

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Metal Kaplama Endüstrisinde
Krom Redüksiyonu**

Erhan Koçak

Yüksek Lisans Tezi

130
69

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS DİPLOMA TEZİ

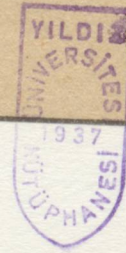
METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİNDE
KROM REDÜKSİYONU

TEZİ YÖNETEN: Doç.Oktay CANER
TEZİ HAZIRLAYAN: İnş.Müh.Erhan KOÇAK

İSTANBUL-1985

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 69
Tarih : 8.12.1986
Fatura :
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/32
Kayıt No : 44620
UDC :
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS DİPLOMA TEZİ



ÖZET

SÖZ

SUMMARY

GİRİŞ

1. METAL KAPLAMA

1.1. Genel Tanım METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİNDE

1.2. Kaplama KROM REDÜKSİYONU

İşlemler

1.2.1. Soyma

1.2.2. Temizleme

1.2.3. Kaplama

1.3. Atıkların Kontrolü

1.4. Atıkların Kontrolü

1.5. Atıkların Kontrolü

TEZİ YÖNETEN: Doç.Oktay CANER

TEZİ HAZIRLAYAN: İnş.Müh.Erhan KOÇAK

İSTANBUL-1985

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

ÖZET

SUMMARY

GİRİŞ

BÖLÜM I

1. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ

1.1. Genel tanıtım.....	1
1.2. Kaplama yapılacak metallere uygulanacak işlemler.....	1
1.2.1. Soyma.....	1
1.2.2. Temizleme.....	3
1.2.3. Kaplama.....	4
1.3. Atıkların meydana geldiği kaynaklar.....	4
1.4. Atıkların özellikleri.....	6
1.5. Atıkların zararlı etkileri.....	8

BÖLÜM II

2. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKLARININ TASFİYESİ

2.1. Amaç ve metodlar.....	16
2.2. Kromun arıtılması.....	17
2.2.1. İyon değiştirme.....	17
2.2.2. Buharlaştırarak geri kazanma.....	17
2.2.3. Baryum bileşikleriyle çöktürme.....	18
2.2.4. +6 Değerli kromun indirgeme yolu ile tasfiyesi.....	18
2.2.4.1. İndirgeyici maddeler.....	18
2.2.4.2. Lazumlu SO ₂ miktarı.....	22
2.2.4.3. Lazumlu H ₂ SO ₄ miktarı.....	26

BÖLÜM III

3. ARITIM SİSTEMLERİ

3.1. Kesikli tip arıtma sistemi..... 34

3.2. Sürekli tip arıtma sistemi..... 36

BÖLÜM IV

4. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ TASFİYESİ

KONUSUNDA ESKİŞEHİR ARÇELİK TESİSLERİNDE YAPILAN

ÇALIŞMALAR

4.1. Giriş (genel tanıtım)..... 38

4.2. Atık suları çıkaran prosesler ve atık suların özellikleri..... 38

4.3. Seçilen sistem..... 46

4.4. Sonuçlar 48

Kaynaklar..... 50

Özgeçmiş..... 51

Metin KÖKAL

İstanbul - 1982

ÖNSÖZ

Endüstriyel atıksuların arıtımı konusunda ülkemizde başlayan kımıldanmalar sevindiricidir. Yetkililer tarafından konulan kurallar, çıkarılan kanunlar sayesinde çevremizde bulunan güzel nehirlerimizde ve göllerimizde yaşayan canlılar yaşamlarını sürdürebileceklerdir. Aynı zamanda arıtım konusu ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar sayesinde bu konuların detayları daha iyi öğrenilmekte ve yapılacak tesislerin randımanları buna bağlı olarak artmaktadır.

Tezimde metal kaplama endüstrisi atık sularının tasfiyesi konusunu işlemiş bulunmaktayım. Bu endüstriden çıkan atık sular farklı karakterdedirler ve bu farklı karakterdeki suların arıtımı da ancak farklı tesisler inşa etmekle olur. Burada metal kaplama atık sularından kromun giderilmesi konusu işlenmiştir. Ve bu konuda yapılmış bir özel tesis anlatılmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm danışman hocam Doç. Oktay CANER'e, Doç. Halit GÜKNİL'e, Doç. Mehmet YÜCEL'e, Doç. Adem BAŞTÜRK'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Erhan KOÇAK
İstanbul - 1985

ÖZET

Bu çalışma, çevrenin metal kaplama endüstrisi sıvı atıklarının içinde bulunan +6 değerlikli kromdan korunması ve bunun zararsız hale getirilip tasfiyesini konu almaktadır.

Diploma tezi dört bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde metal kaplama endüstrisi hakkında genel bilgiler, kaynaklar, özellikler ve zararlı etkiler anlatılmıştır.

İkinci bölümde metal kaplama endüstrisi atıklarının arıtımına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde arıtım sistemleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ise metal kaplama endüstrisi atık sularının tasfiyesi konusunda Eskişehir Arçelik tesislerinde yapılan çalışmalar gösterilmiştir.

Sonuç bölümünde ise bütün bu bilgiler ışığında metal kaplama atıksularının tasfiyesi konusunda öneriler verilmiştir.

SUMMARY

This study covers the protection of environment from the chromium and treatment of this Cr^{+6} .

This thesis constitutes 4 sections.

In the first section , general information have been given about metal plating industry. The sources, harmful effects and the characteristics of the liquid waste from this industry have also been given

In the second section knowledge have been given about treatment of the wastes of the metal plating industry.

In the third section, the treatment processes of the metal plating industry have been given.

In the fourth section, general information have been given about treatment process of the Arçelik co. at Eskişehir.

In the final section , suggestions have been made about the disposal and treatment of the metal plating liquid wastes.

GİRİŞ

Her vesileyle bir üst refah seviyesine çıkmak ister insanoglu, ama karşılığında çıkacak olan problemlere kesin bir çözüm aramadan. Evet, medeni dünya içinde yaşama tutkusu, insanoglunu endüstrinin, teknolojik olanakların imkan verdiği en üst seviyesine çıkarmıştır. Her geçen gün yeni bir madde, her geçen gün eskisine oranla daha ekonomik ve pratik eşyalar vs. bulunuyor insanoglu tarafından. İnsanoglu çevresinde bulunan doğal kaynakları en ince ayrıntılarına kadar kullanabiliyor; suyu, taşı, toprağı, madenleri... vs. Bütün kullanılan bu elemanların içinde en önemlisi ve en gereklisi sudur. Susuz bir endüstri düşünemeyiz. Su insanoglunun yaşantısında vazgeçilmez bir öğedir. Şu halde bu kıymetli varlığa hiç bir zarar vermemeliyiz ki sürekli bir şekilde ondan faydalanabilelim.

Özellikle atık sularında kimyasal madde bulunan endüstriler, ülke ekonomisine yaptıkları katkının yanında atık sularını boşalttıkları dere, göl, deniz, akarsu gibi doğal sulardaki canlı hayatına yapmış oldukları zararı söyleyebilmelidirler. veya bunu da göz önünde tutarak birtakım çabalar sarfetmelidirler.

Ancak insanoglunun kar elde etmediğı bir işe yatırım yapması hiç bir zaman düşünülemez. Bu yüzden ki kanunlar ve yönetmelikler sayesinde ancak endüstriyel kuruluşlarda ülkemizde yeni yeni atık su arıtım tesislerine rastlıyoruz.

Atıksu arıtılmasında var olan sistemlerin en ekonomik ve en randımanlı bir şekilde çalışmasını tercih etmek gerekir. Her endüstrinin uğraş sahası farklı olduğundan çıkarmış oldukları atıksular da farklı karakterdedirler. çıkan atıksuyun ihtiva ettiği veya bizim tasfiyesini düşündüğümüz kısmı için ayrı bir arıtım sistemi düşünülmelidir.

Tezimizin konusu, metal kaplama endüstrisi olduğundan bu endüstrinin atıksularında bulunan ve zararlı

etkiye sahip kromun indirgenmesinden ve tasfiyesinden söz
edeceğiz.

BÖLÜM I

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ

1.1.Genel tanıtım:

Bu endüstriye ait işlemlerin ve atık suların tipik akım diyagramı ŞEKİL.1. de verilmiştir.Oldukça yaygın olan bir endüstri türüdür.Şekilde verilen akım şemasının üst kısmı çinko,alt kısmı ise krom kaplama işlemlerini göstermektedir.

Metal kaplanmadan önce soyma ve temizleme işlemlerinden geçirilir.Ancak bu işlemlerden sonra daha iyi kaplanabilir.Soyma ve temizleme işleminden sonra aside batırılır ve bekletilir.Asitte bekletilen metal yıkamaya tabi tutulur.Sonuçta yıkanan metal kaplanır.Kaplanan metal kendisi ile birlikte bir miktar kaplama çözeltisini de sürükler.Bu çözeltiye sürükleme kaybı denir.Sürükleme kaybı denilen bu miktar 2-10 lt/saat arasında değişir.(R.2).

Kaplanan metal yıkandıktan sonra parlatılmak amacı ile tekrar aside batırılır ve tekrar yıkanır sonunda kurutulmak amacı ile fırına yollanır.

1.2.Kaplama yapılacak metallere uygulanacak işlemler:

Metal mamul hale getirildikten sonra kullanılma maksadına uygun olarak bitirme (finishing) işlemlerinden geçirilir.Bitirme genel olarak şu işlem kademelerini içerir.

- Soyma
- Temizleme
- Kaplama

1.2.1.Soyma:

Soyma işlemi kaplanacak metalin üzerindeki istenmeyen metal oksit ve diğer tabakaların çıkarılması için yapılır.Soyma işleminin tipi çıkarılacak tabakaya ve kullanılan ana metale bağlıdır.Soyma banyoları karakter olarak asidik-

tir ve genellikle sülfirik asit, hidroklorik asit ve nitrik asit solusyonlarından oluşur. Nitrik asit daha az kullanılır. Kaplama banyoları yukarıdaki asitlerin yanı sıra diğer başka birçok kimyasal maddeleri içerir. Fakat bu diğer kimyasal maddeler düşük konsantrasyonlarda bulunur ve toplam atığın karakterini pek değiştirmezler. Bu asit banyolarına ilaveten sodyum sülfitli, sodyum siyanidli, sodyum hidroksitli alkali banyolar da kullanılır. Soyma banyolarındaki kimyasal maddelerin konsantrasyonları %5-%10 arasındadır. (R.6.). Son yıllarda soyma işleminin elektrolitik metodla yapılması gittikçe artmaktadır. (işlem daha hızlı cereyan ettiginden dolayı) her iki uygulamada da sonuç ürünler aynıdır. (R.6.).

1.2.2. Temizleme:

Temizleme işlemleri esas olarak toprak, yağ ve gresleri çıkarmak için yapılır. Temizleme işlemleri genellikle üç tiptedir.

- Buhar halindeki organik çözücü temizleyiciler,
- Asitli temizleyiciler,
- Alkali temizleyiciler.

Organik temizleyiciler esas olarak yağ ve gresi çıkarmak için kullanılır, endüstriyel atığı olumsuz yönde etkilemezler. Asitli temizleyiciler daha önceden temizleme işleminde ve yüzey hazırlamada kullanılan alkali temizleyicilerin nötralizasyonu için kullanılırlar. Bunlar genelde %1 - %5 arasındaki konsantrasyonlarda sülfirik asit, hidroklorik asit, ve nitrik asitten meydana gelir. (R.6.).

Alkali temizleyiciler, organik emülsiyon temizleyicilerden, alkali ıslatıcı temizleyicilerden ve alkali elektro temizleyicilerden oluşur. Organik emülsiyon temizleyicileri, petrol veya bir emülsiyon kırıcı ile birleşmiş kömür katranı çözücülerdir. Bunlar ıslak temizleme için hem seyreltilmiş hem de seyreltilmemiş olarak kulla-

nılır ve genelde bunu bir alkali temizleyici takip eder. Alkali ıslatıcı temizleyiciler ekseriyetle galon başına 4-6 ons (75 000 ppm.) arasında konsantrasyonlarda kullanılır. Bunlar sodyum hidroksit, orto fosfatlar, slikaatlar, karbonatlar, potasyum hidroksit, organik emilsiyon kırıcılar ve sentetik ıslatıcılardan meydana gelir.(R.6.).

Alkali elektro temizleyiciler iki istisna dışında ıslatıcı temizleyicilere benzerler. Bunlar genellikle sentetik ıslatıcılar veya organik emilsiyon kırıcıları ihtiva etmezler. Bunlarda alkalinite ayarlaması en iyi elektrik iletkenliğini verebilmek açısından önemlidir. Bunlar hem anodik hem de katodik elektro temizleyici olarak kullanılabilir. Katodik temizlemeyi genellikle anodik temizleme takip eder.

1.2.3. Kaplama:

Kaplamada solusyondaki kaplayıcı metal anot görevini yaparken, kaplanacak metal katod görevini yapar. Toplam sıvı atıklar fazla hacimde değildirler. Fakat zehir etkisi açısından çok tehlikelidirler. En önemli zehir etkisi yapan maddeler; krom, çinko, bakır, nikel, kalay ve siyanür gibi metallerdir. Asitler, alkali temizleyiciler, yağ ve petrol de atıklar içinde bulunabilir.

1.3. Atıkların meydana geldiği kaynaklar:

Kaplama operasyonları atıklarının hacim ve kimyasal karakter bakımından farklı olan iki ana kaynağı vardır.

