

# 6. DERS

## ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

KAPLAMA BANYOLARI  
BÖLÜM 1  
BAKIR, KADMİYUM, KALAY



## İçindekiler

### Bakır Kaplama

Bakır Kaplama	1
Bakır Kaplama banyoları	2
Asitli bakır Banyoları	3
Sülfat Banyolarından Parlak Kaplama Eldesi	11
Çalışma Bilgisi-Parlak Bakır Banyoları	12
Diğer Asitli bakır Banyoları	14
Asit Tipi Banyolar İçin Genel Çalışma Prensipleri	15
Asit Banyoları ile Çalışma	18
Bakır Sülfat Banyolarında Sorun Giderme	19
Bakır Sülfat Çözeltilerinin Kontrolü	22
Bakır İçeriği	22
Çözeltilerin Asit İçeriği	25
Fluoborat Banyosunun Kontrolü	25
Yeni başlayanlar İçin Asitli bakır Hazırlanışı	26
Alkali Kaplama Banyoları	27
Siyanür Bileşikleri ile Çalışma	27
Siyanürün Kokusu ve Tadı	29
Siyanür-Roşel Banyosu	29
Siyanür Bakır Banyosundaki Parlaticılar	32
Genel Çalışma Prensipleri	33
Bazı genel İşletme İpuçları	34
Siyanür Roşel Çözeltilerinin kontrolü	34
pH kontrolü	34
Serbest Siyanür İçeriği	35
Karbonatlar	36
Yüksek Verimli Siyanür Banyoları	38
Ağır Siyanür Bakır Kaplama	38
Dolapta Bakır Kaplama (Siyanür Çözeltisi)	39
Roşel-siyanür bakır banyosunda Sorun Giderme	40
Bakır Pirofosfat Banyosu	43
Pirofosfat Banyosunun Kimyasal Analizi	45
Bakır	45
Pirofosfat	45
Yüksek pH'lı Siyanürsüz Bakır Banyosu	45
Kusurlu Bakır Kaplamaların Sökülmesi	45
Gerçek Durum Hikâyeleri	46

## İçindekiler

### Kadmiyum Kaplama

Kadmiyum Kaplama . . . . .	48
Kadmiyum Siyanür Kaplama Banyoları . . . . .	52
Kadmiyum Kaplama Parlaticıları . . . . .	53
Ağır Kaplamalar İçin Kadmiyum Kaplama Banyoları . . . . .	54
Kadmiyum Banyosunun Çalıştırılması . . . . .	55
Kadmiyum Banyolarında Sorun Giderme . . . . .	56
Kadmiyum Banyosunun Kontrolü . . . . .	61
Toplam Siyanür İçeriği . . . . .	61
Metalik kadmiyum (Yaklaşık Kontrol Metodu) . . . . .	62
Metalik kadmiyum (Kesin Kontrol Metodu). . . . .	62
Kostik soda (Yaklaşık Kontrol Metodu) . . . . .	63
Hull Hücre Kontrol Metodu . . . . .	63
Kadmiyum Kaplamada Özel Uyarı . . . . .	63
Kadmiyum Kaplamada Gerilme . . . . .	64
Kadmiyum fluoborat banyosu . . . . .	65
Kadmiyum Sülfat Banyosu . . . . .	67
Kadmiyum Sülfamat Banyosu . . . . .	67
Kadmiyum Parlak Daldırma . . . . .	68
Kadmiyumun Sökülmesi . . . . .	69
Taklit Anotlar . . . . .	69
Gerçek Durum Hikâyeleri . . . . .	70

### Krom kaplama

Krom Kaplama . . . . .	71
Krom Kaplama banyoları . . . . .	73
Krom Kaplamada Kullanılan Tanklar . . . . .	74
Krom Kaplama İçin Anotlar . . . . .	75
Krom Kaplamada Güvenlik Tedbirleri. . . . .	75
Krom Kaplama Tankı Çevresinde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar . . . . .	77
Krom Kaplama Banyosunun Hazırlanışı . . . . .	78
Krom kaplama banyosunun Çalıştırılması . . . . .	79
Fluosilikat ve Florür İçeren Krom Kaplama Banyoları . . . . .	80
Kendi Kendini Ayarlayan Krom Banyoları. . . . .	81
Krom Kaplama Banyosunun Kontrolü . . . . .	82
Kromik Asidin Kimyasal Analizi . . . . .	83

## İçindekiler

Sülfat Oranı . . . . .	84
Altı Değerli (Hexavalent) Krom Banyosundaki trivalent krom . . . . .	86
Trivalent Kromun Testi . . . . .	87
Banyo Kontrolünde Hull Hücresinin Kullanımı . . . . .	87
Çatlaksız Krom . . . . .	89
Mikro Çatlaklı Krom . . . . .	90
Dolapta Krom Kaplama . . . . .	92
Sert Krom Kaplama. . . . .	93
Özel Temizleme İşlemleri . . . . .	94
Gözenekli Krom Kaplamalar . . . . .	95
Hidrojen Gevretmesi . . . . .	96
Krom Kaplamanın Sökülmesi . . . . .	97
Krom Üzerine Krom Kaplama . . . . .	97
Krom Banyoları İçin Tavsiye Edilen Bakım Çizelgesi . . . . .	98
Krom Kaplama Banyolarında Karşılaşılan Zorluklar . . . . .	99
Krom Kaplama Banyolarında Sorun Giderme . . . . .	101
Trivalent Krom Kaplama . . . . .	105
Trivalent Krom Kaplama Banyolarında Sorun Giderme . . . . .	107
Bazı Genel Tavsiyeler . . . . .	108
Problem Cevapları . . . . .	109
Seçilmiş Referanslar. . . . .	111
6.Ders sınavı . . . . .	113

Önceki dersi iyi anladığınızı umarım. Şimdi kaplama banyoları ve uygulama alanları hakkındaki derslere başlıyoruz. Derinlemesine ele alacağımız kaplama banyolarından ilki bakır kaplama banyosudur. Bunun sebepleri: 1. Bakır en sık kaplanan metaldir. 2. Genelde bakır banyolarının hazırlanışı, anlaşılması ve çalıştırılması oldukça basittir. 3. Bakır kaplama tesisatı, her kaplamacıyı ilgilendiren bazı temel bilgilerin örnek verilerek açıklanması için elverişlidir. Bu nedenle ilk olarak ve uzun uzun ele alınacaktır. Bakır kaplama konusunu işlerken edineceğiniz bilgileri çok iyi öğrenirseniz, sizi temin ederim ki kaplamacılıkta daha az kullanılan bazı metallerin gerektirdiği prensipleri anlamak hususunda zorluk çekmeyeceksiniz. Artık derse başlayalım!

## Bakır Kaplama

**Sembolü** : Cu  
**Atom Ağırlığı** : 63,57

**Bakırın Özellikleri** : Bakır pembemsi renkte, özgül ağırlığı 8,92 olan bir metaldir ( $1\text{cm}^3$  suyun ağırlığı 1 gram iken,  $1\text{ cm}^3$  bakırın ağırlığı 8,92 gramdır). Kolayca biçimlendirilebilir ve elektriksel iletkenlik bakımından gümüşten sonra en iyisi bakırdır. 1 veya 2 değerlikli olabilir.

**Bakırın Kaplama Metali Olarak Kullanımı** : Büyük ihtimalle en sık kaplanan metal bakırdır, çünkü yumuşak olup kolay biçimlendirilebilir, kolayca polisaj yapılabilir ve farklı birkaç çözeltiden kolaylıkla kaplanabilir. Atmosferin zararlı korozyon etkisi sadece demir için sözkonusu değildir, bakır metalinin dış tabakaları havadaki oksijenle reaksiyona girerek oksitlendiği için bakırın dış yüzeyi kararır ve kırmızı ile siyah arasında bir renk alır. Asidik atmosferde yeşil renkli bir pas oluşur (bakır pası, bakır yeşili). Bu oksit tabakası koruyucu bir tabaka olarak davranır ve bakırın oksijenle daha fazla reaksiyona girmesini engeller. Renkteki bu bozulma nedeniyle, eğer kaplamanın orijinal pembe rengini muhafaza etmesi isteniyorsa, bakırla kaplanmış bütün ürünler koruyucu bir lak tabakasıyla kaplanmalıdır. Elektrokaplanmış bakır özellikle hassas olduğundan dolayı havada renk değiştirir – öyleyse önlemini alın!

**Bakırın Elektrokimyasal Özellikleri** : Eğer hatırlarsanız 1. Ders’ te bakırın diğer elementlerle birleşerek en dış yörüngesindeki bir veya iki elektronunu kaybettiğini ve çeşitli bileşikler oluşturduğunu görmüştük. Bakırın bir elektronunu kaybederek oluşturduğu bileşikler, *cuprous* veya *bir değerlikli bakır bileşikleri* olarak adlandırılır. Bakırın iki elektronunu kaybederek oluşturduğu bileşiklere ise, *cupric* veya *iki değerlikli bakır bileşikleri* denir.

(**oz** -ous- ve **ik** -ic- soneklerine dikkat edin – Birden fazla değerlik (valans) elektronuna sahip tüm metallerde, “oz” ile biten metal bileşiklerinin birleşme değeri daha düşük, “ik” ile bitenlerin birleşme değerleri daha büyüktür).

Bir değerlikli bakır bileşikler su içinde çözündüğünde, bakır tuzu iyonize olur ve bir elektron kaybetmiş haldeki bakır iyonları ortaya çıkar, bu iyonlar net olarak bir pozitif (+) yüklü sahiptirler. İki değerlikli bakır bileşikler iyonize olduklarında, bunlar iki elektron kaybederler ve net olarak iki pozitif yüklü hale geçerler. +1 değerlikli bakır (Cuprous) iyonunu metalik bakıra geri döndürmek için 1 elektron; +2 değerlikli bakır (Cupric) iyonunu metalik bakır haline geri döndürmek için 2 elektron gerektiğinden dolayı; şurası gayet açıktır ki; +1 değerlikli bakır iyonunun bakıra dönüşmesi için gereken enerji miktarı daha azdır. “Coulomb” ile anlatacak olursak; +1 değerlikli bakır çözeltisi kullanılarak belli ağırlıktaki bakır metalin kaplanması için gereken elektrik enerjisi miktarı, +2 değerlikli bakır çözeltisi kullanılarak yapılara göre yarı yarıya daha azdır.

***Bir Faraday’lık elektrik enerjisi (96,500 coulomb) kullanıldığında, %100 katot veriminde +1 değerlikli bakır çözeltisinden 63,54 gr, +2 değerlikli bakır çözeltisinden 31,77 gr. bakır kaplama yapılır.***

Yukarıda söz edilen durumu, uygulamada yapılan kaplama açısından aşağıda Tablo 1.de belirtildiği gibi değişik yollardan da açıklayabiliriz.

**Tablo 1. Bakırın Elektrokimyasal Özellikleri**

Özellik	Cu <sup>+1</sup>	Cu <sup>+2</sup>
1 gram kaplamak için gereken amper-saat	0,422	0,844
1 ons kaplamak için gereken amper-saat	11,96	23,92
1 dm <sup>2</sup> ye 20 mikron kaplamak için gerekli amper-saat	0,753	1,516

Yukarıda tanımlanan durumların %100 katot verimi esas alınarak hesaplandığı gözardı edilmemelidir. Bakır, elektromotor seride hidrojenin oldukça altında bulunmaktadır. Bundan dolayı, sıradan bir asitli bakır banyosunda, katot verimi %100’e oldukça yakın bir değerdedir. Başka faktörlerin de etkili olduğu siyanürlü ve başka tipteki alkali banyolarda bu verim %30-40'lara kadar düşmektedir.

Şimdi, bakır kaplama banyolarını inceleyelim.

### **Bakır Kaplama Banyoları**

Bakır bir çok değişik çözeltiden kaplanabilir. Bu çözeltiler 2 ana gruba ayrılır. pH’ı 7’nin altında olan **asidik tip** banyolar, pH’ı 7’nin üzerinde olan **alkalik tip** banyolar. Önce asidik tip banyolardan söz edeceğiz.

**Aksi belirtilmedikçe, tüm kaplama banyosu reçetelerindeki çözeltiler su kullanılarak hazırlanmıştır. Örneğin; 75 gr/Lt konsantrasyon, 1 litre suda 75 gram madde çözülmüş anlamına gelir.**

### Asitli Bakır Banyoları

En sık kullanılan asitli bakır banyosu “**bakır sülfat banyosu**” olarak bilinmektedir. Bunun pek çok değişik türleri bulunmakla birlikte, temel içeriği; bakır sülfat (mavi vitriol) ve sülfürik asittir. Aşağıda temel reçetesi görülmektedir. İyi sonuçlar elde etmek için bu banyonun işe yaradığını söyleyebilirim.

Bileşen	Formülü	Konsantrasyon (gr/Lt)
Bakır sülfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	200
Sülfürik asit	$\text{H}_2(\text{SO}_4)$	52
Aluminyum sülfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	15 (isteğe bağlı)

Bu çözelti şu şekilde hazırlanır: Bakır sülfat kristalleri yarım (1/2) hacim su içinde çözülür (kristalin bir kısmı çözünmez). Daha sonra sülfürik asit dikkatlice eklenir (**daima asidi suya ekleyin, tersini yapmayın.**) Oluşan çözeltiliye aluminyum sülfat koyulup karıştırılır ve çözelti bir litreye tamamlayana kadar su ilave edilir.

Bu çözeltiyi hazırlarken karşılaştığınız şu üç hususun size diğer çözeltileri hazırlarken de faydası dokunacaktır:

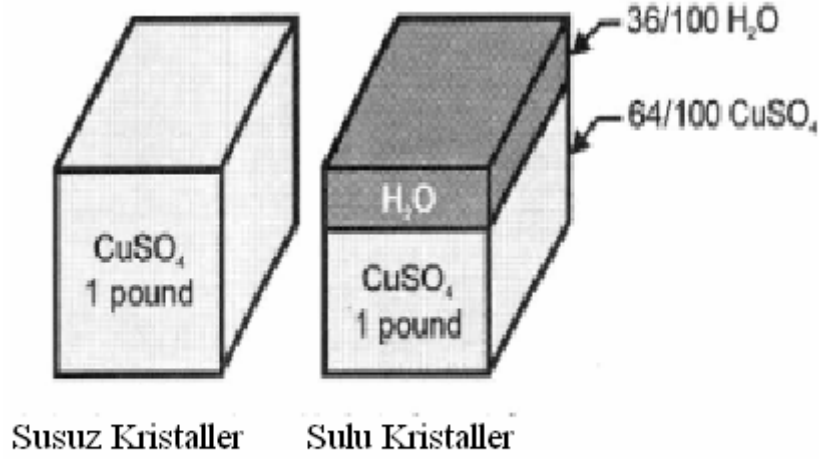
**1 Kristalleşme suyu:** Kullanılan bakır sülfat kristalleri su içerir (hidratlıdır).  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  formülü ile ifade edilen şey, bakır sülfat çözeltisinin “**kristalleşme suyu**” içerdiği. “Hidrasyon” konusu 5. Ders’te ele alınmıştı fakat burada tekrar etme gereği bulunmaktadır. Neden tam olarak 5 molekül suyun bu şekilde bağlandığı, gereksiz bir takım ayrıntılara girmeden anlatılamayabilir, fakat sade bir yaklaşım daha yardımcı olacaktır.  $\text{CuSO}_4$  molekülünü, bir eyaletten diğerine (sıvı fazdan katı faza) yolculuk eden bir arabaya benzetirsek, su molekülünü de bir otostopçuya benzetebiliriz. Bakır sülfatın, tam 5 adet otostopçu su molekülü için yeri vardır ve bunları “katı faza” götürür.

Bakır sülfat kristalleri ve **kristalleşme suyu** içeren diğer kristaller “hidratlı” (sulu) kristaller olarak tanımlanır. Bu “kristalleşme suyu”, ısıtılarak veya başka bir yolla uzaklaştırılırsa, bu tip kristallere sudan arındırılmış anlamına gelen “**anhidrit** : susuz” kristaller denir.

Bu konuda, daha ileriye gidilmeyecektir çünkü kimyanın alanına girer. Fakat, yukarıda söz edilen konuların bir uygulaması vardır: Kaplama banyolarının hazırlanması.



“Hidratlı tuzlar”, aynı hacimdeki “susuz tuzlara” göre daha az derişiktir. Başka bir şekilde anlatırsak bir kilo susuz tuz yerine, bir kilo hidratlı tuz kaplama banyosunda çözülse, daha az miktarda tuz eklemiş oluruz. Aşağıdaki şekil daha açıklayıcı olacaktır.



Şekil 1. Hidrasyon Suyu

Bakır sülfatı ele alırsak, bir kg. mavi (hidratlı) kristaller, bir kg.ın sadece 64/100' ü kadar saf CuSO<sub>4</sub> içermektedir. Burada kalan 36/100'lük kısma kristalleşme suyu karşılık gelmektedir. Daha önce verilen formül, 200 gram bakır sülfat kristali gerektirir. Elimizde açık yeşil renkli, toz görünümlü, susuz bakır sülfat varsa ve bundan kullanırsak, yukarıdaki reçeteye göre, her 1 gr. için fazladan 0,36 gram ekleme yapmamız gerekeceğinden; 200 gram bakır sülfat eklemiş olmak için, fazladan 72 gram bakır sülfat eklemek gerekeceği anlamına gelir. Eklediğiniz bu fazladan bakır sülfatın oda sıcaklığında suda çözünmediğini göreceksiniz. Bunu çözüldükten tamamen uzaklaştırmak zorundasınız ki, bu da zaman kaybı demektir. Yeni bir kaplama banyosu hazırlanırken, tuzların kristalleşme suyu içerip içermediğinin kontrolü önemlidir. Diğer önemli nokta da, eldeki tuzlar düşündüğümüz miktarda su içermiyorsa, gerekli toleransların dikkate alınmasıdır.

Farkı nasıl bilebilir nasıl tedbir alabiliriz?

**5. Ders'te** belirtilen “hidrasyon suyu” konusunda, konunun nasıl çözüldüğü anlatılmaktadır. Bu noktada, konuya açıklık getirecek, gerçek bir örnek vereceğim.

Çoğu kaplama banyosu reçetesinde, hidratlı veya susuz tuzlardan hangisinin kullanılacağı belirtilir. Eğer belirtilmemişse, bunlar bilimsel yollarla hazırlanmamış reçetelerdir! Eğer hiçbir açıklama yapılmamış ise, “susuz” formda olduklarını varsayın. Bunu bir çalışma kuralı olarak kabul edin. Şimdi, örneğe gelelim.

**Örnek #1:** Bir bakır sülfat kaplama banyosunun bir litresine 180 gr hidratlı (sulu) bakır sülfat gerekiyor. Elinizde sadece susuz bakır sülfat var. Bir litre için gereken miktarı hesaplayın?

**Cevap:** Hidratlı bakır sülfatın formülü  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , susuz bakır sülfatın formülü  $\text{CuSO}_4$  tür. 5. Dersteki atom ağırlıkları tablosuna bakarsak,  $\text{CuSO}_4$  ün formül ağırlığını (Cu) 63,54 + (S) 32 + (O<sub>4</sub>) 64 = 159,54 gr olarak buluruz. 5 molekül su ilavesi ile  $5 \times 18$  ( $\text{H}_2\text{O}=2+16$ ) = 90, toplam ağırlık  $159,54 + 90 = 249,54$  olur. Buradan, doğru miktardaki susuz bakır sülfat;  $180 \cdot (159,54 / 249,54) = 115,08$  gram olarak bulunur.

**Problem #1:** Bir bakır kaplama banyo reçetesi 112 gr/lit susuz bakır sülfat gerektiriyor. Elinizde hidratlı formda bakır sülfat var. Bir litre çözelti için kaç gram ilave edilmelidir?

**2. Sıvı Ons ve Ağırlıkça Ons.** Konuyla ilgili ikinci nokta, kullanılacak sülfürik asit miktarıdır. Reçete, bir litrede 52 gram (7 oz/gal) sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) gerektirmektedir. **Aksi belirtilmedikçe, reçetedeki asitlerin “saf” veya “konsantre = derişik” asit olduğu varsayılmalıdır.** Konsantre sülfürik asidin özgül ağırlığı  $1,834 \text{ gr/cm}^3 = 1,834 \text{ gr/ml}$  veya bome ölçüsüyle 66° Bome’ dir.

Bazı reçetelerde İngiliz ölçü sistemi birimleri ile karşılaşabilirsiniz. Bu durumda, asidin sıvı formda olması demek, onun ölçümünde birim olarak sıvı ons (fl-oz) kullanılması anlamını taşımaz. Reçete, birim olarak ağırlıkça ons kullanılması ister ki, bu da avoirdupois ons anlamına gelir. Bazı kaplamacılar, 7 onsluk asit diye okuduklarında, 7 sıvı onsluk bir miktar ölçerler ve bunu banyoya ilave ederler. Bu yapılan doğru değildir. Eğer formülde “ağırlık” baz alındı ise, tüm diğer girdilerde olduğu gibi, asit de tartılarak işleme dahil edilir. Darası alınan boş bir şişe veya tanka istenen miktarda asit ilave edilerek, bu işlem kolaylıkla yapılabilir.

Eğer elinizde terazi yoksa, doğru asit miktarını, ağırlıkça onstan sıvı onsa çevirerek elde edebiliriz. Bu aşağıda belirtilen yöntemle yapılır.

“Sıvı ons” a göre derecelendirilmiş bir ölçü kabımız (dreceli silindir) olduğunu varsayalım. (1 kuart’ın (0,95 lt) 32 sıvı ons’a eşit olduğunu hatırlatalım). Reçete bizden ağırlıkça 7 oz/gal (52 gr/lt) asit istemektedir.

**“Bir fl-oz (sıvı ons) su, 1,04 avoirdupois ons ağırlığındadır.**

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak, ağırlıkça ons, sıvı ons’a çevrilebilir.

Sülfürik asit söz konusu olduğunda, asidin özgül ağırlığı 1,834 olduğundan dolayı; asidin bir sıvı onsu,  $1,04 \times 1,834 = 1,91$  avoirdupois ons’a eşit olacaktır. Buna göre; bir kaplamacı banyoya eklemek için 7 sıvı ons (198,89 ml) asit ölçtüğünde, ağırlıkça  $1,91 \times 7 = 13,3$  ons (377 gr) asit eklemiş olur. 7 ons’a (198,45 gr) ihtiyaç duyulduğundan dolayı, eklenen uygun hacimdeki asit miktarı  $7 / 1,91 = 3,66$  fl-oz’tur. Bu miktar, reçetenin gerektirdiği ağırlıktır.

Görüldüğü üzere İngiliz – Amerikan Ölçü Sistemi çok karışıktır. Metrik sistemde, bu durum çok daha kolaydır. Reçetede istenen sülfürik asit miktarı  $7 \times 7,5 = 52,5$  gram/litre (*1 oz/galon = 7,5 gr/lt*) olarak bulunur. 1 mililitre sülfürik asit 1,834 gr gelmektedir. Böylece  $52,5 / 1,834 = 28,7$  mililitre asit miktarı hesaplanır.

Yukarıda söz edilen hesaplama yöntemi, sıvı maddelerin tartılmasında kullanılabilen kullanışlı bir yoldur. Eğer, maddenin özgül ağırlığı biliniyorsa, o maddenin ağırlığı, hacimce hesaplanabilir. İngiliz sistemi için şöyle bir kural verilmiştir:

**Sıvı ons'u (fl-oz) ağırlıkça ons'a (oz) çevirmek için: Özgül ağırlığı 1,04 ile çarparak bir sıvı onsun ağırlığını hesaplayın. Çıkan bu sayıyı, ağırlıkça ons sayısına bölerek, ilave edilmesi gereken sıvı-ons miktarını bulun.**

Tabi ki, bazı reçetelerde konsantrasyon, (fl-oz/gal) galon başına sıvı ons miktarı olarak belirtilir. Bu değeri mililitre/litre'ye (veya  $\text{cm}^3/\text{lt}$ ) çevirmek için: fl-oz/galon değeri 7,81 ile çarpılır.

**Tablo 2- Bazı Konsantre Asitlerin Özgül Ağırlıkları**

Asit	Özgül Ağırlık	Bome Derecesi
Asetik	1,07	9,5
Hidroflorik	1,15	19,0
Hidroklorik	1,18	22,0
Nitrik	1,41	42,0
Sülfürik	1,84	66,0

**Problem #2:** Bir asitle dağlama banyosu için, ağırlıkça 24 onsluk hidroklorik aside ihtiyaç vardır. Ölçümü sıvı ons biriminde yaparsanız sonuç ne olur. Mililitre biriminde yaparsanız sonuç ne olur.

**3. Ortak İyon Etkisi.** Basit bir asitli bakır banyosu, 2 temel girdiden oluşur. Bakır sülfat ve sülfürik asit (alüminyum sülfat isteğe bağlıdır.) Bakır sülfat bakır iyonları sağlarken; sülfürik asit hidrojen iyonları sağlayarak elektriksel iletkenliğini iyileştirir. Bu, krom kaplama banyoları hariç, tüm banyolar için geçerlidir. Belirtilen formüle göre, alüminyum sülfat olmadan da, banyo, gayet iyi iş görür. Peki, alüminyum sülfat niçin ilave edilir?

Banyoya ilave edilmesinin nedeni kaplama yüzeyinde daha ince taneli bakır kristallerinin toplanması içindir.

**2.dersten** bildiğimiz gibi, daha küçük kristaller, daha düz, daha sağlam ve daha sert kaplamaların elde edilmesini sağlar. Alüminyum sülfat bunu niçin yapar? Yanıt, “basit iyon etkisi” kavramında yatmaktadır. Fikir, karmaşık görünse de, oldukça basittir.

Aşağıdaki tepkime, bakır sülfatın suda çözünürken nasıl iyonize olduğunu (veya ayrıştığını) göstermektedir.



Sağ yönü gösteren ok, iyonlaşma işleminin nasıl ilerlediğini işaret etmektedir. Sol yönü gösteren ok ise, bakır ve sülfatın iyonlaşmamış bakır sülfata dönüşme eğilimini işaret etmektedir. Sonuçta, belli orandaki iyonlaşma ile bakır ve sülfat iyonlarının tekrar birleşme tepkimeleri arasında bir eşitlik mevcuttur. Eğer biz, banyoya, sülfat iyonları ekleyecek olursak, reaksiyonun, sol tarafa doğru gerçekleşme durumu olacaktır ki, bu da bakır iyonlarının, birleşerek iyonlaşmamış bakır sülfat oluşturması anlamına gelmektedir. Bu, bakır sülfatın iyonlaşmasının tekrar bastırılmasına denktir. Tepkimenin, geriye doğru (iyonlaşmamış bakır sülfat oluşumu) gitmesinin nedeni, elimizde bakır iyonları ile bağlanma isteği duyan, fazladan sülfat iyonlarının olmasıdır. Kimyanın önemli bir prensibi olarak, basitçe söylemek gerekirse, buna **kütlenin davranışı** kanunu denir. “Sabit sıcaklıkta, tepkime hızı, tepkimede bulunan her bir maddelerin kütleleri ile orantılıdır. Gerçekte, iki tepkime olmaktadır. İyonlaşma tepkimesi ve iyonlaşmama tepkimesi. Eğer daha fazla sülfat iyonları eklersek, iyonlaşmama reaksiyonuna yardım etmiş oluruz. Yani, daha fazla  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonları eklenerek, bakırın “iyonlaşmamış” formuna geri dönmesi ile, çözeltimin serbest enerjisi düşer.

Nasıl ifade edilirse edilsin, bu durum, çözeltideki bakır iyonlarının miktarının düşmesine denktir. Eğer bakır iyonlarının sayısı düşer ise, “polarizasyon” (kutuplaşma) oluşumuna eşdeğer bir olay gerçekleşir (2. derse bakınız) ve belli miktardaki akım yoğunluğu için sonuçta daha ince kristalli yapı oluşur. Bakır iyonlarının sayısının düşürülmesi, kaplama için yok oldukları anlamı taşımaz. Onlar (bakır iyonları) bakır sülfat rezervine geri dönmüşler demektir. Bakır iyonu, kaplandığı anda, kimyasal dengenin sağlanması için, rezervdeki bakır iyonları devreye girer. Bu basitçe şu anlamı taşımaktadır: iyonlaşma işlemi gittikçe zorlaşmakta veya. karmaşıklaşmaktadır ki, bunun sonucunda, polarizasyon (**kutuplaşma**) artmaktadır.

Fazladan sülfat iyonlarının alüminyum sülfattan gelme zorunlulukları yoktur. Bu sülfat iyonları, potasyum sülfattan veya sülfürik asidin kendisinden de gelebilir. Gerçekte, sülfürik asit miktarı arttıkça, sıradan iyon etkisi ile kristaller daha da ufalır, fakat bu durum ne yazık ki, çözeltinin daha asidik olmasına ve eğer pH çok düşer ise, katot verimliliğimin azalmasına yol açar. Bu nedenle, alüminyum sülfat gibi bir tuz kullanılır ki bu, pH üzerinde çok az etkili iken, sülfat iyonlarını da sağlamış olur.

