



AVRUPA KOMİSYONU

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC)

**Demirsiz Metal Sanayiinde Kullanılabilecek En İyi Teknikler
Hakkında Referans Belgesi**

Aralık 2001

İDARİ ÖZET

Demirsiz metal sanayiinde kullanılabilir en iyi tekniklerin açıklandığı bu referans belgesi, 96/61/EC sayılı Konsey Yönergesinin 16(2) sayılı maddesi uyarınca gerçekleştirilen bir bilgi alışverişi niteliğindedir. Bu belge, amaçlarının ve kullanım sahasının açıklandığı önsöz bölümünün ışığı altında incelenmelidir.

Karmaşık bir sanayii kolu olan demirsiz metallerin üretiminin incelenmesi için, birincil ve ikincil hammaddelerden metal üretiminin aynı belge içerisinde yer almasını ve metallerin 10 farklı gruba ayrılmasını öngören bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu gruplar şunlardır:

- Bakır (Sn ve Be dahil) ve Alaşımları.
- Alüminyum
- Çinko, Kurşun ve Kadmiyum, (+ Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te).
- Kıymetli Metaller.
- Cıva.
- Ateşe Dayanıklı Metaller.
- Demir Alaşımları.
- Alkali ve Toprak Alkali Metaller.
- Nikel ve Kobalt.
- Karbon ve Grafit.

Uygulanan işlemlerden bir çoğu primer alüminyum eritme fırınları ile ilgili olduğundan karbon ve grafit üretimi de ayrı bir grup olarak dahil edilmiştir. Maden cevherlerinin ve derişiklerinin tavlama ve sinterlenmesi işlemleri ile alümin eritme işlemleri de bu gruplara dahil edilmiştir. Maden sahasında madenin çıkartılması ve maden cevherinin işlenmesi bu belge kapsamına alınmamıştır.

Bu belgede bilgiler aşağıda belirtilen konuları içeren on iki bölümde sunulmaktadır: 1.inci Bölümde genel bilgiler, 2. Bölümde ortak işlemler, 3. Bölümde 12. Bölüme kadar da on farklı metal grubuna uygulanan metalürjik işlemler yer almaktadır. 13. Bölüm, sonuçları ve öneriler sunmaktadır. Maliyetleri ve uluslararası yönetmelikleri içeren ekler de dahil edilmiştir. Ortak işlemlerin açıklandığı 2. Bölüm aşağıda belirtilen alt bölümlere ayrılmıştır:

- Bölümün kullanılması – kompleks tesisler.
- Salım verilerinin kullanılması ve raporlanması.
- Yönetim, tasarım ve eğitim.
- Hammaddelerin teslim alınması, muhafaza edilmesi ve taşınması.
- Hammaddelerin ön işleme tabi tutulması ve üretim işlemlerine nakledilmesi.
- Metal üretim işlemleri – fırın türleri ve işlem denetim teknikleri.
- Gazların toplanması ve havanın azaltılması amacı ile kullanılan teknikler.
- Atık suların arıtılması ve suların yeniden kullanılması.
- İşlem artıklarının azaltılması, geri dönüşümü ve işlenmesi (yan ürünler ve atıklar dahil).
- Enerji ile atık ısının geri kazanımı.
- Farklı ortamlar arasındaki ilişkiler.
- Ses ve titreşim.
- Koku.
- Güvenlik.
- İşletmelerin kapatılması.

2. Bölümde 12. Bölüme kadar tüm bölümlerde uygulanan işlem ve tekniklerin, mevcut salım ve tüketim düzeylerinin, BAT'ın belirlenmesi amacı ile değerlendirilen tekniklerin ve BAT ile ilgili yorumların açıklandığı alt bölümler yer almaktadır. 2. Bölümde BAT ile ilgili yorumlar sadece malzemelerin taşınması ve muhafaza edilmesi, işlem denetimi, gazların toplanıp azaltılması, dioksinden arındırma, kükürt dioksitin geri kazanımı, cıvanın azaltılması ve atık

suların işlenmesi/suların yeniden kullanılması konularını içermektedir. Okuyucunun konu hakkında tam bir fikir sahibi olabilmesi için BAT ile ilgili olarak tüm bölümlerde yer alan yorumlara başvurması gerekmektedir.

1. Demirsiz Metal Sanayii

AB’de en az 42 farklı demirsiz metal, demir alaşımı, karbon ve grafit üretilmekte ve metalürji, kimya, inşaat, nakliye ve elektrik üretim/dağıtım alanlarında kullanılmaktadır. Örneğin elektrik üretimi ve dağıtımında yüksek saflıkta bakır çok önemli bir yer tutmakta, az miktarda nikel ve ateşe dayanıklı metaller çeliğin yenim direncini artırmakta ve diğer özelliklerini iyileştirmektedir. Bu metaller özellikle savunma sanayii, bilgi işlem sanayii, elektronik ve telekomünikasyon sanayiinde yüksek teknolojiye dayalı birçok işlemde kullanılmaktadır.

Demirsiz metaller çeşitli birincil ve ikincil hammaddelerden üretilmektedir. Birincil hammaddeler çıkartıldıktan sonra ham metalin üretilmesi için metalürjik işleme tabi tutulmadan önce diğer işlemlere tabi tutulan maden cevherlerinden elde edilmektedir. Maden cevherleri normal koşullarda madenlerin yakınında işlenmektedir. Yerel hurda ve artıklardan oluşan ikincil hammaddeler de kaplama maddelerinin çıkartılması amacı ile çeşitli ön işlemlere tabi tutulabilmektedir.

Avrupa’da kullanılabilir miktarda metal derişiği içeren maden cevherlerinin çoğu zaman içerisinde tüketmiş ve sadece birkaç yerel kaynak kalmıştır. Bu nedenle bu metal derişiklerinin çoğu dünyanın çeşitli bölgelerinden ithal edilmektedir.

Bir çok metalin hammadde tedarikinde geri dönüşüm önemli bir yer tutmaktadır. Bakır, alüminyum, kurşun, çinko, değerli metaller, ateşe dayanıklı metaller ve diğer metaller içinde buldukları ürün ya da artıklardan çıkartılarak herhangi bir kalite kaybına uğramadan geri kazanılıp üretim işlemine dönmektedir. İkincil hammaddeler üretimin önemli bir kısmını oluşturmakta ve böylece hammadde ve enerji tüketiminin azaltılmasını sağlamaktadırlar.

Demirsiz metal sanayii tarafından üretilen ürünler, rafine metallere veya metal ve metal alaşımlarından dökülen külçeler, dövülmüş veya kalıplanmış şekiller, folyo, levha, çubuk gibi yarı işlenmiş metallere oluşmaktadır.

Sanayiinin yapısı kullanılan metal cinsine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bu sanayii kolunda faaliyet gösteren hiç bir şirket demirsiz metallerin tümünü birden üretmemektedir, ancak tüm Avrupa bölgesinde faaliyet gösteren az sayıda şirket bakır, çinko, kadmiyum gibi çeşitli metalleri aynı anda üretmektedir.

Avrupa’da metal ve metal alaşımları üreten şirketler arasında 5000 kişi çalıştıran birkaç büyük şirket bulunmasına rağmen çoğunluk 50 ila 200 kişi çalıştıran orta ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Bu şirketler tüm Avrupa’da faaliyet gösteren çok uluslu gruplar, ulusal metal grupları, endüstriyel holding grupları, bağımsız kamu kuruluşları ve özel şirketler tarafından işletilmektedir.

Bu metallere bazıları izleyici element olarak kullanılmaktadırlar ancak yüksek derişimlerde metalin, iyonlarının veya bileşiklerinin zehirleyici etkisi ortaya çıkmakta ve bu metaller toksik maddeleri içeren çeşitli listelerde yer almaktadırlar. Bunların içerisinde en önemlileri kurşun, kadmiyum ve cıvadır.

2. Demirsiz metal sanayiinde çevre ile ilgili sorunlar

Birincil hammaddelerden demirsiz metal üretiminde çevre ile ilgili en önemli sorunlar havaya yapılan toz ve metal/metal bileşikler salımları, kükürt derişimlerinin tavlama veya eritilmesi durumunda kükürt dioksit salımları ve kükürt içeren yakıt ve diğer malzemelerin kullanılmasıdır. Bu nedenle demirsiz metallerin üretiminde kükürtün tutulması, dönüştürülmesi

ve arındırılması önemli bir etkidir. Isı metalürjisine dayalı işlemlerde fırınlar, reaktörler ve erimiş metalin taşınması potansiyel toz kaynaklarıdır.

