık vs.). Atık gaz debilerinin belirlenmesi genelde yerel şartlara ve borulama sisteminin kurulacağı yeterli yerin olup olmamasına, bununla birlikte boru kesit ölçülerinin uygun olup olmadığına bağlıdır. Hem mevcut hem de yeni tesislerde toplama verimliliğini hesap etmek hemen hemen imkansızdır. Ayrıca bir değer biçmeye kalkışmak karışık olmakla beraber sonuçları ölçmek oldukça zordur. Atölye zemininden, model testlerden, hesaplardan ve ampirik incelemelerden çıkarılarak ulaşılmaya çalışılan toplama verimleri şekil 8.17'de görülüyor ve göz önüne alınan emisyon kaynağı ve özgül proses teknolojisine göre değişebilir. Tam teknik atık gaz toplama için en uygun dizayn ve yüksek atık gaz debileri bile %100 garanti veremez, ancak uzun süreler oksijenle çelik üreten proseslerde sonuç elde edilebilir. Değişen veya tipik işletme şartları ve fabrika binası içindeki olağan dışı hava akımları gibi çevre şartları, kaçınılmaz ikincil emisyonlar şeklinde toplanamayan toz akımları salınmasına öncülük edebilir.



Şekil 8.17 : Oksijenle çelik üreten bir fabrikada ikincil toz toplama sistemi verimliliği – [EUROFER BOF, 1997].

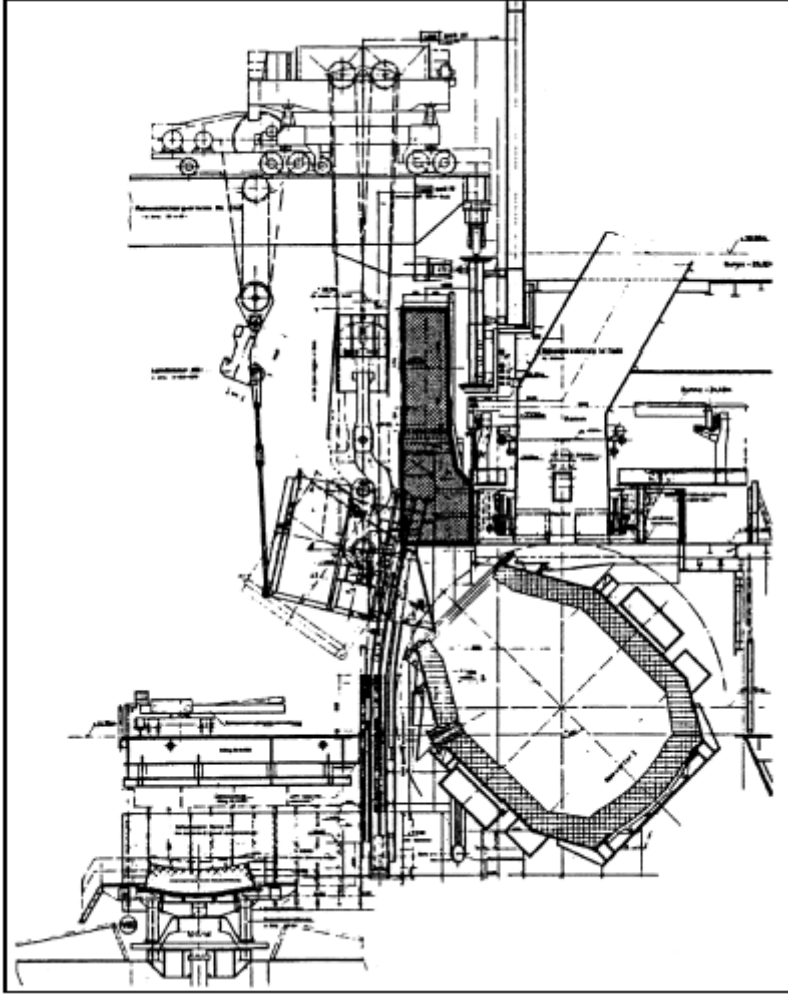
İkincil tozlar aşağıdaki işlemlerden sonra ortaya çıkar;

- sıcak metalin potayla transferi ve cüruf alma
- BOF şarj alma
- BOF'tan (çeviriciden) ve potalardan sıvı çeliğin ve cürufun dökülmesi
- İkincil metalurjik ve döküm işlemleri
- Katkı maddelerinin kullanılması
- Sürekli döküm

İkincil emisyonların miktarı tahminen 100 ile 2000 g/ton sıvı çelik aralığında değişir; BOF'ta şarj alma ve döküm işlemleri bu emisyonu katkıda bulunur (130 – 1230 g/ton sıvı çelik) [EUROFER BOF, 1997]. Bu geniş aralığın açıklaması, ikincil emisyonları sınırlamanın zor olması ve toplama işleminin uygun olarak bilinmemesidir. Bu, salınan gaz bilgilerinin ve gerçekleşen emisyon bilgilerinin bir arada gösterilmesi gri bölge oluşmasına sebep olur, bunları uygun atık gaz toplama uygulaması ve temizleme adımları takip eder.

Şarj alma ve boşaltma :

Sıcak metalin şarj edilmesi ve BOF'un (konvertörün) boşaltılması sırasında toz emisyonu oluşur (yukarıda ki şekilde görülüyor). BOF'un eğilmesi sırasında birincil havalandırma sistemiyle emisyonlar verimli olarak alınmaz. Bundan dolayı çoğu kez şarj alırken ve döküm esnasında oluşan emisyonları tahliye eden ikinci bir havalandırma sistemi kurulur.



Şekil 8.18 : Sıcak metal şarjı sırasında çıkan ikincil tozların toplanması (Eurofer BOF, 1997) aynı sistem hurda şarjından çıkan emisyonların toplanması için kullanılır.

İkincil havalandırma genelde, çevirici ağzın eğik pozisyonunun tam üstünde davlumbaz ve çeviricinin kalan 3/4'ünün etrafındaki davlumbazdan (doghouse) oluşur (şekil 8.18). Davlumbaz BOF'a tercihen mümkün oldukça yakın yerleştirilir. Bazı fabrikalarda yapının BOF'a yakın olması olanaksızdır. Bu durumda, davlumbaz çatının yanına kurulur, sonuçta davlumbazın ebatlarına ve çekilen hacme bağlı olarak düşük verim elde edilir.

Tali toz toplama sisteminden geçen baca gazı 40.000 ile 1.300.000 Nm³ değerleri arasındadır ve temizlenmesi genellikle doku elemanlı filtre tarafından yapılır. Bununla birlikte elektrostatik çöktürücüler (ESP) kullanılır. Tablo 8.12 de toz toplamanın tasarım sınıflandırmaları ile ilgili örnekler gösterilmiştir. Bu örnekler 650.000 ile 1.000.000 m³ / h değerleri arasındaki akışı göstermektedir.

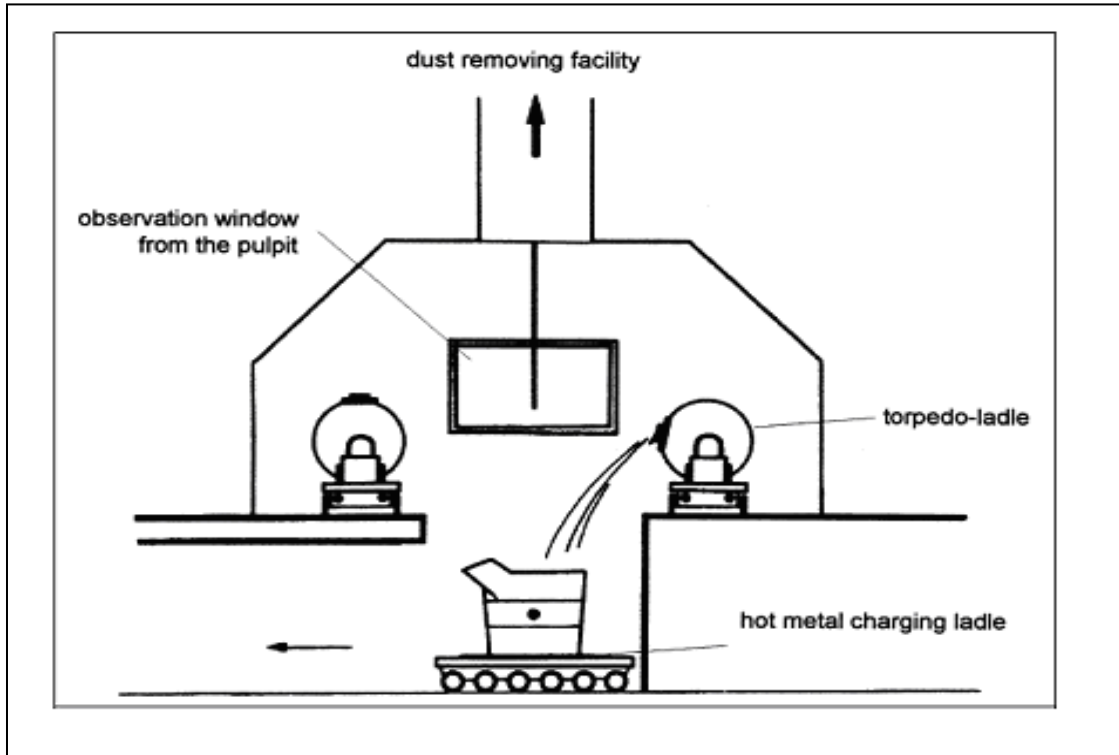
Plant	Capacity of the vessel [t]	BOF Number	Hot metal charge time [s]	Waste gas temperature [°C]	Waste gas Volume [m ³ /h]
OX 1	200	2	-	120	680000
OX 2	350	3	240	90	1000000
OX 3	300	2	40	90	950000
OX 4	200	2	120	200	1020000
OX 5	220	2	-	130	750000
OX 6	300	2	300	90	870000
OX 7	230	2	40	135	960000
OX 8	275	3 ¹⁾	90	150	650000
OX 9	210	3	240	150	800000

1) two-converter operation

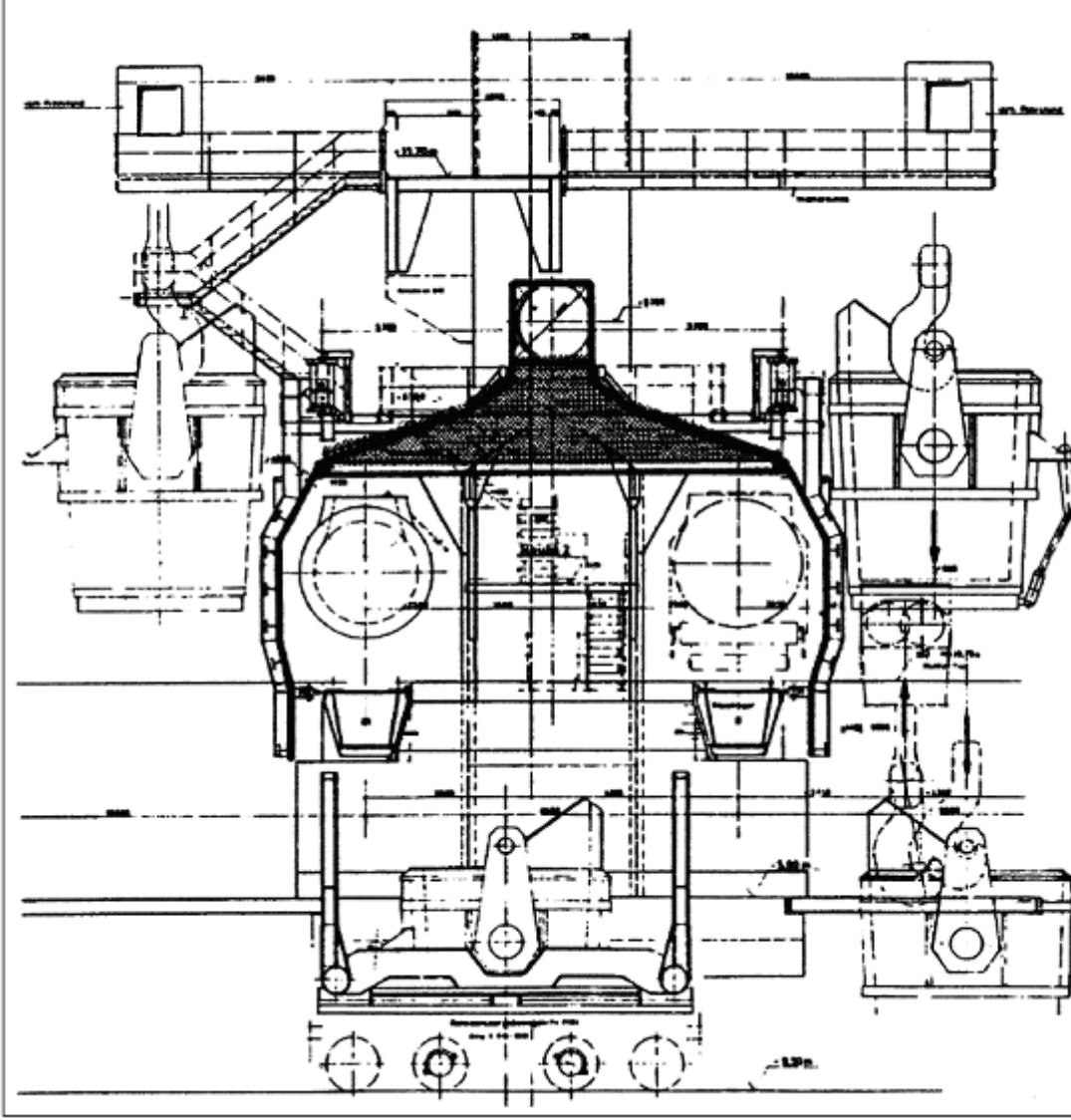
Tablo 8.12 BOF'un şarjı ve döküm alma esnasındaki toz toplama için uygulanmış ikincil emisyon bilgileri

Sıcak Metalin Transferi:

Sıcak metal torpedo'dan transfer potasına kapalı bir stand içinde alınır. Entegrasyonu sağlanmış bir kontrol odası transfer işlemini direk gözlemlememizi sağlar. Transfer potası hadde zemininin altında bir transfer arabasının üstünde taşınır. Bu transfer potası ön kısımda sıcak metalin döküldüğü yeri kapatan sızdırmaz bir kalkan taşır ve böylece kapalı bir ortam sağlanmış olur. Kapalı bir muhafaza konulamayan bir yerde ise potanın üzerine davlumbaz konulabilir.



Şekil 8.19: Transfer esnasında toz toplama



Şekil 8.20 : Sıcak metal transferi esnasındaki toz toplama (EUROFER BOF 1997)

Tepkimesiz bir ortam ve oksit toz oluşumunu sınırlandırmak için sıcak metalin transfer edildiği potaya katı karbondioksit dökülmesi , kuru buzun devamlı buharlaşarak karbondioksit gazı salıvermesi potadan potaya aktarım sırasında toz emisyonunu kontrol etmek için yeni bir tekniktir. Gazın havadan ağır olması nedeni ile sıcak metal yüzeyi üzerinde oksijensiz bir atmosfer sağlanarak , demirin oksitlenmesi önlenir. Isıtılan karbon dioksit gazı termal etki ile yukarı çıkar ve devrilen sıcak metalin üzerini örter. Sıcak metal transferinde tepkimesiz bir ortam oluşturmak için optimum prosedür aşağıdaki gibidir.

- Boş potaya 30 saniye boyunca karbondioksit verilir.
- Metal transferi boyunca minimum karbondioksit akışı sağlanarak tepkimesiz ortamın devamı sağlanır.



Şekil 8.21 : Torpidodan şarj alırken çıkan toz emisyonu (CO2 verilmesi ve verilmemesi durumunda) (UNEP,1997)

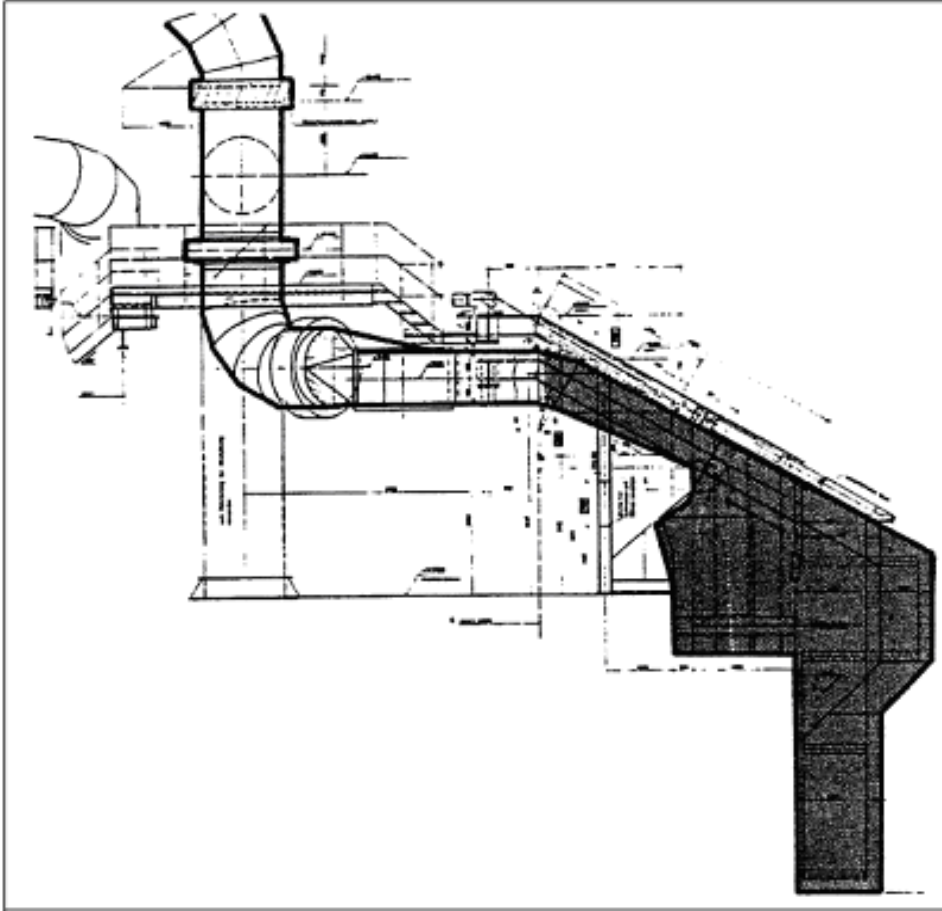
Her ne kadar karbondioksit zehirli bir gaz olmasa da karbondioksit yönünden zenginleşmiş bir atmosfer, çalışma bölgesinin havasız kalmasına neden olabilecek ve güvenlik problemi yaratacaktır. Müsaade edilebilir maksimum konsantrasyon değeri belirlenmiş ve risk oluşturabilecek bir durum olmaması için havalandırma ve kontrol sistemi kurulmuştur.

2,4 kg /t karbondioksit tüketimi ile aşağıdaki sonuçlar alınmıştır:

- Toz emisyonunda % 87 azalma
- karbon monoksit ve karbondioksit değerleri için çalışma ortamı değerleri aşılmıştır (UNEP,1997)

Cüruf Alma

Davlumbazın boş kesiti yüksek emiş hızına ulaşmak için uygun i elemanlarla sınırlandırılmıştır. Davlumbazlar hareketli tip olabilir. böylelikle birkaç değişik cüruf alma işlemine hizmet edebilirler.Cüruf alma yerleri genellikle yeterli hareket sağlayacak kadar bölmelere ayrılmışlardır. Açıklıklar arabaya monte edilmiş, sızdırmaz kalkanla kapatılmıştır. şekil 8.22 cüruf alma standında desülfürizasyonlu toz tutma sistemini gösterir.



şekil 8.22 : Cüruf alma istasyonunda yer alan toz toplama sistemi (Eurofer BOF, 1997)

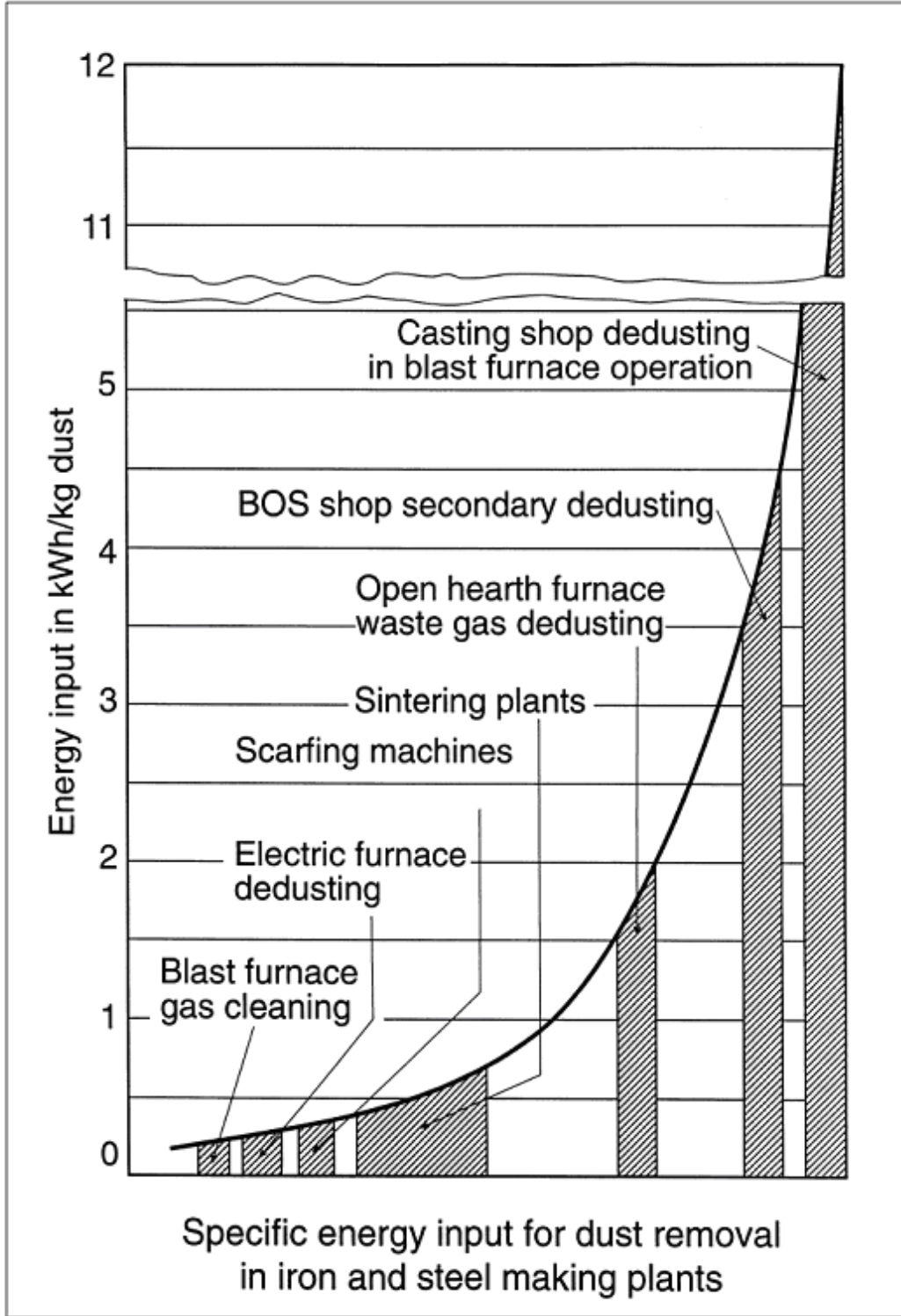
Ulaşılan Seviye

Emisyon seviyesi temel olarak şarj ve döküm alma sırasında çıkan tozun miktarına bağlı olarak değişir. İkincil havalandırma sisteminden gelen toz emisyonu, tozun torbalı filtrelerde tutulmasıyla 10 mg/ Nm³ den aşağı olabilir.

Tablo 8,3'e göre havaya verilen toz emisyonları 5 g/ton sıvı elik'in altında olacaktır. ESP'nin performansı muhtemelen düşük olacaktır, fakat ikinci davlumbazın toz tutma verimliliği ile birlikte düşünölmelidir. Bazı fabrikalarda (Japonya'da) tüm çatı kapatılarak %100 toz tutma verimliliği sağlanmıştır.

Uygulanabilirlik : Tali toz toplama yeni ve mevcut fabrikalara uygulanabilir. Mevcut tesislerde yer kısıntısı uygun boşaltma imkanını sınırlayabilir.

Diğer çevre etkisi : Tali toz toplama sırasında katı bir atık oluşur. (1 kg / ton sıvı çelik'e kadar) Demir bakımından zengin bu katı atığın kullanımı çinko içeriğine bağlıdır. Bazı fabrikalar bu atığı tekrar kullanabilirken bazıları atmak isteyebilirler. Havalandırma ve toz tutma sistemleri enerji tüketimini artırırlar. Tali havalandırma yaklaşık 400.000' den 1.300.000 Nm³ / h' e kadar tahliye kapasitesine ihtiyaç duyarlar. Bu da 0,72 'den 72 MJ arasında enerjiye denk gelir. Eğer doku bazlı filtre kullanılıyorsa enerji tüketimi temel olarak basınç düşüşüne ve sisteme bağlı fanın kapasitesine bağlıdır. Tali toz toplamanın özgül enerji tüketimi diğer toz toplamaya göre nispeten yüksektir.



Şekil 8.23 : Entegre çelik fabrikalarında spesifik enerji tüketimi – (Philip,1987)

Referans Fabrikalar: Dünya çapında birçok fabrika tali toz toplamayı uyguluyor.

İşletme Bilgisi: Hem torbalı filtreler hem de elektro filtre (ESP) problemsiz olarak çalıştırılabilir. Tali toz toplamadaki en zor durum ise tahliye verimliliği ve oluşan katı atığın geri dönüşümüdür.

Maliyet: Yatırımlar : 1996 yılı fiyatlarıyla 12- 20 milyon Ecu
İşletme : 1996 yılı fiyatlarıyla 0,8-4 milyon Ecu/ton sıvı çelik

Zorlayıcı Nedenler : Ana itici güç emisyon limit değerlerine ulaşmak ve diğer yasal gerekliliklerdir.

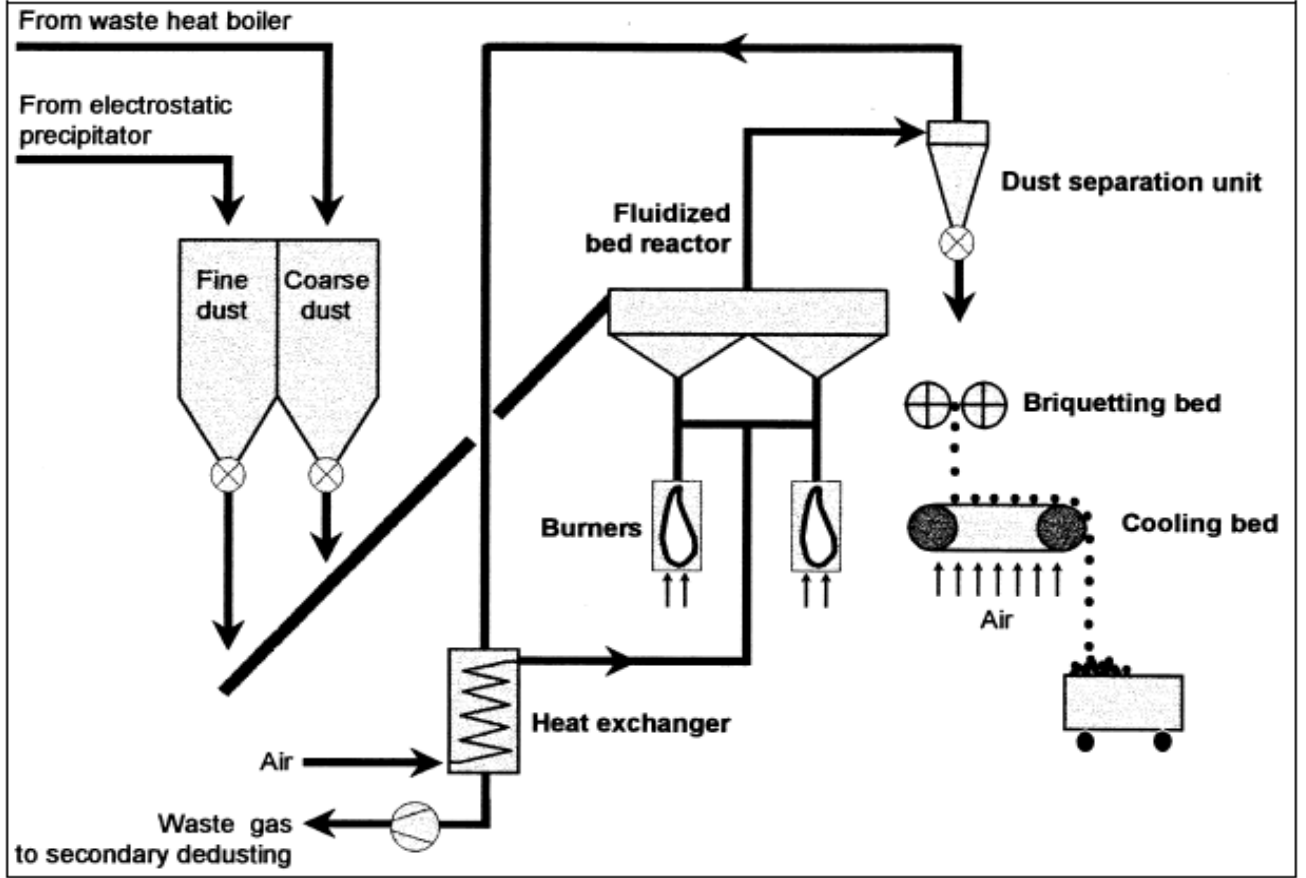
Referans İşletmeler: Dünya genelinde birçok fabrika, ikincil toz toplama sistemini uygulamaktadır.

İşletmesel Veriler: Her iki torbalı filtre ve ESP'ler herhangi bir problem yaşanmadan çalıştırılmaktadır.

Referans Yayınlar: [InfoMil, 1997; EUROFER BOF, 1997; EC BOF, 1995]

EP 4. Sıcak-briketleme ile yüksek çinko içeren tozların geri kazanımı

Tanım: Oksijen üflemeli BOF prosesinden çıkan gaz, kuru tip toz tutma sisteminden (ESP) geçirildikten sonra tutulan toz, katı atık olarak çıkar. Bu tozun demir içeriği yüksek olmakla birlikte (%40–65), bu toz preslenip briket haline getirilerek kullanılabilir bir hammadde haline dönüştürülebilir. Büyük ve küçük tanecikli tozlar aynı tesiste briket haline getirilirse de içerikleri nedeniyle farklı proseslere şarj edilirler (bakınız Tablo 8.9). İri tozlardan yapılmış briketler % 70 demir içeriklerinden dolayı hurdaya ikame olarak çelik üretiminde kullanılabilir. İnce tanecikli tozdan elde edilmiş briket içindeki metalik demir oranı %7 olduğu için, cevheri soğutmak maksadı ile kullanılabilir [Auth, 1988]. Sıcak briketler, sıcak briketleme fabrikalarında üretilirler (Şekil 8.24). Öncelikle toz akışkan yatak reaktöründe sıcak hava ve kimyasal reaksiyonlar ile 750⁰C 'ye kadar ısıtılır. İkinci adımda ise tozların silindir preslerden geçmesi ile briketler elde edilir.