1-Batch (kesikli) prosesler,

2-Continious (sürekli) prosesler, ki bunlar çok olmayan ancak devamlı taşan çalkalama sularını ihtiva ederler.

Kaplama işlemlerinden önce yapılan çeşitli soyma, temizleme işlemlerinden meydana gelen atık tiplerini OHİO

RİVER SANİTATION COMMISSION (ORSONCO) şu şekilde sıralamaktadır.(R.3.).

-özel solusyonlar:

Birçok metal işleme üniteleri, imal edenlerin özel formüllü solusyonlarını kullanırlar.Bunlar temizleyici niteliğinde olanlar veya değişik tiplerdeki kaplama işlemi hızlandırıcılarıdır.Her solusyonun tam olarak kimyasal ter-kibi üreticiden elde edilmelidir.

-siyanür ihtiva eden solusyonlar:

Bu solusyonlar, oldukça yüksek siyanür konsantrasyonundadır ve siyanür banyolarında bulunur.Siyanür insanlar suda yaşayan yüksek mikroorganizmalar için de çok zehirli olduğundan atıklardaki düşük konsantrasyonlar bile çok tehlikelidir ve sakınılması gerekir.

-Konsantre asit veya asitle temizleme atıkları:

Başlıca metal soyma ve temizlenmesinden meydana gelir.Hacmi ve cinsi kaynaklara göre değişir.

-Konsantre edilmiş alkaliler:

Bunlar sarfedilen alkali temizleme solusyonlarında bulunur.(Genellikle sabun,yağ....vs.).

-Kromatlar:

Krom sulu sistemlerde hem +3 değerlikli hem de +6 değerlikli iyon olarak bulunur.Endüstriyel atıklarda bulunan +6 değerlikli krom öncelikle kromat (CrO_4^{2-}) ve dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) formundadır.Krom bileşikleri paslanmayı önlemek için soğutma sularına eklenir.(R.1.).Krom bileşikleri mürekkep imalatında, endüstriyel boya ve toz boya imalatında, aliminyum anotlamada (pasivasyon) ve kaplama işlemlerinde kullanılır.Metal kaplama endüstrisinde otomobil parçaları imal edenler kromla kaplanmış metal parçaların en önemli üreticileri arasında yer alırlar.Genelde atık kromun başlıca kaynağı kromik asit banyosu ve bazı metal kaplama operasyonlarında kullanılan çalkalama suyudur.(metaller hem kap-

lanmak hem de kendilerine dayanıklılık vermek amacı ile kromat solusyonları ile reaksiyona maruz bırakılır. Krom, siyanür gibi zehirli olduğundan (çok düşük konsantrasyonlarda bile) krom atıkları ayrılır ve bütün kromu çıkarmak için reaksiyona tabi tutulur.

-Tasfiye gerektiren diğer atıklar:

Birçok metal bitirme ünitelerinde, metal bileşik-leri, yağ, sabun ve süspansiyon maddeler ihtiva eden atıklar vardır. Bunlar kimyasal çökelme ve pH ayarlaması ile tasfiye edilir.

-Tasfiye gerektirmeyen sular:

Sogutma suları gibi kalite olarak değişikliğe uğramamış sulardır. Bunlar direkt olarak deşarj edilebilirler.

1.4. Metal kaplama endüstrisi sıvı atıklarının özellikleri:

Elektrokaplama ve metal bitirme ünitelerinden çıkan atıklar hakikatte zehirsiz olanlardan, öldürücü, aşındırıcı ve tahrip edicilere kadar sıralanabilir. Oldukça zehirli veya tahrip edici atıklar genellikle konsantre edilmiş solusyonların tesadüfi veya maksatlı olarak boşaltılmasının sonucu-
dur.

Kaplama atıklarının özellikleri, kaplayıcı maddenin cinsine ve kullanılan çalkalamanın tipine bağlı olarak asit veya alkali özelliğindedir. Siyanür veya alkali temizleme banyolarında pH değeri çok yüksek, kromat banyolarında ise çok düşüktür. Pürüzlerin temizlenmesi işi oldukça fazla ise tesis-
ten çıkan atıkların karışımı çok asidiktir. Metal kaplama atıklarının hacmi karakteristiklerinden daha fazla değişken-
dir. TABLO:1 de kaplama banyoları için akım şeması görülmektedir.

TABLO: I MUHTELİF KAPLAMA BANYOLARI İÇİN AKIM ŞEMASI (R.II)

BAKIR KAPLAMA	NİKEL KAPLAMA	KROM KAPLAMA	ÇİNKO KAPLAMA
Elektro temizleyici (Katodik)	Elektro temizleyici (Katodik)	Elektro temizleyici (Katodik)	Elektro temizleyici (Katodik)
Devamlı Çalkalama	Elektro temizleyici (Anodik)	Devamlı Çalkalama	Devamlı Çalkalama
HCl (%5) aside daldırma	Devamlı Çalkalama	H ₂ SO ₄ aside daldırma	H ₂ SO ₄ (%5) aside daldırma
Devamlı Çalkalama	H ₂ SO ₄ (%5) aside daldırma	Devamlı Çalkalama	Devamlı Çalkalama
Bakır siyanid (tebaki)	Devamlı Çalkalama	Krom Solüsyonu	Çinko siyanid Solüsyonu
Devamlı Çalkalama	Parlak nikel solüsyonu	Geri Çalkalama	Devamlı Çalkalama
Devamlı Çalkalama	Devamlı Çalkalama	Mist Sprayer durulamasi	Sprey Çalkalama
Sıcak bakır-fosfat Solüsyonu	Sabuna daldırma	Devamlı Çalkalama	Parlatıcı Kazaana daldırma (HNO ₃)
Devamlı Çalkalama	Sıcak Çalkalama	Sıcak Kazaana daldırma	Devamlı Çalkalama
Sıcak Çalkalama	Kurutma fırınına	Devamlı Çalkalama	Sıcak suya daldırma
Kurutma fırınına		Sıcak çalkalama	Kurutma fırınına
		Kurutma fırınına	

1.5.Metal kaplama endüstrisi atıklarının zararlı etkileri:

Kaplama endüstrisinde temizleme, asitle temizleme ve imalat sırasında kullanılan diğer çözeltiler muhtelif kimyasal bileşikleri ihtiva ederler.Bu bileşiklerin çoğu çok düşük konsantrasyonlarda dahi sudaki canlılara zehirli etki yapar.Kaplama endüstrisi atıklarında zararlı etkiye sebep olan maddeler şöyle sınıflandırılabilir.Anyonlar,katyonlar, nitratlar,fosfatlar,solventler (çözücüler),asidite,alkalinite ve askı maddeler.

Metal kaplama endüstrisi atık suları döküldükleri doğal sularda diğer sanayi sularının da etkisi ile katı madde birikimine ve yüksek derecede bulanıklığa sebep olurlar. Ayrıca asit, yağ, gibi maddeler ihtiva ediyorsa nehrin alt kısmında bu suyu kullananlar zarar görür.Örneğin endüstride kullanılıyorsa buhar kazanlarında korrozyon veya kazan taşına sebep olur.Örnekler çoğaltılabilir.

Doğal suya (nehir,göl,deniz veya diğer küçük,büyük akarsular) boşaltılacak olan suyun o doğal suyun kullanılma maksadına göre standartlarda belirtilen özelliklere haiz olması gerekir.Yüzeysel sular kendilerinden beklenen istifadeye göre sınıflandırılmış olmalıdırlar.Örneğin içme suyu temini için veya eğlence maksatları için kullanma gibi... Akarsulara verilebilecek konsantrasyonlar TABLO:2 de verilmiştir.

Kuruluşların büyük bir kısmı atıklarını belediyenin kanalizasyon sistemine boşaltırlar.Kanalizasyon sisteminde endüstriyel atıklar yerli atıklarla seyrelir ve birlikte arıtma tesisine taşınırlar.TABLO:3 de metal kaplama endüstrisinde kullanılan bazı kimyasal ve meydana gelen kirleticiler görülmektedir.(R.4.).

Kanalizasyon sistemlerinin bulunmadığı bölgelerde yerleşmiş olan metal kaplama endüstrisi kuruluşları atıklarını doğal su bünyelerine boşaltmadan önce kendi arıtmalarını sağlamalıdırlar.Bu arıtmanın genişliği atığın terkibine

TABLO: 2

Akarsulara verilebilecek müsaade edilen en yüksek konsantrasyonlar: (R.8)

	A.B.D Halk Sağlığı servisi	1380 s. Su ürünleri kanununa ek tüzük
pH	6.5 - 9.0	6.5 - 8.5
Katyonlar		
Amonyum	2.5 mg/lt	0.02mg/lt
Arsenik	1.0 mg/lt	1.0 mg/lt
Baryum	1.0 mg/lt	5.0 mg/lt
Kadmium	0.05mg/lt	0.01mg/lt
Krom		
+6 değerli	0.5 mg/lt	0.05 mg/lt
+3 değerli	1.0 mg/lt	-
Bakır	0.5 mg/lt	0.02 mg/lt
Demir	2.0 mg/lt	0.7 mg/lt
Kurşun	0,1 mg/lt	0.1 mg/lt
Manganez	1.0 mg/lt	1.0 mg/lt
Nikel	2.0 mg/lt	0.8 mg/lt
Çinko	1.0 mg/lt	0.003 mg/lt
Anyonlar		
Klörür	150 mg/lt	170 mg/lt
Siyanür	0.05 mg/lt	0.02 mg/lt
Flörür	1.5 mg/lt	1.5 mg/lt
Nitrat	45 mg/lt	4.2 mg/lt
Sülfat	250 mg/lt	90 mg/lt
Süspansiyon maddeleri	20 mg/lt	90 mg/lt
Yağ	10 mg/lt	-

TABLO:3

Metal kaplama endüstrisinde kullanılan bazı kimyasal maddeler ve meydana gelen kirleticiler.(R.4)

Kimyasal madde	Atık ürün MS-Metal çamuru DS-Çözünmüş katı NH ₃ -Amonyak O - Organik madde
Alüminyum	MS DS
Potasyum sülfat	MS DS
Alüminyum silikat	MS DS
Amonyum asetat	DS NH ₃
Amonyum bifluorür	MS DS NH ₃
Amonyum klörür	DS NH ₃
Amonyum sitrat	DS NH ₃ O
Amonyum hidroksit	DS NH ₃
Amonyum molibdat	MS DS NH ₃
Amonyum nitrat	DS NH ₃
Amonyum sülfat	MS DS NH ₃
Anisik aldehit	O
Antimon potasyum tartarat	MS DS O
Baryum karbonat	MS
Baryum sülfat	MS
Benzen	O
Borik asit	DS
Kadmiyum siyanür	MS DS
Kadmiyum sülfat	MS DS
Kalsiyum nitrat	DS
Kromik asit	MS DS
Sitrik asit	DS O
Kobalt karbonat	MS
Kobalt sülfat	MS DS
Bakır sülfat	MS DS

TABLO: 3'ün devamı

Kimyasal madde	Atık ürün
Diamonyum fosfat	MS DS NH_3
Ferrik nitrat (Fe^{+3})	MS DS
Fluoborik asit	MS DS
Formaldehit	0
Zamk	0
Gliserin	0
Hidrazin sulfat	DS
Hidroklorik asit	DS
Hidrofluosilik	MS DS
Hidroksiasetik asit	DS 0
Hipofosforik asit	MS DS
İndiyum sulfat	MS DS
Demir oksit	MS
İsopropanol	0
Domuz iç yağı	0
Kurşun Flüoborat	MS DS
Kurşun oksit	MS
Kireç	MS
Magnezyum sülfat	MS DS
Mangan karbonat	MS
Mangan sülfat	MS DS
Metanol	0
Mono amonyum Fosfat	MS DS NH_3
Nikel karbonat	MS
Nikel klörür	MS DS
Nikel sülfat	MS DS
Nikel sulfamat	MS DS
Nitrik asit	DS
Oksalik asit	MS DS
Fosforik asit	MS DS

TABLO: 3'ün devamı

Kimyasal madde	Atık ürün
Potasyum Bromat	DS
Potasyum Sitrat	DS O
Potasyum klörür	DS
Potasyum bakır siyanür	MS DS
Potasyum siyanür	MS DS
Potasyum ferri siyanür	MS DS
Potasyum hidroksit	DS
Potasyum fosfat	MS DS
Potasyum Stannat	MS DS
Potasyum tiyosiyanat	DS
Sodyum asit Pirofosfat	MS DS
Soda(susuz sodyum karb)	DS
Sodyum bikarbonat	DS
Sodyum bisülfür	DS
Sodyum bifluörür	MS DS
Sodyum sitrat	DS O
Sodyum bakır siyanür	MS DS
Sodyum siyanür	DS
Sodyum dikromat	MS DS
Sodyum Flüoborat	MS DS
Sodyum Glukonat	DS
Sodyum hegzametafosfat	MS DS
Sodyum Hipofosfit	MS DS
Sodyum hidrosülfid	DS
Sodyum hidroksit	DS
Sodyum meta slika	MS DS
Sodyum molibdat	MS DS
Sodyum nitrat	DS
Sodyum ortoslikatlar	MS DS
Sodyum Polisülfür	MS DS
Sodyum stannat	MS DS

TABLO: 3'ün devamı

Kımyasal madde	Atık ürün
Sodyum sülfat	DS
Sodyum sülfür	MS DS
Sodyum sülfıt	DS
Sodyumtri Polıfosfat	MS DS
Kalay fluborat	MS DS
Kalay sülfat	MS DS
Stearık asıt	0
Sülfamık asıt	DS
Sülfür (sıvı)	MS
Sülfrik asıt	MS DS
İçyağı glıserıdı	0
Tartarık Asıt	0
Tetra Potasyum pırofosfat	MS DS
Tetra sodyumpırofosfat	MS DS
Toluen	0
Trıkloretılen	0
Trıklor etan	0
Trısodyum fosfat	MS DS
Ksılen	0
Çınko klörür	MS DS
Çınko sıyanür	MS DS

ve sıvıdaki veya göldeki izin verilen kirleticilerin seviyesine bağılı olacaktır.