Aluminyum sülfattan gelen sülfat iyonlarının, aluminyumun iyonlaşmasına etki etmemelerinden dolayı, bakır iyonlaşmasını bastırıp, aluminyumun iyonlaşmasına etkisiz kalıp kalmadığını merak edebilirsiniz? Cevap evettir. Alüminyumun iyonlaşması (iyonize olması) dikkate değer bir olay değildir. Çünkü sulu çözeltisinden kaplanabilmesi için çok yüksek enerji gerektiğinden Al kaplanmaz,. Burada kaplanan element bakırdır. Buradaki esas amacınız; banyosunun kaplama kalitesini bozmayacak bir şekilde iyonlaşmanın engellenmesidir (sınırlanması).

Şimdi, reçeteye geri dönelim.

Banyonun Bileşenleri	Derişim (gr/lt)
Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	200
Sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	52
Aluminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )	15

**Anotlar:** Bu banyo ile kullanılan anotlar, mümkünse tavlanmış elektrolitik bakır olmalıdır. Yoksa, döküm veya haddelenmiş bakır da kullanılabilir, Çok daha düzgün çözüneceğinden, elektrolitik bakır tercih edilmelidir. Fosforlu bakır (alaşımında, az miktar fosfor bulunan bakır) hemen hemen hiç tortu bırakmaz. Anot ne kadar düzgün çözünür ise, kaplama yüzeyi o kadar düzgün olur. Bu konuda daha sonra ayrıntılı bilgi verilecektir.

**Anot Alanının Katot Alanına Oranı:** Mümkünse anot alanı, kaplanacak yüzey alanı ile aynı olmalıdır (oran 1:1). Gereğinden fazla anot alanı çözeltiye daha fazla bakır sülfat geçmesine neden olur ki, bu da çözeltinin asitliğini ve iletkenliğini düşürüp, aşırı bakır sülfat çökmesi tehlikesini ortaya çıkarır.

**Çalışma Sıcaklığı:** Asitli bakır sülfat banyosu 22 – 49 °C arası çalışılabileceği gibi, ihtiyaç halinde daha yüksek sıcaklıkta da çalışabilir. Banyo sıcaklığı arttıkça, daha fazla bakır sülfat çözünecektir (270 gr/lt'ye kadar çıkabilir). Özellikle, “**elektrikle şekil verme**” işleminde olduğu gibi, kaplama yakılmadan daha yüksek akım yoğunluğu kullanılarak, kaplama işleminin daha hızlı yapılması sağlanmış olur (17. Ders'e bakınız).

Eğer sıcak çözelti ile çalışmak iterseniz, buharlı, gazlı veya elektrikli daldırma ısıtıcılardan veya harici eşanjör kullanılmalıdır (büyük işlerde harici ısı eşanjörleri kullanılması tavsiye edilir). Buharlı ısıtıcılar için kurşun, paslanmaz çelik, cam, Karbate veya titanyum; elektrikli daldırma ısıtıcılar için paslanmaz çelik veya kuartz kullanılmalıdır.

Klorür iyonu içeren asit banyolarında kurşun veya paslanmaz çelik kullanılmamalıdır.

**Akım Yoğunluğu:** Sözü edilen reçete ile; karıştırma işlemi olmaksızın, banyoda 1,07 – 4,3 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluğu uygulanabilir. Karıştırma ile; karıştırmanın şekline ve tipine bağlı olarak, akım şiddeti iki, hatta üç katına çıkar.

**Gerilim:** Anot ve katotların banyo içindeki yerleşimleri, boyutları, banyo sıcaklığı gibi bazı durumlara bağlı olarak, asitli bakır sülfat banyosu içindeki gerilim, 0,5 ile 3 volt veya biraz daha fazlası arasında oynayabilmektedir. Bu tip banyolardaki gerçek direnç değeri 4 ile 7 ohm-santimetre arasındadır. Birbirinden yaklaşık 15 santimetre uzaklıkta, her birinin yüzey alanı 9,29 dm<sup>2</sup> olan anot ve katodun bulunduğu banyoda 1,25 voltluk bir gerilim, yaklaşık olarak 10 amperlik bir akım üretir. Birbirinden 30 santimetre uzaklıkta bulunan aynı tipteki elektrotlar 2-15 voltluk bir banyo ortamı için 10 amperlik akıma ihtiyaç duyarlar.

Aşağıdaki örnekte verildiği gibi yukarıda söz edilen durumu kendi kendinize “**Ohm Kanunu**” kurallarını uygulayarak da bulabilirsiniz.

---

**Örnek #2:** Birbirinden 15 santimetre uzaklıkta yüzey alanı 9,29 dm<sup>2</sup> (=929 cm<sup>2</sup>) olan elektrotlar asitli bakır sülfat banyosu içinde bulunmaktadır. Banyonun elektriksel direnci 5-6 ohm-santimetre’dir. 10 amperlik akım üretilebilmesi için ne kadar gerilime ihtiyaç duyulur?

**Cevap:** *Ohm Kanunu’na göre E= I.R dir (E= Voltaj, R= Direnç, I= Akım). Bir kaplama banyosu için R<sub>t</sub> = R+R<sub>c</sub>+R<sub>a</sub> (R= kaplama çözeltisinin direnci, R<sub>c</sub>= Katot polarizasyonundan dolayı oluşan fazladan direnç, R<sub>a</sub> = Anot polarizasyonundan dolayı oluşan fazladan direnç).*  
**2. Ders**’te öğrenilen formüle göre, öncelikle direnç ve boyutlar kullanılarak “R” değeri hesaplanır.

$$R=K.L/A = R = (5,6 \times 15) / 929 \approx 0,09 \text{ ohm.}$$

**Not:** 5,6 değeri ohm-inç değil ohm-cm dir. Bu nedenle, tüm birimler cm cinsinden olmalıdır. (1foot<sup>2</sup>= 929 cm<sup>2</sup> ve 6 inç=15 cm olarak kabul edilir.)

Haring Kabı ile ölçülen R<sub>a</sub>+R<sub>c</sub> toplamı 0,035 ohm civarındadır. Buna göre;

$$E = 10 \times (0,09 + 0,035) \approx 1,25 \text{ Volt}$$

Anot-katot uzaklığı 30 santimetre için; R = (5,6 x 30) / 929 ≈ 0,18 ohm ve

$$E = 10 \times (0,18 + 0,035) = 2,15 \text{ Volt.}$$

Bilinen miktardaki bir akım değeri için, anot ve katottaki polarizasyonlardan dolayı oluşan gerilim düşümü miktarı biliniyor ise örneğin Haring Kabı ile ölçülebiliyor ise, R<sub>a</sub> ve R<sub>c</sub> direnç değerleri **Ohm Kanunu**’ndan kolayca hesaplanabilir (**R=E/I**). Örneğin, 10 amperlik bir akım varken, anotta 0,2 voltluk bir gerilim düşümü oluyorsa, bu demektir ki, R<sub>a</sub>= 0,2 / 10 = 0,02 ohm. Eğer katottaki gerilim düşümü 0,15 volt ise, bu demektir ki, R<sub>c</sub> = 0,15 / 10 = 0,015 ohm ve R<sub>a</sub> + R<sub>c</sub> = 0,02 + 0,015 = 0,035 ohm’ dur. (Bu problemde verildiği gibi)

---

Yukarıdakiler sadece fikir vermek için verilmiş yaklaşık hesaplamalardır. Kaplamacı olarak siz bunları yapmak zorunda değilsiniz. Fakat, eğer bu hesapları yapabilirsiniz, bu sizin daha iyi düşünmenize yardımcı olacaktır. Bu nedenle, yukarıda söz edilen örnek ve hesaplamalara zaman ayırmayı uygun gördüm. Aşağıda sizin çözmeniz için bir problem veriyorum bundan sonra konumuza devam edeceğiz.

---

**Problem #3:** Bir bakır sülfat banyosunda, anot ve katodun her birinin yüzey alanı yaklaşık 9,29 dm<sup>2</sup> (929 cm<sup>2</sup>) olup ikisi de bakırdır. Banyo sıcaklığında, banyonun özgül direnci 6 ohm-cm'dir. Banyonun Haring Kabı ile ölçülen değerlerine göre, 20 amperlik akımda anottaki gerilim düşümü 0,30 volt, katottaki ise 0,20 voltur. Eğer anot-katot arasındaki uzaklık 25 cm ise, banyoda 20 amperlik akım elde etmek için ne kadar gerilim uygulanmalıdır?

---

**Asitli Bakır Sülfat Çözeltileri İçin Tanklar:** Asitli bakır sülfat çözeltileri için kullanılan tanklarda değişik tipte materyaller kullanılabilir.

- **Seramik Tanklar:** Kaplama çözeltileri için, sırlanmış seramik tanklar oldukça uygundur. Bunlar yüklem esnasında sert çarpmalara ve ani sıcaklık değişimlerine karşı hassas oldukları için, dikkatli çalışılması gerekir.
- **Güçlendirilmiş (Takviye edilmiş) Plastik Tanklar:** Cam elyafı (fiberglas) ile güçlendirilmiş polyester tanklar, kaplama çözeltilerinin içine koyulması için mükemmeldir. Daha iyi hizmet veren, daha değişik tipte türleri mevcuttur.
- **Plastik Astarlı Çelik:** Büyük tesisler için uygundur. Plastik kaplamanın kimyasal tepkimeye girmeyen türden olduğuna ve organik pisliklerden arındırılmış olmasına dikkat edilmelidir. Tygon veya teflon astarlı tanklar en iyileridir, fakat oldukça pahalıdırlar.
- **Cam tanklar:** Ufak çaplı çalışmalar için iyidir. Cam da seramik gibi kırılmandır.
- **Lucite/Pleksiglas Tanklar:** Deneysel ve ufak çaplı çalışmalar için uygundur.

**Karıştırma:** Asitli bakır banyoları için genelde kullanılan 2 tip karıştırma vardır. Katot çubuğun ileri geri hareketi ile sağlanan karıştırma ve hava üflenerek sağlanan karıştırma. Hava ile sağlanan karıştırma yöntemi, katot çubuğun hareketi ile sağlanandan daha verimlidir ve bu sebeple daha yüksek akım şiddeti değerlerine ulaşmaya imkan verir. Hava ile karıştırma daha etkili olduğundan, tank tabanında biriken çamuru banyoya karıştırır ve böylece kaplama yüzeyinde pürüzlülüğe yol açar. ***Bu nedenle, sürekli filtreleme yapılmıyorsa, hava ile karıştırma yöntemi ticari amaçlı tanklarda asla kullanılmaz. Ayrıca, filtre ediliyor olsa bile hava kaynağı olarak asla sıradan bir kompresör kullanılmamalıdır. (Kısa bir süre çalıştıktan sonra, filtre yağlı buharın geçişine izin verir ve böylece banyonun kalitesi bozulur).*** Kuru ekran tipi filtre ile birlikte fan tipi üfleyici (blower) kullanılırsa işletmedeki toza karşı da önlem alınmış olur.

Eğer katot çubuğu karıştırması kullanılır ise, 5 – 20 santimetre arası ileri geri mesafesi ve dakikada 8 – 16 kez hareket yeterli olacaktır. Elektrikle şekil verme konusunda anlatılacağı üzere, daha özel durumlar için, farklı tipte karıştırma yöntemleri de kullanılabilir.

**Filtreleme:** Karıştırma işlemi uygulanmayan asitli bakır banyolarında genelde filtrelemeye ihtiyaç duyulmaz. Çok uzun çalışma periyotlarında ise filtreleme gereklidir. Katot çubuğu karıştırmasında her 3 haftada bir, hava karıştırmasında ise sürekli filtreleme yapılır. **İnce taneli ve düzgün yüzeye sahip kaplamalar elde etmek için filtreleme bir zorunluluktur.** Filtreleme hızı, banyonun bir saat içinde en az bir kez filtreleme ünitesinden geçirilmesi için yeterli olmalıdır. Eğer, anot torbaları kullanılırsa (yüzey pürüzlülüğünü azaltan bir uygulamadır) 407 gr/m<sup>2</sup> lik tüylendirilmiş polipropilen tercih edilmelidir. Buna alternatif olarak; 340 gr/m<sup>2</sup> lik kolalanmamış kanvas kumaş da kullanılabilir. Filtre pompaları ve çözelti için kullanılan ekipmanların malzemeleri paslanmaz çelik, cam, kauçuk veya plastik astarlı çelik ya da PVC olmalıdır.

### **Sülfat Banyosundan Parlak Kaplama Elde Edilmesi:**

Size reçetesini vermiş olduğum orijinal banyo çok güzel görünümlü, ince taneli bakır kaplamanızı sağlayacaktır. Kısmen bunun nedeni, çözelti içinde bulunan alüminyum sülfatın bakır sülfat iyonlaşmasını bastırması, yani normal durumdan daha hızlı bir şekilde “çekirdek” bakır kristallerinin toplanması için uygun şartları oluşturması, böylece daha düzgün ve ince taneli kaplamanın elde edilmesidir (Bkz. Metal kaplama nasıl meydana gelir, **Ders 2**).

Patentli parlaticı maddeler (katkılar) kullanılarak, asitli bakır banyolarından çok parlak bakır kaplama yüzeyleri elde etmek mümkün olur. Ben size patentli ürünleri öneririm, ama istiyorsanız kendiniz de imal edebilirsiniz. Tablo 3’ te verilen maddeleri kullanarak çok düzgün parlak ve yarı parlak kaplamalar elde edebilirsiniz.

**Tablo 3. Asitli Bakır Kaplama İçin Patentli Olmayan Bazı Parlaticılar**

<b>Malzeme</b>	<b>Konsantrasyon</b>
Fenolsulfonik asit	1 gr/lt
Hayvan Derisi Tutkalı	5 mg/lt
Melas (Şeker tortusu)	2,5 ml/lt
Tiyoüre	1 gr/lt
Jelatin	1 gr/lt

Yukarıda söz edilen maddelerin hepsini birarada kullanmayın. Bu kaplama banyosunun bozulmasına yol açacaktır. Önceden anlatmış olduğumuz banyoda bunlardan sadece birini kullanın. Az sonra verilecek 3 banyonun reçetelerinden de görebileceğiniz üzere, bazen bunlardan ikisini birleştirerek kullanabilirsiniz.



**Philips Parlak Banyosu**

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	202
Sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	30
Tiyöüre ( $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$ )	0,04
Melas	0,75

**Beaver Parlak Banyosu #1**

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	210
Sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	60
Tiyöüre ( $\text{NH}_2\text{CSNH}_2$ )	0,01
Dekstrin ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) <sub>x</sub>	0,01
Hidroklorik asit (HCl)	0,012

**Beaver Parlak Banyosu #2**

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	225
Sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	40
Hidroklorik asit (HCl)	0,015
Asetile tiyöüre	0,06
Dietilamin	0,03

**Çalışma Bilgileri – Parlak Bakır Banyoları**

**Katot Akım Yoğunluğu:** 1,94 – 8,07 A/dm<sup>2</sup>. En yüksek parlaklık, 5,4 – 6,4 A/dm<sup>2</sup> arasında elde edilir.

**Karıştırma:** Banyo karıştırılmalıdır. Daha önce söz edildiği üzere temiz hava kullanınız. Kuvvetli karıştırma ile daha yüksek akım yoğunlukları kullanılabilir. Tank içindeki tüm çözeltinin bir saatte bir devridaim ederek filtrelenmesi şarttır.

**Anotlar:** Daha önce de belirtildiği gibi, sıradan asitli bakır banyoları için, %0,004-0,006 arası fosfor içeren fosforlu anotlar (fosfor alaşımli) en iyi sonucu verirler. Anotlar polipropilen torbaların içine konmalıdır.

**Anot-Katot Oranı:** 1:1

**Sıcaklık:** 21- 26,5 °C arası olmalıdır. Eğer 26,5 °C aşılırsa, parlaklık azalır. Bu tip banyolar kaplama çözeltisinin birim hacmi başına daha yüksek akım yoğunluğu taşıdığından dolayı banyonun ısınma eğilimi çok yüksektir (Buradaki joule etkisini demir kaplama konusunu işlerken detaylı olarak inceleyeceğiz). Bunun yüzden, banyonun karıştırılması için kullanılan havanın önceden soğutulması oldukça iyi bir fikirdir. İyi bir düzenleme ile, bu banyo sıcaklığının 21 °C de sabit kalmasına yardımcı olacaktır. Böyle bir düzenleme yapmadan önce, hesapların sağlıklı yapılması gereklidir. Çünkü böyle bir düzenleme oldukça pahalıya mal olmaktadır. Buna alternatif soğutma eşanjörü kullanılmasıdır.

**Kontrol:** Düzenli olarak bakır ve sülfürik asit testleri yapınız. (Burada hidrometre kullanılamamaktadır). Nikel kaplamada konusu işlenirken anlatılmış olan gümüş nitrat testini kullanarak klorür testi yapınız.

**Bakım :** Parlaticılar, kullanıldığı süreç içinde emilim, süzüntü ve parçalanma gibi mekanizmalarla tükenir. Buna göre, düzgün bir tazeleme programı uygulanmalıdır. Beaver'ın 2. Banyosu için aşağıda belirtilen yenileme (tazeleme) programı bir örnek teşkil edebilir. Her bir litre çözelti için 3 – 5 amper-saatlik çalışma periyodundan sonra banyoya 0,03 gr/lt “asetile tiyoüre” ilave edilir. Dietilamin'i düşünenecek olursak, her 1 litre başına çalışılan her 6 – 10 amper saat için, 0,03 gr/lt yeni parlaticı ekleyin.

---

**ÖRNEK 3:** Eğer tankınızda 3.000 litre kaplama çözeltisi var ve 12.000 amper-saat geçmiş ise; bu çözeltinin her litresinden  $12.000/3.000=4$  amper-saat geçtiği anlamına gelir. Bu banyoya,  $0,03 \times 3.000 = 90$  gr “asetile tiyoüre” eklenmelidir.

---

**Parlaticılar,** her bir litre çözelti için, 60-80 amper saat geçtikten sonra ayrışır. Örneğin, 180.000 amper saat çalışmış, 3.000 litrelik bir tank için, kaplama çözeltisinin her litresi için 2 ml hidrojen peroksit (30 hacim) ilavesi yapılmalıdır (*bunu bir işlem tankında yapınız*). Çözeltiyi 5-6 saat süresince 50° C'ye ısıtırken, aynı zamanda karıştırın. Daha sonra, her bir litre çözelti için 2gr aktif karbon ilavesi yapın. İyice karıştırın ve çözeltiyi bir kez filtreden geçirip, filtre edilmiş temiz çözeltiyi kaplama tankına geri koyun.

Beaver tipi asit banyoları, oldukça parlak, düzgün yüzeyli kaplamalar verdiği ve iyi bir mikro dağılmaya sahip olduğu için hayli yaygındır. Örneğin; basınçlı döküm (kalıp-döküm) yöntemi ile üretilmiş parçalar üzerindeki küçük gözeneklerinin doldurulmasında, parlatılmış çelik malzemelerin üzerlerindeki çiziklerin tamirinde son derece etkili bir kaplama tekniğidir.

Bu banyoda az bir miktarda klorür kullanılması, kaplamanın daha düzgün olmasına katkıda bulunurken, banyo içindeki kirliliklerin etkisini de azaltmaktadır. Bu tip bir banyo ile çalışmayı düşünüyorsanız, *eğer klorür miktarı çok aşağılara düşerse, yüksek akım şiddeti olan bölgelerde, kaplamanın kararacağını aklınızdan çıkarmayın. Diğer belirtiler parlaklığın kaybolması ve malzeme üzerinde çift renkli (mat ve parlak) bölgelerin oluşmasıdır.* Eğer, banyodaki klorür miktarı çok azalırsa, fazladan parlaticı ilave edilmesinin

tam parlaklığın tekrar elde edilmesi için bir yararı olmayacaktır. Diğer taraftan, eğer klorür iyonları gerekenden çok fazla ise, parlak kaplama yapılabilecek aralık ufalacak ve yapılacak kaplama daha sert olacaktır.

### **Diğer Asitli Bakır Banyoları:**

Çeşitli türlerde asitli bakır kaplama banyoları mevcuttur. Fakat, sülfat banyolarının yanı sıra, en yaygın kullanılan asit banyosu “**fluoborat**” banyosudur. Öteki tiptekilerin zayıf kalitesiz kaplamalar üretmelerinin ötesinde, bu iki tip banyonun en önemli üstünlükleri iyi sonuç elde etmeleri ve kolay kontrol edilebilmelidir. Fluoborat banyosuna “elektrikle şekil vermede” ihtiyaç duyulduğu gibi, büyük çaplı kaplamalar için iyi bir yöntemdir. Banyo içinde çok ufak polarizasyon olacağından, yüksek akım yoğunluğu uygulanabilir ve sülfat banyosuna göre sabit değeri korumak daha kolaydır. Bazen, kirlenmiş banyolardan elde edilen kaplama yüzeyinin parlatılması oldukça zor olur. “**Elektronik devre plakalarının delik içlerinin kaplanmasında bu reçeteyi kullanmayın. Çünkü burada çok iyi dağılma gücüne ihtiyaç vardır**<sup>1</sup>.”

### **Fluoborathlı Bakır Banyosu**

<b>Bileşen</b>	<b>Derişim (gr/lt)</b>
Bakır fluoborat (Cu (BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> )	225
<b>Çalışma Parametreleri</b>	<b>Önerilen Değerler</b>
pH (fluoborik asit ile ayarlanır)	1,2 (0,8 – 1,4)
Sıcaklık	18,5 – 49 °C
Katot Akım Yoğunluğu	8,1 – 13,5 A/dm <sup>2</sup>
Tank Gerilimi	3 – 5 Volt
Anot Katot Oranı	1:1

**Karıştırma:** Bakır sülfat banyosundaki gibidir. Hiç kullanılmayabilir, hava ile veya mekanik olarak yapılabilir.

**Filtreleme:** Bakır sülfat banyosunda tavsiye edildiği gibidir. Sadece, selülozik filtrelere izin verilir. Anot torbaları için sadece Dynel veya polipropilen kumaşlar kullanın. Fluoborik asit, naylon, kanvas (çadır bezi) ve fiberglas gibi maddelere zarar verir (deler).

**Tanklar:** Seramik veya cam tanklar, tabu (yasak) olarak değerlendirilmelidir. Çünkü florür iyonları bunlara zarar verirler (fluoborat iyonu, florür ve borat iyonlarına ayrışır). Kauçuk astarlı çelik, PVC ya da teflon veya polipropilen astarlı tanklar kullanın.

<sup>1</sup> Delik içlerinin kaplanabilmesi için özel bir fluoborathlı bakır banyo formülü mevcuttur. Bu 18. Ders’te açıklanmıştır.

**Isıtma:** Karbate ısı eşanjörleri veya ısıtma-soğutma bobinleri en iyileridir. Teflon kaplı olanlar daha iyi olmakla birlikte çok daha pahalıdır! Evet, belki soğutmaya ihtiyaç duyulabilir. Bu konuda daha sonra ayrıntılı bilgi verilecektir.

**Parlatıcılar:** Bakır sülfat banyoları için tavsiye edilen miktardaki melas ile bir miktar düzgün yüzey elde edilebilir. Bir litre çözelti içine 0,05 – 0,10 gr asetil tiyoüre katılması ile etkili parlatma elde edilebilir. Çok dikkat edilmesi gereken nokta, aşırı miktarda ilave kaçınılmazdır. Emin olmak için, az miktarda, ilave yapın ve daha sonra bunu kontrollü olarak arttırın. Bunun tersi bir hareketin geriye dönüşü zordur.

### **Asit Tipi Banyolar İçin Genel Çalışma Prensipleri**

Bakır sülfat banyolarının (ve aksi belirtilmedikçe fluoborat banyolarının) çalıştırılmasında aşağıda belirtilen prensipler size yardımcı olacaktır. Aşağıda bahsedilenleri “kaplama banyoları kontrolü” dersinden iyi biliyorsunuz, fakat burada bazı ek bilgilerle birlikte tekrar edilmektedir.

#### **Kaplamanın daha şekillendirilebilir (yumuşak) olmasını istiyorsanız:**

- 1- Akım yoğunluğunu düşürün (genellikle en etkili yoldur).
- 2- Banyo sıcaklığını arttırın.
- 3- Asit konsantrasyonunu düşürün.
- 4- Bakır konsantrasyonunu arttırın.

#### **Daha sert ve düzgün kaplama yüzeyi elde etmek istiyorsanız:**

- 1- Akım şiddetini arttırın.
- 2- Banyo sıcaklığını düşürün.
- 3- Asit derişimini arttırın.
- 4- Bakır derişimini düşürün.
- 5- Parlatıcı ilavesi yapın.

Bakır sülfat banyolarının çalıştırılmasında bakır sülfat oranı belli bir ivme ile artarken, sülfürik asit içeriğinin düştüğü çok sık gözlemlenen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Bunu nedeni; bakırın bir miktarı “+1 değerlikli bakır” halinde çözünürken, bir miktarı da asit ile kimyasal etkileşim sonucu çözünmektedir. Rakamlarla konuşmak gerekirse, anot verimi %104 iken, katot verimi %100 olarak ölçülmektedir ki bu, çözüldüğüden daha fazla miktarda bakırı ilave ettiğinizin bir kanıtıdır. Bu, tasarruf hesapları için iyi bir fikirdir, fakat kaplama banyoları için iyi bir fikir değildir. Gelen fazladan bakır serbest asit ile birleşerek daha fazla miktarda bakır sülfat oluşumuna yol açar. Normalde eğer bu çalışmada kayda değer bir süzüntü kaybı süreci varsa, bakır sülfat seviyesi sabitliğini korurken asit miktarı düşecektir. Fakat metal tasarrufu sağlamak ve çevre kirliliğinin azaltılması söz konusu olduğunda, kayıplar aza indirilmelidir. Böyle olduğunda, banyodaki bakır derişimi artarken,

asit içeriği düşecektir. Bu nedenden dolayı, çözeltinin kontrolü bölümünde anlatıldığı gibi bu iki faktör, zaman zaman kontrol edilmelidir. Yoksa aşırı polarizasyon ve kötü kaplama yüzeyi elde edilir. (Pürüzlü yüzey)

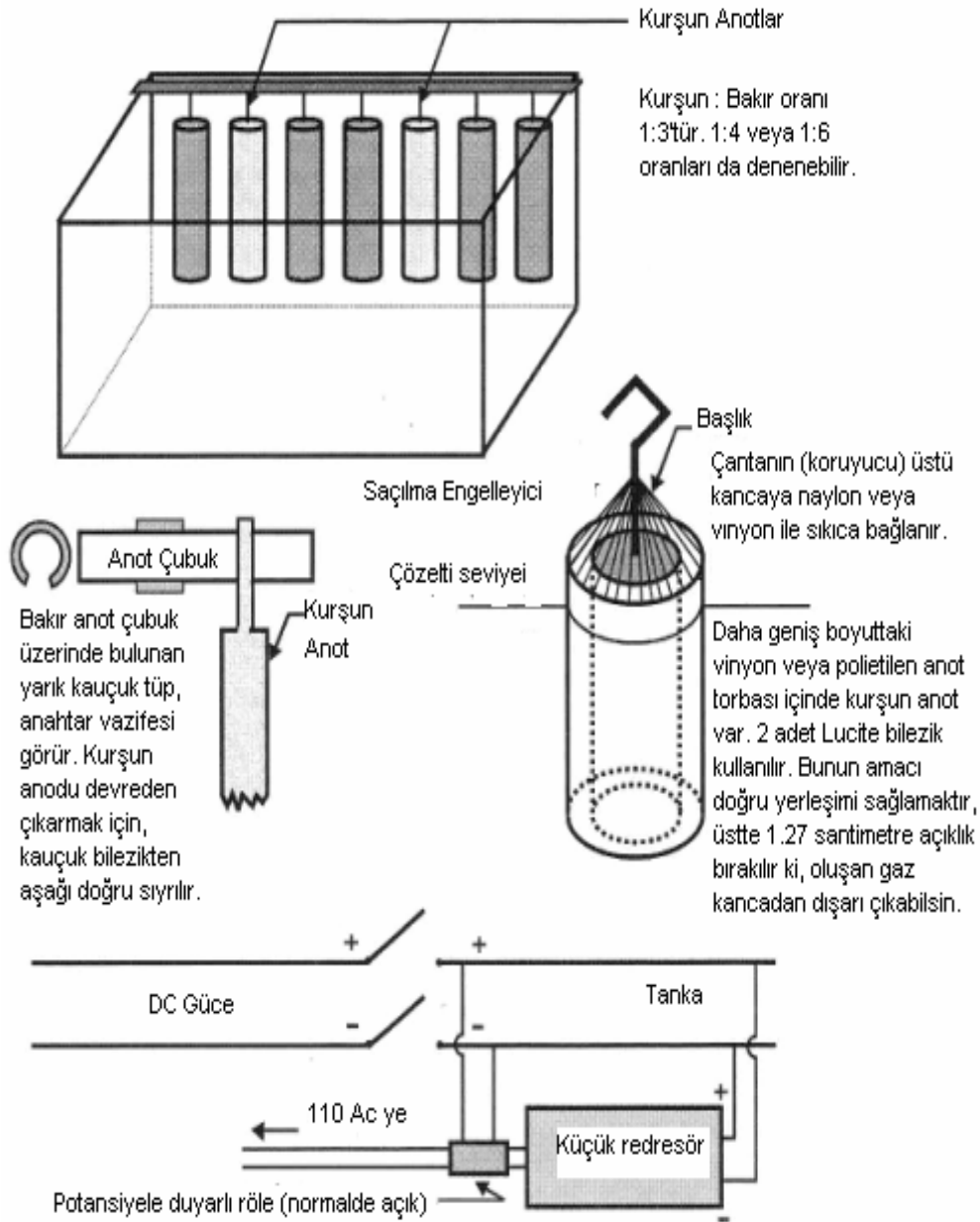
Asit miktarının düşme eğiliminde olması sorununun üstesinden birkaç yöntemle gelebilirsiniz.