Demirsiz metallerin üretiminde enerji tüketimi ile ısının ve enerjinin geri kazanımı en önemli etkenlerdir. Bu etkenler kükürt içeren maden cevherlerinin sahip oldukları enerji miktarına, işlemlerde gereksinim duyulan enerji miktarına, kullanılan enerjinin türüne ve tedarik yöntemine ve ısının geri kazanımı için kullanılan yöntemlerin verimliliğine bağlıdır. Belgenin 2. Bölümünde bu konuda örnekler yer almaktadır.

İkincil hammaddelerden demirsiz metal üretiminde çevre ile ilgili en önemli sorunları çeşitli fırınlardan havaya yapılan gaz salımları, tozlu maddelerin taşınması ve bazı işlemlerde asit gazları oluşturmaktadır. İkincil hammaddelerde az miktarda klor bulunması nedeniyle dioksin oluşumu riski de mevcuttur; dioksinin ve VOC'lerin imhası ve/veya tutulması gündemde olan ve gerçekleştirilmesine çalışılan hususlardır.

Primer alüminyumla ilgili en önemli çevresel sorunlar elektroliz sırasında poli-flüorürlü hidrokarbonlar ve flüorür üretimi, hücrelerden elde edilen katı atıklar ve alümin üretimi sırasında elde edilen katı atıklardan oluşmaktadır.

Katı atıklar, çinko ile diğer metallerden demir arıtma işlemi sırasında da ortaya çıkmaktadır.

Diğer işlemlerde özütleme ve arıtma amacı ile genellikle HCl, HNO₃, Cl₂ gibi tehlikeli ayıraçlar ve organik solventler kullanılmaktadır. Gelişmiş işlem teknikleri bu maddelerin tutulup yeniden kazanılarak tekrar kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu husus ile ilgili olarak reaktörün yalıtımı çok önemli bir etken teşkil etmektedir.

İşlem sırasında oluşan gazlar genellikle kumaş filtreler yardımıyla temizlenmekte ve böylece toz ve kurşun gibi metal bileşikleri salım miktarı azaltılmaktadır. Özellikle sülfürik asit tesislerinde kükürtün yeniden kazanımı işlemine tabi tutulan gazların temizlenmesi amacı ile kullanılan ıslak yıkayıcılar ve ıslak elektrostatik çöktürücüler çok etkili sonuç vermektedir. Islak yıkayıcılar tozun aşındırıcı özelliğe sahip olduğu ya da zor süzüldüğü durumlarda da çok etkili olmaktadır. Sızıntılardan kaynaklanan salımların azaltılmasında fırınların yalıtımı ile taşıma ve muhafaza işleminin kapalı şekilde yapılması önemli rol oynamaktadır.

Metal gruplarının üretim işlemlerinde karşılaşılan en önemli hususlar aşağıda özetlenmektedir:

- Bakır üretiminde: SO₂, toz, metal bileşikleri, organik bileşikler, atık su (metal bileşikleri), fırın atıkları, tortu, süzilemeyen tozlar ve cüruf gibi artıklar. İkincil bakır maddelerinin işlenmesi sırasında dioksin oluşumu da önemli bir sorun teşkil etmektedir.
- Alüminyum üretiminde: flüorürler (HF dahil), toz, metal bileşikleri, SO₂, COS, PAH, VOC'ler, sera gazları (PFC'ler ve CO₂), dioksinler (ikincil), klorürler ve HCL. Boksit artıkları, Tükenmiş Pota Artıkları, süzilemeyen tozlar, tuz cürufu ve atık sular (yağ ve amonyak) gibi artıklar.
- Kurşun, çinko ve kadmiyum üretiminde: toz, metal bileşikleri, VOC'ler (dioksinler dahil), kokular, SO₂, diğer asitli gazlar, atık sular (metal bileşikleri), tortular, demir açısından zengin artıklar, süzilemeyen tozlar ve cüruf.
- Değerli metallerin üretiminde: VOC'ler, toz, metal bileşikleri, dioksinler, kokular, NO_x, klor ve SO₂ gibi diğer asitli gazlar. Tortu, süzilemeyen tozlar, cüruf ve atık sular gibi artıklar (metal bileşikleri ve organik bileşikler).
- Cıva üretiminde: cıva buharı, toz, metal bileşikleri, kokular, SO₂, diğer asitler, atık sular (metal bileşikleri), tortu, süzilemeyen tozlar ve cüruf gibi artıklar.
- Ateşe dayanıklı metallerin, sert metal tozlarının ve metal karpitlerinin üretiminde: toz, katı sert metal ve metal bileşikleri, atık sular (metal bileşikleri), süzilemeyen tozlar, tortu ve cüruf gibi artıklar. Tantal ile niyobyumun işlenmesinde kullanılan hidrojen florür (HF) gibi gazlar toksik özelliğe sahiptir. Bu durum bu maddelerin taşınması ve muhafazası sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

- Demir alaşımlarının üretiminde: toz, metal bileşikleri, CO, CO₂, SO₂, enerjinin geri kazanılması, atık sular (metal bileşikleri), süzilemeyen tozlar, tortu ve cüruf gibi artıklar.
- Alkali ve toprak alkalimetallerin üretiminde: klor, HCl, dioksin, SF₆, toz, metal bileşikleri, CO₂, SO₂, atık sular (metal bileşikleri), tortu, alümin, süzilemeyen tozlar ve cüruf gibi artıklar.
- Nikel ve kobalt üretiminde: VOC'ler, CO, toz, metal bileşikleri, kokular, SO₂ ve diğer asitli gazlar, atık sular (metal bileşikleri ve organik bileşikler), tortu, süzilemeyen tozlar ve cüruf gibi artıklar.
- Karbon ve grafit üretiminde: PAH'lar, hidrokarbonlar, toz, kokular, SO₂, atık suların önlenmesi, süzilemeyen tozlar gibi artıklar.

3. Uygulanan İşlemler

Bu sanayii kolunda faaliyet gösteren tesislerde çok çeşitli hammaddeler kullanılabilir. Bu nedenle çok çeşitli metalürjik üretim işlemleri uygulanmaktadır. Kullanılacak işlemin türü genellikle hammaddeye bağlı olarak belirlenmektedir. Aşağıdaki tablolar demirsiz metallerin üretimi amacı ile kullanılan fırınlar özetlenmektedir:

Fırın	Kullanılan Metaller	Kullanılan Malzemeler	Yorumlar
Serpantinli buharlı kurutucu Sıvı hazneli kurutucu Şoklu kurutucu	Cu ve diğerleri	Derişikler	
Döner fırınlar	Çoğu metalin kurutulması. ZnO'nun işlenmesi. Alüminlerin, Ni ve demirli alaşımların yakılması. Değerli metal üretimi için fotoğraf filmi yakılması. Cu ve Al hurdalarının yağının alınması	Maden cevherleri, derişikler, çeşitli hurdalar ve artıklar.	Kurutma, yakma ve işleme uygulamaları. Yakma fırını olarak da kullanılmaktadır.
Girdaplı tabaka.	Bakır ve çinko Al ₂ O ₃	Derişikler. Al(OH) ₃	Yakma ve kavurma.
Altan emişli sinterleme makinesi.	Çinko ve kurşun.	Derişikler ve ikincil.	Sinterleme.
Üstten emişli sinterleme makinesi	Çinko ve kurşun.	Derişikler ve ikincil.	Sinterleme.
Çelik kuşaklı sinterleme makinesi	Demir alaşımları, Mn, Nb.	Maden cevheri.	Diğer uygulamaların yapılması mümkündür.
Herreshoff	Cıva. Molibden (renyumun geri kazanımı)	Maden cevherleri ve derişikler.	Kavurma ve yakma.

