

SEKTÖREL TEHLİKELİ ATIK REHBERLERİ

METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ



**Tübitak 107G126 İTÜRKİYEİDE AVRUPA BİRLİĞİ ÇEVRE MEVZUATI İLE
UYUMLU TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ Projesi kapsamında hazırlanmıştır.**

Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı

2013

SEKTÖREL TEHLİKELİ ATIK REHBERLERİ

METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ

Tübitak 107G126 “TÜRKİYE’DE AVRUPA BİRLİĞİ ÇEVRE MEVZUATI İLE UYUMLU TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ” Projesi kapsamında hazırlanmıştır.

1. BASKI

Hazırlayanlar:

Dr. Özge Yılmaz, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Tanju Karanfil, Clemson University, Department of Environmental Engineering and Earth Sciences

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Proje Grubu:

Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Prof. Dr. Celal F. Gökçay, Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü, Y. Doç. Dr. Emre Alp, Dr. Özge Yılmaz, Nur Çakır, Gülnur Ölmez, Çisem Yiğit, Volkan Çağın

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Proje Grubu:

Doç. Dr. Mehmet Salim Öncel, Doç. Dr. Nihal Bektaş, Doç. Dr. Güleda Engin, Doç. Dr. Cengiz Yatmaz, Dr. Senem Bayar, Dr. Mahir İnce, Lalehan Akbulut, Yasemin Çalışkan, Neslihan Erdem

Kapak resmi: Malden Plating, Erişim Tarihi: 23.05.2011. URL:

http://www.maldenplating.co.uk/contact_us.html

İÇİNDEKİLER

1.0 GİRİŞ	5
2.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ	7
3.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER.....	8
4.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR.....	17
4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI	17
4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI	27
5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ	29
6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI.....	52
7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR	60

1.0 GİRİŞ

Sektörel Tehlikeli Atık Yönetimi Rehberleri dizisi, sanayi kaynaklı tehlikeli atıkların tanımlanması, doğru şekilde sınıflandırılması, atıkların önlenmesi/azaltılması ve uygun şekillerde geri kazanımı/bertarafı için atık üreticilerine ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) teşkilatına yol gösterici olması amacıyla hazırlanmıştır. Bu rehberlerle

- o tehlikeli atık üreticileri tarafından ÇŞB'ye yapılan beyanların kalitesinin artırılması,
- o yapılan beyanların ÇŞB tarafından kontrolünün kolaylaştırılması,
- o önleme/azaltma ve geri kazanım yoluyla ürettikleri tehlikeli atık miktarını düşürmek isteyen atık üreticilerine yol gösterilmesi ve
- o atıklara en uygun bertaraf yönteminin seçiminde hem atık üreticilerine hem de İl Çevre Müdürlükleri'ne destek verilmesi

hedeflenmektedir.

Sektörel Tehlikeli Atık Yönetimi Rehberleri dizisi Türkiye'de yüksek miktarda tehlikeli atık ürettiği belirlenen öncelikli aşağıdaki sektörler için ve bu sektörlerden ortaya çıkan atıklar hakkında bilgi edinmek isteyen herkese hitap edecek şekilde hazırlanmıştır:

- o Ana metal sanayi
 - o Demir çelik sektörü
 - o Döküm sektörü
 - o Metal kaplama sektörü
 - o Otomotiv sektörü
 - o Beyaz eşya sektörü
- o Organik kimya sanayi
 - o İlaç sanayi
 - o Organik bitki koruma ve biyosit üretimi

Metal kaplama sektörünü ele alan bu rehber kapsamında, öncelikle sektörde uygulamada olan süreçler ele alınmış, daha sonra bu süreçlerde tehlikeli atık üretimine neden olan noktalar belirlenmiş ve bu atıkların sınıflandırılmaları ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Ardından metal kaplama sektöründe uygulanabilecek tehlikeli atıkların önlenmesi ve azaltılması ile ilgili bilgiler verilmiştir. Son olarak atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumlar için sektörden kaynaklanan atıklara uygulanabilecek geri kazanım ve bertaraf yöntemleri irdelenmiştir.

2.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜ

Türkiye’de geçtiğimiz son 5 yıllık süreçte metal sektörü önemli bir gelişme göstermiştir. Metal sanayinde oldukça çeşitli türde ürün üretilmekte ve çok sayıda proses kullanılmaktadır. Bir ürünü elde etmek için bu proseslerden bir kaç ya da büyük bir çoğunluğu kullanılabilir. Üretim prosesleri 45 temel prostesten oluşur ve bunların büyük çoğunluğu şekil verme ve yüzey işlenmesi ile ilgilidir [1].

2006 yılı TOBB verilerine göre Türkiye’deki metal kaplama üretim kapasitesi 574,708 ton/yıl’dır [2]. 2011 yılı verilene göre kapasite 2.3 milyon tona ulaşmıştır. 2006 yılından bu yana kapasite hızla artmaktadır. Türkiye’de metal kaplama sektörü 2.330.232 ton üretim kapasitesiyle öncelikli sektörler arasında yer almaktadır [3].

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) metal kaplama sanayine ait diğer kapasite bilgileri aşağıdaki gibidir [3]:

- o 2.330.232 ton/yıl
- o 1.105.985.220 m²/yıl
- o 91.354.091 kaplanan parça/yıl

Kapasite ve tesis sayısına göre kaplama sektöründe faaliyet gösteren işletmeler İstanbul, Ankara, Bursa, İzmir, Kocaeli ve Konya’da yoğunlaşmaktadır.

3.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDE UYGULANAN SÜREÇLER

Metal veya metal olmayan cisimlerin yüzeyleri farklı yöntemler uygulanarak kaplanabilir. Uygulanan bir çok farklı kaplama metodu vardır: sıcak daldırma, elektroliz yolu ile kaplama, püskürtme, gaz kaplama, vakumda yoğunlaştırma, kimyasal indirgeme yoluyla kaplama (electroless), kimyasal yer değiştirme yoluyla kaplama, sementasyon veya difüzyon kaplaması ve pin (vurma) kaplama (peen plating)dir.

Sıcak daldırma:

- o Erimiş haldeki metale daldırılarak sathi difüzyon (yayınma) yoluyla kaplama sağlanır.
- o Kaplayıcı metal olarak çinko, kalay, kurşun ve alüminyum kullanılır. İşlem sırasında yüzeylerin oksitlenmesini önlemek için uygun flakslar, hidrojen veya soy gazlar kullanılarak yüzeylerin hava ile teması kesilir.

Elektroliz yolu ile kaplama:

- o Malzeme, kaplama için kullanılacak metalin tuzunun çözeltisi içerisinde katoda bağlanarak, metal katyonlarının, elektrik akımı geçirilerek kaplanacak yüzey üzerinde birikmesi ile gerçekleştirilir.

Püskürtme:

- o Toz veya tel halinde uygun metal veya metal alaşımları bir tabancada eritilerek kaplanacak yüzeye püskürtülür.
- o Çinko ve alüminyum kaplama için kullanılır.
- o Yerinde kaplanma için kullanılır.

Gaz kaplama:

- o Kaplama için kullanılacak metalin gaz halindeki bileşiği, genellikle karbonili, kaplanacak cisimde iken cisim ısıtılır. Sıcak yüzeyde gaz halindeki bileşikten metal atomu ayrılarak yüzeyde toplanır.

Metal Kaplama Sektörü

Vakumda yoğuşurma:

- o Kaplama için kullanılacak metal, vakumda tungsten ısıtıcı ile ısıtılarak buharlaştırılır. Kaplanacak parçanın yüzeyi, metal buharı bulunan hücre içerisinde döndürülerek tutulur. Metal buharı soğuk parçanın yüzeyinde yoğuşur.
- o Alüminyum, altın, gümüş ve buharlaştırılabilen diğer metaller bu amaçla kullanılır. Bu tür kaplamalar aşınmaya dayanıklı olmadığından, ayrıca bir lak ile kaplanır.

Kimyasal indirgeme yoluyla kaplama (Electroless):

- o Suda çözünen gümüş, altın ve bakır tuzlarının kuvvetli indirgeyici etkisi ile sulu ortamda indirgenmesi yoluyla cam (ayna yapımında olduğu gibi), plastikler ve metaller kaplanabilmektedir.

Kimyasal yer değiştirme yoluyla kaplama:

- o Cisimler, çözeltiden yer değiştirme yolu ile bakır, altın, gümüş ve kalay ile kaplanabilir. Kaplama kalınlığı çok incedir ($2,5 \times 10^{-6}$ mm kadar).

Sementasyon veya difüzyon kaplaması:

- o Kaplanacak metal, kaplamada kullanılacak metalin tozu içine konularak ısıtılır.
- o Ortamda oksitlenmeyi, hava ile teması önleyici maddeler, soy gazlar bulundurulur.

Pin (Vurma) kaplama (Peen plating):

- o Kaplanacak metal parçalar, kaplamada kullanılacak metal tozu ve aktive edici bir çözelti ile birlikte bir döner tambur içine konulur. Tambur içinde düşerek darbe etkisi yapan metal parçalar da vardır. Rondela (pul), çivi, zincir gibi küçük parçalar bu metotla çinko, pirinç ve kadmiyum ile kaplanır.

Dünyada farklı metal kaplama uygulamaları bulunmaktadır. Türkiye’de uygulamaların çoğu sıcak daldırma ve elektrolitik kaplama üzerinde yoğunlaşmıştır. Proses tanımlarında da bu yöntemler üzerinde durulmuştur.

Metal kaplama prosesi bir dizi proses hattından oluşur. Kaplama yapılmadan önce malzeme yapılacak malzemenin yağlardan ve oksitlenmelerden temizlenmesi gereklidir. Her uygulamadan sonra malzeme yıkanmak zorunda olduğundan, kaplama işleminde birbirini takip eden yıkama yapılır ve sonunda da lekesiz olarak kurutulur [4]. Proses basamakları yağ alma, asit/baz ile yüzey temizleme, kaplama hatlarından oluşmaktadır. Uygulanan her işlemin ardında yıkama prosesi yer alır. Tipik bir üretim hattının basitleştirilmiş proses akışı Şekil 1’de gösterilmektedir [5].



Şekil 1 Metal kaplama prosesi akım şeması

Metal Kaplama Sektörü

Yüzey temizleme

Kaplama işleminin düzgün ve kalıcı olması için, kaplama işlemi uygulanacak parçanın yüzeyi toz, talaş, döküm çapakları, oksitlenmelerden ve yağdan arındırılmış olmalıdır. Bu işlem sayesinde yüzey sadece yağ, çapak gibi kalıntılardan arındırılmakla kalmayıp kaplama işlemi için kimyasal olarak aktif yüzeyler elde edilir. Yüzey işleminin iyi kalitede olabilmesi için yüzeyin pürüzsüz olması gereklidir. Hemen hemen tüm kaplama tesislerinde temizleme ya da yağ alma hatları mevcuttur, fakat bileşenlerin aşırı derecede yağlı olduğu durumlarda yüzey hazırlama daha da önem kazanır. Bu durumda yağ alma prosesine ek olarak bir ön yağ alma hattı gerekli olabilir. [5].

Mekanik temizleme

- o **Parlatma:** Mekanik parlatma işlemi basınç ve yüksek sıcaklık etkisi altında uygulanır. Aşındırıcı bantlar kullanılarak yüzey temizlenir ve sonrasında kumaş üzerine uygulanmış pasta ile parlatılır. Parlatma işlemiyle yüzeydeki ince izlerde giderilir. Modern teknikler daha iyi sonuçlar verdiği için bu uygulamalar günümüzde sıklıkla uygulanmamaktadır.
- o **Aşındırarak parlatma:** Bu yöntemde kum, çakıl gibi malzemeler kullanılır, bunların dışında yarfıstığı kabuğu gibi daha yumuşak, ince aşındırıcılar da kullanılabilir. İşlenecek parçanın üzerindeki vurguyu azaltmak için uygulanır.
- o **Çapak alma:** Çapak alma işlemi küçük, seri üretilen parçalara uygulanır. Temizlenecek parçalar aşındırıcı taşlarla karıştırılır ve saatlerce titreşim uygulanır. Bu işlem, yüzeyi temizleme, çapak alma amaçlı sulu ortamda kimyasal ilavesiyle de uygulanabilir. [5].

Elektrolitik ve kimyasal temizleme

- o **Elektropolisaj:** Elektropolisaj, düzeltme, parlatma, çapak alma ve temizleme amaçlı yaygın olarak kullanılan bir elektrokimyasal metottür. Genellikle çelik, paslanmaz çelik, bakır ve alaşımları ve alüminyum ve alaşımları için kullanılır.

Elektropolisaj ile ince yüzey tabakası kaldırılır ve pürüzsüz, temiz yüzeyler elde edilir. İşlenecek parça (anot) elektrolite batırılır, parça ve katot arasında elektrik akımı geçirilir. Parça polarize olur ve metal anottan uzaklaşır. Elektropolisaj işleminde farklı elektrolitler kullanılır. Elektrolitler genellikle çeşitli asitlerin (sülfürik asit, kromik asit, sitrik asit, fosforik asit) karışımından oluşur. Bazen bu karışıma organik maddeler (gliserin, dietilen glikol monobütül eter) de eklenir.

- o **Elektrik deşarjıyla elektropolisaj:** Elektropolisajdan farklı olarak elektrolit olarak karışık asit yerine farklı tuz çözeltileri kullanılır. İnsan sağlığı ve çevre dostu bir uygulamadır. Bu işlemde, çözelti ve sıcaklığa (40-95°C) bağlı olarak anot ve katot arasındaki elektrik potansiyeli 200-400 V doğru akım arasında olmalıdır [5].

Solvent ile yağ alma

Solvent ile yağ alma genellikle klorlu hidrokarbonlar, alkoller, terpenler, ketonlar yardımıyla gerçekleştirilir. Klorlu hidrokarbonlar, temizlik verimliliği ve evrensel uygulanabilirliğinin yanı sıra çabuk kuruyan ve yanmazlık özellikleri açısından tercih edilmektelerdir, fakat kullanımları çevre ve sağlık mevzuatı ile sınırlandırılmıştır.

Solvent seçimini etkileyen birçok faktör vardır, bunlar, giderilecek substrat, yağ ve gresin cinsi, önceki üretim prosesi ve takip eden prosesin gereksinimleridir. Örneğin, klorlu etan ve etilenler alüminyumunu aşındırır, alüminyumdan yapılmış tank, konteynır, vana gibi malzemelerle ile temas etmemelidir. Dikloroetilen ile bakırın temasından patlayıcı asetilit oluştuğu için bu duruma özen gösterilmelidir [5].

Sulu temizlik

Parçalar birkaç dakika boyunca çözelti içinde tutulur veya sprey banyoya yerleştirilir. Çözeltiler genellikle alkaline veya nötrdür, asidik de olabilir. Geliştirilmiş temizleme etkisi nedeniyle genellikle yüksek sıcaklıklarda (40- 90°C) kullanılırlar. Sulu temizleme sisteminin ana bileşenleri alkali veya asit, silikat, fosfat ve kompleks yapıcı ve ıslatıcı maddeleridir. Sulu temizleme sistemleri kararsız emülsiyonlar (zayıf emülsiyon sistemleri olarak da bilinir) ya da stabil emülsiyonlar oluşturarak çalışırlar.

Metal Kaplama Sektörü

Sulu kimyasal sistemlerde çözücü kullanımından kaçınılır. Sonraki proses elektrokaplama gibi, su bazlı ise temizlenen parçalar ıslak kalabilir. Proses çözeltilerinin ömrü parçalarda yağ veya gres miktarına bağlıdır. Sulu temizleme sistemlerinin verimliliği kimyasalların tipine ve konsantrasyonuna, mekanik etkisine, sıcaklık ve zamana bağlıdır. Mekanik etki, püskürtme basıncı veya debi, parçaların ya da çözeltilerin karıştırılması yoluyla veya ultrasonik kullanılarak uygulanabilir [5].

Diğer temizleme yöntemleri

- o Hava bıçağı ile yağ giderme parça üzerinden fazla yağın giderilmesi amaçlı kullanılır. Bu sistemler havanın ince yarıklardan geçerek laminar hava perdesi oluşturduğu, düşük basınç ve yüksek hacimli sistemlerdir. Sistemdeki basınç ve hareket sebebiyle hava ısınır, böylece yağ ve gresin giderimi kolaylaşır.
- o Santrifüj ile yağ giderme küçük parçalar üzerinden fazla yağın giderilmesi amacıyla kullanılır.
- o Kuru buz yöntemi yağ ve gres gideriminin yanı sıra parçaların ve boyanın da giderimi için kullanılır. Temizleme etkisi kontamine yüzeyin soğuması ve çatlamasıyla, ve kuru buzun süblümleşmesi sonucu ortaya çıkan gazın kaldırma ve mekanik etkisiyle elde edilir.
- o El ile silme yönteminde temiz kumaş parçası ile solvent veya kireçtaşı veya kalker gibi absorbanlar kullanılır. Bu yöntem genellikle havacılık parçaları gibi büyük, çok değerli parçalar üzerinde uygulanır [5].

Dekapaj(Asitleme) ve tufal giderme

Dekapaj ve tufal giderme, parçanın yağı alındıktan sonra parlatma ve oksitlerden arındırma amaçlı uygulanan kimyasal metal sıyırma işlemleridir.

Dekapaj işlemi sırasından parçanın yüzeyine yapışık bulunan tufal, oksit filmleri ve diğer korozyon ürünleri asit bazlı dekapaj kimyasalının reaksiyonu sonucu giderilir. Güçlü oksit tabakalarının giderimi için belirlenen asit konsantrasyonu, sıcaklık ve dekapaj sayısına uyulmalıdır. Genellikle hidroklorik ve sülfürik

asitler kullanılır. Özel durumlarda nitrik, hidroflorik veya fosforik asit ya da asit karışımları kullanılmaktadır. Metalik yüzey üzerinde az miktarda erozyon etkisi isten bir durum olmasına rağmen asitin aşırı aşındırma durumları istenmez. Bu aşırı aşınma dekapaj inhibitörü ile azaltılabilir.

Dekapaj solüsyonu içerisinde serbest asit gücü azalırken, erimiş metal iyonların konsantrasyonu artar. Metal ve metal oksit dağılması ile ilişkili asit tüketimi taze dekapaj çözeltisi ekleyerek desteklenebilir. Ancak, bu tekniği sürekli artan metal içeriği sınırlandırır. Demir içeriğinin, sülfürik asit için en

fazla %8, hidroklorik asit için %12 ve fosforik asit için %2,5 seviyelerinde olması tavsiye edilir. Sınırlayıcı konsantrasyonları ulaşıldığında, dekapaj çözeltisi tamamen veya kısmen bertaraf edilmelidir. Dekapaj süresi, asit konsantrasyonunun ve sıcaklığın artırılması ile düşürülebilir. Maksimum dekapaj etkisine %25 sülfürik asit konsantrasyonu ile ulaşılır. Bunun üzerinde, dekapaj hızı azalır, optimum sıcaklık 60°C'dir [5].