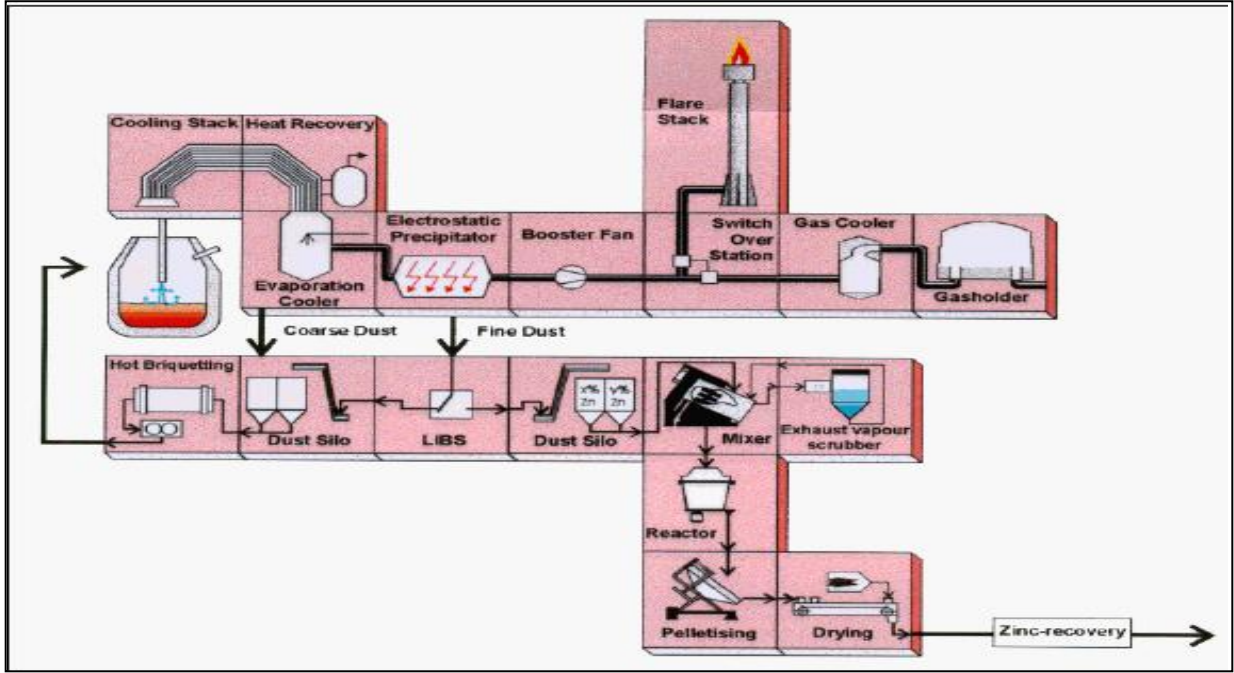


Şekil 8.24: Çelikhane tozundan briket yapımını gösteren fabrika (EUROFER BOF, 1997)

Sürekli briket haline getirilerek prosese şarj edilen tozlar, kademeli olarak çinko içeriği yönüyle zenginleşir. Toz briketler ağırlıklı olarak ortalama %17 Çinko'ya sahip olduklarında, içeriğindeki çinkonun geri kazanımı için başka bir prosese yönlendirilirler.

Prosesteki çinkonun dağılımı homojen olmadığı için % 17 ve üzeri çinko içeren tozlar da sistemde gereksiz yere sirküle etmekte, buharlaşmakta veya okside olmaktadır. Bu homojen olmayan yapı çelik üretim prosesindeki şarj oranlarını ve termal dengesini etkilemektedir. Bu yüzden çelik kalitesinin ve oluşan curufun sürekli olarak çinko yönüyle analiz ve kontrol edilmesi gerekmektedir.

Proses sırasında toz içerisindeki çinkonun yüzdesini ölçmek için bazı on-line ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. LIBS (laser-induced breakdown spectroscopy) yöntemi olarak tanımlanan teknik sayesinde konveyör üzerindeki tozun çinko içeriği ölçülerek peletleme, geri kazanım veya başka bir yere gönderme kararı alınmaktadır. Şekil 8.25, Oksijen üflemlili çelik üretim fabrikalarındaki optimize toz çevriminin şematik özetini göstermektedir.



Şekil 8.25 : BOF'dan gelen ve çevrime uğrayan tozun optimizasyonu sağlamak için ölçme işleminin şematik özeti

İnce tozların peletlenmesinin en büyük nedeni bağlayıcı ilave edilse bile bu ince tozların briket haline getirilememesidir. Bundan başka pelet ürün olarak müşterinin ihtiyacını karşılamada uygun bir malzemedir. Analiz edilmesi, taşınması, stoklanması ve tozlaşmaya neden olmadığı için tercih edilir. Ayrıca, toz peletler indirgeyici katkı malzemesi olarak kullanma özelliğinden dolayı proses optimizasyonunda kullanılabilir.

Ulaşılan emisyon değerleri: Katma değeri yüksek hammaddenin geri kazanımıyla, katı atık olarak söz konusu malzemenin deponi sahasına doldurulması önlenmiştir. Çelik üretimi sırasında ortaya çıkan toz miktarı yaklaşık olarak 10–20 kg/sıvı çelik'tir. Toplam demir üretim verimliliği yaklaşık olarak %1 artırılmıştır. Çevrime uğrayan toz miktarı %100'e ulaştırılabilir.

Uygulanabilirlik: Bu metot sadece BOF gazının kuru tip toz tutucularla temizlenmesi sonucu ortaya çıkan tozların geri kazanımı için uygulanmıştır. Islak tip tutucudan geçen gazın temizlenmesi sonrası çıkan çamurun geri kazanımı için (suyun buharlaştırılması) ise ilave enerji ihtiyacı ortaya çıkacaktır.

Diğer etkiler : Sıcak briketleme tesisleri enerji tüketirler ancak, geri kazanımlarıyla hammadde tüketimleri azaltılır.

Referans İşletmeler:

LD 3 Steelmaking plant, Voest-Alpine Stahl AG, A-Linz (bu fabrikada atıklar pelet haline getirildikten sonra çinko içerikleri nedeniyle geri kazanılırlar);

Steel Plant Kwangyang Works, POSCO Iron and Steel Company, Kore Cumhuriyeti;

Steel Plant Baoshan Iron and Steel Company, Çin
Dneprovsky Metallurgical Combinat (DMK), Ukrayna
LD 1, LD 2 stelmaking plants, Thyssen Krupp Stahl AG, D-Duisburg
BHP, Newcatle, Australia

İşletmesel Verileri : Mevcut Değil

Maliyet: Mevcut Değil

Zorlayıcı Nedenler : Bu sistemin uygulanması için en önemli etken, kısıtlı imkanlar ve tozun bertaraf maliyetinin yüksek oluşudur.

Referans Yayınlar : [Auth, 1988; UN-ECE,1996; Rentz, 1996; Heiss, 1997]

EP.5 Islak tip toz tutma sisteminden gelen atık suyun arıtılması

Tanım: Bir çok konvertörlü çelik üretim prosesinde birincil toz tutma sistemleri ıslak tiptir. (bakınız Pl. 1). Gaz suyla yıkanarak içerisindeki toz partikülleri suya geçerler. Böylece kirliliğin havadan suya geçmesi sağlanır. Su, genellikle geri kazanılır veya arıtılarak deşarj edilir. Atık suyun askıdaki katı madde konsantrasyonu yüksektir. Bu katı maddeler ağırlıklı olarak çinko ve kurşundan oluşmuştur.

Gaz temizleme suyu içerisindeki katı maddeler hidrosiklon veya çökeltme yöntemiyle sudan ayrılırlar. pH ayarlaması yapıldıktan sonra sistemde tekrar kullanılabilirler. (bakınız 8.2.2.3.1). Deşarj edilmeden önce atık su çöktürme ve filtrasyon işlemlerinden geçirilebilir.

Ulaşılan deşarj değerleri:

Tablo 8.13'de Oksijen konvertörü ile çalışan demir çelik fabrikaları ıslak tip toz tutucularından çıkan atıksu kriterlerine ilişkin örnekler verilmektedir.

Parametreler		Kapalı Yanma Sistemler			Açık Yakma Sistemleri Hoogovens Oksijen üfleli Çelik üretim tesisi No.1*
		Hoogovens Oksijen üfleli Çelik üretim tesisi No.2*	Stelco LEW, Canada	LTV Steel Cleveland Works, ABD	
Atıksu Debisi	m ³ /ton Sıvı çelik	0,52	1,1	0,002	0,65
Askıdaki Katı Madde	g/ton Sıvı Çelik	20	5,5	0,0083	9,4
Çinko (Zn)	mg/ton Sıvı Çelik	73	210	0,36	252
Kurşun (Pb)	mg/ton Sıvı Çelik	31	110	0,057	<74

* Hoogovens'daki emisyonlar 1994 değerlerini kapsamaktadır

Tablo 8.13: Oksijen üfleli Çelik üretim tesisleri ıslak tip toz tutma sistemi atıksu çıkış kriterlerine ait örnekler

Atık su deşarjını en aza indirmek için gerekli yöntemler;

1. Gaz temizleyicide kullanılan suyun sirkülasyon oranının artırılması;
Gaz temizleyicide kullanılan suyun sirkülasyon oranının artırılması için atık sudaki katı maddelerin çöktme işlemi iki kademeli olarak gerçekleştirilmelidir. İkincil çöktmede suya CO₂ verilerek katı maddelerin karbonatlı bileşikler oluşturarak çöktülmesi sağlanır. Bu sistem kontrollü yakma sistemlerine sahip gaz temizleme sistemlerine uygulanır
2. Blöf suyunun arıtılması ;
Her ne kadar etkin bir sirkülasyon işlemi yapılsa da atık sudaki mineral ve tuz konsantrasyonu sürekli olarak artar, birikim olmaması için ise bir kısım suyun deşarj edilmesi gerekmektedir. Bu deşarj edilen sudaki askıdaki katı maddeler çinko ve kurşun içermektedir. Bu su da çöktme ve filtrasyon işleminden geçirildikten sonra deşarj edilir.

Uygulanabilirlik: Yüksek sirkülasyon verimliliği nedeniyle mevcut ve yeni tesisler için uygulanabilir.

Diğer Etkiler: Çamur, genellikle atıksudaki katı maddenin çöktmesi sırasında ortaya çıkar. Bu çamur demir çelik üretim prosesinde %100 olarak geri kazanılabilir. Ancak bu da hurdayla gelen çinko oranına bağlıdır. Dünya genelindeki bir çok çelik fabrikasından çıkan çamur kullanılmamakta, sahada stoklanmaktadır. (ayrıca bakınız PI. 2 ve EP.4).

Referans İşletmeler: Sirkülasyon oranı yüksek olan çelik fabrikaları ve blöf suyu arıtımı olanlar; Sidmar, B-Gent; Thyssen AG, D-Duisburg; LTV Seel Cleveland Works, ABD.

İşletmesel Veriler ve Ekonomikliği: Mevcut Değil

Referans Yayınlar: [Theoblad, 1997; InfoMil,1997]

EP. 6 Sürekli dökümlerden gelen atık suyun arıtılması

Tanım: Sürekli dökümlerde su, üretilen slab, blum ve kütüğün soğutulması amacı ile kullanılır. Soğutma işlemi sonrası çıkan atıksu haddehaneden gelen suyla birlikte arıtılır. Arıtılan su sisteme geri beslenir.

Döküm kalıpları ve rollerin iç kısımlarındaki parçalar, genellikle kapalı devre su sistemleriyle soğutulur. Bu su sistemleri, bu bölümde ele alınmamıştır.

Kirliliğe yol açan ana etmenler katı maddeler ve yağlardır. Geri besleme suyu oranının artırılması için atık suyun çökeltme ve filtrasyon işleminden geçmesi ile mümkündür. Yağların uzaklaştırılması için yağ sıyırma tanklarından faydalanılır.

Ulaşılan deşarj değerleri: Tablo 8.14’de sürekli dökümlerden gelen su deşarj kalite değerlerine örnekler verilmektedir.

Parametreler		Hoogovens Sürekli Döküm Tesisi OSF 1	Hoogovens Sürekli Döküm Tesisi OSF 2*	Stelco Lake Erie Works, Ontario, Kanada	Inland Steel, Indiana Harbour Works,IN, ABD
Atıksu Debisi	m ³ /ton kütük	0,08	0,04	1,4	0,076
Sirkülasyon oranı	%	?	98	78	99
Askıdaki katı madde	g/ton kütük	0,8-10,7	0,11	26	1,4
Çinko (Zn)	mg/ton kütük	–	2,0	–	8,0
Kurşun (Pb)	mg/ton kütük	–	5,7	–	8,7
Yağ	mg/ton kütük	30-365	41	2000	160

Tablo 8.14: Sürekli dökümlerden gelen su deşarj değerlerine ilişkin örnekler

Uygulanabilirlik: Yüksek sirkülasyon verimliliği ve atıksu arıtma sistemleri mevcut ve yeni tesislere uygulanabilir.

Diğer Etkiler: Çökeltme aşamasında elde edilen çamur, içeriğindeki demir oranı ile sinter fabrikalarına geri beslenebilir.

Referans İşletmeler:

Inland Steel, Indiana Harbour Works, Indiana, ABD

Hoogovens IJmuiden, NL-Ijmuiden

Sidmar, B-Gent

İşletmesel Veriler ve Ekonomikliği: Mevcut Değil

Referans Kitap: [InfoMil,1997]

8.4 Sonuç

Bu dokümanı anlamak için okuyucuların beşinci bölümdeki önsöze tekrar bakması gerekir. “Bu dokümanı nasıl anlamalı ve kullanılmalıdır”. Verilen teknikler, emisyon ve/veya tüketim değerleri ve aralıkları aşağıdaki basamakları takip ederek verilmiştir.

- Sektörde anahtar olan çevresel kriterler; BOF ve sürekli döküm prosesi için toz ve gaz tutma ve temizleme sistemleri, bunların geri kazanımı, bu toplanan tozlardaki çinko miktarı.
- Bunlar için gerekli tekniklerin tartışılması,
- AB’nde ve dünyada bulunan en iyi çevresel performansı veren tekniklerin belirlenmesi,
- Bu tesislerin kurulması durumunda ulaşılan performans düzeyleri, çevresel etkileri, zorlayıcı etmenler tartışılmıştır,
- En iyi teknolojinin seçimi (BAT) ve bununla ilgili emisyon ve tüketim değerleri sektörle ilgili veriler Direktif Ek IV’ün 2(11)’inci kaleminde yer almaktadır.

Burada yer alan teknikler ve açıklamalarla ilgili olarak IPPC Avrupa Bürosu uzmanları ve teknik çalışma grubunun önemli katkıları olmuştur.

Burada sunulan teknikler ve elde edilen sonuçlar mevcut halde bulunan tesislerden alınmıştır. BAT olarak tanımlanan tesisler, mevcut tesislerdeki performans sonuçlarını, maliyet ve diğer analizleri yapıldıktan sonra çıkan avantajlı yönleri dikkate alınarak tespit edilen tesislerdir. Fakat hiçbir zaman bir sınır değeri ve tüketim için sınırlandırılmış bir değeri vermek için kullanılmaz. Ancak teknik olarak bu değerlere inilmesinin mümkün olduğunu gösterir. Bazen limit değerlere ulaşmak için uygun teknolojiler bulunur ancak bu teknolojileri başka çevresel etkileri ve yüksek maliyetlerinden dolayı BAT olarak kullanılması mümkün değildir. Ancak zorunlu durumlarda bu teknikler kullanılır.

BAT’lerle ulaşılan emisyon değerleri ve tüketimler burada referans gösterilen şartlarda ulaşılır.

Bu dokümanda söz edilen BAT ile ulaşılan seviye ile ulaşılabilir seviye arasında farklılık vardır. Ulaşılabilir seviye, teknikler uygulandıktan ve bir süre tesisler bu tekniklere uygun çalıştırıldığında elde edilen sonuçları göstermektedir.

Maliyetle ilgili veriler teknik tanımlarının yapıldığı bölümlerle birlikte verilmektedir. Yaklaşık olarak tekniklerle ilgili maliyetleri vermekle birlikte, maliyetler tesislerin bulunduğu yere, vergilere, teknik özelliklere vb. koşullara bağlıdır. Bu doküman içerisinde, sözkonusu spesifik faktörlerin tamamen değerlendirilmesi mümkün değildir. Maliyetleri ilgilendiren verilerin olmaması durumunda, mevcut tesislerdeki gözlemlerden, tekniklerin ekonomik olarak uygulanabilirliği üzerine sonuçlar çıkarmak mümkündür.

Bu bölümdeki, genel Mevcut En İyi Teknikler (‘BAT’) ile, mevcut tesislerin şu anki performansının veya yeni tesisler için herhangi bir önerinin değerlendirilmesi ya da, söz

konusu tesis için, 'BAT'a dayalı en uygun tekniğin kullanılmasına yardımcı olunması planlanmıştır. Yeni tesislerin 'BAT' şartlarında, ya da daha iyi şartlarda çalışmasının tasarlanması öngörülmüştür. Ayrıca pekçok mevcut tesisin, genel en iyi teknikler ('BAT') veya daha iyi seviyeye çıkması düşünülmüştür.

Bu BREF dokümanlar, uyulması zorunlu standartlar olmamakla birlikte, belirlenmiş teknikleri kullanmak suretiyle, kabul edilebilir emisyon değerleri ile tüketim seviyelerini sağlama konusunda, endüstriye, üye devletlere ve halka rehberlik etmek amacıyla, hazırlanmış referans dokümanlardır. Herhangi bir spesifik durum için uygun limit değerler, IPPC (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol) direktifleri ile yerel faktörler dikkate alınarak belirlenecektir.

Sıcak metalin ön işleme, oksijen kullanarak çelik üretimi ve sürekli dökümler için aşağıda belirtilen teknikler veya tekniklerin kombinasyonu mevcut en iyi teknikler olarak düşünülmektedir. Tekniğin öncelik sırası ve seçimi yerel şartlara bağlı olarak değişmektedir. Aynı veya daha iyi performansı veya verimliliği sağlayan diğer teknikler ile tekniklerin kombinasyonları ayrıca düşünülebilir. Bu teknikler, henüz gelişmekte olan teknikler veya yeni ortaya çıkmış ancak, bu dokümanda belirtilmemiş/tanıtlanmamış teknikler olabilir.

1. Aşağıda belirtilen metodlar ile sıcak metal ön arıtımında çıkan tozların giderilmesi (sıcak metale geçiş prosesleri, kükürt giderme, curuf giderme işlemlerini içerir):

- Etkin toz tutma,
- Torbalı toz tutma veya elektrostatik toz tutma metodları ile gerçekleştirilir.

Torbalı toz tutmada 5-15 mg/Nm³, elektrostatik toz tutmada 20-30 mg/Nm³ aralığında emisyon konsantrasyonu değerlerini elde etmek mümkündür.

2. BOF gazının geri kazanımı ve birincil toz tutma;

- Kontrollü yakma ve
- Kuru elektrostatik toz tutma (yeni ve mevcut durumlar için) veya
- Yıkama (mevcut durumlar için) uygulanarak yapılır.

Toplanmış bazik oksijen fırını gazları temizlenir ve sonraki işlemlerde yakıt olarak kullanılmak üzere stoklanır. Bazı durumlarda bazik oksijen fırını gazlarının geri dönüşümü ekonomik olmayabilir veya enerji verimliliği açısından, fizibilitesi uygun olmayabilir. Bu durumlarda bazik oksijen fırını gazları buhar oluşturmak için yakılabilir. Yanma şekli (tam yanma veya kontrollü yanma) enerji yönetimi tarafından belirlenir.

Toplanmış toz ve/veya çamurlar mümkün olduğunca geri dönüştürülmelidir. Toz/çamur içeriğinin yüksek çinko içeriği dikkate alınmalıdır. Lans deliğinden çıkacak toza dikkat edilmelidir. Lans deliği oksijen üfleme esnasında kapalı olmalı ve eğer gerekirse, toz oluşumunu engellemek için lans deliğinden soy gaz verilmelidir.

3. İkincil toz toplama:

- Torbalı toz tutma veya elektrostatik toz tutma ya da aynı toz tutma verimliliğine sahip diğer teknikler vasıtasıyla sonraki arıtma işlemleri için şarj ve döküm alma esnasında oluşan tozların etkili şekilde tutulması gereklidir. Toz tutma verimliliği % 90'a kadar çıkabilmektedir. Torbalı toz tutma sisteminde toz emisyonu 5-15 mg/Nm³, elektrostatik toz

tutma sisteminde 20-30 mg/Nm³ civarında değerlere ulaşılabilir. Tozların yüksek çinko içeriğine dikkat edilmelidir.

- Torbalı toz tutma, elektrostatik toz tutma ya da aynı toz tutma verimliliğine sahip diğer teknikler vasıtasıyla sonraki arıtma işlemleri için sıcak metal manüplasyonu (pota aktarma işlemleri), sıcak metal curuf giderme ve ikincil metalurji işlemleri esnasında oluşan tozların etkili bir şekilde tutulması gerekmektedir. Bu işlemler için, 5 g/t sıvı çelik seviyesinin altındaki emisyon değeri kabul görmektedir.

Duman/toz oluşumunu en aza indirmek için, sıcak metalin torpido arabasından (veya sıcak metal karıştırıcısı) şarj potasına alınması esnasında oluşan duman/toz soy gaz ile kontrol altına alınmaktadır.

4. Aşağıda belirtilen ölçümler uygulanarak birincil yaş toz tutmadan gelen BOF gazının emisyonunun azaltılması/giderilmesi:

- Kuru BOF gazının temizlenmesi yer müsaade ettiği ölçüde yapılabilir;
- Temizleme suyunun mümkün olduğunca geri kazanımı (örnek: kontrollü yakma sistemleri olması durumunda CO₂ enjeksiyonu);
- Askıda katı maddelerin topaklaştırılması ve çöktürülmesi; askıda katı madde miktarı 20 mg/l olarak sağlanabilir

5. Sürekli döküm makinesinde, doğrudan soğutma ile, emisyonun giderilmesi,

- Soğutma sularının olabildiğince yeniden işlenmesi;
- Askıda katı maddelerin topaklaştırılması ve çöktürülmesi;
- Sıyırma tankı veya etkili diğer cihazlar kullanılarak yağın alınması; işlemleri yapılarak gerçekleştirilir.

6. Katı atıkların azaltılması

Aşağıda belirtilen teknikler, önem derecesine göre azalan bir sırada, katı atıkların üretiminde BAT olarak düşünülmektedir:

- Atık üretiminin azaltılması;
- Katı atıklar/yan ürünlerin etkin kullanımı (geri dönüşüm veya yeniden kullanım); özellikle BOF curufları ve BOF gaz arıtımından gelen kaba/ince tozların geri dönüşümü;
- Bertaraf edilemeyen atıkların kontrollü bertarafı;

Prensip itibariyle, önsöz göz önünde bulundurularak, madde 1 – 6 arasındaki teknikler, başka uyarılar yapılmadığı ve söz konusu önkoşullar yerine getirildiği takdirde, hem yeni, hem de, mevcut tesislere uygulanabilmektedir.

8.5 Yeni teknikler ve geleceğe yönelik gelişmeler

Aşağıda belirtilen teknikler yeni teknikler olarak tanımlanmıştır:

- Hassas döküm ve yatay döküm;
- Çinko bakımından zengin çamur/tozların işlenmesi;
- Kükürt giderme işleminde yeni reaktifler;
- Pik demirin ön arıtımı ve çeliğin arıtımı işlemlerinde köpük tekniklerinin uygulanması;
- Sıcak metal üzerindeki havanın soy gaz ile değiştirilmesi (CO₂, N₂).

Hassas döküm ve yatay döküm

Tanım: Sürekli döküm alanındaki gelişmeler, hâlâ devam etmektedir. Hassas döküm ve yatay döküm ticari uygulamalar için cazip proseslerdir. Sıcak haddeleme prosesinde, hadde yönüne doğrudan bağlanabilen bu proseslerin, slab ve kütüklerin geleneksel sürekli döküm proseslerine göre, bazı üstünlükleri bulunmaktadır.

Durumu: Dünya genelinde bazı fabrikalarda ticari ölçekte uygulanmaktadır. Bu nedenle, sözkonusu tekniğin gelecekteki uygulamalarda, uygun teknik olarak ele alınması gerekmektedir.

Temel kazanımlar: Bu modern sürekli döküm teknikleri, daha küçük yatırımları, daha basit üretim yöntemlerini, daha düşük enerji tüketimini ve iş gücü maliyetlerinden tasarrufu gerektirmektedir. Bundan başka yatay dökümde, geleneksel sürekli döküm prosesinde olduğu gibi yüksek yapıya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Referans Literatür: [UBA Comments, 1997]

Çinko bakımından zengin çamur ve tozların geri kazanımı

Tanımı: Çinko bakımından zengin çamur ve tozlar, BOF gazının temizlenmesi esnasında oluşmaktadır. Bununla birlikte çinko miktarı, ekonomik geri dönüşüm için yeterince yüksek seviyede değildir. Sadece bu çamur ve tozların bir kısmı geri kazanılabildiğinden, hemen hemen bütün demir çelik tesisleri çinko bakımından zengin çamur ve atık stoğuna sahiptirler. EP.4'te, geri kazanım metotlarından, yüksek çinko içeren sıcak briket ve pelet oluşumu tanımlanmaktadır. Demir dışı metaller, teknik olarak, toz ve çamurlardan arındırıldıktan sonra, geride kalan değerli katı maddeleri, demir çelik üretiminde kullanmak mümkündür. Çıkarılan demir dışı metaller, demi-dışı endüstri tarafından geri kazanılabilmektedir. Şimdiye kadar ticari hiçbir metotun uygulanmamasının sebebi, çamur/toz giderme işleminin yüksek maliyetli olmasıdır.

Prosesin farklı aşamalarında aşağıda belirtilen metodlar uygulanmaktadır:

- Döner hazneli fırın (Inmetco);
- Akışkan yatak (Thyssen);
- Devirdaimli akışkan yatak reaktörü;
- Yüksek türbülanslı karıştırıcı prosesi;
- Plazma prosesi(Siromelt, Plasmelt);
- Çok fonksiyonlu oksijen kupol ocağı.

Durumu: Çinkonun, ticari ölçekte, geri kazanımına yönelik prosesler [UBA Comments, 1997].

Referans Literatür: [Köller, 1995; UN-ECE, 1996; Rentz, 1996; EUROFER BOF, 1997]

Kükürt giderme prosesinde yeni teknikler

Tanımı: Kükürt giderme işleminde kullanılan yeni teknikler, toz emisyonunda azalmaya neden olmaktadır.

Durumu: Üzerinde çalışılmaktadır.

Referans Literatür: [EC BOF, 1995]

Pik demirin ön arıtılmasında ve çeliğin arıtılmasında köpük tekniklerinin uygulanması

Tanımı: Köpük teknikleri, pik demirin ön arıtılmasında tercih edilmektedir. Çünkü, köpük, sıcak metal prosesinden kaynaklanan tozları emme özelliğine sahiptir.

Durumu: Muhtelif köpük teknikleri mevcuttur.

Referans literatür: [EC BOF, 1995]

Sıcak metal üzerindeki havanın soy gaz ile değiştirilmesi (CO₂, N₂)

Tanımı: Pik demirin ön arıtılması sırasında, sıcak metaldeki oksijen gazının konsantrasyonunu düşürmek, oksitlerin, dolayısıyla, tozun oluşumunu azaltmaktadır. Karbon dioksit ya da azot gibi soy gazlar kullanılarak, oksijen gazı dağıtılabilir.

Durumu: pik demirin torpido arabasından sıvı çelik potasına (Lüksemburg) akıtılması ve pik demirin Bazik Oksijen Fırınına (Fransa) şarj edilmesi esnasında, karbondioksit gazı soy gaz olarak kullanarak, endüstriyel ölçekli testler yapılmaktadır. Almanya'daki testlerde ise, soy gaz olarak, azot gazı kullanılmaktadır.

Olumsuz etkiler: Azot gazı, NO_x emisyonlarına neden olabilmektedir.

Referans literatür: [EC BOF, 1995]

9. ELEKTRİK ARK OCAĞI ÇELİK ÜRETİMİ VE DÖKÜMÜ

9.1 Uygulanan proses ve teknikler

Hurda gibi demir içeren malzemelerin direkt ergitilmesi, modern çelik üretiminde, önemli bir rolü bulunan Elektrik Ark Ocaklarında (EAO) yapılmaktadır. (Şekil 9.2) Şu anda, Avrupa Birliği'nde (AB) Elektrik Ark Ocaklarında üretilen çeliğin toplam çelik üretimine oranı % 35,3 tür. [İstatistik Stahl, 1997]. İtalya ve İspanya'da Elektrik Ark Ocağı ile yapılan çelik üretimi, Yüksek Fırın-Bazik Oksijen Fırını metodu ile üretilen çelik üretiminden oldukça fazladır. (sadece Elektrik Ark Ocağı ile çelik üretimi yapan üye ülkeler dikkate alınmamıştır.)

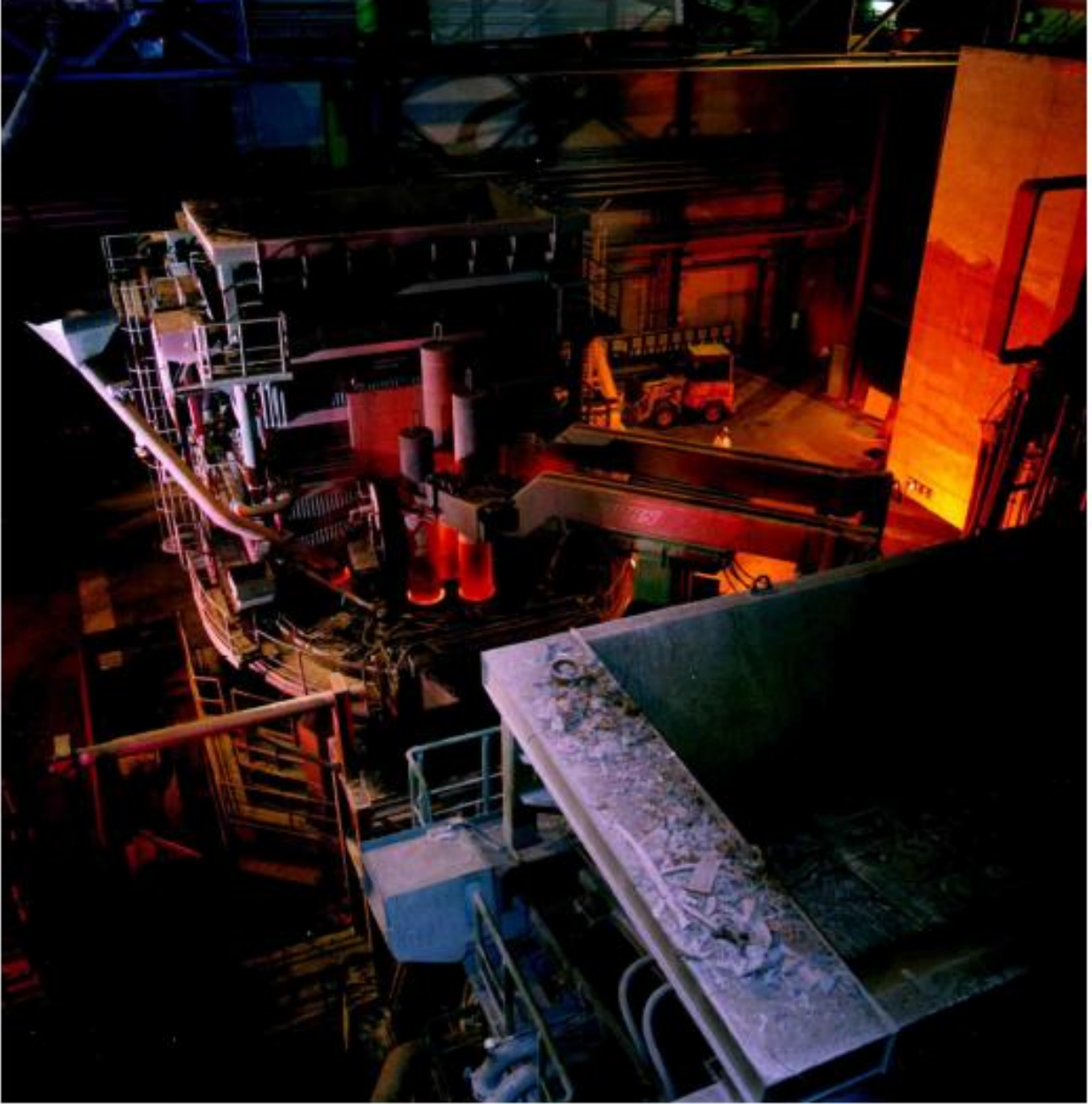
Elektrik Ark Ocağında ana hammadde olarak kullanılan demir hurdası, çelikhaneden (örnek: fireler), çelik kullanıcılarından (örnek:otomotiv üreticileri) ve nihai tüketicilerden (örnek: kullanım ömrünü dolduran malzemeler) temin edilmektedir.

Aynı zamanda, Doğrudan İndirgenmiş Demirin (DRI) Elektrik Ark Ocaklarında hammadde olarak kullanımı, hem curuf oranının düşük olması, hem de hurda fiyatlarındaki dalgalanmalar sebebiyle, artarak, devam etmektedir. Bazik Oksijen Fırını'nda (BOF) olduğu gibi, kireç ilavesi ile curuf oluşturulmakta ve istenmeyen bileşenler çelik içerisinden alınmaktadır.