**1- Kullanım Harici Zamanlarda, Anot Banyonun İçinden Çıkartabilirsiniz.** Zaman ve efor harcanması gereken bir iş olduğundan baş belası bir eylem olarak düşünülür. Bazı durumlarda ise, örneğin; altın ve gümüş kaplama işleri düşünülürse, altın ve gümüş anotların banyo içinden çıkartılması doğru bir hareket olmasının yanı sıra, hırsızlar tarafından çalınmasının engellenmesi açısından da zorunlu bir harekettir.

**2- Şekil 2’de gösterildiği gibi, birkaç çözünmeyen kurşun anodu bakır anotların arasına koyabilirsiniz. (Bu püf noktası çözelti içinde kurşun çözüleceğinden dolayı, fluoborat çözeltiler için geçerli değildir. Sadece karbon anotlar kullanılabilir ve karbon taneciklerinin banyodan uzaklaştırılması için, ince dokulu dynel veya polipropilen torbalar içinde torbalanmalıdır).** Çözünmeyen kurşun bir anotta sülfürik asit tekrar oluşmaktadır (Niçin?) ve bakır ile kurşun anotların akıllıca bir arada kullanılması ile asit miktarı uzunca bir süre olması gereken seviyeyi korumaktadır. Bu iş bir miktar deneyim gerektirmektedir. Kurşun yüzeyi için öngörülen doğru miktar, 24 saat içinde tank içine giren iş miktarına göre değişkenlik göstermektedir. (Bu bağlamda, devreye bağlanan amper-saat metre oldukça yardımcı olacaktır.)

Kurşun anotların kullanımı, kolayca üstesinden gelinebilecek bazı zorluklara neden olacaktır. Bunlardan biri kurşun anotlarda oksijen açığa çıkmasıdır (Niçin?) ve bu durum, ince asit püskürmesine yol açar. Bu problem Şekil 2’de gösterildiği gibi kurşun anotların torbalanması ile halledilir. İkinci problem ise; Anot-katot aralığındaki yüksek elektriksel dirençten dolayı, seyrekte olsa, kurşun anodun karşısına denk gelen bölgede, düzgün olmayan bakır kaplama görüntüsünün oluşmasıdır. Bu problemin üstesinden gelmek için, kurşun anoda daha yüksek potansiyel uygulanır. Şansımıza, genelde böyle bir işlem gerekmez (Bu gibi durumlar için, **10.Ders’te** daha fazla bilgi mevcuttur.) Çalışılmayan durumlarda, kurşun anotlar ya banyodan dışarı çıkarılır veya kauçuk içinde dinlendirilmeye bırakılır (Niçin?)

**3- Tersinir Elektrot Sistemi Kullanabilirsiniz.** Banyoyu dengede tutmak için, belki en iyi düzenleme; katot çubuğuna birkaç taklit kurşun elektrot asmak ve küçük ters potansiyel uygulamaktır. Bu banyo kullanım dışı iken (örneğin gece vakti) uygulanır. Bu, Şekil 2’de gösterildiği gibi çok basit bir devre düzenlemesi ile sağlanır. Bakır katotların, çözünmesini engellemek için uygulanacak potansiyelin miktarı deneme yanılma metodu ile bulunur. Bu yöntem, banyonun asit ve bakır içeriklerinin doğru düzgün kontrolünü sağlar. Eğer arzu edilirse, tüm sistem otomatik hale getirilebilir. Yani, banyo içinde kaplama işleri olmadığı zamanlarda akım terse döner (tersinir) ve çok küçük miktardaki bakır, katot üzerine tekrar kaplanır ve kurşun anot üzerinde sülfürik asit tekrar açığa çıkar. Bu olay arzu edildiği sürece banyoyu dengede tutmaya yarar. Asit buharının engellenmesi için kurşun anotlar torbalanmalıdır.



**Şekil 2. Asit Bakır Kontrol Metotları**

Yukarıda söz edilen **2. yöntemle** çalışmak için her 8 bakır anot için bir kurşun anot kullanmayı deneyiniz. Bu denemeyi 1 hafta sürdürdükten sonra, asit miktarının azalıp azalmadığını, varsa ne kadar olduğunu not alınız. Eğer bir kurşun anot kullanıldığında asit miktarı azalıyorsa, başka bir kurşun anot ilavesi yapınız ve doğru kombinasyonu bulana kadar testi devam ettiriniz.

Yukarıda söz edilen benzer bir deneme ile, **3. yöntem** için de doğru şartlara ulaşılabilir. Hatta kullanılacak 1 veya 2 taklit elektrotla ters yöndeki gerilim ayarlanır. Böylece küçük miktarda akım oluşacaktır (Kaplama kullanılanın ortalama akım miktarının 1/100 ile 1/50' si oranında). Birkaç gün sonra banyodaki asit miktarını kontrol edin. Eğer sabit olduğunu görürseniz doğru miktarda ters potansiyel kullanıyorsunuz demektir. Eğer asit miktarı düşük çıkarsa ters potansiyel miktarını biraz arttırın ve denemeyi tekrarlayın. Bu deneme yanılmalarla banyonun doğru çalışma kombinasyonuna çabukça ulaşacaksınız. Bu tip çalışma, sülfürik asit ilaveleri açısından zaman, para ve işçilik açısından büyük tasarrufu da beraberinde getirecektir.

### **Asit Banyolarının Çalıştırılması:**

Genelde, asitli bakır banyolarının işletilmesi, eğer metal içeriğini, asitlik derecesini ve çalışma şartlarını sabit tutarsanız oldukça basittir, düzeneğin kendi kendine kararlı şekilde çalıştığını göreceksiniz. Gözardı edilmemesi gereken en önemli şey, **kirletici** olarak adlandırılan **istenmeyen maddelerdir**, bunlar organik veya inorganik olabilirler. Genelde en büyük sorunu çıkaranlar organik olanlardır.

Burada önemli bir özdeyişten bahsetmeliyiz: “Az harcayarak önlemek, çok harcayarak tamir etmekten daha iyidir.” Buna göre aşağıdaki önlemleri dikkate alınız.

**1- Eğer iletken olmayan (yalıtkan) malzemeler kaplıyorsanız malzemelerin organik çözücülerden arındırılmış olduğuna dikkat edin.** Örneğin; bebek ayakkabıları kaplanmadan önce çok iyi kurutulmalıdır. Tüm lak ve yüzey işlem kimyasallarını kontrol edin. Bazıları kirletici maddeler içerirler. Eğer malzemeler gümüş ile kaplanacaksa, kaplama banyosu içine girecek olan katodun “yükü” olduğuna (üzerinden akım geçtiğine) emin olun.

**2- Tankın içine metal cisimler düşürmekten sakının.**

**3- Hiçbir zaman kaplama tankı içine aktif karbon kömürü ilavesi yapmayın.** Aktif karbonun dipte kalan artıklarının kaplama tankı içinden uzaklaştırılması zordur. Bu parçacıklar kaplama yüzeyinin pürüzlü olmasına neden olurlar. Eğer çözeltiye karbon filtreleme işlemi uygulanmak istenirse ayrı bir işlem tankı kullanılmalıdır. İşlem başlamadan önce filtrenin en uygun şekilde “kalıp yapıldığına” emin olun.

**4- Su kaynağınızı kontrol edin.** Kaplama işi ile uğraşanların çoğu kaplama banyosu ve durulama için tamamen iyonlaşmamış su kullanırlar. Başlangıçta ne kadar az su bulunursa, o kadar az problemle karşılaşılır.

Her şeyi çok düzgün bir şekilde hazırlarsanız bile çeyrekte olsa sorunlarla karşılaşabilirsiniz. Bu nedenle size **Hata Giderme Şeması** sunulmuştur. Fakat uzun yıllara dayanan tecrübeye göre söylemem gerekirse operatör dikkatsiz veya basiretsizce davranırsa sorunlar ortaya çıkmaya başlar.

## Bakır Sülfat Banyosunda Hata Giderme<sup>29</sup>

<b>Belirti/Problem</b>
Bakır kaplamanın yüzeyinde kabartılı çizgili görüntü oluşması. Çizgiler hemen hemen dikine ilerliyor. <b>Not:</b> Bu durum yalıtkan malzemelerin bakır banyosunda metalle edilmesinde sıklıkla gözlemlenir.
<b>Muhtemel Sebep</b>
1. Çözeltide istenmeyen organik kirleticilerin bulunması 2. Aşırı miktarda gümüş veya demir bulunması
<b>Çözüm</b>
Eğer organik kirleticiler bulunuyorsa çözeltiyi aktif karbondan geçirerek filtre edin. Filtre pompasını biraz su ilave edilmiş karbon çamuru (2,27 kg) ile sıvayın. Bu karışımda, “selit” filtre aparatı da bulunmalıdır. Fluoborat çözeltilerde, “selit” kullanmayınız. Bunun yerine “selüloz” filtre aparatı kullanınız. Bahsedilen miktar 380 litre çözeltinin işlenmesi için yeterlidir. Eğer filtre pompanız ve işlem tankınız yoksa, alternatif olarak çözeltinizin 1/3’ ünü atın. Bu en son çözümdür ve bana hiç de çevreci bir yaklaşım olarak gelmemektedir. Eğer soruna yol açan gümüş ise, gümüş içeriği azalana kadar gece boyunca 0,54 A/dm <sup>2</sup> de <b>taklit katoda</b> bakır kaplayın. <b>Taklit katotları daha sonradan anot olarak kullanmayın (Bunun düşüncesizce çalışan bazı personelce yapıldığına şahit oldum).</b> Eğer, probleme neden olan <b>demir</b> ise “düşük katot verimi bölümünde söz edilen çözümü yöntemleri geçerlidir”.
<b>Belirti/Problem</b>
Bakır kaplama rengi koyu, yüzeyi damarlı ve düzensiz görünümlü.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Organik kirleticiler mevcut.
<b>Çözüm</b>
Çözeltiyi yukarıda bahsedildiği gibi aktif karbondan geçirerek filtre edin. Lütfen, dışarıya atık olarak atmayın. Eğer çözeltide küf oluşumu gözleniyorsa, ki bu nedenlerin başında gelir, her 380 litre çözelti için 475 ml konsantre hidrojen peroksit ilavesi yapın, düzgünce karıştırın ve en az 2 saat süresince 60 °C’ye veya üstüne ısıtın.

<sup>29</sup> Fluoborat banyoları için de iyidir.



## Bakır Sülfat Banyolarında Hata Giderme (devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Bakır kaplama sert ve kırılğan.
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Organik maddelerden dolayı olabilir.</li> <li>2- Çok düşük miktardaki metal içeriği</li> <li>3- Çok fazla miktarda asit</li> <li>4- Sıcaklık çok düşük</li> <li>5- Akım yoğunluğu çok yüksek</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<p>Eğer organik maddeler bulunuyorsa, daha önce belirtilen yöntemle problem giderilmelidir. Eğer sebep düşük metal miktarı ise bakır sülfat veya fluoborat miktarını arttırın. Eğer neden yüksek asit içeriği ise bakır karbonat ilavesi yaparak asit miktarını düşürün. 50 gram bakır karbonat yaklaşık olarak 25 gram kadar sülfürik asidi çözülden uzaklaştırır. Bu banyonun bakır içeriğini ne kadar arttırır? Bu hesabı kendi başınıza yapın. Bu hoşunuza gitmeyebilir fakat şu ana kadar pek çok şey öğrendiniz; eğer sıcaklık 21 °C 'den daha düşük ise çözelti içine bir ısıtıcı daldırarak sıcaklığı en az 24 °C'ye çıkartınız. Eğer akım yoğunluğu çok yüksek ise düşürün.</p>
<b>Belirti/Problem</b>
Düşük katot verimi Pürüzlü kaplamalar
<b>Muhtemel Sebep</b>
Aşırı miktarda demir veya nikel içeriği
<b>Çözüm</b>
<p>Bakır karbonat ve suyun karıştırılması ile elde ettiğiniz sulu bakır karbonat harcını çözültiye ekleyerek çözeltinin pH değerini 5,0'a yükseltin (pH kağıdı kullanın). Şimdi çözeltinin içinden birkaç saat süresince temiz hava üfleyin ve banyoyu bir filtreden geçirerek hidroksit olarak çökelmiş nikel veya demirden arındırın. Sülfürik asit ilavesi yaparak, uygun asitlik derecesini koruyun. Çünkü bu çözelti bakır karbonat ile nötralize olmaktadır. Çok zorda kalırsanız uzaklaştırma (arıtma) işlemi yapılabilir, fakat bu tavsiye edilen bir yöntem değildir!</p>

## Bakır Sülfat Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Bakır kaplamanın yüzeyi dallanmış yapıda
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Banyoda çok yüksek miktarda klorür içeriği var. 2- Parlaticı miktarı yetersiz.
<b>Çözüm</b>
Eğer klörür miktarı yükselir ise; az miktarda çözünmüş gümüş sülfat ilavesi yaparak, klorürün çökmesini sağlayın. 23 gram gümüş sülfat, 10 gram “+2 değerli bakır” klorürü uzaklaştırır. Gümüş işleminden sonra, çökelmiş gümüş klorürü uzaklaştırmak için, çözeltiyi “selit” filtresi ile filtre edin (sadece gümüş işlemi kullanmadığınız zaman uzaklaştırma işlemi kullanın). Eğer banyoyu hazırlarken düşük klorür içerikli su kullanır ve banyoya giren tüm kimyasalların klorür içeriğini kontrol altında tutarsanız bu sorunla çok nadir karşılaşsınız. Eğer parlaticı az ise parlaticı ilavesi yapın. Çökelen gümüş klorürü, rafine edilmesi için saklayın. <sup>3</sup>
<b>Belirti/Problem</b>
Bakır kaplamalar pürüzlü ve/veya kırılğan
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Banyo içinde yabancı parçacıkların bulunması 2- Aşırı akım kullanılması 3- Arsenik veya antimon varlığı
<b>Çözüm</b>
Eğer mümkünse banyoyu filtreden geçirin. Anotları vinyon veya dynel torbalar ile torbalayın. Gerekirse karıştırma şiddetini düşürün. Kullanım harici zamanlarda tankın üzerini kapalı tutun. Akım şiddetini düşürün. Düşük kalite anotlardan banyoya arsenik veya antimon karışır. Eğer mümkünse düşük kalite anotları değiştirin. 1,08 A/dm <sup>2</sup> akım yoğunluğunda, arsenik ve antimon elementleri (dalgalı yüzeyli) taklit katotlar üzerine kaplanarak giderilebilirler. Banyo içine çok az miktarda jelatin ilavesi yapılırsa da bu iki metalin kaplanması azaltılmış olur. (Tavsiye edilen miktarlar için parlak bakır kaplama bölümüne bakınız.)

Şüphesiz, sizin de gördüğünüz gibi, pek çok sorunun kaynağı, büyük oranda organik bazlı kirlenmelerdir. Bir kez daha, canınızı sıkma riskini göze alarak belirtmeliyim ki, Az harcayarak önlemek, çok harcayarak tamir etmekten daha iyidir.” özdeyişi ışığında, sorunlardan uzak olmak için mümkün olan her çaba harcanmalıdır.

<sup>3</sup> Düzgün yüzey kalitesi ve uygun miktarda anot aşınması (korozyonu) sağlamak için, banyoda çok az miktarda klorür iyonu bulunmalıdır. Parlak asitli bakır banyoları bölümüne de bakınız.

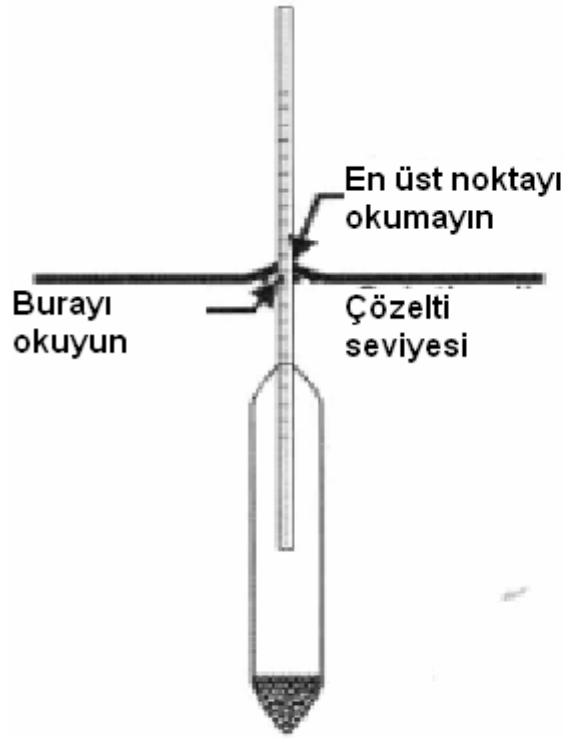
### Bakır Sülfat Çözeltisinin Kontrolü

Kontrol edilmesi gereken iki bileşen, metalik bakır miktarı ve sülfürik asit konsantrasyonudur.

### Bakır İçeriği

Çözeltinin kontrolü için en kolay yöntem bir “hidrometre” kullanmak ve yapılacak basit bir kimyasal testtir.

Bome hidrometresini çözeltiliye daldırın. Hidrometre, çözeltili içinde durağan (kararlı) şekilde yüzer duruma geldiğinde, çözeltili seviyesinin hidrometre üzerindeki göstergeyle kesiştiği yeri okuyun (şekilde gösterilmiştir). Aşağıdaki tabloyu kullanarak, okunan bu rakamdan toplam asit miktarını ve bakır sülfat<sup>30</sup> miktarını öğrenebilirsiniz.



Şekil 3. Hidrometre

Tablo 4. Asit Bakır Banyoları İçin Bome Değerleri

Bome değerleri	Toplam asit+bakır <sup>4</sup> (ons/galon)
12.0	20.0
12.5	21.0
13.0	21.9
13.5	22.9
14.0	23.8
14.5	24.7
15.0	25.7
16.0	27.8
16.5	28.8
17.0	29.8
18.0	31.8
18.5	32.8
19.0	33.8
20.0	35.9
21.0	38.1

<sup>30</sup> CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O olarak.

Hidrometre testi, bakır ve asit miktarını birlikte vermektedir. Bu nedenle, iki değerin birbirinden ayrılması için ilaveten bir asit miktarı testi yapmak gereklidir. Bu testin nasıl yapıldığını, bakır için bir standart volumetrik analiz metodu verdikten sonra anlatacağız.

### Standart Bakır Metodu

Bu analizi yapmaya çalışmadan önce, **5.Ders**'e tekrar bakınız. Volumetrik analizin prensiplerini ve "titre etme", "normalite" vb. tabirleri anladığınızdan emin olunuz. Bu sizin yapacağınız ilk analiz uygulaması olacağından, konuyu anladığınızdan emin olmak için, gerekenden biraz daha fazla zaman harcayarak konu üzerinde duracağım. Sonraki analizlerde açıklamalarım daha kısa olacaktır. Ayrıca aklınızdan çıkarmayın ki, titrasyon veya indikatör çözeltisi hazırlamak istemiyorsanız, bunlar herhangi bir kimyasal malzeme satıcısından da temin edilebilir (istediğiniz kuvvet ve normalitede).

- 1- Pipet ile banyodan 5 mililitre numune alın (banyonun tümünü temsil etmesi için, numune almadan önce banyo karıştırılmalıdır.) ve bunu 250 ml.lik erlene koyun.
- 2- Çözeltinin rengi koyu maviye dönüşene kadar konsantre amonyum hidroksit (NH<sub>4</sub>OH) ilavesi yapın. Fazla amonyağı uzaklaştırmak için, 15 dakika kaynatın.
- 3- 5 mililitre derişik (konsantre) asetik asit ve 2 gr. amonyum biflorür ilavesi yapın (eğer mevcutsa, ki normalde mevcuttur, bu karışım kompleks demir için ilave edilmiştir.)
- 4- Çözeltiyi oda sıcaklığına kadar soğutun ve şimdi, 30 miligram (%10luk) potasyum iyodür çözeltisi ilavesi yapın.
- 5- Çözeltinin rengi açılana kadar (kahverengiden sarıya döner), standart 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edin.
- 6- %1'lik nişasta indikatör çözeltisinden 3 ml ilave edin. (Az bir miktar su içinde, 1 gr nişasta ile macun hazırlayın. 100 ml olana kadar kaynar su ilavesi yapın).
- 7- Koyu mavi renk, gri beyaza dönene ve en az 1 dakika bu şekilde kalana kadar "tiyosülfat" ile titre etmeye devam edin. Bu, son noktadır.

**Hesaplamalar:** 1 ml 0,1 N tiyosülfat = 0,00636 gram bakır. Kendiniz hazırlamışsanız ve normalitesi 0,1 N değilse, veya normalitesi değişirse, bunu şöyle düzeltebilirsiniz: Varsayalım ki, normalite 0,1 değilde, 0,12 olsun. Öyleyse bakır eşdeğeri,  $0,00636 \times (0,12/0,10) = 0,00763$  gr. olacaktır. Buna göre, kullandığınız 5 ml.lik numunede, toplam, gram biriminde bakır olacaktır (ml cinsinden kullanılan tiyosülfat x bakır eşdeğer). Varsayalım ki, 20 ml tiyosülfat kullanıldı; elinizde 5 ml numune varsa, elde  $20 \times 0,00763 = 0,153$  gr bakır var demektir.

Öyleyse, mesela 1000 ml. tiyosülfat harcanmışsa 200 kat daha fazla, yani 30,6 gr/litre (her 1 litrede 30,6 gram) bakır var demektir. Bu değerleri, ons/galon birimine çevirmeniz gerekirse, 0,134 ile çarparak sonucu 4,07 ons/galon biriminde de elde edebilirsiniz. Sonucu ons bakır sülfat (susuz) / galon cinsinden hesaplamak isterseniz, susuz bakır sülfatın %39,9'u bakır olduğundan dolayı (bunu kendiniz hesaplayın ve görün!) bütün yapmanız gereken 4,07 yi 0,399'a bölmektir. Çıkan sonuç, 10,2 ons /galon bakır sülfat'a eşit olacaktır.

Eğer her zaman, 5 ml numune alır ve sonucu, bakır sülfat cinsinden ons/galon (=oz/gal) birimi ile elde etmeye karar verirsiniz, aşağıda belirtildiği gibi, hesaplamaları oldukça basitleştirebilirsiniz.

Bakır sülfatı (susuz), gram/litre biriminden elde etmek için:

$$(1,272 / 0,399) \times \dots [\text{mililitre}] \text{ tiyosülfat} = \dots [\text{gr/litre}] \text{ CuSO}_4$$

veya

$$3,18 \times \dots [\text{ml}] \text{ tiyosülfat} = \dots [\text{oz/gal}] \text{ CuSO}_4$$

yukarıdaki hesaplamalar, 0,1 Normal tiyosülfat baz alınarak yapılmıştır. Eğer daha farklı normalite değerleri ile hesap yapmak isterseniz, size daha önce gösterdiğim gibi, hesaplarda düzeltme yapmalısınız. Farklı bir normalite değeri için hesaplamaları yapmak istersek, formülü aşağıdaki gibi tekrar yazmalıyız.

$$3,18 \times \text{tiyosülfat} [\text{ml}] \times (\text{yeni normalite} / 0,1) = \text{CuSO}_4 [\text{gr/lt}]$$

---

**Örnek #4:** Titrasyon işlemi tamamlanana kadar 15 ml 0,11 N tiyosülfat kullanılmıştır. Ne kadar susuz bakır sülfat vardır?

**Cevap:**  $3,18 \times 15 \times (0,11/0,10) = 52,5$  gram/litre

---

Kendi çözeltilerinizi nasıl standart hale getirebileceğinizi gösteren bir kılavuza (talimatlara) ihtiyaç duyarsanız, bunları 5. Ders'in sonunda bulunan referans listesinden edinebilirsiniz. Şimdi, kısaca asit titrasyonu konusuna değinerek, biraz daha ilerleyelim.

## Çözeltilinin Asit İçeriği

**Yöntem:** Banyo normal çalışma seviyesinde iken, banyodan numune olarak küçük bir şişeye koyun. Bir pipet aracılığı ile, bu şişedeki çözeltiden 10ml. numune alın.

- 1- 10 ml numuneyi, 500 ml hacmindeki erlene koyun.
- 2- Üzerine 100 ml su koyun ve 3 damla metil oranj (turuncu) indikatörü damlatın.
- 3- 50 ml.lik büretten yavaşça 1 Normal sodyum hidroksit (NaOH) ilave edin. Bu işlem, çözeltilinin rengi turuncu-mor renkten, pembe-kehribar rengine<sup>5</sup> dönüşene kadar devam ettirilmelidir. Bu bitim noktasıdır.

**Hesaplama:** ... [ml] NaOH x 0,657 = ... [oz/gal] sülfürik asit miktarını, “ons/galon” birimi cinsinden elde etmemizi sağlar. (Eğer, gr/litre biriminden sonuç elde etmek istersek, katsayı kaç olmalıdır?)

Bakır analizi için; hidrometre’den okunan değeri kullanmak için, bütün yapmanız gereken şey, okunan hidrometre değerini ons/galon biriminde bulunan, toplam bakır sülfat ve sülfürik asit’e çevirmek ve değerden, asit titrasyonu ile elde edilen, ons/galon birimi cinsinden hesaplanan asit miktarını çıkartmaktır.

---

**Örnek #5:** Hidrometreden 17,0 Bome değeri okunmuştur. Tablo 4’den asit + bakır sülfat miktarının 29,8 ons/galon ( $29,8 \times 7,49 = 223,2$  gr/l) olduğu bulunur. Asit titrasyonu sonucu 6,5 ons/galon ( $6,5 \times 7,49 =$  ) sonucu çıkmıştır. Bu elimizde,  $29,8 - 6,5 = 23,3$  ons/galon ( $23,3 \times 7,49 = 174,5$  gr/l) bakır sülfat var demektir.

---

**Not:** Banyo eskidikçe ve kirlilik oranı arttıkça hidrometre metodu ile yapılan ölçümler hassasiyetini kaybeder. (Niçin?) Böyle bir şeyden şüphelenilmesi durumunda, bakır için “titrasyon” metodunu kullanın.

## Fluoborat Banyosunun Kontrolü

**Bakır İçeriği :** Bakır sülfatta kullanılan metodu kullanınız.

### Asit İçeriği:

- 1- 250 ml’lik behere pipetle 10ml numune koyun.
- 2- 3 damla keresol kırmızısı indikatör çözeltisi ilave edin.
- 3- Mor mavi renk, yeşilimsi mavi renge dönene kadar 1 N NaOH ile titre edin. Burası bitim noktasıdır.

---

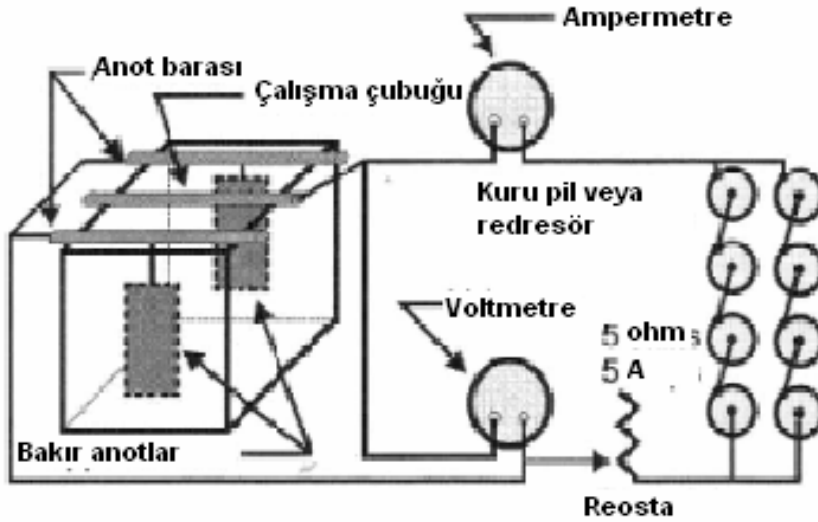
<sup>5</sup> Bakır tuzları, normal turuncu rengi, pembe ile gizlerler (örterler). Pembe renk, metil oranj indikatörün bitim noktasıdır.