Durulama

Proses çözeltilerinin bulaşmasını engellemek için proses basamakları arasında, ve parçanın üzerinde kalan kimyasallar yüzünden parçanın bozulmasını (aşırı reaksiyon veya çözünmüş kimyasal maddelerin kuruması ile lekeler oluşması) engellemek için durulama gereklidir. Durulama işlemi, neredeyse her proses basamağının ardından gerçekleştirilir [5].

Kurutma

Tüm prosesin son yıkama adımından sonra elde edilen parçaların lekəsiz kurutulması gerekmektedir. Bunu demineralize edilmiş su veya organik su iticiler ile elde etmek mümkündür [4].

Kaplama

Sıcak Daldırma

Sıcak daldırma kaplama prosesinde, çelik erimiş metalin içerisinde geçirilir. İki metal arasında alaşımlama reaksiyonu başlar, kaplama ve kaplanan malzeme arasında iyi bir bağ oluşur. Sıcak daldırma yöntemiyle kaplamaya uygun

Metal Kaplama Sektörü

malzemeler, ergime sıcaklığı düşük, çeliğin termal olarak değişime uğramasını önleyecek malzemeler olması gerekir. Örneğin, alüminyum, kurşun, kalay ve çinkodur. Özellikle çelik üzerine çinko kaplama (galvanizleme) bu yöntemle yapılır. Çinko kaplama, özellikle korozyon kontrolü için yapılır. Kalay, malzemeye parlaklık verir ve lehim için yapışkanlık özelliği kazandırır. Sürekli daldırma galvanizleme işleminde, çelik paslanmaya karşı koruma amacıyla, çinko veya çinko alaşımı tabakası ile kaplanır [6].

Sıcak daldırma kaplama yöntemlerinin uygulanması temel olarak aynıdır. Öncelikle parça asitlenir; durulanır; akış banyosuna daldırılır; kurutulur; ergimiş metal banyosundan geçirilir ve tekrar soğutulur. Sıcak daldırma tesislerinde asitleme, flakslama, galvanizleme ve sonlandırma işlemleri gerçekleştirilir.

- o **Asitleme (Sıyırma):** Yüzey görünümünü iyileştirmek ve yüzeyi kaplamaya hazırlamak amacıyla, parça yüzeyindeki çıkıntılarının yok edilmesi için asitleme işlemine tabii tutulur. Bu işlem, telin asit banyosuna daldırılması veya tele doğrudan nötr iki kutuplu elektroliz hücresi ile temas ettirilmesi suretiyle gerçekleştirilir.
- o **Flakslama:** Çinko kaplamanın sağlam bir şekilde tutması için, parça, ısıtılmış sulu $ZnCl_2$ ve NH_4Cl solüsyonundan oluşan curuf banyosuna tabii tutulur (saf $ZnCl_2$ teneke kaplamalarda kullanılır). Tel üzerindeki fazla curuflar silinerek kaldırılır. Kaplama öncesinde, parça kurutulur, bu işlem fırında veya parçanın iç sıcaklığı ile gerçekleştirilir.
- o **Galvanizleme:** Parça, ergimiş çinko banyosundan ($430-470^{\circ}C$) geçirilir. Çinko banyosunda, pek çok Fe-Zn alaşımlı alt tabakalardan oluşan bir demir-çinko difüzyon tabakası oluşur. Çinko tabakası bu tabakaların üstünde oluşur ve parça çinko banyosunu terk eder. Galvanizleme, ağır (dikey) galvanizleme (yüksek kaplama kalınlığı; kaplama temel olarak ayrılmış çinkodan oluşur) ve normal (yatay) galvanizleme (düşük kaplama kalınlığı; kaplama genellikle, demir-çinko alaşımı tabakasıdır) olarak iki gruba ayrılır.
- o **Sonlandırma:** Son olarak, beyaz pas olarak bilinen çinko tabakasının yüzeyel paslanmasının önüne geçebilmek amacıyla, tele parafin tabakası uygulanır [6].

Elektrolitik Kaplama

Elektrolitik kaplama küçük parçalar için uygulanır. Uygun bir çözeltide yüzeyi metal kaplanacak parça katot yapılırsa, çözeltideki iyon element halinde katotta toplanır.

Elektrolitik işlemler için akım taşıma kapasitesine sahip elektrolit çözeltisi, en az iki elektron iletkeni (elektrotlar) ve akım (genellikle doğru akım) gereklidir. Elektrolitik kaplama yönteminde, elektrolit elektrotlar arasında bir elektrik devresi tamamlar. Elektrotlar doğru akım kaynağına bağlandığında, bir elektrot, katot, negatif yüklü hale gelirken, diğer elektrot, anot, pozitif yüklü hale gelir. Elektrolit içinde pozitif iyonlar (kasyonlar) anota doğru, negatif yüklü iyonlar (anyonlar) katota doğru hareket eder. Elektrolit içindeki iyonların bu geçişi elektrik akımı oluşturur. Böylece, elektrolizle elektrik enerjisi kimyasal enerjiye dönüşür.

Pasivasyon

Pasivasyon işlemi, kromatlama sonrasında yapılır. Ergitme sırasında oluşan oksit kalınlığını azaltmak için uygulanır. Bu uygulamayla, elektrolitik yolla hava ile oksidasyonu önleyen ve boya tabakasının yapışmasını artıran krom içeren bir katman oluşturulur. İşlem sodyum dikromat çözeltisi ile yapılır [5].

4.0 METAL KAPLAMA SEKTÖRÜNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR

4.1 ATIK TÜRLERİ VE KODLARI

Sektörden kaynaklanan tehlikeli atıklar üç ana sınıf altında incelenebilir.

1. Prosese özel atıklar
2. Yan proseslerden kaynaklanan atıklar
3. Proses dışı atıklar

Bu atıklar Tablo 1 – 3’de sıralanmıştır. Bu tablolarda en sağ kolonda tehlikeli atıkların türleriyle ilgi bilgi verilmiştir. Bu kolonda “A” kodu ile gösterilen atıklar içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarından bağımsız olarak tehlikeli kabul edilmektedir. “M” kodlu atıklar ise içerdikleri tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak tehlikeli ya da tehlikesiz olarak sınıflandırılabilir. Listede “M” harfi ile gösterilmiş atıklar üzerinde analiz yapılmalı ve analiz sonuçlarına göre atık koduna karar verilmelidir.

Eğer yapılan analiz sonucunda atık içerisindeki tehlikeli bileşenler Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 3-B’de verilen konsantrasyonları aşıyorsa atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılır ve “M” harfi ile gösterilen altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Eğer tehlikeli bileşenlerin konsantrasyonları, Ek 3-B’de verilen eşik değerlerin altında kalıyorsa, bu atıklar tehlikesiz olarak sınıflandırılmalı ve “M” kodlu atıkların tehlikesiz karşılıkları olan altı haneli kodla tanımlanmalıdır. Aşağıdaki tablolarda tüm “M” kodlu atıkların altındaki satırda bu atıkların analiz sonucunda tehlikesiz çıkması durumunda almaları gereken altı haneli kodlar da verilmiştir. Ancak

atıkların tehlikesiz altı haneli kodlarla tanımlanabilmeleri için tehlikesiz olduklarının analiz sonuçları ile doğrulanması gerektiği unutulmamalıdır.

Prosese özel atıklar

Prosese özel tehlikeli atıklar Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 4’de 11 01 Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar başlığı altında “*” işaretli olarak kapsanmıştır. Bu başlıklar altında sıralanan altı haneli kodlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese özel atıklar [7]

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
11	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanması İşlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometalurji	
1101	<i>Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar (Örn: Galvanizleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Sıyırma, Fosfatlama, Alkalin Degradasyonu, Anotlama)</i>	
110105*	Sıyırma asitleri (parlatma asitleri)	A
110106*	Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler	A
110107*	Sıyırma bazları	A
110108*	Fosfatlama çamurları	A
110109*	Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri	M
110110	11 01 09 dışındaki çamurlar ve filtre kekleri ¹	
110111*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama suları	M
110112	11 01 11 dışındaki sulu durulama suları ¹	
110113*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M
110114	11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları ¹	
110115*	Membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar	M
110116*	Doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri	A
110198*	Tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar	M
110199	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar ¹	
1103	<i>Tavlama İşlemleri Çamurları ve Katı Maddeleri</i>	
110301*	Siyantir içeren atıklar	A
110302*	Diğer atıklar	A
1105	<i>Sıcak Galvanizleme İşlemleri Atıkları</i>	
110503*	Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar	A
110504*	Iskarta flaks malzemeler	A

Metal Kaplama Sektörü

¹ Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 3-B'de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

Atık tanımlamaları yapılırken, Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu Cilt 2'den [8] ve saha çalışmalarında edinilen bilgilerden faydalanılmıştır.

Tablo 1'de verilen 11 01 09 kodlu 'Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri', 11 03 kodlu 'Tavlama işlemleri çamurları ve katı maddeleri' ile 11 05 kodlu 'Sıcak galvanizleme işlemleri atıkları' metal kaplama endüstrisi atıksu arıtımından, proses banyoları rejenerasyonundan ve yıkama suyu arıtımından kaynaklanması muhtemel atıklardır.

11 01 09 kodlu 'Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri', çoğu zaman 11 01 15 kodlu 'Membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar' ile karıştırılmaktadır. 11 01 09 kodlu atık ağır metallerin sudan sodyum hidroksit/kalsiyum hidroksit kullanılarak çöktürülmesinden kaynaklanan çamurlar ya da çamurun ilave torbalı filtre preslerde filtrelenmesinden kaynaklanan filtre kekleridir. Bu çamurlar veya filtre kekleri metal ve metal bileşiklerini, alkali içeren yağ giderici atıkları ve asit ve alkali içeren kalıntıları içerebilir. 11 01 15 kodlu atık, suyu temizlemek amacıyla kullanılan iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan çamurlar ve birçok kez kullanılmış işleme banyosu suyu içeren konsantrelerdir [8].

11 01 11 kodlu 'Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları' başlıklı atık, literatürle ve yapılan saha çalışmalarıyla karşılaştırıldığında prosesin her aşamasından sonra uygulanan durulama işleminden kaynaklanan yıkama sıvıları ve yıkama banyoları atıklarıdır. 11 01 11 kodlu atık metal ve bileşiklerini, yağ temizleme atıkları içeren asit ve bazları ve sızıntılarda bulunan ağır metalleri içermektedir [8].

Sahada kül ve dros olarak geçen terimler ise 11 05 01 ve 11 05 02 kodları altında değerlendirilmektedir ve tehlikesizdir. Kül, galvaniz prosesinde çinko ocağının üstünden sıyrılan, Zn, Fe, Al ve çinko oksitten oluşan metalik bileşiktir. Dros da çelik ve çinkonun reaksiyonu sonucu, genel galvanizde oluşup kazan dibine çöken bir demir-çinko alaşımıdır, zaman zaman kazan dibinden temizlenir.

Madeni yağların indirilmesinden kaynaklanana yağ temizleme atıkları için 11 01 13 kodlu 'Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları' kullanılmaktadır. Standart

dışı banyolar ya da tesisin bakım be işletimi sonucu uzun süre beklemiş olan banyolar da 11 01 13 koduna dahil edilmektedir [8]. Kullanılmış asit/baz ile yüzey temizleme banyoları ile kullanılan asit ve bazlar için 11 01 05 kodlu ‘Sıyırma asitleri (parlatma asitleri)’ veya 11 01 07 kodlu ‘Sıyırma bazları’ kullanılmaktadır [8]. Sıyırma asitleri, aşındırma çözeltileri, asitler ki bunlar genellikle sülfirik-hidroklorik-nitrik asit atıklarıdır. Galvanizleme öncesi metaller yüzeyindeki oksit tabakasını sıyırma banyolarından kaynaklanmaktadır.

11 01 ‘Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey İşlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar’ başlığı altında yer alan atıklardan hiçbirine uymayan atıklar 11 01 98 kodlu ‘Tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar’ başlığı altında değerlendirilir. Sonu 98 veya 99 olan atıklar en son başvurulması gereken atıklar, diğer atık kodları altında yer almadığından emin olunduktan sonra seçilmelidir. 11 05 03 kodlu ‘Gaz arıtımından kaynaklanan katı atıklar’ kaplama tanklarının üzerinden genellikle siklonlar yardımı ile toplanan katı atıkları kapsanmaktadır. Bu atıkların oluşumu sıcak daldırma yöntemiyle kaplama yapan tesislerden beklenmektedir.

Yüzey temizlemeyi izleyen aşamalardan biri de flakslama işlemidir. Flakslamada amaç metal yüzeyinin galvaniz banyosuna gidinceye kadar oksitlenmesini engellemektir. Flaks daha iyi bir yüzey elde edebilmek için çinko banyosunda demir ile çinko arasındaki reaksiyonu hızlandırır. Saf çelik yüzeyinin, galvanizleme öncesi paslanmaması için flaks zorunludur. Flaks aynı zamanda, asitle yüzey temizleme işleminden arta kalan bir takım kalıntıları da, galvanizleme öncesi temizler. 11 05 04 kodlu ‘Iskarta flaks malzemeler’ bu işlem sonucunda oluşmaktadır. Flakslama ünitesi sıcak daldırma yöntemiyle kaplama yapan tesislerde bulunmaktadır.

Yan proseslerden kaynaklanan atıklar

Metal kaplama yapan bir tesiste; ana faaliyet konusunun yanında boyama, fiziksel ve kimyasal yüzey işlem de uygulanabileceğinden, bu yüzey işlemlerin söz konusu olduğu proseslerden kaynaklanan atıkların da listeye eklenmesi gerekmektedir. Bu tür bir değerlendirme çerçevesinde belirlenen, demir-çelik sektöründe yan proseslerden kaynaklanması muhtemel atık listesi ve atık kodları Tablo 2’de sunulmaktadır.

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 2. Metal kaplama sektöründen yan proseslerinden kaynaklanan atıklar [7]

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
08	Astarlar (Boyalar, Vernikler ve Vitriفيye Emayeler), Yapışkanlar, Macunlar ve Baskı Mürekkeplerinin İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) Kaynaklanan Atıklar	
0801	<i>Boya ve Verniğın İmalat, Formülasyon, Tedarik ve Kullanımından (İFTK) ve Sökülmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
080111*	Organik çözücüler ya da diğeri tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler	M
080112	08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler ¹	
080113*	İçinde organik çözücüler yada tehlikeli maddeler bulunan boya ve vernik çamurları	M
080114	08 01 13 dışındaki boya ve vernik çamurları ¹	
080115*	Organik çözücüler ya da diğeri tehlikeli maddeler içeren boya ve vernikli sulu çamurlar	M
080116	08 01 15 dışındaki boya ve vernik içeren sulu çamurlar ¹	
080117*	İçinde organik çözücüler yada tehlikeli maddeler bulunan boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan atıklar	M
080118	08 01 17 dışındaki boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan atıklar ¹	
080119*	Organik çözücüler ya da diğeri tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik sökülmesinden kaynaklanan sulu süspansiyonlar	M
080120	08 01 19 dışındaki sulu boya ya da vernik içeren sulu süspansiyonlar ¹	
080121*	Boya ya da vernik sökücü atıkları	A
12	Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Şekillendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar	
1201	<i>Metallerin ve Plastiklerin Fiziki ve Mekanik Yüzey İşlemlerinden ve Biçimlendirilmesinden Kaynaklanan Atıklar</i>	
120106*	Halojen içeren madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
120107*	Halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)	A
120108*	Halojen içeren işleme emülsiyon ve solüsyonları	A

Tablo 2 devam

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
120109*	Halojen içermeyen makne emülsiyon ve solüsyonları	A
120110*	Sentetik işleme yağları	A
120112*	Kullanılmış (mum) parafin ve yağlar	A
120114*	Tehlikeli maddeler içeren işleme çamurları	M
120115	12 01 14 dışındaki işleme çamurları ¹	
120116*	Tehlikeli maddeler içeren kumlama maddeleri atıkları	M
120117	12 01 16 dışındaki kumlama maddeleri atıkları ¹	
120118*	Yağ içeren metalik çamurlar (öğütme, bileme ve bindirme tortuları)	M
120119*	Biyolojik olarak kolay bozunur işleme yağı	A
120120*	Tehlikeli maddeler içeren öğütme parçaları ve öğütme maddeleri	M
120121	12 01 20 dışındaki öğütme parçaları ve öğütme maddeleri ¹	

¹ Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 3-B'de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

Tablo 2'de verilen liste yine Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 4'den alınmış olup temel yan prosesler olan boyama ve fiziki yüzeysel işlemler için bu ekte sıralanmış tehlikeli atıkların bir listesidir. Tehlikeli atık beyanı yapan üreticilerin, işletmelerinde bu yan işlemlerden biri ya da bir kaç uygulanıyorsa bu tablo içinden kendileri için uygun olan atıkları seçerek atık beyanlarında göstermeleri gerekmektedir. Bir başka deyişle yalnızca boyama yapan kuruluşlardan 08 kodlu atıklar, ya da yalnızca fiziksel işlem ve şekillendirme yapan kuruluşlardan 12 kodlu atıklar beklenmelidir.

Proses dışı atıklar Proses dışı atıklar kategorisinde sınıflandırılan atıklar tesislerde uygulanan süreçlerden bağımsız olarak ortaya çıkması muhtemel atıklardır. Genel olarak endüstriyel sektörler incelendiği zaman proses dışı atıkların farklı sektörler arasında benzerlik gösterdiği görülecektir. Proses dışı atıklar ile ilgili listenin hazırlanması aşamasında endüstriyel sektörlerdense genel atık türlerini içeren

Metal Kaplama Sektörü

13 “Yağ atıkları ve sıvı yakıt atıkları”, 15 “Atık ambalajlar; başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler”, 16 “Listede başka şekilde sınıflandırılmamış atıklar” gibi sınıflar incelenmiştir. Atık beyanı veren tehlikeli atık üreticilerinin aşağıdaki genel listeyi inceleyerek kendi tesislerinden kaynaklanan proses dışı atıkları tanımlayarak beyanlarında bu atıkları göstermeleri gerekmektedir.