Nehirlerdeki kaplama atığı unsurlarının insanlar için her zaman zararlı olabileceği tehlikesi vardır. Kapsama atıklarının akarsulara karıştığı ve çiftlik hayvanlarında ölümlere sebep olduğu durumlar tesbit edilmiştir. Fakat başlıca ve en sık karşılaşılan tehlike su hayatının tahrip edilmesidir. Bu aşırı derecede düşük konsantrasyonlarda bile olabilir. TABLO:4 ve TABLO:5 de bazı metallerin ve kaplama atığı bileşenlerinin balıklara olan öldürücü tesiri hakkında bir bilgi verilmektedir. Bu değerler öldürücü olduğu ispat edilmiş en düşük konsantrasyonları göstermektedir. Öldürücü konsantrasyon balığın tipine göre, suyun pH'sına, sertliğine ve ıslısına göre değişir.

TABLO:4

Balıklar için bazı metallerin zehirliliği

METAL	METAL KONSANTRASYONU(mg/lt.)
Çinko	0.78-- 33.4
Çinko	0.01 - 10.1
Çinko	0.30 - 0.70
Bakır	0.015 - 3.0
Bakır	0.022 - 1.76
Bakır	0.01 - 0.02
Kobalt	7.0 - 15.0
Nikel	0.08 - 1.0
Nikel	4.45 - 44.5
Kurşun	0.1 - 6.30
Kurşun	5.58 - 482.0
Kadmiyum	0.01 - 10.0
Kadmiyum	0.63 - 73.5
Kadmiyum	0.03
Cıva	0.01 - 0.02

TABLO:5 (R:4)

Kaplama atık bileşenlerinin balıkların hayatına etkisi

Bileşenler	Bazı balıklara ölüm etkisi yapan konsantrasyon seviyeleri (ppm)
+6 değerli krom	5.0
+3 değerli krom	5.0
Siyanür	0.05
Ferrosiyanür($\text{Fe}(\text{CN})_6$) ⁻⁴	1.45
Bakır	0.02
Çinko	0.30
Kadmiyum	0.60
Nikel	5.0

BÖLÜM II

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKLARININ TASFİYESİ

2.1.Amaç ve metodlar:

Kaplama işlemlerinden çıkan atıkların tasfiyesi için kullanılan amaç ve metodlar genel olarak iki sınıfa ayrılabilir.

1-Atık problemini yoketmek veya minumum değere indirmek için fabrika içersinde, imalat kademelerinde işletme veya projede değişiklik yapmak.

2-Kaplama işlemi atıklarındaki arzu edilmeyen zehirli materyali uzaklaştırmak veya yok edebilmek için bir kimyasal (bazen fiziksel) tasfiye tesisi inşa etmek.

Atıkları azaltmak maksadı ile imalat kademelerinde ve projede muhtelif değişiklikler düşünülebilir. Bunlardan bazıları şunlardır.

a) Toksik metaller ve bu metallerin tuzları için bir biriktirme tankı inşa etmek. Bu tank tehlike halinde kullanılmak üzere dolu savaksız olarak ve tulumcaya ihtiyaç göstermeksizin atıkların cazibe ile akmasına imkan verecek bir kotta inşa edilir.

b) Konsantre maddeler için kırılabilir cinsten olmayan kaplar kullanmak.

c) Özel damlalıklı tava, fıskiyele çalkalama ve sarsma mekanizması projelendirmek.

d) Sızmaları ve bütün diğer kayıpları azaltmak ve biriktirme havuzunda toplamak.

e) Büyük hacimli yıkayıcılar yerine yüksek basınçlı çalkalayıcılar kullanmak.

f) Konsantre hale getirilmiş kaplama atıklarından değerlendirilebilen metalleri geri kazanmak.

g) Kaplama banyosunda belirli bir konsantrasyon elde etmek için geri kazanılan atıklardan belirli bir hacmini

buharlaştırarak kaplama banyosuna geri vermek.

Metal kaplama atıklarının kimyasal ve fiziksel yollarla arıtılması başlıca üç amaca ulaşmak için yapılır.

- 1-Siyanürün çıkarılması,
- 2-Kromun çıkarılması,
- 3-Diğer bütün metallerin,yağın ve petrolün çıkarılması.

2.2.Kromun arıtılması:

Krom ihtiva eden metal kaplama atıkları normalde siyanür atıklarından ayrılır.Çünkü buharlar çökelme olmadan indirgenmeli ve asitlendirilmelidirler.Toksik kabul edilen metaller genellikle belirli pH'larda çöktürülerek atık sular-
dan ayrılabilirler. halde, Cr^{+6} bütün pH değerlerinde çö-
zünür olduğu için aşağıda sıralanan metodlardan biri ile ber-
taraf edilir.

2.2.1.İyon değiştirme:

Anyon tipi reçinelerle 200 mg/lt.(R.5) konsantrasyona kadar +6 değerli krom iyonu elde edilebilir.Reçine sodyum hid-
roksit ile rejenere edilir.Elde edilen sodyum kromattan katyon
tipi bir iyon değiştirici ile saf kromik asit elde edilir.

2.2.2.Buharlaştırarak geri kazanmak:

Patent altındaki bu usulle 500 mg/lt'yi aşan kromat-
lı sulardan kromik asidi geri kazanmak mümkün olmaktadır.(R.5).
Krom,nikel ve bakır durulama((çalkalama) tankından geri ka-
zanılabilir.Sonra konsantre edilen solüsyon kaplama sistem-
lerine döndürülür.Kondanse edilmiş su (buhardan) tabii su
tuzlarının toplanmasını önlemek için kaplama tankını taki-
ben çalkalama tankında tekrar kullanılır.Bu işlemin değerli
metal tuzlarının geri kazanılmasında önemli bir yeri vardır.
Ancak başlangıçtaki teçhizat maliyeti geri kazanılandan çok-
tur.Bu sistem özellikle metalik atıklar büyük hacimde olduğu

zaman geçerlidir.

2.2.3. Baryum bileşikleri ile çöktürme:

BaCl (baryum klorür) gibi baryum tuzları ile kromun baryum kromat halinde çöktürülmesi mümkündür. Ancak baryum tuzlarının toksik oluşu ve ilaveten baryumlu çökeltinin ikinci bir tasfiyeyi gerektirmesi metodun mahsurlarındandır.

2.2.4. Cr^{+6} 'nın indirgeme yolu ile tasfiyesi:

+6 değerlikli kromun +6 değerden +3 değere indirgenmesi ve netice olarak +3 değerli krom iyonunun hidroksit çökeltisi vermesi metodu, +6 değerli kromun en çok kullanılan tasfiye metodudur. Standart indirgeme işlemi tekniği, atık sıvının pH'sının 3 veya 3'ün altına sülfirik asit vasıtasıyla indirilmesi ve +6 değerli kromu kimyasal indirgeyiciler ile +3 değerli kroma indirgemektir.

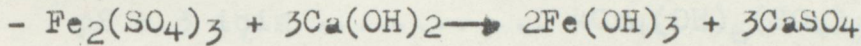
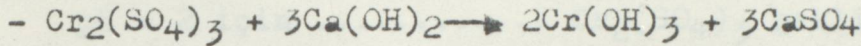
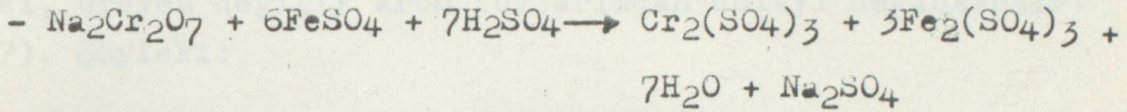
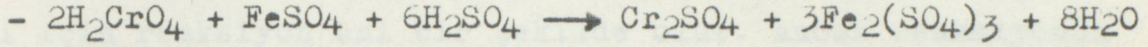
2.2.4.1. İndirgeyici Maddeler:

Genellikle kullanılan indirgeyici maddeler demir sülfat, sodyum metabisülfid, sülfürdioksittir. Demir sülfat ve sodyum metabisülfid kuru veya solüsyon beslemeli şeklindedir; sülfürdioksit ise sistemin içine direkt olarak gaz silindirelerinden diffüze edilir. pH'nın değeri kromun indirgenmesinde etkilidir. İndirgeyici maddenin asidik bir ortam yaratması arzu edilen bir durumdur. Aksi halde pH yükselir.

-Demir Sülfat:

Demir iyonları +6 değerli kromla oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarında zıt durum alırlar şöyleki: +6 değerli krom +3 değerli kroma indirgenirken Fe^{++} (Ferrous) durumdaki demir Fe^{+++} (Ferrik) duruma yükseltgenir. Bu reaksiyon pH değerinin 3'ün altında olduğu zaman meydana gelir. Ve süratle olur. Demir sülfat kullanımının dezavantajı alkali ilave edildiğinde ikinci bir kirlilik olan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (demir hidroksit) oluşmasıdır.

vermesidir. Mükemmel bir reaksiyon için teorik miktarın iki buçuk katı kadar ferrous sülfat (FeSO_4) kullanmak lazımdır. (R.7). Reaksiyonlar şunlardır:



1 ppm. Cr. için gerekli kimyasal maddelerin teorik miktarları aşağıdadır. (R.7)

16.03 ppm. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

6.01 ppm. H_2SO_4

9.48 ppm. %90'lık kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Reaksiyonda meydana gelen çamur miktarları:

1 ppm. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 'dan 0.38 ppm. $\text{Fe}(\text{OH})_3$

1 ppm. Kireçten 1.84 ppm. CaSO_4

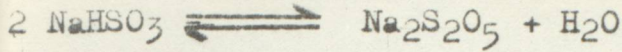
1 ppm. Cr'dan 1.98 ppm. $\text{Cr}(\text{OH})_3$

- Sülfür dioksit ve metabisülfid:

Krom, sodyum metabisülfid ve sülfürdioksit kullanmak suretiyle de indirgenebilir. Reaksiyonda meydana gelen H_2SO_3 (Sülfüroz asit) de kullanılır. H_2SO_3 'ün iyonizasyonu aşağıdaki gibidir.

$$1.72 \times 10^{-2} = \frac{(\text{H}^+) (\text{HSO}_3^-)}{\text{H}_2\text{SO}_3}$$

Reaksiyon pH'ın 4 ve 4'ten büyük değerleri için çok yavaştır ve sülfid ancak % 1 oranında H_2SO_3 'e dönüşür. Sodyum metabisülfid sodyum bisülfidin hidrolizi sonucu elde edilir. (R.7)



SO₂ kullanmak suretiyle pH'a bağı olarak reaksiyon süresi ŞEKİL: 2 'de gösterilmiştir. pH'ın 2 ve 2'den küçük değerleri için reaksiyon ani bir şekilde olur. ancak reaksiyonun pH'sı, üreyen değişik krom tuzlarından dolayı değişkendir. (R.7). Şöyleki:

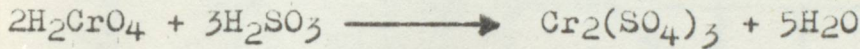
pH = 2 için Cr₂(SO₄)₃ şeklindedir.

pH = 3 için 4Cr₄(OH)₆(SO₄)₃ şeklindedir.

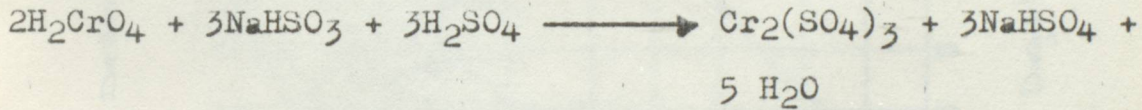
pH = 6,5 için Cr(OH)₃ şeklindedir.

N.S.Chamberlain ve R.V.Day, teorik miktarlar için reaksiyon zamanlarını ve pH'ı gösteren bir tablo düzenlemişlerdir. Bu tablo için aşağıdaki reaksiyonlar esas alınmıştır.

SO₂ ile reaksiyon:



Bisülfid ile reaksiyon:

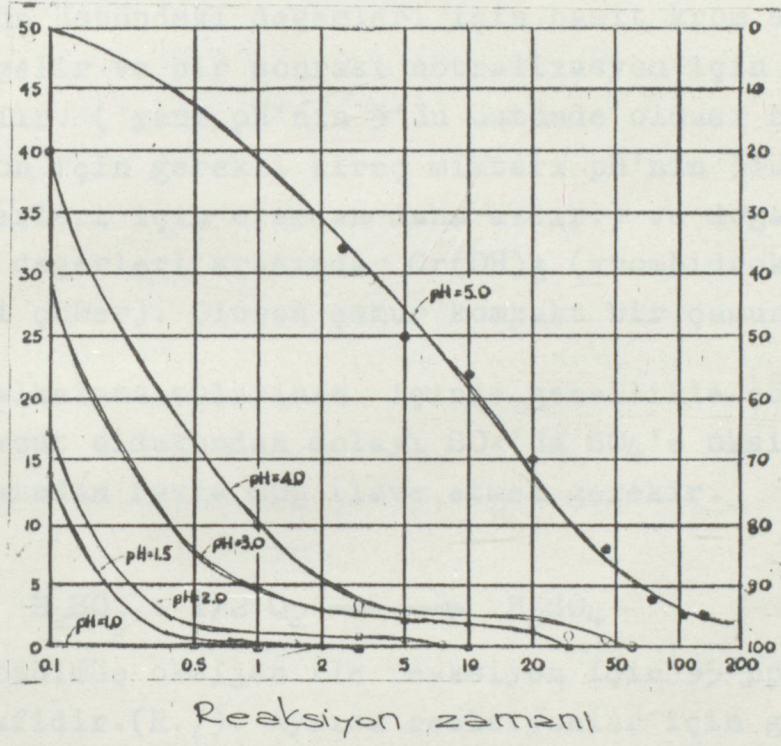


Her iki reaksiyon da demir sülfat ile olan reaksiyon gibi çöktürme reaksiyonudur.