Şekil 9.1'de Elektrik Ark Ocaklı bir fabrika görülmektedir. Elektrik Ark Ocağı'nın yer aldığı ikiz gövdeli bina toz, gaz ve duman emisyonlarını azaltmak için tamamen izole edilmiştir.

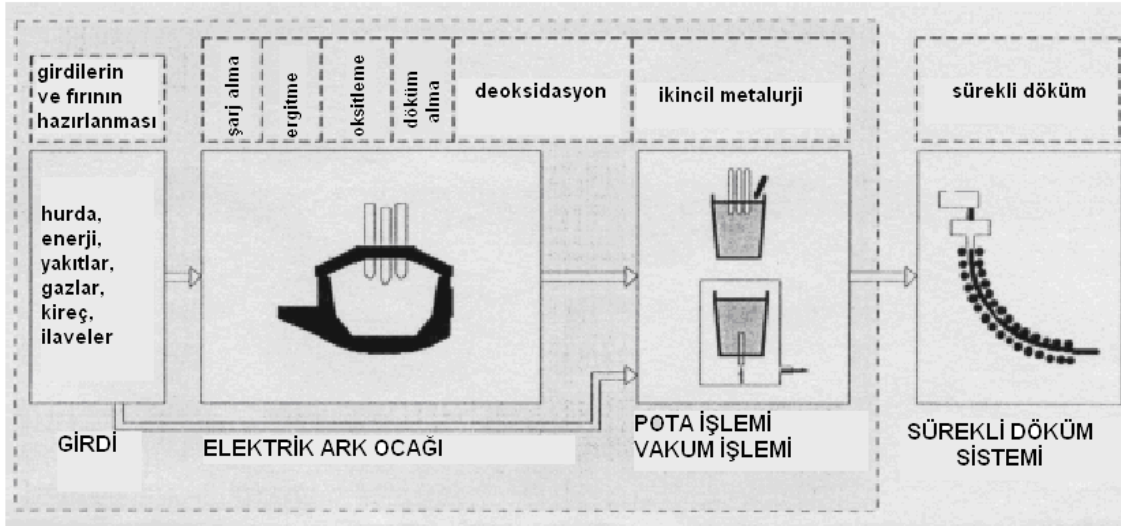


Şekil 9.1 : Elektrik Ark Ocağı



Şekil 9.2 : Üç elektrotlu Elektrik Ark Ocağı ve ön tarafta hurda şarjı için şaft bölümü görülmektedir.

Elektrik Ark Ocağı prosesi işlemlerine genel bakış şekil 9.3'te verilmiştir.



Şekil 9.3 : Elektrik Ark Ocağı'nda çelik üretimindeki proseslere genel bakış - [D Rentz, 1997]

Nihai çelik grubuna göre, karbon çelikleri olarak adlandırılan vasıfsız çeliklerin üretimi ile, düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik üretimleri arasında ayırım yapılması gerekmektedir. Avrupa Birliği'nde toplam çelik üretiminin yaklaşık olarak % 85'i karbon çelikleri ya da düşük alaşımlı çelik üretiminden oluşmaktadır. [EC Study, 1996].

Karbon çelikleri ile düşük alaşımlı çeliklerin üretimi için, aşağıdaki prosesler uygulanmaktadır.

- Hammadde taşıma ve depolama
- Hurda önısıtmalı/ısıtmasız ocak şarjı
- Elektrik Ark Ocağı'nda hurda ergitilmesi
- Çelik ve cürufun dökümü
- Kompozisyon ayarı için Pota Ocağı (LF) işlemleri
- Cüruf taşıma
- Sürekli döküm

Yüksek alaşımlı ve kaliteli çelikler için, nihai ürün üretiminde, proseslerin sırası daha kompleks ve hassastır. Sözkonusu çelikler için, yukarıda bahsedilen işlemler dışında, çeşitli pota ocağı işlemleri (ikincil metalurji) uygulanmaktadır;

- Kükürt giderme,
- Azot ve Hidrojen gibi çözünmüş gazların giderilmesi
- Karbon giderme (AOD=Argon-Oksijen Karbon giderme ya da VOD=Vakum-Oksijen Karbon giderme)

9.1.1 Hammadde taşıma ve depolama

Hurdalar, genellikle, izolasyonun yapılmadığı, zemini taş, tuğla vs. ile döşenmemiş ve toprak kirliliğine yol açabilen geniş hurda sahalarında depolanmaktadır. Diğer taraftan, tamamen izole edilmiş, zemini taş, tuğla vs. ile döşenmiş hurda sahaları da mevcuttur. Hava koşullarına bağlı olarak, uçucu organik yada inorganik bileşikler kolayca yayılabilmektedir.

Günümüzde, hurdanın radyasyon kontrolü önemli bir konu olmakla birlikte, bu doküman içerisinde değinilmeyecektir.

Hurda tasnifi, bazı tehlikeli kirleticilerin riskini azaltmak için yapılır. Evlerde üretilen hurdaları, oksijen lans kullanmak suretiyle, taşınabilir boyutlara küçültmek mümkündür. Hurda, hurda sahasında yer alan sepetlere doldurulabilmekte ya da, çelikhanedeki geçici hurda sahasına gönderilebilmektedir. Bazı durumlarda, hurda, şaft içerisinde ya da taşıyıcı bant üzerinde ısıtılabilir. (hurda önısıtma bölümüne bakınız)

Topak ya da toz halinde kireç taşı, kireç, karbon, alaşım elementleri, oksijen gidericiler ve refrakter malzemeler gibi diğer yardımcı hammaddeler, genelde kapalı alanlarda depolanmaktadır. Toz malzemeler, sızdırmaz ambarlarda depolanabilmekte (kireç kuru olarak muhafaza edilmeli) ve havalı sistemlerle taşınabilmekte ya da sızdırmaz çuvallarda taşınabilmektedir.

9.1.2 Hurda Ön ısıtma

Geçtiğimiz yıllarda, hem yeni hem de mevcut Elektrik Ark Ocakları, enerji tasarrufuna yönelik olarak, hurda önısıtma sistemiyle donatılmıştır. Günümüzde, kendisini kanıtlamış olan Shaft Teknolojisi ve Consteel Prosesi adında iki sistem başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.[Haissig, 1997]

Shaft teknolojisi kademeler halinde geliştirilmiştir [Voss-Spilker, 1996]. Normal şaft fırınında hurdanın sadece % 50'si ısıtılırken, diğer şaft fırınında, (finger shaft furnace) hurdanın tamamı ısıtılabilir. Birinci sepet bir önceki dökümün arıtılması sırasında, ikinci sepet ise, birinci şarjın ergitilmesi sırasında ısıtılmaktadır. Diğer bir değişiklik ise, birbirine özdeş iki şaft fırınından oluşan çift şaft fırınıdır ve birbirine bitişik olarak duran gövdelerin üzerine bir set elektrot kol donanımı monte edilmiştir. Hurda kısmen baca gazıyla ve kısmen de gövde brülörleri yardımıyla ısıtılmaktadır.

Şimdiye kadar (Ekim 1998) 8'i Avrupa ülkesinde olmak üzere, dünya genelinde, 20'den fazla şaft fırını devreye alınmıştır.

Hurda önısıtma sistemi, poliklorürlü Dibenzo-p Dioksinler/Furanlar (PCDD/F), klorobenzenler, poliklorürlü biphenyler (PCB) ve hatta poliklorik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ile hurdanın kontamine olduğu boya, plastik, yağlayıcılar ve diğer organik bileşiklerden dolayı, yüksek seviyede aromatik organohalojen bileşiklerin emisyonuna sebebiyet verebilmektedir. Bu durum, fırın içerisinde oksijen brülörleri ile gazı bacaya vermeden önce yakma (post-combustion) yapılarak minimize edilebilmektedir. Bu amaçla fırın içerisindeki karbonmonoksiti (CO) ve hidrokarbonları yakmak için yakma sistemi (post combustion) geliştirilmiştir. Böylece, yakma sonucunda ortaya çıkan enerji hurdayı ısıtmak için de kullanılabilir [Knapp, 1996]. Bu çeşit yakma, PADD/F gibi organik bileşiklerin emisyonunu azaltmak için Elektrik Ark Ocağı sonrasındaki yakmadan farklı olacaktır. Bu tür yakma, önemli ölçüde enerji gerektirecektir.

9.1.3 Şarj Etme

Hurda, genellikle, curuf oluşturmak amacıyla eklenen kireç veya dolomitik kireç ile birlikte sepetlere doldurulur. Bazı fabrikalarda kullanılan topak halinde kömür, benzol (tulon ve xylen dahil) emisyonlarına neden olmaktadır. Elektrotlar kaldırılarak üst pozisyona alınır ve hurda şarjı için fırın kapağı açılır. Birinci hurda sepetiyle hurdanın % 50 – 60'ının şarj edilmesi normaldir. Sonrasında fırın kapağı kapatılarak enerji verilir ve elektrotlar hurdayı eritmek için alçaltılır. Hurda yükünün 20 – 30 mm üzerinden elektrod ucundan ark oluşur. Birinci şarjın ergitilmesinden sonra kalan hurda ikinci ve ya üçüncü sepetler ile ocağa şarj edilir.

Tescilli bir sistem olarak bilinen şaft ocağı önısıtılmış hurdayı ocak kapağına entegre edilmiş dikey şaft boyunca ocağa şarj eder (hurda önısıtma bölümüne bakınız). [Voss-Spilker, 1996].

Adı Consteel Prosesi olarak adlandırılan yeni bir şarj sistemi geliştirilmiştir. Bu proseste hurda yatay taşıyıcı sistemiyle Elektrik Ark Ocağına beslenmektedir. [Vallomy, 1992]. Fakat sistem genel olarak kendisini kanıtlamış bir sistem olarak düşünülmemektedir.

9.1.4 Ark Ocağı Ergitme ve Arıtma

Ergitmenin ilk aşamasında, elektrotlar hurda yükünü delmeye 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 tapabilmek için güç artırılır. Oksijen lansı ve/veya oksijen-yakıt brülörleri ergitmenin ilk aşamalarında, yoğun bir şekilde kullanılır. Yakıtlar doğalgaz veya fuel oil olabilir. Ayrıca oksijen üfleme, özel nozullar vasıtasıyla tabandan veya ocak duvarlarından yapılabilir.

Elektrik Ark Ocağı ile çelik üretiminde oksijen kullanımı, sadece metalürjik açıdan değil, aynı zamanda verimlilik gereksiniminden dolayı, son 30 yıldan beri artan bir öneme sahiptir. Artan oksijen kullanımı, günümüzde fabrika bünyesi içerisinde kurulmuş oksijen fabrikalarının sürekli sıvı oksijen bulundurmaları ile açıklanabilmektedir. [Knapp, 1996]

Oksijen, karbon gidermede ve fosfor, mangan ve kükürt gibi istenmeyen elementlerin alınması amacıyla metalürjik sebeplerle kullanılmaktadır. Bunlara ilave olarak, hidrokarbonlar ile reaksiyona girerek, ekzotermik reaksiyonlar oluşturmaktadır. Oksijen üfleme, ocaktan çıkan gaz ve duman oluşumunda göze çarpan bir artışa neden olmaktadır. Ocakta, karbonmonoksit, karbondioksit gazları, oldukça küçük demir oksit parçacıkları oluşur. Yakma (post combustion) durumunda, CO miktarı hacimce % 0,5'in altındadır.

Çelik banyosunun karıştırılması ve ısı homojenizasyonu sağlamak için argon veya diğer soy gazlar erimiş metale enjekte edilebilir. Bu teknik ile curuf metal dengesi de iyileştirilebilir.

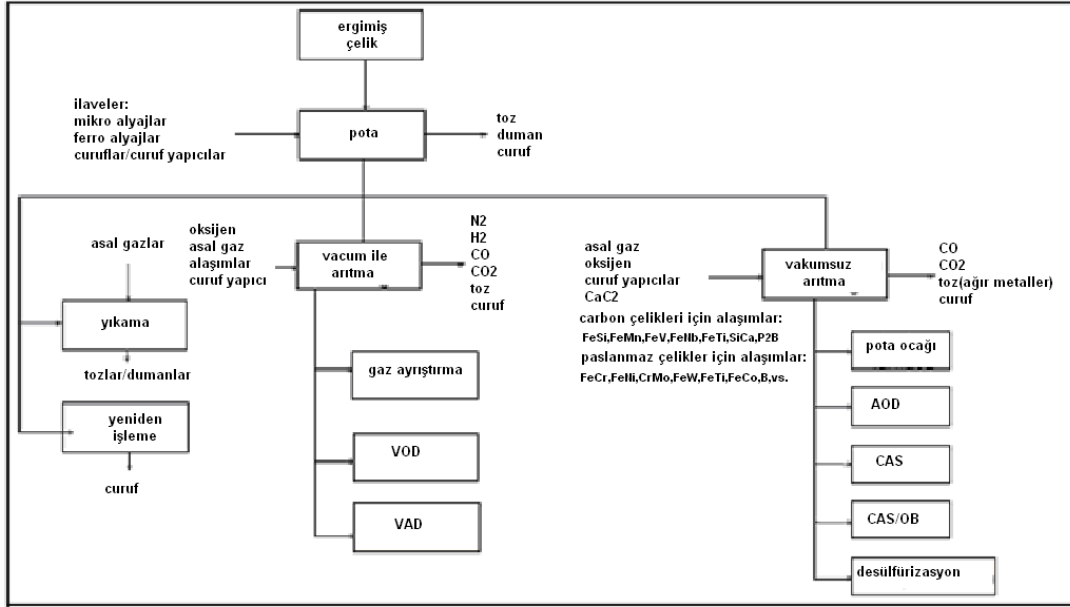
9.1.5 Çelik ve Cüruf Dökümü

İkincil metalürjik tesisleri bulunmayan fabrikalarda, genellikle, alaşım elemanları ve diğer katkıları, çelik potasına döküm almadan önce veya döküm alma esnasında verilir. Söz konusu maddeler, döküm esnasında önemli miktarda duman artışına neden olur. Cüruf, döküm alma işleminden önce ısıtma ve oksitleme esnasında alınır. Bu amaçla ocağın cüruf kapısına doğru belirli bir açıda devrilmesi ve yere veya fırın aşağısındaki cüruf potasına akıtılması sonrasında, toz ve duman meydana gelmektedir.

Günümüzde, çelik, dipten döküm alma sistemi ile, az miktarda cüruf ile birlikte, pota üzerine alınmaktadır.

9.1.6 İkincil Metalürji

Çelik potalarında yürütülen ikincil metalürji, Elektrik Ark Ocağında dökümün alınmasından sürekli döküme kadar olan süreç içerisinde, sıvı çeliğe ilişkin prosesleri kapsamaktadır. Bu proses, pota işlem istasyonlarında yürütülmektedir. Bu istasyonlar çelik tesisleri içerisinde vakum oluşturma sistemi ya da ark ısıtma ünitesi yakınında bulunmaktadır. Diğer küçük istasyonlar soy gaz veya toz enjeksiyon ekipmanına bağlıdır. Proses şematik olarak Şekil 9.4'te gösterilmektedir.



İşaretler: VOD = Vakum-Oksijen-Dekarbürizasyon; VAD = Vakum-Ark-Gazgiderme; AOD = Argon-Oksijen-Dekarbürizasyon;
CAS = İzole edilmiş kabarcıklı argon gazı ile kompozisyon ayarlama; CAS/OB = CAS prosesine ilaveten oksijen üfleme
Şekil 9.4: İkincil metalurji / pota işlemleri - [UK EAF, 1994]

Kurşunlu çelik üretilmesi halinde, kurşun içeren baca gazları özel arıtmaya tabi tutulmalıdır. (Bazık Oksijen Çelik üretiminde (BOF) ikincil metalurji bölümü– 8.1.4 ve 8.2.2.1.1.3)

9.1.7 Curuf taşıma

Cüruf dökümü yanında yerden sıcak cürufun kepçeler ile alınması esnasında toz ve duman oluşur. Cüruf içerisinde metallerin yeniden kazanımı amacıyla yapılacak kırma ve eleme öncesi fırın binası dışında cüruf su fiskiyeleri ile sulanarak soğutulmalıdır. Serbest kireç-alkali içeren cüruf olması durumunda duman emisyonu olabilir. Cürufun kırılması (veya bazı durumlarda oksijen borusu ile kesilmesi) ve metal kazanımı toz emisyonuna neden olabilir.

9.1.8 Sürekli Döküm

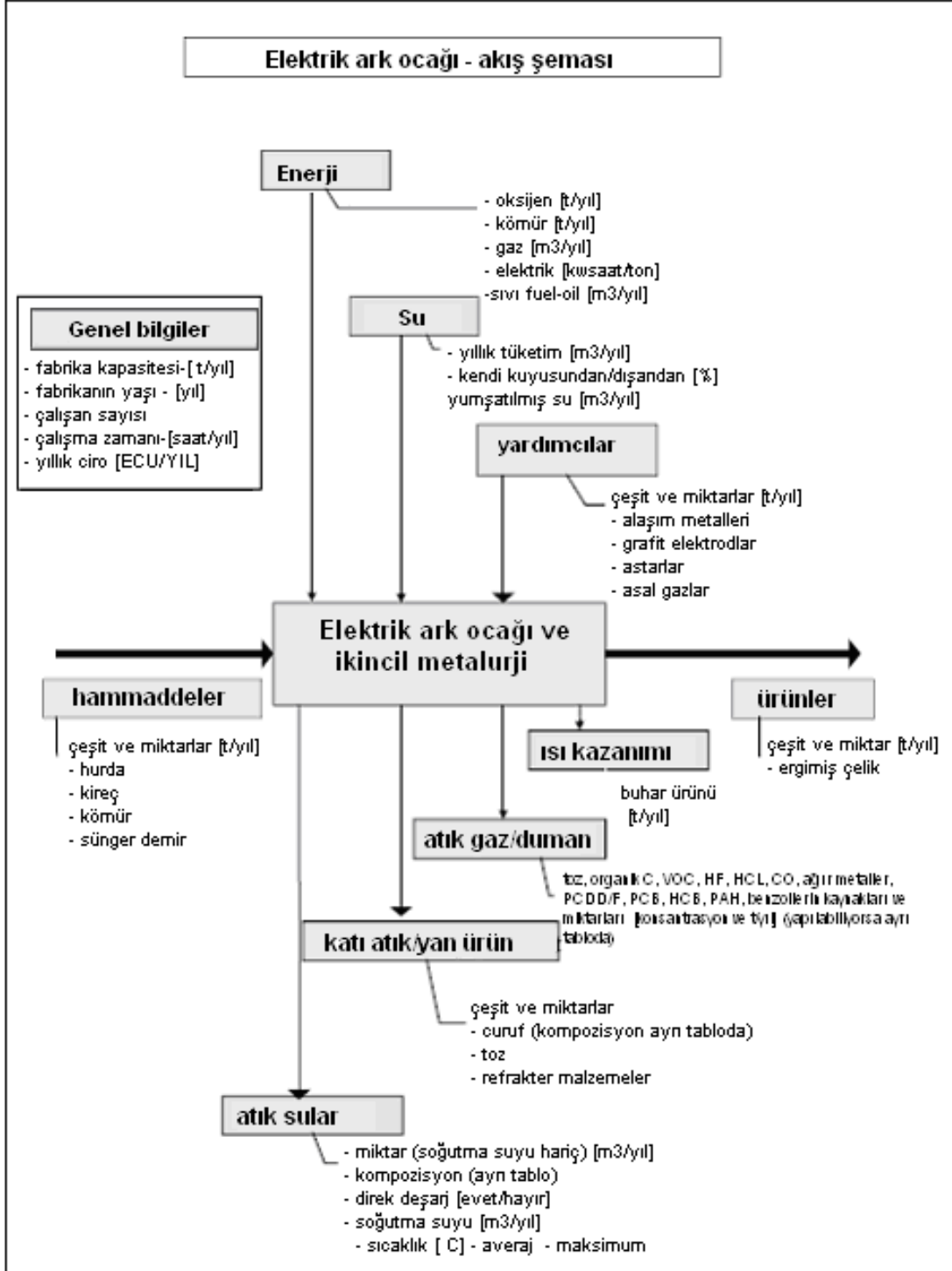
Sıvı çelik genellikle sürekli olarak dökülür. Bazı uygulama ve kaliteler için ingot döküm de hala uygulanmaktadır. Sürekli döküm sıvı çelik potalarının bir veya bindirme olarak kütük, slab, blum, kiriş veya saç halinde sürekli olarak dökülmesine olanak sağlar.(ayrıca bakınız 8.1.5.1). Sıvı çelik potalardan uygun boyutlarda su soğutmalı kalıplara metali dağıtan tandişe aktılır.

Katılaşmış çeliğin kalıba yapışmaması amacıyla kalıplar döküm yönü boyunca döküm hızından daha yüksek bir hızda salınım yaptırılır ve toz veya bitkisel yağlar kullanılır. Yollar sürekli olarak çekilir ve direk olarak su fiskiyeleri ile soğutularak katılaştırılır. Her bir yol katılaşmanın tamamlanmasıyla birlikte otomatik oksijen kesicileri kullanılarak istenilen uzunlukta kesilir. Paslanmaz çeliğin oksijen veya hidrolik makaslar ile kesilmesi durumunda demir tozu enjeksiyonu uygulanır.

9.2 Mevcut tüketim ve emisyon değerleri

9.2.1 Akış şeması ve girdi/çıkış verileri

Şekil 9.5 elektrik ark ocağı için girdi ve çıktıları gösteren genel bir görünüşür. Bu genel çerçevede elektrik ark ocaklarından gereken verileri toplamak için kullanılabilir.



Şekil 9.5 : Elektrik ark ocağı akış şeması

Sonuç olarak spesifik girdi faktörleri ile spesifik emisyon faktörleri hesaplanabilir. Bu faktörler tablo 9.1’de sunulmuştur. Çeşitli kaynaklardan elde edilen veriler dipnotlarda belirtilmiştir.

Girdi			Çıktı		
Hammaddeler			Ürünler		
hurda	kg/ton	1080 – 1130	Sıvı çelik (SÇ)	kg	1000.00
kireç	kg/ton	30 – 80	Emisyonlar ^{*3}		
kömür	kg/ton	13 – 15	Toz	g/t	1 – 780 ^{*4}
grafit elektrotlar	kg/ton	1,5 – 4,5	Hg	mg/t	6 – 4470 ^{*5}
astar	kg/ton	1.9–25.1(ortalama 8.1)	Pb	mg/t	16 – 3600 ^{*6}
sıvı sıcak metal ^{*1}	kg/ton		Cr	mg/t	8 – 2500 ^{*7}
DRI ^{*2}	kg/ton		Ni	mg/t	1 – 1400 ^{*8}
pik demir ^{*2}	kg/ton		Zn	mg/t	280 – 45600 ^{*9}
			Cd	mg/t	< 1 – 72 ^{*10}
			Cu	mg/t	< 1 – 460 ^{*11}
Enerji			HF	mg/t	< 700 - 4000 ^{*12}
toplam enerji	MJ/ton	2300 – 2700	HCl	mg/t	800 – 9600 ^{*12}
Elektrik	MJ/ton	1250 – 1800	SO2	g/t	24 – 130 ^{*12}
Oksijen	MJ/ton	24 - 47	NOx	g/t	120 – 240 ^{*13}
			CO	g/t	740 – 3900 ^{*12}
Su			TOC	g C/t	16 – 130 ^{*14}
		kapalı soğutma çevrimi	Benzol	mg/t	170 – 4400 ^{*12,15}
			Klorür benzoller	mg/t	3 – 37 ^{*16}
			PAH ^{*17}	mg/t	3.5 – 71 ^{*18}
			PCB ^{*19}	mg/t	1.5 - 45 ^{*20}
			PCDD/F	µg I-TEQ/t	0.07 - 9 ^{*21}
			Katı Atıklar		
			Ocak curufu	kg/t	100 – 150
			Pota curufu	kg/t	10 – 30
			Tozlar	kg/t	10 – 20
			Refrakter tuğlalar	kg/t	2 – 8
			gürültü	dB(A)	90 - 125

İşaretler : SÇ = sıvı çelik

^{*1}	Çok özel durumlarda kullanılan ergimiş metal (275 kg/t sıvı çelik), böylece hurda kullanımı aza indirgenir.
^{*2}	DRI (direk indirgenmiş demir) ve pik demir sadece özel durumlarda kullanılır
^{*3}	Sadece konsantrasyonların varlığı durumunda, emisyon faktörleri 8000 Nm3/t sıvı çelik [TWG, 1998] olarak hesaplanır; pratikte bu spesifik debi 6000 – 16000 Nm3/t sıvı çelik arasında değişebilir.
^{*4}	[EC Study, 1996] çalışmasına göre 38 fabrika toz emisyonlarının (birincil ve ikincil) averaj değeri ve standart sapması 124±166 g/t sıvı çeliktir. İyi dizayn edilmiş filtre torbalı fabrikalar toz emisyonlarını 20 g toz/sıvı çelik

	altına kadar çekebilmektedir. [Theobald, 1995; UBA-BSW, 1996]; ilk olarak ağır metal emisyonları atık gaz içerisindeki partiküllerin miktarı ile direk ilişkilidir. (Hg gibi gaz fazındaki ağır metaller hariç)
*5	Hg emisyonları şarjdan şarja değişebilir. Veriler [Theobald, 1995; UBA-BSW, 1996] 4 Alman fabrikası (averaj 370 mg Hg/t sıvı çelik); 1 Danimarka fabrikası [DK EAF, 1997] (averaj 150 mg Hg/t sıvı çelik); veri [Lindblad, 1998] (1994 -96 arası 16 ölçüm averajı 6 mg Hg/t sıvı çelik)
*6	4 Alman fabrikasından gelen veri [Theobald; 1995; UBA-BSW, 1996] (averaj 450 mg Pb/t sıvı çelik); bir Danimarka fabrikasından gelen veri [DK EAF, 1997] (averaj 700 mg Pb/t sıvı çelik)
*7	4 Alman fabrikasından gelen veri [Theobald; 1995; UBA-BSW, 1996] (averaj 400 mg Cr/t sıvı çelik)
*8	4 Alman fabrikasından gelen veri [Theobald; 1995; UBA-BSW, 1996] (averaj 140 mg Ni/t sıvı çelik); bir Danimarka fabrikasından gelen veri [DK EAF, 1997] (averaj 280 mg Ni/t sıvı çelik)
*9	4 Alman fabrikasından gelen veri [Theobald; 1995; UBA-BSW, 1996] (averaj 11400 mg Zn/t sıvı çelik); bir Danimarka fabrikasından gelen veri [DK EAF, 1997] (averaj 5550 mg Zn/t sıvı çelik)
*10	Veri [Theobald, 1995] < 1 – 72 mg Cd/t sıvı çelik (averaj: 16 mg Cd/t sıvı çelik); veri [UBA-BSW, 1996]: 8 ölçüm 4 -37 mg Cd/t sıvı çelik (averaj: 25 mg Cd/t sıvı çelik), bir aşırı yüksek değer 180 mg Cd/t sıvı çelik dikkate alınmamıştır; Bir Danimarka tesisinden gelen veri [DK EAF, 1997] (averaj 40mg Cd/t sıvı çelik)
*11	4 tesisin averaj değeri 80 mg Cu/t sıvı çelik [Theobald, 1995]
*12	Bir Alman fabrikasında gelen veri (9 adet ölçüm) [UBA – BSW, 1996]
*13	Bir Alman fabrikasında gelen veri (9 adet ölçüm) [UBA – BSW, 1996]; İsveç'teki [Lindblad, 1998] değişik elektrik ark ocaklarından gelen veri 17 adet ölçüm 1885-93 : 22 – 680 g NO2/t sıvı çelik)
*14	TOC = Toplam Organik Karbon; veri [Werner, 1997; Theobald, 1995]
*15	9 adet ölçüm (averaj: 1920 mg benzol/t sıvı çelik); benzol kömür girdisinden gelebilir (gaz arındırma)
*16	Veri [Lindblad, 1992]: 9 tesisten toplam 20 ölçüm (averaj : 22 mg/t sıvı çelik) mono klorob haricinde tüm klorob'ları içerir.
*17	EPA 16 toplamı
*18	Veri [Werner, 1997]: 9 ölçüm 3.5 -71 mg PAH/t (averaj: 35 mg/ PAH/t sıvı çelik) Veri [Lindblad, 1992]: 7 tesisten 13 ölçüm (değerler 8/23/84/120/180/240/920 mg PAH/t sıvı çelik)
*19	Hesaplanmış toplam PCB (\sum PCB 28+52+101+153+138+180) x 5 ([UN-ECE, 1997]'ye göre)
*20	Veri [UBA-BSW, 1996] 1.5 – 16 mg PCB/t sıvı çelik arasında 9 ölçüm (averaj 7.8 mg PCB/t sıvı çelik); Veri [Werner, 1997] 2 – 45 mg PCB/t sıvı çelik arasında 9 ölçüm (averaj 17 mg PCB/t sıvı çelik)
*21	8 İsveç fabrikasından gelen veri: 0.2 – 9 µg I-TEQ/t, averajı 4 µg I-TEQ/t sıvı çelik [Lindblad, 1992]; 4 Alman fabrikası verisi 0.07-1,8 µg I-TEQ/t sıvı çelik [Theobald, 1995]; veri [LUA NRW, 1997]: 0.3 – 5.7 µg I-TEQ/t, sıvı çelik; bir Danimarka tesisi averajı 1.7 µg I-TEQ/t sıvı çelik [EC EAF, 1997]

Tablo 9.1 Karbon çelik üretimi için, dipnotlarda belirtilmiş çeşitli referanslardan derlenmiş elektrik ark ocağı girdi/çıktı verileri

9.2.2 Emisyon akış şeması ile gürültü emisyonları ve enerji gereksinimleri ile ilgili bilgiler

Ark Ocağı Çelik üretiminde atık gaz, katı atık/ürünler ve atık suların emisyonu aşağıda belirtildiği gibi tanımlanabilir.