Kurutma, kavurma, sinterleme ve yakma fırınları

Fırın	Kullanılan Metaller	Kullanılan Malzemeler	Yorumlar
Kapalı ateşe dayanıklı kaplamalı maden eritme kabı	Ateşe dayanıklı metaller, özel demir alaşımları	Metal oksitleri	
Açık ocak	Ateşe dayanıklı metaller, özel demir alaşımları	Metal oksitleri	
Baiyin	Bakır	Derişikler	
Elektrik Arklı Ocak	Demir alaşımları	Derişikler, maden cevheri	
Contop/Cyclone	Bakır	Derişikler	
Daldırılmış Elektrik Arklı Fırın	Değerli metaller, bakır, demir alaşımları.	Cüruf, yardımcı maddeler, derişikler.	Demir alaşımı üretimi için açık, yarı kapalı ve kapalı tipleri kullanılmaktadır.
Döner	Alüminyum, kurşun, bakır, değerli metaller	Hurda ve diğer ikincil, blister bakır	Oksidasyon ve alt katman ile reaksiyon.
Devirme Döner Fırın	Alüminyum	Hurda ve diğer ikincil,	Tuz eritkeni kullanımını azaltır.
Uzun alevli fırın	Alüminyum, bakır, diğerleri	Hurda ve diğer ikincil, ham bakır	Dünyanın diğer bölgelerinde Cu derişiklerinin eritilmesi.
Vanyucov	Bakır	Derişikler	
ISA Smelt/Ausmelt	Bakır, kurşun,	Ara maddeler, derişikler ve ikincil maddeler.	
QSL	Kurşun	Derişikler ve ikincil	
Kivcet	Kurşun Bakır	Derişikler ve ikincil	
Noranda	Bakır	Derişikler	
El Teniente	Bakır	Derişikler	
TBRC TROF	Bakır (TBRC), Değerli metaller	Genellikle ikincil ve tortular	
Mini Eritme Kazanı	Bakır/kurşun/kalay	Hurda	
Yüksek Fırın ve ISF	Kurşun, kurşun/çinko, bakır, değerli metaller, yüksek karbonlu demir manganez.	Derişikler, genellikle ikincil	Demir manganez üretiminde sadece enerjinin geri kazanımı ile birlikte kullanılmaktadır.
Inco Şoklu Fırın	Bakır, nikel	Derişikler	
Outokumpu Şoklu Eritme Kazanı	Bakır, nikel	Derişikler	
Mitsubishi işleme fırını	Bakır	Derişikler ve anot hurdası	
Peirce Smith	Bakır (dönüştürücü), Demir alaşımları, Metal Oksitleri Üretimi	Sülfid içeren maddeler ve anot hurdası	
Hoboken	Bakır (dönüştürücü)	Sülfid içeren maddeler ve anot hurdası	
Outokumpu Flash Dönüştürücü	Bakır (dönüştürücü)	Sülfid içeren maddeler	
Noranda Dönüştürücü	Bakır (dönüştürücü)	Sülfid içeren maddeler	
Mitsubishi Dönüştürücü	Bakır (dönüştürücü)	Sülfid içeren maddeler	

Eritme ve arıtma fırınları

Fırın	Kullanılan Metaller	Kullanılan Malzemeler	Yorumlar
İndüksiyon	Çoğu	Temiz metal ve hurdalar.	İndüksiyonlu karıştırma işlemi alaşım üretimini kolaylaştırmaktadır. Bazı metallerde vakum uygulanabilmektedir.
Elektron Işını	Ateşe dayanıklı metaller	Temiz metal ve hurdalar.	
Döner	Alüminyum, kurşun	Çeşitli seviyede hurdalar.	Kompleks matrislerde kullanılan eritkenler ve tuzlar.
Uzun alevli fırın	Alüminyum (birincil ve ikincil)	Çeşitli seviyede hurdalar.	Banyo ve ateşlik konfigürasyonu farklılık gösterebilmektedir. Eritme veya tutma
Contimelt	Bakır	Bakır anodu, temiz hurdalar ve blister bakırı.	Entegre fırın sistemi.
Mil	Bakır	Bakır katodu ve temiz hurda.	Azaltma koşulları.
Silindir (Thomas)	Bakır	Bakır hurdası	Eritme, serbest arıtma
Isıtmalı Potalar (dolaylı ısıtılan potalar)	Kurşun, çinko	Temiz hurda.	Eritme, arıtma, alaşımlama
Doğrudan ısıtılan potalar	Değerli metaller	Temiz metal	Eritme, alaşımlama

Eritme fırınları

Hidrometalürjik işlemler de kullanılmaktadır. Yanma işlemi sonucunda ortaya çıkan metal oksitlerinde, maden cevherlerinde ve derişiklerde bulunan metallerin arıtma ve elektroekstraksiyon işlemlerinden önce çözülmesi amacı ile asit ve alkaliler (NaOH, bazı durumlarda da Na_2CO_3) kullanılmaktadır. Özütlenecek madde genellikle ya oksitli maden cevheri ya da kavurma işlemi sonucunda ortaya çıkan bir oksit olarak, oksit şeklinde bulunmaktadır. Bazı derişiklerin ya da sülfür içeren maddelerin doğrudan özütlenmesi işlemi, hem yüksek basınç altında hem de atmosferik basınç altında gerçekleştirilmektedir. Bazı göztaş cevherleri sülfürik asit ile veya diğer maddeler yardımıyla, bazı durumlarda oksidasyonu ve çözülme hızlandırmak amacı ile doğal bakteriler kullanılarak özütlenmektedir, ancak yerleşme süresi çok uzun tutulmaktadır.

Çözülme için uygun koşulların yaratılması amacı ile özütleme sistemlerine hava, oksijen, klor ya da demir klorür ilave edilebilmektedir. Elde edilen solüsyonlar metalin arındırılıp kazanılması amacı ile çeşitli işlemlere tabi tutulmaktadır. Genel olarak uygulanan yöntem tüketilen solüsyonların özütleme aşamasına döndürülmesi ve mümkün olduğu takdirde asitlerin ve alkali solüsyonlarının korunmasıdır.

4. Salım ve tüketim değerleri

Kullanılan hammadde türleri de önemli bir etkidir ve enerji kullanımında, üretilen artık miktarında ve diğer maddelerin kullanım miktarında önemli bir rol oynamaktadır. Bunun örneklerinden biri demir gibi yabancı maddelerin cüruflardan arıtılmasıdır; mevcut yabancı madde miktarı üretilen cüruf miktarı ve kullanılan enerji miktarı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Çevreye yapılan salım miktarı kullanılan toplama ve azaltma yöntemlerine bağlıdır. Bilgi alışverişi sırasında çeşitli azaltma işlemleri ile ilgili olarak belirtilen salım değeri aralıkları aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

Azaltma tekniği	Bildirilen salım miktarı			Özgöl salım değerleri (üretilen metalin beher tonu için salım miktarı)
	Bileşen	asgari	azami	
Kumaş filtre, sıcak EP ve siklon.	Toz (Metaller bileşime bağlıdır)	< 1 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	100 - 6000 g/t
Karbon filtresi	Toplam C	< 20 mg/Nm ³		
Ard yakıcı (dioksin arıtma işlemi için sıcak su verme dahil)	Toplam C	< 2 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	10 - 80 g/t
	Dioksin (TEQ)	< 0.1 ng/Nm ³	5 ng/Nm ³	5 - 10 µg/t
	PAH (EPA)	< 1 µg/Nm ³	2500 µg/Nm ³	
	HCN	< 0.1 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	
Islak ya da yarı kuru yıkayıcı	SO ₂	< 50 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³	500 - 3000 g/t
	Hidrokarbon	<10 mgC/Nm ³	200 mgC/Nm ³	
	Klor	< 2 mg/Nm ³		
Alümin yıkayıcısı	Toz	< 1 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	
	Hidrokarbon	< 1 mgC/Nm ³	50 mgC/Nm ³	
	PAH (EPA)	< 20 µg/Nm ³	2000 µg/Nm ³	
Klorun geri kazanılması	Klor	< 5 mg/Nm ³		
Optimize edilmiş yanma işlemi Düşük NO _x fırını	NO _x	10 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	
Yükseltgen yıkayıcı	NO _x		< 100 mg/Nm ³	
Sülfürik asit üretim tesisi tarafından SO ₂ dönüşümü olarak bildirilen	Çift kontaklı	99.3 %	99.7%	1 - 16 kg/t
	Tek kontaklı	95	99.1%	
Soğutucu, EP, kireç/karbon yüzermesi ve kumaş filtre	PAH (EPA)	0.1 mg/Nm ³	6 mg/Nm ³	
	Hidrokarbonlar	20 mgC/Nm ³	200 mgC/Nm ³	

Bildirilen salım değeri aralıkları

İşlemler sırasında oluşan gazlar toplanarak toz ve kurşun gibi metal bileşiklerini salımlarının azaltılması amacı ile kumaş filtrelerde temizlenmektedir. Modern kumaş filtreler performans, güvenilirlik ve hizmet ömrü açısından büyük ilerleme kaydetmişlerdir. Ard yakıcılar ve karbon soğurma işlemi dioksinlerin ve VOC'lerin arıtılması amacı ile kullanılmaktadır.

Ancak toplanamayan gazlar ve gaz kaçakları işleme tabi tutulamamaktadır. Toz salımları, kaçaklardan kaynaklanan salımların büyük bir rol oynadığı, hammaddelerin depolanması, taşınması ve işlenmesi sırasında da oluşabilmektedir. Kaçaklardan oluşan salımların etkisi toplanan ve azaltılan salımlardan daha fazla olduğundan bu durum hem birincil hem de ikincil üretim sırasında ortaya çıkabilmektedir. Kaçaklardan oluşan salım miktarının fazla olduğu durumlarda işlemlerden oluşan gazların toplanıp işlenmesi amacı ile tesislerin tasarımının ve uygulanan işlemlerin dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir.