TABLO: 6 % 99'LUK İNDİRGEME İÇİN REAKSİYON ZAMANI VE pH

Zaman(dk)	pH
0.1	1.0
0.5	1.5
5.0	2.0
30.0	3.0
60.0	4.0
200.0	5.0

+6 Degerlikli Krom Konsantrasyonu ppm.



+6 Degerlikli Krom redüksiyon yüzdesi

ŞEKİL : 2

SO₂ KULLANILMAK SURETİYLE, pH'YA BAĞLI OLARAK REAKSİYON SÜRESİ VE Cr⁺⁶ MİKTARI (R.9)

1 ppm.Cr.için ihtiyaç duyulan kimyasal maddelerin miktarla-
şöyledir.(R.7).

2.81 ppm. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (%97,5'luk sodyum metabisülfite)

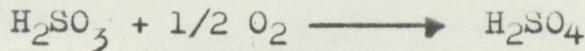
1.52 ppm. H_2SO_4

2.88 ppm. Kireç (%90'lık $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

1.85 ppm. SO_2

pH'in 3'ün üstündeki değerleri için basit krom sülfatlar meydana gelir ve bir sonraki nötralizasyon için kireç miktarı azalır. (yani pH'nın 3'ün üstünde olması halinde nötralizasyon için gerekli kireç miktarı pH'nın 3'ün altında olan değerleri için olandan daha azdır.) ve doğal olarak pH = 8-9 değerleri arasında $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (kromhidroksit) erimez (yani çöker). Oluşan çamur kompakt bir çamurdur.

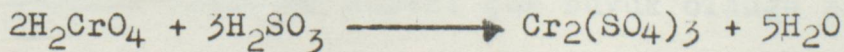
Çalkalama sularının içinde genellikle çözülmüş oksijen mevcut olduğundan dolayı SO_3 'ün SO_4 'e oksidasyonu için lüzumundan fazla SO_2 ilave etmek gerekir.



Mevcut çözülmüş oksijen ile reaksiyon için 35 ppm. SO_2 ilavesi kafidir.(R.7). Ayrıca reaksiyonlar için gerekli asit miktarları redüksiyon reaksiyonunun pH'sına ve kullanılan indirgeyici maddenin tipine bağlıdır.(örneğin SO_2 bir asit üreticisidir,buna karşılık metabisülfite değildir.)

2.2.4.2. Reaksiyon için gerekli SO_2 miktarı:

Kromik asitteki kromun her molü için 1-1,5 mol H_2SO_3 veya SO_2 gerekli olduğu aşağıda gösterilen reaksiyondan anlaşılmaktadır.



Reaksiyon sonucunda az miktarda SO_2 meydana geldiği halde Cr^{+6} 'nin %100'ünün indirgenmesi $\text{SO}_2:\text{Cr}$ (2:1) oranında olmalıdır.(bu gerçek TABLO:7A da gösterilmiştir). $\text{SO}_2:\text{Cr}$ oranı 2,75:1 olduğu zaman +6 değerli kromun sadece %70 kadarı indirgenir.Bu durumda SO_2 'nin tamamı harcanır.3:1 oranında +6 değerli kromun indirgenmesi esnasında, SO_2 'nin %60'ı harcanmış ve geriye %40'ı kalmış olduğu tespit edilmiştir.(R.9.). SO_2 'nin %100'ünün kullanıldığı (ilave olarak suda çözünmüş oksijen için 35ppm.) oran 2,55:1 ve pH değeri 4 civarındadır.Luzumundan fazla SO_2 varlığı durumunda ve özellikle SO_2 'nin benzerlerinin bulunduğu durumda çözülmüş oksijen sulfatı meydana getirmek üzere dağıtılır.Normal olarak 1ppm. çözülmüş oksijen için 4ppm. SO_2 gerekir.(R.9).Ancak zamana bağlı olarak bu miktarda değişiklik olur.Bunun sonucu olarak hesaba katılmamış SO_2 miktarına ihtiyaç olduğu gayet açık hale gelir.Ortalama sapmaları göz önünde bulundurmak suretiyle krom reaksiyonunun tamamlandığı pH seviyelerinde atık içinde bulunan çözülmüş oksijenin takriben tamamının çıkarıldığı saptanmıştır. SO_2 'nin çözülmüş oksijene bağlı olarak kaybı TABLO:7B de incelenmiştir.İndirgeme esnasında pH=1 ve pH=3 seviyelerinde SO_2 'nin büyük bir kısmının kaybolduğu görülmüştür.Fakat pH yükseldikçe kayıp miktarı azalma gösterir.ŞEKİL:4 den anlaşıldığı gibi SO_2 baskın olarak H_2SO_3 olarak bulunur.(düşük pH seviyelerinde bisülfidit olarak bulunacağına).

İşlemler kapalı sistemde yapıldığından SO_2 'nin derhal olan kaybının, bunun gaz haline gelmesi ile alakası yoktur.Fakat çözülmüş oksijen (+ değerli krom gibi),bisülfidit iyonuna nazaran H_2SO_3 ile daha çabuk reaksiyona girmekle kalmaz aynı zamanda Cr^{+6} ile de reaksiyona girer.pH yükseldiği zaman atıktaki oksijeni yaklaşık olarak tamamıyla çekmek için bekleme süresi artar.pH 5'e yaklaştığında SO_2 deki kayıp çok büyük olur.(atık suyun akması sonucu suya giren çözülmüş oksijene bağlı olarak).Reaksiyonun tamamlanması için gerekli bekletme süresi çok büyük olduğu zaman

TABLO:7A Değişik pH seviyelerinde $\text{SO}_2:\text{Cr}$ oranlarına bağlı olarak reaksiyonun tamamlanması için gerekli süre.

pH	$\text{SO}_2:\text{Cr}^{+6}$, 1:1 SO_2 harcanıyor krom artıyor	$\text{SO}_2:\text{Cr}^{+6}$ 2:1 SO_2 harcanıyor krom artıyor	$\text{SO}_2:\text{Cr}^{+6}$ 3:1 SO_2 artıyor Cr^{+6} harcanıyor
1.0	30 saniye	30 saniye	30 saniye
1.5	1 - 1.5 dak.	1 - 1.5 dak.	2 - 2.5 dak.
2.0	5 - 6.0 dak.	6 - 8.0 dak.	9 - 12 dak.
3.0	5 - 6.0 dak.	22 - 25 dak.	30 - 35 dak.
4.0	18 - 22 dak.	43 - 48 dak.	60 - 70 dak.
5.0	1 - 1.5 saat	7.5 - 8 saat	sonsuz

TABLO: 7B +6 Değerli kromun haricinde kullanılan SO_2 kaybının dökümü:

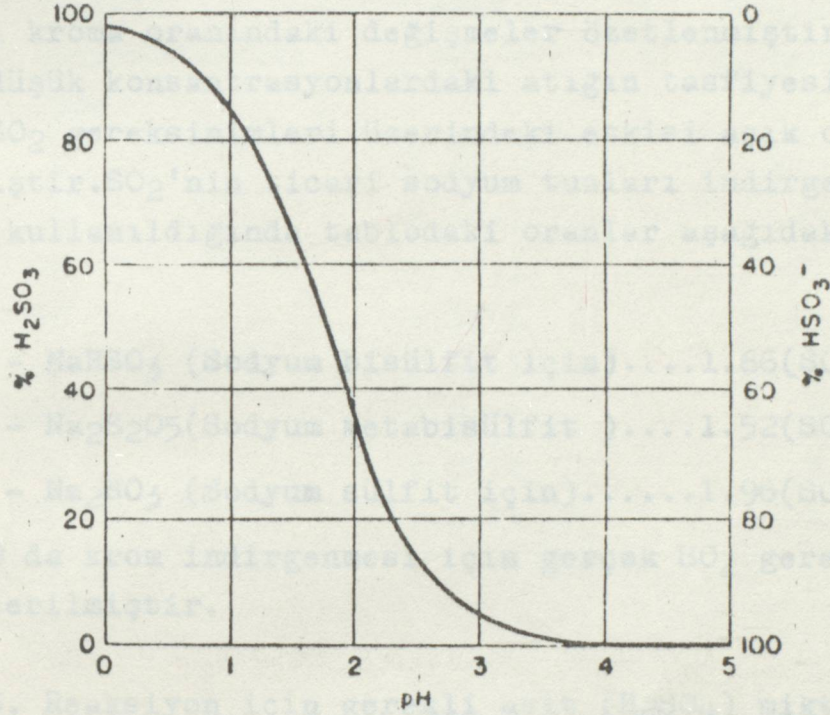
$\text{SO}_2:\text{Cr} \rightarrow 2:1$				$\text{SO}_2:\text{Cr} \rightarrow 3:1$		
pH	toplam SO_2 kaybı (ppm)	Ani olarak meydana gelen SO_2 kaybı		toplam SO_2 kaybı ppm	Ani olarak meydana gelen SO_2 kaybı	
		ppm	%		ppm	%
1.0	29.3	29.3	100.0	37.3	37	99.2
1.5	43.1	39.0	90.5	43.6	36.5	83.7
2.0	30.9	27.9	90.3	35.2	33.2	100.0
3.0	39.6	31.7	80.1	38.7	24.5	63.3
4.0	38.0	13.1	34.5	27.4	9.0	36.3
5.0	50.9	0	0	76.9	13.8	17.9

pH 4'ün altında krom indirgenmeye eğilimlidir. (SO₂ ağırlık oranı 30:70 olarak alınabilir).

Boylece SO₂:Cr oranının esas olarak iki faktöre bağlı olduğu ortaya çıkar. Bu iki faktör:

ŞEKİL: 4

H₂SO₃ ve HSO₃⁻ ün değişik pH seviyelerindeki ilişkileri (R.9)



İndirgeme için gerekli asit miktarı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kromik asidin çözünmüş suyu ortamı pH'si,
- Reaksiyonun gerçekleştiği pH'ya,
- İndirgeme için SO₂'nin suya çözünmüş miktarı ve tuzun cinsi,

İndirgeme için gerekli asit miktarı ve reaksiyon ortamı pH'si, reaksiyonun gerçekleştiği pH'ya ve reaksiyonun gerçekleştiği ortamın pH'sine bağlıdır. Bu nedenle reaksiyon ortamının pH'si, reaksiyonun gerçekleştiği pH'ya ve reaksiyonun gerçekleştiği ortamın pH'sine bağlı olarak belirlenmelidir. Reaksiyon ortamının pH'si, reaksiyonun gerçekleştiği pH'ya ve reaksiyonun gerçekleştiği ortamın pH'sine bağlı olarak belirlenmelidir.

pH 4'ün üstünde kromu indirgemeye çalışmamalıdır.(SO₂ aşırı ölçüde harcanacağından).

Böylece SO₂:Cr oranının esas olarak iki faktöre bağlı olduğu ortaya çıkar.Bu iki faktör:

- Değişken krom konsantrasyonu,
- Oldukça sabit çözünmüş oksijen konsantrasyonu,

TABLO:8 de değişik krom konsantrasyonları için SO₂'nin +6, değerli kroma oranındaki değişimler özetlenmiştir.Bu oranların,düşük konsantrasyonlardaki atığın tasfiyesi için gerekli SO₂ gereksinimleri üzerindeki etkisi açık olarak gösterilmiştir.SO₂'nin ticari sodyum tuzları indirgeme maddesi olarak kullanıldığında tablodaki oranlar aşağıdaki şekilde artar.

- NaHSO₃ (Sodyum bisülfid için).....1.66(SO₂ %59,7)
- Na₂S₂O₅(Sodyum metabisülfid).....1.52(SO₂ %65,7)
- Na₂SO₃ (Sodyum sülfid için).....1.96(SO₂ %50,8)

TABLO:9 da krom indirgenmesi için gerçek SO₂ gereksinimleri gösterilmiştir.

2.2.4.3. Reaksiyon için gerekli asit (H₂SO₄) miktarı:

İndirgeme için gerekli asit miktarı aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- Kromik asidin bulunduğu sulu ortamın pH'sına,
- Reaksiyonun gerçekleşeceği pH'ya,
- İndirgeme için SO₂'nin sodyum tuzu kullanılacaksa tuzun cinsi,

İndirgeme için asit gereksinimleri şu şekilde tanımlanmalıdır.Bütün reaksiyon süresi boyunca ve yeterli derecede pH seviyesi devam ettirilmeli ve istenenden az olmamalıdır.Eğer indirgeme için arzu edilen pH seviyesi sadece indirgeme reaksiyonunun başında devam ettirilirse,re-

TABLO: 8

SO₂'nin değişik Cr konsantrasyonları için

+6 değerli kroma oranı: (R.9)

(çözölmüş oksijen için ayrıca 35ppm. SO₂ katılacaktır.)