9.2.2.1 Atık gaz emisyonu

9.2.2.1.1 Birincil atık gaz

9.2.2.1.1.1 Direk olarak ocaktan toplanan atık gaz

9.2.2.1.1.2 Direk olarak ikincil metalürjik proseslerden toplanan atık gaz

9.2.2.1.2 Hurda taşıma, hurda şarjı, döküm alma, ikincil metalürjik prosesler ve sürekli dökümden gelen atık gazlar

9.2.2.1.3 Curuf işlemeden gelen dumanlar

9.2.2.2 Katı atıklar

9.2.2.2.1 Karbon/düşük alaşımlı/yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden elde edilen cürufklar

9.2.2.2.2 Gaz arıtmadan kaynaklanan tozlar

9.2.2.2.3 Refrakter tuğlalar

9.2.2.3 Atık su emisyonları

9.2.2.3.1 Hurda sahasından kaynaklanan drenaj suları

9.2.2.3.2 Atık gazın ıslak tipte temizlenmesi (istisnai)

9.2.2.3.3 Sürekli döküm

9.2.2.4 Toprak kirliliği

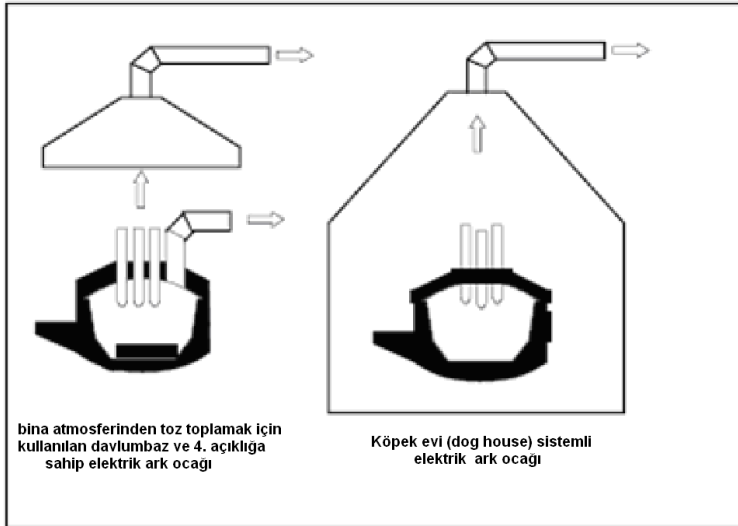
9.2.2.5 Gürültü emisyonları

9.2.2.1 Atık gaz emisyonları

9.2.2.1.1 Birincil atık gazlar

9.2.2.1.1.1 Direk olarak Elektrik Ark Ocağından toplanan atık gazlar

Birincil atık gazlar bir elektrik ark ocağından çıkan toplam emisyonun % 95'ini temsil etmektedir. [EC EAF,1994]. Birincil emisyon mevcut fabrikaların çoğunda 4. açıklık (4.hole) olarak (3 elektrod olması durumunda) veya 2. açıklık (2.hole) olarak (tek elektrot olması durumunda) tabir edilen bacadan yapılmaktadır. (Şekil 9.6). Böylece toplam emisyonun % 85 – 90'ı dökümden döküme geçen süre içerisinde toplanmaktadır.[EC EAF, 1994].Çok az miktarda 4. açıklığı (4.hole) olmayan fakat yerine dog house adı verilen sistem kullanılmaktadır. [EC Study, 1996]. Avrupa Birliği'ndeki elektrik ark ocaklarının % 90'ında, 4. açıklık (4.hole) haricinde çatıya monte edilmiş davlumbaz sistemi de kullanılmaktadır. (Şekil 9.6)



Şekil 9.6 : Elektrik Ark Ocağı toz toplama sistemleri [D Rentz, 1997]

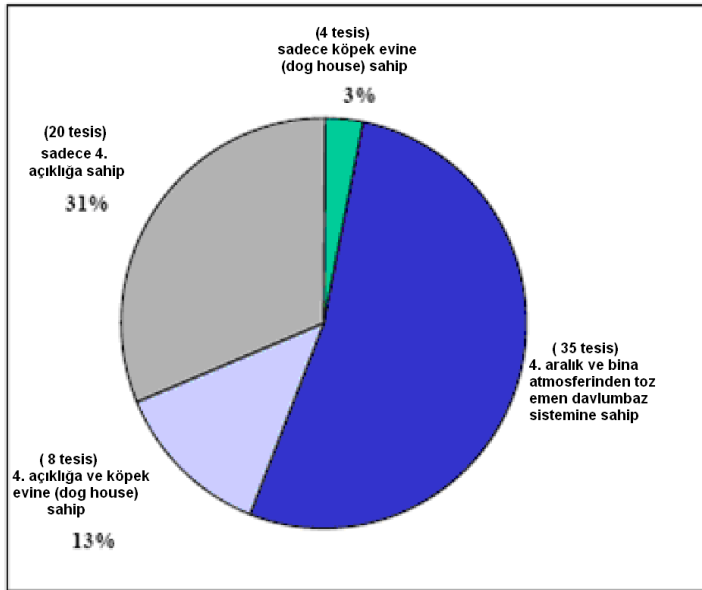
Bu şekilde şarj, döküm alma ve ergitme sırasında Elektrik Ark Ocağında oluşan kaçaklar yakalanabilmektedir. Eğer aynı bina içerisinde ikincil metalürji işlemleri uygulanıyorsa aynı şekilde kaçaklar toplanabilir. Sıklıkla birincil ve ikincil emisyonlardan oluşan gazların arıtılması, torbalı filtre adı verilen aynı donanımda yapılmaktadır. Tablo 9.2'de Elektrik Ark Ocağı çelik üretiminin temel proseslerinden gelen emisyonları toplamaya yönelik sistemlerin etkinlikleri özetlenmektedir.

Emisyon kaynağı	Hurda taşıma ve döküm alma ^{*1}	Ergitme (EAF'de)	İkincil Metalurji ^{*2}	Şarj Alma	Sürekli Döküm
Toplama sistemi					
4. açıklık	hayır	evet	evet, ayrıca donatılmışsa	hayır	hayır
Davlumbaz	evet, kısmen	evet	evet, ayrıca donatılmışsa	evet, kısmen	evet, kısmen
Köpek Evi (dog house)	hayır	evet	evet, ayrıca donatılmışsa	sadece kapalıysa ^{*3}	hayır
Toplam bina emişi	evet	evet	evet	evet	evet

^{*1}Eğer aynı bina içerisine yerleştirilmiş ise; ^{*2}Eğer ikincil metalürji ayrı potalarda uygulanıyor ise; ^{*3} Genellikle dog house hurdanın Elektrik Ark Ocağına boşaltılmasını engellemesi nedeniyle kapatılmaz;

Tablo 9.2 : Elektrik Ark Ocağı fabrikalarından emisyonların toplanması için sistemler [EC EAF, 1994]

Şekil 9.7'de, fabrikaların 1/3'ünün birincil emisyonların toplanması için sadece 4. açıklığa (4. hole) sahip oldukları Avrupa Birliği'nde mevcut dört emisyon toplama sisteminin yüzdeleri gösterilmektedir.



İşaretler: 4. açıklık (4. hole) = atık gazları emmek için elektrik ark ocağı kapağındaki ilave açıklık; tek elektrod kullanılması durumunda (genellikle üç elektrodlu sistemler kullanılmakta) ikinci açıklık olarak adlandırılır. Dog-house= elektrik ark ocağının tamamen izole edilmesi

Şekil 9.7 : Avrupa Birliğindeki 67 tesisin mevcut toz toplama sistemlerinin yüzdeleri [EC Study, 1996]

Birincil atık gazlar karbon çelikleri/düşük alaşımlı çelikler için 14 – 20 kg toz/t sıvı çelik ve yüksek alaşımlı çelikler için 6 –15 kg toz/t sıvı çelik içermektedir. [EC EAF, 1994]. Tozların kompozisyonu, torbalı filtrelerde veya elektrostatik çöktürücülerde (ESP) toplanmış tozların analizinden görülebilmektedir. (Tablo 9.6) Ağır metaller, özellikle gaz fazında bulunan civa, toz maddelerle birleşmediğinden, ESP veya filtrasyon ile bertaraf edilememektedir. Diğer taraftan ağır metallerin çoğu, ayrılmış tozlar ile birlikte atık gazlardan alınmaktadır.

Üretim sonrasında ortaya çıkan toz emisyonların faktörlerinin aralığı Tablo 9.1'den görülebilmektedir. Aralık (1 - 780 g/t sıvı çelik) toplama ve üretim verimliliğindeki büyük farklılığı gösterecek derecede, oldukça geniştir. Konsantrasyon şartları bakımından birçok tesisin emisyonları 10 mg toz/Nm³ civarında veya aşağısındadır. Fakat ayrıca 50 mg/Nm³ civarında emisyon değerine sahip tesisler de bulunmaktadır. [EC Study, 1996]. Normal olarak bu emisyon faktörleri veya konsantrasyonu, ikincil toz emisyonlarını da kapsamaktadır. Çünkü, birincil ve ikincil emisyonlar aynı donanım içerisinde, arıtılmaktadır.

Ağır metaller

Bazı emisyonlar ayrıca geniş aralıklar gösterebilir. (Tablo 9.1). Yüksek değerlerin, çevresel etkisi yüksektir. Çinko en yüksek emisyon faktörüne sahip bir metaldir. Civa emisyonları hurda kalitesine bağlı olarak şarjdan şarja değişebilmektedir.[Theobald, 1995; UBA-BSW, 1996]. Kömür ve yağ girdilerinin miktarına bağlı olan kükürt dioksit emisyonları, yüksek miktarda değildir. Azot oksit emisyonları da, çok önemli değildir.

VOC (Organik Uçucu Bileşikler)

VOC emisyonları, özellikle benzoller hurda sepetlerine kömür ilavesi ile birlikte yanarak gazlaşması nedeniyle önemli ölçüde yüksek olabilir. Benzol emisyonlarının kömürün gazlaşması ile ortaya çıkan tulon, xilenler ve diğer hidrokarbonlar emisyonları ile ilişkilendirilmesi beklenebilir.

Doksanlı yıllarda, organik kirleticiler büyük öneme sahiptiler. Sadece sınırlı sayıda bileşiklerin analitik sonuçları mevcuttur. Klorür benzoller, PCB ve PCDD/F gibi organik klorür bileşiklerinin ölçümleri yapılmıştır.

Klorür benzoller

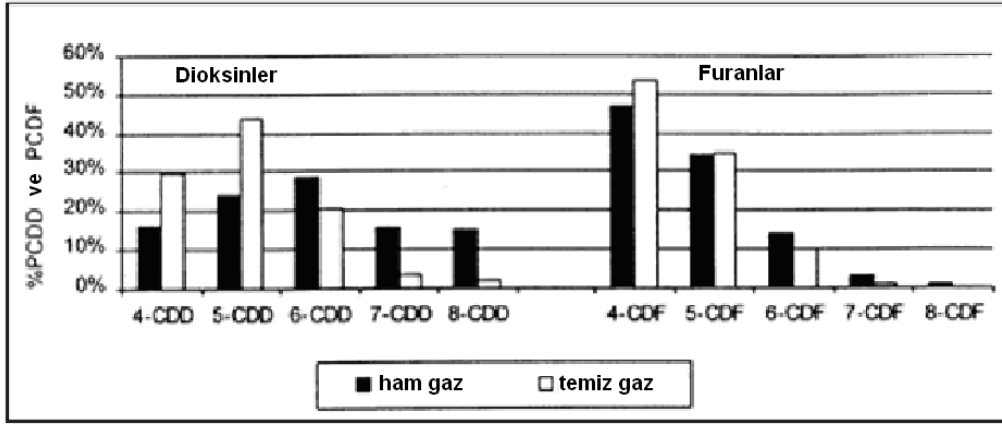
Klorür benzoller İsveç elektrik ark ocaklarında belirlenmiştir. (1 – 37 mg/t LS - Tablo9.1). Bir Alman çelik fabrikasında atık gazların emisyonunda hekza klorür benzollere rastlanmıştır. [UBABSW, 996].

Poliklorürlü bipenyller (PCB)

PCB emisyonları geniş aralıkta, ölçülmektedir.(15 - 45 mg/t sıvı çelik – Tablo 9.1). Sözkonusu emisyonların çevresel etkisi yüksektir. PCB'nin proses içerisinde veya atık gaz sistemi içerisinde yeniden oluşup oluşmadığı bilinmemektedir. (sinter fabrikalarında olduğu gibi –4.2.2.4.2.10) [Blaha, 1995; Scholz, 1997]. PCB, ölçülmüş emisyonlar için dominant kaynak olan hurda girdisinde bulunmaktadır. [Schiemann, 1995]. PCB özellikle içerisinde küçük kapasitör içeren çamaşır makinesi, saç kurutma makinesi, mutfak davlumbazları, yağ brülörleri, fluresan lambalar gibi ve ana PCB girdisi olan kırpıntı hurdadan gelmektedir.[Schiemann, 1995]. Bu tür malzemeler nedeniyle, PCB 140 ppm'e kadar çıkabilmektedir. PCB (tüm PCB içeriği). PCB emisyonları, toz emisyonunu 5 mg/Nm³ ten aşağı düşüren torbalı filtre kullanımı öncesi ve sonrasında değişmemiştir.

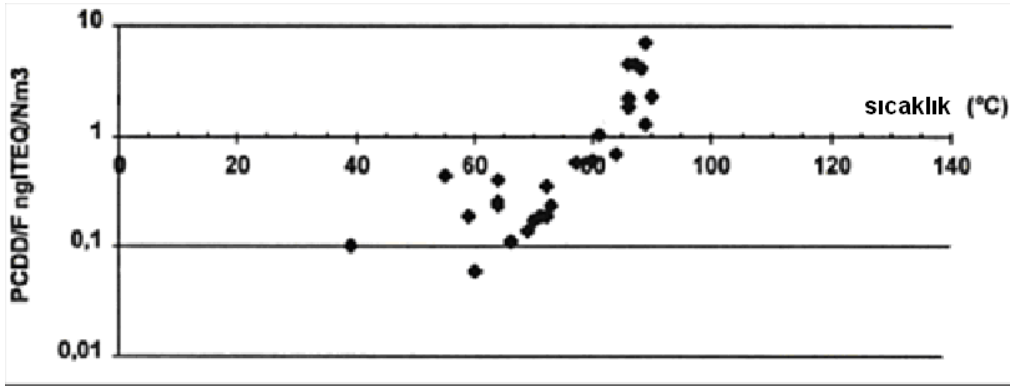
Poliklorürlü Dibenzo-p Dioksinler ve Furanlar (PCDD/F)

PCDD/F ilgili olarak emisyon faktörlerini 0.07- 9 arasında gösteren pek çok ölçüm mevcuttur. □ g ITEQ/t sıvı çelik (Tablo 9.1). Şekil 9.8 bir elektrik ark ocağında hammadde ve temizlenmiş atık gazlardaki PCDD/F içeriğinin dağılımını gösteren bir örnektir.



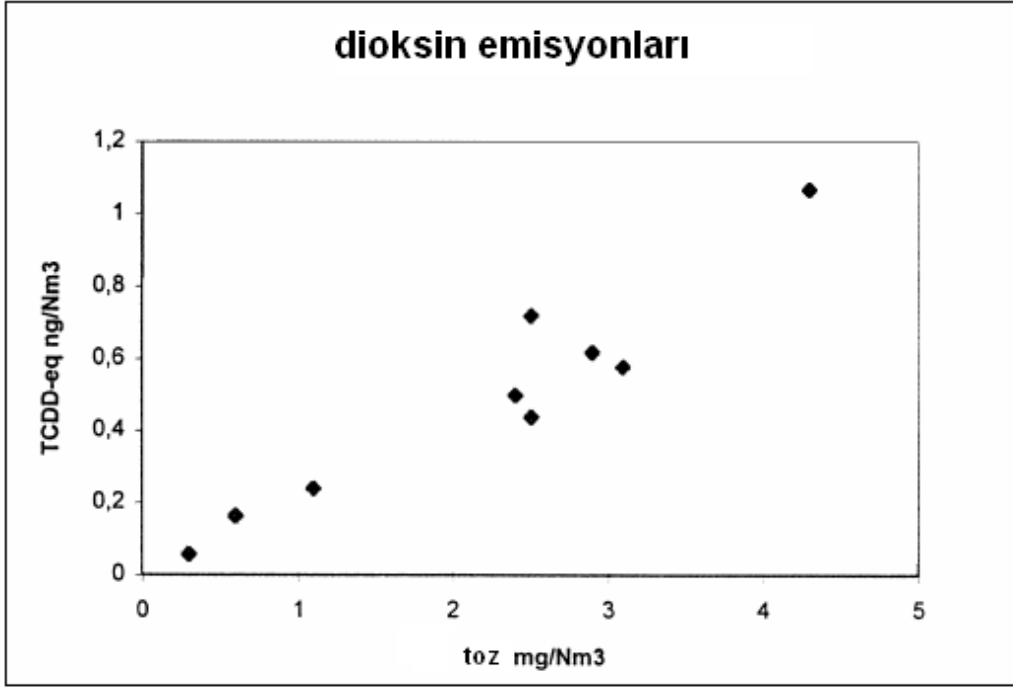
Şekil 9.8 : Arıtma öncesi ve sonrası hurda önsıtmalı ikiz gövdeli elektrik ark ocağının atık gazlarındaki PCDD/F içeriklerinin dağılımı – [Werner, 1997]

Dört veya beş klorür atomlu PCDD/F içerikleri hakimdir. homologues with four and five chlorine atoms dominate. PCDD/F girdisinin veya PCDD/F emisyonlarına neden olan yeniden oluşum sentezini belirten herhangi güvenli bir bilgi mevcut değildir. Mutlak PCDD/F emisyonlarına göre gaz sıcaklığı (Şekil 9.9) ve toz içeriği (Şekil 9.10) arasında doğrusal bir bağlantı vardır.



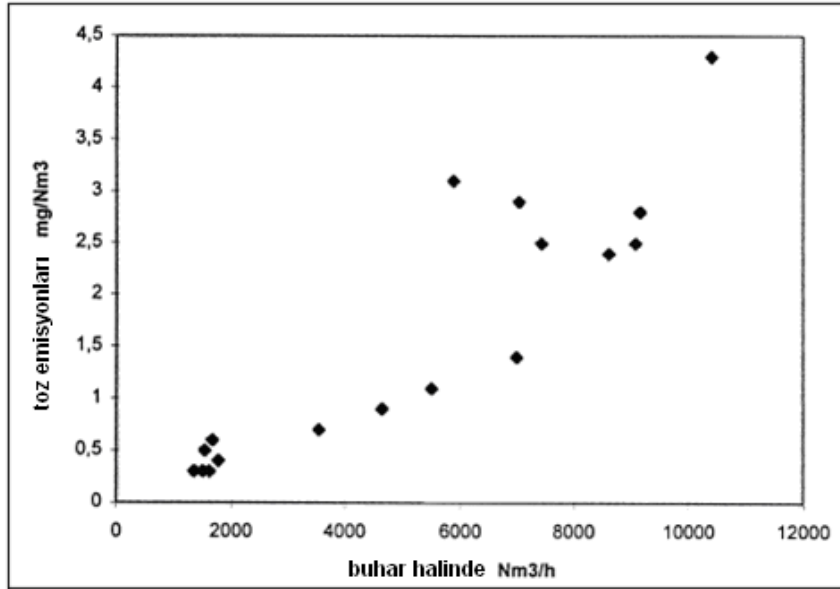
Şekil 9.9 : Elektrik ark ocağı atık gazlarındaki PCDD/F emisyonları ve atık gaz sıcaklığı arasındaki ilişki (torbalı filtreleme ile arıtmadan sonra) – [Werner, 1997]

Şekil 9.9 temiz gazların sıcaklığının 75 °C'den aşağı olduğu sürece PCDD/F emisyonlarının 1 ng I-TEQ/ Nm³'ten düşük olduğunu göstermektedir. Bunun fiziksel açıklaması azalan sıcaklıkla birlikte PCDD/F uçuculuğunun azalması ile ilgilidir. [Spencer, 1992]. Düşük sıcaklıkta PCDD/F'in artan bir şekilde fitre tozlarına yapışma eğilimi bulunmaktadır.



Şekil 9.10 : 85°C sıcaklık altında elektrik ark ocağı baca gazlarındaki toz miktarı (filtre edilmiş) ile PCDD/F konsantrasyonları arasındaki bağlantı – [EC EAF, 1997; Pedersen, 1996]

Toz ve PCDD/F emisyonları arasında yakın ilişki olduğunu gösteren gözlemler, atık gaz sıcaklığına bağlı olmak zorundadır. Toz miktarı torbalı filtrenin kalitesine ve boyutuna bağlı olduğu gibi, ayrıca yerleşimin deniz kenarında olması veya gazın soğutulması durumunda yüksek olabilecek atık gaz bağıl nemine de bağlıdır. (Şekil 9.11)



Şekil 9.11 : Elektrik ark ocağı baca gazlarındaki toz miktarı (filtre edilmiş) ve su buharı arasındaki bağlantı – [EC EAF, 1997; Pedersen, 1996]

Poly aromatik hidrokarbonlar (PAH)

PAH için emisyon faktörleri de yüksektir. (3.5 – 71 mg/t sıvı çelik – Tablo 9.1) Fakat kaydedilen ölçüm sayısı fazla değildir. PAH hurda girdisi içerisinde mevcuttur ve ayrıca elektrik ark ocağı çalışması esnasında oluşabilir. Filtre tozlarında yüksek oranda PAH

bulunmasına yönelik beklentiler, (ayrıca atık gaz sıcaklığına da bağlıdır) Lüksemburg'ta yapılan araştırmalarla teyit edilememiştir. Bu araştırmalarda, PAH emisyonları, toz emisyonunu 5 mg/Nm³ ten aşağı düşüren torbalı filtre kullanımı öncesi ve sonrasında değişmemiştir [Werner, 1997].

9.2.2.1.1.2 İkincil metalurji işlemlerinden toplanan atık gazlar

İkincil metalurji emisyonları (temel olarak toz emisyonları) ile ilgili bilgiler yetersizdir. [EC Study, 1996] raporları yedi AOD ve VOD arıtma sistemine ilişkin toz emisyon faktörünün 6 – 15 kg toz/t sıvı çelik arasında olduğunu ve en düşük değer olarak 1.35 kg toz/t sıvı çelik elde edildiğini bildirmektedir. Bu yedi tesis, elektrik ark ocağı toz tutma tesisinin haricinde ilave toz tutma tesisine sahiptir.

9.2.2.1.2 Hurda taşıma, hurda şarjı, döküm alma, döküm operasyonlu ikincil metalurji ve sürekli döküm işlemlerinden kaynaklanan ikincil atık gazlar

İkincil emisyonlar, esas olarak, birincil emisyonlar başlığı altında tüm kirleticileri tanımlayan elektrik ark ocağı'ndan kaynaklanan duman kaçakları dışındaki toz emisyonlarını içermektedir.

İkincil emisyonlar ile ilgili bilgi de sınırlıdır. Elektrik ark ocağına şarj almada genellikle 0.3 – 1 kg toz/t sıvı çelik ve döküm almada 0.2 – 0.3 kg toz/t sıvı çelik çevreye yayılır. [EC EAF, 1994]. Elektrik ark ocağının çalıştırılması esnasındaki duman kaçakları sebebiyle, toz emisyon faktörlerinin 0.5 – 2 kg toz /t sıvı çelik arasında olduğu bildirilmektedir. [EC Study, 1996]

Bahsi geçen üç kaynağın (şarj alma, döküm alma, duman kaçakları) toplamı olan emisyon faktörü 1.4 - 3 kg toz/ t sıvı çelik arasındadır. [EC Study, 1996]. Bu durum birincil emisyonların ikincilden 10 kat yüksek olduğunu teyit etmektedir. Hurda taşıma ile sürekli dökümden kaynaklanan toz emisyonlarının miktarı ile ilgili bilgiler mevcut değildir.

Genelde ikincil atık gazlar birincil atık gazlar ile işlenmelidir. Büyük oranda torbalı filtreler (tesislerin % 90'ında) kullanılmaktadır. Fakat nadiren ESP ve ıslak tipte yıkama sistemleri de uygulanabilmektedir. [EC Study, 1996]

Organik klorür bileşiklerinden, özellikle PCDD/F gibi mikro kirleticilere bağlı olarak, ikincil atık gazların kirliliğinin (asıl olarak elektrik ark ocağı kaçakları) genel emisyonlarda payı bulunmaktadır. Emisyon limit değeri 0.5 ng I-TEQ/Nm³'ten küçük olması durumunda ikincil emisyonlar dikkate alınmalıdır. [Werner, 1997; Gerlafingen, 1998].

9.2.2.1.3 Curufun ısı işleminden kaynaklanan dumanlar

Curufun ısı işlemi duman çıkışına neden olan soğutma amaçlı su püskürtmeden oluşur. Bu dumanlar eğer cüruf serbest CaO içeriyorsa yüksek oranda alkali olabilir. (Bakınız Tablo 9.4). Bu çok sık rastlanan bir durumdur. Dumanlardan gelen alkali tortular yakın çevresinde probleme neden olabilir.

9.2.2.2 Katı atıklar / yan ürünler

Elektrik Ark Ocağı çelik üretiminde oluşan çeşitli katı atıklar/ürünler spesifik miktarları ile birlikte tablo 9.3'te derlenmiştir.

Katı Atıklar/Ürünler	Spesifik Miktar (aralığı) [kg/t SÇ]
Karbon çeliği / düşük alaşımlı çelik üretimi curufları	100 – 150
• EAF curufu	10 – 30
• Pota curufu	
Yüksek alaşımlı çelik üretimi curufları	100 – 135
• EAF curufu	30 – 40
• Pota curufu	ca. 160
• AOD curufu.	10 – 20
Karbon çeliği/düşük alaşımlı/yüksek alaşımlı çelik üretimi tozları	2 – 8
Refrakter tuğlalar	

işaretler: SÇ = sıvı çelik

Tablo 9.3 : Elektrik ark ocağı çelik üretimindeki katı atıklar/ürünlerin çeşitleri ve spesifik miktarları – [Geiseler, 1991, D Rentz, 1997]

9.2.2.2.1 Karbon/düşük alaşımlı/yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden elde edilen cürüflar

Karbon ve düşük alaşımlı üretimlerden gelen curufların kompozisyonu Tablo 9.4'te görülmektedir. Ayrıca bu tablo paslanmaz çelik ve ikincil metalurji (AOD ve VOD) üretimlerinde oluşan curuf kompozisyonlarını da içermektedir. Bahsedilen elementlerin haricinde Pb, As, Sb, Hg, Cl, F ve heksavalent krom gibi kirlilik elementleri de mevcuttur.

İçerik [Ağırlıkça.- %]	Carbon /düşük alaşımlı çelik üretimi		Yüksek alaşımlı çelik üretimi	İkincil metalurji	
	Elektrik Ark Ocağı Curufu	Pota Curufu	Elektrik Ark Ocağı Curufu *2	AOD Curufu	VOD Curufu
Fetoplam	10 – 32	□2 – 5	≤ 2	□1 – 2	maks. 2
CaO	25 – 45	30 – 50	45	35 – 50	35 – 50
CaOserbest	≤ 4	≤ 10	≤ 10	5 – maks. 10	maks. 5
SiO2	10 – 18	10 -20	30	25 – 35	20 – 30
Al2O3	3 – 8	3 – 12	5	1 – 10	1 -10
MgO	4 – 13	7 – 18	7	4 – 7	5 – 15
MnO	4 – 12	≤ 1 – 5	2	1	n/a
Cr2O3	1 – 2	< 0.5	3	1 - 5	1 - 5
TiO2	0.3	n/a	n/a	n/a	n/a
P2O5	0.01 -0.6	n/a	n/a	n/a	n/a
Na2O	0.46*1	n/a	n/a	n/a	n/a
K2O	0.11*1	n/a	n/a	n/a	n/a
V2O5	0.11 -0.25	n/a	n/a	n/a	n/a
ZnO	0.02*1	n/a	n/a	n/a	n/a

CuO	0.03 ^{*1}	n/a	n/a	n/a	n/a
NiO	0.01 – 0.4	n/a	n/a	n/a	n/a
S	0.02 ^{*1}	n/a	n/a	n/a	n/a
C	0.33 ^{*1}	n/a	n/a	n/a	n/a

*1 sadece bir fabrikada bulunabilen veri; *2 sadece bir fabrikadan gelen veri; n/a = mevcut değil

Tablo 9.4 : Karbon çelikleri-düşük alaşımlı çeliklerin üretiminde oluşan elektrik ark ocağı curuflarının kimyasal kompozisyonları [Geiseler, 1991; Plöckinger, 1979; D Rentz, 1997; Heinen, 1997]

Avrupa Birliğinde karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin curuflarının çoğu arazi doldurmada kullanılmaktadır. (Tablo 9.5) Diğer taraftan, yüksek alaşımlı çeliklerin curuflarının kullanım yüzdesi önemli ölçüde yüksektir. Fakat halen curufların üçte biri arazi üzerinde stoklanmakta ve arazi doldurulmaktadır.

Çelik cinsi	Toplam curuf miktarı	Fabrika içi kullanım		Harici kullanım		Başkalarına satılan		Arazi dolumu ve stoklanan	
	[kt/yıl]	[kt/yıl]	%	[kt/yıl]	%	[kt/yıl]	%	[kt/yıl]	%
Karbon çelikleri	1796	45.1	2.5	494.8	27.6	13.7	0.8	1242	69.2
Düşük alaşımlı çelikler	444	-	-	61.6	13.9	108.0	24.4	261	58.9
Yüksek alaşımlı çelikler	461	81.4	17.7	68.0	14.8	160.0	34.7	156	33.9
toplam	2700	126.5	4.7	624.4	23.1	281.7	10.4	1659	61.4

Tablo 9.5 : Avrupa Birliğinde elektrik ark ocağı curuflarının durumu (yeniden kullanımı veya atılması); veriler toplamda 2.7 milyon ton/yıl curuf üreten 57 adet fabrikadan alınmıştır. (133 kg/t sıvı çelik) – [EC Study, 1996]

Ayrıca Avrupa Birliğinde pota işlemi ve ikincil metalurji (ayrıca AOD ve VOD curufu) üretimlerinden kaynaklanan curufların %80'i ile arazi doldurulmaktadır. [EC Study, 1996].Stoktaki curufların yeniden değerlendirilmesinin hızı kanuni yükümlülüklerle, arazinin bulunabilirliğine, vergilere, pazar durumuna, maliyetlere ve işlenmiş cürufların yeniden kullanım olanaklarına bağlı olarak farklı üye devletler içerisinde değişiklik göstermektedir.

9.2.2.2.2 Atık gaz arıtımından kaynaklanan tozlar

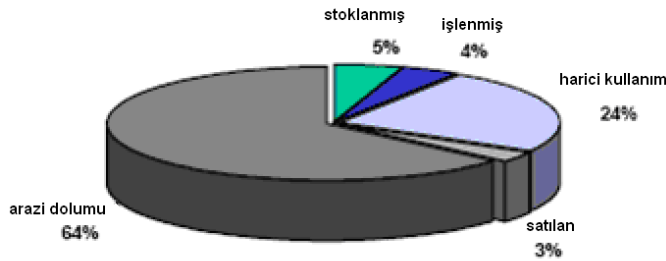
Daha önceden atık gazların arıtımından bahsedildiği üzere, (çoğunlukla birincil atık gazlar ikincil atık gazlarla birlikte) çoğunlukla, torbalı filtrelerde arıtılmaktadır. Karbon, düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden ortaya çıkan tozların kompozisyonu tablo 9.6 da görülmektedir.

İçerik	Karbon/düşük alaşımlı çelik üretimi tozları [ağırlıkça-%]	Yüksek alaşımlı/paslanmaz çelik üretim tozları [ağırlıkça-%]
Fe toplam	25 -50	30 – 40
SiO ₂	1.5 – 5	7- 10
CaO	4 – 15	5 – 17
Al ₂ O ₃	0.3 -0.7	1 – 4
MgO	1 – 5	2 – 5
P ₂ O ₅	0.2 – 0.6	0.01 – 0.1

MnO	2.5 – 5.5	3 – 6
Cr ₂ O ₃	0.2 – 1	10 – 20
Na ₂ O	1.5 – 1.9	n/a
K ₂ O	1.2 – 1.5	n/a
Zn	10 – 35	2 – 10
Pb	0.8 – 6	0.5 – 2
Cd	0.02 – 0.1	0.01 -0.08
Cu	0.15 – 0.4	0.01 – 0.3
Ni	0.02 – 0.04	2 – 4
V	0.02 – 0.05	0.1 - 0.3
Co	0.001 -0.002	n/a
As	0.03 – 0.08	n/a
Hg	0.0001 -0.001	n/a
Cl	1.5 – 4	n/a
F	0.02 -0.9	0.01-0.05
S	0.5 - 1	0.020.1 -0.3
C	0.5 - 2	0.030.5 -1
Baziklik	2.0 -6.5	n/a
Nem	6 - 16	n/a

Tablo 9.6 : Karbon çelikleri/düşük alaşımlı çelikler ve yüksek alaşımlı çeliklerin elektrik ark ocağında üretimlerinden ortaya çıkan tozların kimyasal kompozisyonu. [EUROFER EAF, 1997; Hoffmann, 1997; Strohmeier, 1996]

Avrupa Birliğinde tozların üçte ikisine yakını ile arazi doldurulmaktadır. (Şekil 9.12).