Aşağıdaki tabloda kaçaklardan ve toplanamayan gazlardan kaynakların salımların önemi vurgulanmaktadır:

	Toz salımları kg/a	
	İlave ikincil gaz toplama işleminden önce (1992)	İlave ikincil gaz toplama işleminden sonra (1996)
Anot üretimi t/a	220000	325000
Kaçaklardan kaynaklanan salımlar	66490	32200
Eritme kazanı toplamı	56160	17020
Eritme kazanı tavanı		
Birincil eritme kazanından toplu salımlar		
Eritme kazanı/asit tesisi	7990	7600
Toplu- ikincil kazanlar	2547	2116

Birincil bakır eritme tesisinde gaz toplama işleminden önceki ve sonraki toz yüklerinin karşılaştırması

Bir çok işlemde kapalı devre soğutma ve işletme suyu sistemleri kullanılmasına rağmen yine de ağır metallerin suya boşaltılması riski mevcuttur. Su kullanımını ve atık su oluşumu azaltmak ve işletme suyunu işlemek amacı ile kullanılan yöntemler 2. Bölümde incelenmektedir.

Bu sanayii kolunda artık oluşum da önemli bir etkidir ancak çoğunlukla bu artıklarda geri kazanılabilmesi mümkün olan metaller bulunmaktadır ve genel uygulama da bu artıkların aynı tesislerde veya başka tesislerde işlenerek metallerin geri kazanılması yönündedir. Elde edilen cürufurların çoğu genellikle etkisiz ve özütlenmesi mümkün olmayan maddelerdir ve inşaat mühendisliği alanında kullanılmaktadırlar. Tuz cürufuru gibi diğer cürufurlar ise diğer sanayii kollarında kullanılabilir maddelerin geri kazanılması amacı ile işleme tabi tutulabilmektedir, ancak bu geri kazanım işlemlerinin çevrenin korunması açısından yüksek bir standarda sahip olması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

5. BAT ile ilgili kararlar

Demirsiz metal üretimini kapsayan bu BREF belgesinin hazırlanması sırasında yapılan bilgi alışverişi, üretim ve üretimle ilgili işlemler için BAT hakkında kararların oluşmasını sağlamıştır. Bu nedenle BAT, BAT ile ilgili işlemler ve salımlar hakkında ayrıntılı bir fikir sahibi olunabilmesi için bölümlerde BAT'ın açıklandığı kısımlara başvurulması gerekmektedir. Temel bulgular aşağıda özütlenmektedir.

• Üretimin başlangıç aşamasında uygulanan faaliyetler

İşlem yönetimi, işlemlerin gözetimi ve denetimi ve azaltma sistemleri çok önemli etkenlerdir. İyi eğitim uygulamaları, operatörlerin motive edilmesi ve yönlendirilmesi de özellikle çevre kirliliğinin önlenmesi açısından çok büyük bir rol oynamaktadır. Hammaddelerin taşınması sırasında uygulanan etkili teknikler kaçaklardan kaynaklanan salımların önlenmesini sağlayabilmektedir. Diğer önemli teknikler aşağıda yer almaktadır:

- Yeni işlemler veya hammaddeler kullanılacağı takdirde çevre ile ilgili uygulamaların projenin ilk aşamalarında dikkate alınması ve düzenli aralıklarla gözden geçirilmesi.
- İşlemlerin kullanılacak hammaddelere uygun bir tasarıma sahip olması. Örneğin gaz hacminin çok yüksek olması veya maddenin enerji kullanımının beklenenden fazla olması ciddi sorunlara neden olabilmektedir. Çevrenin korunmasına yönelik işlemlerin etkinliğinin artırılması açısından en verimli ve düşük maliyetli çalışmalar tasarım aşaması sırasında yapılabilmektedir.
- Çeşitli işlemlerin ve azaltma tekniklerinin ne şekilde değerlendirildiklerinin gösterilebilmesi amacı ile tasarım ve karar verme işlemlerinin denetlenmesi.
- Yeni bir tesis kurulması ya da mevcut tesisin tadil edilmesi ile ilgili prosedürlerin planlanması.

Aşağıdaki tabloda maddelerin türlerine ve özelliklerine bağlı olarak hammadde muhafaza ve taşıma teknikleri açıklanmaktadır.

Hammadde	Metal grubu	Taşıma yöntemi	Muhafaza yöntemi	Yorumlar
Derişikler:	Tümü-toz oluşturanlar	Kapalı konveyörler veya pnömatik	Kapalı bina	Suyun kirlenmesinin önlenmesi.
	Tümü- toz oluşturmaya nlar	Kapalı konveyörler	Kapalı depo	
İnce öğütülmüş maddeler (örneğin metal tozu)	Ateşe dayanıklı metaller	Kapalı konveyörler veya pnömatik Üstü Kapalı konveyörler	Kapalı silindirler, depo ve silolar	Suyun kirlenmesinin ve gaz kaçaklarından kaynaklanan salımların önlenmesi
İkincil hammaddeler:	Tümü – Büyük maddeler	Mekanik yükleyici	Açık	Suyun kirlenmesinin ve maddenin su ile tepkimeye girmesinin önlenmesi. Maden talaşından yağlı madde tahliyesi
	Tümü- Küçük maddeler	Doldurma kovaları	Kapalı bölmeler	
	Tümü –Çok ince maddeler	Kapalı veya yığın halinde	Tozlu ise kapalı şekilde	
Eritkenler:	Tümü- toz oluşturanlar	Kapalı konveyörler veya pnömatik	Kapalı bina	Suyun kirlenmesinin önlenmesi
	Tümü- toz oluşturmaya nlar	Üstü kapalı konveyörler	Üstü kapalı depo	
Katı yakıt & kok:	Tümü	Üstü kapalı konveyörler Toz oluşturmaya n maddeler için	Üstü kapalı depo Toz oluşturmaya n maddeler için	
Sıvı yakıtlar ve LPG	Tümü	Havai boru hattı	Ruhsatlı depolar Setle çevrili alanlar.	Nakil hatlarının art havalandırma sistemi ile donatılması
İşlemler sırasında oluşan gazlar:	Tümü	Havai boru hattı Düşük basınçlı boru hattı (Klor, CO)	Ruhsatlı depolar	Basınç kaybının izlenmesi, toksik gazlar için alarm sistemi.
Solventler	Cu, Ni, Zn grubu, PM, Karbon	Havai boru hattı Elle kumandalı	Silindirler, tanklar	Nakil hatlarının art havalandırma sistemi ile donatılması
Ürünler- Katotlar, tel- çubuk, kütükler, külçe, topak vb.	Tümü	Koşullara bağlı	Açık beton alan veya kapalı alan.	Uygun tahliye sistemi
İşlemlerden kaynaklanan artıkların geri kazanılması	Tümü	Koşullara bağlı	Toz oluşumuna ve su ile tepkimesine bağlı olarak açık, üstü kapalı veya kapalı alan.	Uygun tahliye sistemi
Atılacak atıklar (örneğin fırın artıkları)	Tümü	Koşullara bağlı	Malzemenin türüne bağlı olarak açık, üstü kapalı veya kapalı bölmeler veya kapalı silindirler.	Uygun tahliye sistemi

Hammadde taşıma ve muhafaza tekniklerinin özeti

Fırın tasarımı, uygun ön işleme yöntemleri ve işlem denetimi önemli BAT teknikleri olarak tanımlanmıştır.

Üretim işleminin optimize edilmesi amacı ile hammaddelerin harmanlanması, uygun olmayan maddelerin kullanılmasını engelleyerek işlemlerin randımanını artırmaktadır. Kullanılan

malzemelerin örneklenmesi ve analiz edilmesi ve bazı maddelerin ayrılması bu tekniğin en önemli özellikleri arasında yer almaktadır.

İyi bir tasarım, bakım ve izleme tüm üretim işlemleri ve azaltma aşamaları için büyük önem taşımaktadır. Çevreye yapılan salımlar ulusal veya uluslararası normlara uygun yöntemler kullanılarak örneklenmeli ve izlenmelidir. Üretim ve azaltma işlemlerinin denetlenmesi amacı ile kullanılacak önemli parametreler izlenmelidir. Mümkün olduğu takdirde tüm önemli parametreler izlenmelidir.

• **İşlem denetimi**

Sıcaklık, basınç, gaz bileşenleri gibi parametrelerin ve işlemlerle ilgili diğer kritik parametrelerin ölçülmesini ve optimum şekilde muhafaza edilmesini sağlayacak işlem denetimi teknikleri BAT olarak değerlendirilmektedir.

Tesiste mevcut koşulların kontrol altında tutulabilmesi için hammaddelerin örneklenmesi ve analiz edilmesi. Optimum dönüştürme randımanı sağlanması, salımların ve ıskartaların azaltılması için farklı hammaddelerin doğru şekilde karıştırılarak kullanılması gerekmektedir.