+6 Değerli krom konsantrasyonu ppm	oran SO ₂ :Cr	% olarak SO ₂ gereksinimi
5	8.80:1	380 %
10	5.35:1	190 %
20	3.20:1	95 %
50	2.55:1	38 %
100	2.20:1	19 %
200	2.02:1	9.5 %
220	2.00:1	8.6 %
500	0.90:1	3.8 %

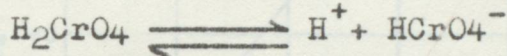
TABLO : 9 KROM İNDİRGENMESİ İÇİN GERÇEK SO₂ GEREKSİNİMLERİNİN DÖKÜMÜ

$\text{SO}_2 : \text{Cr}^{+6} \longrightarrow 2:1$ Teorik olarak Cr⁺⁶'nın %100'nün indirgenmesi Teorik olarak SO₂'nin %92.5'nin oksidasyonu						$\text{SO}_2 : \text{Cr}^{+6} \longrightarrow 3:1$ Teorik olarak Cr⁺⁶'nin %100'nün indirgenmesi Teorik olarak SO₂'nin %60'nin oksidasyonu					
PH	Cr ⁺⁶ indirgenmesi %	SO ₂ oksidasyonu %	Oran SO ₂ :Cr ⁺⁶	Hesaba alınmayan SO ₂ kaybı ppm	Cr ⁺⁶ indirgenmesi %	SO ₂ oksidasyonu %	Oran SO ₂ :Cr ⁺⁶	Hesaba alınmayan SO ₂ kaybı ppm			
1.0	78.9	100	2,68:1	29,3	100	78,4	2.59	37,3			
1.5	72.3	100	3.03:1	43,1	100	83,2	2.70	43,6			
2.0	76.0	100	2,63:1	30,9	100	79,2	2.52	35,2			
3.0	76.5	100	2,84:1	39,6	100	88,0	2.60	38,7			
4.0	77.5	100	2.55:1	38,0	100	78,0	2.30	27,4			
5.0	59.3	100	3.48:1	50,9	98,1	100	2.98	76,9			

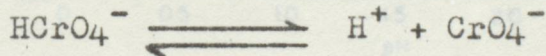
aksiyon sonundaki pH, indirgemenin arıtma ünitesinde izin verilen bekleme süresinde tamamlanması için çok yüksek olabilir. Reaksiyon aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibi kesinlikle asit gerektirir.



Bu reaksiyonda kromik asitteki ve sülfüroz asitteki hidrojenler, en azından belli bir dereceye kadar asiditeyi temsil ederler. Doğal olarak bu hidrojenler asit gereksinimlerini temsil ederlerken, içinde indirgemenin oluşması gerektiği asit ortamını temsil etmezler. Çünkü reaksiyonda krom sulfat ve suyu teşkil etmede tamamen tüketilirler. Kromik asit solusyonunda kromik asit



eşitliği ile uygun olarak asit kromat iyonu ile dengededir. Bu denge ŞEKİL:5 de gösterilmiştir. Eğer bu solusyon alkalinite ihtiva eden çalkalama suyuna eklenirse ve bu çalkalama suyunun son pH'sı 4'den az ise ilk H^+ iyonu ile temsil edilen asiditenin tümü, suyun tüm alkalinitesini nötralize eder. Buna karşılık asit kromat iyonu

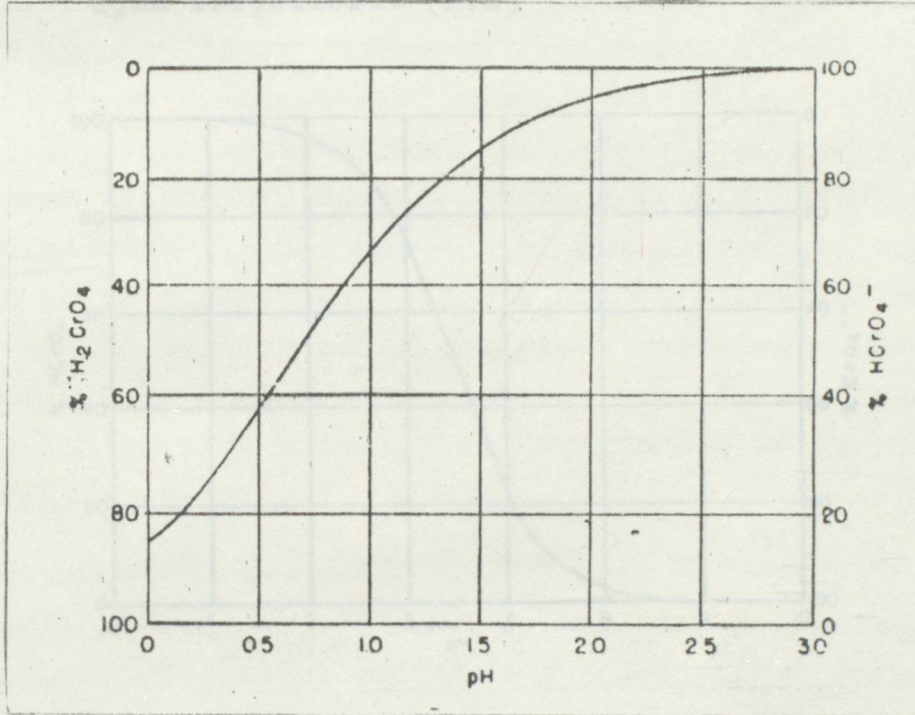


eşitliği ile uyum halinde olarak kromat iyonu ile dengededir. (ŞEKİL:6). Eğer çalkalama suyunun son pH'sı 4'den büyükse ilk H^+ iyonu ile temsil edilen bütün asidite ve ikinci hidrojen iyonunun (HCrO_4^- 'den) bir kısmı veya tamamı nötralize edilir. (kromik asidin eklendiği suyun alkalinitesinin bir kısmı tarafından).

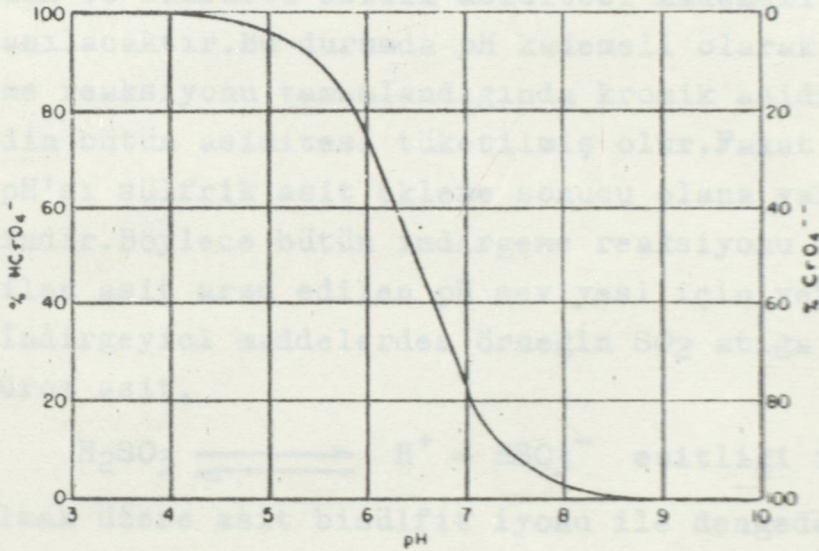
Tüketilen asiditeyi veya kalan asiditeyi temsil eden ve H_2CrO_4 içinde bulunan iki hidrojen iyonunun miktarının tayini büyük ölçüde karmaşık bir işlem haline gelir. Bu işlem, kromik asit çalkalama sularının pH'sını istenilen pH seviyesine indirebilmek için gerekli olan asidi sayısal olarak tayin etmek için yapılır. Bunun için H_2SO_4 ile elektrometrik olarak son noktaya kadar titrasyon yapılır ve son-

ŞEKİL:5

H_2CrO_4 ve $HCrO_4^-$ 'ün çeşitli
pH seviyeleri için ilişkileri. (R.9)

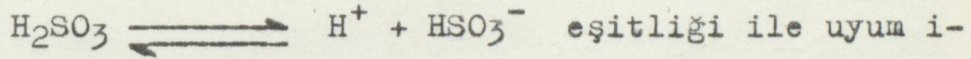


bu bula hesaplanan miktarla H_2SO_4 ilave edilir. Sonuç olarak asit gereksinimi kronik asitli suyun pH'sini indirmeye için gerekli olan pH'ya indirmek için gereken H_2SO_4 miktarıdır. Bu asit gereksinimi, malzeme olarak kullanılan su miktarı ile değişir. Fakat elektrometrik son nokta metodu kullanılarak, H_2SO_4 titrasyonu yapılarak H_2SO_4 miktarı belirlenir. Bu asitli H_2SO_4 miktarı $HCrO_4$ ve CrO_4 'ün çeşitli pH seviyeleri için ilişkileri. (R.9)



ra buna hesaplanan miktarda H_2SO_4 ilave edilir.

Sonuç olarak asit gereksinimi kromik asitli atık suyun pH'sını indirgeme için gerekli olan pH'ya indirmek için gereken H_2SO_4 miktarıdır. Bu asit gereksinimi, sulandırıcı olarak kullanılan su miktarı ile değişir. Fakat elektrometrik son nokta metodu kullanılarak, H_2SO_4 titrasyonu yapılarak çabuk olarak tayin edilebilir. Bu tayin edilen H_2SO_4 miktarı krom atığına uygulandığında başlangıçtaki pH, kromik asit varlığına bağlı olarak istenilen miktardan daha az seviyede tutulur. Fakat indirgeme reaksiyonu ilerledikçe kromik asidin ve sülfüroz asidin asiditesi kademeli bir şekilde kullanılacaktır. Bu durumda pH kademeli olarak yükselir, indirgeme reaksiyonu tamamlandığında kromik asidin ve sülfüroz asidin bütün asiditesi tüketilmiş olur. Fakat arıtılmış atığın pH'sı sülfrik asit ekleme sonucu olana yaklaşık olarak yakındır. Böylece bütün indirgeme reaksiyonu süresince ilave edilen asit arzu edilen pH seviyesi için yeterli olacaktır. İndirgeyici maddelerden örneğin SO_2 atığa eklendiğinde sülfüroz asit,



çinde olmak üzere asit bisülfid iyonu ile dengededir. ŞEKİL:4'de gösterilen durum budur. Sülfüroz asitteki hidrojenler (ki bunlar hidrojen iyonu ve HSO_3 iyonu durumunda bulunabilirler), indirgeme reaksiyonunda tüketilirler. Böylece SO_2 suya eklendiğinde dengedeki H^+ iyonunun varlığına bağlı olarak ek asidite meydana getirir. Reaksiyon tamamlandığındaki pH'nın istenilenden daha fazla olmadığını garanti eden bir ek faktör sülfüroz asidin mevcut çözünmüş oksijenle reaksiyonundan meydana gelen H_2SO_4 dür.

Böylece SO_2 kullanıldığında istenilen pH seviyesini devam ettirmek için daha fazla H_2SO_4 gerekmez. Sülfüroz asitteki hidrojenlerden ikincisinin yerine SO_2 'nin sodyum tuzlarının kullanılması ($NaHSO_3$ veya Na_2SO_3) için ek H_2SO_4 gereklidir. SO_2 'nin sodyum tuzları için gerekli olan ek sülfrik asit miktarı sadece kullanılan sodyum tuzuna değil fa-

kat aynı zamanda indirgemenin meydana geldiği pH seviyesine de bağlıdır.

ANİTİM SİSTEMLERİ

3.1. Kesikli tip arıtma sistemi:

Çoğu küçük metal kaplama endüstrilerinin kapasite-
lük atıklar 30 000 galona geçmez (d.7). Bu gibi atık-
lar için ekonomik tasfiye sistemi kesikli (batch) sistem-
dir. (53XII:6). Bu sistemler iki tank ile teçhiz edilir. Bun-
ların her birisinin kapasitesi günlük atık miktarı-
ndan biri reaksiyon tankı diğeri ise gelen atığın dengeli-
leştirilme tankıdır. Krom indirgenmesinde kullanılan bir ke-
sikli sistemde izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

- a) Atıktaki Cr^{+6} muhtevazı ölçülür,
- b) 1 litre atık, standart asit solüsyonu ile pH 2'ye kadar titre edilir,
- c) Ve tüm atık için gerekli asit miktarı tanka ilave edilir,
- d) Krom indirgenmesi için gerekli indirgeyici madde miktarı hesap edilir ve tanka ilave edilir,
- e) Kromun sağlıklı bir şekilde indirgenmesi için 15dk. karışım yapılır,
- f) Artık krom- (Cr^{+6}) miktarı ölçülür,
- g) Şayet artık Cr^{+6} varsa, yine gerekli indirgeyici madde ilave edilir,
- h) Ve 15 dk. karışım yapılır,
- i) 1 lt. numune için standart kireç solüsyonu ile pH 8.5'e çıkıncaya kadar titrasyon yapılır ve gerekli kireç miktarı tanka ilave edilir,
- j) 15 dk. flokleşmeye bırakılır,
- k) 4 saat de çökseye bırakılır,
- l) Bu su krom kanalizasyona yollanır,
- m) Çökme çamur $Cr(OH)_3$ kurutma yataklarına alınır.