Tablo 3. Metal kaplama sektöründen kaynaklanabilecek proses dışı atıklar [7]

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
13	Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları (Yenilebilir Yağlar, 05 Ve 12 Hartç)	
<i>1301</i>	<i>Atık Hidrolik Yağlar</i>	
130101*	PCB içeren hidrolik yağlar	A
130105*	Klor içermeyen emülsiyonlar	A
130109*	Mineral esash klor içeren hidrolik yağlar	A
130110*	Mineral bazlı, klor içermeyen hidrolik yağlar	A
130111*	Sentetik hidrolik yağlar	A
130113*	Diğer hidrolik yağlar	A
<i>1302</i>	<i>Atık Motor, Şanzıman ve Yağlama Yağları</i>	
130204*	Mineral bazlı klor içeren makine, şanzıman ve yağlama yağları	A
130207*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir motor, şanzıman ve yağlama yağları	A
130208*	Diğer makine, şanzıman ve yağlama yağları	A
<i>1303</i>	<i>Atık Yalıtım ve Isı İletim Yağları</i>	
130307*	Mineral bazlı klor içeren yalıtım ve ısı iletme yağları	A
<i>1305</i>	<i>Yağ/Su Ayrıcısı İçerikleri</i>	
130502*	Yağ/su separatöründen (ayırıcısından) çıkan çamurlar	A
130506*	Yağ/su ayırıcılarından çıkan yağ	A

Tablo 3 devam

Atık Kodu	Atığın Tanıtımı	A/M
15	Atık Ambalajlar; Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Slime Bezleri, Filtre Malzemeleri Ve Koruyucu Giysiler	
1501	Ambalaj (Belediyein Ayrı Toplanmış Ambalaj Atıkları Dahil)	
150110*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren yada tehlikeli maddelerle pislenmiş ambalaj	M
150111*	Boş basınçlı konteynurlar dahil olmak üzere tehlikeli gözenekli katı yapı (örneğin asbest) metalik ambalajlar	M
1502	Emiciler, Filtre Malzemeleri, Temizleme Bezleri ve Koruyucu Giysiler	
150202*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş absorbanslar, filtre maddeleri (aksi belirtilmemiş ise yağ filtreleri dahil), temizleme bezleri, koruyucu giysiler	M
16	Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar	
1601	Çeşitli Taşıma Türlerindeki (İş Makineleri Dahil) Ömrünü Tamamlamış Araçlar ve Ömrünü Tamamlamış Araçların Sökülmesi ile Araç Bakımından (13, 14, 16 06 ve 16 08 hariç) Kaynaklanan Atıklar	
160107*	Yağ filtreleri	A
160114*	Tehlikeli maddeler içeren antifriz sıvıları	M
160115	16 01 14 dışındaki antifriz sıvıları ¹	
1602	Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları	
160209*	PCB'ler içeren transformatorler ve kapasitörler	M
160210*	16 02 09 dışındaki PCB içeren ya da PCB ile kontamine olmuş ısıkarta ekipmanlar	M
160211*	Kloroflorokarbon, HCFC, HFC içeren ısıkarta ekipmanlar	M
160212*	Serbest asbest içeren ısıkarta ekipman	M
160213*	16 02 09 dan 16 02 12'ye kadar bahsedilelerin dışında tehlikeli bileşenler içeren ısıkarta ekipmanlar	M
160214	16 02 09'dan 16 02 13'e kadar olanların dışındaki ısıkarta ekipmanlar ¹	
160215*	Iskartaaya çıkan parçalardan çıkartılmış tehlikeli maddeler içeren parçalar	A
1605	Basmıç Tank İçindeki Gazlar ve Iskartaaya Çıkıymış Kimyasallar	
160506*	Laboratuvar kimyasalları karışımları dahil tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren laboratuvar kimyasalları	M
160507*	Tehlikeli maddeler içeren ya da bunlardan oluşan ısıkarta anorganik kimyasallar	M
160508*	Tehlikeli maddeler içeren ya da bunlardan oluşan ısıkarta organik kimyasallar	M

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 3 devam

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
160509	16 05 06, 16 05 07 ya da 16 05 08 dışında tehlikeli maddeler içeren ıskarta organik kimyasallar ¹	
1606	<i>Piller ve Aküler</i>	
160601*	Kurşun piller	A
160602*	Nikel kadmiyum piller	A
160603*	Cıva içeren piller	A
160606*	Pil ve akümülatörlerden ayrı toplanmış elektrolitler	A
17	İnşaat ve Yıkım Atıkları (Kirlenmiş Alanlardan Çıkarılan Hafriyat Dahil)	
1701	<i>Beton, Tuğla, Kiremit ve Seramik</i>	
170106*	Tehlikeli maddeler içeren beton, tuğla, kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları	M
170107	17 01 06 dışındaki beton, tuğla kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları ¹	
1704	<i>Metaller (Araşmaları Dahil)</i>	
170410*	Yağ, katran ve diğer tehlikeli maddeler içeren kablolar	M
170411	17 04 10 dışındaki kablolar ¹	
18	İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar (Doğrudan Sağlığa İlişkin Olmayan Mutfak ve Restoran Atıkları Hariç)	
18 01	<i>İnsanlarda Doğum, Teşhis, Tedavi ya da Hastalık Önleme Çalışmalarından Kaynaklanan Atıklar</i>	
180103*	Enfeksiyonu önlemek amacı ile toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar	A
20	Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel Ve Kurumsal Atıklar)	
2001	<i>Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)</i>	
200121*	Flüoresan tüpler(lambalar) ve diğer cıva içeren atıklar	A
200126*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	A
200127*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler	M
200128	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler ¹	
200133*	16 06 01, 16 06 02 yada 16 06 03 de bahsedilen pil ve akümülatörler ve bu pilleri içeren karışık akümülatörler	A
200135*	20 01 21 ve 20 01 23 'de bahsedilenlerin dışındaki tehlikeli maddeler içeren ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar	M

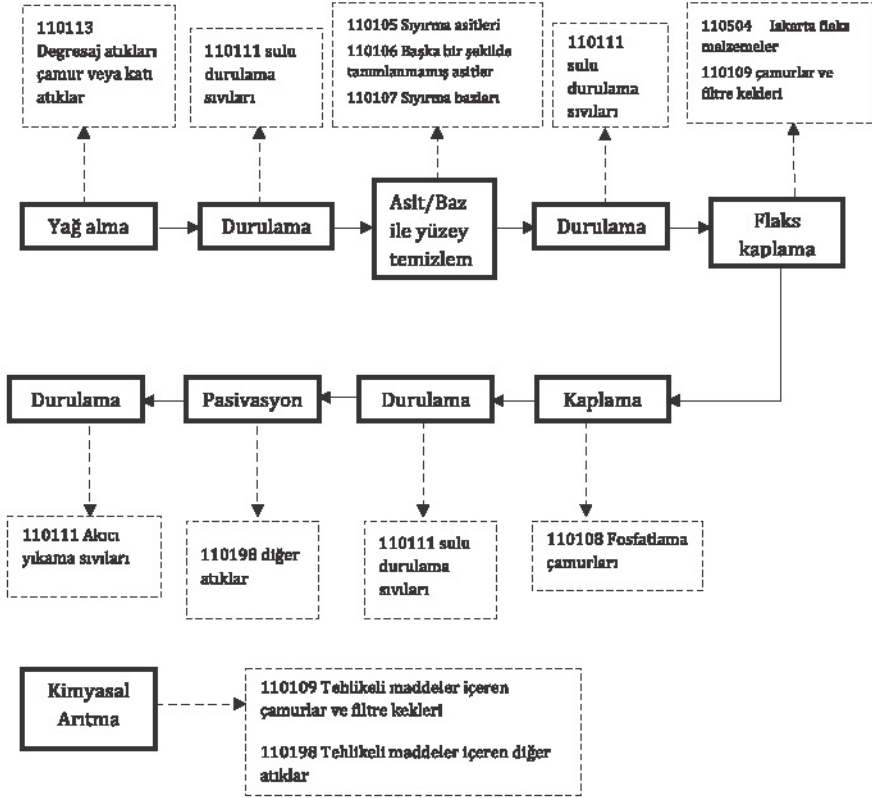
Tablo 3 devam

200136	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar ¹	
--------	---	--

¹ Bu kod numaralarının atık beyanlarında kullanılabilmesi için atıkların bünyesindeki tehlikeli bileşen konsantrasyonlarının Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 3-B'de verilen eşik konsantrasyonların altında kaldığı analizlerle kanıtlanmalıdır.

4.2 ATIK OLUŞUM KAYNAKLARI

Şekil 2’de proses atıklarının oluşabileceği üretim noktaları gösterilmiştir.



Şekil 2. Metal kaplama tesislerinde tehlikeli atık üretim noktaları

Yukarıda da belirtildiği üzere yan proseslerden kaynaklanan atıklar metal kaplama tesisinde boyama, ya da fiziksel yüzey işlem uygulanması halinde meydana gelecektir. Proses dışı atıklar için ise tüm yan işletmeler, yemekhane, ofisler ve revir gibi üniteler de göz önünde bulundurulurken incelenmelidir. Proses dışı atıkların incelenmesi için örnek bir kontrol listesi aşağıda verilmiştir. Ancak bu listenin tesis bazında genişletilmesi gerekebileceği unutulmamalıdır.

- o 13 “Yağ Atıkları ve Sıvı Yakıt Atıkları”
- o 13 01 “Atık hidrolik yağlar” için tesis bünyesinde kullanılan hidrolik cihazlar
- o 13 02 “Atık motor, şanzıman ve yağlama yağları” için tesise ait tüm araçlar
- o 13 03 “Atık yalıtım ve ısı iletim yağları” için ısı yalıtımı amacıyla yağ ve türevlerinin kullanıldığı sistemler
- o 13 05 “Yağ/su ayırıcısı içerikleri” için tesis içerisinde yağlı/su karışımlarının ayrıldığı tüm üniteler özellikle fiziksel kimyasal arıtma üniteleri
- o 15 “Atık Ambalajlar; Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Emiciler, Silme Bezleri, Filtre Malzemeleri Ve Koruyucu Giysiler” Tesis içerisinde muhtelif noktalar
- o 16 “Listede Başka Bir Şekilde Belirtilmemiş Atıklar”
- o 16 01 “Çeşitli taşıma türlerindeki ömrünü tamamlamış araçlar ve ömrünü tamamlamış araçların sökülmesi ile araç bakımından kaynaklanan atıklar” için tesise ait tüm araçlar (özellikle araç bakım noktaları)
- o 16 02 “Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları” için tesisin muhtelif yerleri
- o 16 05 “Basınçlı Tank İçindeki Gazlar ve Iskartaya Çıkmuş Kimyasallar”
- o 16 06 “Piller ve aküler” için gerek üretim alanları gerek ofis, yemekhane, revir gibi alanlar gerekse tesise ait araçlar
- o 17 “İnşaat ve Yıkım Atıkları (Kirlenmiş Alanlardan Çıkarılan Hafriyat Dahil)” için tehlikeli maddeler ile kirlenmiş toprak, kablolar, inşaat malzemesi (özellikle eski tesislerde asbest içerme riski nedeniyle yalıtım malzemeleri) vs.
- o 18 “İnsan ve Hayvan Sağlığı ve/veya Bu Konulardaki Araştırmalardan Kaynaklanan Atıklar” için revirler ve acil yardım üniteleri
- o 20 “Ayrı Toplanmış Fraksiyonlar Dahil Belediye Atıkları (Evsel Atıklar ve Benzer Ticari, Endüstriyel Ve Kurumsal Atıklar)” için üretim alanları ofisler, yemekhaneler.

5.0 ATIKLARIN ÖNLENMESİ VE EN AZA İNDİRGENMESİ

Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik incelendiğinde *atık hiyerarşisinin* altının çizildiği görülmektedir. Şekil 3’de şematik olarak gösterilen bu anlayışa göre öncelikle atıkların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir. Eğer atık oluşumu önlenemiyorsa, üretilen miktarların mümkün olduğu kadar aza indirgenmesi esastır. Atıkların önlenemediği ya da miktar olarak azaltılamadığı durumda, atıkların yeniden değerlendirilebilmeleri için geri dönüşüm ya da yeni kullanılabilir ürünler elde edilme fırsatları aranmalıdır. Geri dönüşüm/geri kazanım uygulamaları bir alternatif değilse atıklar arıtma tesisleri ya da yakma fırınlarında işlem görmelidir. Bu aşamadaki en önemli hedef işlenen tehlikeli atık hacminin ya da miktarının işlem sonunda düşürülmesidir. Bu sayede en az tercih edilen alternatif olan nihai bertarafa gidecek toplam atık miktarı önemli oranda azaltılacaktır. Atık hiyerarşisi prensibinde atıklar ancak daha tercih edilebilir alternatifler işe yaramadığı durumda nihai bertarafa gönderilmelidir.



Şekil 3. Atık hiyerarşisi

Özellikle sanayiden kaynaklı tehlikeli atıkların miktarlarının mümkün olduğu kadar düşürülmesi için, atık önleme ve azaltma ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bunların bir kısmı literatürde önerilmekte ve sanayi kuruluşları tarafından benimsenmekte, bir kısmı da bireysel kuruluşlar tarafından kendi ihtiyaçlarını karşılamak üzere geliştirilmekte ve daha sonra uygulama olarak yayılmaktadır. Atık önleme ve azaltma uygulamaları ya da bir diğer adıyla mevcut en iyi teknikler (MET) sadece üretilen atık miktarlarının düşürülmesi sayesinde pozitif bir çevresel etki yapmakla kalmayıp, atık bertaraf masraflarının önlenmesi ya da azaltılması sayesinde de işletmelere ekonomik bir fayda sağlamaktadır.

Bu bölümde ayrıntıları verilen atık önleme ve azaltma tedbirleri özellikle demir çelik sanayi proses atıklarını kapsamaktadır. İncelenecek tedbirlerin bir özeti Tablo 4’de verilmiştir. Bu tabloda tehlikeli proses atıkları bazında MET hakkında kısa bir açıklama verilmiştir. Metal kaplama sektörü için geliştirilen tüm MET hem yeni hem de kurulu tesislerde uygulanabilmektedir. Son olarak bu uygulamalar ile ilgili daha ayrıntılı bilgiye ulaşılacak kaynaklar verilmiştir. Tablo 4’de sıralanmış uygulamaların bir kısmı az önce bahsedilen işletmelerin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirdiği ve saha çalışmaları sonucu bu rehberde eklenen METlerdir.

Aşağıda ayrıntıları verilen tekniklere ek olarak literatürde yer verilen çeşitli öneriler şu şekildedir:

- o Flakslama ünitesinden çıkan torba filtre tozlarının amonya klorür ve çinko klorürün değerlendirilmesi için flaks çözültüsü üreticilerine geri gönderilmesi [6]
- o Proses tanklarının filtreden geçirilerek banyo ömrünün uzatılması [25] [26] [29]
- o Çinko banyolarının üzerinin örtülerek buharlaşma kayıplarının azaltılması [6]
- o Galvanizleme işleminden kaynaklanan çinko ve baca gazı tozlarından çinko elde edilmesi [46]

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 4 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan proses atıkları için kullanılabilen mevcut en iyi tekniklerin listesi

Atık Kodu	Atığın Adı	A/M	MET	Açıklaması	Referans
11 01 05	Sıyrma asitleri (parlatma asitleri)	A	Sıyrma banyolarından asit ve metal geri kazanımı	Atık miktarını azaltır	[6, 9-24]
11 01 06	Başka şekilde tanımlanmamış asitler		Kademeli sıyrma	Atık miktarını azaltır	[6]
			Kullanılmıy asitlin ikinci ham maddede olarak yeniden değerlendirilmesi	Atık miktarını azaltır	[6]
			Ağır dişilamanın engellenmesi	Atık miktarını azaltır	[6]
			Asitleme ve sıyrma çözümlerinin flişs banyosunda yeniden kullanımı	Atık miktarını azaltır	[6]
11 01 07	Sıyrma bezleri	A	Kademeli sıyrma	Atık miktarını azaltır	[6]
			Toksik ve kanserojen kimyasıların kaplamadan vazgeçilmesi	Atığın tehlikeli maddede içeriğini azaltır	[25 - 27]
11 01 09	Tehlikeli maddeler içeren pamurlar ve filtre kolları	A	Sıyrma işleme sistemlerinin kullanılması	Atığın tehlikeli maddede içeriğini azaltır	[25 - 29]
			Cr ⁶⁺ yerine Cr ³⁺ 'ün kullanımı	Atığın tehlikeli maddede içeriğini azaltır	[5][27][29][31]
11 01 11	Tehlikeli maddeler içeren su buharlama sıvıları	M	Banyolardan çıkan sıvıların (drag-out) en aza indirilmesi	Atık miktarını azaltır	[5][6][25][28][29][32][34]
			Durulama işleminin verimliliğinin artırılması	Atık miktarını azaltır	[25, 28, 29, 33, 35, 36 - 43]
11 01 13	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M	Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi	Atık miktarını azaltır	[6][44]
			Alternatif yağ alma işlemlerinin uygulanması	Atık miktarını azaltır	[6][25][29][44][45]

MET	<i>Asit ve metal geri kazanımı</i>
Kaynaklar	[6, 9-24.]
Hedef Atıklar	11 01 05 Sıyırma asitleri
Uygun olduğu proses:	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
	<p>Aşağıda kullanılan asit sıyırma banyolarından serbest ve metal ile tepkimeye girmiş asitlerin geri kazanımı ile ilgili uygulanabilecek metotlar verilmiştir.</p> <p>Serbest Asit Kazanımı</p> <p><u>Kristalleşme (H_2SO_4 ve HF/HNO_3 karışımı)</u></p> <p>Kristalleşme ile H_2SO_4 geri kazanım süreci; su, H_2SO_4 ve demir sülfat arasındaki çözünürlük ilişkisine dayanmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda sıyırma banyosu içerisindeki demir sülfatın çözünürlüğü yüksek iken banyonun soğutulması ile çözeltinin doygunluğa ulaşması sonucu demir sülfat kristaller halinde çökmektedir. Serbest H_2SO_4ın, sıyırma banyosundan geri kazanımı, heptahidrat kristalleşme süreci olarak bilinen ve çözelti içerisindeki demirin, demir heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) olarak çöktürülmesi ve serbest asitten ayrılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Soğutma tipine bağlı olarak, asit geri kazanımı için heptahidrat kristalleşme süreçleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> o indirekt soğutma ile kristalleşme, o silkon ile kristalleşme ve o vakum soğutma yoluyla kristalleşmedir. <p>Kristalleşme süreci ile tuz yüklemelerinde azalma sağlanabilir [6]. Kristalleştirme ile karışık asidin de (hidroklorik asit ve nitrik asit karışımı) geri kazanımı mümkündür. [9][10]</p> <p>Kristalleştirme sürecinin en önemli dezavantajları tanesi yüksek enerji sarfıyatı ve çözeltiden uzaklaştırılan kristallerinin yönetiminin sorunlu olmasıdır [11].</p> <p><u>Buharlaştırma ile geri kazanım (HCl)</u></p> <p>Hidroklorik asidin buharlaşma yoluyla geri kazanımı, iki basamaklı yoğunlaştırma/ayırma kontrolünde ani buharlaşma sirkülasyonu gerçekleştirilmektedir. Kullanılan asit çözeltisi, kullanılan asitten asit ve suyu ayırmak için ısıtılır. Isıtma sonucunda yalnızca yoğunlaştırılmış demir klorür çözeltisi kalır.</p> <p>Atık banyo çözeltisi besleme çançörü ve ana çançörden geçtikten sonra ayrıncıya girer. Ayrıncıda çözeltinin sıcaklığı $100^{\circ}C$'ye kadar yükselir ve doygunluğa ulaştığı anda ayrıncıdan alınır. Ayrıncı çıkışında sisteme beslenen çözeltiyi ısıtan besleme çançöründen geçen buhar sayesinde asit ve suyun yoğunluğu tanklara girer. Asit yoğunlaşma tankında asit konsantrasyonu, asidin kalitesi sıyırma işlemine geri dönüştürülmesine uygun olacak şekilde ayarlanır. Arda kalan su buharı, su yoğunlaştırma tankına girer ve geride kalmış olan asitten ayrılır. Yoğunlaşan su yıkama suyu olarak ve geri kazanılan asit de sıyırma işleminde yeniden kullanılmak için uygundur.</p> <p>Sistemin işletiminin basit olduğu bildirilmektedir. Asit buharı sistem çalışırken bir yandan da ventilemesini sağlamaktadır. Bu da çançörlerin ve reaktörlerin bakımı için harcanan süreylı düşürmektedir.</p> <p>Bu sistemin kullanımı taze asit tüketimini düşürmektedir.</p>

Geçiktirme (yavaşlatma) (HCl, H₂SO₄, HF/HNO₃)

Bu yöntem, çözünen metaller reçine yatağından geçerken, serbest asit iyonlarının reçinelerde tutulması esasına dayanmaktadır. Su ile geri yıkama sırasında, adsorplanan asit ozmotik basıncıdaki farklılıklar nedeniyle yeniden serbest bırakılır. Serbest asitlerin (hidroklorik ve sülfürik asit) geri kazanım oranı %80-90 civarındadır. Geçiktirme prosesinin avantajı yer ve ekipman ihtiyacının az olmasıdır. Bu prosesin kullanımının, asit tüketiminin en az 40 l/ta olarak gerçekleştiği durumlarda uygun olduğu bildirilmektedir. Sıyırma çözeltisindeki ortalama metal içeriği 50-60 g/L'yi aşmamalıdır. Metalk tuz çözeltisinden oluşan atık içeriğine bağlı olarak kullanılabilir [6].