Besleme tartı ve ölçüm sistemleri kullanılması, malzeme besleme hızının, kritik işlemlerin, yanma koşullarının ve gaz ilavelerinin mikroişlemciler yardımıyla denetlenmesi işlemlerin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. Bunun için çeşitli parametrelerin izlenmesi gerekmektedir ve aşağıda belirtilen kritik parametreler için alarm sistemleri kullanılmaktadır:

- Sıcaklık, fırın basıncı (ya da basınç düşüşü) ve gaz hacmi ya da akış miktarı gibi değerlerin hatta bağlı olarak izlenmesi.
- Gaz içeren bileşenlerin izlenmesi (O₂, SO₂, CO, toz, NO_x vb.).
- Tıkanmaların ve olası donanım arızalarının tespit edilmesi amacı ile titreşimin hatta bağlı olarak izlenmesi.
- Elektrolitik işlemlerin akım ve gerilim değerlerinin hatta bağlı olarak izlenmesi.
- İşlemlerle ilgili kritik parametrelerin denetlenmesi amacı ile salımların hatta bağlı olarak izlenmesi.
- Aşırı ısınma nedeniyle metal ve metal oksidi dumanlarının oluşmasını önlemek amacı ile eritme fırınlarının sıcaklığının izlenmesi ve denetlenmesi.

Operatörler, mühendisler ve diğer çalışanlar işletme talimatlarının kullanımı, modern denetim tekniklerinin kullanımı, alarmların önemi ve alarm verildiğinde yapılması gereken işlemler konularında sürekli olarak eğitilmeli ve bilgi seviyeleri kontrol edilmelidir.

Yukarıda belirtilen yöntemlerden faydalanmak ve operatörlerin sorumluluğunu kontrol altında tutmak amacı ile gözetim düzeylerinin optimizasyonu.

• **Gazların toplanması ve gaz oluşumunun azaltılması**

Kullanılan duman toplama sistemleri fırın ve reaktör yalıtım sistemlerini de içermeli, kaçakların ve kaçaklardan kaynaklanan salımların oluşmasını engellemek amacı ile düşük basınçla çalışacak bir tasarıma sahip olmalıdır. Fırın yalıtımına ve kapak yerleşimine olanak sağlayan sistemler kullanılmalıdır. Bu konuda uygulanabilecek yöntemlerle ilgili bazı örnekler şunlardır: elektrotla malzeme ilavesi; ocak hamlacı ya da borular yardımıyla besleme yapılması ve besleme sistemlerinde sağlam döner vanaların kullanılması. İkincil duman toplama işlemi yüksek maliyetli bir işlem olmasına ve yüksek miktarda enerji tüketmesine rağmen bazı fırınlarda bu işlemin uygulanması gerekmektedir. Her türlü dumanı kaynağında çekebilen akıllı sistemler kullanılmalıdır.

Yıpranmaya dayanıklı modern kumaşların kullanılması, parçacıkların uygun boyda olması ve arızaların tespiti amacı ile sürekli izlenmesi halinde, toz ve metal parçacıklarının arındırılmasında kumaş filtreler (ısının geri kazanımın ve gazın soğutulması işlemlerinden sonra) çok etkili olmaktadır. Performans, güvenilirlik ve hizmet ömrü açısından büyük avantajlara sahip olan modern filtre kumaşları (örneğin membranlı filtre) orta vadede maliyetlerin düşürülmesini sağlamaktadırlar. Bu filtre kumaşları mevcut işletmelerde de kullanılabilir ve bakım işlemleri sırasında takılabilmektedir. Bu tip filtrelerde torbalardaki delinmeleri tespit eden sistemler ve hatta bağlı temizleme yöntemleri kullanılmaktadır.

Yapışkan veya aşındırıcı tozlar için, ilgili işleme uygun bir tasarıma sahip, ıslak elektrostatik çökteticiler ya da yıkayıcılar etkili olmaktadır.

Havanın kalitesi ile ilgili yerel, bölgesel ya da uzun vadeli sorunların ve dioksin oluşumunun önlenmesi için eritme ve yakma aşamalarında gazların işlenmesi sırasında kükürt dioksit arıtma işlemi ve/veya ard yakma işlemi uygulanmalıdır.

Hammaddelerde bileşen türlerini veya bazı bileşenlerin fiziki durumlarını etkileyen, tozların boyları veya fiziki özellikleri gibi değişiklikler oluşabilmektedir. Bu değişiklikler yerel olarak değerlendirilmelidir.

- **Dioksin oluşumunun önlenmesi ve dioksinlerin imha edilmesi**

Demirsiz metal üretimi amacı ile kullanılan bir çok ısı metalürjisi işleminde dioksinlerin mevcudiyeti veya işlemler sırasında oluşumları göz önünde bulundurulmalıdır. Metallere ayrılmış bölümlerde açıklanan özel durumlarda dioksinlerin oluşumunun önlenmesine ve mevcut dioksinlerin imha edilmesine yönelik olarak aşağıda belirtilen teknikler BAT olarak değerlendirilmektedir. Bu tekniklerin bir arada kullanılması da mümkün olmaktadır. Demirsiz bazı metallerin tekrarlayan bileşimleri tezleştirdiği ve bazı durumlarda diğer azaltma işlemleri uygulanmadan önce temiz gaza gereksinim duyulduğu belirtilmektedir.

- Kullanılan işleme bağlı olarak hurda girdilerinin kalite kontrolünün yapılması. Fırına ve işleme uygun besleme maddelerinin kullanılması. Organik maddeler ya da öncü maddeler tarafından kirletilmiş maddelerin eklenmesini önlemek amacı ile yapılacak seçim ve ayırma işlemleri, dioksin oluşumu potansiyelini azaltabilmektedir.
- Doğru bir tasarıma sahip olan ve düzgün bir şekilde çalıştırılan ard yakıcıların kullanılması ve sıcak gazlara $< 250^{\circ}\text{C}$ 'de hızlı söndürme işlemi uygulanması.
- Optimum yanma koşullarının uygulanması. Gerekli takdirde fırın gazlarının tamamen yanmasını sağlamak amacı ile fırının üst kısmına oksijen püskürtülmesi.
- Sabit ya da hareketli tabanlı reaktörlerde bulunan aktif karbonlar tarafından emilmesi ya da gaz akımına püskürtülmesi ve süzölemeyen toz olarak arıtılması.
- Sülfürik asit tesisine gönderilmeden önce seramik filtreler, yüksek randımanlı kumaş filtreler veya gaz temizleme vagonu gibi çok etkili toz arıtma yöntemlerinin uygulanması.
- Katalitik oksidasyon işlemi veya katalitik kaplamalı kumaş filtreler kullanılması.
- Dioksinlerin imha edilmesi ve metallerin geri kazanılması amacı ile, toplanan tozların yüksek ısıya sahip fırınlarda işlenmesi.

Yukarıda belirtilen teknikler kullanıldığında elde edilen salım derişikleri, beslemeye, eritme işlemine ve dioksin arıtma amacı ile kullanılan tekniklere veya teknik kombinasyonlarına bağlı olarak < 0.1 ila 0.5 ng/Nm^3 TEQ değeri arasında değişmektedir.

- **Metalürjik işlemler**

Çeşitli işletmelerde kullanılan hammaddelerin geniş bir yelpazeye yayılması nedeniyle bir çok metal grubunun BAT bölümlerinde çeşitli metalürjik üretim işlemlerine yer verilmesi gerekliliği doğmuştur. Uygulanacak işlem genellikle kullanılan hammaddelere bağlı olarak seçilmektedir, bu nedenle fırın tasarımının kullanılan hammaddelere uygun olması ve mümkün olduğu takdirde enerjinin geri kazanılması halinde kullanılan fırın türünün BAT üzerinde çok az etkisi olmaktadır.