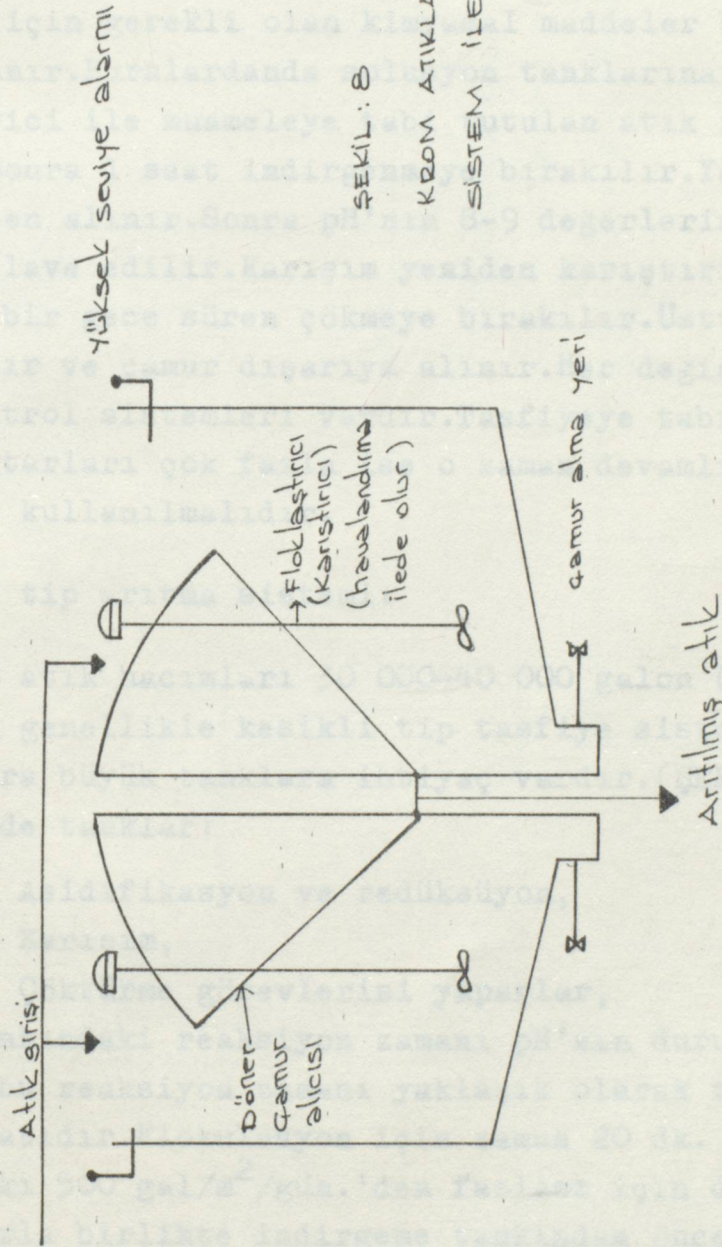
BÖLÜM III

ARITIM SİSTEMLERİ

3.1. Kesikli tip arıtma sistemi:

Çoğu küçük metal kaplama endüstrilerindeki toplam günlük atıklar 30 000 galonu geçmez (R.7). Bu gibi ufak endüstriler için ekonomik tasfiye sistemi kesikli (batch) sistemlerdir. (ŞEKİL:8). Bu sistemler iki tank ile techiz edilmişlerdir. Bunların her birisinin kapasitesi günlük akışa göredir. Tanklardan biri reaksiyon tankı diğeri ise gelen atığın dolduğu dengeleme tankıdır. Krom indirgenmesinde kullanılan bir kesikli sistemde izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

- a) Atıktaki Cr^{+6} muhtevası ölçülür,
- b) 1 litre atık, standart asit solüsyonu ile pH 2'ye kadar titre edilir,
- c) Ve tüm atık için gerekli asit miktarı tanka ilave edilir,
- d) Krom indirgenmesi için gerekli indirgeyici madde miktarı hesap edilir ve tanka ilave edilir.
- e) Kromun sağlıklı bir şekilde indirgenmesi için 15dk. karışım yapılır.
- f) Artık krom (Cr^{+6}) miktarı ölçülür,
- g) Şayet artık Cr^{+6} varsa, yine gerekli indirgeyici madde ilave edilir,
- ı) Ve 15 dk. karışım yapılır,
- i) 1 lt. numune için standart kireç solusyonu ile pH 8.5'a çıkıncaya kadar titrasyon yapılır ve gerekli kireç miktarı tanka ilave edilir.
- j) 15 dk. flokleşmeye bırakılır,
- k) 4 saat de çökmeye bırakılır,
- l) Sulu kısım kanalizasyona yolları,
- m) Çökmüş çamur $\text{Cr}(\text{OH})_3$ kurutma yataklarına alınır.



ŞEKİL : 8

KROM ATIKLARININ BATCH (KESİKLİ) SİSTEM İLE TASFIYESİ

Amerikada uygulanan birçok kesikli tip arıtım sistemlerinde tercihan üç tank vardır.Bunlar sırası ile:

- Dengeleme tankı,
- Reaksiyon tankı,
- Çöktürme tankı,

Tanklar karıştırıcılarla, dışarı çıkış yerlerinde süzülerle, eleklerle ve çamur çıkış yerleri ile techiz edilmiştir.Tasfiye için gerekli olan kimyasal maddeler belirli yerlerde depolanır.Buralardanda solusyon tanklarına karıştırılır.İndirgeyici ile muameleye tabi tutulan atık iyice karıştırılır.Sonra 1 saat indirgenmeye bırakılır.Yağlar ve gresler üstten alınır.Sonra pH'nın 8-9 değerlerine ulaşması için kireç ilave edilir.Karışım yeniden karıştırılır ve sonra tercihan bir gece süren çökmeye bırakılır.Üstteki sulu kısım boşaltılır ve çamur dışarıya alınır.Her değişik kademe de uygun kontrol sistemleri vardır.Tasfiyeye tabi tutulacak atık miktarları çok fazla ise o zaman devamlı usul tasfiye sistemi kullanılmalıdır.

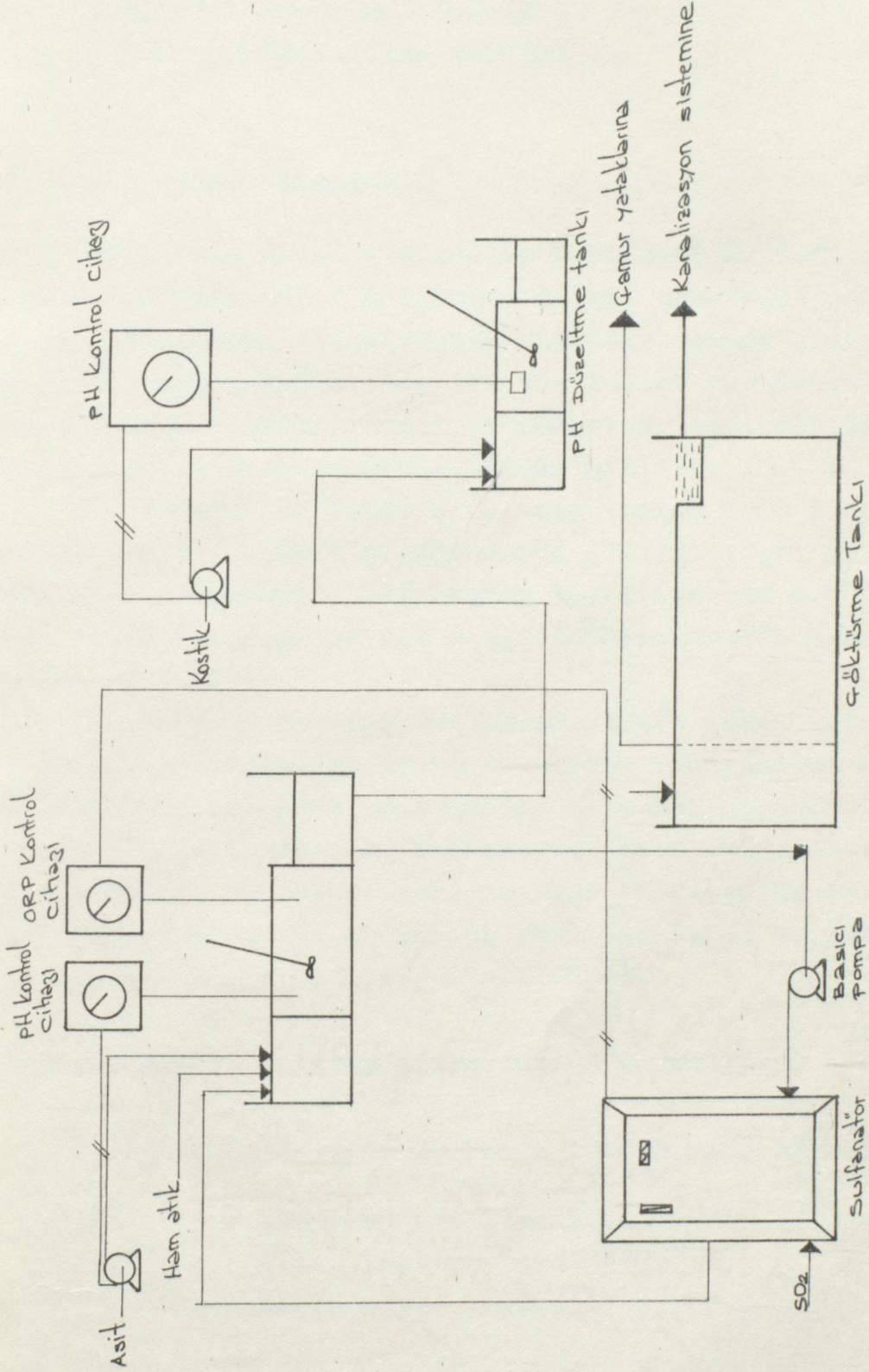
3.2. Sürekli tip arıtma sistemi:

Günlük atık hacimleri 30 000-40 000 galon ($5m^3$ /saat) olduğu zaman genellikle kesikli tip tasfiye sistemleri kullanılamaz.Zira büyük tanklara ihtiyaç vardır.(ŞEKİL:7)Sürekli sistemde tanklar:

- Asidifikasyon ve redüksüyon,
- Karışım,
- Çöktürme görevlerini yaparlar,

İndirgeme tankındaki reaksiyon zamanı pH'nın durumuna bağlıdır.Ancak bu reaksiyon zamanı yaklaşık olarak teorik zamanın dört katıdır.Flokulasyon için zaman 20 dk. alınır.(R.7). Çöktürme tankı $500 \text{ gal}/m^2/\text{gün.}$ 'den fazlası için dizayn edilmez.Bunlarla birlikte indirgeme tankından önce bir de kimyasal madde besleyici sistem vardır.Reaksiyon tankı,pH ve redoks kontrol cihazları ile donatılmıştır.Kireç ilavesi o-

otomatik olarak belirli bir pH metre ile kontrol edilir.
(R.7). ŞEKİL: 7 ve 8 de sürekli ve kesikli sistemler görülmektedir.



ŞEKİL: 7 KROM ATIKLARININ SÜREKLİ (CONTINUOUS) SİSTEMLE TASFİYESİ

tomatik olarak ikinci bir pH metre ile denetlenerek yapılır. (R.7).**ŞEKİL: 7** ve 8 de sürekli ve kesikli sistemler görülmektedir.

BÖLÜM IV

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ TASFİYESİ KONUSUNDA ESKİŞEHİR ARÇELİK TESİSLERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Giriş (genel tanıtım):

Eskişehir Arçelik buzdolap fabrikası Eskişehir Ankara yolu üzerinde şehir merkezine 10 km. mesafededir. Fabrikanın ana ve yardımcı binalarının kaplamış olduğu alan yaklaşık 35 000 m²'dir. Tesislerde iki ana imalat yapılmaktadır. Bunlar komple buzdolap imali ve kompresör imalidir. Fabrikanın yerleşim krokisi ŞEKİL:9'daki gibidir.

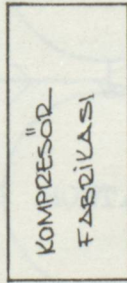
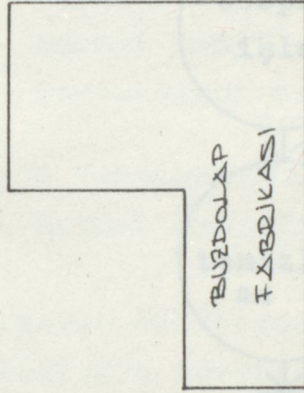
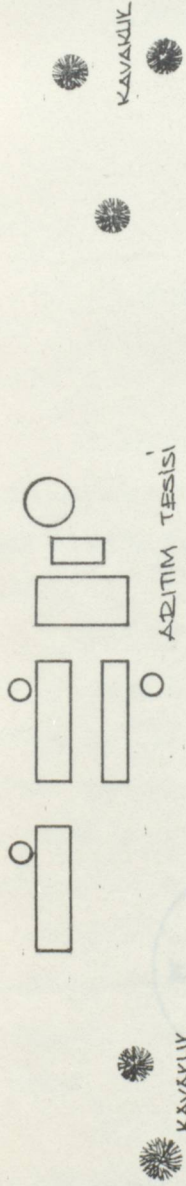
Tesislerde üç vardiya halinde toplam 1200 işçi çalışmaktadır. Ayrıca mühendis kadrosu da çeşitli idari mertebelerde görev yapmaktadırlar. Bundan başka tesiste her an kimyasal araştırma yapılan bir kimya laboratuvarı ve kimya mühendisi mevcuttur.