İyon değiştiriciler sadece asit geri kazanımı için değil aynı zamanda asit sıyırma çözeltilerinden metal geri kazanımı için de kullanılmaktadır. Bu işlem uygulanırken çözülmüş metaller reçinede tutulmakta ve reçine doygunluğa ulaştığında rejenerce çözülmektedir. Rejenerasyon sonucu açığa çıkan yüksek metal içerikli çözelti, çöktürme ya da damıtma gibi işlemlere tabi tutularak metal geri kazanımı sağlar. Çözeltiden birden fazla metalin geri kazanımı arzu edildiği durumda bu metaller için seçiciliği yüksek farklı reçinelerin seri olarak kullanılması önerilmektedir [12].

Bu sistemin avantajları arasında düşük maliyet, işletimin basit olması, güvenilirlik ve üstün performans sıralanmaktadır [11].

Diffüzyon diyalizi (HCl, H₂SO₄, HF/HNO₃)

Bu yöntem için kullanılan asit ve demineralize sudan oluşan iki farklı seviyi ayıran iyon değişimi membranları kullanır. Bu procese metaller (katyonlar) pozitif yüklerinden dolayı tutulurken, ayrılmış asitlerin (anyonların) difüzyonuna neden olur. Hidrojen iyonları küçük boyutlarından dolayı, anyonlarla birlikte membran boyunca difüze olarak bu duruma istisna oluşturur. Difüzyon diyalizi prosesi yıllardır H₂SO₄, HCl, HNO₃ ve HF asitlerinin geri kazanımı için başarıyla kullanılmaktadır. Kullanılan sıyırma sıvısından serbest asitlerin %80-85'ini ayırmak mümkündür. Membran kullanım ömrü yaklaşık 3-5 yıldır. Ancak bazı organik maddeler, aktif karbon gibi ön artım işlemleri uygulanmadığı durumda membranın tıkanmasına neden olur. Bu prosesin avantajı az yer kaplaması ve az ekipmana ihtiyaç olması ve işletme masraflarının düşük olmasıdır. Ayrıca membran ömrünün uzun olduğu bildirilmektedir. Amortisman ömrü kısadır. Taze asit ihtiyacında önemli ölçüde azalma gerçekleşmektedir [6] [13].

Her lik teknik için (geçiktirme ve difüzyon diyalizi) ilave su gereksinimi olması nedeniyle, temelde suca daktırmanın suif atılması amacıyla çelişki oluşturmaktadır.

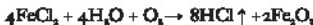
Asit Rejenerasyonu

1. Pirohidroliz (Aynıkleu yataklı proses-HCl ve püskürtmeli tavlama)
2. Elektrolitik rejenerasyon (HCl, H₂SO₄)
3. Bipolarmembran (HF/H₂SO₄)
4. Buharlaştırma prosesi (HF/HNO₃)

Pirohidroliz

Aynıkleu yataklı proses-HCl

Bu sürecin temelii, kullanılan sıyırma sıvısının oksijen ve subuharı varlığında, yüksek sıcaklıklara hidroklorik asit (HCl) ve demir okside (Fe₂O₃) termal ayrışmasıdır.

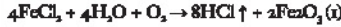


Akışkan yataklı sistemde verilen ayırma sıvısından ağırlıkça yaklaşık %18 konsantrasyonunda HCl depolama tankında toplanır. Böylece atmosfere verilen gaz içerisinde artık HCl bulunmamaktadır. Bu arada bu sürecin işlenmesi esnasında demir oksit granülleri oluşur ve bunlar çeşitli endüstrilerde ham materyal olarak kullanılır.

Tanımlanan akışkan yataklı HCl rejenerasyonu; çok yüksek demir konsantrasyonu dahi içeren (250 g/L) harcanan ayırma sıvını işleyebilir ve bu esnada borular tıkanmaz [6].

Püskürtmeli tavlama - Ruthner metodu (HCl, HF/HNO₃)

Hidroklorik asit için diğer geri kazanma seçeneği, püskürtmeli tavlama prosesidir. İşletme prensibi, kullanılan ekipmandaki çeşitliliğin farklılıklarından dolayı tüm diğer tavlama prosesine benzerdir. Püskürtmeli tavlama prosesinde demir klorürün (FeCl₂) ve suyun pirohidrolitik ayrılma yaklaşık 450°C ve üzerindeki sıcaklıkta gerçekleşir. Kullanılan asit, reaktöre gelen sıcak gazların soğutulduğu yerlerdeki venturi ısı değiştiricisine beslenir. Kondanse olan asit tekrar direkt olarak yuktardan ateşleme reaktörüne püskürtülür. FeCl₂ (demir klorür) buhar ve havadaki oksijen ile aşağıdaki reaksiyona göre HCl gazına ve demir okside ayrılır:



Buradan oluşan Fe₂O₃ reaktörün tabanından toplanır ve pinometrik olarak oksit tankına taşınır. HCl gazı buhar ve yanma gazları ön buharlaştırıcı kanalıyla absorbere nakledilir. Ekile edilen demir oksit, kalitesine bağlı olarak farklı amaçlar için kullanılabilir. Üretilen HCl (yaklaşık %18) ayırma prosesine döndürülebilir.

Paslanmaz çelik ayırmadan gelen karışık asitlerin üretimi için püskürtmeli tavlama prosesi HCl için olana oldukça benzerdir. Ancak bu sistem ayrıca izotermal absorpsiyon basamağı ve NO_x için katalitik dönüştürücüde kullanılan tali gaz temizleme sistemi içerir. Fe, Cr, Ni metallerinin florür komplekslerini ve bunun yanı sıra nitrik asit ve hidroflorik asitleri içeren ayırma sıvısı önce ön buharlaştırıcıya oradan da konsantre hale gelen ayırma sıvısı püskürtücülerle reaktöre beslenir ve reaktörde metal oksitlere dönüştür. Karışık metal oksitler reaktörün tabanından toplanır.

Su buharı, yanma gazları, HF, HNO₃ ve NO_x içeren kapalı gaz iki basamaklı absorpsiyon kolonuna gönderilir. Kolonlarda rejener edilmiş asit üretilir ve bu asit ayırma prosesinde tekrar kullanılır. Ayrıca proseste NO_x zararsız olan azot ve suya dönüştürülür [6].

Her iki pirohidroliz yöntemi de asit ayırmada yeniden kullanılabilir özellikte hidroklorik asit elde edilmesine olanak tanımaktadır. Akışkan yataklı prosesi püskürtmeli tavlama işlemine göre daha yüksek sıcaklıklarda işletilmektedir (sırasıyla 850°C ve 450°C). Bu nedenle akışkan yataklı işletim giderleri püskürtmeli tavlama ile %20-30 daha yüksektir [14] ancak akışkan yataklı ile elde edilen demir oksitinin demir çelik sanayinde yeniden kullanımı daha kolaydır. Püskürtmeli tavlama yönteminin akışkan yataklıya göre bir diğer avantajı daha yüksek kapasitelerde çalıştırılabilmesidir. Püskürtmeli tavlama tesislerinin 22.000 L/sa'lık kapasitelere kadar çıkarken akışkan yataklı tesislerin en fazla 10.000 L/sa'lık kapasiteye ulaşabildiği bildirilmiştir [14]. Ancak bu mantık yüksek çinko içerikli ayırma banyolarına uygulandığı durumda, çinko buharlaşarak ekipman duvarlarına yapışmakta ve prosesin uygulanmasını engellemektedir [15].

Elektrolitik rejenerasyon (HCl, H₂SO₄)

Asidin elektrolitik rejenerasyonu, elektrolitik hücrenin katotunda demir ve demir-çinko alaşımının çökelmesine, suyun ayrılmasına ve anotta asidin geri kazandırılmasına dayanır.

Serbest ve demir bağlı asidin HCl için geri kazanımı ancak aynı anda anotta suyun ayrılması ve klor gazının elde edilmesiyle mümkündür. Bu durum atık gaz ekstraksiyonu ve atık gaz temizleme ünitesine ihtiyaç duyulmasına yol açmaktadır.

H₂SO₄ rejenerasyonunda ilave elektrot (amonyum sülfat) kullanılır ve katot ve anot iyon

değişimi membran ile ayrılır. Sıyırma işlemine yeniden verilebilecek sülfat iyonları anyonik kısımdaki H_2SO_4 formundayken, demir, katyonik paslanmaz çelik tabakalarda çözelir.

Bu yöntemin en önemli avantajlarında birinin düşük kimyasal kullanımı olduğu belirtilmektedir [16][17]

Bipolar Membran (HF/HNO_3)

Bipolar membranlar, kullanılan asit rejenerasyonu proses adımlarının bir kombinasyonunu içerir. Yöntem öncelikle serbest asidin daha sonra metal ile tepkimeye girmiş olan asidin geri kazanımını kapsar. Serbest asit geri kazanımı için difüzyon dilalizi kullanılabilir. Daha sonra kalan kullanılan asit çözeltisi KOH ile nötralize edilmesiyle metal hidroksit ve tuzları (KCl, KF gibi) üretilir. Metal hidroksitler çamur olarak çöktürülür ve sonrasında susuzlaştırılır. KCl/KF içeren tuz çözeltisi ise elektrodializle yoğunlaştırılır. Açığa çıkan su, metal hidroksit çamurunun yıkanması için kullanılabilir.

Bipolar membranlar, iki farklı tabaka halindeki zıt yüklü iyon değişimi materyallerinden oluşur. Bipolar membrandan dolayı, su sürekli H^+ ve OH^- iyonlarına çözülür (ayrılır). Bu durumda tuz çözeltisindeki anyon ve katyonlar (asit ve baz) ile KOH üretilir. Asit sıyırma (pickling) prosesine, KOH ise nötralizasyon basamağına geri döndürülür [6][10].

Buharlaştırma (HF/HNO_3)

Bu süreçte kullanılan sıyırma asitleri vakum altında $80^\circ C$ sıcaklıkta sülfirik asitle birlikte konsantre edilir. Çöken metal tuzu ise $Ca(OH)_2$ çamuru ile nötralize edilir. Kullanılan sıyırma asitleri devirdaim yapan sülfirik asitle birlikte vakum buharlaştırılmaya başlanır. Vakum buharlaştırıcısında $80^\circ C$ sıcaklıkta karışık asitler sentir. Su, HF ve HNO_3 uçurular ve kondense edilir. Kuvvetli sülfirik asit çözeltisindeki metal sülfat katmanları sülfamat zincir kompleksleri sıcaklığın yükselmesiyle H_2SO_4 'e ayrılır. Bu durum metallerin çökmesine ve asit kalıntısının (HF & NO_2) buharlaşmasına neden olur.

Buharlaştırma-kristalleşme döngüsünde uzun bekleme süresi, $80^\circ C$ 'deki sülfat tuzlarının filtreleme özelliklerini iyileştirir. Kristalleşme tankından çıkan sülfat çamuru konik çamur yoğunlaştırıcıya pompalanır. Yoğunlaştırıcının tabanından metal sülfat kekleri pres filtreye geçer. Süzünce kısmı kristalleşme işlemine geri döndürülür. Sülfat keki nötralizasyon tankına bekenerek kireçle karıştırılır.

Islık işlem, batık yakma buharlaştırıcısında gerçekleştirilir. Yanma gazları, HF ve HNO_3 'leri geri almak için venturi yıkaması kullanılarak yıkanır ve bu çözelti daha sonra ana sıyırma asidi akış hattı ile birleştirilir.

Buharlaşma esasına dayalı olarak çalışan ve önbuharlaştırıcı, buharlaşma tankı ve asit soğurucu kolondan oluşan bir kurulum denenmiştir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan demir içerikli çamurun antılması gerekliliğinin altı çizilmiştir [18].

Çözelti ekstraksiyonu (H_2SO_4 , HF, HNO_3)

Asit ve metal geri kazanımı için kullanılabilecek bir diğer yöntem de çözelti ekstraksiyonudur. Yapılan çalışmalarda Alamine 336 sülfirik asit DaEHPA ve MIBK demir geri kazanımı için denenmiştir [19]. Sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ile tributil fosfat (TBP) kullanılarak nitrik ve hidroflorik asit geri kazanımı mümkündür [10].

Sıyırma banyolarından çinko geri kazanımı ise için TBP'nin bir dizi çözelti içerisinde en iyi performansı gösterdiği bildirilmektedir [15][17][20]. Bu işlemde çözeltideki çinko klorür bileşiği HCl ile birlikte organik malzemeye bağlanır. Yoğunluğu az olan bu malzeme, banyo üzerinden süzülerek ayrıştırılabilir. Bu organik malzeme, yeniden çözelti içerisine konulduğunda reaksiyon ters yönde çıkar. Böylece oluşan organik çözelti geri dönüştürülür ve seyreltilmiş $ZnCl_2$ çözeltisi oluşur. Bu çözelti buharlaştırılarak, çinkoca zenginleştirilir. Kondansat kısmı yeniden ekstraksiyon için geri dönüştürülür. Konsantre olan kısım satılır

	<p>[20]. Ayrıca proses sırasında emülsiyon oluşumunu en aza indirmesi için çinko ekstraksiyonunun membranlar varlığında uygulanması önerilmiştir [21].</p> <p>Bu yöntem ile daha fazla bilgi için bakınız: [11][19][22]</p> <p><u>Biyolojik yöntem</u></p> <p>Biyolojik yöntemlerin metal geri kazanımına yönelik uygulanması önerilmiştir. Demir ve sülfürik asit içeren sıyırma sularından demir ve sülfürik asidin geri kazanımı <i>Thiobacillus ferrooxidans</i> kullanılarak biyolojik oksidasyonla mümkündür. Bu işlem sırasında demir; sülfat olarak (ammoniyajarosite ve $FeOHSO_4$) çöker ve %97 verimle demir geri kazanılır. Alternatif olarak, ammoniyajarosite; yüksek saflıkta demir üretiminde hammaddce olarak kullanılabilir [23].</p>
Ekonomik boyut	<p>İnorganik asitler görece olarak düşük maliyetli olsa da ömrünü tüketmiş asitlerin nötralizasyonu ve bertarafı, kullanılmış banyo çözeltilerinin boşaltılmaları sırasında üretimin durması, ve asit yenileme sırasında karşılaşılan aşırı dağılma gibi problemlerin yarattığı dolaylı maliyetler mevcuttur. Asit sıyırma prosesinin genel göz önünde bulundurulduğunda dolaylı maliyetler asit geri kazanım maliyetlerinin ötesine geçebilmektedir [24].</p>

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Kademeli sıyırma (asit ya da baz ile)</i>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	II or oğ Sıyırma asitleri
Uygun olduğu proses:	Galvanizleme
Açıklama	<p>Kademeli asitleme, sıyırma işlemi sırasında iki ya da daha fazla banyo kullanımını içerir. Bu banyolarda asit ile kaplanan malzeme karşı akım prensibiyle hareket eder. Malzeme ilk tankta en temiz asit ile değil en kirdi asit ile temasa girer ve tanklarda ilerledikçe gidikde daha temiz asit banyolarna girer. Bu şekilde temiz asit ilk tankta malzemenin en kirdi haliyle temas etmediği için paralel akıma kıyasla daha az kirletir ve asit daha etkin bir şekilde kullanılmış olur. Bu yöntemin sıyırma işleminin performansına olumsuz bir etkisi olmadığı gibi asidin metal tuzlarına dönüştürümü daha yüksek oranda gerçekleşir. Ayrıca bu sayede atık asit oluşumu azalmaktadır.</p> <p>Aynı prensip ile baz kullanılarak yapılan sıyırma işlemlerinde atık baz oluşumunu azaltmak mümkündür.</p>
Ekonomik boyut	<p>Kademeli sıyırma için ilave bir asit tankına ihtiyaç vardır. Mevcut tankı parçalara bölmek yeterli olmamaktadır. İlave asit tankı ile beraber aside dayanıklı yer kaplaması ve bir pompa sistemi ihtiyacı da doğmaktadır. Ayrıca kaplama ve havalandırma sistemi de gerekebilir. Genel olarak maliyet kurulacak sistemin kapasitesine bağlı olmakla beraber 0.2 ile 0.5 milyon Euro arasındadır. Yatırım ve işletme maliyetleri ile asit kullanımının ve atık asit oluşumunun azalmasından kaynaklanan tasarruflar karşılaştırılmadır.</p>