**Hesaplamalar:** ... [ml] 1 N NaOH x 8,78 = ... [gr/lit] HBF<sub>4</sub>

Kabaca bir kontrol için hidrometre kullanılabilir. 37,0 – 39,0° bome okumaları, banyonun doğru değerlerde çalıştığını gösterir.

### Yeni Başlayanlar İçin Asitli Bakır Kurulumu:

Eğer kaplama işine yeni başlayan biri iseniz, 3. sayfada belirtilen reçetelere uygun olarak 4 ila 20 litrelik bakır sülfat kaplama banyosu hazırlayarak işe başlayabilirsiniz. Kurulumu Şekil 4’te gösterilmiştir. Ayrıca, **4.Ders’te** basit bir temizleme reçetesi verilmiştir. İlave olarak, 45. sayfada verilen reçeteyi kullanarak 3,79 lt.lik siyanürsüz alkali bakır çözeltisini hazırlayın. Tedarikçiler için, bu dersin ve 5. Ders’in sonunda yer alan referanslara başvurabilirsiniz. Şekilde gösterildiği gibi, kuru pillerin birleştirilmesinden oluşturulmuş elektrik kaynağı kullanabileceğiniz gibi, 0-6 volt veya 0-12 voltluk gerilim, en az 5 amperlik akım üretebilecek küçük bir redresör de kullanabilirsiniz. Kurulumu, depo veya garaj gibi bir yerdeki bir masada yapın. *Lütfen, tehlikeli maddelerle çalışmakta olduğunuzu akıldan çıkarmayın, bu malzemelerde çalışırken en yüksek seviyede dikkat gösterin. Kimyasal atıklar, şehir kanalizasyonuna veya gelişi güzel toprağa gömülerek bertaraf edilmemelidir.*



**Şekil 4 Yeni Başlayanlar İçin Bakır Kaplama Kurulumu**

**Deney #1.** Çelik bir çiviye alkali bir temizleyici ile yıkayın ve suyla durulayın. Bakırdan ince bir tel ile bağlanmış halde, çiviye asitli bakır banyosuna daldırın. Akımı açmadan, birkaç dakikalığına, çiviye banyo içinde tutun ve banyodan çıkartın. Çelik çiviye ne oldu? Eğer deneyi doğru bir şekilde yaptıysanız, çivi üzerine bakır kaplandığını göreceksiniz. Kaplama yapışkan mı? Tırnağınızla, bunu çıkarmayı deneyin. Genelde, kaplama yapışkan değildir. Eğer çiviye tekrar banyoya daldırır ve akım uygularsanız, onun bakır ile elektro kaplandığını göreceksiniz, elektro kaplamanın başka türlü yapılmadığını göreceksiniz!

İlk kaplama biçiminde yapışma olmaz, çünkü bu **daldırma** kaplamasıdır. Her durum için geçerli olduğu gibi eğer temel zayıfsa, tüm yapı zayıf demektir.

**Deney #2:** Temiz bir çivi veya çelik bant alın ve birkaç dakikalığına özel, yüksek pH değerindeki (sayfa 45) alkalın banyoya daldırın. Daldırma bakır kaplama formu oluşturuyor mu ? (oluşmayacaktır) Akım uygulayın ve çelik bant veya çivi, üzeri çok ince bakır kaplanacak kadar bir süre için (30 saniye veya daha az bir süre) banyo içinde tutun. Çivi dışarı çıkartın ve duruladıktan sonra, daha fazla bakır kaplanması için asitli bakır banyosuna daldırın. 5 dakika kadar kaplama işini yaptıktan sonra, banyodan çıkartın ve kaplama yüzeyini inceleyin. Kaplamayı çıkarmaya çalışın (çıkmayacaktır).

**Deney #3:** Küçük bir parça çelik şeridi parlatın, temizleyip durulayın ve ilkönce yüksek pH değerlikli alkali banyosuna (sayfa xx) daldırıp az bir miktar bakır kaplanmasını sağladıktan sonra, durulayın ve asit banyosuna daldırın. Yukarıda söz edilen aynı işlemi pirinç malzemelerden bir şeride uygulayın daha sonra, bakır bir şerit kullanarak, işlemi tekrarlayın. Bakır şerit deneyi için ilk daldırma operasyonu gereksizdir. Çünkü bakır kaplanması olmayacaktır. Direkt olarak asit banyosunda kaplama işlemi yapabilirsiniz. Metalden imal edilmiş cisimler kullanarak, denemeye devam edin.

### Alkali Kaplama Banyoları

Alkali bakır kaplama banyoları içinde 2 ana banyo tipi; siyanürlü bakır banyosu ve pirofosfatlı bakır banyosudur.

**UYARI: Siyanür içermeyen banyolarla deneyim kazanana kadar siyanürlü banyolarda çalışmayınız! Aşağıda siyanür içeren malzemelerle çalışma konusunu içeren bölümü, siyanürlü bileşiklerle çalışmadan önce mutlaka okuyunuz.**

### Siyanürlü Birleşiklerle Çalışma

Siyanürlü çözeltiler ile çalışacağımızdan dolayı bir uyarı notu belirtmek gerekliliktir. Bir kimyasal madde ve bileşik, onların özelliklerine uygun davranılarak, talimatlara uyularak kullanılırsa, hiçbir zaman tehlikeli olmazlar. Eğer bu maddelerin zehirli veya tehlike olabileceklerine dair uyarılara riayet edilmez, dikkatsiz davranılır veya cahilce bir kahramanlık havasında davranılır ise pek çok felakete karşılaşılır. Siyanür içeren her türlü bileşik potansiyel tehlike taşımaktadır. Çünkü siyanür radikali (CN)<sup>-</sup> hangi formda olursa olsun, insan vücuduna girer ise ölümcül bir zehirdir. Tıbbi kayıtlar, siyanürlü bileşiklerle dikkatli bir biçimde çalışan hiçbir kaplamacının siyanür zehirlenmesi nedeni ile hayatını kaybetmediğini belirtmektedir. Geçtiğimiz 40 yıl içinde çok az vaka olmuştur. Yazar, bunların nerede siyanürden zehirlendiklerini bilmektedir ve bu rakam ihmal edilebilir orandadır (en fazla 1980'lerde meydana gelmiştir).



Bir kaplamacı olarak, toz şeker görünümünde beyaz tuzlar olan sodyum ve potasyum siyanür ile çalışmak zorunda olacaksınız. Sodyum siyanür ayrıca yumurta şeklinde de satılmaktadır. “**Cyanegg**” adı verilen küçük, katı haldeki toplar 14,17 gram (1/2 oz.) veya 28,35 gram (1 oz.) ağırlığında gelmektedirler. Diğer bir ticari marka ise “**Cyanogram**”dır. Siyanürün metal tuzları ile de çalışmak zorunda kalacaksınız. Bunlar; beyaz veya çeşitli renkteki tozlar olan altın potasyum siyanür, gümüş siyanür, çinko siyanür, bakır siyanür vb.dir.

Metal siyanür tozlarının çoğu, ince pudra formundadır ve ince toz gibi etki gösterme eğilimindedirler. Yeterli dikkat gösterilmezse, tartım, ölçüm gibi işlemler sırasında havada uçuşarak burun deliklerinden içeri girerler. **Bunların tartım işlemini hava akımı veya rüzgar olan ortamlarda yapmayın.**

**Havada uçuşan tozları solumaktan sakının ve eğer iki kere emin olmak istiyorsanız, metal siyanürlerin toz formlarının tartımı, ölçümü sırasında, ağız burun maskesi kullanın.** Sodyum veya potasyum siyanürlerin ölçümü veya tartımı sırasında böyle bir önlem almaya gerek yoktur. Çünkü bunlar tozlaşma eğilimi göstermezler ve katı top formunda satılırlar.

**Cildinizin özellikle çözelti formundaki siyanürle temasından kaçının.** Kazara cildinize siyanür sıçrarsa, siyanür değmiş yeri hemen bol miktarda ılık su ile yıkayın (soğuk su da olabilir, fakat ılık su daha hızlı etki gösterecektir) ve ardından az miktar limon suyu veya sirke uygulayın. Deri üzerinde çizik veya yara olmasa da vücuda, az miktarda siyanür geçecektir. Eğer, siyanür ile deri temas süresi uzun olur ise, bazı insanlar, alerjik reaksiyon göstererek, “isilik” tipinde rahatsızlıklarla karşılaşabilirler.

**Hiçbir şekilde, siyanür yutmayın.** Tabii ki bu açıkça anlaşılabilir bir kuraldır. Siyanür içeren tüm kapları “zehir” sembolü ile işaretleyin ve üzerlerine yazın. Siyanür için kullanılan beher ve diğer ekipmanlara da aynı önlem alınmalıdır. ***Panzehirler gecikmeli olarak uygulanırsa etki etmezler. Kaplama atölyesinin çevresinde, eski bir beherden veya bardaktan su içmeden önce iki kez düşünün.***

**Hiçbir zaman asit ile siyanürü karıştırmayın.** Eğer asit ile siyanür karışırsa, hidrojen siyanür gazı (HCN) açığa çıkar. Bu gazın solunması ölümle sonuçlanır. Kullanılmadığı zamanlarda, siyanür daldırma tanklarının ağızları kapalı tutulmalıdır. Sıçrama tehlikesi bulunduğundan, siyanür daldırma tankları asit daldırma tanklarının yakınında bulunmamalıdır. Tankların bulunduğu odalar çok iyi havalandırılmalıdır. Her hangi bir iş parçasını siyanür daldırmasından çıkardıktan sonra çok iyi durulayın, ondan sonra aside daldırın (tersi işlemde de aynı şekilde, durulama işlemini ihmal etmeyin). İnsanların nefes alacakları ortamlara siyanür buharının ulaşmaması için tank ve daldırmaların üzerinde davlumbaz bulundurun. Eğer, özel tank havalandırma sistemi yok ise, kaplama atölyenizin havalandırmasının iyi olduğundan emin olun. Siyanür tankı etrafında çalışırken başınızı tankın üzerinde tutmaktan ve buharını solumaktan kaçının.

### **Siyanürün Kokusu ve Tadı:**

Bu maddenin tadını bir kişinin nasıl bilebileceğini merak edebilirsiniz. Fakat gerçekte sulandırılmış halde iken tadına bakılırdı. Eski kaplama ustaları siyanür banyosunun siyanür gücünü test etmek için önce parmaklarını banyoya sokar daha sonra parmağına bulaşan siyanürü silkeler, daha sonra da parmağını dudaklarına değdirirdi. **Bunu asla yapmayın.** Siyanür, aşırı derecede acı bir tada sahiptir. Ağızınıza çok az bir miktarda aldığınız anda, boğaz kaslarınız hemen kasılır, sanki boğuluyormuşçasına yutkunamazsınız. Bu durum, doğanın bu maddeyi yutmanızı engelleyen bir hikmetidir. Bazı insanlar siyanür kokusuna karşı daha hassastırlar. Siyanür kokusu çok az metalik bir koku da içeren, “ekşi şeftali çekirdeği” kokusuna benzemektedir. Siyanür buharının bulunduğu ortamlarda, havalandırması zayıf bir yerde olup olmadığını söyleyebilirsiniz. Eğer, havadaki konsantrasyonu yüksek ise, biraz baş ağrısının ardından, şakaklarda zonklama (çarpıntı) ve ardından uyuklama hali hissedersiniz. Eğer böyle bir yerde iseniz tüm pencereleri açın ve açık havaya çıkın.

Eğer kaplama işinde çok uzun deneyime sahipseniz, siyanür konusunda hep aynı şeyleri tekrarlıyoruz gibi gelebilir, fakat yüz yüze kalabileceğiniz muhtemelen en zehirli tehlikeli madde hakkında, hem yeni başlayanları hem de eski çalışanları çok faydalı bilgilerle donatmak istiyorum. Büyük dikkat ve özenle, yılın tüm günü hiçbir zarar görmeden, siyanür ile çalışabilirsiniz.<sup>6</sup>

### **Siyanür – Roşel Banyosu**

Bu banyo elektrometal kaplama sanayiinde standart olarak kullanılan bir siyanürlü bakır kaplama banyosudur. Pek çok kaplama atölyesinde karşınıza çıkabilecek 3 farklı reçete vereceğim. İlk reçete, düşük verimli flaş (ön) kaplama banyosudur. Bu banyo ile ön kaplama olarak çok ince bir kalınlıkta bakır kaplandıktan sonra, iş parçası bu banyodan çıkartılır ve daha kalın bakır tabaka veya diğer metal ile kaplanır. İkinci tip banyo yüksek verimli, kalın bakır kaplamada, üçüncüsü ise dolapta bakır kaplamada kullanılır. Bu dersin sonunda bulunan listedeki referanslardan bu reçetelerin değişik türlerini bulabilirsiniz.

---

<sup>6</sup> Genellikle siyanür içeren malzemelerin kullanıldığı alanlarda, kolayca ulaşılabilecek yerlerde hekim reçetesine göre hazırlanmış siyanür panzehir çantaları (Pasadena Siyanür Panzehir Çantası) bulundurmamak iyi bir fikirdir. Çalışan personelin ve acil durumda müdahale edecek kişilerin bu çantanın kullanımı hakkında eğitilmiş olmaları çok önemlidir.

### Siyanürlü Bakır Flaş Banyosu

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır siyanür	30
Sodyum siyanür <sup>7</sup>	37,5
Serbest siyanür	4,5 – 7,5
Sodyum karbonat <sup>7</sup>	30
Roşel tuzu <sup>8</sup>	45
Çalışma Parametreleri	Önerilen Değerler
Çalışma Sıcaklığı	65,5 °C (54,5 – 71 °C)
Akım Yoğunluğu	4,3 – 6,4 A/dm <sup>2</sup>
Tank Gerilimi	6 Volt
Anot-Katot oranı	2:1
Tanklar	Teflon veya polipropilen astarlı çelik

**Özel Not:** Banyonun birincil amacı, malzeme başka banyoya gitmeden önce yüzeyine ince bir bakır tabakası kaplamaktır. Soğuk döküm çinko üzerine kaplama yapılacaksa, banyo içinde serbest kostik soda bulunmasını engelleyin.

**Hazırlanışı:** Önce sodyum karbonatı, daha sonra sodyum siyanürü suda çözün. Şimdi roşel tuzunu ilave edin ve tüm girdileri çözeltiye geçirmek için sıcak su kullanın, gerekirse dışardan ısıtın. Şimdi az miktarda katı sodyum hidroksit ilavesi yaparak pH'ı 12,3 değerine getirin. pH testi yapmadan önce çok iyi karıştırın.

**Isıtma :** Büyük çaplı işletmeler için ısı eşanjörleri ile ısıtma yapılır. Küçüklerde ise daldırma yöntemi kullanılır. Cam veya paslanmaz çelik kullanılmalıdır (bipolarite etkilerinden kaçınmak için).

**Karıştırma :** Katot çubuk hareketi, dakikada 60 – 150 cm arasında olmalıdır. Yüksek akım kullanılacak işler için daha yüksek karıştırma şiddeti uygulanmalıdır. Hava karıştırması iyi bir yöntemdir, fakat hızlı siyanür ayrışmasına neden olacak olan karbonat birikmesi eğilimine yol açar.

**Serbest Siyanür İçeriği:** Analiz ile tespit edilmiş olan serbest siyanür, 7,5 gr/lt sodyum siyanür miktarını geçmemelidir.

<sup>7</sup> Eşdeğer miktarlarda potasyum tuzları da kullanılabilir.

<sup>8</sup> Roşel tuzu, potasyum sodyum tartarattır.  $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ . Aynaların gümüşlenmesinde ve bazı tıbbi uygulamalarda kullanılır. Aslında şarap imalatı işleminin bir yan ürünüdür.

Reçetelerde *serbest siyanür*den bahsedilmektedir. Buradaki soru, “serbest siyanür”ün ne anlama geldiğidir. Serbest siyanür, basit anlatımla, metal tuzlarını çözmek için gerekenden daha fazla miktardaki siyanür radikalleridir (CN)<sup>-</sup>. Örneğin; bir reçete için 280 gr bakır siyanür Cu(CN) gerekli ise bu; onu çözmek için, sodyum veya potasyum siyanür kullanılmak zorunda olduğu anlamına gelir. Sodyum tuzları ile çalıştığımızı varsayalım.



Molekül ağırlıklarını hesaplırsanız (**5.Ders**), 1 mol CuCN’in ağırlığı = 63,5 + 12 + 14 = 89,5 gr ve 2 mol NaCN’in ağırlığı = 2 x (23 + 12 + 14) = 98 gr olduğunu bulursunuz. Yani, 280 gr bakır siyanürü çözmek için ihtiyacımız olan sodyum siyanür miktarı; 280 x (98 / 89,5) = 306,59 gr’dır.

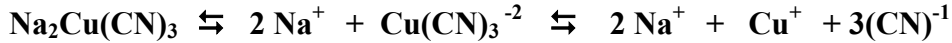
---

**Problem #4** : 10 litre suda 500 gr bakır siyanür çözmek için kaç gr sodyum siyanür gereklidir. Aynı işi yapmak için gereken potasyum siyanür miktarı nedir?

---

Metal tuzunu çözmek için gereken minimum miktardaki sodyum siyanürden daha fazla olan her miktar, “serbest siyanür” olarak tanımlanır.

Kaplama banyosunda serbest siyanürün önemi, kuvvetli bir ortak iyon etkisi yaratmasıdır (hatırlayın, neydi bu etki?). Bu etki, bakırın iyonlaşmasını bastırır. Şimdi, başlamak için, siyanür banyosunda bakırın iyonlaşması çok küçük miktardadır, çünkü, sülfat banyosundaki bakırda olduğu gibi kolay bir durum değildir. Bunun yerine; durum aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.



Bakır iyonları konsantrasyonu çok küçüktür fakat sabit kalır. Bir bakır iyonu kaplandığı anda Cu(CN)<sub>3</sub><sup>-2</sup> havuzundan gelen bakır iyonu onun yerini alarak miktarını sabit tutar. (Sodyum, kaplanmaz, çünkü enerji gereksinimi çok yüksektir.)

Eğer aşırı miktarda veya serbest siyanür varsa, tüm reaksiyonu sola doğru, iterek, bu yönde kaplanan bakırın kutuplaşmasını (polarizasyonunu) kuvvetlice artırır. Gerçekte, eğer yeterli miktarda serbest siyanür varsa, bakır iyonlaşması öyle düşer ki, çok zor kaplama gerçekleşir ve katot verimliliği düşer. Kutuplaşmaya ek olarak; serbest siyanür, banyonun iletkenliğinin artmasına da yardımcı olur. Bu nedenlerden dolayı; “serbest siyanür”, kaplama banyolarında çok önemli bir etkidir. Sürekli kontrol altında tutulmalıdır, çünkü ne yazık ki kararlı bir miktarda değildir. Metal kaplandıkça, serbest siyanürün miktarı değişmektedir (Çözünmeyen anot kullanılan durumlarda) ve hava ile temas etmesi; hidroliz ve polimerleşme ile oluşan ayrışma sonucu da, banyodaki serbest siyanür miktarı değişmektedir. Şimdi, kaldığımız yerden devam edelim.

Siyanür banyosunda bakır “+1 değerlikli” formundan kaplanır, bu durumda bakır, “monovalent”tir. Asitli bakır sülfat banyosundaki bakır ise “+2 değerlikli” formdadır. Teorik olarak, belli miktardaki elektrik enerjisi ile, siyanürlü banyo ile asit banyosuna oranla 2 kat fazla bakır kaplanabilir. Pratikte, katot verimi sadece %70 tir ki, gerçek avantaj, sabit akım yoğunluğunda kaplanan bakır ağırlığı için, katot veriminin %100 yerine, sadece %40 olması dahi yeterlidir. **Soru:** Niçin durum böyledir? **Cevap:** Belli miktardaki elektrik enerjisi için, asitli bakır banyosu ile 1 gr. kaplama olacaksa, siyanür banyosu ile 2 gr. kaplama olacaktır. Fakat %70 verimde gerçekte 1,4 gr kaplama gerçekleşecektir ki, bu da  $0,4 / 1$  veya %40’lık bir iyileşmeye denk gelmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi (**2.Derse** bakınız) elektromotor dizide bakır; demir, çinko, vb. metallerin altında bulunduğundan dolayı, bakır, sülfat banyosu gibi bir çözelti içinde iyon halde bulunduğu, elektromotor seride üstte bulunan metallerden her hangi biri, banyoya daldırıldığında bakır kaplaması oluşacaktır. Bakır siyanür ile birleştiğinde ise; kompleks (karışık yapıda) iyonlar oluşarak, bakırı bağlayacağı için; demir çinko vs. metaller banyoya daldırıldığında, (bu metaller elektromotor dizide bakırın üzerinde yer alsalar bile), bakırın kaplanması işlemi gerçekleşmeyecektir. Başka bir deyişle; siyanür kullanmanın etkisiyle, bakır elektromotor seride daha yukarılara yükselmiştir.

---

**Deney # 4:** (Sadece deneyimli kaplamacılar yapacaklardır.) 4 lt.lik siyanürlü bakır banyosu hazırlayın veya büyük bir banyodan bir behere örnek alın. Temiz bir demir çiviye daldırın. Çivi daldırıldığında üzerine bakır kaplanıyor mu?

---

Bu banyo (siyanür banyosu) ile yapılan kaplamaların yüzeyleri, asitli bakır banyolarına oranla daha düzgün olmaktadır ve bu banyolar, nikel, krom gibi asit tipi banyolardan önce, demir çinko, enjeksiyon metal döküm alaşımları üzerine ince bakır flaş kaplanması işleminde kullanılmasının yanı sıra, kalın bakır kaplama işleminde de kullanılmaktadır.

### Siyanürlü Bakır Banyosu Parlaticıları:

Roşel bakır banyoları ile yapılan kaplamalar, eğer şartlar belirtilen koşullarda sabit (tutarlı) korunursa oldukça parlak olmakla birlikte, makul miktarda olmak koşulu ile ilave parlaticılar da kullanılabilir. Bunlar;

Parlaticı	Miktar
Amonyum tiyosülfat	1 lt kaplama banyosuna 30 ml karıştırın ve parlaticı olarak bir şişede saklayın. Her 100 litre banyo için bu karışımdan 37,5 ml.yi parlaticı olarak kullanın.
Kurşun tartarat	1 litre kaplama çözeltisi içinde bu tuzdan 7,5 gr çözün. Bir şişede parlaticı olarak saklayın. Her 100 lt kaplama çözeltisi için bu parlaticıdan 15 ml. kullanabilirsiniz.

Kurşun muhtemelen, daha iyi parlaticı bir kimyasal olmasının yanı sıra, aşırı miktarda kullanılır ise daha sonra bakır üzerine kaplanacak nikelin soyulmasına sebep olacağından dikkatli kullanılmalıdır. Bunun kontrolü zordur en iyi yol deneyimle bu problemi çözmektir. Kurşun ilavesini kontrol altına almak için, hull cell kabı kullanılabilir. Tabi ki, yukarıda reçeteleri verilen, “ev yapımı” parlaticıların yanında, ticari olarak, piyasada bulunabilecek parlaticılar da mevcuttur.

Bakır banyosunun karıştırma işlemi, ya katot çubuğun ileri-geri hareketi ile, ya da banyoya hava üflenerek yapılabilir. Bir zamanlar, hava üfleme ile karıştırma yöntemi tavsiye edilmezdi. Bunun en büyük nedeni, hava içindeki karbondioksitin tepkimeye girerek, karbonat oluşumuna neden olduğu idi. Hava üfleme ile daha homojen ve şiddetli karışım sağlanmakla birlikte, en büyük dezavantaj hızlı karbonat oluşumuna neden olmasıdır. Kural olarak ortalama çevre şartlarında, hava karışımı sonucu ortaya çıkan banyodaki karbonat oranı, 1 litre için 83 - 105 gram değerlerinde sabit kalır. Alt sınırdaki derişim, kabul edilebilir miktardır. Hava içindeki karbon dioksit oranı yüksek olan durumlarda (ağır sanayi şartları) hava girişine karbon dioksit’i emici üniteler takılabilir. Bu tip üniteler karbonat oluşumunu önemli miktarda azaltırlar. Gerçekte bu ünitelerin satın alınması ve bakımı için harcanan para, karbonat oluşumunun engellenmesi için harcanan paraya denktir. Hava ile karışım yönteminin modifikasyonu ile ilişkili olarak, basınçlı azot gazı kullanımı da, uygulanabilecek yöntemlerden biridir. Bu, tabi ki, pahalı bir yöntem olmasının yanı sıra, özel durumlarda, garantili (geçerli) bir yöntemdir.

### **Genel Çalışma Prensipleri**

Roşel tuzu siyanür bakır banyosunda, en önemli şey, pH ve serbest siyanürün kontrol altında bulundurulmasıdır. pH değeri düştükçe, banyonun parlaklık özelliği düşerken, çok yüksek orandaki serbest siyanür içeriği, katot verimliliğini düşürmektedir. Genel olarak; “sıcaklık” akım yoğunluğu ve kaplamanın sertliğine parlaticıların etkisi konuları açısından, asitli bakır banyoları bölümünde anlatılanlar aynen geçerlidir. Banyodaki bakır içeriği düştükçe, daha parlak kaplama yüzeyi elde edilir. Niçin? Fakat, daha önce belirtildiği gibi, bakır siyanür içeriği çok azalır ise, düşük katot verimliliği elde edilir.

Karbonat oranının 90 gr/lt miktarını geçmemesi gereklidir. Eğer bu değer geçilirse, anot verimi düşer.

Bu banyolarda, anot verimi %65 dolaylarında olmakla birlikte, işletme şartlarına göre %50'lere kadar düşebilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, anot ve katot verimliliği artmakta, çok yüksek sıcaklıklarda ise, siyanürün ayrışması hızlanmaktadır. Yüksek akım yoğunluğunda, bakır anotlar polarize (kutuplaşma) olmaktadır. Bu yüzden, paslanmaz çelik anot ile banyonun çalıştırılması daha akıllıca olacaktır. Anot alanının %10-20 sinin paslanmaz çelik olması ve Şekil 2'deki gibi bir düzenek ile kullanılması (asit banyolarındaki kurşun ve bakır anotlar gibi) mümkündür.

## Bazı Genel Çalışma İpuçları

Düz yüzeyli parçalar, anottan 20 – 25 santimetre uzaklıkta, oval yüzeyli parçalar 30 – 40 santimetre uzaklıkta yerleştirilirler. Derinlik arttıkça malzeme, anottan o derece uzağa yerleştirilmelidir. Eğer kaplama sertliği çok yüksek olursa, serbest siyanür miktarını kontrol ediniz. Çok düşük olursa da yine serbest siyanürü kontrol ediniz.

Acil durumlarda bakır ilavesine hızlıca ihtiyaç duyulabilme olasılığını göz önüne alarak, derişik halde hazırlanmış  $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$  çözeltisi hazırda bekletilmelidir. Katı  $\text{CuCN}$ 'ün çözünmesi zor olur ve iş parçası yüzeyinde pürüzlülük oluşmasına neden olur. Ayrıca, el altında pudra şeklinde bulunması da sağlanabilir. 75 gr/lit bakır ve 0,37 gr/lit serbest siyanür kullanarak çözeltiyi hazırlayın ve aside dayanıklı bir damacana içinde saklayın.

Genelde döküm gibi gözenekli metal parçalar ile çalışıyorsanız, bir takım leke oluşumu problemleri yaşayacaksınız demektir. Bunun nedeni, metal gözenekleri içine bazı siyanür ve diğer metal tuzları girer ve bunların temizlenmesi (yıkınması) zordur. Kısa bir süre sonra, siyanür bu gözeneklerden sızar ve lekeler oluşmasına neden olur. Bu problemi önlemek için, döküm parçaları ile çalışırken, kaplama işleminden sonra, parçayı sıcak e soğuk suda, dönüşümlü olarak çok iyi yıkayın (durulayın) %2'lik fosforik asitte yıkadıktan sonra, sıcak ve soğuk dönüşümlü yıkama işlemleri de yardımcı olacaktır.

Roşel siyanür banyoları, “oksitlenebilen” bakır kaplamalar üretecektir. Eğer banyo içinde kurşun bulunursa, düzgün oksitli yüzey elde edilemez. Aynı şey, “tiyosülfat” kullanılır ise de geçerlidir. Buna göre, malzeme, bakır kaplandıktan sonra oksitlenir veya “renklendirilir” ise, bu parlatıcılardan kaçınılmalıdır.