Tesislerde yapılan üretim şu sırayı takip etmektedir. Ambardan alınan saçlar giyotinlerde kesildikten sonra istenilen şekilde preslenir, kaynak ve punto yapılır. Daha sonra saçların üzerindeki istenmeyen oksit ve yağ tabakalarının çıkarımı işlemleri yapılır. Bunu fosfatasyon işlemi takip eder. Son olarak da boyama, kurutma, montaj ve paketleme işlemleri ile olay bitirilir. ŞEKİL:10

4.2. Atık suları çıkaran prosesler ve atıksuların özellikleri:

Genelde tesislerde kimyasal olarak yapılan işlemler

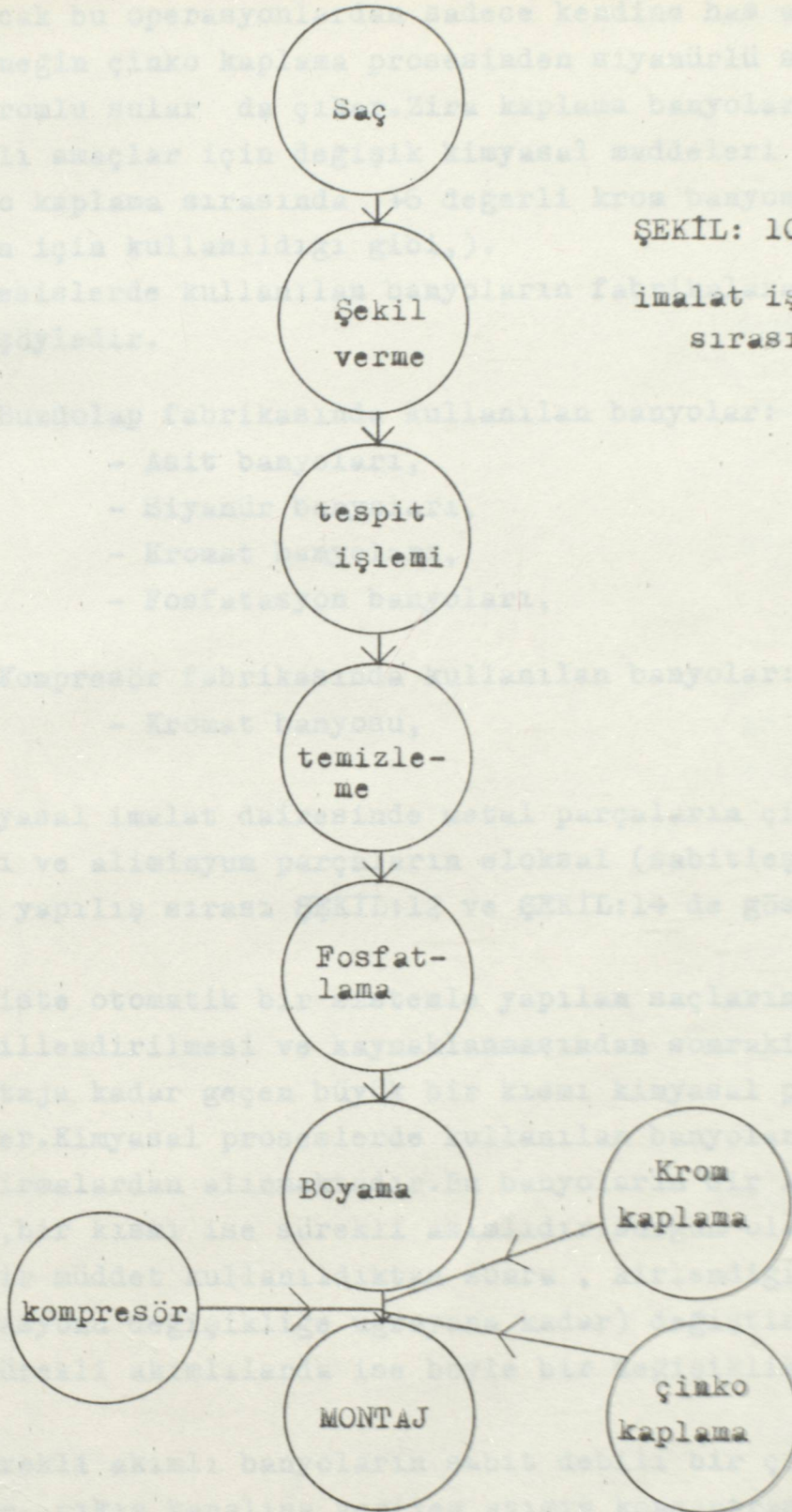
- Krom kaplama (ŞEKİL:11)
- Çinko Kaplama (ŞEKİL:12)
- Fosfatasyon (ŞEKİL:13)



ANKARA

İSTANBUL

ŞEKİL : 9 FABRİKA YERLEŞİM KRİZİSİ



ŞEKİL: 10

imalat işlem
sırası

2. Ancak bu operasyonlardan sadece kendine has atıksu çıkmaz.Örneğin çinko kaplama prosesinden siyanürlü sular yanında kromlu sular da çıkar.Zira kaplama banyoları dizileri farklı amaçlar için değişik kimyasal maddeleri içerirler.(çinko kaplama sırasında +6 değerli krom banyosunun pasivasyon için kullanıldığı gibi,).

Tesislerde kullanılan banyoların fabrikalara göre dağılımı şöyledir.

1.Buzdolap fabrikasında kullanılan banyolar:

- Asit banyoları,
- Siyanür banyoları,
- Kromat banyoları,
- Fosfatasyon banyoları,

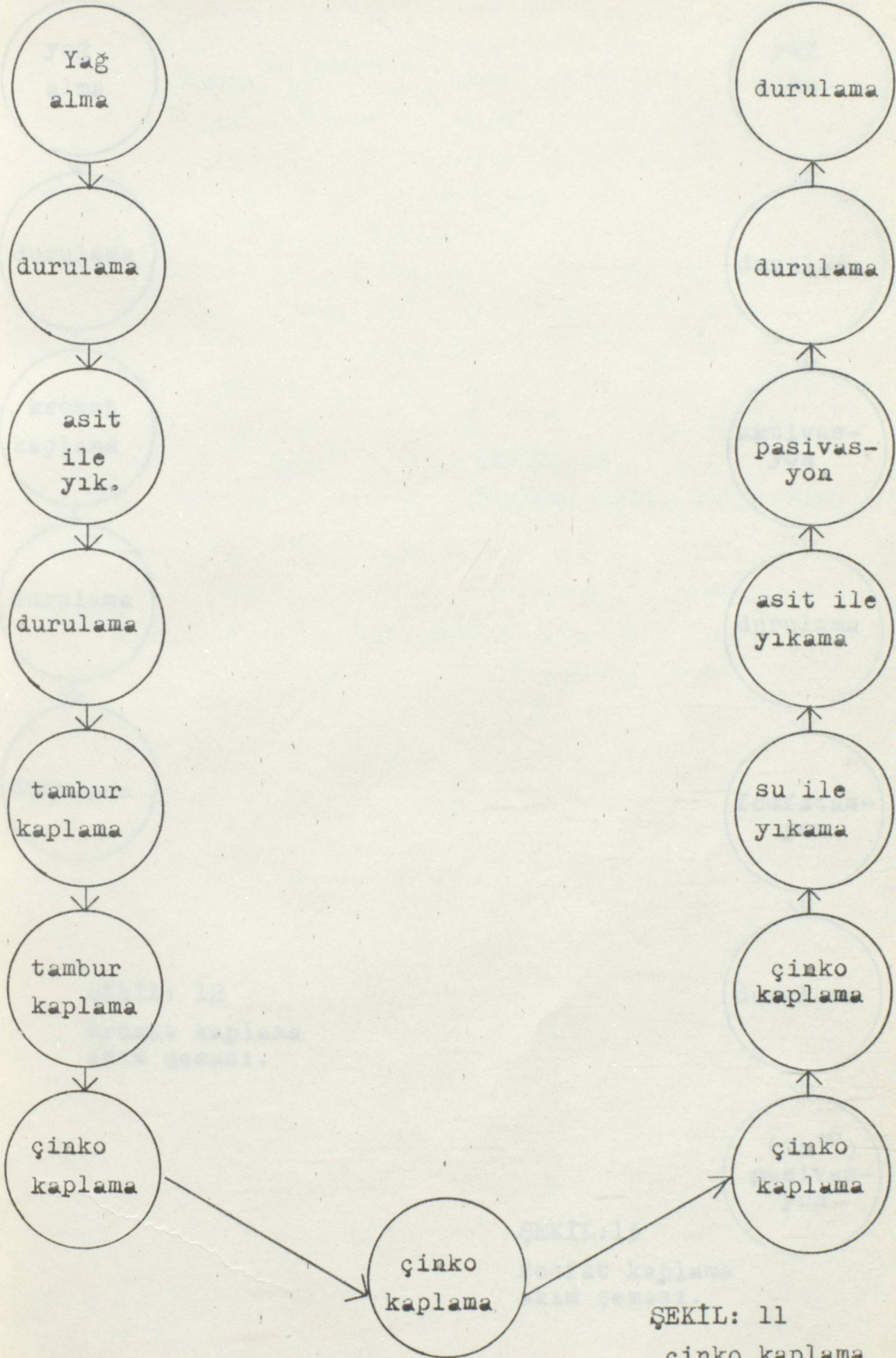
2.Kompresör fabrikasında kullanılan banyolar:

- Kromat banyosu,

Kimyasal imalat dairesinde metal parçaların çinko kaplanması ve aliminyum parçaların eloksal (sabitleştirme) işleminin yapılış sırası ŞEKİL:12 ve ŞEKİL:14 de gösterilmiştir.

Tesiste otomatik bir sistemle yapılan saçların kesilmesi, şekillendirilmesi ve kaynaklanmasından sonraki işlemlerin montaja kadar geçen büyük bir kısmı kimyasal proseslerde geçer.Kimyasal proseslerde kullanılan banyoların hepsi özel firmalardan alınmaktadır.Bu banyoların bir kısmı durgundur,bir kısmı ise sürekli akımlıdır.Durgun olan banyoların bir müddet kullanıldıktan sonra , kirlendiği zaman (konsantrasyonu değişikliğe uğrayana kadar) değiştirilmesi gerekir.Sürekli akımlılarda ise böyle bir değişiklik gerekmez.

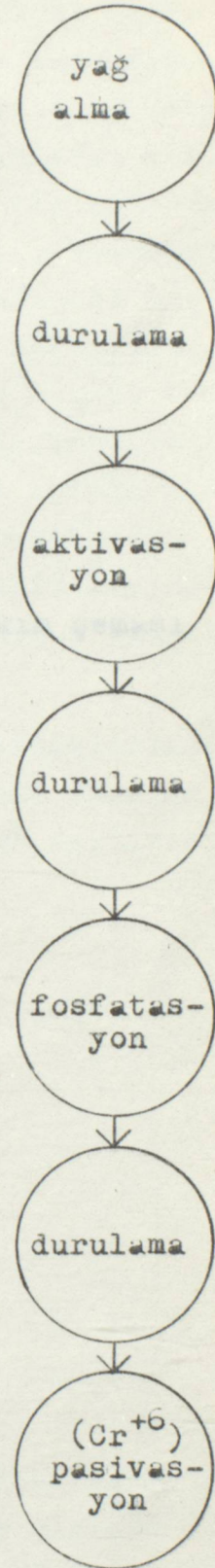
Sürekli akımlı banyoların sabit debili bir çıkışı olduğundan çıkış kanalına verilen atığın konsantrasyonu her zaman için belirli değerler arasındadır.Ancak durgun olarak kullanılan kimyasal banyolar bir müddet sonra kim-



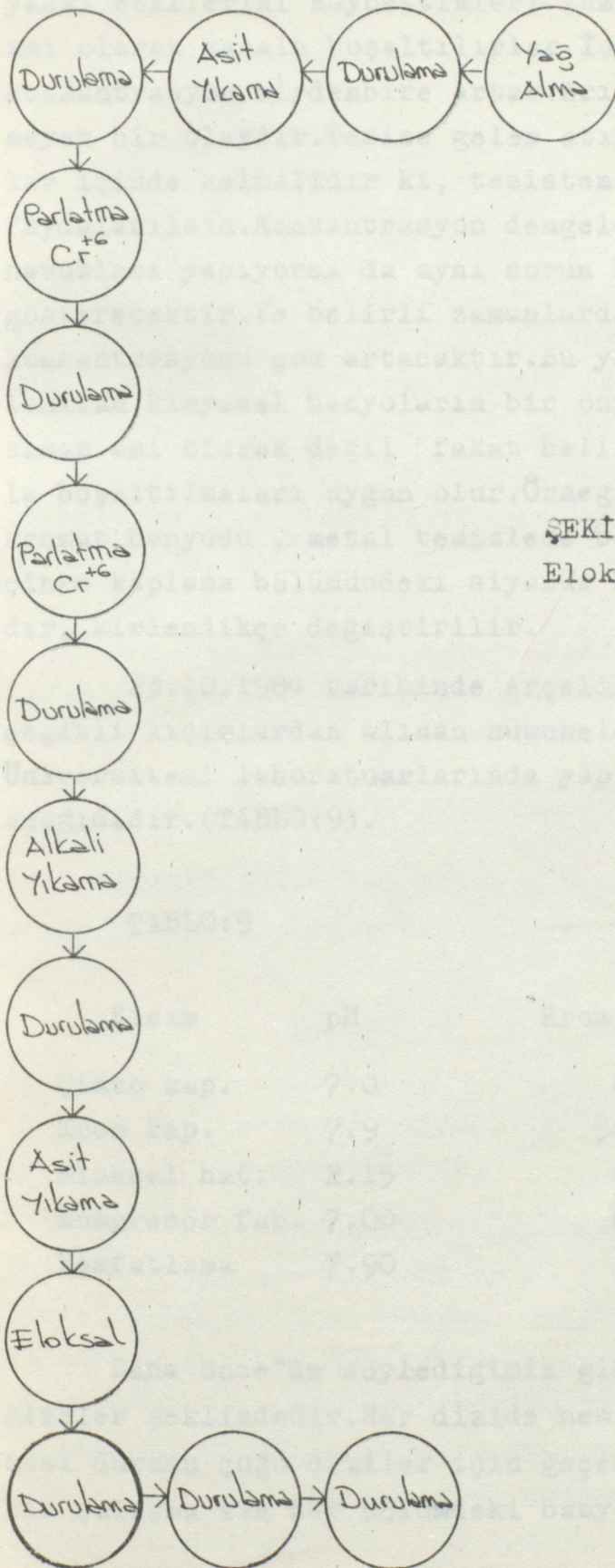
ŞEKİL: 11
çinko kaplama



ŞEKİL: 12
Kromat kaplama
akım şeması.