Ancak bu durumun istisnaları vardır. Örneğin birincil alüminyum için alüminin merkezi ön pişirme hücrelerine çok noktadan beslenmesi ve bazı demir alaşımlarında yüksek kalorifik değere sahip gazların toplanması amacı ile kapalı fırınların kullanılması BAT olarak değerlendirilmektedir. Birincil bakır için uzun alevli fırınlar BAT olarak değerlendirilmemektedir. Diğer önemli etkenler arasında hammaddelerin harmanlanması, işlem

denetimi, yönetim ve dumanların toplanması sayılabilmektedir. Yeni veya farklı işlem seçiminde belirleyici etkenler öncelik sırasına göre aşağıda yer almaktadır:

- Beslemenin organik maddelerle kirletilmesini asgari düzeyde tutabilmek amacı ile ikincil malzemenin ısıl veya mekanik ön işleme tabi tutulması.
 - Kaçaklardan kaynaklanan salımların önlenmesine, ısının geri kazanılmasına ve işlemlerden kaynaklanan gazların diğer işlemlerde kullanılmak veya salımların azaltılması amacı ile toplanmasına olanak sağlayan kapalı fırınların kullanılması (örneğin CO'nun yakıt, SO₂'nin sülfürik asit olarak).
 - Kapalı fırınların mevcut olmadığı durumlarda yarı kapalı fırınların kullanılması.
 - İşlemler arasında malzeme aktarımının asgari düzeyde tutulması.
 - Malzeme aktarımının engellenemediği durumlarda erimiş malzemelerin kepçe yerine yıkama suyu yardımıyla aktarılması.
 - Bazı durumlarda kısıtlamalar nedeniyle sadece erimiş maddelerin aktarılmasını önleyen tekniklerin kullanılabilmesi, atık akıntısında bulunan ikincil maddelerin geri kazanılmasını engelleyebilmektedir. Bu durumlarda söz konusu maddelerin geri kazanılması için ikincil veya üçüncül duman toplama işlemlerinin uygulanması gerekebilmektedir.
 - Sıcak metal, sülfür içeren madde ve cüruf aktarımı sırasında ortaya çıkan dumanların toplanmasına olanak sağlayacak kapak ve kanal tasarımı kullanılması.
 - Duman kaçaklarının atmosfere salınmasını önlemek amacı ile fırın veya reaktör kapakları kullanılabilir.
 - Birincil duman çekme ve kapatma işlemlerinin etkisiz kalması halinde fırın tamamen kapatılarak hava duman çekme fanları yardımıyla emilerek uygun bir işleme ve boşaltma sistemine yönlendirilebilmektedir.
 - Kükürt derişiklerinin enerji potansiyelinin azami ölçüde kullanılması.
- **Havaya yapılan salımlar**

Havaya yapılan salımlar muhafaza, taşıma, ön işlem, ısı metalürjisi ve hidrometalürjik işlem aşamalarından kaynaklanmaktadır. Maddelerin aktarılması büyük önem taşımaktadır. Mevcut veriler bir çok işlem sırasında kaçaklardan kaynaklanan salımların çok yüksek düzeyde olduğunu ve kaçaklardan kaynaklanan salımların toplanıp azaltılan salımlardan çok daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda malzeme depolama ve taşıma işlemlerinde, reaktörlerde ve fırınlarda ve malzeme aktarma noktalarında gaz toplama teknikleri hiyerarşisi izlenerek bu kaçakların çevre üzerindeki etkileri azaltılabilmektedir. İşlem tasarım ve geliştirme aşamalarının tümünde olası kaçaklardan kaynaklanan salımlarının dikkate alınması şarttır. Tüm işlem aşamalarından gaz toplama hiyerarşisi aşağıda yer almaktadır:

- İşlem optimizasyonu ve salımların azaltılması;
- Kapalı reaktörler ve fırınlar kullanılması;
- Dumanların kaynağında toplanması;

Dumanların tavanda toplanması fazla enerji tüketen bir işlem olduğundan en son çare olarak başvurulmalıdır.

Havaya yapılan salımların potansiyel kaynakları, önleme ve işleme yöntemleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Havaya yapılan salımlar ile ilgili veriler toplanan salımlara dayanılarak verilmektedir. Salım değerleri çalışma süresi boyunca sürekli izlenerek elde edilen günlük ortalamalara dayanmaktadır. Sürekli izlemenin mümkün olmadığı durumlarda örnekleme döneminin ortalaması alınmıştır. Standart koşullar uygulanmıştır: 273 K, 101.3 kPa, ölçülen oksijen miktarı ve kuru gaz, gazlar seyreltilmemiştir.

Kükürt içeren maden cevherlerinin ya da derişiklerin kavruğu ya da eritildiği durumlarda kükürtün tutulması çok önemli bir husustur. İşlem sırasında ortaya çıkan kükürt dioksit toplanarak kükürt, alçıtaşı (ortamlar arası etkiye mazur kalmadığı takdirde) ya da kükürt dioksit olarak geri kazanılabilmekte veya sülfürik aside dönüştürülebilmektedir. Kullanılacak işlemin seçimi yerel piyasada sülfür dioksit talebi olup olmamasına bağlı olarak yapılmaktadır. Sülfürik asidin çift kontaklı bir sülfürik asit üretim tesisinde en az dört geçiş ile üretilmesi veya

çıkış gazından alçıtaşı üretilen tek kontaklı bir üretim tesisinde modern bir tezgen yardımıyla üretilmesi BAT olarak değerlendirilmektedir. Üretim tesislerinin konfigürasyonu, kavurma veya eritme aşamalarında üretilen kükürt dioksit derişimine bağlı olarak belirlenmektedir.

İşlem aşaması	Atık gazlarda bulunan bileşenler	İşleme yöntemi
Malzemelerin taşınması ve depolanması	Toz ve metaller	Doğru depolama, taşıma ve aktarma. Gereklı görüldüğü takdirde tozların toplanması ve kumaş filtre.
Öğütme, kurutma	Toz ve metaller	İşlemin gerçekleştirilmesi. Gaz toplama işlemi ve kumaş filtre.
Sinterleme/kavurma Eritme Dönüştürme Ateşle arıtma	VOC'ler, dioksinler Toz ve metal bileşikleri Karbon monoksit Kükürt dioksit	Ard yakıcı, yüze tutan madde veya aktif karbon ilavesi. Gazların toplanması, gazların kumaş filtre yardımıyla temizlenmesi, ısının geri kazanımı. Gereklı görüldüğü takdirde ard yakıcı Sülfürik asit tesisi (kükürt içeren maden cevherleri için) veya yıkayıcı
Cürufların işlenmesi	Toz ve metaller Kükürt dioksit Karbon monoksit	Gazların toplanması, soğutulması ve kumaş filtre. Yıkayıcı Ard yakıcı
Özütleme ve kimyasal arıtma	Klor	Gazların toplanıp yeniden kullanılması, ıslak kimyasal yıkayıcı.
Karbonil ile arıtma	Karbon monoksit Hidrojen	Kapalı işlem, geri kazanım ve yeniden kullanım. Ard yakıcı ve çıkış gazlarındaki tozun kumaş filtre yardımıyla arıtılması.
Solventlerin çıkartılması	VOC. (kullanılan solvent türüne bağlıdır ve olası tehlikelerin değerlendirilmesi amacı ile yerel olarak belirlenmelidir).	Tutma, gazların toplanması, solventlerin geri kazanılması. Gereklı görüldüğü takdirde karbonların yüze tutulması.
Isıl arıtma	Toz ve metaller Kükürt dioksit	Gazların toplanması ve kumaş filtre. Gereklı görüldüğü takdirde yıkayıcı.
Erimiş tuz elektrolizi	Flüorür, klor, PFC'ler	İşlemin gerçekleştirilmesi. Gazların toplanması, yıkayıcı (alümin) ve kumaş filtre.
Elektrot pişirme işlemi, grafitleme	Toz, metaller, SO ₂ , Flüorür, PAH'lar, katranlar	Gazların toplanması, yoğuşturucu ve EP, ard yakıcı veya alümin yıkayıcı ve kumaş filtre. Gerektiği takdirde SO ₂ için yıkayıcı.
Metal tozu üretimi	Toz ve metaller	Gazların toplanması ve kumaş filtre.
Toz üretimi	Toz, amonyak	Gazların toplanması ve geri kazanılması. Asitli yıkayıcı.
Yüksek sıcaklıkta indirgeme	Hidrojen	Kapalı işlem, yeniden kullanım.
Elektroekstraksiyon	Klor. Acit buharı.	Gazların toplanıp yeniden kullanılması. Islak yıkayıcı. Buğu çözücü.
Eritme ve döküm	Toz ve metaller VOC'ler, dioksinler (organik besleme)	Gazların toplanması ve kumaş filtre. Ard yakıcı (Karbon püskürtme işlemi)
Not. Kumaş filtre yardımıyla toz toplama işleminde yangın çıkmasını önlemek amacı ile sıcak parçacıkların arındırılması gerekebilmektedir. Hem sülfürik asit tesisinden önceki gaz temizleme sisteminde hem de sıcak gazlar için sıcak elektrostatik çökticiler kullanılmaktadır.		

Kaynaklar ve işleme/azaltma seçenekleri hakkında özet bilgiler

Demirsiz metal üretim işlemlerinde BAT olarak değerlendirilen azaltma sistemleri ile ilgili salım düzeyleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir. Metaller için ayrılmış bölümlerde yer alan BAT yorumlarında daha ayrıntılı bilgiler verilmektedir.