Şekil 9.12 :Elektrik ark ocağında birincil ve ikincil atık gazlardan toplanan tozların durumu;veriler 67 fabrikadan alınmıştır.– [EC Study, 1996]

Stoklanmış tozların yeniden kullanımının bir üye devlet içerisindeki yüzdeleri, kanuni gereksinimlerine, arazinin bulunabilirliğine, vergilere ve diğer maliyet kalemlerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

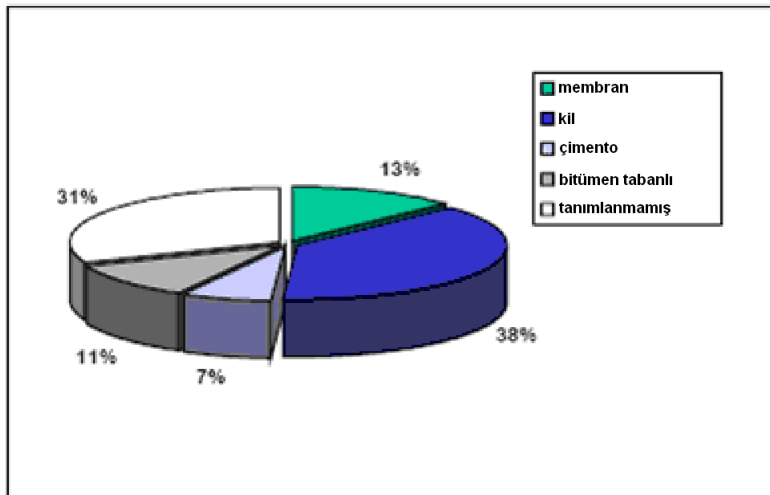
Tablo 9.7 Avusturya,Almanya ve Benelux Devletleri içerisinde tozların yeniden değerlendirilmesinin yüksek oranda olduğunu,diğer taraftan Güney Avrupa ve İngiltere’de düşük olduğunu göstermektedir.Bu durum AB çalışmasına ilişkin verilerin tamamen gerçek durumu yansıtmadığını göstermektedir.(Şekil 9.12)

Ülke (ler)	Toplam toz miktarı [t/yıl]	Waelz prosesinde arıtılan toz miktarı[t/yıl]	Yüzde %	Arta kalan toz miktarının durumu

Avusturya ve İsviçre	30000	25000	83	Arazi dolumu
Benelux	65000	55000	85	Arazi dolumu
Danimarka	12000	-	100	-
Fransa	90000	30000	33	Arazi dolumu
Almanya	150000	105000	70	Arazi dolumu, maden saha dolumu
İtalya	180000	80000	44	Arazi dolumu ve I-Enirisorse'de fabrika içerisinde tekrar arıtma
İskandinavya	30000	1000	33	Arazi dolumu ve gelecekte arıtmak için stoklama
İspanya ve Portekiz	120000	25000	20	Arazi dolumu
İngiltere	65000	0	0	Arazi dolumu
Toplam	730000	330000	45	

Tablo 9.7 : 1997 yılında Avrupa Birliği'ne üye devletlerdeki çinko kazanımı için kullanılan Waelz prosesinde tutulan ve daha sonra, arazi dolumunda kullanılan tozların yüzdesi (karbon ve düşük alaşımlı çelik üretimi) – [Hoffmann, 1997]

Tozlara yönelik arazi stokları farklı sızdırmazlık sistemleriyle donatılmıştır. [EC Study, 1996] çalışmasında çeşitli sistemlerin yüzdesi Şekil Figure 9.13'te verilmiştir.



Şekil 9.13 : Avrupa Birliği'ndeki elektrik ark ocaklarında tutulan tozların arazi dolumunda uygulanan sızdırmazlık sistemlerinin yüzdeleri – [EC Study, 1996]

Avrupa Birliğinde yüksek alaşımlı / paslanmaz çelik üreten 14 üretim noktasında tutulan tozlar, içeriğindeki nikel, krom ve molibdenin geri kazanımı amacıyla, yeniden işlenmektedir. Üretimin ¼'ü halen arazi hafriyatında kullanılmaktadır. [EC Study, 1996] Fakat geri dönüşüm yüzdesi sürekli artmaktadır. [Kola, 1996]

9.2.2.2.3 Refrakter tuğlalar

Bir çok durumda hurda tuğlalar arazi hafriyatında kullanılmaktadır.[EC Study, 1996].

9.2.2.3 Atık su emisyonları

9.2.2.3.1 Hurda sahasından kaynaklanan drenaj suları

Elektrik ark ocağının ana hammaddesi olan hurda çeşitleri hurda sahalarında, betonsuz sahalarda depolanmaktadır. Torna talaşı gibi yağ/emülsiyonları içeren hurda olması durumunda drenaj sularının kirlenmesine neden olur. Drenaj sularının miktarı ve kirliliği ile ilgili yeterli bilgi mevcut değildir. Genellikle, deşarj edilmeden önce en azından yağ ayırıcılarda temizlenmelidir.

9.2.2.3.2 Gazın ıslak tipte temizlenmeden kaynaklanan sular

Avrupa Birliğinde, bazı hallerde atık gazlar su püskürtülerek temizlenmektedir. Uygulanan teknikler, deşarj miktarları ve kirliliği ile ilgili bilgiler mevcut değildir.

9.2.2.3.3 Sürekli dökümden gelen atık suları

Atık sular sürekli dökümlerin direk soğutulmasından kaynaklanmaktadır. Atık sular tufal (1–3 g/l) ve yağ/gres içermektedir. Genellikle bu atıksular haddehanelerden gelen sularla birlikte arıtılmaktadır.

9.2.2.4 Toprak kirliliği

Birçok durumda hurda sahası betonsuz ve üzeri kapalı değildir. Toprak kirliliği, mineral yağlar/emülsiyonlar ve diğer bileşikler ile kirlenmiş hurdaların stoklanmasından kaynaklanmaktadır. Bu gibi toprak kirliliğinin kapsamı ve etkisi hakkında bilgi mevcut değildir. Curuf işlem sahası betonlanmamış ve ham curuf serbest CaO içeriyorsa alkali su toprağa karışabilir.

9.2.2.5 Gürültü emisyonları

Elektrik ark ocağı çelik işletmeciliğinde aşağıda belirtilen gürültü kaynakları önemli ölçüde yer almaktadır:

- Elektrik ark ocağı içeren çelikhane
- Hurda sahası
- Birincil toz toplama
- Davlumbazda toz toplama
- Su tesisleri ekipmanları

Geleneksel elektrik ark ocakları için, gürültü düzeyi (ergitme ve arıtma periyotlarında) 10 tondan büyük ocaklar için 118 -133 ve 10 tondan küçük ocaklar için 108 – 115 dB (A) aralığında değişkenlik göstermektedir. Spesifik ocak trafo gücü gürültü emisyonlarının seviyesini belirler. İşletme içerisinde 127 dB (A)' e kadar ses seviyesi yükselebilir. (ölçümler ergitme ve arıtma periyotlarını kapsar). Tesis içerisinde gürültü emisyonlarının kaynakları elektrik ark ocağı, hurda hazırlama ve toz toplamadır.

9.3 En uygun tekniğin belirlenmesinde dikkate alınan uygulamalar (BAT)

Proses kademeleri

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

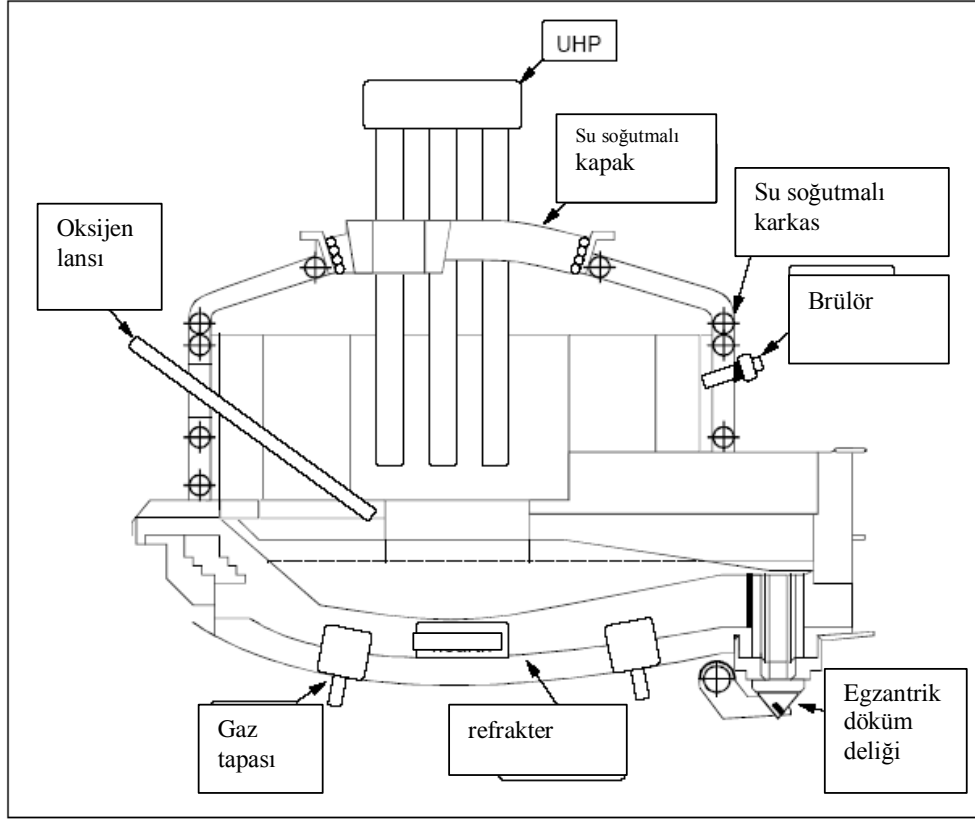
Proses sonu teknikleri

- Gelişmiş emisyon toplama sistemleri
- Çıkış gazı ıslahı ile birleştirilmiş etkili birincil yanma
- Linyit kok tozu enjeksiyonu ile çıkış gazı ıslahı (iyileştirme)
- EAO curuflarının yeniden kullanımı
- EAO tozlarının yeniden kullanımı

PI.1 EAO proses optimizasyonu

Tanım: EAO prosesi kendini optimize eden ve üretimi arttıran ve bununla ilişkili olarak belirli enerji tüketimini düşürmeyi hedefleyen sistemdir. Şekil 9.14 de gösterilen bazı önemli teknik ve tanımlar aşağıda kısaca açıklanmıştır. Bunlar:

- Yüksek güç operasyonu (UHP)
- Su soğutmalı kapak ve karkas
- Brülör ve oksijen lansları
- Tabandan döküm alma tekniği
- Köpüklü curuf pratiği
- Pota veya ikincil metalurji
- Otomasyon



Şekil 9.14 : Optimizasyon tekniklerini gösteren şematik EAO

Yüksek güç operasyonu (UHP):

Daha güçlü ocak trafo donanımları vasıtası ile döküm sürelerinin düşürülmesi amaçlanır. Belli güç kaynakları ile donatılmış UHP ocaklarının belirgin özelliği güç veriminin %70'den büyük olması ve trafo net çalışma süresinin %70'den büyük olmasıdır. UHP uygulamaları daha yüksek verime, elektrot tüketiminde düşüğe ve doğal gaz tasarrufuna sebep olduğu gibi taban refrakter aşınmasını da arttırabilir.

Su soğutmalı kapak ve karkas:

Son yıllarda ocak karkas ve kapağı refrakter malzemeyi korumak, yüksek güç operasyonu teknolojisini kullanmak ve enerji kazanımı için atık ısıyı tekrar kullanmak maksadıyla su soğutmalı olarak imal edilmektedirler. Bununla beraber işletmeden işletmeye enerji kazanımının ekonomik uygulanabilirliği kontrol edilmelidir. Prensipite iki soğutma sistemi seçilebilir. Soğutma panellerinde dolaşan suyun sıcaklığındaki artışın sebep olduğu güç kaybı prosesi soğuk soğutma olarak adlandırılır. Buharlaşma ile soğutma ise elektrik ark prosesi tarafından oluşturulan ısı radyasyonunu ortadan kaldırmak için soğutma suyunun buharlaşması prensibine dayanır.

Brülörler ve oksijen lansları:

Brülörler hurdanın düzenli bir şekilde ergitilmesine yardımcı olurlar. Aynı zamanda elektriksel enerji ihtiyacını da kısmen dengelerler. Genellikle brülör ve oksijen lansları ile yapılan ilave enerji girdisi, ihtiyaç duyulan toplam enerji girdisini azaltır.

Tabandan döküm alma sistemi:

Bugünlerde çevirme esnasında potaya alınan oksitli curufu minimize etme imkanı sağladığı için tabandan döküm devirme pratiği yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem aynı zamanda ihtiyaç duyulan refrakter miktarını azaltarak, daha kısa devirme süresi sağlayarak ve

enerji kayıplarını azaltarak maliyetlerin düşmesine yardımcı olmaktadır. Dahada ötesi çıkış gazlarının kontrolünü kolaylaştırmaktadır. Halen bazı eski ocaklar yolluk sistemi ile donatılmışken yeni ark ocakları tabandan devirme sistemleri ile donatılmaktadır.

Köpüklü curuf pratiği:

Ocakta yapılan köpüklü curuf hem ocak girdilerine olan ısı transferini geliştirir, hemde ocak refrakter malzemesini korur. Daha iyi ark stabilitesi ve daha az ışınlama etkisi sebebiyle köpüklü curuf pratiği enerji ve elektrot tüketiminde, ses seviyesinde azalmaya ve de verimlilikte artışa yol açar. Ayrıca birçok metalurjik reaksiyon üzerinde olumlu etki yapar. Köpüklü curuf yoğunluğu (1,15-1,5t/m³) FeO içeren ocak curufundan (2,3 t/m³) daha düşüktür. Bu sebepten çelik üretimi esnasında curuf artacak ve bu da daha büyük curuf tavalarna ihtiyaç yaratacaktır. Döküm sonrası gaz çıkışı ile curuf tekrar düşük hacmine döner. Köpüklü curufun ters etkileri hakkında bildirilmiş herhangi bir bilgi olmamakla birlikte yüksek kaliteli çelik üretiminde uygulaması çok sık değildir.

Pota metalurjisi:

Kükürt giderme, alaşımlandırma, sıcaklık ve kimyasal homojenleştirme gibi üretim adımları ark ocağı dışında yapılan aktivitelerdir. Günümüzde bu aktiviteler, potaya döküm alma esnasında, pota ocağında veya diğer platformlarda yapılmaktadır. Bu gelişmelerin kaydedilen faydaları; enerji tasarrufu, (net 10-30kWh/t) döküm devirme süresinde 5-20 dakika arası kısalma, sürekli döküme daha kontrollü sıcaklıkta döküm gönderme, elektrot tüketiminde düşme (0,1-0,74kg/t) ve ark ocağı emisyonunu düşürmedir. Pota metalurjisi veya diğer uygulamaları kullanılmadaki zorluk, emisyon kaynaklarının artmasından dolayı toz ve duman kirliliğini giderici sistemlerin kurulması gerekliliğidir.

Otomasyon:

Hammadde çeşitliliğindeki artış nedeniyle ve ark ocağı, pota ocağı ve de sürekli döküm ünitelerinde malzeme ve bilgi akışını daha etkin kontrol eden sistemlerin yürütülebilmesi için bilgisayar kontrollü elektrik ark ocakları günümüzde gerekli olmaya başlamıştır. Etkin kontrol sistemleri verimliliği artırır, enerji tüketimini düşürür ve toz emisyonunu düşürür.

Belirlenmiş temel emisyon seviyeleri:

Tanım bölümünde bahsedildi.

Uygulanabilirlik:

Bahsedilen teknikler mevcut ve yeni tesislerde uygulanabilirken işletme şartlarının da kontrol edilmesi gerekir.

Olumsuz etkiler:

Brülörler çıkış gazı miktarını arttırırken diğer yandan gerekli enerji ihtiyacını azaltır. Su soğutmalı paneller ve kapak yaklaşık olarak 10-20 kwh/t ek enerjiye ihtiyaç duyar fakat işyeri verimliliği ve bakım kolaylığı avantajları ile bu dezavantajı karşılayabilir. . Su soğutmalı paneller ve kapak yüksek güç ve ultra yüksek güç (HP ve UHP) üniteleri gibi modern ocak teknolojilerini uygulama imkanı sağlar.

Referans işletmeler:

AB'deki birçok işletme anlatılan tekniklerle donatılmış ve uygun şartlarda işletilmektedirler.

	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı	Ark ocağı
--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Devrey e alma tarihi	1979	1968 1976	1995	1994	1995	1978	1981	1995	1982
Ocak tipi	AC UHP	AC UHP	DC UHP	DC UHP	DC UHP	AC UHP	AC	AC	AC
Üretilen çelik kalitesi	Karbon çeliği	Karbon çeliği	Karbon çeliği	Karbon çeliği	Karbon çeliği	Karbon çeliği	Yüksek alaşım lı çelik	Yüksek alaşım lı çelik	Yüksek alaşım lı çelik
Döküm tonajı (t)	135	85 herbiri	100	125	120	115	110	100	145
Trafo gücü (kVA/t)	711	800 herbiri	140	130	120	910	682	570	724
Hammadde	Hurda	Hurda	Hurda	Hurda	Hurda	Hurda ve DRI	Hurda	Hurda	Hurda
Soğutma sistemi	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak	Su soğutmalı karkas ve kapak
Devirm e sistemi	EBT	OBT	EBT	EBT	EBT	EBT	EBT	EBT	Yolluk
Kapasite (t/yıl)	60000	60000 herbiri	75000	60000	60000	95000	55000	40000	60000
İlave brülörler	Karkas Oksijen lansı	Karkas ve kapı ağzında sıvı yakıtlı brülör	Gas brülör	Oksijen gaz brülörü	Oksijen doğal gaz brülörü 7 adet	Oksijen ve karbon lansı ve gas brülörleri	Karkas ve kapı ağzında sıvı yakıt brülörleri	Kapı ağzı oksijen lansı	Karkas oksijen lansı
İlave yakıt	-	-	Kok kömürü	Kok kömürü	Kok kömürü	-	-	-	-
Toz toplama sistemi	Direkt emiş ,	Direkt emiş, çatı	Direkt emiş, çatı	Direkt emiş, çatı	Potocağı toztut mave	Direkt emiş, çatı	Direkt emiş, çatı	Direkt emiş, çatı	Direkt emiş

	davlumbaz				ocak yalıtımı				
Çıkış gazı rafinasyon sistemi	Birincil yanma, kuru elektrotstatik çöktürme	Birincil yanma odası, seyreltme, torba filtre	Brülör ilaveli birincil yanma odası, hava ile seyreltme ve torba filtre	Brülör ilaveli birincil yanma odası, su ile seyreltme ve torba filtre	Birincil yanma, torba filtre	Birincil yanma odası, seyreltme, torba filtre	kuru elektrostatik çöktürme	Torba filtre	Birincil yanma, birincil ve ikincil emisyon için torba filtre
Enerji açısında n durum	Ocak ve atık gaz ısısı kazanımı (buhar üretimi)	n/a	atık gaz ısısı kazanımı	atık gaz ısısı kazanımı	Su soğutma boruları	n/a	n/a	n/a	Ocak ve atık gaz ısısı kazanımı (buhar üretimi)
İkincil metalurji	Pota ocağı, kükürt giderme	Pota ocağı	Pota ocağı, vakum gaz giderme	Pota ocağı	Pota ocağı	Pota ocağı	Pota ocağı, vakum gaz giderme	Pota ocağı, vakum gaz giderme	Pota ocağı

Tablo 9.8: Almanya'da üretim yapan 9 ark ocağı işletme verileri

Uygulamayı zorlayıcı etkenler:

Yüksek pazar paylarında verimi arttırmak ve maliyetleri düşürmek için bahsedilen tekniklerde çaba gösterilir.

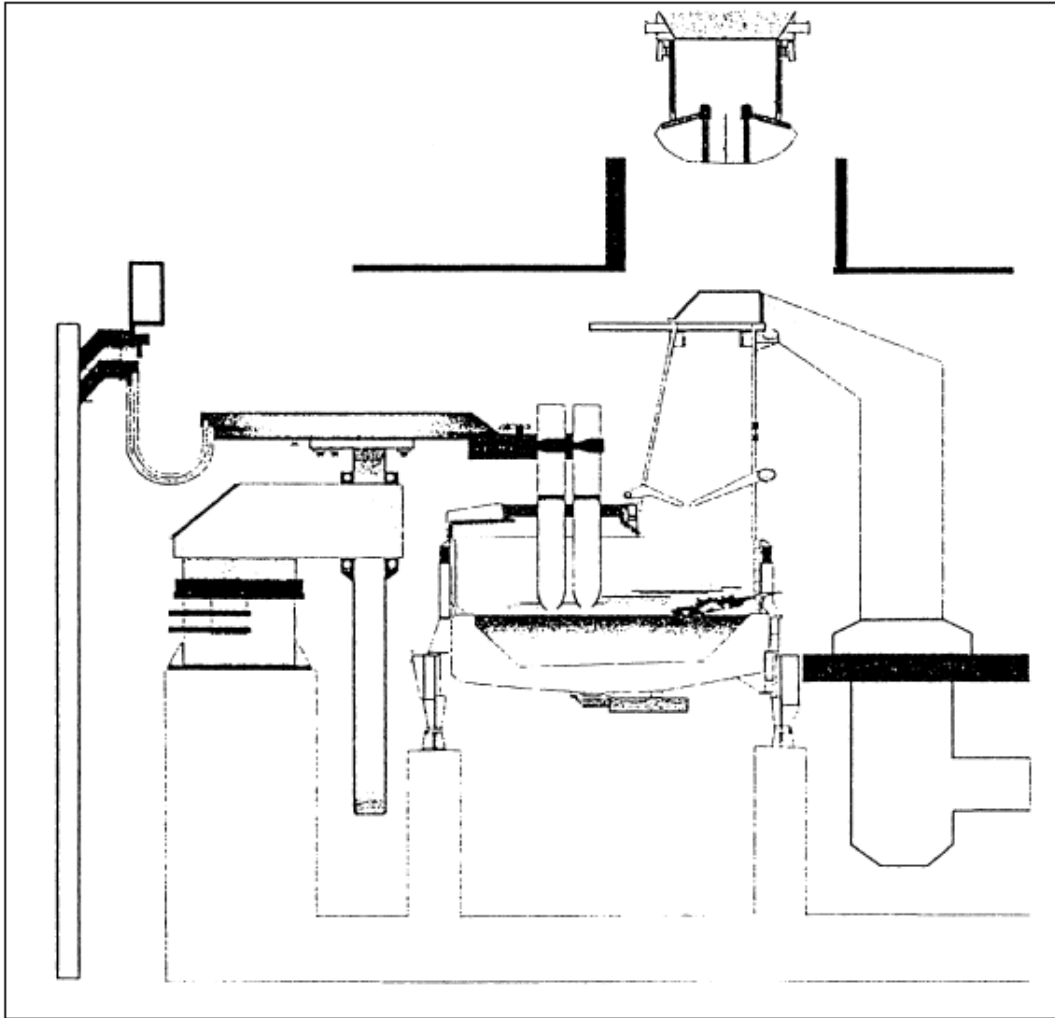
İşletme verileri ve ekonomi:

İşletme verileri tablo 9.8 de görülebilir. Ekonomik veriler uygun değildir.

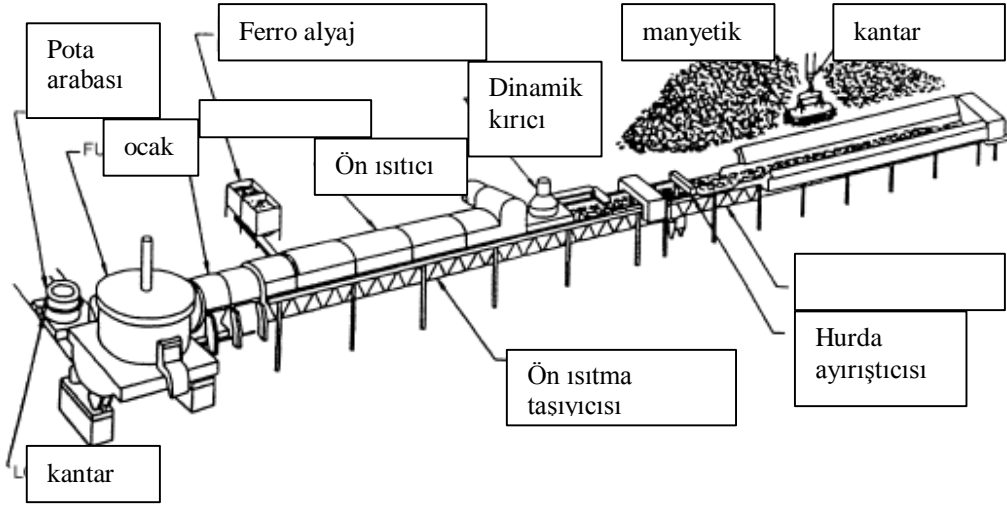
PI.2 Hurda ön ısıtma

Tanım:

Atık gazlardan kaybedilen ısının yeniden kazanımı bilinen bir yaklaşımdır. 1970'lerde yirmiye yakın işletme, ocağa şarj öncesi hurdayı sepette ön ısıtmaya tabi tutmak için ön ısıtma sistemi kurdu. Fakat bu sistemler teknik ve kirlilik problemleri nedeniyle kullanım dışı bırakıldılar. Yeni ocaklar şaft entegre sistemli ön ısıtma sistemlerine sahiptir. Önceki şaft ocakları hurdanın % 50'sini ısıtırken yeni ocaklar tüm hurdaya ön ısıtma uygulamaktadırlar. (şekil 9.15) Tırnaklı şaft ark ocağı ile döküm devirme süresi 35 dakikaya indirilmiş ve ön ısıtmasız ark ocağına göre 10-15 dakika kazanç sağlanmıştır. Bu sistem yıl boyunca büyük bir zaman kazanımı sağlar. Bir diğer hurda ön ısıtma sistemi Consteel prosesidir ki bu sistem kanıtlanmış değildir.



Şekil 9.15: Hurdaya ön ısıtma uygulamak için tırnaklarla donatılmış ark ocağı şematik resmi.



Şekil 9.16 :Şematik Consteel prosesi

Ulaşılmış temel emisyon değerleri:

Şaft ocağında 70 kwh/t. Hesaplanan enerji kazanımı aslında üç kat fazla olmasına rağmen trafo verimi düşük olduğundan pratik değer daha küçüktür. Ek olarak hurda ön ısıtma belirgin bir şekilde döküm devirme süresini kısaltır ki bu verimliliği önemli ölçüde artırır.

Tırnaklı şaft ocağında 100kwh/t değerine kadar elektriksel enerji tasarrufu sağlanabilir ki bunun % 25'i elektriksel girdidir. Bölüm 2'de bahsedilen çıkış gazı işleme ve hurda ön ısıtma kombinasyonu elektrik ark ocakları optimizasyonunda önemli rol oynarken, bu fayda emisyonun azaltılmasında etkilidir.

Yan etki olarak hurda ön ısıtma ham toz emisyonunu yaklaşık % 20 azaltır, bunda da çıkış gazının filtre etkisi önemli rol oynar. Bu azalma tekrar kazanılabilen tozdaki çinko içeriğinin artışı ile ilişkilidir.

Uygulanabilirlik:

Yeni ve mevcut işletmelerde uygulanabilir. Bu yatırım işletmeden işletmeye ocak konseptine ve uygun boş alana bağlı olarak değerlendirilmelidir.

Olumsuz etkiler:

Şaftta hurda ön ısıtma, çıkış gazındaki ısı iyileştirme yeterli olmadığında organik mikro kirlilik (PCDD/F gibi) ve kokunun artmasına neden olabilir. İlave gaz iyileştirmenin yanı sıra ilave enerjide gerekebilir. Fakat hurda ön ısıtma ile kazanılan enerji sayesinde bu ek enerji göz ardı edilebilir, özellikle ısı enerjiden kazanılan % 35 lik verim ve birincil yanmada kullanılan doğal gaz sayesinde elektriksel enerji girdisinden kazanç sağlanır.

Referans işletmeler: Şaft ocaklı Co-Steel Sheerness; UK-Sheerness, Tırnaklı şaft ocaklı Cockerill-Sambre, B-Charleroi; Gerlafingen Stahl AG, CH-Gerlafingen ve ön ısıtmalı şaft ile entegre edilmiş çift karkaslı ARES, L-Schiffange; ASW, F-Montereau; Narvecero, İspanya

Uygulamayı zorlayıcı etkenler:

Ana zorlayıcı etken verimlilikteki artıştır. Bazı durumlarda tırnaklı şaft ocağında hurda ön ısıtma sistemi gelişmiş çıkış gazı iyileştirme sistemi ile kombine edilebilir.

İşletme verileri ve ekonomi:

Uygun değildir.

PI.3 Kapalı devre su soğutma sistemi

Tanım: Genellikle EAO'lı çelik üretim tekniklerinde su kapalı devre soğutmada ve çıkış gazı temizleme uygulanıyorsa ıslak yıkama sistemi tekniği de kullanılmaktadır. Islak yıkama sistemi tekniği bu metinde bahsedilmeyecektir. Konu ile ilgili su kullanımı, ocak ekipmanlarının su soğutmasıdır. Su atık gaz veya ikincil metalurji sistemlerinde de kullanılabilir. Soğutma ekipmanları için ihtiyaç duyulan su miktarı, 5-12 m³/m²h'dır. Modern işletmeler kapalı devre su soğutma sistemlerini EAO ve pota ocaklarında (ikincil metalurji) kullanırlar.

Ulaşılmış temel emisyon değerleri: Atıksu çıkışı yoktur.

Uygulanabilirlik: Yeni ve gelişen teknolojilerde uygulanabilir.

Olumsuz etkiler:

Kapalı devre su soğutma sistemi ilave su pompa ve tekrar soğutma enerjilerine ihtiyaç duyar.

Referans işletmeler:

Preussag stahl AG,D-Peine;BSW,D-Kehl.

Uygulamayı zorlayıcı etkenler: Yasal gereklilikler ve su soğutma ile ilgili uygulama sınırları.(sınırlı uygulanabilirlik)

İşletme verileri ve ekonomi:

Uygun değil.

EP.I Gelişmiş emisyon toplama sistemleri

Tanım:

Gelişmiş emisyon toplama sistemleri havaya atılan birincil ve ikincil emisyonlar ile ilgilenir. Uygun giderme teknikleri ham emisyonun hepsi ile beslenmelidir. Bu kirliliğin toplanması önemlidir. Üç elektrotlu ve tek elektrotlu ocakların direkt emiş sistemi ile davlumbaz sistem kombinasyonları veya tüm ortam tahliyesi en favori sistemlerdir.

Ergitme ve rafinasyon periyodunda açığa çıkan birincil kirlilik Şekil 9.6 da gösterilen, üç elektrotlu ve tek elektrotlu ocakların direkt emiş sistemleri tarafından özellikle toplanmalıdır. Davlumbaz sistemlerinde, ocak üzerindeki bir veya iki davlumbaz şarj, ergitme, curuf çekme ve döküm devirme aşamalarında kaçan birincil ve ikincil emisyonun neden olduğu tozu dumanı toplar. Davlumbaz sistemleri EAO'lı çelik endüstrisinde yaygınca kullanılır. Direkt emişle bütünleştirilmiş sistemler birincil ve ikincil emisyon (kirlilik) toplama verimliliğini % 98'e kadar geliştirir. Davlumbazlar ikincil metalurji veya taşıyıcı bant sistemlerinin çıkardığı kirliliğin toplanmasında da kullanılır.

Ocak yalıtımları, köpek kulübesi (dog house) olarak da adlandırılır. Genellikle ocak yalıtımı hareketli kapak ve ocak curuf kapısı önünde çalışma alanı bırakmaktadır. Tipik olarak atık gazlar yalıtım duvarının üste yakın kısmından emilir ve açıklıklardan temiz hava işletmeye girer. Daha kompleks taşıma sistemleri zaman kaybına neden olmaları ve muhtemel daha yüksek maliyetli yatırımları ile bu tip toz toplama teknolojilerinin dezavantajlarıdır. (ilave kapak açma ve kapama mekanizmaları ocak şarj ve deşarj prosedürlerine ihtiyaç duyar). Dog house'ların toz toplama hızları diğer yöntemlerle aynı veya genellikle daha yüksektir. Uygun tarzda inşaa edildiklerinde ocak yalıtımı gürültü seviyesini düşürücü olumlu etki yapar. Elektrik ark ocağında ses yalıtımları ses seviyesini ortalama seviye olan 10-20 dB arasına düşürür. Ocak yalıtımları ikincil metalurjiye uygulanabilir. Ancak işletmedeki yankılanmanın giderilmesi için iyileştirmeye ihtiyaç duyulur.

Ocaktan ikincil kirliliği toplamada diğer bir yol işletmeyi tek bir yapı ile tümüyle yalıtmaktır. Bu tip geniş kapsamlı bir ocak yalıtımı bir çok proses kademesi içerir. Bu tip yapıları inşa etmek yüksek emişte toz giderme sistem yatırımı gerektirdiğinden, maliyet ve uygulama gözden geçirilmelidir. Bu nedenle karar vermeden önce özel işletmeler için maliyet ve faydaları dikkatlice tartışılmalıdır. Bu sayede dışarı çıkan sesin seviyesi düşer. Genellikle dumanın açıklıklardan kaçmasını önlemek için yalıtılmış bina içi basıncı atmosferik basınçtan az olmalıdır.