## Siyanürlü Roşel Çözeltisinin Kontrolü

Bu çözelti ile çalışırken, kontrol altında olması gerekenler; çözeltinin pH değeri, serbest siyanür içeriği ve bakır içeriğidir.

### pH Kontrolü

pH değeri 12,2 – 12,6 arasında tutulmalıdır. Hazırlanan çözelti bu pH değer aralığında bulunmalıdır. Kullanılan pH kağıdı aralığı 12 – 13 arası seçilmeli veya pHmetre kullanılmalıdır. Eğer pH değeri düşükse, çözeltiden 1 litre alın ve sabit bir hızla karıştırırken, içine yavaş yavaş potasyum hidroksit ilavesi yapın. pH değerini ölçün ve bir litre için uygun pH değerini elde etmek için gereken potasyum hidroksit miktarını hesaplayın. Buradan çıkan sonuçla, tüm tank için gereken potasyum hidroksit (KOH) miktarını bulabilirsiniz. Eğer pH değeri çok yüksek olursa, düşürmenin en iyi yolu bir pilot test ile elde edilecek verilere dayanarak, tartarik asit ilave etmektir. **(Not: Hidrosiyanik asit gazları açığa çıkabilir. Bu testleri iyi havalandırılmış ortamda, dikkatle yapınız. Bu tekniği, eğer tankınızın derinliği 75 santimetreden daha derin değilse uygulamayınız. Tankın derinliği arttıkça, zehirli gazların havaya karışma olasılığı düşük olacaktır).** pH değeri oldukça sabit bir değerde bulunuyorsa, genelde pH'ın düşürülmesine ihtiyaç yoktur. Probleme yaklaşımda izlenebilecek diğer bir yol da, daha önce söz edilen, “kısmî uzaklaştırma” metodudur.

## Bakır İçeriği

**Prosedür:** Bakır içeriği, oldukça geniş bir aralıkta bulunabilir, fakat her durumda, %20 den fazla değişim olmamalıdır.

- 1) Pipetle 5 ml numune alın ve 250 ml'lik balon jojeye koyun. (**Zehirli çözeltilerle çalışırken ağız pipeti kullanmayınız**).
- 2) Jojeyi sabit bir hızla, elle çalkalarken %3'lük hidrojen peroksit'ten 90 ml ilave edin.
- 3) Köpürme olayı tamamlandıktan sonra, 10 ml amonyum hidroksit ilavesi yapın ve %5'lik asetik asit çözeltisinden 10 ml ekleyin.
- 4) Çözeltinin rengi maviden kehribar rengine dönene veya renksiz olana kadar, bir büretten 0,05 Normal sodyum siyanür çözeltisi ilavesi yapın (25 gr/lt kimyasal saflıkta sodyum siyanür)
- 5) 0,05 N sodyum siyanür çözeltisinden, 10ml numuneyi pipetle aldıktan sonra bunu 250ml'lik behere dökün, 100 gr/lt'lik potasyum iyodür çözeltisinden 10 ml numuneyi de aynı behere ilave edin. Çözeltiyi zayıf kalıcı bir bulanık hal alana kadar 0,1 N gümüş nitrat ile titre edin.

### Hesaplamalar:

... [gr/lt] (Bakır siyanür) = ... [ml] (siyanürü titre etmek için kullanılan 0,1 Normal gümüş nitrat) x ... [ml] (bakırı titre etmek için kullanılan sodyum siyanür) x 0,1

## Serbest Siyanür İçeriği

### Prosedür:

- 1) Oda sıcaklığında bulunan çözeltilerden, otomatik numune alma pipeti aracılığı ile 10 ml numune alın (zehirli çözeltilerin taşınmasında veya bu tip çözeltilerle uğraşırken, hiçbir şekilde ağız pipeti kullanmayın) ve 250 ml'lik joje içine koyun. Bunun üzerine 100ml lik damıtılmış su ilavesi yapın.
- 2) 100 gr/litre'lik potasyum iyodür çözeltisinden 5 ml. ekleyin.
- 3) İlk kalıcı belli belirsiz bulanık görüntü oluşana kadar bir büretten 0,1 Normal gümüş nitrat çözeltisi ilave ederek titre edin.

### Hesaplamalar:

... [gr/lt] (Serbest potasyum siyanür) = ... [ml] (kullanılan 0,1 N AgNO<sub>3</sub>) x 1,3

Eğer sodyum siyanür kullanılır ise;

... [ml] (serbest sodyum siyanür) = ... [ml] (0,1 Normal AgNO<sub>3</sub>) x 0,981



Eğer serbest siyanür miktarında artış olursa, banyodan alacağınız 1 lt. çözelti örneği ile hazırlayacağınız pilot banyoda biraz bakır siyanür çözerek, serbest siyanürü doğru değere indirmek için eklenmesi gereken CuCN miktarını bulun. ***Kabaca bir hesapla; 10 gram CuCN; 18 gram potasyum siyanürü veya 12 gram sodyum siyanürü giderecektir.***

Polipropilen anot torbasına konulan paslanmaz çelik anodun yanına bir miktar da bakır siyanür konulması ile, kaplama çözeltisi içinde serbest siyanür birikmesi önlenmiş olur. Her gün veya her iki günde bir konulması gerekli miktar (bakır siyanür miktarı) deneme yolu ile bulunur. Bazı durumlarda bu torbalardan birkaç tanesine ihtiyaç duyulacaktır.

### **Karbonatlar:**

**Prosedür:** Her iki veya üç haftada bir, karbonatlar test edilmelidir. Test için, aşağıdaki prosedürü izleyiniz.

- 1) 250 ml'lik beher içine, 10 ml numuneyi bir pipet aracılığı ile koyun. ***(Zehirli çözeltilerle çalışırken ağız pipeti kullanmayınız).***
- 2) Üzerine 100 ml saf su ilavesi yapın ve çözeltiyi ılık oluncaya kadar ısıtın.
- 3) Daha fazla çökeltme oluşmayana kadar, %10'luk baryum nitrat çözeltisi ilavesi yapın. Yaklaşık olarak söylersek, her 1 ml baryum nitrat çözeltisi kaplama çözeltisindeki yaklaşık 30 gr/lt Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ün çökmesini sağlar. Çökeltinin banyonun dibine oturmasını bekleyin.
- 4) Çözeltiyi ince bir kağıttan filtre edin. Filtratı (kağıttan geçen temiz çözeltiyi) az miktardaki baryum nitrat ile kontrol ederek çözeltinin tam olarak filtre edilmediğini kontrol edin. Çökeltiyi en az 3 kez saf su ile yıkayın (20 ml). Bu önemlidir.
- 5) Kağıttaki çökeltiyi kağıt ile birlikte 250 ml'lik behere koyun. 50 ml saf su ve 3-5 damla metil oranj indikatörü (%0,2 lik çözelti) ilavesi yapın.
- 6) Turuncu renk pembe olana kadar, çözeltiyi yavaşça 1 N HCl (hidroklorik asit) ile titre edin.

### **Hesaplamalar :**

... [gr/lt] Sodyum karbonat = ... [ml] HCl x HCl'nin Normalitesi x 0.71. Eğer banyoda, potasyum karbonat kullanılır ise (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (ons/galon)= HCl(ml) x HCl normalitesi x 5,318

Pek çok nedenden dolayı kaplama çözeltisi içinde karbonat birikme eğilimi vardır. İlk olarak, havadaki karbondioksit ile bir tepkime oluşur, ikinci olarak genelde kaplama banyoları içinde bulunan kostik soda ile karbondioksit tepkimeye girer; üçüncü olarak; "format" denen organik tuzların oluşumunu sağlayan hidroliz tepkimesi oluşmasıdır ki, bu "format"lar zaman içinde parçalanarak karbonatları oluşturur. Genelde, normal kaplama koşullarında en önemlileri ilk iki şıktır.

Siyanürlü kaplama banyolarında, örneğin bakır banyosunda; sodyum karbonat derişimi 90 gr/lt miktarını aşarsa banyonun niteliği (kalitesi) bozulacağından dolayı, zaman zaman karbonat tahliye edilmelidir. Eğer karbonat, kaplama banyosu içinde sodyum karbonat olarak bulunursa bunun tahliyesi “soğutma” (dondurma) işlemleri ile yapılır. Bu işlem, çözelti sıcaklığını -2 ila 2 °C’ ye düşürmek için bir soğutma bobini kullanılarak yapılır. Bu işlem, ciddi miktarda sodyum karbonatın çökmesine neden olacaktır. Soğutma işlemi potasyum karbonat için işe yaramayacaktır. Çünkü potasyum karbonat çok düşük sıcaklıklarda bile çözünür. “Soğutma” metodunun diğer dezavantajı da, çökelen karbonatla birlikte bir miktar metal tuzunun da banyodan tahliye olmasıdır ki, böyle bir işlemde metalde ve siyanürde %10-20 civarında kayıp gözlenir. Bu sebeple size alternatif bir metot olan “kimyasal çöktürme metodu”nu tavsiye edeceğim. Bu metotta, “kalsiyum hidrat (kireç)” ile çökeltme işlemi gerçekleştirilecektir. Bu metot ile, 7 gram kalsiyum hidroksit yaklaşık 10 gram sodyum karbonatı veya 9,1 gram potasyum karbonatı tahliye eder.

Teknik oldukça basittir.

- 1- Analizle çözeltinizde ne kadar karbonat olduğunu belirleyin. Bulduğunuz sonuçtan, çökeltme işlemi için ne kadar kireç gerektiğini hesaplayın.
- 2- Bir işlem tankında, kaplama banyosunu 80 °C’ye kadar ısıtın ve sabit bir biçimde banyoyu karıştırırken, sulu kireci (kireç hamuru) banyoya ilave edin.
- 3- Banyoyu en az 2 saat karıştırın ve çözeltiyi filtre edip tekrar kaplama tankına geri döndürün.

Genelde bu işlem kaplama banyosunun pH değerinde bir artışa neden olur. Bunun nedeni tepkime sonucu bir miktar sodyum veya potasyum hidroksidin açığa çıkmasıdır. Bu pH değeri, pH kontrolü bölümünde anlatıldığı gibi, tartarik asit işlemi ile düşürülür. Dikkatli çalışılması gerektiğini ve havalandırma gerekli olduğunu unutmayınız.

### **Roşel Tuzu**

Bu analiz, oldukça ayrıntılı olduğundan, burada bahsedilmeyecektir. **5.Derste** verilen referanslara başvurarak bu metot ile ilgili ayrıntıları edinebilirsiniz.

### **Serbest Siyanürün Pratik Kontrolü**

Çözeltinin ve bakır anodun renginin gözlenmesi ile serbest siyanür kolayca kontrol edilebilir. Çalışma sıcaklığında, eğer çözeltinin rengi mavimsi veya yeşilimsi ise, serbest siyanür içeriği düşük demektir. Eğer anotlar yeşilimsi bir sümüksü tabakayla kaplanmışsa, bu da serbest siyanürün düşük olduğunun bir başka göstergesidir. Bir pilot banyoya, çözeltinin rengi “renksizleşene” ve/veya sümüksü tabaka kaybolana kadar serbest siyanür ilavesi yapın, daha sonra büyük banyoya tam miktarda ilave yapın.

Eğer aşırı miktarda siyanür bulunuyorsa, normal çalışma akımında iken katottan aşırı gaz çıkışı gözlenecektir. Bu durum ayrıca kaplama yüzeyinin kabartılı veya soyuklu bir görüntü almasına da yol açar fakat, genelde bu hata her şeyden öte yetersiz temizliğin sonucudur. Burada tecrübe sizin öğretmeninizdir.

### Yüksek Verimli Siyanür Banyosu

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır siyanür (CuCN)	67 – 82
Potasyum Karbonat <sup>9</sup> (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0 – 120
Potasyum Hidroksit (KOH)	30 – 52
Serbest Potasyum Siyanür (KCN)	7,5 – 15
Çalışma Parametreleri	Önerilen Değerler
İşletme Sıcaklığı	71 – 82 °C
Katot Akım Yoğunluğu	3,23 – 6,46 A/dm <sup>2</sup>
Anot Akım Yoğunluğu	1,6 – 4,3 A/dm <sup>2</sup>

Tanklar, filtreleme, vs. konularındaki diğer ayrıntılar, siyanür Roşel tuzu banyosunda anlatıldığı gibidir.

Eğer arzu edilirse; bu banyo, eşdeğer miktarda sodyum tuzları ile de hazırlanabilir. Genelde potasyum tuzlu banyonun daha yüksek akım yoğunluğu kullanımına izin verdiği bulunmuştur ki, bu da daha yüksek verimle çalışmak anlamına gelmektedir.

### Kalın Siyanürlü Bakır Banyoları

Siyanürlü banyolarla asit tipi banyolara göre, daha ince taneli ve daha düzgün yüzeyli bakır kaplama yüzeyi elde edilirken; aynen asit banyolarında olduğu gibi, kaplama kalınlığı arttırıldığında, kaplanan yüzeyin pürüzlülüğünü en aza indirmek için tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirler, banyonun sürekli filtrelenmesi ve anotların uygun şekilde torbaya yerleştirilmeleri olmakla birlikte, çözelti ile anodu birbirinden ayıracak şekilde tankta bir diyafram kullanılması daha iyi bir yöntemdir. Böylece anottan ayrılan parçacıkların katoda ulaşması önlenmesi ile birlikte pürüzlü kaplama yüzeyi sorunu da engellenmiş olacaktır. Malzeme üzerinde pürüzlü kaplama oluşumunu engellemenin bir diğer yolu da, kaplama işlemi sırasında “kesikli” Doğru Akım kullanmaktır. Bu yöntemde, kaplama döngüsünün bir bölümünde akım uygulanır, geri kalan zamanda akım kesilir veya ters akım kullanılır (ters kutupta kaplama). Bu işlem iş parçasını anodik yaparken, kaplamada oluşan pürüzlülüğün çözelti içinde tekrar çözünmesini sağlar. Bu konu bizi burada ilgilendirmemektedir ve **19.Ders**'te daha detaylı ele alınacaktır.

<sup>9</sup> Bu banyoyu hazırlarken 7,5 gr/lt K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözünüz. Bundan başka çözmeyiniz.

### Dolapta Bakır Kaplama (Siyanür Çözeltisi)

Aşağıdaki reçete, dolapta kaplama işinde çok iyi sonuç verecektir.

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır siyanür	37,5 – 52,5
Serbest Sodyum Siyanür	7,5 – 18,5
Sodyum hidroksit	7,5 – 11
Sodyum karbonat	15 – 60
Roşel tuzu	45 – 75
Çalışma Parametreleri	Önerilen Değerler
Çalışma Sıcaklığı	54,5 – 60 °C
Katot akım yoğunluğu	3,2 – 5,4 A/dm <sup>2</sup>

Bu noktada, tüm elde ettiğiniz tipik bir dolapta kaplama reçetesidir. **19. Ders**'te kaplama işinde karşılaşılan problemlerden söz etmeye niyetliyim. Bu geçmişte olduğundan daha fazla dikkate değer olan ilginç bir konudur. Şimdilik tüm bilmeniz gereken, burada verilen reçetenin metalik parçaların kaplanması için olduğudur.

Dolapta kaplama işi, metal içeriği %10 – 20 arttırılmış ve en fazla 11 gr/lt serbest siyanür ihtiva eden herhangi bir siyanür tipi bakır banyo çözeltisi ile yapılabilir. Dolap boyunca uygulanan gerilim 6 – 12 volt arasında değişebilir. Dolap siyanürden etkilenmeyecek olan Lucite veya polipropilen gibi bir malzemedan imal edilmiş olmalıdır.

## Roşel – Siyanür Bakır Banyolarında Hata Giderme

<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama donuk görünümlü
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Düşük serbest siyanür içeriği</li> <li>2- Düşük Roşel tuzu içeriği</li> <li>3- Çok yüksek karbonat içeriği</li> <li>4- Nikel tuzlarının varlığı</li> <li>5- Düşük anot verimliliği</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<p>Eğer serbest siyanür 3,75 gr/l'ten düşük ise potasyum siyanür ilavesi yapınız. Düşük Roşel tuzu içeriği seyrek rastlanan bir nedendir çünkü, Roşel tuzu genelde süzüntü nedeniyle kaybolur. Her 9300 dm<sup>2</sup> lik sülfat kaplanmış alan için ilave edilen 28,4 gram roşel tuzu, kaybolan miktarı telafi etmek için yeter de artar. Zaman içinde banyoda karbonat birikir. Kalsiyum hidrat işlemi ile karbonat miktarı düşürülebilir. Eğer banyo talimatlara uygun biçimde çalıştırılırsa, uzun bir süre bu tür önlemler almaya gerek kalmaz. Zamanla çözüldüğü nikel kaplanmaya başlayacaktır.</p>
<b>Belirti/Problem</b>
Pürüzlü kaplama yüzeyi
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Banyo çözeltisinde asılı kalmış maddeler</li> <li>2- Anot çamuru ve kirleticiler, özellikle bizmut.</li> <li>3- Çok yüksek pH değeri</li> <li>4- Çok yüksek oranda kurşun parlaticı miktarı.</li> <li>5- Banyoyu hazırlarken kullanılan su çok sert</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<p>Eğer banyo çözeltisinde asılı kalmış maddeler varsa çözeltiyi filtre edin. Çözelti içinde çözünerek zararlı silikatların oluşumuna yol açacağından, yardımcı filtre kullanmayın. Bunun yerine yardımcı filtre olarak selüloz flok kullanın. Eğer zararlı anot çamuru bulunursa anotları torbalayın veya eğer mümkünse çamuru çözeltiden ayrı tutmak için sert kauçuk ve kanvas diyaframlar ile ana çözeltiden ayırın. Eğer banyoda bizmut varsa, gece boyunca taklit katot ile 1,07 A/dm<sup>2</sup> akım uygulayarak çözeltiyi elektroliz edin, böylece bizmut giderilmiş olacaktır. Filtrasyon giriş ve çıkışları ile anot torbalarında delik olup olmadığını kontrol edin. Eğer pH değeri çok yüksek ise (buna çok seyrek rastlanır) daha önce kontrol bahsinde anlatıldığı gibi düşürülür. Eğer çok fazla kurşun bulunursa, yukarıda belirtildiği şekilde gece boyunca elektroliz edilerek giderilir veya sodyum sülfat ilave edilerek çökmesi sağlanır. 10 gram sülfat (susuz) yaklaşık 30 gram kurşunun çökmesini sağlar. Eğer çok fazla deneyiminiz yoksa elektrolitik işlemi tercih edin. Çökme işleminden sonra banyoyu filtre edin. Suyu yumuşatın veya daha iyisi deiyonize ya da saf su ile değiştirin.</p>

## Roşel – Siyanür Bakır Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Yanık Kaplamalar
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Çok yüksek akım yoğunluğu kullanılması 2- Çok yüksek serbest siyanür içeriği
<b>Çözüm</b>
Akım yoğunluğunu düşürün veya karıştırma kullanıyorsanız karıştırma şiddetini arttırın. Daha önce anlatıldığı gibi, kontrollü olarak serbest siyanür içeriğini düşürün.
<b>Belirti/Problem</b>
Pirinç metali gibi düzensiz kaplama görüntüsü
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltilde, çinko bulunması. Eğer malzemenin düşük akım yoğunluğuna maruz kalan kısımlarındaki kaplama pirinç metali gibi bir görüntü sergiliyorsa, çözeltilde çinko bulunduğundan emin olabilirsiniz.
<b>Çözüm</b>
Gece boyunca 0,54 – 1,07 A/dm <sup>2</sup> akım yoğunluğunda, taklit katotlarla kaplayın. Ayrıca sodyum sülfid işlemi de kullanabilirsiniz. 10 gram sülfid, yaklaşık 10 gram çinkoyu uzaklaştırır. Sülfidin ilave edilmesi sırasında dikkatli olun, eğer aşırı miktarda ilave yapılırsa hataya sebebiyet verir. Bu nedenle elektroliz en iyi yöntemdir.
<b>Belirti/Problem</b>
Kararmış Kaplamalar
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çok fazla miktarda kurşun parlaticı kullanılması.
<b>Çözüm</b>
Daha önce “fazla kurşun mevcut olması” probleminde önerilen çözüm yöntemleriyle aynı.
<b>Belirti/Problem</b>
Çizikli veya damarlı kaplama
<b>Muhtemel Sebep</b>
Organik kirleticilerin bulunması
<b>Çözüm</b>
Aktif karbon ile çözeltilerin filtre edilmesi

### Roşel – Siyanür Bakır Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Düşük katot verimi
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Çok yüksek, serbest siyanür içeriği</li> <li>2- Çok yüksek, Roşel tuzu içeriği</li> <li>3- Çinko bulunması</li> <li>4- Çözeltide krom tuzları bulunması.</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<p>Serbest siyanür oranını, kontrol konusunda açıklanan şekilde düşürün. Eğer süzünütle kaybolanın ikmali yapılırken çok aşırıya kaçılmaz ise, Roşel tuzu miktarı artmayacaktır. Eğer çinko bulunuyorsa, daha önce çinko için anlatıldığı şekilde işlem yapılır. Eğer krom ile kirlenme söz konusu ise, zararlı etkisini gidermek için en iyi teknik, çözeltiyi sodyum hidrosülfid (<math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math>) ile işlemektir. Kromik asit uzaklaştırılmaz fakat, hidrosülfid ilavesi ile kötü (zararlı) etkisi giderilmiş olur. Kaplama banyosunun sürekli kullanıldığı durumlarda, zaman zaman 0,022 gr/lit lik ilaveler yapın.</p>
<b>Belirti/Problem</b>
Dallanmış kaplama yüzeyi
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Gümüş bulunması</li> <li>2- Kadmiyum bulunması</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<p>Bu iki metalden birinin bulunması özellikle pirinç üzerinde gözenekli bir görüntünün oluşmasına yol açar. Çözeltinin bakır parçacıkları üzerinden filtrasyonu ile veya sodyum sülfid işlemi ile gümüşü gidermek mümkündür.</p>
<b>Belirti/Problem</b>
Kaba, kristalli kaplama yüzeyi
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltide çok fazla demir bulunması
<b>Çözüm</b>
<p>Bu durumun etkisi çözeltinin küçük bir miktar sodyum hidrosülfid ile işlenmesi veya “soğutma işlemi” uygulayarak çözeltiyi 0 °C’ye kadar soğutarak hafifletilebilir. Bu noktada demir tuzlarının çoğu çökelecektir. Alternatif olarak, eğer tüm bu metotlar başarısız olursa tahliye etme metodunu kullanın ki, bu belki de en kolay yöntemdir.</p>

## Roşel – Siyanür Bakır Banyolarında Sorun Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Periyodik ters kutup banyolarında elde edilen bakır kaplamanın gözenekli olması
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltide krom bulunması
<b>Çözüm</b>
Bu teşhisi, Hull hücresi testi ile kontrol edin. Test levhasını Hull cell kabına yerleştirin ve bir dakikalığına bağlantı gücünü geciktirin. Bir dakikalık kaplama işlemi sonrası, kaplama gerçekleşmeyecektir. Bu işlem 5 ppm’lik küçük bir miktara kadar krom kirlenmesini bile belirleyecektir. Kabarcıklanmayı engellemek için sodyum hidrosülfid metodunu uygulayın veya krom miktarını düşürücü bileşenler kullanın. (Bazı tescilli kaplama banyolarında sodyum hidrosülfid kullanımı tavsiye edilmez, kendileri tarafından satılan krom miktarını düşürücü bileşenlerin kullanımı tavsiye edilmektedir.

### Bakır Pirofosfat Banyosu

Bakır pirofosfat banyosu, oldukça düzgün ve parlak kaplama yüzey kalitesi sağlarken, bunu yüksek katot verimi (yaklaşık %100) ile gerçekleştirmektedir ki, bakır sülfat banyosu ile karşılaştırıldığında 3 kat daha yüksek dağılma gücüne sahiptir. Bu nedenle bu tip banyo, özellikle baskı devre plakalarının kaplanması içinde kullanılır. Baskı devre plakalarının delik içi ve çevrelerinin kaplanması gerektiği için, kaplama banyosunun iyi dağılma gücüne sahip olması lazımdır. Siyanür banyoları diğer banyolara göre en iyi dağılma gücüne sahip olmakla birlikte, baskı devre plastiğine zarar verici özelliklerinden dolayı kullanılmazlar.

Bu banyonun, tipik reçetesi şöyledir:

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Metalik bakır	26 – 30
Potasyum pirofosfat	135 – 210
Amonyum hidroksit	1,5 – 3
Çalışma Parametreleri	Önerilen değerler
Çalışma sıcaklığı	49 – 60 °C
Akım yoğunluğu	1,07 – 8,6 A/dm <sup>2</sup>
pH	8,0 – 8,5
Pirofosfat/bakır oranı	7,0 – 7,5 : 1
Anot malzemesi	Elektrolitik, dövme, OFHC (oksijensiz) haddelenmiş veya fosfatlanmış bakır.



Anot korozyonunun iyileştirilmesi ve daha parlak bakır kaplama yüzeyi elde etmek için, banyoya amonyum hidroksit (NH<sub>4</sub>OH) ilave edilir.

Bu katkı maddelerine ek olarak, piyasada bulunabilen parlaticılar, dengeleyiciler ve depolarizörler (polarizasyon engelleyiciler) de vardır.

En çok kullanılan, katkı maddeleri, katodik depolarizör olarak kullanılan potasyum nitrat (bir litre çözeltiye 5 – 10 gr ilave edilir) ve potasyum sitrat'tır (bir litre çözeltiye 10 – 20 gr ilave edilir). Her iki katkı maddesi de banyonun dağılma gücünü arttırarak, daha ince taneli bir kaplama yüzeyi elde edilmesini sağlar. Bunlara ek olarak piyasada çok iyi kalitede tescilli parlaticılar da mevcuttur.

pH kontrolü oldukça önemlidir. Eğer pH 9'un üzerine çıkarsa anotlar kolay çözünemez, eğer 8'in altına düşürse bakır pirofosfat bileşiği daha az kararlı olur.

Düşük akım yoğunluğu mertebelerinde çözeltinin dağılma gücü, yüksek akım yoğunluğu mertebelerine göre daha yüksektir.

Banyonun karıştırılması, özellikle baskı devre plakalarının kaplanması işinde önemlidir. Delik içlerinin kaplanması söz konusu olduğunda, karıştırma işi taze bakır iyonlarını deliklere taşıyamaya yarayacaktır. Karışım hava ile, katot çubuğun hareketi ile veya sıvının sirkülasyonu ile yapılabilir.

Zaman içinde banyo hidrolize olma eğilimi göstererek ortofosfat üretir. 90 gr/lt miktarına kadar ortofosfatın zararı yoktur, hatta bir tampon vazifesi görür ve anot korozyonuna yardımcı olur (kolaylaştırır). **Bununla birlikte 90 gr/lt miktarının üzerinde ise, kaplama yüzeyinin çizgi çizgi olması, parlak kaplama elde edilecek alanın daralması ve iletkenliğin düşmesi gibi zararlı etkiler oluşur.** Banyoyu çöpe atmadan ortofosfatı banyodan uzaklaştırmanın pratik bir yolu yoktur. Bu nedenle, ortofosfat oluşumunu en aza indirmek için banyoyu olabilecek en düşük çalışma sıcaklığında çalıştırmak (çözelti içinde "sıcak bölgeler" oluşmasını engelleyerek) gereklidir. Aynı anda, çözeltinin pH değeri 8,0'dan düşük ve P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>/Cu oranı da çalışma aralığının en alt seviyesinde olmalıdır.

Banyo içine giren bazı kirleticilerin zararlı etkileri vardır. Bunlar; çinko, siyanür, kurşun ve yağdır. Çinko ve kurşun, kaplama renginin yüksek akım yoğunluğu aralığında koyu veya bulanık görüntüde olmasına yol açar. (Bahsedilen tüm kirleticiler, iyi çalışma için gereken akım yoğunluğu aralığını düşürür.) Kurşun, yağ ve siyanür, kaplama yüzeyi üzerinde çizgisel izler ve kaba görüntüye yol açar. Çinko, soğuk döküm parçaların kaplanması sırasında banyoya karışır. Bu durumda, pirofosfat/bakır oranı bir miktar yukarı çekmek akıllıca olur. Siyanür, bakır siyanür flaş kaplama banyosundan sonra, parçanın iyi durulanmadan (yıkandıktan) pirofosfat banyosuna daldırılması sonucu gelmektedir. Kurşun ise, uygun olmayan ısıtıcı bobinleri veya pompa parçaları kullanımından kaynaklanmaktadır.

Baskı devre plakalarının kaplanması ile ilgili daha geniş ayrıntıyı **18. Ders'te** bulabilirsiniz. Bu derste ayrıca daha özel kaplama tekniklerinden de söz edilmektedir.

## Pirofosfat Banyosunun Kimyasal Analizi

### Bakır

Banyodan 5 ml numune alın. 1:1'lik sülfürik asitten 10 ml ekleyin (dikkatli olun!) ve tamamını 250 ml'lik erlene koyun. Davlumbaz altında, beyaz asit dumanları çıkana kadar ısıtın. Soğutun ve asit sülfat banyosu'nda bakır için söz edilen talimatlara göre işleme devam edin.