MET	<i>Kullanılmış asidin ikincil hammaddede olarak yeniden değerlendirilmesi</i>
Kaynaklar	[6]
Hedef Atıklar	II or oğ Sıyırma asitleri
Uygun olduğu proses:	Asit sıyırma işleminin kullanıldığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Metal kaplama sektöründen kaynaklanan kullanılan asitler, FeCl₃ ve nadiren de olsa pigment üretiminde ikincil hammaddede olarak kullanılabilir.</p> <p>Geride dönüştürülen kullanılmış asitten değerli kimyasal üretilme olasılığı Avrupa'nın birçok bölgesinde mümkündür. Bazı firmalar kullanılan asitteki bazı metal iyonları için zorunlu limitleri uygulamaya sokmuşlardır. Son zamanda birkaç firma kullanılmış asitlerden Zn ve Pb gibi metalleri uzaklaştırmak için patent aldıkları özel süreçler geliştirmişlerdir.</p> <p>Burada kullanılan asidin yeniden kullanılması ile atık azaltımı sağlanmaktadır.</p>
Ekonomik boyut	

MET	<i>Aşırı dağlanmanın engellenmesi</i>
Kaynaklar	[6]
Hedef Anklar	11 or 05 Sıyırma asitleri
Uygun olduğu proses:	Asit sıyırma işleminin kullandığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Aşırı dağlama, sıyırma işleminin optimize edilmesi, aktif asitleme yapılması ya da inhibitör kullanımı ile engellenebilir.</p> <p><u><i>Asit sıyırma işleminin optimize edilmesi</i></u></p> <p>Asitleme verimi ve buna bağlı asitleme süresi, banyonun kullanım süresine göre değişir. Banyo kullandıkça, demir miktarı önemli oranda artar. Başlangıçtaki asitleme hızının sağlanabilmesi için, daha az serbest asit ilavesi gerekir. Asit banyosuna büyük miktarda taze asit ilavesi gibi ani müdahaleler, asitleme şartlarının kontrolünün kaybolmasına neden olur. Asit konsantrasyonu, demir miktarı gibi verilerin izlenmesi, işletme prosedürlerinin değiştirilmesine ve aşırı dağlamanın önlenmesine imkan sağlar.</p> <p><u><i>Aktive edilmiş asitleme</i></u></p> <p>Sıyırma işleminin düşük hidroklorik asit ve yüksek demir içeriği ile gerçekleştirilmesi aktive edilmiş sıyırma olarak isimlendirilmektedir. Çelik parçaların hidroklorik asit ile ayrılması sırasında işlemin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için asit miktarının %10 - 12 arasında olması gerekmektedir. Ancak bu asit miktarı ile hidrojen klorür oluşumu da yüksek olmaktadır. Demir konsantrasyonunun 120 - 180 g/l seviyesinde olması koşuluyla, aktive edilmiş sıyırma uygulanması durumunda sıyırma hızı etkilenmeden kullanılan asit miktarını yarıya düşürmek mümkündür. Banyo sıcaklığının ise 20 - 25°C'de tutulması gerekmektedir.</p> <p>Bu yöntem Danimarka'da bir tesis tarafından 1996 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Bu tesiste biyolojik yağ alma işleminin ardından aktive edilmiş sıyırma uygulanmaktadır. Yağ alma işlemi ile sıyırma arasında durulama uygulanmamakta ve böylece yağ alma tankından taşınan çözelti inhibitör görevi görerek, sıyırma asidinin kaplanacak metalle tepkimeye girmesini engellemektedir. Ayrıca sıyırma banyoları çözeltilerde çinko bulunmayacak şekilde işletilmektedir. Atık sıyırma banyosu çözeltileri atıksu arıtma tesisinde çöktürme amacıyla kullanılmaktadır.</p> <p><u><i>Inhibitör kullanımı</i></u></p> <p>Kaplanacak maddelerin metalik olarak temiz kısımlarının aşırı dağlanmasını engellemek için, asitleme solüsyonuna inhibitör kullanımı bir diğer alternatiftir.</p> <p>Inhibitörler, parçadaki metal kayıpları %98'e varan oranlarda azaltabildiği gibi, asit tüketimini de azaltabilmektedir. Ancak, inhibitörlerin daha sonraki asit geri dönüşüm sürecine olumsuz etkileri nedeniyle inhibitör kullanımında konusunda dikkatli olunması gerekmektedir.</p> <p>Asit tüketiminin azaltılması açısından bu süreç önemlidir. Asit tüketimindeki tahmini azalım, %10-20 civarındadır. Tüm galvanizleme işleminin %90'ında çok yaygın olarak asitleme sıyırma inhibitörleri kullanılır.</p>

Metal Kaplama Sektörü

Ekonomik boyut	<p>Aktive edilmiş sıyırma, biyolojik yağ alma işlemi ile beraber uygulanmaya başladığı için sadece aktive edilmiş sıyırma ile ilgili ekonomik analiz yapmak zordur. Ancak çinko içeriğinin düşük olduğu durumlarda atık sıyırma banyosu çözeltilerinin bertaraf edilmeleri çok kolay olmaktadır. Ayrıca normal sıyırma banyoları 120 g/l demir içeriğine ulaştığında bertaraf edilmeleri gerekirken aktive edilmiş sıyırma banyoları 180 g/l demir içeriğine kadar çıkabildiği için bu alternatifin uygulanması sıyırma banyosu çözeltilisinin ömrünü yaklaşık %50 oranında artırmaktadır.</p> <p>Inhibitör kullanımı, asit tüketimin ve buna bağlı olarak daha az atık asidin oluşumundan dolayı ekonomiktir. Ürünün iyileştirilmiş kalitesi ve işletme masraflarının azalması uygulamada cazip olmaktadır.</p>
----------------	--

MET	<i>Asitleme ve sıyırma çözeltilerinin flaks banyosunda yeniden kullanımı</i>
Kaynaklar	[6]
Hedef Anklar	11 or 05 Sıyırma asitleri
Uygun olduğu proses:	Asit sıyırma işleminin kullandığı kaplama prosesleri
Açıklama	<p>Bu işlem, asitleme ve sıyırma işlemlerinden gelen yüksek demir ve çinko içerikli kullanılan HCl sülfitasyonlarının arıtılarak, flaks banyosu olarak değerlendirilmesini kapsar.</p> <p>İşletme sırasında flaks çözeltilisindeki demir konsantrasyonu artar. Belli seviyede zamanla, flaks çözeltilisi kullanılamaz hale gelir. Çözeltiliyi geri çevrime sokabilmek için, demir içeriği giderilmelidir. Bu işlem kesikli ya da sürekli işletmede yapılabilir. Demir, Fe(OH)₃ şeklinde amonyakla nötrale edilerek, H₂O₂'nin de oksidant olarak eklenmesi sonucu çökler ve NH₄Cl aşağıdaki reaksiyona göre üretilir.</p> $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{NH}_4\text{Cl}$ <p>Çökeltilen demir hidroksit çamuru alınır ve uzaklaştırılır.</p>
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

MET	<i>Toksik ve kanserojen kadmiyum kaplamadan vazgeçilmesi</i>
Kaynaklar	[25][26][27]
Hedef Anklar	11 or 09 Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri
Uygun olduğu proses:	Elektrolitik kaplama
Açıklama	<p>Kadmiyum kaplama sağladığı üstün korozyon direnci, kayganlık ve kaplandığı malzemede mantar ve küf yetişmesini engellemesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak kadmiyum son derece toksik bir kimyasaldır. Ürün kalitesinden ödün vermeden kaplamada kadmiyum yerine başka metaller kullanılması mümkündür. Bu alternatifler aşağıda sıralanmıştır:</p> <ul style="list-style-type: none"> o <i>Çinko grafit, titanyum dioksit, alüminyum:</i> kadmiyum yerine bu malzemeler kullanıldığı durumda ekipman değişikliği gerekebilir [25]. o <i>Çinko - nikel:</i> Gittide daha sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Çinko - nikel kaplama için alkali ya da asidik çözelti kullanmak mümkündür [26]. Çinko 1 milimetreden kalın kaplamalarda korozyon direnci bakımından en az kadmiyum kadar iyi performans göstermektedir. Ancak 1 milimetreden ince kaplamalarda kadmiyumun korozyon direnci daha yüksektir [27]. Çinko - nikel kaplanmış malzemenin dış görünüşü (parlaklığı) de iyi olarak değerlendirilmektedir [26]. Ancak kayganlık bazında nikel, kadmiyum kadar iyi sonuç vermemektedir. Alkali çinko - nikel çözeltisi ile kaplama, asidik çözeltilere oranla daha uzun süre almaktadır [26]. o <i>Çinko - kobalt:</i> Çinko - nikel kaplama gibi çinko - kobalt kaplamalar da alkali ya da asidik çözeltiler kullanılarak yapılabilmektedir [26]. Her iki çözelti de iyi korozyon direnci sağlamaktadır. Ayrıca asidik çinko - kobalt kullanıldığı durumda bitmiş kaplamanın dış görünüşü mükemmel olarak değerlendirilmektedir. Alkali çözeltilere kıyasla asidik çözelti daha yüksek katod verimliliğine sahiptir. Ancak alkali çözeltinin kaplamada dağılımının daha düzgün olduğu bildirilmektedir [26]. o <i>Çinko - demir:</i> Bu kaplama da iyi korozyon direnci sağlamaktadır ancak yüksek sıcaklıktaki uygulamalar için önerilmemektedir. Kabarmanın engellenmesi için demir içeriğine dikkat edilmesi gerekmektedir [26]. Ayrıca dış görünüş bakımından bu kaplamanın kadmiyum kadar iyi performans göstermediği bildirilmektedir [27]. o <i>Çinko - kalay:</i> Yüksek korozyon direnci ve lehimlenebilirlik ve ortalama bir dış görünüş sağlamaktadır. Uygulama sırasında soğutucu gerekmektedir [26]. o <i>Nikel - kalay:</i> Yüksek korozyon direncinin yanı sıra dekoratif dış görünüş sağlamaktadır. Ancak bu kaplama için de soğutma ekipmanı gerekmektedir [26].
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Siyanür içermeyen sistemlerin kullanılması</i>
Kaynaklar	[25][26][27][28][29]
Hedef Anklar	II 01 09 Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kükleri
Uygun olduğu proses:	Siyanür kullanılan temizleme ve elektrolitik kaplama işleri
Açıklama	<p>Sodyum ve potasyum siyanür çözeltileri, elektrolitik bakır, çinko, kadmiyum, gümüş, altın ve pirinç ve bronz gibi alaşım kaplamalarında kullanılmaktadır [27]. Yüksek toksisite ve bertaraf gidericileri nedeniyle siyanürlü bileşiklerin kullanımına son verilmesi ve siyanür içermeyen kaplama çözeltilerinin kullanılması önerilmektedir. Siyanürsüz kaplama alternatifleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Çinko kaplama: Çinko siyanür aşağıdaki kimyasallarla değiştirilebilir. <ul style="list-style-type: none"> o Çinko klorür: Özellikle dökme demir parçaların kaplanması için önerilmektedir. Hem alkali hem de asidik çözeltiler kullanılırken proses kontrolüne özen gösterilmesi gerekmektedir [25][28]. Çinko klorür yüksek karud verimliliğine sahiptir ancak uygulama sırasında karıştırma gerektirmektedir [26]. Ayrıca çelik kaplama tanklarının aside dayanıklı malzeme ile kaplanması önerilmektedir [29]. o Çinko floroborat [25] o Sodyum ve çinko hidroksit (alkali çinko çözeltileri): Bu alternatif proses kontrolüne dikkat edildiği durumlarda düşük maliyete sahiptir. Ayrıca durulama sularının daha kolay arıtılması ve düşük metal konsantrasyonları nedeniyle daha az çamur oluşumu gibi yararları da vardır. Alkali çözeltiler ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir nokta, kaplama yapılmadığı durumlarda çözeltinin çinko anotlar ile tepkimeye girmesidir. Bu nedenler kaplama yapılmadığı zamanlarda anotların tanklardan çıkarılması gerekmektedir [26]. <p>Siyanürlü çinko sülfat kullanıldığı durumlarda siyanür yerine prosesin üsvelerinin tercih edilebileceği ve siyanürün kullanımından vazgeçilmesinin mümkün olmadığı durumlarda düşük siyanürlü banyoların kullanılabileceği de bildirilmektedir [25].</p> 2. Bakır kaplama: Bakır siyanür aşağıdaki kimyasallarla değiştirilebilir. <ul style="list-style-type: none"> o Bakır sülfat: Sülfat banyoları yüksek iletkenliğe sahiptir ve banyoların hazırlanması, işletilmesi ve arıtılması ekonomiktir [26]. Çelik, çinko ve kalsiy malzemelerin kaplanmasında kullanıldığı zaman bakır siyanür ile son işlem uygulanması gerekebilir [25][26]. o Bakır pirofosfat: Bu alternatifin kullanıldığı durumlarda elde edilen kaplama verimliliği yüksek siyanür banyoları ile elde edilen kaplamalara yakındır. Bir diğer avantajı ise nötre yakın pH aralığında çalışmasıdır [26]. Dezavantajları ise işletim masraflarının yüksek olması ve amonyak salınmasına neden olmasıdır [25][26]. o Bakır floroborat: Bakır floroborat, yüksek iletkenlik ve kaplama hızı gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca banyoların hazırlanması ve işletimi basittir. %100'e yakın işletim verimlerine ulaşabildiği belirtilmektedir [26]. Ancak yüksek maliyeti ve diğer siyanürsüz alternatiflere göre daha tehlikeli olması bakır floroboratın dezavantajları arasında sayılmaktadır [25][26].

	<p>o Alkali bakır çözeltileri: Genel olarak kalın kaplama gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir. Kaplama hızı düşüktür. Daha yüksek akım uygulanarak kaplama hızı iyileştirilebilir. Ayrıca az miktarda çamur oluşmaktadır [30]. Sistemin en önemli dezavantajlarından biri çinko toleransının düşük olmasıdır. Bu nedenle çinko üzerinde bakır kaplandığı durumlarda tercih edilmemelidir. İkinci dezavantajı işletim giderlerinin yüksek olmasıdır [25][26].</p> <p>3. Kadmiyum siyanür: Bakınız <i>Toksik ve kanserojen kadmiyum kaplamadan vazgeçilmesi</i></p> <p>Siyanür kullanımının sınırlandırılabilceği bir diğer uygulama da parçaların temizlenmesidir. Siyanürlü temizleme malzemelerinin yerine trisodyum fosfat ya da amonyak kullanımı önerilmektedir. Sıcak işletilen ve ultrason kullanılan yağ giderme işlemlerinde bu kimyasallar iyi performans göstermektedir. Metallerle tepkimeye gireceği için atıksu ortamında sorun yaratması söz konusudur [25][29].</p>
Ekonomik boyut	Bazı alternatiflerin işletim giderleri daha yüksektir.

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Cr⁶ yerine Cr³⁺'ün kullanımı</i>
Kaynaklar	[5][27][29][31]
Hedef Anklar	11 01 09 Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kükleri
Uygun olduğu proses:	Dekoratif krom kaplama
Açıklama	<p>Alın değerlikli krom kaplama iki uygulama alanına sahiptir: dekoratif ve sert krom kaplama. Dekoratif kaplama, genel olarak paslak nikel ile kaplanmış çelik, alüminyum, plastik, bakır alaşım ve çinko malzemelere uygulanmaktadır. Temel amaç nazik bir dış görünüş yaratmaktır. Dekoratif krom kaplamada kaplama kalınlığı 0.005 mils ile 0.01 mils arasındadır. Dış görünüşün sağlanması dışındaki tüm uygulamalar sert krom kaplama olarak adlandırılmaktadır. Bu tarz kaplamada, kaplama kalınlığı 0.1 mils ile 10 mils arasında değişmektedir. Krom kaplama kaplanan malzemeye, düşük maliyetle parlak bir dış görünüş, sertlik ve korozyon direnci sağlamaktadır [31]. Bununla beraber krom kaplama malzemesi olarak düşük katod verimliliğine ve zayıf metal dağılımına sahiptir.</p> <p>Alın değerlikli kromun kanserojen ve düşük konsantrasyonlarda bile suda yaşam için toksik olduğu bilinmektedir. Kaplama aşamasında düşük metal verimliliği nedeniyle uygulanan alümin büyük kısmı suyu hidrojen ve oksijene ayırılmaktadır. Hidrojen ve oksijen molekülleri banyo yüzeyinden ayrılmadan kromik asitli de beraberinde taşınmakta ve kromik asit hava temizleme finitesinde sıyrıcıda tutulmaktadır. Sıyrıcı da oluşan krom içeren atık dışında, kurşun anot kullanılması durumunda çözeltide oluşan kurşun kromat ve çözeltilerin sülfat içeriğinin kontrol edilmesi için baryum ile arıtılması sırasında oluşan baryum sülfat tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır [27].</p> <p>Alın değerlikli krom kaplamaya alternatif olabilecek yöntemler araştırılmaktadır. Bunlar arasında en sık uygulama alanı bulan altın değerlikli krom yerine üç değerlikli krom kullanılmaktadır. Üç değerlikli krom, dekoratif kaplamalarda altın değerlikli kroma yakın performans gösterebilirken, sert krom kaplamada altın değerlikli krom kaplamaya alternatif olamamaktadır.</p> <p>Dekoratif kaplamada üç değerlikli krom için üç banyo türü kullanılmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Üç değerlikli kromun anotlarda oksidasyonunun önlenmesi için grafit ya da kompozit anodlara sahip tekil elektrolit çözeltisi o Oksidasyonun, anotların sülfürik asit içeren kutularda tutularak önlenildiği sülfat bazlı çözelti o Oksidasyonun, çözünmez katallik anotlar kullanılmasıyla önlenildiği sülfat bazlı çözelti [31] <p>Alın değerlikli krom ile karşılaştırıldığında üç değerlikli krom daha yüksek katod verimliliğine, daha yüzeye daha düzgün dağılıma özelliğine ve banyo çözeltilerinde çok daha düşük konsantrasyonda üç değerlikli krom bulunduğu için daha düşük toksisiteye sahiptir [5][31]. Düşük konsantrasyon aynı zamanda daha düşük viskozite ve banyolardan daha az miktarda çözeltinin parçalarında dışarı taşınması anlamına gelmektedir. Uygulamalar incelendiği zaman anksu arıtma çamurlarında düşük, enerji sarfiyatında azalma, hava temizleme giderlerinde</p>