Ulaşılmış temel emisyon değerleri:

Direkt duman emiş ve davlumbaz sistemlerinin kombinasyonu çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu sistem birincil kirliliğin % 98'ini toplamayı başarır. İlave olarak şarj alma ve döküm devirmede çıkan emisyonlar toplanabilir. Bu kapasite davlumbazların sayı ve tipine bağlıdır. Direkt duman emiş sistemi ve ocak yalıtımının kombinasyonu toz toplama oranını toplam toz kirliliği açısından %97'den % 100'e çıkartır.

Uygulanabilirlik:

Yeni ve mevcut işletmelerde uygulanabilir.

Olumsuz etkiler:

Toz toplama sistemleri özellikle fanlar ek enerjiye ihtiyaç duyar.

Referans işletmeler: Avrupada birçok işletme direkt emiş ve davlumbaz sistemi kullanmaktadır.

Benteler AG , D-lingen ; Krupp thyssen Nirosta, D-Bochum; D-krefeld; Mannesmannrohr GmbH, D-Bous/Saar; Moselstahlwerk, D-Trier; Stahlwerke Thüringen GmbH, D-Unterwellenborn gibi Almanyadaki işletmelerde ocak yalıtımı veya ocak yalıtımı ve direkt emiş kombinasyon sistemleri kullanılmaktadır.

ARES, L-Schiffflange; ProfilARBED, L-Differdange ve L-Belval işletmelerinde tam işletme yalıtımı yapılmaktadır.

Uygulamayı zorlayıcı etkenler:

Ana zorlayıcı etken yasal zorunluluklardır.

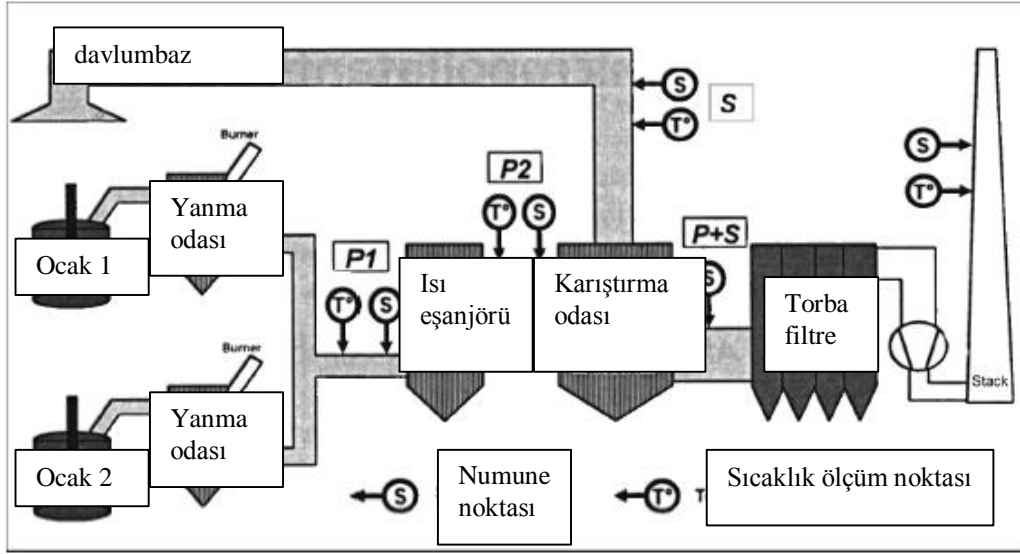
İşletme verileri ve ekonomi:

Uygun değildir.

EP.2 Gelişmiş çıkış gazı iyileştirme sistemi ile kombine edilmiş etkili birincil yanma

Tanım:

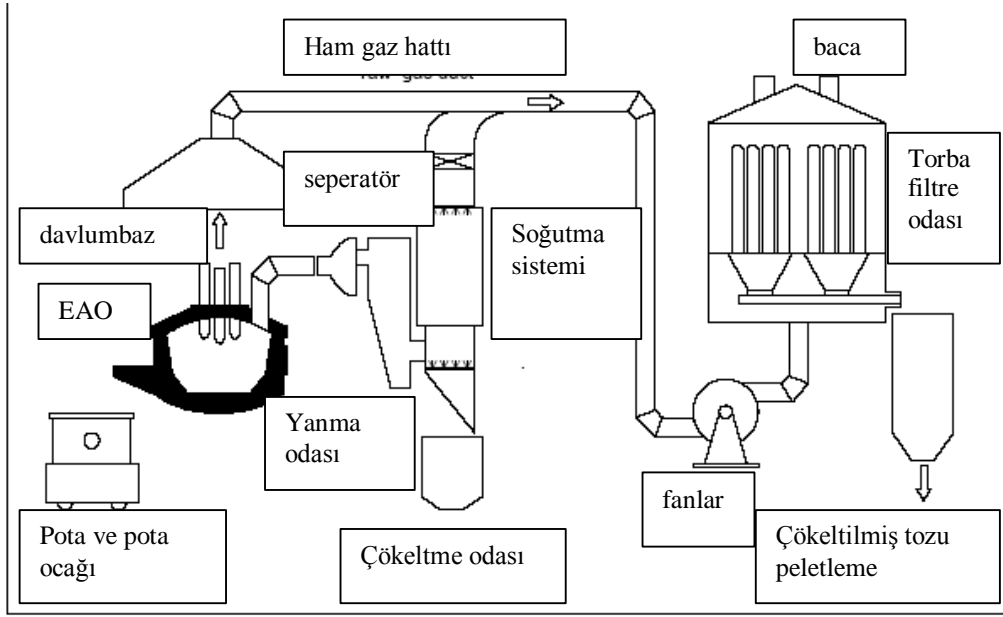
EAO operasyonun optimizasyonu sonucu özellikle oksijen ve yakıtların kullanımının artmasıyla birincil çıkış gazının kimyasal enerji (H₂ ve CO miktarı) miktarı artmıştır. Enerji dengesini iyileştirmek ve ocaktaki CO gazının maksimum kimyasal enerjisini kullanmak için ve aynı zamanda CO ve H₂ tam olarak oksitlenememesinden dolayı birincil yanma sistemi ocakta geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yanma odasındaki gerçekleşen yanma işleminin amacı, birincil toz tutma ekipmanlarındaki istem dışı yanmalara engel olmak için çıkış gazında kalan CO ve H₂ nin tamamen yakılmasıdır. İkincil olarak iyi bir optimizasyonla yanma odası organik bileşiklerin emisyonunu düşürür. Genellikle bu yanma ile elde edilen ısı su soğutma sistemi yok ise geri kazanılamaz. Günümüzde yanma odasının optimizasyonu ile PCB ve PCDD/F gibi organik mikro kirleticilerin azaltılması mümkündür.



Şekil 9,17 : Yanma odası ile donatılmış bir tesisi göstermektedir.

PCDD/F sentezi ile ilişkili olarak ısı eşanjörü daha hızlı soğutma sağlamak için soğutma kulesi ile değiştirilmiştir.

Birincil yakmadaki diğer bir amaçta gerekli tutulma zamanına, türbülansa ve sıcaklığa ihtiyaç duyulan mikro kirleticilerin minimuma indirilmesidir. Eğer ayrı bir yanma odası imal edilemiyorsa, uygun bir birincil yanma, çıkış gazı borulama sistemi ile de gerçekleştirilebilir.



Şekil 9.18 : İlk yanmadaki birincil gazlar ark ocağından boru sistemi ile sonraki hızlı soğutma ünitesine taşınır.

Son gelişmeler ışığında yanma odasına eklenen brülörler 3 T's yi başarmak için ayrılmıştır. PCDD/F sentezinden uzak durulması için, Çuvallara toz doldurulmadan önce gazların hızlı soğutulması gerekmektedir. Bazı durumlarda bu, kısa devredeki gazların seyreltilmesi ile elde edilir. Diğer durumlarda da Şekil 9.17 de gösterildiği gibi çözüm sulu temizleme kuleleridir.

Ulaşılmış temel emisyon değerleri:

Başarılı bir birincil yanmanın ardından hızla soğutma ile elde edilen emisyonunun PCDD/F konsantrasyonu $0,5 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ değerinden az olmasıyla sistem başarıya ulaşır.

İşletme özellikler	Elektrik Ark Ocağı 1	Elektrik Ark Ocağı 2	Elektrik Ark Ocağı 3	Elektrik Ark Ocağı 4
Devirme tonajı (t)	105	138	85/85	140
Trafo Gücü	105	96	57/68	105
Emisyon toplama şekli	Üç fazlı emiş ve davlumbaz	Üç fazlı emiş ve davlumbaz	Üç fazlı emiş ve davlumbaz	Üç fazlı emiş ve ocak yalıtımı
Birincil yanma	Birincil yanma odası (hava ile)	Birincil yanma hat üzerinde	Birincil yanma odası (hava ile)	Birincil yanma hat üzerinde
Atık gaz soğutma	Su enjeksiyonu	Su ile atık gaz soğutma	Sprey soğutma sistemi	Hava ile soğutulan eşanjörü ile soğutma
Çıkış gazı temizleme	Torba filtre	Elektrostatik çökteltici	Torba filtre sistemi her biri	Torba filtre sistemi iki adet

sistemi			için bir tane	
Gaz konsantrasyonları	M1**/M2	M1/M2/M3	M1/M2	M1/M2/M3/M4
Ham gazdaki toz (p)	3398/14246	4200/12500/3600	-/-	-/-/-
Ham gazdaki toz (s)	148/273	p ve s birlikte	-/-	-/-/-
Temiz gazdaki toz (p)	0,76/1,05	15/15/18	1,45/1,1	<1/<1/<1/<1
Temiz gazdaki toz (s)	ortalama	-/-/-	ortalama	<1/7/3/<1
PCDD/F (p)	-/-	-/-/-	-/-	0,252/0,201/0,240/0,810
PCDD/F (p)	-/-	-/-/-	-/-	0,027/0,010/0,023/0,057
PCDD/F (p)	0,016/0,021	0,01/0,02/0,01	0,13/0,1	0,087/0,061/0,081/0,259

*: ham ve temiz gazdaki toz konsantrasyonu mg/Nm³, PCDD/F konsantrasyonu ng I-TEQ/Nm³

** : M #: işletmedeki ölçüm numarası

(p): birincil atık gazın toz gidermesinden sonraki konsantrasyonu

(s): ikincil atık gazın toz gidermesinden sonraki konsantrasyonu

Tablo 9.9 Almanyadaki dört EAO'nun birincil yanma performansları

Ayrı birincil yanma odası ve ilave brülör uygulamalarında PCDD/F emisyon konsantrasyonu 0,1 ng I-TEQ/ Nm³ değerine ulaşılabilir. Ancak bunu başarmak için pratikte bazı sorunlarla karşılaşılır. PCDD/F değerindeki azalma; amaç parametre olarak belirlenebilir. Böylece diğer organik mikrokirliliklerin de elimine edilebilmesi amaçlanır. Fakat unutulmamalı ki ikincil atık gazdaki PCDD/F emisyonu (yakılmamış ancak birincil atık gaz ile karıştırılmış) çıkan PCDD/F konsantrasyonunu ciddi bir şekilde arttırabilir.

Uygulanabilirlik:

Prensipite birincil yanma, yeni ve mevcut sistemlere uygulanabilir ancak, işletmeden işletmeye göre mevcut yerleşik koşullara ve imkanlara bağlıdır. (uygun boş alan, atık gaz hattı)

Olumsuz etkiler:

İlave brülörlü birincil yanma sistemleri hatırı sayılır miktarlarda enerji tüketir (30 kWh/t) ve de ısı kazanımını önlerler. (Şekil 9.17) Birincil yanmanın etkili hurda ön ısıtma ile kombine edildiği durumlarda, tüketim ve enerji tasarrufunda denge yakalanabilir.

Referans işletmeler: ProfilARBED, L-Differdange; BSW, D-Kehl; Gerlafingen Stahl AG, CH-Gerlafingen.

Uygulamayı zorlayıcı etkenler:

Birincil yanma uygulamasının zorlayıcı etkisi, PCDD/F emisyon limiti <0,5 ng I-TEQ/Nm³ değerinden az olan emisyon değerlerini istemesidir.

İşletme verileri ve ekonomi: ProfilARBED, L-Differdange; BSW, D-Kehl'deki sistemler birincil yanma üniteleri ile önemli olmayan problemlerle işletilmektedir.

EP.3 Atık gaz arıtımında linyit kok tozu enjeksiyonu

Tanım:

Toplam atık gazdaki organik mikrokirlilikleri düşürmek için özellikle; PCDD/F linyit kömür tozu, toz tutma filtrelerine giden hatta verilir. Gerekli miktar atık gazdaki orana göre X 100 mg linyit kömür tozudur. Bir sonraki filtre torbalarında, gaz fazında, linyit kömür tozu ayrıştırılır. Kıvılcımlardan ve ışınımlardan uzak tutulmalıdır ki patlama riski azaltılabilsin.

Ulaşılmış temel emisyon değerleri:

Pratikte başarılı bir şekilde artan PCDD/F emisyon konsantrasyonu olan <0,5 ng I-TEQ/Nm³ değerine ulaşılabilir. Bazı ölçümler <0,1 ng I-TEQ/Nm³ değerini gösterir.

Uygulanabilirlik:

Hem yeni hem de mevcut işletmelere uygulanabilir.

Olumsuz etkiler:

Linyit kömürü tozu dozajı için gerekli enerji miktarı önemli değildir. Filtre tozu linyit kömür tozu ve bir miktar PCDD/F içerir ama bu tozun geri dönüşümünü engellemez. Torba filtredeki karbon içeriği %3 olan tozun lokal karbon konsantrasyonu % 5'in üzerine çıktığında tutuşabilme riskine dikkat edilmelidir.

Referans işletmeler:

Gerlafingen Stahl AG, CH-Gerlafingen. ARES, L-Schiffflange (1998 eylülünden sonra linyit kok tozunu birincil yanmada kullanmaya başladılar.)

Uygulamayı zorlayıcı etkenler:

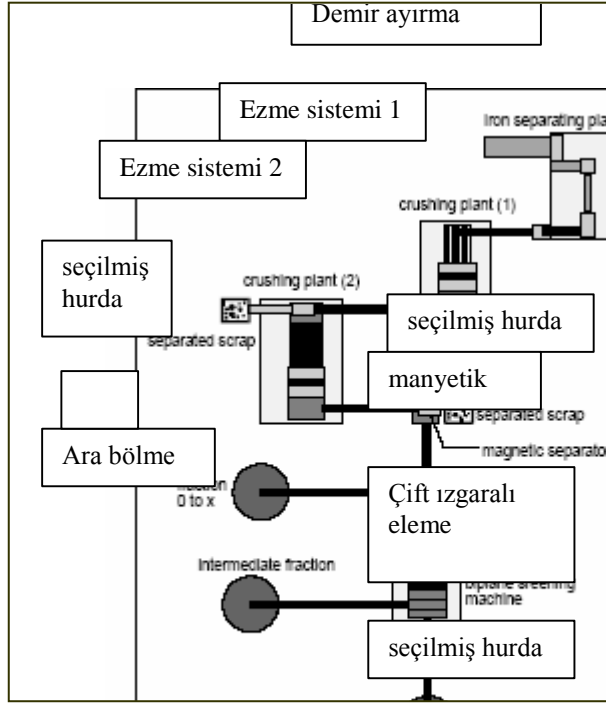
Bu teknikteki ana zorlayıcı etken PCDD/F emisyon konsantrasyonu olan <0,5 ng I-TEQ/Nm³ değerine ulaşılmasıdır.

İşletme verileri ve ekonomi:

Yıllık bir milyon ton çelik üreten işletmelerdeki atık gaz sistemi için gerekli yatırım maliyeti 300.000 ECU'dur.

EP.4 EAO Curuf geri dönüşümü

Tanım: EAO'da üretilen bir ton çelik için curuf miktarı yaklaşık 100-150 kg'dır. EAO curufunun içeriğinde Demir oksit(FeO), kireç(CaO), silisyumoksit (SiO₂) ve diğer oksitler (MgO, Al₂O₃, MnO) içeren doğal kayaya benzer yapay bir kaya olarak düşünülebilir. EAO curufunun yüksek mekanik dayanımı olan, hava koşullarına karşı iyi ve parlatmaya karşı yüksek direnç gösteren bir karakteri vardır. Ayrıca hidrolik mühendisliğinde kullanımına uygun kılan özelliklere sahiptir. Genel olarak EAO curufunun kullanımındaki önemli bir kriter, içeriği serbest kirece bağlı olan hacimce sabit olma özelliğidir. Düşük karbon çelik kalitelerindeki curufların çoğunda serbest kireç düşüktür. Bunlar yol yapımı, dolgu ve hidrolik mühendisliği gibi çeşitli uygulamalar için uygundur. Bu kullanım alanları açısından karar verme faktörleri çevresel kabul edilebilirlik ve yapısal uygunluktur. Eğer EAO curufunun kullanımı gerekli yasal şartları karşılıyorsa curufun kırılması, elenmesi ve boyutlandırılması gerekir. Demirli curuf bileşenleri manyetik ayrıştırıcılarla ayrılabilir. İşlenmiş olan bu curuf çeşitli inşaat amaçları için tane büyüklüğüne bağlı olarak kullanılabilir.



Şekil 9-19 Bir Alman şirketinde curuf hazırlama proses şemasını göstermektedir.

1994 yılında belli EAO'daki alaşımsız ve orta alaşımlı çeliklerin üretiminden açığa çıkan EAO curuflarının yaklaşık %90'ı kullanılmıştır. Yüksek kalite çeliklerin üretiminde oluşan curuflar, sınırlı olarak kullanılabilir. Hazırlama işleminden sonra yol yapım işlerinde de kullanımı mümkündür.

Geniş bir spektrumdaki ikincil metalurji curuflarının kullanım opsiyonları sınırlıdır. Tane boyutu ve hacim sabitliği, ikincil metalurji curuflarının kullanımı için belirleyici faktörlerdir. Bu curuflar bazen inşaa işlerinde kullanılabilir. Ancak oluşan curufun önemli bir kısmı çevreye zarar vermemesi için depolanır.

Belirlenmiş temel emisyon seviyeleri: EAO'larında karbon ya da düşük alaşımlı çelik üretiminden oluşan curufları yol yapımlarında dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir.

Uygulanabilirlik: Eski ve yeni tesislerde uygulanabilir

Olumsuz etkiler: Curufun işlenmesi için enerji ihtiyacı vardır. Eğer curuf serbest CaO içeriyorsa alkali gazlara dikkat edilmelidir.

Referans tesisler: BSW,D-KEH (Curufun sonradan inşaat amaçlı kullanımı için işlenmesi) Gmbh,D - Georg (curufun yol yapımında kullanılması üzere dışarıdan işlenmesi için satışı-EAO curufu ve ikincil metalurji curufu karıştırılıyor) Preussag Stahl AG,D-Peine (Curufun yapı sektörü için kullanımı ve işlenmesi) ARES,L - Schifflange; profilARBED, L - Differdange; profilARBED, L-Belval; (Yüksek performans yol kaplamaları, hidrolik mühendisliği ve diğer uygulamalar)

Uygulamanın itici gücü: Ana itici güç, atık depolama için sınırlı alan bulunması ve bunun yarattığı kirliliğin vergi yüküdür.

İşletme verileri ve Ekonomi: **Veri yoktur.**

Referans Literatür: D-Rentz,1997

EP.5 EAO toz geri dönüşümü

Tanım: Çelik üretim prosesine bağlı olarak ton çelik başına 10-20 kg/ton atık baca tozu açığa çıkar. Çok kötü hurda kalitesinde bu değer 25 kg/ton'a çıkar.

Gaz temizleme faaliyeti sonucu ayrılan bu tozlar, genellikle önemli ağır metalleri içerir (Bakınız Tablo 9.6). Bunlar toksik olup, sızıntıyla suya karışabilirler. Bunun için bu tozlar işlemden geçirildikten sonra sızdırmazlığı sağlanmış alanlara doldurulmalıdır.

Genellikle EAO tozunu taşımak için bir çok seçenek vardır. Bunlar 3 kategoride sınıflandırılır.

*Kimyasal düzenleme ve camlaştırma

*Geri dönüşüm tozunu EAO'na geri gönderme

*Hidrometalurjik ve pirometalurjik yöntemlerle çinkonun ve ağır metallerin geri kazanımı ya da uzaklaştırılması.

Bu alternatifler farklı etki dereceleriyle çevre kirliliğini önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Atıkların land-fill'e (dolgu sahası) verilmesinden daha çok tercih edilir.

Çöken tozların geri kazanımı

Ark ocağı baca tozlarının sürekli sisteme geri beslenmesiyle çinko zenginleştirilmekte, dolayısıyla çelik üretim prosesini etkilemektedir. Bir yandan geri dönüşüm tozu azalmakta bir yandan çinko içeriği artmakta ve diğer yandan demir tozu içeren kısım Ark ocağına geri beslenmektedir. Bu da Ark ocağının verimliliğini düşürerek, elektrik enerji tüketimini arttırmaktadır. Teknik olarak Ark ocağına verilen tozlar çelik üretim faaliyetlerine bağlı olarak toplam toz verimi ile sınırlıdır. Ark ocağına toz ekleme metodları ocağın performansını etkiler. Performansı arttırmak için, bazı ön işlemler yapılır. Tozda hacimsel küçültme işlemi peletleme ya da briketleme gibi uygulanabilirliği iyi olan yöntemlerle sağlanır ve ocaktaki toz miktarı da düşer. Örneğin; Almanyada ki EAO'larda baca tozları %75 oranında geri dönüştürülür ve bunların verimi ton çelik başına 20-22 kg'dır. Final olarak çıkan tozların %50'sinden ortalama %35 'lik bir çinko kazanım sağlanır.

Sonuç olarak, her ergitme aşamasının birinci safhasında toz ilave edilir. Prensipte olarak EAO tozunun geri kazanım olasılığı bir çok faktöre bağlıdır ki bunlar her fabrikada farklıdır.

Çinko kazanımı ve Ağır metallerin uzaklaştırılması:

Çinkonun ve ağır metallerin geri kazanımı veya uzaklaştırılması aynı değerli madenlerden çıkarılan maddenin işlenmesi gibi uygun bir seçenektir. Prensipte olarak çinko geri kazanımı için pirometalurjik ve hidrometalurjik yöntemler uygundur. Düşük karbonlu veya düşük alaşımlı çeliklerin üretimindeki tozlar için farklı teknikler vardır ve WELZ prosesi ile kanıtlanmıştır (En önemli olan prosesidir.). Bununla beraber ESINEX ve diğer proseslerde vardır.

Yüksek alaşımlı çeliklerin üretimindeki tozlar için de geri kazanım prosesleri vardır (Toz tarama plazma prosesi B.V.S. prosesi).

Diğer çevresel etkileri: Enerji, taşıma ve geri dönüşüm için kullanılır. Tozun peletlenmesi sırasında peletin taşınma/geri dönüşümden önce pelet prosesi için ek enerjiye ihtiyaç duyulur ve bu sırada toz emisyonu oluşur.

Referans işletmeler: Ark ocağına toz geri dönüşümü yapan fabrikalar: Georgsmarienhütte GmbH, Georgsmarienhütte; Baca tozunu dışarıya veren fabrikalar: Avrupada birçok fabrika vardır.

Uygulama için zorlayıcı etki: Ana zorlayıcı etki, dolgu sahalarının sınırlı oluşu ve bu sahaların doldurulması için birtakım atık ıslah ücreti ve vergilerin verilme zorunluluğudur.

İşletme verileri ve ekonomisi: Veri mevcut değildir.

Referanslar : [D rentz, 1997; Rentz, 1996; Kemeny, 1994]

9.4 Sonuçlar

Bu bölüm ve içeriğini anlamak açısından, okuyucunun dikkati dökümanın önsözüne ve özellikle önsözün beşinci bölümüne; bu dokümanın nasıl anlaşılıp kullanılacağına dair bölümüne geri dönülmesi gerekir. Bu bölümde takdim edilen teknikler ve birleştirilmiş emisyon ve/veya tüketim seviyeleri veya seviyelerin aralığı aşağıdaki basamakları içeren proses vasıtasıyla değerlendirilmiştir.

- Sektör için çevresel sorunların çözüm yolunun tanımlanması ; elektrik ark ocağı (eao) ile çelik yapımı için bunlar; toz, organoklorür bileşikleri, enerji verimliliği ve geri dönüşümlü katı atıklardır;
- Bu sorunların çözüm yolları ile ilgili adreslerin sınanması.
- Avrupa Birliği ve dünya çapındaki var olan verilerin temelinde, en iyi çevresel performans seviyelerinin tanımlanması;
- Bu tekniklerin yürütülmesini içeren, maliyetler, diğer çevresel etkiler, zorlayıcı unsurlar, başarılı performans seviyeleri gibi şartların sıralanması.
- Bu sektör için en iyi elde edilebilir tekniklerin (BAT) seçilmesi ve bunların emisyon ve/veya tüketim seviyelerinin genel anlamda talimatın 2(11)makalesine ve Ek 4'üne göre takip edilmesi.

Avrupa IPPC Bürosu ve ilgili Teknik Çalışma Grubunda (TWG) yer alan uzmanlar, burada takdim edilen bilgilerin tamamında anahtar rol almıştır.

Bu değerlendirmenin temelindeki teknikler mümkün olduğu kadar emisyon ve tüketim seviyeleri en iyi elde edilebilir tekniklerin kullanımı ile ilişkilendirilerek verilmiştir. Bunlar sektörde bir bütün olarak göz önünde tutulmuş ve pek çok durumda sektörün içindeki bazı düzenlemelerin güncel durumunu yansıtmıştır. Emisyon veya en iyi elde edilebilir teknikler ile ilişkilendirilmiş tüketim seviyeleri verilmiştir ki bu çevresel performansı tanımlayan seviyelerin, uygulamanın sonucunu önceden tahmin etmeye olanak sağladığı anlamında anlaşılabilir. Bu sektörde tekniklerin tanımlanması ile ilgili, en iyi elde edilebilir tekniklerin (BAT) tanımlanmasına özgü maliyet ve avantajların dengesi göz önünde bulundurulmalıdır.

Bununla birlikte bu değerler ne emisyon ne de tüketimler için limit değerler olarak anlaşılmalıdır. Bazı durumlarda daha iyi emisyon veya tüketim seviyeleri elde etmek teknik olarak mümkün olabilir, fakat maliyeti yüksek olduğu veya diğer çevresel etkileri bulunduğundan dolayı, sektör için en iyi elde edilebilir teknikler olarak değerlendirilmezler. Bununla birlikte zorlayıcı sebeplerle bazı teknikler, doğrulayıcı olarak göz önünde bulundurulabilir.

Emisyon ve tüketim seviyeleri en iyi elde edilebilir tekniklerin kullanılması ile ilişkilendirilmiş, belirlenmiş referans şartlarıyla karşılaştırılmıştır.

Yukarıda tanımlanmış “en iyi elde edilebilir teknikler ile ilişkilendirilmiş seviyeler” ile dokümanın başka bir yerinde kullanılan “elde edilebilir seviye” arasında fark vardır. Fark, bu en iyi teknikler kullanılarak kurulan sistemlerin uygun işletmesi sonucu elde edilen sonucu ifade eder.

Burada elde edilebilir maliyetler ile ilgili veri bir önceki bölümde takdim edilen tekniklerin tanımlanması ile birlikte verilmiştir. Bunlar gerekli maliyetlerin büyüklüğü hakkında kabaca bilgi verir. Bununla birlikte, tekniğin uygulanmasının gerçek maliyeti, vergiler, ücretler ve kurulum ile ilgili diğer konular, her tesisin özel durumuna ve konumuna bağlıdır. Bu dokümanda tüm özel alan faktörlerini değerlendirmek mümkün değildir. Maliyetleri ilgilendiren bilgilerin yokluğunda, tekniklerin ekonomik uygulanabilirliği, sürdürülebilirliği, var olan kurulumlardan gözlemlenebilir.

Bu bölümde genel olarak “en iyi elde edilebilir teknikler-BAT” den kastedilen, mevcut tesisin performansını görmek veya tesisin performansını arttırmak üzere yeni tesisler kurulmasını, bu en iyi teknikleri göz önünde bulundurarak yerine getirmektir. Yeni tesisler burada ele alınan “BAT”lerde tanımlanan sistemleri veya daha iyisini esas almalıdır. Hedeflenen mevcut sistemlerde iyileştirme yapılarak, BAT veya BAT ile tanımlanandan daha iyi seviyelere gitmektir.

BREF’ler zorlayıcı ve bağlayıcı özelliği olmamasına rağmen, üye ülkelere, kamuya ve endüstri kuruluşlarına yöntem belirleme konusunda rehber olmaktadır. Limit değerler belirlenirken BREF’lerdeki yaklaşımlar ve yerel koşullar dikkate alınmalıdır.

Elektrik ark ocağı ile çelik yapımı için, aşağıdaki teknikler veya tekniklerin kombinasyonu “en iyi elde edilebilir teknikler” olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Tekniklerin seçimi sırasında yerel şartlar dikkate alınmalıdır. Bu tekniklerin yanı sıra, aynı veya daha iyi performans gösteren burada tanımlanmamış başka teknikler de kullanılabilir.

1) Toz toplama verimliliği

- Doğrudan toz emiş sistemi (4.ve 2. açıklıktaki) davlumbaz sistemleriyle komple veya
- Dog house ve davlumbaz sistemi,
- Toplam toz tutma sistemi (total building evacuation)

Elektrik ark ocağından (EAO) birincil ve ikincil toz tutma sistemleriyle emisyonların %98 ve üstünde verimle toplanması sağlanır.

2) Atık gazdaki tozsuzlaştırma uygulaması;

- İyi tasarlanmış torbalı filtrelerle toz emisyonu yeni tesislerde max. 5 mg/Nm³, mevcut tesislerde ise max. 15 mg/Nm³’e kadar tutulur. Her ikisi de günlük aritmetik ortalama değerleri olarak belirlenmiştir.

- Toz içeriğinin minimize etmek, civa gibi gaz fazında bulunan ağır metaller haricinde diğer ağır metal emisyonlarını da minimize eder.
- 3) Organoklorür bileşiklerin minimizasyonu, özellikle PCDD/F ve PCB emisyonları,
- Uygun yakma sistemleri kullanılarak novo sentezini önleyerek ve/veya
 - Torbalı toz tutma filtre öncesi gazın linyit tozundan geçirilmesi,
 - Bu önlemlerle PCDD/F emisyonları 0.1-0.5 ng I-TEQ/Nm³ olarak elde edilebilir.
- 4) Birincil atık gazdan gelen hissedilebilir ısıyı geri kazanmak için yürütülen hurda ön ısıtma prosesi (3. maddeyle bağlantılı şekilde)
- Hurdanın bir kısmının ön ısıtılması ile ton sıvı çelik başına 60kwh, hurdanın tamamının ön ısıtılmasıyla ton sıvı çelik başına 100kwh enerji kazanılır.
 - Hurda ön ısıtması yerel şartlara ve tesislerin durumuna bağlıdır. Hurda ön ısıtma uygulandığında organik kirletici maddelerin emisyonlarının artması olasılığına dikkat edilmelidir.
- 5) Katı atık/yan ürünlerin minimize edilmesi
- Katı atıklar için, önem sırasına göre aşağıdaki teknikler BAT olarak dikkate alınmıştır.
 - Atık üretiminin minimizasyonu.
 - EAO curuflarının ve filtre tozlarının geri kazanımı ile atıkların minimize edilmesi, yerel şartlara bağlı olarak filtre tozu, çinko zenginleşmesini %30'a çıkarmak için elektrik ark ocağında geri kazanabilir. %20 den fazla çinko içeriği olan filtre tozları, içerisindeki çinkosu geri kazanılmak üzere diğer tesislere gönderilir.
 - Yüksek alaşımlı çeliklerin üretiminden gelen filtre tozları, alaşım metallerini geri alarak işlenebilir.
 - Önlenemeyen veya geri kazanılamayan katı atıklar için, atık miktarı minimize edildikten kalan kısım kontrollü şekilde bertaraf edilmelidir.
- 6) Su Emisyonları
- Ekipman kapalı devre soğutma suyu sistemleri
 - Sürekli dökümlerden gelen atık su
 - Soğutma suyu geri kazanım oranının artırılması
 - Askıdaki katı maddelerin çöktürülmesi
 - Yağın uygun ayırma tanklarıyla sudan ayrılması

Prensip olarak, 1 ile 6'ncı maddede sıralanan teknikler mevcut ve yeni tesislere uygulanabilir.