### Pirofosfat

Bu oldukça uzun bir metot olup, burada anlatılmayacaktır. Analiz metodu için, **5.Derste** verilen referanslara başvurunuz.

### Yüksek pH'lı Siyanüresüz Bakır Banyoları

Alkali bakır kaplama banyoları konusunu bitirmeden önce, söz etmeye değer olan başka bir alkali banyosu daha vardır. Bu banyo, gümüş kaplanmış parçaların üzerine hafif bir bakır kaplamak için veya asitli bakır banyosu öncesinde, demir veya çelik parçalara ön kaplama işlemi için kullanılan, siyanür içermeyen banyodur.

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Bakır sülfat (hidratlı)	120
Potasyum hidroksit	75
Roşel tuzu	150
Amonyum sitrat	37,5
Çalışma Parametreleri	Önerilen Değerler
Akım Yoğunluğu	1,07 A/dm <sup>2</sup>
Gerilim	3 – 6 Volt
Çalışma sıcaklığı	24 – 29,5 °C
Tank	Polipropilen veya polietilen astarlı çelik

Piyasadan temin edilebilen çeşitli türde, siyanür içermeyen tescilli alkali bakır banyoları mevcuttur. Bu banyolar oldukça iyi sonuç vermekte ve çoğu uygulamada klasik siyanürlü bakır banyolarının yerini almaktadır. Bu yeni banyolar ile ilgili bu dersin sonunda verilen tedarikçiler listesinden bilgi edinebilirsiniz.

### Hatalı Bakır Kaplamaların Sökülmesi

Bazen bir malzeme bakır ile kaplandığında hatalı bir kaplama kalitesi gözlenirse, kaplamanın tekrar sökülmesi gereklidir. Aşağıdaki reçeteler bakır kaplamanın sökülmesi için oldukça etkilidir. Umarım, bu durumda sık sık karşılaşmazsınız!

### Bakır Kaplamanın Demir Dışı Metallerden Sökülmesi

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Sodyum sülfat	210
Amonyum sülfat	7,5

Bu çözeltiyi hazırlayıp, ağzı kapalı bir çömleğin içinde saklayın. Malzemeyi bu çözeltiliye daldırıp 5 dakika beklettikten sonra çözeltiden çıkartın ve yıkayın, ardından üzerine yapışık duran siyah sülfat tabakasını fırça ile temizleyin. Daha sonra %10'luk sodyum siyanür çözeltisine daldırın (1 litre suya yaklaşık 90 gram siyanür) ve çıkartıp yıkayın. Eğer malzeme üzerinde bakır kalıntıları varsa işlemi en baştan tekrar ediniz.

### Bakır Kaplamanın Demirden Sökülmesi

Aşağıda belirtilen çözeltiyi hazırlayıp, ağzı kapalı bir çömleğin içinde saklayın.

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Kromik asit	480
Sülfürik asit	52,5

**ÇÖZELTİYİ HAZIRLARKEN ÇOK DİKKATLİ OLUN!** Önce kromik asidi su içinde çözün, ardından dikkatli bir şekilde sülfürik asidi ilave edin. Malzemeyi bakır kaplama çözümlene kadar çözelti içinde tutun ve hemen soğuk su içine daldırıp durulayın.

### Bakır Kaplamanın Alüminyumdan Sökülmesi

Normal, konsantre nitrik asit kullanın. Ağzı kapalı ve içi sırlanmış bir toprak kapta saklayınız. Bakır kaplama sökülene kadar çözelti içinde bekletin ve ardından temiz suda durulayın. Nitrik asit çok kuvvetli bir asit olduğundan bu çözeltiyi hazırlarken çok dikkatli olun.

Burada bakır kaplama konusunun sonuna gelmiş bulunuyoruz. Umarım size neler imal edebileceğiniz hakkında bir takım fikirler verilmiştir. Bir sonraki derse geçmeden önce, size üzerinde düşünmeniz için yaşanmış 3 tecrübeyi anlatacağım.

### Yaşanmış Tecrübeler

**Tecrübe 1. Bir Pürüzlülük Problemi:** Bir kaplama ustası, siyanür çözeltisi kullanarak yaptığı bakır kaplamanın yüzeyinin pürüzlü olduğunu farketmiştir. Elektrometal Kaplama Tekniği II kitaplarından eğitimini almış biri olarak, bu hatayı gidermek için tavsiye edilen şu önerileri uygulamıştır: **1. Olası sebebi, tüm diğer sebeplerden izole edin (ayırın.)** **2. Buna göre düzeltin.** Tankta kullandığı suyun kalsiyum sertliğini ve önceki daldırmalardan kirletici parçacıklar gelip gelmediğini test etmiştir. Hiçbir sorun bulunmamaktadır. Aynı şekilde, işletmeye kaplanmak için gelen parçaları kontrol etmiş, bir sorun bulamamıştır. (Kaplama odası klima ile havalandırıldığından, hava toz parçacıklarından arındırılmış idi).

Geriye kalan tek muhtemel neden, hava ile karıştırma idi. Karıştırma için kullanılan havanın fan giriş hattını kontrol etti. Daha sonra çatıya çıktı. Galvanize kanalın dışı boyalı ve sapaşğlam görünmesine rağmen, içinin kötü şekilde paslanmış olduğunu farkettili. İşte neden bu idi! Yani hatanın kaynağı diğler muhtemel sebeplerden ayrılarak bulunmuştu. Hatanın tek nedeni oluşun pasın titreşim nedeniyle aşığı düşmesi ve fan aracılığı ile banyoya ulaşması idi. Çözümü oldukça basitti. Paslı galvanizli boru, plastik boru ile değıştirildi.

**Tecrübe 2. Pürüzlük ile ilgili diğler bir hikaye:** Bir bakır nikel, krom kaplama hattında, bakır kaplama yüzeyinde pürüzlülük fark edilmiştir. Araştırmalar, bakır banyosu öncesi yapılan silikat temizleyiciye doğru daraltıldı. Çok yüksek sıcaklıkta çalışıldığı için temizleyici çözelti iş üzerinde kuruyor ve böylece temizleyici tank bu şekilde terk ediliyordu. Durulama işe yaramadığından dolayı, bakır kaplama yüzeyinde pürüzlülüğe yol açan silikat filmi (tabakası) giderilemiyordu. Çözüm oldukça basitti. Temizleme banyosunun sıcaklığı düşürüldü. Böylece, durulama öncesi kuruma olmadı.

**Tecrübe 3. Karbonat Birikimi:** Bakır siyanür banyosunda, alışılmışın dışında karbonat biriktiği gözlenmişti. Banyo kompozisyonu açısından her şey düzenli görölüyordu, anot torbaları tıkalı değildi (bu karbonat birikiminin nedeni olabilir!). Hava karıştırıcısından şüphe edildi. Hava hattının giriş kısmının, yandaki bölüm için kurulan yeni kurulan dizel motorun eksoz çıkışına çok yakın olduğu görüldü. Hava emişi sırasında yüksek oranda CO<sub>2</sub> gazı da emiliyordu. Hava girişinin ve dizel motor eksozunun yerlerinin tekrar düzenlenmesi ile her şey yoluna girdi.

Yukarıdaki gibi, “Tecrübeler” diğler ders ve bölümlerde, zaman zaman karşınıza çıkacaktır. Bunun amacı; sizi **düşünmeye** sevk etmektir. Diğler insanların kaplama konusundaki problemleri çözmek için neleri düşündükleri (umarım) sizlere aynı şekilde ilham kaynağı olur!

İster kaplama işine yeni başlayan biri olun, ister bir teknisyen veya doktora sahibi bir kimyager; yaptığınız iş hakkında yaratıcı fikirler **düşünebilecek** yetenektesiniz. **Yaptığınız iş konusunda yaratıcı düşünceler üretmeniz için üniversite mezunu olmanız gerekmez. Hatta bu durum (üniversite mezunu olmak) bazen bir dezavantaj olabilir!** Bazen birileri, ötekilere göre daha yaratıcı düşünceler üretebilirler fakat bu yetenek herkeste mevcuttur! Yaratıcılığınızı ne kadar çok kullanırsanız, uygulamada ustalığınız o derece artacaktır. Ayrıca, önemli olan sadece ne kadar takdir gördüğünüz değildir, çünkü siz, yaptığınız işi düşünebilmektesiniz. Eşit derecede önemli bir faydası da, işinizi daha çok sevmeye başladığınızı göreceksiniz.

## Kadmiyum Kaplama

**Sembolü** : Cd  
**Atom Ağırlığı** : 112,42

**Kadmiyumun Özellikleri:** Kadmiyum, mavimsi beyaz bir metaldir. Oldukça yumuşaktır. Sünek bir yapıda olup, elektriksel iletkenliği orta seviyededir. Özgül ağırlığı 8,65 olup birleşme değeri (değerliği) 2'dir. Hava ile uzun süre temas ettiğinde (yüzey oksitlenmesi sonucu) sarı veya kahverengimsi bir renk alır.

**Kaplama Metali Olarak Kadmiyumun Kullanılması:** Kadmiyum kaplamanın en geniş kullanım alanı, demir ve çeliğin paslanmasını önlemek amacıyla koruyucu yüzey kaplaması şeklindedir. Birçok açıdan, çinko ve kalaydan daha iyi sonuç vermektedir.

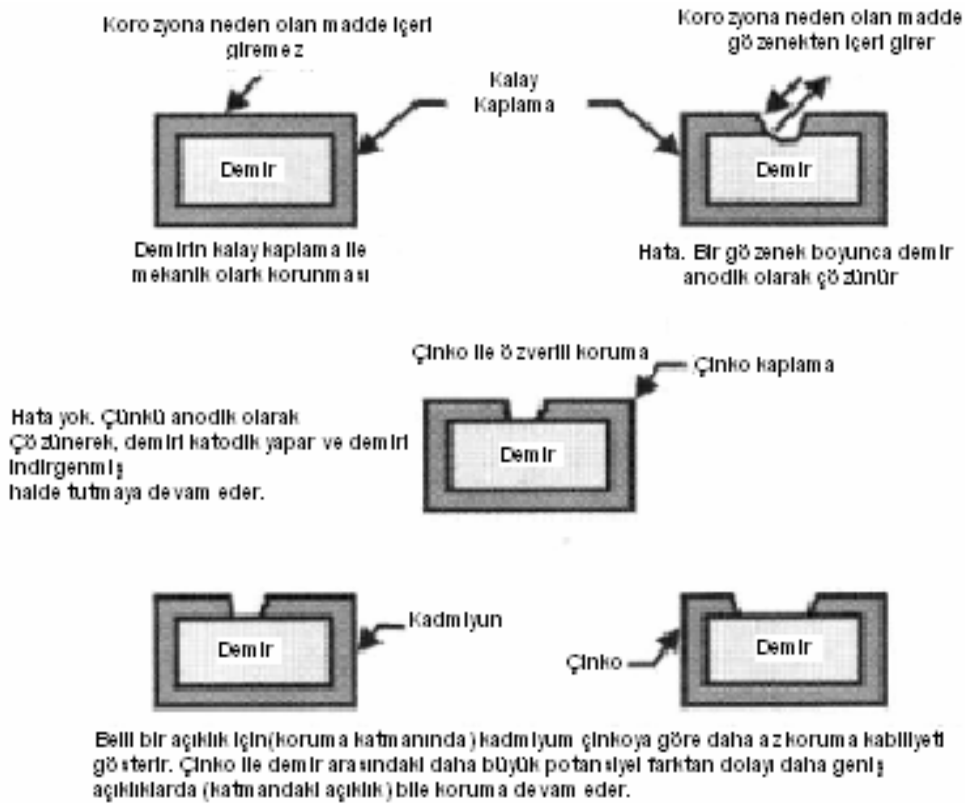
- 1- Kadmiyum, çinkoya göre daha fazla sünektir. Bu nedenle kadmiyum kaplanmış parçalar kolaylıkla bükülebilir veya şekillenebilir. Oysa çinko kaplanmış parçaların bükülme veya şekillendirilmesi sırasında kaplama yüzeyinde çatlaklar oluşur.
- 2- Kadmiyum kaplanmış yüzeylerin lehimlenmesi, çinko kaplanmış yüzeylere göre daha kolaydır. Gerçekte lehimleme kolaylığı açısından kadmiyum kaplanmış yüzey ile kalay kaplanmış yüzey hemen hemen aynıdır. Kadmiyumun elektriksel iletkenliği, kalaydan daha yüksektir. Çinkonun elektriksel iletkenliği başlangıçta kalaydan biraz daha yüksek olmasına rağmen, yüzeyinden elektrik akımı geçişi esnasında yüzey, kadmiyumun yüzeyine göre daha kolay karardığından (beyaz oksit oluşur) daha yüksek dirençli hale gelir. Bu hızlı oksitlenmenin sonucu olarak, çinko yüzeyin başlangıçta yüksek olan iletkenliği düşecek ve bundan dolayı kadmiyum kaplanmış birleşme noktaları, çinko kaplanmış olana göre daha üstün olacaktır.
- 3- Demir ve çeliğin açık havada paslanmasını önlemek açısından, kadmiyum kalaya göre daha iyi sonuç vermektedir ve çoğu uygulama için daha iyisi yoksa, bu açıdan kadmiyum kaplama, çinko kaplama ile eşit performansa sahiptir. Paslanmaya karşı korumadaki bu fark, aşağıda kadmiyumun elektrokaplama özellikleri (elektrokimyasal özellikleri) bölümünde anlatılacaktır.
- 4- Kadmiyum ile kaplanmış yüzeylerin yağlama özelliği, çinko kaplanmışlara göre daha iyidir. Bunun anlamı, kadmiyum ile kaplanmış dişli parçaların birbirine kaynaması ve donması çok az rastlanan bir olaydır.

Çoğu uygulamada kadmiyum kaplamanın çinko kaplama yerine kullanılmamasının tek nedeni, kadmiyumun ve yan ürünlerinin toksik (zehirli) oluşudur.

**Kadmiyumun Elektrokimyasal Özellikleri:** %100 katot veriminde, 1 amper-saatlik elektrik enerjisi ile 2,096 gr. kadmiyum kaplanır. 1 dm<sup>2</sup> yüzeye 10 mikron kalınlığında kadmiyum kaplamak için gereken elektrik miktarı 0,416 amper-saat'tir. 1 dm<sup>2</sup> yüzeye, 50 gram kadmiyum kaplandığında, kaplanan kadmiyum ortalama kalınlığı 6,74 mikrondur. Siyanür tipindeki bir banyonun ortalama katot verimi %90-95'tir.

Şimdi, kaplanan metal niçin altındaki metali korozyona karşı korur konusunu düşüneceğiz. Bir metali korozyona karşı 2 şekilde koruyabilirsiniz:

- 1- Bir metal yüzeyi, üzerini başka bir metal ile boya tabakası gibi kaplayarak öyle bir katman oluşturursunuz ki, korozyona neden olan maddenin alttaki ana metale ulaşmasını engellersiniz (bkz. Şekil 9).
- 2- Bir metali (ana metal), ondan daha kolay korozyona uğrayabilen bir başka metal ile kaplarsınız.



**Şekil 5. Korozyona kadar mekanik ve özverili koruma**

İkinci metot “özverili koruma” olarak bilinir. Burada, korumak istediğiniz metali, korozyona daha meyilli olan başka bir metal ile korursunuz. Burada, demirin çinko ile kaplanmasını örnek gösterebiliriz. Pratikte çinko, böyle bir düzenleme ile yüz yüze kalan aşındırıcı bir ortamda (korozyona neden olan maddeler) en iyi veya en kolay yoldan çalışacaktır (Enerjinin hangi prensibi?). Aşındırıcı ortam, önce çinkoyla reaksiyona geçecek, çinkoyu tükettikten sonra, demire başlayacaktır. Burada bir benzetme yapacak olursak; “çinkoyu enayi bir adama” benzetirsek, demir yerine “dayak” yiyecek olan çinko olacaktır. Bu yüzden metoda, kurban adı verilmektedir. Bu metotta, “kapıyı kapatmak” üzerinde fazla endişe edilmemelidir. Burada, “kapı veya pencere” aralık kalmışsa çok da önemli bir durum yoktur, çünkü, aşındırıcı ortam önce, “zayıf olana” saldırarak, onu tamamen yenmeden, “kuvvetli olanı” etkilemeyecektir.

Yukarıda verdiğim kaba örnek için lütfen beni affedin, fakat oldukça doğru bir örnekti ve 1.Dersteki enerji prensiplerini anlatmanın en kolay yolu idi. Kimyasal enerji söz konusu olduğunda, çinkonun çözünmesi en kolay enerji yoludur. Tüm çinko tükendiğinde, ve aşındırıcı kimyasal enerji halen mevcutsa, geriye kalan tek enerji yolunu takip ederek, demire saldırır. 2.Ders’te verilen, elektromotor serileri göz önüne alındığında, çeşitli metallerin bu türde kimyasal reaksiyonlara karşı gösterecekleri direnç hakkında bir fikir sahibi alınabilir. Seride yukarı çıkıldıkça, metallerin kimyasal reaksiyonlara karşı direnci düşer. Fakat bu seride kadmiyum demirin altında bulunmaktadır, bu yüzden de kadmiyum demirin paslanmasını önleyemez diye düşünebilirsiniz. Serideki metallerin yerleri birbirlerine göre “görecelidir”, yani kimyasal şartlara göre, bu yerler farklı veya birbirleri arasında çapraz yerlerde bulunabilirler. Bazı teorik kimyasal yaklaşımlara göre; bu seride kadmiyum demirin altında yer almalı idi ve böyle de oldu, fakat çeşitli aşındırıcı ortamlarla yapılan gerçek testler göstermiştir ki, kadmiyum demirin biraz üzerindedir ve bu nedenle demirin paslanmasını önleyebilmektedir.

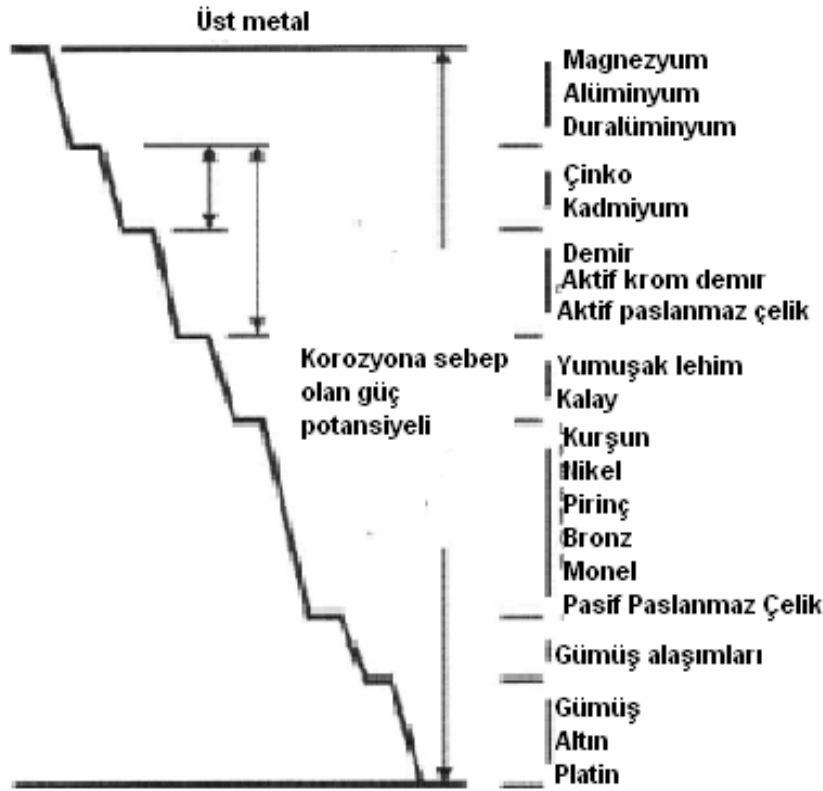
Uygulamadaki korozyon açısından, dizideki metallerin düzenlenişi üzerinde durulmalı, laboratuvar dışındaki gerçek ortamlarda metallerin yerleri belirlenmelidir. Örneğin, tuzlu su içinde metallerin davranışının nasıl olacağı gösterilmelidir.

Metallerin, “göreceli” pozisyonları değişkenlik gösterebilir, birbirleri arasında yer değiştirmeleri çok seyrek rastlanan bir durumdur.

Potansiyel enerji kavramında görülür ki, dizideki metaller birbirinden ne kadar uzakta ise, birbirleri arasında o kadar “potansiyel fark var” demektir. Bakır ve çinko söz konusu olduğunda, **2.Ders’te** gösterilen “yaş pil” de görüldüğü gibi kimyasal bir çözelti kullanıldığında, iki metal arasında 1,09 Volt’luk potansiyel farkı oluşur. Bu potansiyele, “korozyona neden olan güç” diyebilirsiniz. Fark ne kadar çoksa, üstteki metal o kadar hızlı korozyona uğrar.

Birbirinden farklı iki metal bir kimyasal ortamda temas halinde ise, buna “çift” denir. “Çift”, elektriksel potansiyel (korozyona neden olan güç) üretir. Potansiyel büyüdükçe, korozyona yol açan güç de büyür. Pasivite ve aşırı gerilimden kaynaklanan istisnalar (eğitim programının, **9.dersindeki** çinko kaplama bölümüne bakınız) haricinde; elektromotor veya galvanik dizilerde bulunan metaller ne kadar birbirinden uzakta ise, bu iki metal arasında o kadar büyük potansiyel fark oluşur.

Birbirine yakın metaller, “zayıf çiftler”, birbirinden uzak olanlar “kuvvetli çiftler” oluştururlar. Bir çifti oluşturan metallere daha yüksekte olan, tıpkı kaplama banyosundaki anot görevini görür (çözünür veya korozyona uğrar) ve daha alttaki veya daha **asil** olan metal katot görevi görür ki, bunun üzeri kaplanır; eğer bir metal ile olmazsa hidrojen gazı ile kaplanır. Daha basitleştirmek gerekirse, daha yüksekteki veya daha az asil metal korozyona uğrar, daha aşağıdaki veya daha asil metal sağlam kalır.



Şekil 6. Çeşitli Metallerin Potansiyel Enerji İlişkileri

Kadmiyum, Şekil 6’ da gösterilen diziyeye göre, demirin çok az üzerinde bulunmaktadır. Bu nedenle, kadmiyum ve demir “zayıf çift” oluştururlar ve korozyona neden olan güç o kadar büyük değildir. Kadmiyum, demir üzerine düzgün bir şekilde kaplanır ve kolaylıkla korozyona uğramaz, demiri özveriyle korur (paslanmasını önler). Çinko kaplama ise, daha gözenekli bir yapıya sahip olmasına rağmen, demiri daha derinlemesine “özverili” olarak korur. Fakat uzun periyotta, çinko kadmiyuma göre daha hızlı korozyona uğrayacağından, kadmiyum ile demiri kaplamak, daha iyi sonuç verecektir. Demiri ve çeliği, hangi metal daha iyi korur sorunuzun yanıtı oldukça karmaşıktır ve henüz tam tanımlanmamıştır (cevaplanmamıştır) Deniz ile ilgili uygulamalarda kadmiyum tercih edilmektedir ve şunu da belirtmek gerekir ki demirin korozyondan korunması için kadmiyum ile kaplama şartını pek çok ülkenin şartnamelerinde belirtilmektedir.



Şu anda elinizde, korozyon konusu ile ilgili özet bir bilgi mevcuttur. Şimdi işimize geri dönelim.<sup>10</sup>

**Dikkat: Herhangi bir yiyecek ile teması olacak hiçbir malzemeyi kadmiyumla kaplamayınız. Kadmiyum metali, pek çok yiyecek asidi ile çözünür ve çok az bir miktar kadmiyum metali vücuda alınırsa, ciddi mide rahatsızlıklarına ve başka zehirlenmelere yol açar.**

### Siyanürlü Kadmiyum Kaplama Banyoları

Kadmiyum için standart olarak kullanılan kaplama banyosu, siyanürlü kaplama banyosudur. Kontrolü kolay olan banyo, geniş bir kompozisyon ile çalışma imkanı verirken, çok iyi “dağılma gücü” sağlamaktadır. Asitli kadmiyum kaplama yönteminin geniş bir uygulaması olmamakla birlikte, bu dersin sonunda anlatılacaktır.

Bileşen	Derişim
Kadmiyum oksit	30 gr/lt
Sodyum siyanür	127,3 gr/lt
Parlatıcı	İhtiyaç kadar
Çalışma Koşulları	Önerilen değerler
Çalışma sıcaklığı	21 – 32 °C
Akım yoğunluğu	1,6 – 4,85 A/dm <sup>2</sup> <sup>11</sup>
Gerilim	1 – 4 Volt
Ortalama katot verimi	%90 – 92

Aynı çözelti, tankta kaplamada olduğu kadar, dolapta kaplama için de kullanılabilir. Dolapta 7 – 14 volt sabit olarak korunabilir.

Çözeltiyi hazırlamak için, kullanılacak su miktarının 2/3’ü içinde sodyum siyanürü çözün. Eğer mümkünse, su sıcak veya ılık olmalıdır. Siyanürü çözdükten sonra kadmiyum oksit ekleyip karıştırın. Ardından parlatıcı ilavesi yaptıktan sonra kalan suyu ekleyin.

**Tanklar:** Kadmiyum kaplama için kullanılacak en iyi tipteki tank, plastik polipropilen astarlı çeliktir. En iyi ikinci seçim ise, karbonlu çelikten imal edilmiş tanktır. Bunlardan hangisi kullanılırsa, boşta akım etkisini (stray current) engellemek için tank duvarlarını cam ile kaplayınız.

<sup>10</sup> 15.Ders’te korozyon konusunda daha fazla bilgi verilecektir.

<sup>11</sup> Eğer akım şiddetini 9,7 A/dm<sup>2</sup>’ye çıkarmak isterseniz bunu yapabilirsiniz, fakat bu durumda, karıştırma (katot çubuk hareketi ile) ve soğutma işlemlerine ihtiyaç vardır.

**Dolaplar:** Eğer kadmiyum kaplama dolapları kullanılır ise, dolaplar polipropilenden veya benzer malzemeden imal edilmelidir.

**Sıcaklık Kontrolü:** Parlak kadmiyum kaplamalar elde etmek istendiğinde, kaplama işleminin sıcaklık kontrolü<sup>12</sup> çok önemlidir. Öyle ki, işlemin sıcaklığı artma eğilimi gösterdiğinde, parlaklık kalitesi düşecektir. Bu etki, özellikleri dolapta kadmiyum kaplama işleminde fark edilebilir ölçekte olmaktadır. Çözeltiden geçen yoğun akım; çözelti sıcaklığını , oda sıcaklığının oldukça üzerine yükseltir. Ayrıca bu durum tank işleminde de fark edilebilir ölçekte gerçekleşmektedir. Burada her ayak kare kaplama yüzeyi için 7,57 litre 'den daha az çözelti içinden, yüksek akım yoğunluğu geçmektedir. Bununla birlikte dolapta kaplama yönteminde çözeltinin sıcaklığını oda sıcaklığına yakın tutmak için tank içinde soğutma devresi kullanımını tavsiye ederiz. Soğutma bobinleri çelik tercihen paslanmaz çelik olmalıdır. Bipolar (çift kutup) etkisini önlemek için, soğutma bobinleri yerleştirin. Daha ileri bir teknikte ise, kadmiyum çözeltisini, soğuk su tankındaki soğutma serpantininden pompalamaktır (eğer ihtiyaç duyulursa, soğutulmalıdır).

**Anotlar:** Kadmiyum kaplamada saf kadmiyum anot kullanımı çok önemli olup, saf olmayan anotların çözeltiyi kirletip düşük kalitede kaplama yüzeyi elde edilmesine neden olduğu bilinmelidir. Sipariş edilen anottaki kadmiyum oranının en az %99.9; gümüş kurşun ve kalay toplamının en fazla %0.05 arsenik, antimon, talyum toplamının en fazla %0.005 olması istenmelidir. Anotlar genelde döküm parçalarıdır. Kullanılan anot şekli, 7. Şekilde gösterildiği gibi, "küre"dir. Burada, çelik bir kafes içinde (daralan bir kafes) küresel kadmiyumlar yerleştirilmiştir. En alttaki küre, en hızlı şekilde çözündükçe, küreler aşağıya doğru hareket ederek, her zaman eşit yüzey alanının korumasını sağlarlar. Anot kutuplaşmasını önlemek için, ortalama anot akım yoğunluğu 20-30 A/ft<sup>2</sup> aralığında olmalıdır. Banyonun, kadmiyum miktarını korumak için, anot kutuplaşmasını önlemek önemlidir ve böylece banyonun pH değeri değişmemiş olur.