Azaltma Tekniği	Değer Aralığı	Yorum
Kumaş filtre	Toz 1 - 5 mg/Nm ³ Metaller – toz bileşimine bağlı	Tozun özelliklerine bağlıdır.
Karbon filtresi veya biyolojik filtre	Toplam organik C < 20 mg/Nm ³	Fenol < 0.1 mg/Nm ³
Ard yakıcı (dioksin arıtma işlemi için sıcak su verme dahil)	Toplam organik C < 5 - 15 mg/Nm ³ Dioksin < 0.1 - 0.5 ng/Nm ³ TEQ PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³ HCN < 2 mg/Nm ³	Gaz hacmine göre hazırlanmıştır. Dioksinlerin azaltılması için karbon/kireç püskürtme işlemi, katalitik reaktörler/filtreler gibi diğer teknikler de kullanılabilir.
Optimize edilmiş yanma koşulları	Toplam organik C < 5 - 50 mg/Nm ³	
Islak EP Seramik filtre	Toz < 5 mg/Nm ³	Toz, nem ya da yüksek sıcaklık gibi özelliklere bağlıdır.
Islak veya yarı kuru alkali yıkayıcısı	SO ₂ < 50 - 200 mg/Nm ³ Katran < 10 mg/Nm ³ Klor < 2 mg/Nm ³	
Alümin yıkayıcısı	Toz 1 - 5 mg/Nm ³ Hidrokarbon < 2 mg/Nm ³ PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³	
Klorun geri kazanılması	Klor < 5 mg/Nm ³ .	Klor yeniden kullanılmaktadır. Kaçak gazların kazara salınması mümkündür.
Oksitleyici yıkayıcı	NO _x < 100 mg/Nm ³	Nitrik asitin geri kazanımı ve izlerin arıtılması.
Düşük NO _x fırını.	< 100 mg/Nm ³	Yüksek değerler enerji kullanımını azaltmak amacı ile oksijenin zenginleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda gaz hacmi ve kütle salım azalmaktadır.
Oksijen yakıtlı fırın.	< 100 - 300 mg/Nm ³	
Sülfürik asit tesisi	> % 99.7 dönüştürme (çift kontaklı) > % 99.1 dönüştürme (tek kontaklı)	Boliden/Norzink işlemi ile cıvalı yıkayıcı veya tiyosülfat yıkayıcı dahil, üretilen asitte Cıva değeri < 1 ppm
Soğutucu, EP, kireç/karbon yüzermesi ve kumaş filtre	PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/Nm ³ Hidrokarbonlar (uçucu) < 20 mgC/Nm ³ Hidrokarbonlar (sıvılaştırılmış) < 2 mgC/Nm ³	

Not. Sadece toplanan salımlar. Salım değerleri çalışma süresi boyunca sürekli izlenerek elde edilen günlük ortalamalara dayanmaktadır ve standart koşullar uygulanmıştır: 273 K, 101.3 kPa, ölçülen oksijen miktarı ve hava ile seyreltilmemiş kuru gazlar. Sürekli izlemenin mümkün olmadığı durumlarda örnekleme döneminin ortalaması alınmıştır. Kullanılan azaltma sisteminin tasarımında gazlar ile tozların özellikleri dikkate alınacak ve doğru çalışma sıcaklığı uygulanacaktır. Bazı bileşenlerde toplu işlemlerde ham gaz derişiklerinde meydana gelecek değişiklikler azaltma sisteminin performansını etkileyebilecektir.

BAT kullanımı ile ilgili olarak havaya yağılan salımlar

Metal solüsyonlarının tabi tutuldukları kimyasal işlemlerde ve çeşitli metalürjik işlemlerde çeşitli spesifik ayırıcılar kullanılmaktadır. Bu ayırıcıların kullanımından kaynaklanan gazlardan bazılarının bileşikleri, kaynakları ve işleme yöntemleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

Kullanılan işlem/ayırıcı	Atık gazlarda bulunan bileşenler	İşleme yöntemi
Arsenik veya antimon oksit kullanımı (Zn/Pb arıtma işlemi)	Arsin/stibin	Permanganat ile yıkama
Zift vb.	Katranlar ve PAH	Ard yakıcı, yoğuşturucu ve EP ya da kuru emici.
Solventler, VOC'ler	VOC, Koku	Tutma, yoğuşturma. Aktif karbon, biyolojik filtre
Sülfürik asit (+ yakıtta veya hammaddede bulunan kükürt)	Kükürt dioksit	Islak ya da yarı kuru yıkama sistemi. Sülfürik asit tesisi.
Altın Suyu	NOCl, NO _x	Kostik yıkama sistemi
Klor, HCl	Cl ₂	Kostik yıkama sistemi
Nitrik Asit	NO _x	Oksitleme ve soğurma, geri dönüşüm, yıkama sistemi
Na veya KCN	HCN	Hidrojen peroksit veya hipoklorit yardımıyla oksitleme
Amonyak	NH ₃	Geri kazanım, yıkama sistemi
Amonyum klorür	Aerosol	Sublimasyon yöntemi ile geri kazanım, yıkama sistemi
Hidrazin	N ₂ H ₄ (kanserojen madde)	Yıkayıcı veya aktif karbon
Sodyum borohidrit	Hidrojen (patlama tehlikesi)	Mümkün olduğu takdirde PGM işlemlerinde kullanılmamalıdır (özellikle Os, Ru)
Formik asit	Formaldehit	Kostik yıkama sistemi
Sodyum klorat /HCl	Cl ₂ oksitleri (patlama tehlikesi)	İşlem sonunun denetimi

Gaz halindeki bazı bileşenlere uygulanan kimyasal işlemlere genel bakış

- Suya yapılan salımlar**

Suya çeşitli kaynaklardan salım yapılmaktadır. Bu kaynaklara ve mevcut bileşenlere bağlı olarak çeşitli azaltma ve işleme seçenekleri uygulanabilmektedir. Genel olarak atık sular çözülebilen ve çözilemeyen metal bileşiklerinden, yağdan ve organik maddelerden oluşmaktadır. Aşağıdaki tabloda potansiyel atık sular, üretilen metaller, uygulanan azaltma ve işleme yöntemleri açıklanmaktadır.

Atık su kaynağı	İlgili işlem	Azaltma yöntemleri	İşleme yöntemleri
İşletme suyu	Alümin üretimi, Kurşun-asitli akü parçalama işlemi. Asit ile temizleme.	Mümkün olduğunca yeniden kullanım.	Nötrleştirme ve çökeltme. Elektroliz.
Dolaylı soğutma suyu	Çoğu metal için fırın soğutma işlemi. Zn için elektrolit soğutma işlemi	Kapalı devre soğutma sistemi veya hava soğutmalı sistem kullanımı. Sızıntıların tespit edilmesi amacı ile sistemin izlenmesi.	Çökeltme
Direkt soğutma suyu	Al, Cu, Zn dökümleri. Karbon elektrotları.	Çökeltme Kapalı devre soğutma sistemi.	Çökeltme. Gerektiği takdirde çökeltme işlemi uygulanması
Cürufaların tanelenmesi	Cu, Ni, Pb, Zn, değerli metaller, demir alaşımları		Çökeltme. Gerektiği takdirde çökeltme işlemi uygulanması
Elektroliz	Cu, Ni, Zn	Kapalı sistem. Boşaltılan elektrolitin geri kazanımı.	Nötrleştirme ve çökeltme.
Hidrometalürji (istim boşaltma)	Zn, Cd	Kapalı sistem	Çökeltme. Gerektiği takdirde çökeltme işlemi uygulanması
Azaltma sistemi (istim boşaltma)	Islak yıkayıcılar. Islak EP'ler ve asit tesisleri için yıkayıcılar.	Mümkün olduğu takdirde zayıf asit akımlarının yeniden kullanımı.	Çökeltme. Gerektiği takdirde çökeltme işlemi uygulanması
Yüzey suyu	Tümü	Hammaddelerin iyi bir şekilde depolanması ve kaçaklardan kaynaklanan salımların önlenmesi	Çökeltme. Gerektiği takdirde çökeltme işlemi uygulanması Filtrasyon

Atık su akıntıları için BAT'lar genel bakış

Atık su işleme sistemleri çökeltme ve filtrasyon işlemleri uygulayarak metallerin azami oranda arıtılmasını sağlayabilmektedir. Çökeltme işleminde metal karışımlarına göre ayrıca olarak hidroksit ve sülfür ya da ikisi birlikte kullanılmaktadır. Genellikle işlenmiş suyun yeniden kullanılması da mümkün olmaktadır.

	Ana bileşenler [mg/l]					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
İşletme suyu	<0.1	<0.05	<0.01	<0.1	<0.05	<0.15
Not: Suya yapılan salımlarla ilgili değerler, yeterli rasgele örnekleme yöntemiyle elde edilen örneklere ya da 24 saat boyunca elde edilen karma örneklere dayanmaktadır. Atık suların işleme yöntemi, kaynağa ve atık sularda bulunan metal türlerine bağlı olarak belirlenmektedir.						