	<p>düşüş ve kaplama banyolarının membran elektrolizi ya da iyon değiştirici yardımıyla yeniden kullanılabilirliği görülmüştür [5]. Ayrıca altı değerlikli kromdan üç değerlikli kroma geçiş aynı ekipmanlar kullanıldığı için kolay olmaktadır [29].</p> <p>Bununla beraber üç değerlikli krom kaplama, metalik safazlıklara karşı daha duyarlıdır. Bu nedenle iyi değiştirici ya da çöktürme yöntemleri ile bu safazlıkların ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir [5][31].</p> <p>Sert ve dekoratif krom banyolarına alternatif olarak krom içermeyen yöntemler de önerilmektedir. Bunlar arasında elektrolitik nikel kaplama, elektrolitik nikel dışı kaplama, elektrosuz kaplama gibi teknikler bulunmaktadır. Ayrıntılı bilgi için bakınız: [31]</p> <p>Altı değerlikli krom kaplamalarda vakum buharlaştırıcı ile süzüntü suyundan (drag-out) krom geri kazanımı için bakınız: [32]</p>
Ekonomik boyut	<p>Üç değerlikli krom kullanılması durumunda iyon değiştirici sistemlere ihtiyaç vardır. Ayrıca temel kimyasallar altı değerlikli krom kaplamaya göre daha pahalıdır. Ancak üç değerlikli krom ile %30'a varan enerji tasarrufu yapılabilirliği gibi katı atık bertaraf ve arıtma maliyetleri de düşmektedir [5].</p>

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Banyolardan taşınan süzülütü sularının (drag-in/drag-out) en aza indirilmesi</i>
Kaynaklar	[5][6][25][28][29][33][34]
Hedef Anklar	<p>II 01 05 Sıyırma asitleri</p> <p>II 01 11 Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama sıvıları</p> <p>II 01 13 Tehlikeli maddeler içeren yağ alma anklar</p> <p>II 05 04 Iskarta flaka malzemeleri</p>
Uygun olduğu proses:	Başta durulama işlemi olmak üzere tüm adımlar
Açıklama	<p>Banyoların arasında taşınan süzülütü sularının mümkün olan en alt seviyede tutulması önemlidir. Bir önceki işlemin ardından iyi durulama yapılmaması durumunda proses çözeltileri, parçaların üzerinde taşınan kimyasallarla kirlenebilmektedir (drag-in). Ayrıca yıkama banyolarından proses banyolarına taşınan yıkama suları banyoları seyrelterek ömürlerini kısaltmaktadır [5][33]. Bu durumun önlenmesi için yıkama işlemleri iyileştirilmesi (bakınız: <i>Durulama işleminin verimliliğinin artırılması</i>) ya da yıkama sonrası hava beçağı gibi ekipmanların kullanılması ile parçaların üstünden mümkün olduğu kadar sıyrın uzaklaştırılması tercih edilebilir [5][28].</p> <p>Bir sonraki banyoya taşınan süzülütü sularının (drag-out) azaltılması, banyo kimyasallarının durulama tanklarına taşınarak bu aşamada kaybolmasını, gereken durulama suyu miktarının azaltmasını, hammadde giderlerinin düşürülmesini, takip eden aşamalarda kalite kontrol ve bakım ile ilgili sorunların azaltmasını ve durulama sularından kaynaklanan çevresel problemlerin azaltılmasını sağlamaktadır. Ancak hatırlanmalıdır ki, tanklar arası taşınımın tamamıyla önlenmesi mümkün değildir [5]. Taşınımın azaltılması ile ilgili aşağıdaki öneriler aşağıdaki şekilde sıralanabilir. Bu öneriler gözden geçirilmeden tesis içi uygulamalar göz önünde bulundurulmalı ve tesis için uygun olabilecek seçenekler değerlendirilmelidir.</p> <ul style="list-style-type: none"> o <u>Ardışık tanklarda birbirine uyumlu kimyasalların kullanılması:</u> sıyırma ve kaplama öncesi aktivasyon için aynı kimyasalların kullanılması gibi [5] o <u>Kaplanan malzemenin en geniş yüzeyi dikey, en uzun yüzeyi yatay konumda kalacak şekilde yerleştirilmesi:</u> [5][25][28] o <u>Kaplanan malzemenin eğimli bir şekilde yerleştirilmesi:</u> [5][28] o <u>Malzemelerin tanklardan düşük hızlarda çıkarılması ve bu sayede kimyasalların ya da durulama sularının tanklara geri damlaması için zaman verilmesi</u> [5][6][25][34]: Tahliye süresinin 3 saniyeden 10 saniyeye çıkarılmasının taşınan çözelti miktarını %40 azalttığı bildirilmektedir [33]. Tahliye süreleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [28]. o <u>Drenaj levhalarının yerleştirilmesi:</u> Eğer tanklar ardışık olarak yerleştirilmemiş ise tanklar arasında konumlandırılmış eğimli levhalar, çözeltilerin tanka geri aktarılmasını sağlayacaktır [5][25][33]. o <u>Banyo sıcaklığının yükseltilmesi:</u> çözeltilerin viskozitelerini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınım azaltmaktadır [5][25][28][33][34]. o <u>Banyoların mümkün olan en düşük konsantrasyonda işlenmesi - özellikle taze</u>

	<p>çözeltilerin konsantrasyonlarının en düşük seviyede tutulması ve konsantrasyonların gerekirse zamanla artırılması: çözeltilerin viskozitelerini düşürdüğü için malzeme üzerinde taşınımı azaltmaktadır [5][25][28][29][33][34].</p> <ul style="list-style-type: none">o <u>Yüzey aktif maddeler kullanılması</u>: yüzey gerilimini azaltarak daha az taşınım gerçekleşmesine neden olmaktadır [28][29][34].o <u>Proses banyoları ile durulama arasına taşınan çözeltilerin geri kazanımı için tanklar yerleştirilmesi</u>: Bu tanklara durulama suyunun akışı sürekli olmadığı için durağan durulama tankları da denmektedir. Kaplanan malzeme durulama tankından önce bu tanklara batırılmaktadır. Bir süre sonra bu tanklardaki kimyasal konsantrasyonları çok yükseldiği için tanklar proses banyolarını tazelemek için kullanılabilir hale gelmektedir [6][33][34]. Durağan durulama tankları proses tanklarından hemen önce ya da hemen sonra kullanılmalıdır. Bu uygulama eko-durulama olarak da adlandırılmaktadır [5][28].
Ekonomik boyut:	<p>Yukarıda sıralanan pek çok tekniğin uygulaması kolay ve maliyeti düşüktür. Genel olarak geri ödeme süreleri kısadır. Tanklar arası taşınımın engellenmesi sayesinde gerçekleşen daha az kimyasal kullanım kaplama maliyetinde düşüş sağlamaktadır. Ayrıca arıtma maliyetlerinde de düşüş olmaktadır [33].</p>

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Durulama işleminin verimliliğinin artırılması</i>
Kaynaklar	[25][28][29][33][35][36][37][38][39][40][41][42][43]
Hedef Anklar	11 01 11 Tehlikeli maddeler içeren su durulama sızları
Uygun olduğu proses:	Durulama işlemleri
Açıklama	<p>Durulama suları ile ilgili izlenecek yöntemler iki başlık altında toplanabilir. Bunlarda ilki kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması, ikincisi ise durulama suyu geri kazanımıdır.</p> <p><u><i>Durulama suyu miktarının azaltılması</i></u></p> <p>Kullanılan durulama suyu miktarının azaltılması ile ilgili uygulanabilecek teknikler aşağıdaki gibidir.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Parçaların durulama tankına birden fazla batırılması: Parçaların durulama tankına birden fazla batırılması, bir kere batırılıp tank içinde çalkalanmamasından daha etkilidir. Kaplanan malzemenin durulama banyosuna iki kere batırılması, bir kere batırılmasına göre süzünü süyunun önlenmesinde 16 kat daha etkilidir [28][29]. o Mümkün olan en küçük boyutta durulama tankları kullanılması: [29] o Tank verimliliğinin artırılması: Su giriş ve çıkışlarının zat şekilde yerleştirilmesi (karşılıklı ve altı üstü olarak), durulama verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca giriş yerleştirilebilecek perdeler, dağıtıcılar ya da difüzörler tank içinde karıştırma sağlamaktadır [28][29]. o Ters akım prensibiyle durulama: Ters akışlı yıkamada kaplanan parça ile durulama suyu ters yönlere akmaktadır. Malzeme ilk tankta en temiz durulama suyu yerine en kirlili durulama suyu ile temas girer ve tanklarda ilerledikçe gidikde daha temiz banyolara girer. Bu şekilde temiz su ilk tankta malzemenin en kirlili haliyle temas etmediği için paralel akıma kıyasla daha az kirilenir ve su daha etkin bir şekilde kullanılmış olur . Bu yöntem ile %90'dan fazla su tasarrufu yapılabileceği bildirilmektedir [28][29]. (Ters akışlı sistemin sağlayacağı su tasarrufuna dair hesap için bkz: [28]). Ters akışlı durulama uygulaması sırasında dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi tanklarda iyi bir karışım sağlanması gereksinimidir [35]. Bu nedenle, tank verimliliğini artıran tekniklerin uygulanması gerekmektedir. o Reaktif durulama: Kaplamanın bir aşamasında açığa çıkan durulama sularının başka bir durulama tankında değerlendirilmesidir. Örneğin asidik durulama suları, alkali temizlik sonrası yapılan durulamada [29] ya da çinko klorür ve nikel kaplama durulama suları, kaplama öncesi hidroklorik asidin durulanmasında [33][36] kullanılabilir. o Sprey durulama: Bu yöntem ile durulamada kullanılan su miktarı azaltılabileceği gibi proses banyolarından taşınan süzünü suyu tanklara geri döndürülebilir [29]. Sprey durulama ile dalkırmalı durulamaya oranla %10 - 25 arasında daha az su kullanıldığı bildirilmektedir [33]. Dolayısıyla bu yöntemin sağladığı su tasarrufu ters akışlı durulama kadar yüksek değildir. Ancak süzünü sularının tanklara geri döndürülmesinde daha etkilidir (Taşınım %75 oranında engellenebilmektedir) [33]. Bunun yanında sprey durulama zamandan ve mekandan da tasarruf sağlar [25]. Sprey durulama iki şekilde gerçekleştirilebilir, proses tankının üzerinde ya da ayrı bir

	<p>tanıkta. Proses tankının üzerinde sprey durulama yapıldığı durumda kullanılan durulama suyu, su dengesinin sağlanması için proses tankından taşınan ya da ısıtılmış tanklar için buharlaşma ile kaybolan sıvı miktarda eşit olmalıdır [5][25]. Sprey durulama aynı tankta yapıldığı durumda ilk aşama durulama görevi görür ve ilerleyen zamanda tankta bulunan durulama suyu proses suyunu beslenmesi için kullanılabilir [5]. Devirdaim yapan sprey durulama sistemi örneği için bakınız: [25]. Uygulama sırasında metodu kaplanan parçalara uygulanışı değerlendirilmelidir.</p> <p><u>Durulama suyunun geri kazanımı</u></p> <p>Durulama sularına uygulanabilecek diğer yöntemler geri kazanım ile ilgilidir. Bu sayede su tasarrufu sağlanabileceği gibi artılması gereken atıksu miktarı da azalmaktadır [5]. Bu amaçla aşağıdaki teknikler kullanılabilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> o İyon değiştiriciler: Kationik ve anyonik iyon değiştiriciler yardımıyla durulama suları prosese geri döndürülebilmektedir. Ancak bu sistem kuvvetli oksidleyiciler, yüksek konsantrasyonda organik maddeler ve metal siyanür komplekslerinin varlığında kullanılamamaktadır [5][37]. Ayrıca derişik durulama sularının geri kazanımı için iyon değiştiricilerin çok sık rejenerasyonu gerekmektedir. Durulama sularında kirleticiler bulunduğu durumda sisteme aktif karbon gibi organiklerin uzaklaştırılması sağlayacak bir eklenti yapılması gerekmektedir [5]. Örnek durulama suyu geri kazanımı uygulaması için bakınız: [38]. Durulama sularından iyon değiştiriciler yardımıyla metal (çinko, nikel, bakır ve kadmiyum) geri kazanımı da mümkündür [39]. o Ters ozmoz: Bu sistem hem durulama suyunun hem de durulama sularında kimyasalların geri kazanımı için kullanılabilir. Ters ozmoz ile kimyasal geri kazanımı nikel (sülfamat, floroborat, pariyak nikel), bakır (asit ve siyanür), çinko (asit) ve kromat kaplamada uygulanmaktadır. Beslenen sudaki organikler, sertlik, oksidleyiciler ve askıda katı maddeler, membranda tıkanmalara sebep olabilmektedir. Ayrıca yüksek ve düşük pH'a sahip sular da membranların bozulmasına yol açabilmektedir [5]. Asit sularına durulama suyunun ters ozmoz ve iyon değiştiricilerden oluşan bir sistem ile geri kazanımı işveçde bir tesiste uygulanmış ve sonuçta durulama suyu ile arılan nitrat (nitrik asit olarak geri dönüştürülmek üzere) %60 oranında azaltılmıştır. Ayrıca kullanılan durulama suyu miktarı %75 ve durulama suyunun nötralizasyonu için kullanılan kalsiyum hidroksit miktarı %25 oranında düşürülmüştür. Bunun karşılığında nötralizasyon sonucu oluşan çamur da %20 azalmıştır [37]. o Membran proseleri: Durulama suyu geri kazanımı için ters ozmoz dışında ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon da kullanılması mümkündür. Bu sistemler sadece metal içerikli durulama suları için değil yağ alma işlemi durulama suları için de kullanılmaktadır [40]. Membranların diğer işlemler ile birlikte kullanımı için bakınız: [41][42]. o Elektrolitik yöntemler (electrowinning/electrodialysis): Bu yöntemler genel olarak durulama suyundan metal geri kazanımı için kullanılmaktadır [43].
Ekonomik boyut	<p>Durulama suyunun geri kazanımı ile ilgili yöntemler su tasarrufu ve artılan atıksu miktarının düşmesi sayesinde ekonomik kazanç sağlamaktadır. Bu kazançlar geri kazanım yöntemlerinin maliyetleri ile karşılaştırılmalıdır.</p>

Metal Kaplama Sektörü

MET	<i>Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi</i>
Kaynaklar	[6][29][44]
Hedef Atıklar	II 01 13 Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları
Uygun olduğu proses:	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>Mevcut yağ alma işleminin iyileştirilmesi için aşağıdaki uygulamalardan faydalanılabilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Tesise giren yağ miktarına azaltılması:</u> Yağ alma atıklarını önlemenin veya azaltmanın en kolay yollarından biri tesise parçalar üzerinde gelen yağın azaltılmasıdır [6]. ○ <u>Yağ alma işleminin optimize edilmesi:</u> Yağ alma işleminin kontrolü için sıcaklık ya da indirgen kimyasalların konsantrasyonları gibi parametrelerin kontrol edilmesi önerilmektedir. Bu sayede yağ alma banyolarının ömrü uzamaktadır. Ayrıca temizlenen parça ile yağ alma çözeltisinin temasının iyileştirilmesi de işlemin etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca kademeli yağ alma da uygulanabilecek metotlar arasındadır [6]. ○ <u>Tankların üstünün örtülmesi:</u> Buharlı yağ alma kullanıldığı durumda uçucu organik kirleticilerin emisyonlarının düşürülmesi için tanklarının üstünün örtülmesi önerilmektedir [29][44].
Ekonomik boyut	

MET	<i>Alternatif yağ alma işlemlerinin uygulanması</i>
Kaynaklar	[6][25][29][44][45]
Hedef Anklar	11 or 13 Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları
Uygun olduğu proses:	Yağ alma işlemi
Açıklama	<p>En sıklıkla uygulanan yağ alma yöntemlerinden biri klorlu çözücülerin kullanıldığı bir daldırma tankını takip eden buharlı yağ alma işlemidir [25][44]. Genellikle trichloroetilen (TCE) ve perchloroetilen (PERC)'dir [44]. Ancak bu çözücülerin insan sağlığı ve çevre üzerinde zararlı etkileri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle alternatif yağ alma kimyasallarının kullanılması önerilmektedir. Klorlu çözücülere alternatif olarak nafta gibi alifatik kimyasalların kullanılması mümkündür [25]. Bunun yanında aşağıdaki gibi sıralanan alternatif yöntemler de mevcuttur:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Su bazı temizleyicilerin kullanılması: Alkali ve asidik kimyasallar, su ve yüzey aktif maddelerinden oluşan yağ alma çözeltileri su bazı temizleyiciler olarak sınıflandırılmaktadır [44]. Klorlu çözücülerin kullanıldığı buharlı yağ alma işlemine alternatif olarak su bazı temizleyicilerin kullanılması önerilmektedir [29]. Alkali çözeltiler genel olarak yağ ve diğer organik kirleticilerin uzaklaştırılması için kullanılan asidik çözeltiler asit ayırma işleminde oksidasyon türünleri ve tuzların temizlenmesinde kullanılır. Alkali kimyasalların toksisitesinin daha düşük olması ve kimyasal olarak ayrılabilirliği nedeniyle bu yöntemin uygulanması önerilmektedir [25][29]. Ayrıca yağ içeriğinin ayrılmasının ardından bu kimyasalların yeniden kullanımının mümkün olduğu bildirilmektedir [25][44]. Bu amaçla sıyrıncılar (banyo ömrünü 2 - 4 kat uzatmaktadır), santrifüj (banyo ömrünü 16 kate kadar uzatmaktadır) ve mikro ve ultrafiltrasyonun (banyo ömrünü 10 - 20 kat uzatmaktadır) kullanılabilceği bildirilmektedir [6]. Alkali temizleyicilerin kullanıldığı durumda durulumu aşaması önem kazanmaktadır [44]. Ancak klorlu çözücüler kadar olması bile alkali çözeltilerin içinde bulunması olası yüzey aktif maddeler, inhibitörler ve kompleks yapıcı maddeler çevresel problemlere neden olabilmektedir [44]. o Ultrasonik temizleme: Bu yöntem, temizleme çözeltilisine yüksek frekanslı ses dalgalarının uygulanmasını ve bu sayede oluşan kaviteasyon etkisi ile parçaların temizlenmesini içerir. Ses dalgaları çözeltiliye uygulandığı zaman sıvı içerisinde yüksek ve alçak basınç alanları oluşur. Vakum oluşan alanlarda kaynama noktası düşer ve mikrokoopik kabarcıklar oluşur. Ses dalgalarının hareketi ile aynı alanda yüksek basınç oluştuğunda bu kabarcıklar patlar. Bu durum mikrokoopik ölçekte parça üzerinde çok yüksek sıcaklıkların ve basıncın oluşmasına neden olur. Bu sayede parçanın üzerindeki kirleticiler uzaklaştırılır [44][45]. Bu yöntem özellikle diğer metotlarda ulaşılamayan küçük boşluklara sahip parçalar üzerinde etkindir. Ayrıca sadece yağ değil inorganik kirleticilerin uzaklaştırılmasında da işleveldir. Ek olarak çok daha düşük konsantrasyonlarda temizleyici kullanımına olanak sağlamaktadır. Yatırım maliyetleri yüksek olsa da kimyasal kullanımında gereçleşen tasarruf sayesinde geri ödeme süresi kısadır. Bu teknik uygulanırken dikkat edilmesi

Metal Kaplama Sektörü

	<p>gereken bir nokta, parçaların tamamen suya batması gerekliliğidir. Dolayısıyla tank hacimlerinin buna göre belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca elektrik gereksinimi nedeniyle büyük parçaların temizlenmesi ekonomik olmayabilmektedir [45].</p> <ul style="list-style-type: none">○ Elektrolitik temizleme: Bu yöntem alkali çözeltiler varlığında ters, doğrudan ya da periyodik olarak uygulanan ters akım ile parçalar üzerindeki toprağın uzaklaştırılması ve metal yüzeyin aktive edilmesini içermektedir [44].○ Biyolojik yağışlaştırma: Mikroorganizmaların yardımıyla yağın uzaklaştırılması kapsar. Bu sayede banyo ömrü sınırsız hale gelmekte ve atık olarak işlem sonunda kanalizasyon sistemine deşarj edilebilecek biyolojik çamur çıkmaktadır. Çözelti içerisinde mikroorganizmaların büyümeleri için gerekli fosfatlar, silikatlar, bazik, iyonik olmayan ve katyonik maddeler bulunur. Tankta hava ve karıştırma uygulanır. İşletim sıcaklığı 37°C'dir. İşlem sonunda mikroorganizmalar sistemden kamella ayrıcısı ile uzaklaştırılır [6].
Ekonomik boyut	Bilgi mevcut değildir.