ŞEKİL:13
Fosfat kaplama
akım şeması.



ŞEKİL: 14

Eloksal hattı akım şeması

yasal etkilerini kaybettikleri zaman değiştirilmek üzere ani olarak kanala boşaltılırlar.İşte bu sırada kanaldaki konsantrasyon birdenbire artar.Arıtma tesisi için bu istenmeyen bir olaydır.Tesise gelen atığın debisi belirli sınırlar içinde kalmalıdır ki, tesisten randımanlı bir şekilde faydalanılsın.Konsantrasyon dengeleme işlemini , dengeleme havuzları yapıyorsa da aynı sorun bu defa havuzlarda baş gösterecektir.Ve belirli zamanlarda dengeleme havuzlarının konsantrasyonu çok artacaktır.Bu yüzden durgun olarak kullanılan kimyasal banyoların bir önlem olarak kirlendikleri zaman ani olarak değil fakat belirli bir süre içinde kanala boşaltılmaları uygun olur.Örneğin eloksal hattındaki kromat banyosu , metal temizleme bölümündeki asit banyosu, çinko kaplama bölümündeki siyanür banyoları durgun banyolardır, kirlendikçe değiştirilir.

23.10.1984 tarihinde Arçelik buzdolap tesislerinde çeşitli kısımlardan alınan numunelerin Eskişehir Anadolu Üniversitesi laboratuvarlarında yapılan kimyasal analizleri aşağıdadır.(TABLO:9).

TABLO:9

Kısım	pH	Krom (mg/lt.)
Çinko kap.	7.0	8.25
Krom kap.	7.9	50.00
Eloksal hat.	2.15	0.75
Kompresör fab.	7.00	0.80
Fosfatlama	7.90	—

Daha önce'de söylediğimiz gibi bölümlerdeki banyolar diziler şeklindedir.Her dizide hem krom hem de siyanür olması durumu çoğu diziler için geçerlidir.Bu yüzden yapılan bir çalışma ile her bölümdeki banyo dizilerinin içinden Cr'lu

ve CN'li suların yolları ayrılmış ve ayrı ayrı arıtma tesisine yollanmıştır.ŞEKİL:15 de arıtma tesisi yerleşim planı gösterilmiştir.

4.3. Seçilen sistem:

Arçelik tesisleri için seçilen arıtım sistemi,fabrikadan çıkan kromlu,siyanürlü ve alkali fosfatlı suların arıtımını yapmaktadır.Bu arıtılacak sular tesisin girişine kadar (dengeleme havuzuna kadar) PVC borular ile dört boru halinde gelmektedir.Kromlu sular iki kol halinde hem buzdolap fabrikasından hem de kompresör fabrikasından; alkali fosfatlı ve siyanürlü sular buzdolap fabrikasından gelmektedir.

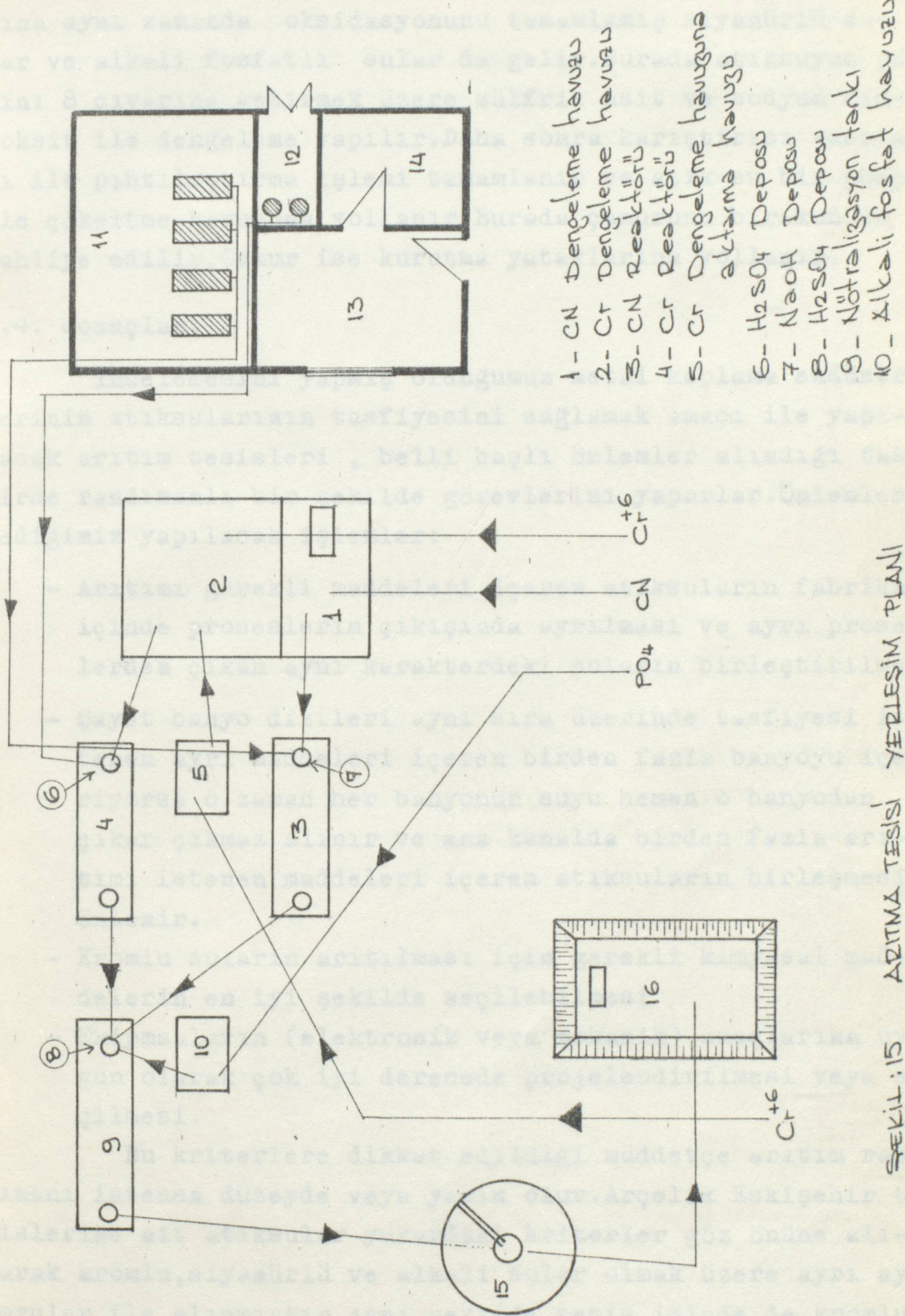
Tesiste kromun arıtılması indirgeme-çöktürme yöntemi kullanılmak sureti ile yapılmaktadır.İndirgeyici madde olarak gaz halinde SO₂ kullanılır.Reaksiyon aşağıdaki şekilde cereyan eder.



Kromlu sular dengeleme havuzundan bir pompa vasıtası ile krom reaktörüne basılır.Reaktöre ait cihazlar şunlardır:

- ORP cihazı,
- pH metre,
- Dozaj pompası,
- Karıştırıcı,

Atıksu reaktöre girer girmez otomatik olarak atığın pH'sı pH metre ile ölçülür ve pH 2 değerine ulaşınca dek gerekli H₂SO₄'ü dozaj pompası reaktöre verir.Bundan sonra ORP cihazı ile reaktör içindeki atıkta oksidasyon redüksiyon potansiyeli ölçülerek duruma göre gerekli SO₂ miktarı gaz halinde direkt olarak kromlu suya verilir.SO₂'nin reaktör içine iyice yayılmasını sağlamak için karıştırıcı vasıtası ile yaklaşık 15 - 20 dakika karıştırılır.Ve buradan



çıkan su nötralizasyon tankına gider.Bu nötralizasyon tankına aynı zamanda oksidasyonunu tamamlamış siyanürlü sular ve alkali fosfatlı sular da gelir.Burada atıksuyun pH'sını 8 civarına getirmek üzere sülfirik asit ve sodyum hidroksit ile dengeleme yapılır.Daha sonra karıştırıcı vasıtası ile pıhtılaştırma işlemi tamamlanır ve atık su bir pompa ile çökeltme havuzuna yollanır.Burada çamurunu bırakan su tahliye edilir.Çamur ise kurutma yataklarına yollanır.

4.4. Sonuçlar:

İncelemesini yapmış olduğumuz metal kaplama endüstrilerinin atıksularının tasfiyesini sağlamak amacı ile yapılacak arıtım tesisleri , belli başlı önlemler alındığı takdirde randımanlı bir şekilde görevlerini yaparlar.Önlemler dediğimiz yapılacak işlemler:

- Arıtımı gerekli maddeleri içeren atıksuların fabrika içinde proseslerin çıkışında ayrılması ve ayrı proseslerden çıkan aynı karakterdeki suların birleştirilmesi.
- Şayet banyo dizileri aynı sıra üzerinde tasfiyesi istenen ayrı maddeleri içeren birden fazla banyoyu içeriyorsa o zaman her banyonun suyu hemen o banyodan çıkar çıkmaz alınır ve ana kanalda birden fazla arıtımı istenen maddeleri içeren atıksuların birleşmesi önlenir.
- Kromlu suların arıtılması için gerekli kimyasal maddelerin en iyi şekilde seçilebilmesi
- Ekipmanların (elektronik veya mekanik) amaçlarına uygun olarak çok iyi derecede projelendirilmesi veya seçilmesi.

Bu kriterlere dikkat edildiği müddetçe arıtım randımanı istenen düzeyde veya yakın olur.Arçelik Eskişehir tesislerine ait atıksular yukardaki kriterler göz önüne alınarak kromlu,siyanürlü ve alkali sular olmak üzere ayrı ayrı borular ile alınmıştır.Aynı şekilde tesis içinde de kromlu

ve siyanürlü suların birbirine karışması önlenmiştir. Krom indirgenmesinin yapıldığı reaktörde akım süreklidir. Reaktör üzerinde bulunan pH metre, ORP cihazı ve dozaj pompası sistemin çalışmasını sağlayan ekipmanlardır. Eğer SO_2 yerine sodyum metabisülfid veya baryum klörür kullanılsaydı hem yan ürün (çamur) meydana gelirdi hem de pH ayarlaması için daha çok asit harcanırdı.

Bu tezin hazırlanmasında yararlanılan kaynaklar:

1- Enviromental controls

"TREATMENT TECHNOLOGY FOR HEXAVALENT CHROMIUM"

2- Endüstriyel atık suların arıtılması. Prof.ARCİVELIA

3- The materials industries

4- Pollution control in metal finishing

Michael R.WATSON (Noyes data corporation Park Ridge
New Jersey LONDON/ENGLAND)

5- T.H.Y Yeşilköy metal kaplama tesisi atık sularının tasfiyesi.

Mehmet BORAT (İ.T.Ü İnşaat fakültesi çevre bilimleri ve
teknolojisi kürsüsü İstanbul)

6- Industrial Wastes

Their disposal and treatment

Willem RUDOLFS

Department of sanitation Rutgers University
New Brunswick N.J.

(Volume 13. Plating Wastes M.Gilbert BURFORD and
Joseph W.Maselli)

7- Reduction and Precipitation

Eckenfelder, W.Wesley

8- Metal Endüstrisi sıvı artıklarının uzaklaştırma imkanları ve tasfiye sistemleri.

Prof.Dr.Nevzat KOR

Asis.Dinçer TOPACIK

9- Engineering bulletin,proceedings of the eleventh
industrial waste conference May.15,16 and 17 1956

Technology of chrome Reduction with sulphur dioxide

N.S.CHAMBERLAIN Industrial Consultant

R.V.DAY

Sanitary Engineer

ÖZGEÇMİŞ

Erhan Koçak , 5 Şubat 1960 da İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbulda tamamladı.Yüksek öğretime İDMMMA İnşaat fakültesinde devam etti 1982 yılında mezun oldu.Aynı sene Yıldız Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü İnşaat Mühendisliği anabilimdalı, su - çevre bilim dalında lisans üstü eğitim gördü.Halen özel bir inşaat şirketinde çalışmaktadır.