9.5 Oluşturulan Teknikler Ve Gelecekteki Gelişmeler

Bu paragrafta, endüstriyel ölçekte henüz uygulanmamış tekniklerden söz edilmektedir.

Hurda Sınıflandırılması:

Organoklorür bileşiklerinin emisyonları, özellikle PCB emisyonları, hurda girişiminin minimize edilmesiyle önemli ölçüde düşürülebilir. PCB'ler esasen, bulaşık makinesi, saç kurutma makinesi, davlumbazlar, yağ yakıcılar, florasan lambalar vb. gibi küçük aletlerin elektronik devrelerinden kaynaklanır. Hurda parçalama tesisi operatörlerinin hurda ayırma sırasında bu parçaları çıkarmaları gerekir. Her şeye rağmen bu parçalar ayrılmadıysa PCB emisyonları EAO'larında önemli olabilir. Bu parçaların çıkarılması maliyetli olduğu için tam olarak yerine getirilmemektedir.

Yeni ocak kavramları

Son yıllarda endüstriyel ölçekte gerçekleştirilebilmiş bir takım yeni ocak tipleri tanıtılmıştır. Ocaklardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

▪ **Comelt EAO:**

Comelt ocağı VAI (Berger,1995) tarafından sağlanan yan elektrotlar ile DC temelinde bir elektrik ark ocağıdır. Pek çok durumda ocak, dört eğik DC ark vasıtasıyla elektrik enerji transmisyonuna ağırlık vermiştir.

Bu konseptin diğer özellikleri, bütünleştirilmiş şaft hurda ön ısıtması her çalışma fazında eksiksiz (tam) yanmış gazın toplanması ve düşürülmüş ses seviyesidir. Üreticilere göre esas avantajları;

- Yüksek verimlilik (iki döküm arası zaman 45 dakikadan daha az.
- Bütünleşmiş hurda ön ısıtma vasıtasıyla toplam enerji sarfiyatında azalma (yaklaşık 360 MJ/t, geleneksel ocaklara kıyasla)
- Elektrot sarfiyatında azalma (yaklaşık %30)
- Tüm zamanlarda tam (eksiksiz) sönmüş gaz toplanması ve sönmüş gaz hacminde %70'e kadar azalma
- Basit fabrika dizaynından dolayı bakım maliyetlerinde azalma
- Ses seviyesinde 15 dB(A) e kadar azalma.

Sistemin geliştirilmesi / Gerçekleştirme

Comelt eritme prensibini kullanan pilot elektrik ark ocağı, LD çelik fabrikasında bulunan 50 t plazma birincil eritme ocağının yenilenmesiyle Linz'de (Berger,1995) uygulanmış ve incelenmiştir.

▪ **Contiare Ocağı:**

Contiare elektrik ocağı, sürekli çalışan dairesel şaft ile merkezi DC elektrod, bununla beraber prensip olarak alternatif akım ile ısıtılabilen bir ocaktır. (Reichelt,1996) Dış ve iç tanklardan oluşan şafta sürekli hurda şarj edilir. Bunun yapılması ile hurda, yukarı çıkan sıcak ocak gazları ile ön ısıtılır.(Bütünleşmiş yüksek sıcaklıkta hurda ön ısıtması).

Bu konsept döküm alma ile birlikte eritme operasyonu boyunca enerjide kalma zamanının hemen hemen % 100'üne ulaşır.

Ocak sağlayıcılara göre ek avantajlar:

- Enerji kayıplarında azalma (geleneksel ocak sistemlerine göre 720 MJ/t daha az)

- Atık gaz ve toz hacimleri oldukça azalır.(atık gaz: 900.000 tm³(STP)'den 150.000 tm³ (STP)'e; toz içeriği; 100t/h Contiarce ocağı için %40 daha azdır. Daha düşük kapasitede gaz temizleme sistemi ve daha az elektrik gücü sarfıyatı (82.3 MJ/t)
- Tüm birincil ve hemen hemen tüm ikincil emisyonlar gaz sızdırmazlığı sağlanmış ocak yapısıyla toplanır,
- Üretim maliyetlerinde avantajlar.
- Düşük elektrot sarfıyatı (DC ocakta:0.8 kg/t,AC ocaktan daha az.)

Pilot elektrik ark ocağı RWTH Aachen laboratuvarında uygulanmış ve incelenmiştir, bir sonraki aşamada demonstrasyon tesisi yapımı planlanmıştır (Reichelt,1996)

10. YENİ / ALTERNATİF DEMİR YAPIM TEKNİKLERİ

10.1 Giriş

Demir 500 yıldan fazladır yüksek fırınlarda yapılmaktaydı. Bu zaman süresince, yüksek fırınlar oldukça verimli reaktörlere dönüştüler. Bununla birlikte, şimdiki mevcut teknikler, pig demir üretimi yolunda yüksek fırına meydan okumaktadır.

Yüksek fırınların kok gereksinimi vardır ve kok tesisleri pahalıdır ve çalıştırılmaları ile ilgili olarak pek çok çevresel problemleri vardır. Böylece, demir cevheri üretimini kok kullanmadan yapmak ekonomik ve çevresel açıdan daha faydalı olacaktır. Bugünlerde, hemen hemen tüm yüksek fırınlar, kok tüketimlerini kömür enjeksiyonu vasıtasıyla önemli ölçüde azaltmaktadırlar. Bununla birlikte, kokun prosesi destekleyici özelliğinden dolayı yüksek fırınlardan tamamen çıkarılması mümkün değildir. Ton pig demir başına yüksek fırına beslenecek kok miktarı minimum 200 kg olmalıdır.

Enerji ve ekonomik açıdan verimli çalıştırmayı elde etmek için, büyük yüksek fırınlara gereksinim duyulmaktadır. Bu yüksek fırınların sabit ve büyük üretim kapasiteleri vardır. Bu nedenle bu fırınların yatırım maliyetleri yüksek, üretim esnekliği düşüktür. Bugünlerde, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak için daha küçük üretim tesislerinde daha farklı üretime ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrik ark ocaklarında (EAO) hurdadan çelik üretimi artmaktadır. Hurdadan çelik üretmek, demir cevherinden çelik üretmeye kıyasla çok daha az enerji tüketmektedir. Hurda (temelli) bazlı çeliğin kalitesi ile ilgili problemleri sınırlamak için ise direk indirgenmiş demir (DRI) kullanılması gerekmekte, bu da EAO'lu çelik yapım yöntemini daha kullanılabilir hale getirmektedir.

Özetle, aşağıdaki bulgular çelik üretiminde yüksek fırınlı üretim yolunu zorlamaktadır.

- Sinter tesislerinin çevresel yönleri
- Kok fırını tesislerinin çevresel ve ekonomik yönleri
- Pig demir üretiminin ölçeği ve bağlı değişmezliği
- Hurda temelli (bazlı)ve DRI-EAO çelik yapımı yoluyla rekabetin artması.

Fakat yüksek fırınların (BF) geri dönüşüm özelliği ve yatırımındaki ekonomikliği tercih sebebi olmaktadır.

Bu, yüksek fırınların çevresel ve ekonomik çalışmasının ilerlemesine ve çelik üretiminde alternatif yolların gelişmesine neden olmuştur.

Alternatif çelik yapımının ispatlanmış tipleri olarak dikkate alınabilen 2 ana tipi aşağıda verilmiştir.

1. Direk indirgeme (DR)

Direk indirgeme, demirin, demir cevherinin örneğin doğal gazla indirgemesi sonucu eldesini kapsar. Katı ürün direk indirgenmiş demir (DRI) olarak adlandırılır ve esasen elektrik ark ocaklarında (EAO) besleme stoğu olarak uygulanır. Direk indirgeme prosesi 1970'lerden beri ticarete dökülmüştür ve prosesin çeşitliliği gelişmektedir.

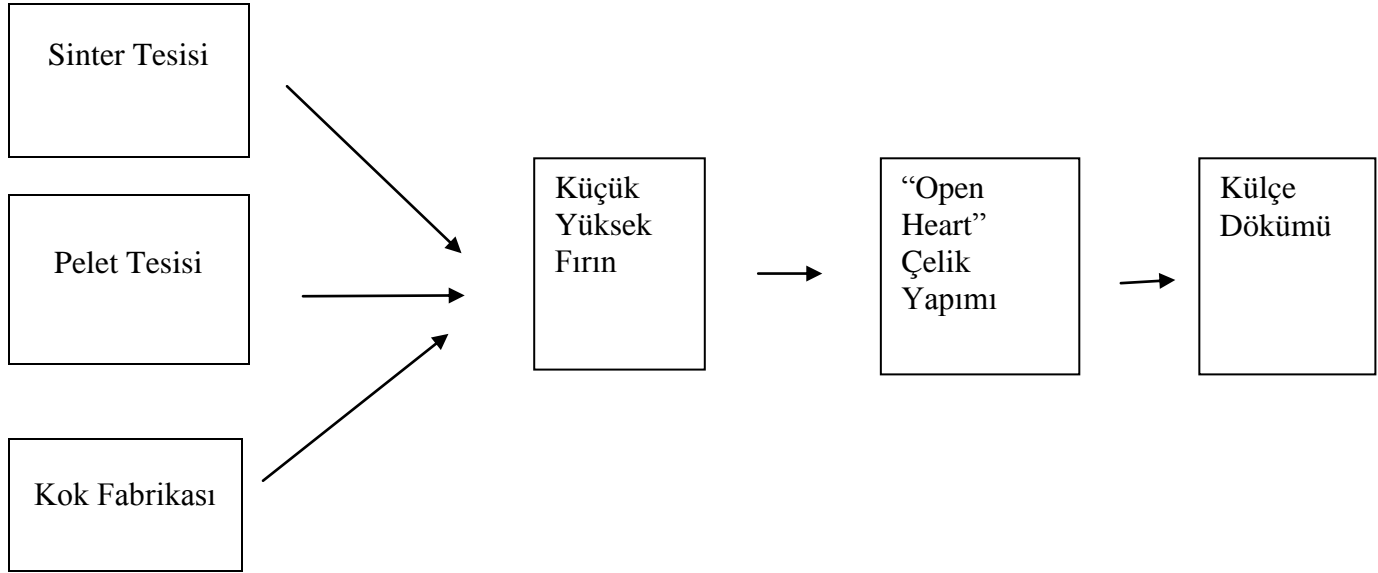
2. Ergiterek indirgeme (SR)

Bu, reaktörlerde kok kullanılmaksızın demir cevherinin ergitilerek indirgenmesini (yüksek fırın) kapsar. Ürün sıvı pik demirdir, bu yüksek fırından gelen pik demir gibi işlenebilir ve rafine edilebilir. Bugün, SR'nin yalnızca bir biçimi ticari olarak denenmiştir, fakat birkaç değişik biçimi geliştirilmenin ileri safhasındadır.

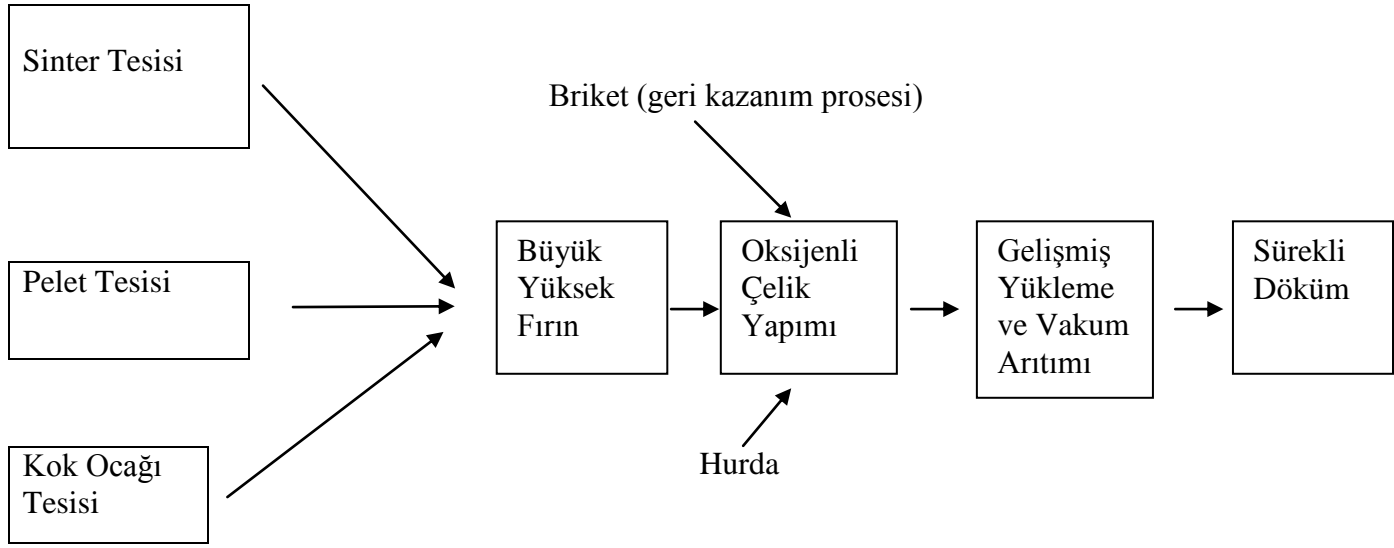
Çelik yapımındaki gelişmelerin yanında grup proseslerinin yerine sürekli proseslere doğru eğilim vardır. 1980'lerdeki külçe dökümden sürekli döküme geçiş bunun tipik örneğidir. Gelecekte, grup çelik yapımı (ör: LD konverter, EAO) muhtemelen sürekli çelik yapımı prosesleri ile değiştirilecektir.

Şekil 10'da demir ve çelik yapımının önceki, şimdiki ve gelecekteki yolunun genel görünüşü verilmiştir.

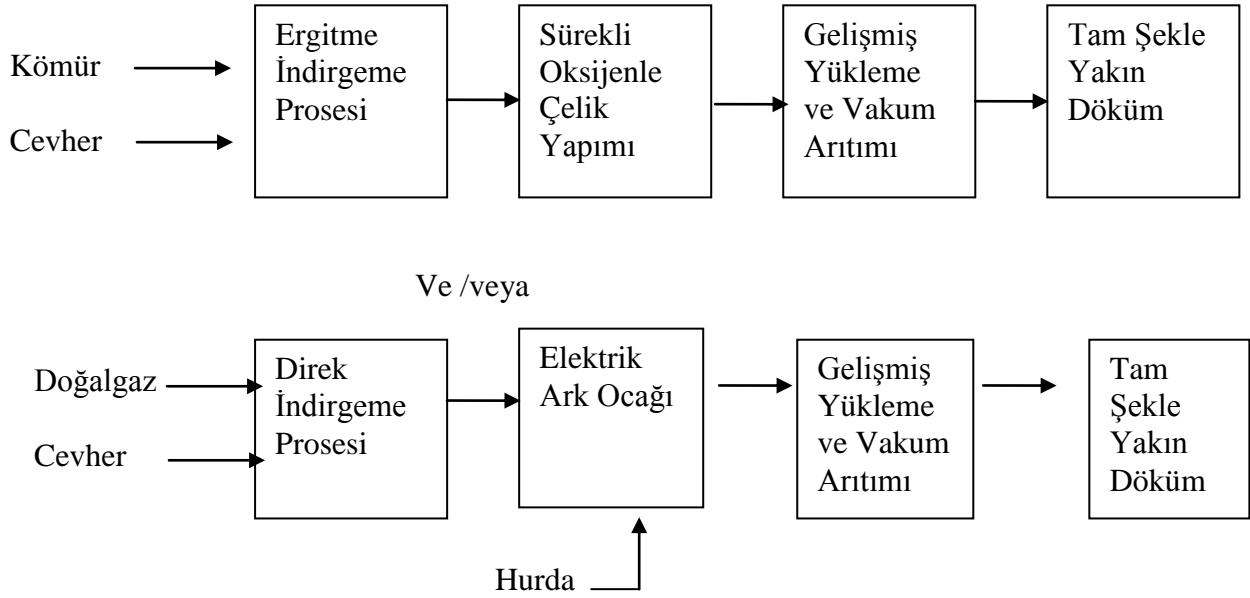
Geçmişteki Demir ve Çelik Üretimi



Şimdiki Demir ve Çelik Üretimi



Gelecekteki Demir ve Çelik Yapımı



Şekil 10.1: Dünyada önceki, şimdiki ve alternatif demir ve çelik yapımı prosesleri (Frenhan,1993)

10.2 Direk İndirgeme (Dr)

10.2.1 Genel

Direk demir indirgemesi kavramı 45 yaşından fazladır. Fakat ilk ticari tesisler 1960'ların sonlarında kurulmuştur. Çünkü en önemli direk indirgeme prosesleri ucuz doğalgaz kaynağı gerektiriyordu. Tesislerin pek çoğu ekvator civarındaki zengin yakıt ve gaz kuşağına yerleştirildi. Bugüne kadar, direk indirgeme önemli bir ilerleme yapmamıştır. 1996/97'de, yaklaşık olarak 36.5 milyon ton direk indirgenmiş demir üretilmiştir. Bu dünyadaki pik demir üretiminin %4.4'üdür.

Direk indirgeme, katı durumda demir cevherinin metalik demire indirgenmesini içerir. Böylece proses sıcaklıkları 1000°C'den aşağıdadır. Katı ürün, direk indirgenmiş demir (DRI) olarak adlandırılır. DRI %92'den büyük metalleşme oranına ve %2'den küçük karbon içeriğine sahiptir. Direk indirgenmiş demir, normalde elektrik ark ocakları için besleme deposu gibi kullanılır. DRI'nın dezavantajı yangın tehlikesi yaratmasıdır. Bu nedenle ürün stoklandığında veya uzun mesafelere taşındığında DRI briket içinde eritilir, böylece sıcak briket demiri (HBI) olarak adlandırılır.

10.2.2 Elde edilebilir (mevcut) prosesler:

Direk indirgenmiş demir üretiminde geçen 50 yıldan fazla zamanda çeşitli metodlar kullanılmıştır. Pratikte üç büyük prose çalıştırılır. MIDREX, Hly (1,2,3) ve FIOR yalnızca son günlerde beş yeni teknik geliştirilmiştir. FASTMET, IRON CARBIDE (demir karpit) CIRCORED, INMETCO ve FINMET.

PRI'nın yaklaşık %92'si doğalgaz kullanılarak üretilmiştir. Sınırlı sayıda üretimde yakıt olarak kömür kullanılmıştır. Besleme stoğu olarak, demir cevheri peletleri ve iri cevher, şaft ocaklı proseslerde kullanılırlar (MIDREX,HyL). İnce olanlar ve konsantreler ise akışkan yataklı (CIRCORED, FINMET, IRON CARBIDE) veya döner fırınlarda (FASTMET, INMETCO) kullanılırlar.

Şaftlı ocak, gazlı prosesler için indirgeme reaktörü olarak değiştirilmiştir. MIDREX (22.9 mt/a in 1997) ve Hyl 3 (6.9 mt/a) olmak üzere iki büyük proses çalıştırılır. Karşılaştırılmalı olarak Venezuela'da küçük FIOR ünitesinde (0.4 mt/a) akışkan yataklı reaktörde demir cevheri indirgenmektedir. HyL1 ve Hyl 2 demir cevherini indirgemek için grup reaktörler kullanılırlar, fakat bu prosesler zamanı gelince neredeyse kesinlikle Hyl 3 ile değiştirilecekler. 1995'de FASMET pilot tesis olarak işletilmeye başlandı (Nagai,1995). Her biri 2 Mt/yıl kapasiteli iki FINMET TESİSİ Avusturalya ve Venezuela 'da yapım aşamasında 0.5 Mt/yıl kapasiteli CIRCORED tesisi ise Trinidad'da yapım aşamasındadır.

An alternative to direct reduced iron is iron carbide (Fe₃C). Iron carbide is produced by means of direct reduction also, but the product contains approximately 90 wt.% Fe₃C. The carbon content is relatively high: 6 wt.%, which provides enough energy to reduce electricity consumption in the electric arc furnace. Iron carbide can be used in the same applications as direct reduced iron. The first commercial iron carbide plant, of capacity 300000 metric tonnes per year has been commissioned in 1995 at Trinidad (actual production in 1998 is 150000 t/a).

Direk indirgenmiş demir için alternatif, demir karpit'tir (Fe₃C). Demir karpit'de yine direk indirgeme vasıtasıyla üretilir fakat ürün ağırlıkça yaklaşık % 90 Fe₃C içerir. Karbon içeriği nispeten yüksektir. Ağırlıkça %6'luk karbon içeriği ,elektrik ark ocağında elektrik tüketimini azaltmak için yeterli enerjiyi sağlar. Demir karpit, direk indirgenmiş demir gibi aynı

uygulamalarda kullanılabilir.Yıllık kapasitesi 300.000 metrik ton olan ilk ticari demir karpit tesisi, 1995’de Trinidad’da işletmeye alınmıştır. (1998’deki gerçek üretim 150.000t/yıl’dır.)

Tablo 10.1’de, doğrudan demir yapımın ticari olarak mevcut tiplerinin karakteristikleri özetlenmiştir.

Proses	MIDREX	Hyl III	IRON CARBIDE	FASTMET/INMETCO	FINMET	CIRCORED
Status	Endüstriyel	Endüstriyel	Endüstriyel	Endüstriyel	Endüstriyel ^{*1}	Endüstriyel ^{*1}
Reaktör Tipi	şaft	şaft	Girdaplı tabaka	Rotary hearth	Girdaplı tabaka	Girdaplı tabaka
Demir kaynağı	Relet/iri Cevher	Relet /iri Cevher	İnceler 0.1-1mm	İnceler yoğunlar	İnceler 0.1-1.2 mm	İnceler 0.1,1.0 mm
Yakıt tipi	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Kömür/doğalgaz	doğalgaz	doğalgaz
Yardımcı Kaynaklar	–	buhar	buhar	–	buhar	buhar
İkincil sevisler	Reformer	Reformer CO ₂ -çıkarma	reformer	–	Reformer CO ₂ çıkarma	Reformen CO ₂ çıkarma
Tipik tesis kapasitesi (kt/a)	1000	1000	320	450	500	500
Enerji girişi(GJ/t ürün)	10.5	11.3	12.6	12.6	12.5	14
Ürün	DRI/HBI	DRI	Fe ₃ C-toz	DRI/HBI	HBI	HBI
Ürün metalleşmesi(%)	>92	>92	Fezc>90%	>92	>92	>92
Product C içeriği (%)	1-2	1-2	<6.0	<0.2	0.5-1.5	0

*1 yapım aşamasında (Durum 1998 in sonu)

Tablo 10.1 Direk indirgeme proseslerinin karakteristikleri (Nagai,1995)

Aşağıdaki durumlarda DRI ‘nın kullanımı uygundur.

- İyi kalitede hurda ile tesisleri kısa süreli çalıştırma zorunluluğu olduğunda ürün kalitesinin artırılmasına yönelik indirgenmiş demir eklemek gerekliliktir.

- Talebin büyüklüğü açısından, hurda gibi demir kaynaklarının taşınmasının zor olduğu veya yüksek fırınlı entegre tesislerinin kurulumunun zor olduğu durumlarda, indirgenmiş demir ana ham madde olarak kullanılabilmiştir.
- Yüksek fırınlarda sıcak metal ürün kapasitesini artırmak gerektiğinde

10.2.3 DRI' ın çevresel yönü

Yüksek fırınla kıyaslandığında direk indirgeme ünitesinin esas faydası direk indirgeme ünitesinde yakıt olarak doğal gaz veya kömür kullanılmasıdır. Bundan dolayı kok fabrikasına ihtiyaç olmamaktadır; bu da emisyonları önemli ölçüde düşürmektedir. Direk indirgeme ünitesinin çevreye olan etkisi çok azdır. Toplanması kolay olan daha düşük toz emisyonu vardır. Su ihtiyacı azdır ve su uzun süre devirdaim ettirilebilmektedir. Ayrıca metan esaslı direk indirgeme ünitesi, kömür esaslı üniteden çok daha az CO₂ üretmektedir.

Bununla birlikte, DRI bir miktar gangue içerir (%3-6) ve bu da ocaktaki elektrik tüketimini beraberinde DRI giriş miktarını arttırır (Nagai,1995). Bununla birlikte, detaylı emisyon verisi elde edilebilir değildir.

10.3 Ergitme İndirgemesi (SR)

10.3.1 Genel

Ergitme indirgemesi prosesinde, ürün sıvı pik demir veya (bazı durumlarda) sıvı çeliktir. Direk indirgeme prosesinden daha çok, ergitme indirgemesi prosesi, geleneksel yüksek fırınların direk rakibi olarak görülebilir. Ergitme indirgemesi prosesinin yüksek fırın prosesine kıyasla bazı avantajları vardır ve bunlar gelecekte ergitme indirgemesi prosesinin pik demir üretiminde temel (esas) proses olarak kabullenilmesine yol açabilir. Aşağıdaki avantajlardan bahsedilebilir.

- Daha küçük ünitelerin daha esnek üretime izin vermesi
- Ham madde kullanımı konusunda sınırlamaların az olması
- Yakıt olarak kömür kullanılması ve dolayısıyla koklaştırma tesislerinin olmaması
- Daha düşük sermaye maliyetlerinin olması

Dezavantajları:

- SR prosesinde ince cevherler kullanılmaz,
- Enerji gereksinimi ve CO₂ emisyonları yüksek fırınlı prosesten daha fazladır.
- Ekonomikliği dışarıya verilen enerjinin kullanımına bağlıdır.

Bununla birlikte, tesisin ekonomikliği ve diğer etkileri büyük ölçüde bilinmemektedir. Halen yalnızca bir ergitme prosesi ticari olarak denenmiştir.

Birkaç ergitme indirgeme prosesi halen geliştirilmekte olup, sadece bir proses Koreks (Corex) ticari anlamda işletilmektedir. Proses değişkenleri, reaktörlerin sayısı, üretilen kalorifik gazın miktarı, maden cevheri (pelet, topraklı veya kaliteli cevher) beslemesi bakımından farklılık göstermektedir.

Proses şekilleri nispeten iyi gelişmişlerdir ve bu bölümde daha detaylı ele alınacaktır (Corex, HIsmelt, DIOS, AISI-DOE/CCF ve ROMELT).

10.3.2 Corex:

Tanımlama: Corex prosesi iki kademeli bir prosestir: Birinci kademede demir cevheri şaft fırından gazın alınmasıyla sünger demire indirgenir. İkinci kademede indirgenmiş demir, melter-gasifier tankı içinde eritilir. Alınan gaz (CO ve H₂) indirgemede kullanılır. Şaftın ihtiyacı oksijen vasıtasıyla kömürün gazlaştırılması, akışkan yataklı Melter-gasifier'da sağlanır. Melter-gasifier içinde kömürün kısmen yanması indirgenmiş demirin erimesi için ısı oluşturur. Sıvı çelik ve cüruf, yüksek fırın işletmesinde kullanılan geleneksel akıtma prosedürü ile alttan boşaltılır.

Demir indirgeme ve demir eritme /kömür gazlaştırmanın iki kademede ayrılmasından dolayı, yüksek derecede esneklik elde edilir ve çok çeşitli kömürler kullanılabilir. Bu proses 5 bara kadar yükseltilmiş basınçlarda çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır. Kömür ve demir cevherinin şarjı kilitli bir silo sistemi sayesinde yapılır.

İndirgenmiş gaz %65 -70 CO, %20-25 H₂ ve %2-4 CO₂ içerir. Melter gasifier'dan ayrıldıktan sonra, sıcaklığın yaklaşık olarak 850⁰C ye ayarlanması için sıcak gaz, soğutma gazı ile karıştırılır. Sonra gaz, sıcak siklonlarda temizlenir ve indirgenmiş gaz olarak şaft fırın içine beslenir. Gaz, şaft fırınından ayrıldığında hala yüksek kalorifik değere sahiptir ve fırsat olduğunda export gazı olarak kullanılabilir. Tipik buhar üretiminde kullanılan kömürün (28.5 %uçucu madde) kullanılması ile çıkan gazın kalorifik değeri 7.5 MJ/Nm³ olarak hesaplanmaktadır, fakat diğer kömür tipleri kullanımıyla çıkan gazın ısı değeri değişik olabilir.

Referans işletmeler : Corex, koksuz demir üretiminde ticari olarak kanıtlanmış tek prosestir. Corex, Avusturya şirketi Voest-Alpine Industrieanlagenbau (VAI), A-Linz tarafından dizayn ve inşa edilmiştir.

Yetkilendirilen işletmeler ise :

1989 ISCOR Pretoria Works, Güney Afrika (300000 mton/yıl);

1996 POSCO Pohang Works, Kore (750000 mton/yıl).

Yapım aşamasında olan Corex işletmeleri ise :

SALDANHA, Güney Afrika(600000 t/a)

JINDAL, Hindistan (2 x 800000 t/a)

HANBO, Kore (2 x 750000 t/a)

İşletme Verileri : İlk ticari Corex işletmesi olan ISCOR Pretoria Works, 1989 sonunda Güney Afrika'da sıcak metal üretimine başlamıştır.1997 sonunda ISCOR ekonomik sıkıntılardan dolayı Pretoria Works firmasını kapatmış ve hem iç hem de dış piyasaya çelik üretmek için sadece Corex işletmesini faaliyette bırakmıştır. Son zamanlarda ise Asya krizinden etkilenen Güney Afrika'daki dramatik ekonomik krize bağlı olarak Corex işletmesinin de geçici olarak faaliyetlerini durdurmuştur.

1995 sonunda ikinci Corex işletmesi POSCO Pohang Works Kore'de üretime başladı. Bu işletmenin nominal 700000 ton yıllık kapasitesi vardır ve halen parça cevher ve pelet karışımı kullanarak faaliyet göstermektedir. Ayrıca, yıllık üretim değerleri de nominal kapasitesinin üstündedir.

Elde edilen Emisyon Değerleri : Corex işletmeleri enerji kaynağı olarak genellikle kömür kullanır. Bu yüzden kok fırınından gelebilecek olan emisyonlar önlenmiş olur. Kömürden elde edilen bütün yüksek hidrokarbonlar CO ve H₂ olarak ergitme ve gazlaştırıcı pota da

parçalanır. Bu yüzden, katran, fenol, benzen, toluen, ksilen, poliaromatik hidrokarbonlar ve bunlar gibi yan ürünler oluşmaz.

Proses kömür ile birlikte şarj edilen kükürt, şaft fırının içinde DRI ve kalsine edilmiş katkı maddeleri yardımıyla toparlanır, akabinde de ergitme ve gazlaştırıcı pota'ya beslenir. Burada, kükürdün çoğu yüksek fırındaki gibi sıvı cürufun içinde kalır ve çevreye zararsız hale getirilir. Corex prosesinde gaz ve su yoluyla deşarj edilen kükürt oranı (giren kükürdün %2-3' ü) kok fırın, sinter işletmeleri ve de yüksek fırındakinden (% 20-30) çok daha düşüktür. Çıkan gaz, kullanılan kömür tipine ve üretim koşullarına bağlı olarak, 10-70 ppmv oranında H₂S içerir. Kömürün gazlaştırılması için hava yerine O₂ kullanıldığından, önemli bir NO_x ve siyanür (CN) oluşumu meydana gelmez. Oksijenin istenen şekilde kullanımı sistemin toplam enerji ihtiyacına önemli katkı sağlar.

Corex işletmelerindeki toz emisyonu, geleneksel üretim yöntemlerine oranla oldukça azdır. Kok fırınından gelebilecek tüm toz emisyonları önlenmiştir. Çıkan gazın toz oranı 5 mg/Nm³'ten küçüktür. Gaz temizleme sistemiyle yakalanan tozun çoğu sisteme geri dönüşüm yapılır.

ISCOR işletmesinin bazı performans bilgileri Tablo 10.2.'de verilmiştir.