6.0 ATIKLARIN GERİ KAZANIMI VE BERTARAFI

Sektörden kaynaklanan tehlikeli atıkların önlenemediği ya da azaltılmadığı durumda, atığın özelliklerine uygun bir teknoloji ile tercihen geri kazanılması ya da bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki tablolarda (Tablo 5 - 7) proses atıkları, yan proseslerden kaynaklanan atıklar ve proses dışı atıklar için uygun olan teknolojiler gösterilmektedir. Bu tablolarda atıkların dört ana işleme uygunlukları değerlendirilmiştir. Bunlar geri kazanım, arıtma, yakma ve düzenli depolamadır. Bazı atıklar birden fazla işlem için uygun olabilmektedir. Bu durumda atık hiyerarşisi göz önünde bulundurulmalı ve öncelik sırasıyla geri kazanım, arıtma, yakma ve son olarak düzenli depolamaya verilmelidir. Aşağıda da görüleceği gibi bazı atıkların sıralanan işlemlere ardışık olarak tabi tutulması da mümkündür. Bu tablolarda verilen bilgilerin okuyucuya rehberlik etmeyi amaçladığı ve gerçek uygulamaların tesislerden kaynaklanan atıklar, tesis içi uygulamalar ve sözü geçen teknolojilerin mevcut olmalarına göre değişiklik gösterebileceği unutulmamalıdır.

Geri kazanıma ait kolonda geri kazanılabilir atıklar için kullanılabilecek geri kazanım işlemleri Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek 2- B'de listelenen R kodlarına göre verilmiştir. Ek 2-B'ye göre R kodları aşağıdaki geri kazanım işlemlerine karşılık gelmektedir [4]:

- o R1: Enerji üretimi amacıyla başlıca yakıt olarak veya başka şekillerde kullanma
- o R2: Solvent (çözücü) ıslahı/yeniden üretimi
- o R3: Solvent olarak kullanılmayan organik maddelerin ıslahı/geri dönüşümü (kompost ve diğer biyolojik dönüşüm prosesleri dahil)
- o R4: Metallerin ve metal bileşiklerinin ıslahı/geri dönüşümü
- o R5: Diğer anorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü
- o R6: Asitlerin veya bazların yeniden üretimi
- o R7: Kirliliğin azaltılması için kullanılan parçaların (bileşenlerin) geri kazanımı
- o R8: Katalizör parçalarının (bileşenlerinin) geri kazanımı

Metal Kaplama Sektörü

- o R9: Yağların yeniden rafine edilmesi veya diğer tekrar kullanımları
- o R10: Ekolojik iyileştirme veya tarımcılık yararına sonuç verecek arazi ıslahı
- o R11: R1 ile R10 arasındaki işlemlerden elde edilecek atıkların kullanımı
- o R12: Atıkların R1 ile R11 arasındaki işlemlerden herhangi birine tabi tutulmak üzere değişimi
- o R13: R1 ile R12 arasında belirtilen işlemlerden herhangi birine tabi tutuluncaya kadar atıkların depolanması (atığın üretildiği alan içinde geçici depolama, toplama hariç)

Tablo 5. Prosese özel atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk			Düzenli depolama ³	Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yakma ²		
110105	*	*		*	Gerek geri kazanım gerek arıtma altında sınıflandırılmış olmuş olsun, günümüzde yaygın olarak uygulanan yöntemlerin bir çoğu asit ya da metal geri kazanımına yöneliktir. Bu durumun dışında kalan uygulamalardan biri asit nötralizasyonudur. Ancak bu yöntem bertarafı problemli, yüksek miktarda çamur oluşumuna sebep olmaktadır [4][50]. Sıyırma asitlerinden asit ve metal geri kazanım yöntemleriyle tanıtımı için bkz: Bölüm 5. Geri kazanım (arıtma) yöntemleri sonucu ortaya çıkan tehlikeli çamurlar ve işlem artıkları depolama sahalarına gönderilmelidir.
110106	R4-R6				
110107	*	*		*	Sıyırma asitlerinde olduğu gibi sıyırma bazlarında da öncelik geri kazanıma verilmelidir. Ancak geri kazanım uygulanmadığı durumda nötralizasyon ile atırım yapılmalı ve ortaya çıkan çamurlar depolama sahalarına gönderilmelidir.
110108	*	*		*	Fosfatlama çamurunun çimento yapımında değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar mevcuttur [51]. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumda bu çamurların susuzlaştırılmaları veya katılaştırılmaları gerekmektedir. Daha sonra depolama sahalarına gönderilmeye uygun hale gelebilirler.

1 Tehlikeli atık arıtma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [47]

2 Tehlikeli atık yakma uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [48]

3 Tehlikeli atık depolama uygulamaları ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [49]

Tablo 5 devam

Atık Kodu	Geri kazanım	Uygunluk			Notlar
		Aritma ¹	Yıkama ²	Düzenli depolama ³	
110109	* R4/R5	*		*	Özellikle metal içeriğinin yüksek olduğu durumlarda geri kazanım fırsatları değerlendirilmelidir. Metal içeriği yüksek çamurlarda elektrolitik yöntemler kullanılarak metal geri kazanımı uygulanabilir [29]. Bu atıkların depolamaya gönderilmeden önce susuzlaştırılmaları gerekebilir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız [52] Styanür içeren atıkların geri kazanımı ve arıtımı için bakınız [53]
110111	* R4/R5/R9	*			Durulama sularının geri dönüşümü önceliklidir. Süzünül sularından vakum buharlaştırıcı ile nikel geri kazanımı için bakınız [54] Bu atıklarda su fazını ayırmak ve nötralize etmek için çöktürme/flokülasyon ve filtreleme işlemleri uygulanabilir. Metal içeren durulama sularında metalin giderimi için tartarat, fosfat, EDTA ve amonyak yerine sodyum sülfat ve demir sülfat kullanımı önerilmektedir [29].
110113	* R1/R9	*	*	*	Yağ alma atık sularının arıtımından önce yağ içeriğinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla ultrafiltrasyon kullanılabilir. Daha sonra atık su kireç ya da hidroklorik asit kullanılarak nötralize edilmeli ve filtreden geçirilmelidir. Ortaya çıkan çamur susuzlaştırıldıktan sonra düzenli depolamaya gönderilmelidir. Gerek arıtma sonucu oluşan gereksiz yağ giderme tanklarının temizlenmesinden kaynaklanan yağlı çamurlar ise yakıt olarak değerlendirilebilir [6].
110115	* R5/R7	*		*	Öncelikle geri kazanım araştırılmalı yoksa arıtma işlemi uygulanmalıdır. Arıtma artıkları depolamaya gönderilebilir. Sıyurma asitlerinin iyon değiştiricilerden geçirilmesinden kaynaklanan atıkların geri kazanımı ve arıtılması ile ilgili deneysel çalışmalar için bkz: [55]
110116	* R1		*		Bitik iyon değiştiriciler yakmaya gönderilmelidir.
110198	* R1	*	*	*	
110301	* R1	*	*		Mümkün olduğu ölçüde styanür içermeyen kaplama banyolarının kullanılması önceliklidir [56][57][27]. Styanür içeren kaplama atıkları alkali klorlama, çeşitli oksidasyon yöntemleri (elektrokimyasal, UV, ısı yöntemleri ve hidrojen peroksit ve ozon ile) ve asit hidrolizi ile arıtılabilir [58].

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 5 devam

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yıkma ²	Düzenli depolama ³	
110302				*	
110503				*	
110504	*				Flaks banyolarına demir taşınması durumunda demir oksitlerin tank içinde çöktürülmesinden sonra flaks çözeltisinin yeniden kullanılması önerilmektedir. Demirin çözeltiden uzaklaştırılması için hidrojen peroksit ile oksidasyon ve lyon deşitricilerin kullanımı da mümkündür. Aynı flaks çözeltilerindeki tuzların tesis dışında yeniden kazanımı mümkündür. Geri kazanılmayan flaks çözeltilerinin zaman içerisinde asiditesi ve metal içeriği artmaktadır. Bu nedenle bu atıkların nötralle edilmeleri ve susuzlaştırıldıktan sonra düzenli depolamaya gönderilmeleri gerekmektedir [6].

Tablo 6 Yan proses atıkları için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yıkma ²	Düzenli depolama ³	
080111	*		*		Mümkün olduğu durumlarda çözücülerin geri kazanımı önceliklidir. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir. Alternatif olarak organik içeriğinden dolayı bu atıklar yakılabilir.
080113	*	*	*	*	Organik içeriği nedeniyle bu atıkların yakmaya uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Aksi takdirde düzenli depolamaya gönderilebilir. Her iki koşulda da öncelikle susuzlaştırma gerekli gerekliliğine bakılmalıdır.
080115	*	*	*	*	Öncelikle çözücü geri kazanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Sulu çamurlar kalorifik değerine göre yakmaya da depolamaya da gönderilse öncelikle mutlaka susuzlaştırılmalıdır. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.
080117	*	*	*	*	Organik çözücü içeren boya sökme atıkları kalorifik değerine göre yakma ya da düzenli depolamaya gönderilebilir. Sıvı içeriği yüksek olan atıklarda faz ayrımı ya da susuzlaştırmalla arıtım gerçekleştirilmelidir. Çözücü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.
080119	*	*	*	*	Sulu süspansiyon halindeki bu atıklardan solvent geri kazanımı olasılığı araştırılmalıdır. Mümkün değilse koagülasyon ve çöktürme işlemi ile süspansiyon artırmah çıkan çamur susuzlaştırıldıktan sonra kalorifik değerine göre yakma ya da depolamaya gönderilmelidir. Solvent içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'dan ulaşılabilir.

Tablo 6 devam

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yakma ²	Düzenli depolama ³	
080121	* R1	*	*	*	Atığın fiziksel kimyasal özelliklerine göre arıtma, kalorifik özelliklerine göre yakma alternatifli değerlendirilebilir. Bunların uygun olmadığı durumda atıklar depolanmalıdır.
120106	* R1		*		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar kestallikle uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır.
120107	* R1/R3/R9	*	*		Bu atıkların tesis içerisinde sıyrıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkz: [60]
120108	* R1		*		Halojen içerikleri nedeniyle bu atıklar kestallikle uygun sıcaklıklarda yakılmalıdır. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][62]
120109	* R1/R3/R9	*	*		Bu atıkların tesis içerisinde sıyrıcılar, yoğunlaştırıcılar, süzme sistemleri ve dezenfeksiyon ile geri dönüşümleri mümkündür. Ayrıca metal işleme sıvılarının elektrokoagülasyon ile arıtımı, biyolojik olarak arıtımı ve microdalga - kızılaltı ışınlarla arıtımı için bakınız: [63][64][65]. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkz: [60].
120110					
120112	* R1		*		Öncelikle geri kazanım alternatifli değerlendirilmeli uygun olmadığı takdirde yakılmalıdır.
120114	* R1	*	*	*	Bu çamurlar susuzlaştırmaya ya da faz ayırma tabii tutulmalıdır. Yağ içeriği yakmaya gönderilebilir. Arıtım artıkları ve yakılamayan kısım düzen depolamaya gönderilmelidir.
120116				*	
120118	* R4/R9	*	*		Metal ve yağ bileşenlerinin geri kazanımı araştırılmalıdır. Bu çamurların susuzlaştırılması gerekebilir. Yağ fazı yakmaya gönderilebilir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız: [52]. Yağ içeren atıkların yönetimi ile ilgili olarak bkz: [60].
120119	* R9	*	*		Yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanım mümkün değilse biyolojik olarak kolay biyodegrade olan yağlar olduğu için arıtım ya da kalorifik değeri yeterliyse yakma uygulanabilir. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [60][66]
120120	* R4/R5			*	Öğütme malzemelerinin geri dönüşüm olasılığı incelenmelidir. Demir dışı metallerin geri kazanımı için bakınız: [52]. Aksi takdirde depolamaya gönderilebilir [8].

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 7 Proses dışı atıklar için geri kazanım ve bertaraf bilgileri

Atık Kodu	Uygunluk			Düzenli depolama ³	Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yıkma ²		
130101	*		*		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkz [60]. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız [61][62]
130105	*	*	*		Yağlı su öncelikle faz ayırımı için arıtmaya tabi tutulmalıdır. Mümkünse ayrılan yağ geri kazanılmalı, değilse yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkz [60].
130109	*		*		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkz [60]. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız [61][62]
130110	*		*		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [60][66]
130111	*		*		
130113	*		*		
130204	*		*		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkz [60]. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız [61][62]
130207	*	*	*		Geri kazanım (enerji geri kazanımı dahil) önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıkların biyolojik olarak arıtılma olanakları araştırılmalı bunlar uygun olmadığı durumda atıklar yakılmalıdır.. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [60][66]
130208	*		*		Halojen içermeyen yağların geri kazanımı önceliklidir. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bu atıklar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [60][66]
130307	*		*		Yağların halojen içerdiği durumlarda bu atıklar kesinlikle yakılmalıdır. Atık yağların yönetimi için bkz [60]. PCB içermesi olası atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız [61][62]
130502	*	*	*		Çamurlardan yağın geri kazanılması alternatif araştırılmalıdır. Aksi takdirde susuzlaştırma sonrası bu atıklar yakmaya gönderilmelidir. Yağ içeren atıkların yönetimi için bkz [60].
130506	*		*		Yağın yeniden kullanımına öncelik verilmelidir. Yeniden kullanılmayan yağlar yakılmalıdır. Atık yağların geri kazanımı ve yönetimi ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [60][66]

Tablo 7 devam

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Arıtma ¹	Yıkma ²	Düzenli depolama ³	
150110	*		*	*	Ambalaj atıklarının temizlenerek yeniden kullanımı mümkün olmaktadır [8]. Temizlenemeyen atıklar kalorifik değerine göre yakmaya ya da depolamaya göndertilebilir.
150111				*	Bu atıklar düzenli depolamaya gönderilmelidir.
150202	*		*		Temizleme malzemeleri, filtreler ve glyserlin kirilikten arındırılarak yeniden kullanımı söz konusu değilse yakılmalıdır.
160107	*		*		
160114	*	*	*		Organik bileşenlerin geri kazanımı önceliklidir. Mümkün olmadığı durumlarda arıtma ve yakmaya gönderilmelidir.
160209	*		*		Transformatörler PCB'lerden arındırılmalı ve PCB içeren kısım yakmaya gönderilmelidir. PCB içermeyen diğer atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][62]
160210	*		*		İskarta ekipmanlar PCB'lerden arındırılmalı ve PCB içeren kısım yakmaya gönderilmelidir. PCB içermeyen diğer atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [61][62]
160211	*		*		İskarta ekipmanlar Klorlu bileşiklerden arındırılmalı ve bu bileşikleri içeren kısım yakmaya gönderilmelidir. Klorlu bileşikler içermeyen diğer atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [62]
160212				*	[8]
160213		*			
160215	*	*	*	*	İskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun yöntem seçilmelidir [8].
160506	*	*	*		Laboratuvar kimyasallarının geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. İkinci seçenek olarak basit fiziksel kimyasal arıtma işlemleri ile arıtım uygulanmalıdır. Aksi takdirde bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.
160507	*		*	*	Geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. Aksi takdirde iskartta anorganik kimyasal arıtmaya tabi tutulmalı, tehlikeli arıtma çamurları susuzlaştırma sonrası düzenli depolamaya gönderilmelidir.
160508	*	*	*		Organik kimyasallar için geri kazanım olanakları araştırılmalıdır. Aksi takdirde bu kimyasallar uygun şekilde arıtmaya tabi tutulmalıdır. Çözünü içeren atıkların doğru yönetimi için ayrıntılı bilgiye [59]'den ulaşılabılır. Aksi takdirde kalorifik değer ve su içeriği göz önüne alınarak bu atıklar yakmaya gönderilmelidir.