Şekil 7. Kadmiyum Anot

### Kadmiyum Kaplama Parlaticıları

Piyasada, kadmiyum kaplama çözeltileri için çeşitli türde parlaticılar bulunmaktadır. Bunların çoğu, karmaşık doğaları (yapıları) olan organik bileşiklerdir. Ayrıca, az miktarda da olsa, organik parlaticılarla birlikte veya tek başlarına kullanılabilen metalik parlaticılar da mevcuttur. Satın alınacak iyi parlaticıların üreticilerini, bu dersin sonundaki "referanslar" bölümünde bulabilirsiniz. Eğer, kendi parlaticınızı yapmak isterseniz aşağıdaki reçeteyi uygulayın.

<sup>12</sup> Banyo sıcaklığının, 21 °C altına düşmesine izin vermeyiniz, eğer düşerse, katot verimi de düşer!

Bileşen	Derişim
Sülfonatlı hintyağı	453,6 gr
Nikel siyanür	283,5 gr
Sodyum siyanür	453,6 gr
Sodyum hidroksit	56,7 gr
Su	3,79 lt

Kullanılacak su miktarının 2/3'ünde sodyum siyanür ve sodyum hidroksiti çözün, daha sonra nikel siyanürü ilave edin. Çözelti; kırmızımsı, berrak bir renk aldığıında, "sülfonatlı hintyağı" içinde karıştırın. Parlaticıyı, ileriki zamanlarda da kullanabilmek için ağzı çok iyi kapanabilen bir şişede saklayın.

**Her 1 litre kadmiyum banyosu için, bu çözülden 45 ml kullanın.** Sonucu görmek için, önce banyodan aldığınız birkaç litre numuneye ilave yapın ve sonucu gözlemleyin. Çünkü kontrol ile elde edilen deneyime göre miktarı değiştirebilirsiniz.

### Kalın Kaplamalar İçin Kadmiyum Kaplama Banyosu

Yukarıda verilen parlaticılar, çok iyi sonuç vermeleri ile birlikte, kaplama tabakasının kırılğan olmasına da neden olurlar. Eğer herhangi bir nedenle, sünek ve yarı parlak bir görünüme sahip kalın kadmiyum kaplama tabakası elde etmek isterseniz, aşığıdaki reçete tavsiye edilir.

Bileşen	Derişim
Kadmiyum oksit	45 gr/lt
Sodyum siyanür	120 gr/lt
Nikel sülfat	0,25 gr/lt
Çalışma Parametreleri	Önerilen değerler
Çalışma Sıcaklığı	30 °C ± 5 °C
Katot Akım Yoğunluğu	2,15 – 3,23 A/dm <sup>2</sup>

Kadmiyum metalinin miktarı, 39 gr/litre'de tutulmalıdır. Serbest siyanür miktarı 41 gr/litre, serbest sodyum hidroksit (kostik soda) miktarı da 28 gr/litre değerlerinde sabit muhafaza edilmelidir. Daha yüksek akım yoğunluğu ile çalışılmak istenir ise, katot çubuk hareketi ile karıştırma sağlanmalıdır.

## Kadmiyum Banyosunun Çalıştırılması

Kadmiyum banyolarının çalıştırılması oldukça basittir. Fakat, iyi sonuç almak için bir takım şartların yerine getirilmesi gereklidir.

1- İlk banyodaki toplam siyanür miktarı ile kadmiyum metali arasındaki oranın, 4 – 5 : 1 değerinin üzerinde veya altında olmasına izin verilmemelidir. Bu nedenle, daha önce verilen banyo reçetesindeki oran 4,9 : 1'dir. Soru: Niçin? (İpucu Kadmiyum oksidin %86,5'i Cd'dur.) Eğer bu oran korunur ise, banyonun katot verimi de yüksek bir değerde korunmuş olacak, siyanür banyolarında oluşma eğilimi gösteren karbonat oluşumu yavaşlatılmış olacaktır.

2- Siyanür miktarı, sabit olarak korunmalıdır, çünkü miktardaki düşüş yukarıda belirtilen oranı değiştirecek ve anot veriminde düşüşe neden olacaktır. Böyle olduğunda, çözeltinin kadmiyum içeriği düşecek, karbonatların miktarı ciddi şekilde artacaktır ki, bu durumda kesinlikle kadmiyum tuzu ilavesi yapılmalıdır. Toplam siyanür miktarının günlük olarak korunabildiği uygun çalışma şartlarında, çok az kadmiyum tuzu ilavesi yapılır veya hiç yapılmaz.

3- Daha önce de dikkat çekildiği üzere, anot alanı korunmalı, anotlardaki akım yoğunluğu 3,23 A/dm<sup>2</sup>'yi geçmeyecek şekilde ve tercihen en fazla 2,69 A/dm<sup>2</sup> değerinde çalışması sağlanmalıdır.

4- Yukarıda tanımlanan banyonun hazırlanmasında, kimyasal reaksiyon sonucu bir miktar kostik soda (sodyum hidroksit) ortaya çıkar ve bu miktardaki kostik, çözeltinin elektriksel iletkenliğini arttıracığından çözelti için iyidir. Kostik, zaman içinde çözeltide yok olacaktır. Bunun nedeni, zamanla sodyum karbonata dönüşümün veya anot veriminin düşmesidir. Kostik miktarı, daha sonra anlatılacağı gibi, basit bir pH testi ile korunabilir.

5- Banyonun kullanımı ile zamanla biriken aşırı miktardaki sodyum karbonat, anot akım yoğunluğunu düşürür ve parlaklık kalitesini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, banyo içindeki birikme oranı 67,4 gr/lit değerini aşar ise, kalsiyum sülfat işlemi veya magnezyum sülfat işlemi (DuPont "Karbonat Giderici") ile veya "soğutma"<sup>13</sup> yöntemi kullanılarak banyodan uzaklaştırılmalıdır.

<sup>13</sup> Fazla miktardaki karbonatı uzaklaştırmak için, banyo sıcaklığını 4-6 saat boyunca 0 °C' de sabit tutun. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kristalleri oluşacak ve bunlar tank dibine çökecektir. Kaplama banyosunu temiz bir tanka filtre edin ve tankın dibinde toplanmış Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kristallerini uzaklaştırın. İyi ve düzenli bir kontrol için, küçük bir soğutucuya bağlı olarak çalışan, çelik veya paslanmaz çelikten yapılmış soğutma serpantinini zaman zaman, kısa periyotlarla, çözelti içine daldırın. Serpantin üzerinde Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kristalleri toplanacaktır. Böylece banyo bu maddeden arındırılmış olur. Kimyasal uzaklaştırma metotları can sıkıcı olmasının yanında, başka zorlukların ortaya çıkmasına da yol açabilir. Karbonat oluşumunu önlemek, serbest siyanür miktarını koruyarak olur. Bunun için de, çözeltiyi hava ile karıştırmamak gereklidir (Dolapta kaplama işinde, dolaplar kaplama çözeltisine tam olarak daldırılmazlarsa çözeltiye hava girer). Banyo sıcaklığı 30 °C'den daha yüksek olmamalıdır. Kaplama ekipmanları satıcılarında soğutma üniteleri bulmak da mümkündür.

## Kadmiyum Banyolarında Hata Giderme

<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yüzeyi donuk görünümlü.
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Parlaticı miktarı yetersizdir.</li> <li>2- Siyanür miktarı çok azdır.</li> <li>3- Metal içerik çok fazladır.</li> <li>4- Karbonat miktarı çok yüksektir.</li> <li>5- Kostik miktarı çok fazladır.</li> <li>6- Ağır metaller bulunuyordur.</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Parlaticı miktarını arttırın.</li> <li>2- Siyanür miktarını kontrol edin ve arttırın.</li> <li>3- Metal miktarı olması gerektiği miktara gelene kadar; çelik anot ve dalgalı taklit katotlar ile <math>0,22 - 0,33 \text{ A/dm}^2</math> de <sup>14</sup> çalışarak metal miktarını düşürün. Alternatif olarak, banyodan bir miktar alın ve saklayın. Bu sakladığınız çözeltiyi ileride kayıp olanların yerine kullanabilirsiniz.</li> <li>4- Karbonatı, soğutma yöntemi ile uzaklaştırın veya Karbonat uzaklaştırıcı ile derişimini düşürün.</li> <li>5- Kadmiyum ilavesi yapmak için, kadmiyum oksit yerine kadmiyum siyanür tuzu kullanın veya kostik içeriği kabul edilebilir miktara inene kadar çelik anot ile çalıştırın.</li> <li>6- Her 100 litre kaplama banyosu için, 1 – 6 mililitre sodyum polisülfür ilavesi yapın.</li> </ol>
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yüzeyi bulanık ve gri görünüme sahip, parlak daldırmalarda donuk bir görünüm elde ediliyor.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Banyo içinde çok fazla miktarda demir bulunmasının yanı sıra, yetersiz miktarda kostik bulunması.
<b>Çözüm</b>
Kadmiyum çözeltilisinde bulunan demir elektrolitik işlem ile uzaklaştırılmaz. Bir miktarı, çözeltilinin sıcaklığını $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye düşürerek, soğutma yöntemi ile uzaklaştırabilir. Çok fazla miktarda bulunmuyorsa, parlak daldırma operasyonunda soluk yüzey görünümünü gidermek için banyoya 7,5 gr/lt kostik soda ilavesi yardımcı olacaktır. En iyi çözüm, iç yüzeyleri polipropilen kaplı tank kullanarak, demirin banyoya nüfuz etmesini önlemek ve klorür içeriğini düşük tutmaktır (klorür, demirin çözelti içinde çözünmesine yardımcı olur).

<sup>14</sup> Taklit anotlar ile ilgili bölüme bakınız

## Kadmiyum Banyolarında Hata Giderme (devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Parlak daldırma sırasında veya sonrasında kaplamanın lekeli görünmesi veya renk değiştirmesi. Çözeltilinin dağılma gücünün düşüş göstermesi.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltide bakır bulunması
<b>Çözüm</b>
Siyanür miktarını ciddi ölçüde düşürmedikçe, bakırın etkili bir şekilde uzaklaştırılması mümkün değildir. Bu da çok zor ve pratik olmayan bir metottur. Kadmiyum metal süngeri kullanmak ta etkili olmaz. Nitrik asit yerine kromik asit tipi bir daldırma kullanmak, daha iyi parlak daldırma sonuçları elde edilmesini sağlar. <sup>15</sup> Burada da en iyi çözüm yöntemi önlemektir. Bakırı uzak tutun. Bakır parçalar kaplarken akımı açık tutun, çökelen parçacıklar için tankın dibini kontrol edin. Eğer bakırın etkisi çok kötü ise, hiç kuşkusuz en iyi yol çözeltinin 1/3'ünü atıp, taze su ve taze kimyasallar kullanarak orijinal kompozisyondaki çözeltiyi tekrar yapıp, eksilen miktarı tamamlamaktır. Bakırı bakır sülfat olarak çöktürmek için, sodyum sülfat ilavesini deneyiniz.
<b>Belirti/Problem</b>
Kadmiyum kaplama rengi koyu gri renkte, parlak daldırmada parlatılması zor, anotlar yüksek derecede polarize olmuş.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltide kurşun bulunması
<b>Çözüm</b>
Kurşunun kaplama banyosu içindeki derişiminin 0,225 gr/lit'yi aşmaması gereklidir. Eğer bu miktar aşılır ise yukarıda belirtilen problemler ortaya çıkar. Kurşunu banyodan uzaklaştırmak amacıyla, çözeltideki her 1 gram kurşun için 1,5 gram sodyum sülfat ilave edilir ve karıştırılır, ardından çözelti filtre edilir. <sup>16</sup> Kurşun ile birlikte az miktarda kadmiyum da çökeler. <b><i>Böyle bir işlemde sonra, daima banyoyu filtre edin.</i></b>

<sup>15</sup> Seyrek de olsa, lekeli görüntünün nedenlerinden biri de, kirlenmiş parlak daldırma banyosu olabilir. Bu durumda yeni bir daldırma banyosu hazırlayın.

<sup>16</sup> Kullanılacak olan sülfat miktarının daha doğru olarak bulunmasının yolu; Hull Cell kabı çözeltisinde bilinen miktarlarda ilavelerin denenmesidir. Çok az, fakat bilinen miktardaki sodyum sülfatı Hull Cell kabı çözeltisine ilave edin. Eğer kaplama yüzey kalitesi iyileşirse, yeni bir Hull Cell kabı çözeltisi alın ve çok az daha fazla sülfat ilavesi yapın. En iyi sonuç veren miktarı buluncaya kadar bu deneme–yanılma yöntemini devam ettirin. Şimdi bu miktarı birkaç litre suda çözün ve tank çözeltisine karıştırın. Karışımın son derece homojen olmasını sağlayın. Örnek: Kaplama tankında 3000 litre kadmiyum çözeltisi var. Kullanılan Hull Cell kabı ise 267 mililitrelik (0,267 litre). Eğer Hull Cell kabında yapılan testler bize en iyi sonucu 0,01 gram sodyum sülfat ilavesinin verdiğini gösteriyorsa, kaplama tankı için ne kadar ilave gereklidir? Cevap:  $3000 \text{ lt} / 0,267 \text{ lt} = X \text{ gr} / 0,01 \text{ gr}$  Buradan  $X = (0,01) \times (3000) / (0,267) = 112,36 \text{ gr}$ . sodyum sülfat gereklidir. Kaplamanın lekeli olmasına sebep olacağından, bu yöntemi kullanırken fazla sülfat ilavesi yapmaktan kaçının. Eğer parlak daldırma işleminde böyle lekeli bir görünüm gözlenirse, önce malzemeyi %0,05 lik nitrik asit banyosuna daldırın, ardından parlak daldırma yapın.

## Kadmiyum Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Kadmiyum kaplama sarı renkli görünüyor
<b>Muhtemel Sebep</b>
Banyo içinde, aşırı miktarda nikel bulunması (muhtemelen aşırı parlatici bulunması!)
<b>Çözüm</b>
Nikel fazlası giderilene kadar, kıvrımlı katot kullanılarak banyo gece boyunca yüksek akım yoğunluğunda (4,3 – 6,45 A/dm <sup>2</sup> ) çalıştırılıp temizlenebilir. Bu yöntemle bir miktar kadmiyum kaybı da olacaktır fakat, diğer tek alternatif yöntem banyonun bir miktarını atmak ve çözeltiyi seyreltmektir.
<b>Belirti/Problem</b>
Kadmiyum kaplama yüzeyi mat gri, presten sonra lekeler ortaya çıkıyor.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Aşırı miktarda çinko metalinin bulunması
<b>Çözüm</b>
Banyo gece boyunca düşük akım yoğunluklarında çalıştırılarak çinko giderilebilir.
<b>Belirti/Problem</b>
Çelik üzerine kaplamada istenmeyen benekler ve kaplamanın kabarması
<b>Muhtemel Sebep</b>
Banyoda kromik asit bulunması
<b>Çözüm</b>
Çözeltiyi, sodyum hidrosülfat ile işleme tabi tutarak kromik asit etkisini ortadan kaldırın. Bu kimyasal için 2 marka belirtmek gerekirse, biri Valrolite, diğeri de Lycopar'dır. (Bakır kaplama konusuna bakınız). Kirlenmenin kaynağını ortadan kaldırın!
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yüzeyi süngerimsi. Anotlar incelmış
<b>Muhtemel Sebep</b>
Çözeltide talyum, arsenik, antimon veya tellür mevcut olabilir.
<b>Çözüm</b>
Bunlar daha çok kalitesiz anotlardan karışır. Sadece saf anotlar kullanın! Bu maddeler banyodan kolaylıkla uzaklaştırılmazlar. Tek pratik çözüm, yukarıda söz edildiği gibi çözeltinin 1/3'ünü atmaktır. 0,75 gr/lt'den daha yüksek oranda bulunurlarsa kaplama yüzey kalitesinde hataya neden olurlar.

## Kadmiyum Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yüzeyi gözenekli.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Kaplama banyosu içinde organik kirleticilerin mevcut olması veya yetersiz miktarda kostik bulunması. Eğer tescilli parlaticı kullanılıyorsa, “nemlendirici” tükenmiş olabilir.
<b>Çözüm</b>
Aşağıda anlatıldığı gibi peroksit ve aktif karbon işlemleri yapın. Eğer kostik miktarı az ise, mesela her 4 saatte bir 2 gr/lt gibi az miktarlarla ilave edin. Eğer hızlı ilave edilirse geçici olarak gri renkli kaplamalara yol açar. Eğer son sebep geçerli ise, parlaticıyı satın aldığınız yere başvurunuz.
<b>Belirti/Problem</b>
Çözeltilerde küflenme. Kaplama yüzeyinde pürüzlü görünüm.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Aşırı miktarda “sulfonatlı hintyağı” içermesi.
<b>Çözüm</b>
Bakır kaplama bölümünde anlatıldığı gibi, çözeltiyi aktif karbon ile işleme tabi tutun. Çok az hidrojen peroksit kullanın, yaklaşık olarak 3,79 litre kaplama çözeltisi için, 1 mililitre konsantre (100 hacim) hidrojen peroksit çözeltisi kullanın, öncesinde filtrelemek de yardımcı olacaktır. Filtreleme için kullanılan aktif karbon daha sonra atılmalıdır. Çünkü kullanılmaya devam edilirse pislikleri toplama kabiliyeti düşecek ve etkisiz kalacaktır. Parlaticı konsantrasyonunu kontrol etmeyi ihmal etmeyin.
<b>Belirti/Problem</b>
Koyu, dumanlı kaplama yüzey görüntüsü
<b>Muhtemel Sebep</b>
Organik kirleticiler mevcut.
<b>Çözüm</b>
Aktif karbon ile banyo çözeltisini filtre edin.



## Kadmiyum Banyolarında Hata Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Alacalı renkli, pürüzlü görüntüye sahip kaplama yüzeyi ve kararmış anotlar
<b>Muhtemel Sebep</b>
Banyo çözeltisinde gümüş veya kalay bulunması
<b>Çözüm</b>
0,32 – 1,07 A/dm <sup>2</sup> arasında düşük bir akım yoğunluğunda elektroliz edin veya taze kadmiyum sünger metali (kadmiyum ile bağ yapan metal) ile çökeltme yaptıktan sonra filtre edin. <sup>17</sup>
<b>Belirti/Problem</b>
Çelik üzerine yapılan kaplamanın kırılma olması
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Metalin (çeliğin) asitle doğru şekilde dağlanmamasından dolayı, hidrojen bulunması 2- Fazla miktarda parlaticı bulunması
<b>Çözüm</b>
1. Asitte dağlama işlemini düzgün yapın. 2. Parlaticının fazlasını aktif karbon işlemi ile uzaklaştırın.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yüzeyinin yanık olması
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Çok yüksek akım yoğunluğu uygulanması 2- Metal içeriğinin çok az olması
<b>Çözüm</b>
1- Akım yoğunluğunu düşürün 2- Çözeltinin metal içeriğini kontrol edin ve eğer düşükse doğru değere getirin

<sup>17</sup> Çinko tozu, etkili bir ikame olarak kullanılabilir. Geniş bir tank içinde, her 1 litre saflaştırılacak çözelti için 7,5 gram çinko tozu kullanın. Çinko tozunu su ile karıştırıp bir harç hazırlayın. Dikkatlice karıştırırken, harç biraz “köpürene” kadar, harcın içine çok az (birkaç mililitre) sülfürik asit ilavesi yapın. Bu, çinko tozunu “aktive eder”. Aktifleşmiş çinko harcını tankın içine dökün ve çok iyi karıştırın. Kaplama çözeltisini en az 1, en fazla 4 saat karıştırın (fanla karıştırmak en iyisi olmakla birlikte, karıştırma işlemi elle de yapılabilir). Çinko tuzunun dibine çökmesini bekleyin ve temiz çözeltiyi filtre edin. Tankın dibinde birikmiş olan çinko çamurunu temizleyip, çamuru çöpe atmak için metal bir taşıyıcıya koyun. **Not: Islak çinko tozu yangına neden olabilir.**

## Kadmiyum Banyolarında Sorun Giderme (Devamı)

<b>Belirti/Problem</b>
Anotlar siyah ve tozlu. Anotlar sümüksü, beyaz bir tabaka ile kaplanmış
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Çok yüksek akım yoğunluğu 2- Çok düşük serbest siyanür içeriği 3- Düşük kostik, çok yüksek karbonat
<b>Çözüm</b>
1- Akım yoğunluğunu düşürün. 2- Siyanür miktarını kontrol edin. Eğer düşükse arttırın. 3- Kostik ve karbonatı kontrol edin ve düzeltin.
<b>Belirti/Problem</b>
Katot verimi düşük
<b>Muhtemel Sebep</b>
1- Çok yüksek siyanür içeriği 2- Metal miktarının yetersiz olması
<b>Çözüm</b>
1- Siyanürü kontrol edin ve düzeltin. 2- Metal miktarını kontrol edin ve metal ilavesi yapın.

### Kadmiyum Banyosunun Kontrolü

#### Toplam Siyanür Miktarı

Banyodan, otomatik bir pipet ile 5 ml numune alın ve 250 ml'lik erlene koyun. (**Zehirli çözeltileri nakletmek için ağız pipeti kullanmayın**). 100 ml saf su ve 5 ml %15'lik potasyum iyodür çözeltisi ekleyin. Bu karışıma 15 ml. amonyum hidroksit ilave edin ve ilk zayıf (belli belirsiz) sarı bulanıklık oluşana kadar 50 ml'lik büretten 0,1 N standart gümüş nitrat çözeltisi ilavesi yapın.

**Hesaplama:** Toplam sodyum siyanür =  $(0,261) \times (\dots \text{ ml kullanılan } \text{AgNO}_3)$

**Eğer serbest siyanür miktarını hesaplamak isterseniz, şu formülü kullanabilirsiniz:**

(Üstte bulunan sonuç) –  $[13,03 \times \text{aşağıda belirtilen metotla hesaplanacak olan kadmiyum miktarı (gr/lt)}]$

### Kadmiyum Metali (Yaklaşık Kontrol Metodu)

Kaplama çözeltisinden aldığınız 20 ml numuneyi 50 ml.lik (hassas tip) dereceli silindire nakledin. Ayrı bir kaptaki 1 litre suda 38 gr sodyum sülfat çözerek hazırlamış olduğunuz çözeltiden 10 ml.yi dereceli silindire ekleyin. Dereceli silindirin 50 ml işaretine ulaşana kadar saf su ilave edin, ağzını kapatıp çok iyi karıştırın, bir gece boyunca kendi halinde bırakın. Sabah veya günün her hangi bir zamanında dereceli silindirin dibinde ne kadar çökelti birikmiş olduğunu okuyun.

### Hesaplama (Yaklaşık olarak):

28,35 gram kadmiyum metali  $\approx$  2 mililitre çökelti

Dolayısı ile, eğer çökeltinin hacmi 3,8 ml ise, elinizde 53,86 gram kadmiyum metali var demektir.

### Kadmiyum Metali (Kesin Kontrol Metodu)

- 1) Bir pipetle banyo çözeltisinden aldığınız 1 ml numuneyi 500 ml.lik erlene koyun.
- 2) Üzerine 10 ml konsantre  $\text{NH}_4\text{OH}$  ve 300 ml saf su ilave edin.
- 3) %4'lük formaldehit çözeltisinden<sup>18</sup> 5 ml ekleyin. Bunun üzerine de 6 damla Eriochrome Black T<sup>19</sup> indikatörü (belirteç) damlatın.
- 4) Çözeltinin rengi maviye dönene kadar 0,05 M EDTA<sup>20</sup> titrantı (test ayırıcı) ile titre edin. Bunun üzerine 4 ml daha formaldehit ilavesi yapın. Eğer çözelti pembeleşir ise rengi tekrar maviye dönene kadar titrasyona devam edin. Üzerine ilave edilen bir ml formaldehit çözeltinin rengini tekrar pembe yapmaz ise tepkime tamamlanmış demektir. Eğer yine pembeye dönüşürse, çözelti mavi renk alıp üzerine formaldehit<sup>21</sup> ilave edildiğinde hiçbir şekilde pembe renk oluşmayana kadar EDTA ilavesi yapın.

**Hesaplama:** 1 ml 0,05 Molar EDTA = 0,00602 gr kadmiyum metali

---

**Örnek #6:** 1 ml çözelti numunesi, 3,6 ml 0,05 M EDTA gerektiriyor. Öyleyse, 1 ml çözeltide (3,6 ml) x (0,00602 gr/ml) = 0,02167 gr kadmiyum metali içerir. Böylece, 1 litre içinde, 21.67 gr kadmiyum metali veya ons/galon kadmiyum metali bulunur.

---

Bu metot, fluoborat banyolarındaki kadmiyum için de kullanılabilir.

<sup>18</sup> Bu çözeltiyi, 1 hacim %36 lık ayıraç kalitesinde formaldehiti 8 hacim saf suyla seyrelterek hazırlayınız.

<sup>19</sup> Kimyasal madde satıcılarından sağlanabilir. 5. Ders'in sonundaki referanslara bakınız.

<sup>20</sup> Kimyasal madde satıcılarından sağlayınız veya tam olarak 18,6 gram ayıraç kalitesinde EDTA'yı (Disodyum EtilenDiamineTetraAsetik asit) 1 litre saf suda çözerek kendiniz de hazırlayabilirsiniz.

<sup>21</sup> Bu metot, 1.adımdan 2. adıma geçmeden önce 100 ml  $\text{H}_2\text{O}$  (su) ekleyip, hafif bulutsu bir görüntü oluşana kadar %25'lik HCl damlatılarak bir miktar iyileştirilebilir. Çözeltide çinko bulunup bulunmadığının kadmiyum olarak tespit edileceğini aklınızdan çıkarmayın.

### **Kostik Soda (Yaklaşık Kontrol Metodu)<sup>22</sup>**

Yüksek pH kağıdı (12-14) ile veya bir pH metre ile kostik miktarını test edin. pH 13'ü gösteriyorsa, kostik miktarı doğrudur ve 10,5 – 22,5 gr/lit var demektir. Eğer pH 13'ten düşük ise, 13 okuyana kadar kostik ilavesi yapın.

Bunun yerine, daha doğru bir kontrol için, **9. Ders**'te bahsedilen, siyanürlü çinko banyolarında kostik miktarını belirleme metodunu da kullanabilirsiniz.

Tüm pipetle numune alma işlerinde “**pipet güvenlik tıkaçı**” kullanınız. Pipet güvenlik tıkaçları, kimyasal maddeler satılan tüm dükkanlardan sağlanabilir.

### **Hull Cell Kontrolü Metodu :**

Kadmiyum kaplama banyolarının çalıştırılmasında oldukça yardımcı olan başka bir yaklaşık kontrol metodu da, Hull Cell kabı kullanmaktır. Bu kap, çelik veya bakırdan yapılmış katot levhası üzerinde değişken akım yoğunlukları oluşacak özel bir şekle sahip küçük bir kaplama banyosudur. Kaba 267 mililitre çözelti koyup, toplam 3 Amper akım uygulayarak kaplama yapılır. Katot üzerindeki değişken akım yoğunlukları, değişik tip kaplamalar elde edilmesini sağlar. Buradan elde edilen sonuçlar, gerçek kaplama banyosunun çalışma değerleri hakkında iyi bir fikir verecektir. Hull Cell kabı ders sonunda verilen tedarikçilerden satın alınabilir. Daha önce de bahsedildiği gibi, tüm kaplama banyolarının kontrolü için bu kaptan yararlanılabilir. Size bir fikir vermesi için, tipik bir siyanürlü parlak kadmiyum çözeltisi kullanılarak elde edilmiş test levhaları ve onlardan çıkarılmış olan yorumlar Şekil 8'de belirtilmiştir.

### **Kadmiyum Kaplama İçin Özel Uyarı**

Kadmiyum kaplama çözeltilerinin, özellikle karbonat oranı yüksek olanlar yüksek viskoziteye (akışkanlık) sahip olurlar. Eğer sıvı kayıplarının (süzüntü) önlenmesi için özel tedbir alınmaz ise, kaplanacak olan malzeme üzerinden ve askılardan damlama nedeniyle kaplama çözeltisi kaybı meydana gelir. Bu kaybı önlemek oldukça önemlidir, çünkü kadmiyum tuzları pahalıdır. Kayıpları önlemek için uygulanan her türlü yöntem, paranın cebinizde kalması anlamı taşır. Buna göre, aşağıdaki gözlemler değer taşımaktadır.