	Birim	Parça cevher kullanımı	Pelet kullanımı
Ergitme kapasitesi	t HM*/saat	45	53
Spesifik ergitme kapasitesi	t HM/m ³ /gün	3,0	3,4
Kömür tüketimi	kg/t HM	1080	1000
C _{fix} tüketimi	kg/t HM	615	570
O ₂ tüketimi	Nm ³ /t HM	540	500
Cüruf miktarı	kg/t HM	450	300
Sıcak metal kompozisyonu			
Karbon	%	4,5	4,5
Silikon	%	0,3	0,3
Kükürt	%	0,05	0,05
Fosfor	%	0,15	0,15
Çıkan gaz			
Miktar	Nm ³ /t HM	1750	1710
Net kalorifik değer	MJ/t HM	7,5	7,5
Kompozisyonu			
CO	%	45	45
CO ₂	%	32	32
H ₂	%	16	16
Toz	mg/Nm ³	<5	<5
Emisyon			
Toz	g/t HM	39-139	39-139
SO ₂	g/t HM	26-333	26-333
NO _x	g/t HM	21-33	21-33
Enerji tüketimi	GJ/t HM	17	17
*HM : Sıcak metal			

Tablo 10.2 : ISCOR Pretoria Works Güney Afrika'daki Corex işletmesinin ilgili performans verileri (Kreulitsch,1994 ; Lemperle, 1993)

Ortamlar arası etkileşim : Ergitme ve gazlaştırıcı pota'dan çıkan redüklenmiş gaz siklonlar vasıtasıyla temizlenir. Bu siklonlardan çıkan toz ise tekrar ergitme ve gazlaştırıcı pota'ya geri dönüştürülebilir. Şaft fırının tepe gazı ve soğutma gazı, gaz temizleme aygıtında temizlenir ve böylece bir tortu oluşturulur. Daha sonra bu tortu çimento sanayi için kullanılabilir ya da granülasyon sonrası ergitme ve gazlaştırıcı pota'da yeniden işlenir. Eser miktarı ise ancak atık olarak değerlendirilir.

Ekonomisi : Rapor edilmiş sermaye maliyeti : 195 ECU₁₉₉₆/mton sıcak metal

Kaynaklar : (Freuhan, 1994 ; Kreulitsch, 1994 ; Lemperle, 1993)

10.3.3 Gelişmekte Olan Prosesler

Gelişmelerinin ileri aşamalarındaki koksuz demir üretimi prosesleri aşağıdaki paragrafta kısaca anlatılmaktadır:

- Hismelt;
- DIOS;
- AISI-DOE/CCF;
- ROMELT

Tablo 10.3'te proseslerin karakteristik özellikleri belirtilmiştir. Her prosesin ayrı açıklamaları ise takip eden sayfalarda verilecektir.

Proses	Hismelt (Avustralya)	DIOS (Japonya)	AISI-DOE/CCF (USA- Hollanda)	ROMELT (Rusya)
Ana Bileşenler	Dikey sistem ergitme-redüksiyon ile demir üretimi	Ön red.akışkan yatak Gaz işlem fırını Ergitme-redüksiyon ile demir üretim fırını Oksijen tesisi	Siklon dönüştürücü fırın	Ergitme banyosu
Hammadde	Tozlar	Tozlar	Tozlar	Tozlar/Atık oksitler
Yakıt	Pulverize kömür	Kömür tozu/granüler kömür	Kömür tozu	Kömür tozu
Metal Ürün	Sıvı demir	Sıvı demir	Sıvı demir	Sıvı demir
Oksijen Tüketimi (Nm ³ /t HM)	Sıcak hava üfleme	500	430-680	750-850
Kömür Tüketimi (kg/t HM)	630-700	950	700-750	900-1200
Gaz				
Miktarı (Nm ³ /t HM)	1850	2080	n/a	n/a
Kal.Değeri (MJ/Nm ³)	1,44	3,74	n/a	n/a
Net Enerji Tüketimi(GJ/t HM)	n/a	n/a	n/a	n/a
Enerji Çıktısı (GJ/t HM)	2,7	7,8	4.0	n/a
Durum	Deneme	Deneme	Deneme	Deneme

Tablo 10.3 : Gelişmekte olan ergitme-redüksiyon ile demir üretimi proseslerinin karakteristikleri (Freuhan, 1994; Nagai, 1995)

Hismelt

Tanım : Cevher ezilir ve dikey ergitme prosesine enjekte edilmek üzere ön ısıtma yapılır. Bu proseste, ön ısıtılmış demir cevheri redüklenir ve ergitilir. Diğer direkt ergitme proseslerinden farklı olarak Hismelt, oksijen lansı istemez ancak yüksek hızda

oksijence zenginleştirilmiş hava kullanır. Kömür ve tozlar ise taban körüklerine enjekte edilir.

Durum : HIs melt Corporation tarafından CRA liderliğinde Güney Avustralya Kwinana'da 14 ton/saat üretim yapan bir pilot tesis kurulmuştur.

Çevresel Etkiler : Yüksek fırına oranla %10 daha fazla yakıt tasarrufu öngörülmüştür. Ayrıca, prosesin kok fırın tesisi ve demir cevheri ön ısıtma tesisi (sinter,pelet tesisi) ihtiyacı ortadan kalkmıştır.Bu proste, diğer proseslere nazaran sıcak üfleme gerekir ki bu da NO_x emisyonlarını olumsuz yönde etkiler.

Kaynaklar: -

DIOS

Tanım : DIOS prosesi üç alt prosesten oluşur : Ön redüklemeye hazırlık için akışkan yatak ve ön redükleme fırını (PRF), kömür tozunu gaza karıştıran gaz işlem fırını (GRF) ve demir cevherini ergitme, redüklemeyi yapan ergitme redükleme fırını (SRF). Yanmış oksijen SRF'nin üstünden enjekte edilir. Oluşan karbonmoksit (CO), PRF'de demir cevherinin ön redüklemesinde kullanılır. Azot, fırın içindeki cürufu çalkalamak için SRF'nin alt tarafına gönderilir.

Durum : Japonya'da NKK Keihin Works tesisinde 1994'ten bu yana günde 500 ton demir üreten bir pilot tesis faaliyettedir.

Çevresel Etkiler : Yüksek fırına oranla %5-10 daha fazla yakıt tüketimi olduğu tahmin edilir. Ayrıca, prosesin kok fırın tesisi ve demir cevheri ön ısıtma tesisi (sinter,pelet tesisi) ihtiyacı ortadan kalkmıştır.

Kaynaklar : (Kreulitsch, 1994)

AISI-DOE/CCF

Tanım : AISI-DOE ve CCF prosesi iki ayrı gelişim projesi olarak dizayn edilmişlerdir.

AISI-DOE projesi, direkt demir üretimi için Amerikan ve Kanadalı çelik fabrikalarının ve çok sayıda üniversitenin ortaklaşa oluşturduğu bir prosestir. Proje, Amerika Demir Çelik Enstitüsü tarafından koordine edilmiş ve Amerikan Enerji Departmanı tarafından finanse edilmiştir. Projenin amacı, ön redüklenen demir cevheri ve kömürden, dikey ergitme banyosunda çelik üretimidir. Dikey ergitme banyosunun geliştirilmesi de, projenin en önemli bölümüdür.

Siklon Dönüştürücü fırın (CCF) projesi Hoogovens (NL) ve Ilva (I)'nın ortak girişimleriyle oluşturulmuştur. Projenin en önemli bölümü, siklon reaktörün geliştirilmesidir. Siklon içinde demir cevheri ön redüklenir ve ergitilir. Bu eriyik fırında redüksiyonun tamamlandığı alt bölüme aktarılır. Yakıt, fırının altına oksijenle birlikte enjekte edilen granül halinde kömür içerir.

Siklon reaktörün yüksek operasyon sıcaklığı ve demir banyosundan gelen yüksek miktardaki yardımcı maddeleri tutması, ön redükleme ve son redüksiyon aşamaları arasında direk bağlantıyı mümkün kılar. Bu iki aşamanın bağlanması demek, ara fazlarda soğuma olmayacağından dolayı fazlar arasındaki ısı transferi veriminin kritik olmaması anlamına gelir. Şu da gerçektir ki, ön redükleme ve son redüksiyonun aynı ekipmanda yapılması CCF'yi diğer banyoda ergitme-redüksiyon ünitelerinden ayıran önemli bir farktır.

CCF prosesi özellikle siklon reaktörünün geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır.

1995 yılında iki tarafta teknolojilerini birleştirmeye karar vermişlerdir. Birleşen teknolojilerle de, bir ergitme redüksiyon deneme tesisi kurulmuştur.

Durum : AISI-DOE projesinin bir çok denemesi olmuş ama hiç biri deneme tesisi olarak yetkilendirilememiştir. CCF projesi ise, saatte 20 ton üretimiyle faaliyete geçmiştir. Sonrasında, birleşen teknolojiyle Ijmuiden'de yıllık 700000 ton üretim kapasiteli bir pilot tesis planlanmıştır.

Çevresel Etkiler : Kok fırını, sinter veya pelet tesisine ihtiyaç duymadığından hatırı sayılı düşük emisyon değerleri elde edilmiştir. Ton başına çelik üretiminde harcanan enerjide dolayısıyla daha düşük olacaktır. Ayrıca güç, siklonlardan 1800°C 'ta çıkan uçucu gazlardan elde edilir.

Kaynaklar : (Freuhan, 1993; Kreulitsch, 1994; InfoMil, 1997)

ROMELT

Tanım : ROMELT prosesi Rusya'da 10 yılı aşan bir sürede geliştirilmiştir. Diğer banyoda ergitme proseslerine benzer, ancak ön redükleme kullanmaz. Proses, cevher ya da atık oksit kullanır. Kömür tüketimi 900-1200 kg/ton olarak kayıtlara geçmiştir.

Durum : Novolipetsk Rusya'da günde 500-1000 ton üretim kapasiteli bir deneme tesisi 300000 tondan fazla üretim yapmıştır. Yıllık 350000 ton üretim kapasitesi için de detaylı planlar hazırlanmıştır.

Çevresel Etkiler : Kok fırın, sinter veya pelet tesisine ihtiyaç duymadığından hatırı sayılı düşük emisyon değerleri elde edilmiştir. Ton başına çelik üretiminde harcanan enerji de dolayısıyla daha düşük olacaktır.

Kaynaklar : (Freuhan, 1994; InfoMil, 1997)

10.4 Yüksek fırın prosesinin, direkt redüksiyon ve ergitme-redüksiyon prosesleriyle karşılaştırılması

İki tane kabul edilmiş alternatif demir üretim metodu vardır. Bunlar Direkt Redüksiyon prosesleri (örnek MIDREX) ve Ergitme Redüksiyon prosesleridir (örnek COREX). Bu iki prosesinde gerek kok gerekse sinter fabrikalarına gerek duymaksızın üretim yapabilmesi, öncelikle çevresel etkileşim açısından büyük kar sağlar. Bu özellikleri, çevreye önemli

derecede zararlı etkileri olan kok tesislerine ve sinter makinelerine olan ihtiyacı da ortadan kaldırabilir.

Direkt redüklenmiş demir (DRI) prosesleri aktif olmasına ve dünyada yılda 33 milyon ton üretim kapasitesi (1996) olmasına rağmen dünya ham çelik üretimine %5'ten daha az bir fayda sağlar. Bu oran 1995 yılı AB ülkelerindeki 155 milyon tonluk demir ve çelik üretimi baz alınarak çıkarılmıştır. DRI prosesleri, yüksek fırınla kıyaslandığında daha düşük üretim rakamlarına sahiptir ve kuruluş amaçları ise çok düşük enerji ve demir cevheri maliyetlerine sahip olmalarıdır.

Kok tesislerinden vazgeçildiğinde, işletmelerin fırınlarından çıkan toz, organik uçucu bileşikler ve çeşitli organik kimyasalların havaya olan emisyonu önlenmiş olur. Kok gazı yan ürün üretim sistemi ve bu sistemden gelen atıklar önlenmiş olacaktır. Ayrıca, proseste kullanılan yüksek oranda sudan da tasarruf edilecektir. Sinter tesislerinin kaldırılması ise atmosfere bırakılan sulfürdioksit gibi zehirli gaz ve metalik/metalik olmayan tozun da olumsuz etkilerini azaltacaktır. Yüksek fırın tesislerine kurulan dökümhane döküm holü toz tutma sistemleriyle çevresel olumsuz etkiler azaltılmaya başlanmıştır.

Şunu da kesinlikle unutmamalıyız ki, geleneksel demir yapım metodları, demir ve çelik üretiminden kaynaklanan yağ ve diğer atıkların geri dönüşümü ve bu atıkların kontrolü hususunda direkt redükleme metodlarının sahip olmadığı imkanlara sahiptir. Ayrıca geleneksel yol, çok çeşitli hammadde ve değişik kalitelere indirgeyici kullanımına olanak sağlar. Entegre demir çelik üretim metodları ile eşdeğer bir performansa erişebilmek için, geleneksel metodların tesiste parça cevherin ve diğer hammaddelerin işlenebilmesi anlamında teknolojisini geliştirmesi gerekmektedir.

Redüksiyon tesislerindeki havaya verilen toz emisyonu konsantrasyonu, 10 mg/NM^3 'e kademel olarak azaltılarak verilir. Bu azaltma, suyun geri dönüşümü veya kuru temizleme gibi yöntemlerle tarif edilse de sulu tip toz tutma sistemiyle sağlanır. Eğer DR ve SR prosesleri demir peleti veya sinter kullanıyorsa, bu malzemelerin işlenmesiyle ilgili olan emisyon miktarı, değişik demir üretim metodlarının çevresel performanslarını karşılaştırırken değerlendirilmesi gerekir.

DR prosesi ürününün kalitesi ve kimyasal içeriği tamamen hammadde kalitesine bağlıdır. Düşük kaliteli hammadde kullanılırsa, DRI ürünü yüksek fırın ürününe eşdeğer kalite de olmayabilir. Çevresel etkiler açısından kıyaslama yapabilmek için direkt redüklenmiş demirin ergimiş formda olması ve bu forma gelinceye kadar kullanılan enerji ve emisyonların dikkate alınması gerekir.

SR proseslerini değerlendirdiğimizde, COREX tarafından üretilen yüksek hacimlerdeki baca gazlarının ve enerjinin verimi, bu gazlar güç üretimi veya sünger demir üretiminde kullanılmadıkça düşük olacaktır. Kömür tüketimi ve oksijen ihtiyacı yüksek fırına göre daha yüksektir ve karbondioksit emisyonları önemli oranda fazladır. İşlenen gazın azot oksitleri hem SR hem de DR operasyonlarında ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

SR prosesleri tam olarak bütünüyle olgunlaşmamış, sadece COREX prosesi günümüzde ticari anlamda tanınmıştır. Ne DR ne de SR'nin kanıtlanmış kapasitesi, modern yüksek fırının kapasitesine yakın değildir. Bugüne kadar değişik yöntemlerle üretilmiş hiçbir demir, onları dünyada çekici hale getiren düşük maliyet rakamlarına rağmen, yüksek fırından üretilen demire ciddi bir rakip değildir.

Günümüzdeki proses optimizasyonuna bağlı olarak kok ve sinteri tekrar DRI'ya dahil etme eğilimi, bu geliştirilen tekniklerde temel olarak bahsedilen çevresel faydayı olumsuz yönde etkileyebilir.

Tablo 10.4'te Yüksek fırın prosesinin, direkt redüksiyon ve ergitme-redüksiyon prosesleriyle karşılaştırılması verilmiştir.

Özellikleri	Geleneksel Yüksek Fırın ^{*1}	Direkt Redüksiyon (DR) ^{*2}	Örn. MIDREX Ergitme-Redüksiyon (SR) ^{*2}	Örn. COREX
Üretim Hacmi	Uzun süreli, enerji ve kaynakları etkin kullanan bir işletme, yılda 2 Milyon ton' dan fazla üretim yapabilir. Halen, dünya piyasasının % 95'inin tercih ettiği demir üretim prensibidir.	Dünya çapında gaz bazlı proseslerin büyük çoğunluğu DR prosesidir ve bu kapasitenin de %63'ü MIDREX yoluyla sağlanmıştır. Bu tür proseslerde bir işletmenin yıllık kapasitesi 1.3 Milyon ton civarındadır. Üretildiği şekliyle DRI, elektrik ark ocağıyla çelik üretimi metodunda kullanılan hurdanın yerine kullanılır.	SR halen gelişmekte olan bir teknolojidir. Sadece COREX prosesi ticarileştirilmiştir. Günümüzde, iki işletmede yıllık kapasite 1 Milyon ton'dur. Aktif haldeki en son kurulan ve en büyük SR birimi yıllık 700000 ton kapasiteye sahiptir.	
Hammadde	Kok yapımı için kok kömürü ihtiyacı vardır. Sinter tesisi için kok kırıntısı ve antrasit kömürü gerekir.Yüksek fırına verilmek üzere kömür ihtiyacı vardır (koksuz kömür özelliklerinde olabilir). Kömürden başka, yağ, atık yağ, doğal gaz ve plastiklerin tümü de yüksek fırına verilir.Ayrıca, ham madde olarak çok çeşitli özelliklerde ve kalitede madenlerde kullanılabilir.	Kömür (proseslerin azınlığında kullanılır) : Odun kömürü dahil antrasitten linyite kadar çok çeşitli katı yakıt kullanılır. Ürün kalitesine olumsuz etkisinden sakınmak amacıyla kullanılan gazın kükürt içeriği düşük olmalıdır. Proseste hiçbir fiziksel durum değişikliği olmadığından, prosesin yüksek kalitede pelet ve parça cevher ihtiyacı vardır.	Koksuz kömür kullanılır, spesifikasyonları yüksek fırınkinden daha esnektir. Madenler : Parça cevher, sinter veya pelet. Saf cevher henüz direkt olarak kullanılmamaktadır. Oksijen : COREX prosesi için büyük miktarda oksijen ihtiyacı vardır (enerji etkileşimlerinden dolayı).	
Enerji Gereksinimi	Tipik olarak 17-18 GJ/t sıvı demir (demirdeki karbonda daha az gaz,buhar ve ısı kaybı sağlar)	%100 parça cevher kullanımı öngörülerek tipik olarak 10.5 - 15.5 GJ/t katı DRI kullanılır.(Eğer kullanılırsa ergitme ve peletler için extra enerji gerekir.	Proses verimliliği harcanan güce yada fazla üretilen DRI miktarına bağlı olduğundan, enerji gereksinimini rakamlara dökmek zordur.	
Ürün Kalitesi	İstikrarlı ve güvenilir kalite	Ürün briketlenmedikçe ya da pasifize edilmedikçe re-oksidasyon eğilimlidir. Kalite yüksek oranda beslenen malzemenin kalitesine bağlıdır.	Yüksek fırından çıkan demirle aynı kalitededir.	

^{*1} kok fırını, sinter tesisi ve yüksek fırın;

^{*2} DR ve SR gelişmekte olan teknikler oldukları için çevresel etkileşimleri hakkında henüz detaylı bilgi yoktur.

Tablo 10.4'te Yüksek fırın prosesinin, direkt redüksiyon ve ergitme-redüksiyon prosesleriyle karşılaştırılması.

Özellikleri	Geleneksel Yüksek Fırın ^{*1}	Direkt Redüksiyon (DR) ^{*2} Örn. MIDREX	Ergitme-Redüksiyon (SR) ^{*2} Örn. COREX
Çevresel Performans	Doğaya kok fırınından çıkan toz, Organik uçucu bileşikler, Poliaromatik hidrokarbonlar ve bir çok organik kimyasal bırakır. Dökümhaneden SO ₂ , yüksek fırından da toz çıkarken(Bkz. Tablo 6.1), sinter tesisinden de SO ₂ , NO _x , toz, Organik uçucu bileşikler, PCB, PCDD/F ve Poliaromatik hidrokarbonlar dışarı verilir.(Bkz. Tablo 4.1). Bu proses yüksek oranlarda da su kullanır. Diğer taraftan da bu proses, bir çok DRI prosesinde olmayan katı atık/yan ürün geri dönüşümüne olanak sağlar.Yüksek fırının desülfürizasyon kabiliyeti, yüksek kükürt ihtiva eden yakıt ve indirgeyicilerin çevre dostu olarak kullanılmasını da sağlar. Yüksek fırın cürufu, yol yapımında veya peletletmiş cüruf çimentosu yapımında da kullanılır. her iki yan ürün de sistemin hammadde ihtiyacını azaltacağından çevresel yönden avantaj sağlar.	Birçok DR prosesi demir peletlerini kullandığından, çevreyle etkileşim bakımından peletleme prosesinden açığa çıkanlar öncelikli olarak dikkate alınmalıdır. DRI ürünü tipik olarak, sonradan işlenmesi için enerji gerektiren %2-4 oranında cüruf içerir. Hammaddesi, prostesten önce bir dizi işleme tabii tutulduğundan, doğaya verdiği toz miktarları yüksek fırına benzerdir. Eğer DR prosesi geleneksel demir üretiminin yerini alacaksa, cevher kullanımının çevresel açıdan tatminkar bir hale getirilmesine ihtiyaç vardır. Gazın işlenmesi sırasında NO _x açığa çıkar. Kömür insanlar için en büyük enerji kaynağı olmasına rağmen en başarılı DR prosesleri doğal gaz kullanır. Gelişimin ileriki adımlarında, daha değerli malzeme üretimi için gazın rezerve edilmesi düşünülebilir.	Bazı SR proseslerinde yüksek oranlarda atık gaz kullanımı mümkündür. COREX'in enerji ihtiyaçlarını saymazsak, CO ₂ emisyonu yüksek fırınkinden fazladır. Eğer SR prosesi geleneksel demir üretiminin yerini alacaksa, cevher kullanımının çevresel açıdan tatminkar bir hale getirilmesine ihtiyaç vardır.
Kurulum Maliyetleri (Bildirilen)	Yıllık 3.5 Milyon ton için 1150 milyon EURO (sinter tesisi ve kok fırın maliyetleri dahildir.)	Yıllık 1.36 Milyon ton için 210 milyon EURO (uygun pelet ve parça cevherin sağlandığı öngörülerek hesaplanmıştır.)	Yıllık 600 kilo ton için 240 milyon EURO (oksijen tesisi maliyeti ve parça cevherin sağlandığı öngörülerek hesaplanmıştır.)

*1 kok fırını, sinter tesisi ve yüksek fırın;

*2 DR ve SR gelişmekte olan teknikler oldukları için çevresel etkileşimleri hakkında henüz detaylı bilgi yoktur.

Tablo 10.4'te Yüksek fırın prosesinin, direkt redüksiyon ve ergitme-redüksiyon prosesleriyle karşılaştırılmasının devamı

11. SONUÇLAR VE TAVSİYELER

Sonuçlar ve tavsiyeler; iş planları, bilgi kaynakları, en uygun teknikler, varılan sonuç ve gelecekte yapılacak çalışmalar bölümlerini içerir.

İş planları

Bu ÖZET yaklaşık iki yılda hazırlanmıştır. Ana toplantı noktaları aşağıdadır;

1. TWG toplantısı (başlangıç toplantısı)	22-23 Mayıs 1997
1. Görüşme devresi	Eylül/Ekim 1997
2. Görüşme devresi	Ağustos/Eylül 1998
2. TWG toplantısı	18-20 Kasım 1998
Final taslağı ve 3.görüşme devresi	Ocak/Şubat 1999
IEF toplantısında final taslağı tartışması	18-19 Şubat 1999
Yönetime sunulacak ÖZET için IEF	29-30 Eylül 1999
Toplantısının sonuçlandırılması	

Bilgi kaynakları

EIPPCB'ye 93 adet kapsamlı rapor sunulmuştur. Bu raporlar içeriği açısından çok detaylı bilgilere sahiptir(istatikselsel veriler, entegre proses/üretimden ve son arıtım işleminden açığa çıkan emisyon ya da kütle akış değerlerini azaltıcı tekniklerin tanımı). İki bakış açısından hazırlanmışlardır; bireysel yönleri ve çevreyle etkileşimleri. Sadece birkaçı tüm çevresel yönlerden uyumluluk gösterir. Bu sebeple, yoğun çalışmalar, kontroller, sorgulamalar, sunulan verilerin doğrulaması kaçınılmaz olmuştur.

Alınan raporlardan özellikle iki tanesi göze çarpıcıydı, öncelikle entegre çelik işlerini konu alan 'Dutch Notes on BAT for Production of Primary Iron and Steel' ve elektrik ark ocağıyla çelik üretimini konu alan Almanların hazırladığı 'Report on BAT in the Electric Steel Making Industry'. Bu iki raporun üstün kalitesinden dolayı, bu ÖZET inde büyük bir bölümü bu iki çalışmadan esinlenerek hazırlanmıştır. ÖZET hazırlamada bu tür değerli kaynakların bulunması, yapılan çalışmanın da kalitesinin çok yüksek olmasını sağlar. Bu sebeple üye ülkelere ve ilgili organizasyonlara tavsiyemiz; bu tür çalışmalardan önce benzer dökümanlar hazırlamalarıdır.

En uygun teknikler

Aşağıda verilenlerin hepsi ayrı ayrı üretim adımları, entegre çelik işleri ve çıktıları açısından incelenmiştir.

- Sinter tesisleri (Konu 4.4),
- Peletleme tesisleri (Konu 5.4),
- Kok fabrikaları (Konu 6.4),
- Yüksek fırınlar (Konu 7.4) ve

- Bazık oksijenle elik yapımı ve dökümü (Konu 8.4).
Elektrik ark ocağıyla elik yapımı için BAT sonuçları Konu 9.4'te verilmiştir.
Yönetmel ÖZET, tüm BAT sonuçlarını içermektedir.

Varılan sonuç

Bu Özetle çok tutarlı sonuçlara ulaşılmıştır. TWG ve IEF toplantılarında yapılan tartışmalar esnasında çelişki yaratacak hiçbir görüş kaydedilmemiştir. Bu dökümanda kesin mutabakata varılmıştır. Bilgi paylaşımına katılan tüm partiler sonucun tutarlı olduğunu onaylamışlardır. Sistemin gelişimi için gelecekte yapılması gereken bazı maddelerde belirlenmiştir.(Bkz. Ek) Özellikle, sunulan verilerin nitelendirilmesiyle ilgili gerekçeli ve zaruri bir ihtiyaç vardır. Bu bağlamda ilgili nitelendirmenin aşağıda verildiği gibi yapılması tavsiye edilir:

“Aksi belirtilmedikçe, BAT konularında anlatılan ‘BAT kullanımıyla ilişkili olan şu anki emisyon dereceleri havaya ve suya verilen günlük ortalama emisyon değerleri olarak anlaşılır. Bu tavsiye, verilen değerlerin ‘günlük ortalamalara’ tam olarak uyduğu varsayılarak verilmiştir. Ancak verilen bilgilerin kaynağı bu şekilde bir sınıflandırmayı içermeyen işlem sonrası böyle bir sonuca varılabilmesi olanaksız gibi görülmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için tavsiyeler

Genel olarak, üye ülkeleri temsilen TWG , IEF ve endüstriyel/çevresel uzmanlar bu ÖZETi değerli ve iyi dengelenmiş bir kaynak olarak takdir etmişlerdir.

Ancak, ileride yapılması gereken bazı önceliklere de aşağıda verildiği şekilde değinmişlerdir:

- BAT’ın tespitinde kullanılan tekniklerin seçimi için bir metodoloji geliştirilmesi
- BAT’ın sonuçlandırılması için bir metodoloji geliştirilmesi
- IPPC yaklaşımı ve ortamlar arası etkileşimin geliştirilmesi
- Verilen emisyon ve tüketim verilerinin nitelendirilmesinin geliştirilmesi (örneklendirme metotları, analiz metotları, zaman aralıkları, hesaplama metotları ve referans durumları)
- Enerji, ses, malzeme işleme, nakliyat ve stok durumları (toprak kirliliği) konularının sağlık ve güvenlik açısından daha fazla detaylandırılması

Özellikle, verilerin nitelendirilmesinin geliştirilmesi hususu öncelikle üzerinde çalışılması gereken konudur ve bu yüzden ilgili konu hakkında mümkün olan en kısa sürede çalışmalara başlanmalıdır. Şu da bir gerçektir ki, tüm Avrupa Birliği ve dünyadan toplanan verilerin farklı örneklendirme metotları, analiz metotları, zaman aralıkları, hesaplama metotları ve referans durumları açısından kıyaslanması her zaman kesin sonuçlar vermez ancak nihayetinde bu uyumun sağlanması acil ve zaruri bir ihtiyaçtır.

Tüm dokümanın 2005 yılında revizesinin hazırlanması uygun görülmüştür.

TERİMLER

TERİMLER

Genel

AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
AS	Harektlendirilmiş Çamur
BF	Yüksek Fırın
BFG	Yüksek Fırın Gazı
BOD	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
BOF	Bazık Oksijen Fırını
BOFgas	Bazık Oksijen Fırın gazı
BTX	Benzen, Toluen, Ksilen
CCM	Sürekli Döküm Makinası
CDQ	Kok Kuru Söndürme
COD	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
COG	Kok Fırın Gazı
DCI	Direkt (Doğrudan) Karbon Enjeksiyonu
DIOS	Demir Cevherinin Direkt (Doğrudan) Ergitilerek İndirgenmesi (Redüklenmesi)
DRI	Direkt İndirgenmiş (Redüklenmiş) Demir
EURO	Avrupa Para Birimi
EOS	Emisyon Optimizasyonlu Sinterleme
ESP	Electrostatik Çöktürücü
ETP	Electrostatik Katran Çöktürücüsü
FB	Akışkan Yatak
FF	Bez Filtre
HBI	Sıcak Briketlenmiş Demir
MEEP	Hareketli Elektrodlu Electrostatik Çöktürücü
MLSS	Karışık Askıda Katı Madde Süspansiyonu
PAH	Poliaromatik Hidrokarbonlar
PCDD/F	Poliklorürlü Dibenzo-p Dioksinler/Furanlar
pre-DN/N	Ön-denitrifikasyon/nitrifikasyon
PCI	Kömür Tozu Enjeksiyonu
RAC	Rejeneratif Aktifleştirilmiş Koklar
SS	Askıda Katılar
VOC	Organik Uçucu Bileşikler

Birimler

bar	bar
Bq	Bequerel
°C	Derece Celcius
EURO	Avrupa Para Birimi
g	gram
J	Joule
hr	saat
I-TEQ	PCDD/F toksiklik eşdeğeri
kWh	kiloWattsaat
l	litre
m	metre
m ²	metre kare
m ³	metre küp (su)
Nm ³	Normal m ³ (273K, 1013 mbar)
ppm	milyonda kısım
ppmv	milyonda kısım, hacmen
s	saniye
t	ton (10 ⁶ gram)
vol%	Hacim yüzdesi
W	Watt
y	yıl
? ?	Ohm
K	Kelvin
a	yıl

Ön Ekler

n	nano	10 ⁻⁹
µ	mikro	10 ⁻⁶
m	mili	10 ⁻³
c	santi	10 ⁻²
k	kilo	10 ³
M	Mega	10 ⁶
G	Giga	10 ⁹
P	Penta	10 ¹²
T	Tera	10 ¹⁵

Dönüşümler

2.05 mg NO ₂ /Nm ³	=	1 ppmv NO ₂
2.85 mg SO ₂ /Nm ³	=	1 ppmv SO ₂
1 Watt	=	1 J/s

Elementler

Al	Aluminyum
As	Arsenik
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
F	Flor
Hg	Civa
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
Na	Sodyum
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Po	Polonyum
Sb	Antimuan
Se	Selenyum
Sn	Kalay
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
W	Tungsten
Zn	Çinko

Bileşikler

CH ₄	Metan
CN	Siyanür
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
CO ₃ ²⁻	Karbonat
C _x H _y	Hidrokarbonlar
H ₂	Hidrojen Molekülü
HCN	Siyanik Asit
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
HCl	Hidroklorik Asit
HF	Hidroflorik Asit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hydrogen Sülfür
N ₂	Azot Molekülü
NH ₃	Amonyak
NH ₄ ⁺	Amonyum
Nkj	Kjeldahl-Azot
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO _x	Azot Oksitler
O ₂	Oksijen Molekülü
S ⁰	Kükürt Elementi

SCN	Tiyosiyanat
SO ₂	Kükürt Dioksit
SO ₃ ²⁻	Kükürt Trioksit
SO ₃ ²⁻	Sülfür
SO ₄ ²⁻	Sülfat

Emisyonun Gösterimi:

1. Havaya emisyon

- i) Atık gaz hacmine bağlı, atık maddelerin kütlesi, standart şartlarda (273K, 1013 mbar), su buharı içeriği çıkartıldıktan sonra. Birimleri [g/Nm³], [mg/Nm³], [µg/ Nm³] or [ng/Nm³];
- ii) Süreye bağlı, atık maddelerin kütlesi, birimleri [kg/h], [g/h] or [mg/h];
- iii) Atık maddelerin emisyon kütlesinin üretilen veya işlenen ürün kütlesine oranı (tüketim veya emisyon faktörleri), birimleri [kg/t], [g/t], [mg/t] or [µg/t];

2. Suya emisyon

Atık su miktarına bağlı, atık maddelerin kütlesi, birimleri [g/m³], [g/l], [mg/l] or [µg/l].