BAT kullanımı sonrasında suya yapılan salımlara örnekler

- İşlem artıkları

Uygulanan işlemlerin çeşitli aşamalarında ortaya çıkan işlem artıkları büyük ölçüde hammaddelerin muhteviyatına bağlıdır. Maden cevheri ve derişikler ana hedef metalin dışında bir çok farklı metali de içermektedir. Uygulanan işlemler hem hedef metalin saf olarak elde edilmesini hem de kullanılabilir nitelikte olan diğer metallerin kazanılmasını sağlayacak şekilde düzenlenmektedir.

Bu metaller işlem sonucunda ortaya çıkan artıklarda bulunmakta ve bu artıklar diğer metallerin geri kazanılması işlemleri için hammadde olarak kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda çeşitli işlem artıkları ve bunların geri kazanılması amacı ile uygulanan işlemler özetlenmektedir.

Artıkların kaynağı	İlgili metaller	Artık	Geri kazanım amacı ile kullanılan işlemler
Hammaddelerin taşınması vb.	Tüm metaller	Toz, süprüntü	Ana işlem için besleme
Ergitme fırını	Tüm metaller	Cüruf	Cürufun işlenmesinden sonra inşaat malzemesi olarak. Aşındırıcı madde sanayii. Cürufun bir bölümü, örneğin krom metal üretiminde ortaya çıkan cüruf, ateşe dayanıklı malzeme olarak kullanılabilir.
	Demir alaşımları	Zengin cüruf	Diğer demir alaşımı işlemlerinde hammadde olarak kullanım
Dönüştürme fırını	Cu	Cüruf	Ergitme kazanına geri dönüşüm
Aritma fırınları	Cu	Cüruf	Ergitme kazanına geri dönüşüm
	Pb	Hurdalar	Diğer değerli metallerin geri kazanılması
	Değerli metaller (PM'ler)	Hurdalar ve cüruf	Dahili geri dönüşüm
Cürufların işlenmesi	Cu ve Ni	Temizlenmiş cüruf	Inşaat malzemesi. Sülfat içeren maddelerin üretimi.
Eritme fırını	Tüm metaller	Hurdalar, Cüruf ve tuz cürufu.	İşleme sonrasında üretim işlemine geri dönüşüm. Metallerin geri kazanımı, tuzların ve diğer maddelerin geri kazanımı
Elektrikli arıtma işlemi	Cu	Boşaltılan elektrolit. Anot artıkları Anot tortusu	Ni geri kazanımı. Dönüştürücüye geri dönüşüm. Değerli metallerin geri kazanımı
Elektrikli kazanma işlemi	Zn, Ni, Co, PM'ler	Tükenmiş elektrolit	Özütleme işleminde yeniden kullanım
Erimiş tuzla elektroliz	Al	Tükenmiş Pota Artıkları Banyo artıkları Anot artıkları	Karbüran olarak kullanılması ve atılması Elektrolit olarak satılması Geri kazanım
	Na ve Li	Hücre malzemesi	Temizleme işleminden sonra hurda demir olarak
Damıtma	Hg	Artıklar (Hollines)	Üretim işleminde besleme olarak yeniden kullanım
	Zn, Cd	Artıklar	Üretim işlemine geri dönüşüm
Özütleme	Zn	Demir artıkları	Güvenli şekilde atılması, eriyiğin yeniden kullanımı
	Cu	Artıklar	Güvenli şekilde atılması
	Ni/Co	Cu/Fe artıkları	Geri kazanılması, atılması
Sülfirik asit tesisi		Tezgen	Yeniden oluşum
		Asit cürufu	Güvenli şekilde atılması
		Zayıf asit	Özütleme, atılması
Fırın artıkları	Tüm metaller	Ateşe dayanıklı malzeme	Cüruf maddesi olarak kullanılması, atılması
Öğütme	Karbon	Karbon ve grafit tozları	Diğer işlemlerde hammadde olarak kullanım
Asit ile temizleme	Cu, Ti	Tükenmiş asit	Geri kazanım
Kuru azaltma sistemleri	Çoğu- kumaş filtre veya EP kullanılarak	Süzülemeyen tozlar	Üretim işlemine geri dönüşüm Diğer metallerin geri kazanımı
Islak azaltma sistemleri	Çoğu- yıkayıcılar veya ıslak EP'ler kullanılarak	Süzülemeyen tortular	Üretim işlemine geri dönüşüm veya diğer metallerin geri kazanımı (örneğin Hg). Atılması

Atık su , cüruflar	Çoğu	Hidroksit veya sülfür tortusu.	Güvenli şekilde atılması, yeniden kullanım. Yeniden kullanım
Pişirme	Alümin	Kızıl çamur	Güvenli şekilde atılması, eriyiğin yeniden kullanılması

Artıklara ve artıkların geri kazanılması için uygulanan işlemlere genel bakış

Süzülemeyen tozlar aynı tesiste geri dönüştürülebilmekte, diğer demirsiz metal tesislerinde diğer metallerin geri kazanılması amacı ile kullanılabilir veya üçüncü şahıslar tarafından farklı uygulamalarda kullanılabilir.

Artıklar ve cüruflar değerli metallerin geri kazanılması amacı ile işlenebilmekte, bu işlemlerde ortaya çıkan artıklar da, inşaat malzemeleri gibi farklı sahalarda kullanılabilir. Bazı bileşenler satış değeri olan ürünlere dönüştürülebilmektedir.

Atık suların işlenmesi neticesinde ortaya çıkan artıklarda değerli metaller bulunabilmekte ve bu artıklar bazı durumlarda geri dönüştürülebilmektedir.

Düzenleyici ile operatör artıkların üçüncü şahıslar tarafından geri kazanılması işleminin çevre açısından yüksek standartlarda gerçekleştirildiğinden ve çevreye zarar vermediğinden emin olmalıdır.

• Toksik bileşikler

Bazı bileşiklerin özgül toksisitesi (ve bunların çevre üzerindeki etkileri) gruptan gruba farklılık gösterebilmektedir. Bazı metaller işlemler sırasında ortaya çıkan ve dolayısı ile azaltılması gereken toksik bileşikler içermektedirler.

• Enerjinin geri kazanımı

Genellikle azaltma işlemi veya öncesinde enerjinin geri kazanılması mümkün olmaktadır ancak bu konuda, örneğin geri kazanılan enerjinin kullanım imkanı bulunmaması gibi, yerel koşullar önem kazanmaktadır. Enerjinin geri kazanımı için BAT olarak değerlendirilen yöntemler aşağıda açıklanmaktadır:

- Atık kazanlarında üretilen ısıdan buhar ve elektrik enerjisi üretilmesi.
- Tepkime sırasında ortaya çıkan ısının derişiklerin ergitilmesi veya kavrulması ya da hurda metallerin dönüştürme kazanında eritilmesi amacı ile kullanılması.
- Besleme maddelerinin kurutulması amacıyla sıcak işletme gazlarının kullanılması
- Fırının fırın gazlarının enerjisi ile veya başka bir kaynaktan elde edilen sıcak gazlar ile ön ısıtma işlemine tabi tutulması.
- İlk ısıtıcı fırınların kullanılması veya yanma işleminde kullanılacak havanın ön ısıtma işlemine tabi tutulması.
- Üretilen CO'nun yakıt olarak kullanılması.
- Sepi şerbetlerinin işlemler sonucunda ortaya çıkan sıcak gazlar veya eriyiklerle ısıtılması.
- İyi kalitede plastiğin geri kazanılmasının mümkün olmaması ve VOC ile dioksin salımına neden olmaması koşuluyla baz hammaddelerde bulunan plastiğin yakıt olarak kullanılması.
- Mümkün olduğu takdirde ateşe dayanıklı hafif malzemelerin kullanılması.

6. Fikir Birliği Seviyesi ve Gelecekteki Çalışmalar için Yapılan Öneriler

BU BREF belgesi TWG'nin birçok üyesi ile Bilgi Alışverişi Forumunun 7. toplantısının katılımcıları tarafından desteklenmiştir. Yapılan eleştiriler genellikle bilgi boşlukları ve sunum yöntemleri ile sınırlı kalmıştır (İdari Özet bölümünde BAT ile ilgili salım ve tüketim düzeyleri hakkında daha ayrıntılı bilgi verilmesi talebinde bulunulmuştur).

Bu belgenin 4 yıl içerisinde revize edilmesi önerilmiştir. Özellikle kaçaklardan kaynaklanan salımlar, spesifik salım ve tüketim verileri, işlemlerden kaynaklanan artıklar, atık sular ve küçük ve orta ölçekli şirketler ile ilgili bilgilere daha fazla ağırlık verilmesi önerilmiştir. Bölüm 13'te, yapılan öneriler hakkında ayrıntılı bilgiler yer almaktadır.