Metal Kaplama Sektörü

Tablo 7 devam

Atık Kodu	Uygunluk				Notlar
	Geri kazanım	Aritma ¹	Yakma ²	Düzenli depolama ³	
160601	* R4/R5			*	Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılmayan parçalar daha sonra düzenli depolanmaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [52][70]
160602	* R4/R5			*	
160603	* R4/R5			*	
160606	* R4/R5			*	
170106	* R12			*	Beton, tuğla, kiremit vs. gibi bu atıklardan tehlikeli bileşenler mümkün olduğu kadar temizlenmeye çalışılmalı ve özelliklerine göre bu bileşenlere uygulanacak yöntem seçilmelidir. Aksi takdirde bu atıklar düzenli depolanmaya gönderilmelidir.
170410	* R1/R5/R9		*		Kablolar geri kazanım için uygun maddeler ile kriyenoljse temizlik sonrası bunlar geri kazanılmalıdır. Aksi takdirde bu atıklar yakılmalıdır.
180103	* R1		*		Enfeksiyona sebep olabilecek atıkların özellikleri için bakınız: [67]. Ayrıca bu atıkların yönetimi ile ilgili bilgi [68]'de bulunabilir.
200121	* R4/R5			*	Floresan lambaların tesislerde kırılmadan muhafaza edilmeleri gerekmektedir aksi takdirde içlerindeki civa açığa çıkmaktadır. Geri kazanım önceliklidir [52][69]. Aksi takdirde bu atıklar depolanmalıdır.
200126	* R1/R9		*		Yağların geri kazanımı araştırılmalı. Uygulanmadığı durumda yakılmalıdır.
200127	* R1		*		
200133	* R4/R5			*	Pillerin içerisindeki tehlikeli bileşenlerin ayrılarak geri kazanımı değerlendirilmelidir. Geri kazanılmayan parçalar daha sonra düzenli depolanmaya gönderilmelidir. Kurşunlu pil geri dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız: [52][70]
200135	*	*	*	*	İskarta ekipmanlardan temizlenen tehlikeli bileşenler için özelliklerine göre uygun yöntem seçilmelidir.

7.0 İLAVE KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Bu rehberde kaplama sektöründen kaynaklanan tehlikeli atıkların tanımlanması, önlenmesi/azaltılması, geri kazanımı ve bertarafı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu başlıklar ile ilgili olarak daha ayrıntılı bilgilere aşağıdaki kaynaklardan ulaşılabilir:

- o Çevre ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Daire Başkanlığı resmi internet sitesi. URL:
<http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/AnaSayfa.aspx?sflang=tr>
Bu siteden yürürlükte olan mevzuata, tehlikeli atık taşıma, geri kazanım ve bertaraf için lisans almış firmaların listelerine ve duyurulara ulaşmak mümkündür.
- o IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry ve IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics.
URL: <http://eippcb.jrc.es/reference>
Bu doküman kaplama prosesleri, sektörden kaynaklanan emisyonlar ve MEİT hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir.
- o Tehlikeli Atık Sınıflandırma Kılavuzu. URL:
http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/life/taskb/TR_Vol_2.pdf
Bu doküman özellikle “M” kodlu atıkların sınıflandırılmalarını kolaylaştırmak için hazırlanmıştır. Tüm “M” kodlu atıklar için atık bilgi formları oluşturulmuş ve atıklar ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.
- o Tehlikeli atık eğitim dokümanları:
URL: <http://www.lifetcy06.cevreorman.gov.tr/goster.php?id=169>
Yukarıdaki bağlantıdan ulaşılacak eğitim dokümanları tehlikeli atıkların üzerinde uygulanabilecek fiziksel kimyasal işlemler, çeşitli yakma operasyonları ve atık yönetimine ilişkin diğer konularla ilgili bilgiler içermektedir. Basel Sekreteryası teknik rehberleri:
URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>
Bu web sitesinde genel atık gruplarının yönetimi ile ilgili bilgilerin yanı sıra çeşitli geri kazanım, arıtma ve bertaraf yöntemleri ile ilgili rehberler mevcuttur.

Metal kaplama sanayi tehlikeli atık sektör rehberinin oluşturulması sırasında aşağıdaki referanslardan yararlanılmıştır.

[1] Bursa Sanayi ve Ticaret Odası Organize Sanayi Bölgesi, Bursa Çevre Merkezi. Aylık Bülten

[2] Yılmaz Ö. (2006). Hazardous Waste Inventory of Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

[3] Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Sanayi Veritabanı. Erişim tarihi: 25.05.2011. URL:

http://www.tobb.org.tr/BilgiHizmetleri/Sayfalar/SanayiVeritabanı.a_spx

[4] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2009). Metal Kaplama

Galvanizasyon Rehber Dökümanı, Erişim Tarihi: 20.04.2011. URL: http://atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Belgeler/kilavuzlar/metal_kaplama_galvanizasyon.pdf

[5] European Commission. (2006). IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment and Metals.

[6] European Commission. (2001). IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry.

[7] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2008). Atık Yönetimi Genel

Esaslarına İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete No: 26927, 05.07.2008.

[8] Çevre ve Orman Bakanlığı. (2009). Tehlikeli Atık Sınıflandırma Kılavuzu, Cilt 2. Erişim Tarihi: 20.04.2011. URL:

http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/life/taskb/TR_Vol_2.pdf

[9] Sartor M., Buchloh D., Rögener F., Reichardt T. (2009). Removal of iron flourides from spent mixed acid pickling solutions by cooling precipitaton at extreme temperatures, Chem. Eng. Jour., 153, 50-55

[10] Kladnig W.F. (2003). A review of steel pickling and acid regeneration: an environmental contribution. International Journal of Materials and Product Technology, 19 (6), 550 – 561

- [11] Agrawal A., Sahu K.K. (2009). An overview of the recovery of acid from spent acidic solutions from steel and electroplating industries. *Journal of Hazardous Materials*, 171, 61 – 75
- [12] Marañón E., Fernández Y., Suárez F.J., Alonso F.J., Sastre H. (2000). Treatment of acid pickling baths by means of anionic resins. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39, 3370 – 3376.
- [13] Negro C, Blanco M.A., López-Mateos F., DeJong A.M.C.P., LaCalle G., Van Erkel J., Schmal D. (2001). Free acids and chemicals recovery from stainless steel pickling baths. *Separation Science and Technology*, 36 (7), 1543 – 1556.
- [14] Kladnig, WF. (2008). New development of acid regeneration in steel pickling plants, *J of Iron and Steel Inter.*, 15,41-6.
- [15] Regel M., Sastre A.M., Szymanowski J. (2001). Recovery of Zn (II) from HCl spent pickling solutions by solvent extraction, *Env. Sci and Tech.*, 35,630-635.
- [16] Paquay E., Clarinval A.M., Delvaux A., Degrez M., Hurwitz H.D. (2000) *Chemical Engineering Journal*, 79, 197 – 201. Ve Kerney U. (1994) Treatment of spent pickling acids from hot dip galvanizing. *Resources, Conservation and Recycling*. 10, 145 – 151.
- [17] Kerney U. (1994) Treatment of spent pickling acids from hot dip galvanizing. *Resources, Conservation and Recycling*. 10, 145 – 151.
- [18] Kumar M.S., Ghare N.Y., Vaidya A.N. & Bal A.S. (1998) Recovery of acid from pickling liquors. *Environmental Engineering Sciences*, 15 (4), 259 – 263
- [19] Agrawal A., Kumari S., Ray B.C., Sahu K.K. (2007). Extraction of acid and iron values from sulphate waste pickle liquor o a steel industry by solvent extraction route, *Hydrometallurgy*, 88, 58-66.
- [20] Cierpiszewski R., Miesiac I., Regel-Rosocka M., Sastre A.M., Szymanowski J. (2002) Removal of Zn (II) from spent hydrochloric acid olutions from zinc hot galvanizing plants, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41, 598-603.

[21] Ortiz I., Bringas E., San Román M.F. ve Utiaga A.M. (2004). Selective separation of zinc and iron from spent pickling solutions by membrane-based solvent extraction. *Process viability*, 39,2241-2455.

[22] Agrawal A., Kumari S., Sahu K.K. (2009). Iron and copper recovery/removal from industrial wastes: A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48, 6145 – 6161.

[23] Lopez-Delgado A., Alguacil F.J. ve Lopez F.A. (1997). Recovery of iron from bio-oxidized sulphuric pickling waste water by precipitation as basic sulphates, *Hydromet*, 45, 97-112.

[24] Özdemir T., Öztin C., ve Kınca N.S. (2006). Treatment of waste pickling liquors: Process synthesis and economic analysis. *Chemical Engineering Communications*, 193 (5), 548 – 563

[25] California Department of Toxic Substances Control. (1993). *Hazardous Waste Minimization Checklist and Assessment Manual for the Metal Finishing Industry*. Erişim tarihi: 24.05.2011. URL:

http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/P2_SB14MetalFinishingChecklist.pdf

[26] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. *Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Plating Processes*. Erişim: 17.07.2011. URL:

http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/plating.htm

[27] United States Environmental Protection Agency. (1994). *Guide to Cleaner Technologies Alternative Metal Finishes*. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.p2pays.org/ref/02/01052.pdf>

[28] *Environmental Initiatives in Indigenous Industry. Best Practices in Metal Plating and Finishing*. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.envirocentre.ie/includes/documents/MetalFinishing.pdf>

[29] USAID. *3.4G Metal Finishing: Cleaner Production Fact Sheet and Resource Guide*. Erişim tarihi: 24.05.2011. URL: http://www.usaid.gov/our_work/environment/compliance/ane/ane_guidelines/metalfinishing.pdf

[30] Freeman H.M. (1995). *Industrial Pollution Prevention Handbook*. McGraw-Hill. USA.

[31] Northeast Waste Management Officials' Association. (2003). *Pollution Prevention Technology Profile Trivalent Chromium Replacements for Hexavalent Chromium Plating*. Erişim tarihi: 23.06.2011. URL: <http://www.newmoa.org/prevention/p2tech/TriChromeFinal.pdf>

[32] DeDietrich Process Systems. (1995). *Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing*. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11943&lang=en&module=media&action=Display>

[33] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. *Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pollution Prevention in Rinsing*. Erişim: 17.07.2011. URL: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/rinsing.htm

[34] Babu B.R., Bhanu S.U., Meera K.S. (2009) *Waste minimization in electroplating industries: A review*. *Journal of Environmental Science and Health Part C: Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 27 (3) 155 – 177.

[35] DeDietrich Process Systems. (1995). *Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing*. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11946&lang=en&module=media&action=Display>

[36] European Commission. (1998). *Clean Technologies for Waste Minimization Final Report*. Belgium.

[37] Schmidt B., Wolters R., Kaplin J., Schneiker T., Lobo-Reico M.A., López F., López-Delgado A., Alguacil F.J. (2007). *Rinse water regeneration in stainless steel pickling*. *Desalination*, 211, 64 – 71.

[38] Hosca M., Kostura J. (2007). *Rinse water reuse pays off for West coast plating facility*. *Metal Finishing*, 24. Erişim tarihi: 20.06.2011. URL: www.metalfinishing.com

[39] Koivula R., Lehto J., Pajo L., Gale T., Leinonen H. (2000).

Purification of metal plating rinse water with chelating ion exchangers. *Hydrometallurgy*, 56, 93 – 108.

[40] Qin J.J., Oo M.H., Wong F.S. (2006). Pilot study on the treatment of spent solvent cleaning rinse in metal plating. *Desalination*, 191, 359 – 364.

[41] Wong F.S., Qin F.F., Wai M.N., Lim A.L., Adiga M. (2002). A pilot study on a membrane process for the treatment and recycling of spent final rinse water from electroless plating. *Separation and Purification Technology*, 29,41 – 51.

[42] Christensen E.R., Delwiche J.T. (1982). Removal of heavy metals from electroplating rinsewaters by precipitation, flocculation and ultrafiltration. *Water Research*, 16, 729 – 737.

[43] Bolger P.T., Szlag D.C. (2002). Electrochemical treatment and reuse of nickel plating rinse waters. *Environmental Progress*, 21 (3), 203 – 208.

[44] Northeast Waste Management Officials' Association ve Illinois Waste Management & Research Center. *Industry Sector P2 Notebooks, Metal Finishing Industry – Pre-finishing Operations*. Erişim: 23.06.2011. URL: http://www.istc.illinois.edu/info/library_docs/manuals/finishing/prefinop.htm

[45] United States Environmental Protection Agency. (1994). *Guide to Cleaner Technologies Cleaning and Degreasing Process Changes*. Erişim tarihi: 22.07.2011. URL: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r93017/625r93017.pdf>

[46] Barakat M.A. (2003). The pyrometallurgical processing of galvanizing zinc ash and flue dust. *Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, 55 (8), 26 – 29.

[47] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste Physico-Chemical Treatment Biological Treatment*. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techd8d9.pdf>

[48] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Incineration on Land*. Erişim tarihi: 19.05.2011. URL:<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techd10.pdf>

- [49] Secretariat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techd5.pdf>
- [50] Negro C., Blanco M.A., Lopez-Mateos F., DeJong A.M.C.P., LaCalle G., Van Erkel J., Schmal D. (2001). Free acids and chemicals recovery from stainless steel pickling baths. Separation Science and Technology, 36 (7), 1543 – 1556.
- [51] Doğan Ö., Karpuzcu M. (2010). Recovery of phosphate sludge as concrete supplementary material. CLEAN – Soil, Air, Water, 38 (10) 977 – 980.
- [52] Secretariat of the Basel Convention. (2004). Basel Convention Technical Guidelines on the Environmentally Sound Recycling/Reclamation of Metals and Metal Compounds (R4). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/r4-e.pdf>
- [53] United States Environmental Protection Agency. (2000). Capsule Report: Managing Cyanide in Metal Finishing. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: http://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/Cyanide/upload/CN_Capsule.pdf
- [54] DeDietrich Process Systems. (1995). Electroplating Rinse Practice and Evaporator Sizing. Erişim tarihi: 21.07.2011. URL: <http://www.ddpsinc.com/index.php?cmpref=11945&lang=en&module=media&action=Display>
- [55] Ma P., Lindblom B., Björkman B. (2005). Experimental studies on solid-state reduction of pickling sludge generated in the stainless steel production. Scandinavian Journal of Metallurgy, 34, 31 – 40.
- [56] Multilateral Investment Guarantee Agency. Environmental Guidelines for Electroplating Industry. Erişim tarihi: 1.06.2011. URL: <http://www.miga.org/documents/ElectroplatingIndustry.pdf>
- [57] LaGrega M.L., Buckingham P.L., Evans J.C. (1994). Hazardous Waste Management. McGraw-Hill, USA.

[58] United States Environmental Protection Agency. (2000). Capsule Report: Managing Cyanide in Metal Finishing. Erişim tarihi: 22.06.2011. URL:<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/30004TAD.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=625R99009%20or%20EPA%20or%20Capsule%20or%20Report%20or%20Managing%20or%20Cyanide%20or%20Metal%20or%20Finishing%20or%20EPA%20or%20R%20or%20December&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=pubnumber%5E%22625R99009%22&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=pubnumber&IntQFieldOp=1&ExtQFieldOp=1&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5Ctxt%5C0000016%5C30004TAD.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=10&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL#>

[59] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). Basel Convention Technical Guidelines on Hazardous Waste from the Production and Use of Organic Solvents. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techy6.pdf>

[60] Secreteriat of the Basel Convention. Basel Convention Technical Guidelines on Waste Oils from Petroelums and Sources. Erişim tarihi: 21.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techy8.Pdf>

[61] Secreteriat of the Basel Convention. Updated Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Polychlorinated Terphenyls (PCTs) or Polybrominated Biphenyls (PBBs). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL:<http://www.basel.int/pub/techguid/tg-PCBs.pdf>

[62] Secreteriat of the Basel Convention. Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs). Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.pdf>

- [63] Bensadok K., Benammar S., Lapticque F., Nezzal G. (2008). Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminum plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 423 – 430.
- [64] van der Gast C.J., Knowles C.J., Starkey M., Thompson I.P. (2002). Selection of microbial consortia for treating metal-working fluids. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29, 20 – 27.
- [65] Kuo C.H., Lee C.L. (2010). Treatment of oil/water emulsions using seawater-assisted microwave radiation. *Separation and Purification Technology*, 74, 288 – 293.
- [66] Secreteriat of the Basel Convention. (2002). *Basel Convention Technical Guidelines on Used Oil Re-Refining or Other Reuses of Previously Used Oil*. Erişim tarihi: 21.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techr9.pdf>
- [67] Secreteriat of the Basel Convention. (2004). *Draft guidance paper on hazard characteristics H6.2 (infectious substances)*. Erişim tarihi: 19.05.2011. URL: <http://www.basel.int/meetings/cop/cop7/docs/11a1r1e.pdf>
- [68] Secreteriat of the Basel Convention. (2003). *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Healthcare Wastes*. Erişim tarihi: 20.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf>
- [69] United States Environmental Protection Agency. (2009). *Flourescent lamp recycling*. Erişim Tarihi: 22.04.2011. URL: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/wastetypes/universal/lamps/lamp-recycling2-09.pdf>
- [70] Secreteriat of the Basel Convention (2003). *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-acid Batteries*. Erişim tarihi: 18.05.2011. URL: <http://www.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>

Metal Kaplama Sektörü

Bu döküman; Prof. Dr. Ülkü Yetiş'in (Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği) yönetici olarak görev yaptığı; Prof. Dr. İsmail Toröz (İTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü), Doç. Dr. S. Zehra Can (Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Y.Doç. Dr. Salim Öncel (Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü) ve Dr. Özgür Doğan'ın (TÜBİTAK MAM) yürütücü olarak görev aldıkları, Prof. Dr. Tanju Karanfil'in (Clemson University, Environmental Engineering and Earth Sciences Department) danışman olarak görev yaptığı, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın müşteri kurum olduğu, TÜBİTAK tarafından desteklenen 107G126 nolu, "TÜRKİYE'DE AVRUPA BİRLİĞİ ÇEVRE MEVZUATI İLE UYUMLU TEHLİKELİ ATIK YÖNETİMİ" projesi kapsamında hazırlanmıştır. Projede yer alan kurumlar aşağıdaki ekiplerle çalışmışlardır.

ODTÜ

Prof. Dr. Ülkü Yetiş, Prof. Dr. Celal F. Gökçay, Prof. Dr. Filiz B. Dilek, Prof. Dr. Kahraman Ünlü, Y. Doç. Dr. Emre Alp, Dr. Özge Yılmaz, Nur Çakır, Gülnur Ölmez, Çisem Yiğit, Volkan Çağın

CLEMSON University

Prof. Dr. Tanju Karanfil

İTÜ

Prof. Dr. İsmail Toröz, Prof. Dr. Fatoş Germirli Babuna, Prof. Dr. Kadir Alp, Edip Avşar, Onur Özcan

Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. S. Zehra Can, Prof. Dr. Barış Çalılı, Doç. Dr. Bülent Mertoğlu, Yrd. Doç. Dr. Orhan Gökyay, Arş. Gör. Deniz Akgül, Burcu Yazıcı, Burcu Yazıcı

GYTE

Doç. Dr. Mehmet Salim Öncel, Doç. Dr. Nihal Bektaş, Doç. Dr. Güleda Engin,
Doç.Dr. Cengiz Yatmaz, Dr. Senem Bayar, Dr. Mahir İnce, Lalehan Akbulut,
Yasemin Çalışkan, Neslihan Erdem

TÜBİTAK MAM

Dr. Özgür Doğan, Dr. Burcu Uyuşur, Volkan Pelitli, Sinem Erdoğan, Hatice
Merve Başar