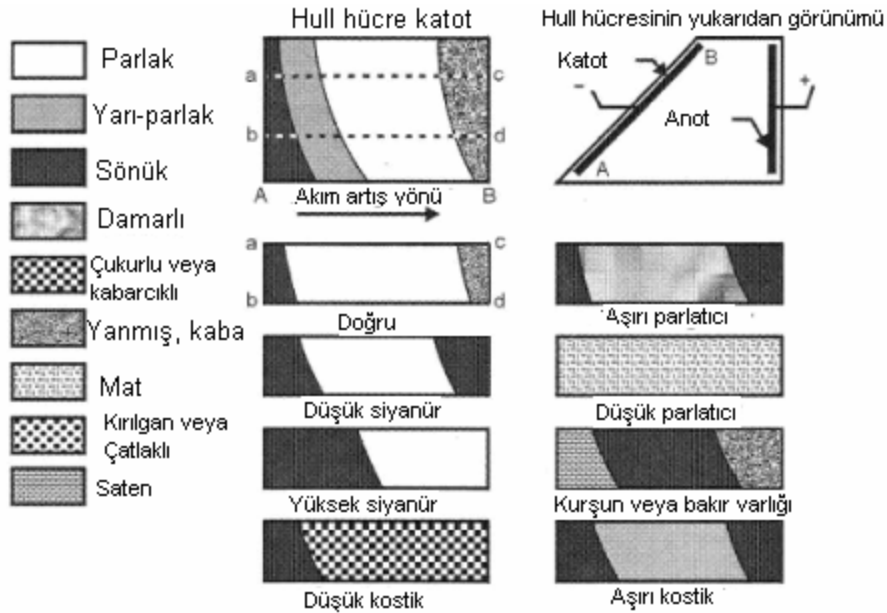
<sup>22</sup> Daha hassas bir kostik soda kontrol metodu için, çinko kaplama konusunda belirtilen metodu kullanın.

## Dolapta Kaplama

Kaplama dolabını akar suya doğrudan tutarak durulama işleminden sakınınız.<sup>23</sup> Kaplama dolabındaki kaplanmış malzemeleri bir ızgara veya sepete dökün ki, olabildiğince fazla miktardaki kaplama sıvısı dolap ve tank içinde kalsın. Kaplama sıvısının çok iyi süzülmesi için yeterli zamanı tanıyınız.

## Tanktan Çıkarılan Malzemenin Süzülmesi

Malzemeyi, tanktan yavaşça çıkarın ve durulama işlemine geçmeden önce süzdürme tankı üzerinde bir süre tutup süzülmesini sağlayın. Süzdürme tankında toplanan çözelti, kaplama banyosunda buharlaşmayla kaybolan çözeltinin ikmali için kullanıldığından, oldukça değerlidir.<sup>24</sup>



Şekil 8. Kadmiyum Hull Hücresi Karakteristikleri

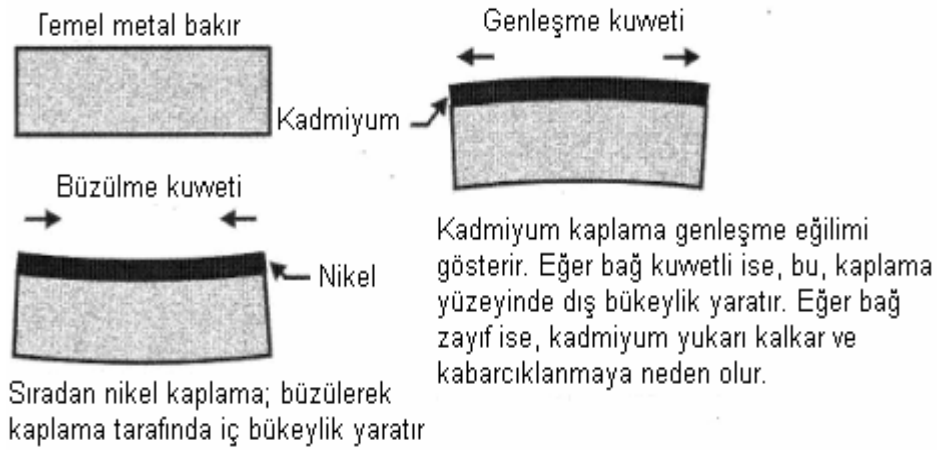
## Kadmiyum Kaplamada Gerilme

Kadmiyum metali kaplandığında bir miktar genişleme özelliği gösterirken, nikel kaplandığında büzülme özelliği gösterir (Şekil 9). Bu yüzden, kaplanacak ana metal yüzeyi, kaplanmadan önce çok iyi temizlenmelidir ki, kaplama ve ana metal birbirine çok iyi yapışsın.

<sup>23</sup> Otomatik dolap hattında, bu tabii ki yapılamaz.

<sup>24</sup> Bu, 19 Ders'te daha detaylı bahsedilecektir.

Eğer yapışma çok iyi olmaz ise, genleşme güçleri ile kadmiyum kaplama, ana metalden, “kabarcıklar” oluşturarak ayrışır.”Kabarcık” oluşmasının bir nedeni de, kaplanacak çelik yüzeyinin asitle, çok iyi temizlenmemesidir. Kabarcıklanma problemi, kaplama işlemi yapıldıktan sonraki günlerde de ortaya çıkabilir ki, bunun nedeni kalitesiz kaplama yapılmasından dolayı, alttaki çelik malzemenin korozyona uğramasındandır. Kabarcıklanma durumu kaplamadan hemen sonra veya bir süre sonra oluyorsa, asitle temizleme prosedürünü gözden geçirin.



**Şekil 9. Kadmiyum ve Nikel Kaplamalarda Gerilmenin Etkisi**

### Kadmiyum Fluoborat Banyosu

Kadmiyum fluoborat banyosu, Avrupa’da çokça kullanılırken, ABD’de az kullanılmaktadır. Düşük dağılma gücüne ve kaplama yüzeyinin düşük parlaklık kalitesine rağmen, fluoborat banyolarının bazı avantajları vardır. En büyük avantajlarından biri, katot veriminin neredeyse %100 olmasıdır ki, bu da neredeyse sıfıra yakın hidrojen gazı çıkması demektir. Bu özellik, sertleştirilmiş çelik parçaların kaplanmasında hidrojen gevretmesine uğramamasına ve ısıl işlem yapılmamasına imkan tanımaktadır. Ayrıca yüksek verimden dolayı, kaplama işlemi oldukça hızlıdır ve siyanür banyosuna göre kontrolü daha kolaydır. Kararlı bir banyodur. Kaplanan yüzeyin rengi mat gümüşümsüdür.

Bileşen	Derişim (gr/lt)
Kadmiyum fluoborat	240
Amonyum fluoborat	60
Borik Asit	20
Meyankökü özü	1,05
Çalışma Parametreleri	Önerilen değerler
Çalışma Sıcaklığı	21 – 26,7 °C
pH	4 – 4,6 (pH kağıdı) <sup>25</sup>
Anot - Katot oranı	2:1
Katot Akım Yoğunluğu	3,23 – 6,46 A/dm <sup>2</sup>
Tank İçinde Gerilim	4 – 6 Volt
Dolap İçindeki Gerilim	8 – 12 Volt

Vinyon veya saran ile torbalanmış, saf kadmiyum anotlar (döküm) kullanınız.

Eğer karıştırma yapıyorsanız, daha yüksek akım yoğunluğu kullanabilirsiniz.

Eğer arzu edilirse, hava ile karıştırma veya katot çubuk karıştırması yöntemi kullanılabilir.

**Katkı Kimyasalları:** Meyankökü özünü hazırlamak için, gerekli miktarda meyankökünü tartın, daha sonra bunu kaynamakta olan suya atın ve maksimum renk elde edilene kadar kaynatın. Bu suyu, ilave etmek için kullanın. Örneğin, 100 litrelik çözelti için, 100 gram kök tartmalı ve bunun tamamının özünü, 250 – 500 mililitre sıcak su ile elde etmelisiniz.

Banyoyu hazırlamak için, kaplama tankını (**polipropilen veya teflon astarlı tank kullanın**) 2/3'üne kadar iyi kalitede su (düşük klorürlü) ile doldurun, daha sonra kadmiyum fluoborat (konsantre sıvı olarak) ve amonyum fluoborat koyun. Şimdi pH değerini ölçün ve sürekli karıştırma ile, 1:1 amonyaklı su ilavesi yapıp pH değerini olması gereken değere getirin. Şimdi meyankökü çözeltisini katın ve banyoyu su ile işarete kadar tamamlayın.

**Banyo Kontrolü :** Banyo basitçe pH kontrolü yapılarak ve meyankökü içeriği ölçülerek kontrol edilir. Meyankökü miktarını kontrol etmek için; işlem sırasında banyodan alınan bir numune ile standart numunenin rengi karşılaştırılır. Eğer banyodan alınan numunenin rengi çok açık ise, standart numune ile aynı renge ulaşana kadar meyankökü özü ilave edilir. Alternatif olarak, daha önce anlattığımız bir Hull Cell kabı kullanılabilir. Banyodaki kadmiyum ve amonyum iyonunun miktarı kritik değildir ve metal içeriğinde önemli bir düşüş olup olmadığı bir hidrometre ile ölçerek kontrol edilmelidir.

<sup>25</sup> Bu pH değerinin altında, hem anot, hem de katotta, gaz açığa çıkar.

Eğer sık sık, metal ve amonyak iyonlarının yapılmasına ihtiyaç varsa, tedarikçilerin tavsiyelerine göre veya bu dersin sonunda listelenen referanslara başvurarak çözüm bulabilirsiniz.

Banyoda karşılaşılan en büyük zorluk banyonun organik maddeler ile kirlenmesidir ki, bu kadmiyum kaplama yüzeyinin çizgi çizgi ve karıncalanmış bir yapıda olmasının yanı sıra, renginin kalitesiz olmasına yol açar. Bu durum, paslanmaz çelik filtre kullanarak, banyoyu aktif karbon ile işleme tabi tutarak düzeltilebilir. Filtre plakalarında ön kaplayın veya çözeltiyi, başka bir tankın içinde, içine karbon karıştırarak işleyin ve ardından, işlem tankına, filtre edilmiş ilk bölüm çözelti gelinceye kadar, çözeltiyi filtre edin. İşlem sırasında kaybolan meyankökü özünü, işlemden sonra yenisini ilave ederek tazeleyin.

### Kadmiyum Sülfat Banyosu

Sülfat bazlı kadmiyum kaplama banyoları, siyanür içermeyen kadmiyum kaplama banyoları içinde en popüler olanlarıdır. Tipik reçete aşağıdaki gibidir.

Bileşen	Derişim (gr/litre)
Kadmiyum sülfat ( $CdSO_4 \cdot 8/3 H_2O$ )	50
Sülfürik asit	50
Jelatin	10
Sulfonatlı naftalin	5
Çalışma parametreleri	Önerilen Değerler
Sıcaklık	30 C <sup>0</sup>
Katot akım yoğunluğu	1,6 – 2,15 A/dm <sup>2</sup>

Banyonun uzun süreli çalıştırılması ile, banyonun metal miktarı artar (anot verimi, katot veriminden daha yüksektir) ve artan metal miktarı ile, dağılma gücü önemli ölçüde düşer.

### Kadmiyum Sülfamat Banyosu

Bu banyo, kadmiyum siyanür ve fluoborat banyosunun yerine önerilmiştir. Hem tank hem de dolapta kaplama için tavsiye edilmektedir. Siyanür ve fluoborat kullanımına gerek kalmadığı için, ilgi çekmektedir.



Bileşen	Derişim
Kadmiyum sülfamat	0,5 M
Amonyum sülfamat	0,2 M
Setiltrimetil amonyum bromür	5 gr/litre
Su	1 litre
Çalışma parametreleri	Önerilen değerler
Sıcaklık	30 °C
pH	3 – 5
Katot akım yoğunluğu	3,23 A/dm <sup>2</sup>

Bu banyonun en büyük dezavantajı, gerekli kimyasallarının pahalı oluşudur.

### Kadmiyum Parlak Daldırma

Çoğu kadmiyum kaplama işleminden sonra, parçalar parlak daldırma işlemine tabi tutulurlar (Kadmiyum kaplama yüzey görüntüsü parlak olsa bile bu işlem yapılır) ve bu şekliyle malzeme kullanıma alınır. Kadmiyum için parlak daldırma işleminden, temizleme ve asitle yıkama dersinde söz edilmişti, fakat burada kullanılabilir başkalarından da bahsedilecektir.

Bileşen	Derişim
<b>Parlak Daldırma A</b>	
Nitrik Asit	%0,5 - %1'lik çözelti
<b>Parlak Daldırma B</b>	
Kromik asit	97,3 gr/lt
Sülfürik asit	1,87 gr/lt
<b>Parlak Daldırma C</b>	
Sülfürik asit	7,5 gr/lt
Hidrojen peroksit (100 hacim)	255,7 ml
<b>Parlak Daldırma D<sup>26</sup></b>	
Kromik asit	250 gr/lt
Nitrik asit	170 gr/lt
Sülfürik asit	30 gr/lt

<sup>26</sup> Oda sıcaklığında ve sadece 3-5 sn daldırma işlemi yapınız.

Daldırma işlemi genelde 20-60 sn lik bir operasyon olup, ardından, içine yüzey aktif kimyasal katılmış su ile durulama yapılır.

Muhtemelen en iyi parlak daldırmalar kromik asit tipi daldırma olup, bu işlem kadmiyumun yüzeyini oldukça pasif hale getirir.

### Kadmiyumun Sökülmesi

Bileşen	Derişim
<b>Pirinç, Bakır veya Demirden<sup>27</sup></b>	
Hidroklorik Asit	3,79 lt
Antimon trioksit	56,7 gr
Su	237 ml
<b>Çelik ve Demirden<sup>28</sup></b>	
Amonyum nitrat	200 gr/lt
Glukonik asit	50 gr/lt
Amonyum hidroksit (konsantre)	250 gr/lt
Su	1 litre

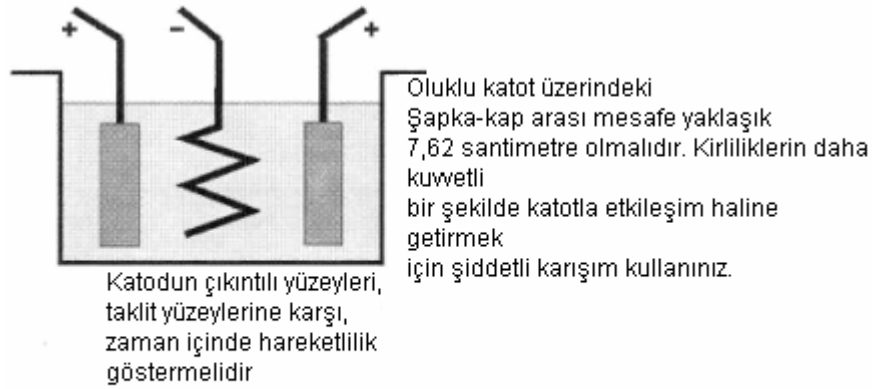
### Taklit Anotlar

**Temizleme Prosedürü** : Kadmiyum kaplama banyosundan metalik kirleticileri (istenmeyen metalik elementler) uzaklaştırmak için, aşağıda belirtilen temizleme prosedürü yararlı olacaktır. Kadmiyum kaplama banyosunu Şekil 10'da gösterildiği şekilde; oluklu (dalgalı yüzeyli) taklit katotlar ile, her 1 litre çözelti için 1,319 amper-saat harcayarak elektroliz edin. Bu yöntem banyo içindeki metalik pisliklerin çoğunu uzaklaştıracaktır.

Oluklu (dalgalı yüzeyli) katot kullanmanın nedeni basittir. Bu tip katotlar ile, akım yoğunluğu değişkenlik gösterir. Yani, yüksek noktalarda yüksek akım yoğunluğu, alçak noktalarda düşük akım yoğunluğu değerleri elde edilir. Katot yüzey alanına ve akıma göre belirlenmiş olan ortalama akım yoğunluğu 0,54 A/dm<sup>2</sup> olsa dahi, gerçekte akım yoğunluğu 5,4 ile 0,01 arasında (ölçülen noktaya bağlı olarak) değişiklik gösterir. Yani geniş bir akım yoğunluğu aralığı elde edilir. Bazı pislikler düşük akım yoğunluklarında, bazıları ise yüksek akım yoğunluklarında uzaklaşırlar. Bu şekilde çözelti tek bir işlemle kolayca temizlenebilir.

<sup>27</sup> Kadmiyum kaplama sökülene kadar banyo içinde tutun. Seramik bir kap içinde, oda sıcaklığında yapın. İş parçası üzerinde kirlili bir antimon tabakası oluşur. Bunu silin veya fırçalayın.

<sup>28</sup> Yarısı kadar hacimdeki suda NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ü çözün. Üzerine NH<sub>4</sub>OH ilave edin ve ardından yavaş yavaş glukonik asiti ekleyin.



**Şekil 10. Kaplama Banyosunun Temizlenmesi**

### Yaşanmış Bir Tecrübe

Yüzeyi kumlama yöntemi ile temizlenmiş demir döküm parçaya kadmiyum kaplanmıştır. Ustabaşı parlak kaplama yapılabilecek değer aralığının küçüldüğünü fark eder. Katotta hidrojen gazı oluşmasını azaltarak kaplama değer aralığını genişletmek amacıyla, yaklaşık 30 gr/lit sodyum nitrat ilavesi yapar. Bu hareket bir dereceye kadar çözüm getirmiş, fakat bir süre sonra durum öncekinden de kötüye gitmiştir. Kaplama banyosuna yapılan analiz neticesinde, banyoda fazla miktarda demir ve bir miktar da arsenik olduğu gözlenmiştir. Temizleme işlem süreci gözden geçirildiğinde, iş parçasına kum püskürtülerek temizlenmesi sırasında çok küçük kum tozlarının malzeme yüzeyindeki minik oyuklara girdiği ve iş parçasının yüzeyinin ince bir tabaka ile kaplandığı tespit edilmiştir. Bu ince tabaka banyo içinde çözünmekte ve parlak kaplama yapılabilecek değer aralığının daralmasına yol açmaktadır. Çözüm olarak kumlamanın ardından malzeme yüzeyinin buharla temizlenmesi işlemi uygulanmış, böylece malzeme yüzeyine yapışmış demir tozlarının çoğunun temizlenmesi sağlanmıştır. Banyodan demir ve arseniğin doğal süzüntü yoluyla temizlenmesi ise birkaç ay sürmüştür. Süzüntü yoluyla temizlenmesini beklemenin sebebi, bu hatanın çok ciddi bir sorun teşkil etmemesi ve kimyasal ya da elektrokimyasal temizleme yapmak için bir masrafa girilmesine değmeyecek olması nedeniyledir.

Böylece kadmiyum kaplama konusunu bitirmiş olduk.

## Krom Kaplama

**Sembolü** : Cr  
**Atom Ağırlığı** : 52,01

**Kromun Özellikleri** : Krom, sert gri bir metal olup, çok iyi parlatıldığında mavimsi bir renk alır. Yoğunluğu 7,1'dir. Genellikle 3 veya 6 bağ yapar. Koruyucu bir oksit tabakası oluşturduğu için, normal şartlarda atmosfer koşullarında korozyona uğramaz.

**Kromun, Kaplama Metali Olarak Kullanımı**: 1930'larda krom kaplamanın ticari boyut kazanmasından bu yana krom kaplama kullanımı çok hızlı bir genişleme göstermiştir. 3 ana kullanım alanı vardır: (1) Genelde, nikel kaplama üzerine yapılan, dekoratif amaçlı, parlak ve kararmayan kaplama elde etmek için, (2) Aşınmış metal yüzeyleri, metal işleme takımları veya döküm yüzeyleri gibi çok sert olması gerekli yüzeylerin kaplanması için, (3) Özellikle motor silindirlerinin iç yüzeyleri, mil yatakları gibi, aşınmaya maruz kalan ve bu nedenle sert ve gözenekli yapıda olması gereken yüzeylerde. Gözenekli yapı yağın gözeneklerde tutunup motor ömrünün uzun olmasını sağlar.

**Krom'un Elektrokimyasal Özellikleri**: Teorik olarak, eğer krom **3 değerlikli** (trivalent) formunda bulunuyorsa, %100 katot veriminde 1 amper-saat enerji sarfıyatı ile, 0,647 gr. krom kaplamak mümkündür. Eğer krom **6 değerlikli** (heksavalent) formunda bulunuyorsa, aynı şartlarda 0,323 gr krom kaplamak mümkündür. Eskiden tüm krom kaplama işlemleri 6 değerlikli krom kullanılarak yapılırdı. Bugün de bazı krom kaplama işlerinde 6 değerlikli krom banyoları kullanılmaktadır. Bununla birlikte çoğu ticari işletmede 3 değerlikli krom banyoları ve ticari banyolar kullanılarak krom kaplama yapılmaktadır (bu konuya daha sonra değinilecektir).

Ne yazık ki 6 değerlikli krom kaplama banyolarının katot verimi çok düşüktür, bu değer ortalama olarak %14 olup, bazen %27'ye kadar çıkabilmekte veya %12 ya da altına kadar düşebilmektedir.<sup>29</sup> Bunun nedeni, kromun **elektrokimyasal serideki** konumudur (**2. Ders'e** bakınız). Hidrojenin üzerinde yer aldığından, kromla birlikte bir miktar da hidrojen kaplanır. Bu da krom kaplamada verimin düşmesine yol açar. Şiddetli gaz kabarcıklarının oluşumuna neden olan bu durumun etkileri, krom kaplama yüzeyinde gözlenir.

**6 değerlikli krom kaplama banyosunda**, %100 katot veriminde, 1 dm<sup>2</sup> yüzey üzerinde 20 mikron kalınlığında kaplama yapmak için, 4,39 amper-saat elektrik harcanır. Aynı işi %14 verim ile yapmak için,  $\frac{100}{14} \times 4,39 = 31,36$  amper-saat harcamak gereklidir.

<sup>29</sup> Fluosilikat gibi, florürlerin değişik bileşiklerini içeren kaplama banyolarında katot verimi %27'ye kadar çıkabilmektedir (ortalama değer %22'dir).

**1 dm<sup>2</sup> yüzey alanına 20 mikron kalınlığında kaplanmış kromun ağırlığı 1,418 gram gelir.**

Herhangi bir katot veriminde çalışılırken, belirli bir kalınlıkta krom kaplama yapmak için harcanacak amper-saat (enerji) miktarını yaklaşık olarak hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılabilir:

**... (amper-saat) Harcanacak enerji = 100 / verim x Kaplanacak kalınlık (mikron) / 20 (mikron) x 4,39 (amper-saat/dm<sup>2</sup>) x Kaplanacak alan (dm<sup>2</sup>)**

**Örnek #7:** 15 cm çapında, 60 cm boyunda bir şaftın üzerine 40 mikron kalınlığında krom kaplama yapılacaktır (iki ucu kapatılmış olup, sadece eğri yüzeye kaplama yapılacaktır). Eğer katot verimi %14 ise, kaç amper-saat elektrik enerjisi gereklidir?

**Cevap:** Kaplanacak toplam yüzey alanı;  $\pi \times d \times h = 3,14 \times 15 \times 60 = 2826 \text{ cm}^2 = 28,26 \text{ dm}^2$  dir. ( $\pi = \pi$  sayısı olup 3,14'e eşittir). Buradan gerekli elektrik enerjisi miktarını [amper-saat] cinsinden aşağıdaki hesaplamayla buluruz:

$$\frac{100}{14} \times \frac{40 [\text{mikron}]}{20 [\text{mikron}]} \times 4,39 [\text{amper - saat/dm}^2] \times 28,26 [\text{dm}^2] = 1770 \text{ amper-saat}$$

Eğer, kullandığımız akım yoğunluğu 13 A/dm<sup>2</sup> ise, gerekli işlem süresi = 1770 [ampersaat] / (13 [A/dm<sup>2</sup> x 28,26 dm<sup>2</sup>) = 4,8 saattir. Aynı sonuç, 1 desimetrekarelik yüzey alanı üzerinden de elde edilebilir, yani:  $\frac{31,36 [\text{A - saat/dm}^2]}{13 [\text{A/dm}^2]} \times \frac{40 [\mu]}{20 [\mu]} = 4,8 \text{ saat}$

**Örnek #8 :** 15 cm x 15 cm yüzey alanına sahip kılavuz plakasına, 12 mikron kalınlığında krom kaplama yapılması istenmektedir. Eğer akım yoğunluğu 16 A/dm<sup>2</sup> ve katot verimi %14 ise, bu işi yapmak kaç saat alır?

**Cevap:**

Kaplanacak yüzey alanı: 15 cm x 15 cm = 225 cm<sup>2</sup> = 2,25 dm<sup>2</sup>

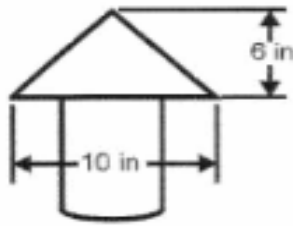
$$\frac{100}{14} \times \frac{12 [\text{mikron}]}{20 [\text{mikron}]} \times \frac{4,39 [\text{amper - saat/dm}^2] \times 2,25 [\text{dm}^2]}{16 [\text{A/dm}^2] \times 2,25 [\text{dm}^2]} = 1,17 \text{ saat bulunur}$$

**Not: Dikkat edilirse, yukarıdakine benzer hesaplamalarda, kaplanacak yüzey alanı kesirin hem pay, hem de paydasında bulunduğundan, bunlar birbirini götürürler, ve böylece 1 dm<sup>2</sup> üzerinden hesaplama yapılarak kaplama için gereken süre bulunabilir.**

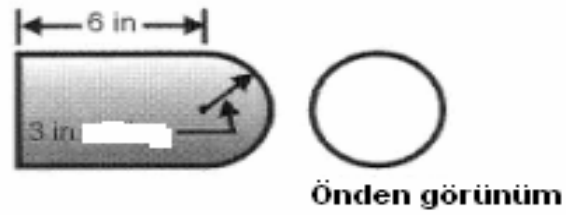
**Problem #5:** Bir hadde merdanesinin sadece eğri yüzeyi, 50 mikron kalınlığında krom ile kaplanacaktır. Merdanesinin çapı 60 cm, uzunluğu ise 150 cm'dir. Fluosilikat içeren krom kaplama banyosunun katot verimi %22'dir. Kaplama için gerekli süre ne kadardır? İzin verilen akım yoğunluğu 16 A/dm<sup>2</sup> dir.

**Problem #6:** Şekil 11’de gösterilen, özel tipteki bir delgi ucuna 25 mikron kalınlığında krom kaplanmak istenmektedir. Her noktada eşit kalınlıkta kaplama yapıldığı varsayılırsa, katot verimi %14, akım yoğunluğu 12 A/dm<sup>2</sup> olarak kabul ederek, kaplama süresini hesaplayınız?

**Problem #7:** Şekil 12’de gösterilen malzemenin küresel yüzeyi 50 mikron, silindirik yüzeyi 25 mikron kalınlığında krom kaplanmak istenmektedir. Silindirik yüzey kapatılmadan ve kapatıldıktan sonra uygulanması gereken toplam akım 120 amperdir. Eğer katot verimi %15 ise, kaplama süresi kaç saat olur? İzin verilen akım yoğunluğu 13 A/dm<sup>2</sup>’dir.



Şekil 11 Konik delgi ucu



Şekil 12. Yuvarlak uçlu silindir

### Krom Kaplama Banyoları

Krom kaplama banyoları, 2 temel bileşeni olan, belki en basit kaplama banyolarıdır. Bu 2 temel bileşen: (1) Suda çözünebilir krom tuzu, (2) Suda çözülebilir, kromun kaplanmasını sağlayan katalizördür.

Pratikte, ticari boyutta kullanılan tek krom tuzu **kromik asit**’tir (asıl adı, **kromik asit anhidrür**). Formülü CrO<sub>3</sub> (1 birim krom ile 3 birim oksijen) olup, diğer ismi, “**Krom Trioksit**” tir. Kromik asidin anhidrit olarak belirtilmesinin nedeni, suda çözündüğünde asit oluşturmasıdır ( $2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Kırmızımsı plakette şeklinde olup, oldukça fazla su emme kabiliyeti olduğundan kuru yerde saklanmalıdır (havadan nem çeker).

En sık kullanılan, ticari boyuttaki katalizör ise sülfürik asittir ve çok az miktarda kullanılır (gerçekte, katalizör olan SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> sülfat iyonudur) Diğer tipteki katalizör ise, flor içeren fluosilikattır. Ticari tipteki banyolarda, özellikle sülfat tipi katalizörler ile kullanıldığında, oldukça geniş kullanımları vardır.

Katalizörün etkisi, elektromotor dizide, hidrojenin oldukça üzerinde olmasına rağmen, kromun kaplanmasına izin vermesidir (saf kromik asit çözeltisinden akım geçirilir ise, sadece hidrojen gazı emisyonu meydana gelir).

Bir benzetme yapacak olursa; sülfat iyonları trafik polisi gibi davranarak, hidrojen kamyonlarının bulunduğu çok yoğun bir otoyolda, krom arabalarının gidecekleri yere ulaşmalarını sağlarlar.<sup>30</sup>

3 değerlikli iyon halinde bulunan krom'un bulunduğu kaplama banyoları, ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. İlk zamanlarda, 3 değerlikli krom banyoları ile yapılan kaplamaların yüzeyleri pürüzlü ve topaklı olsa da, eğer çözülebilir anot kullanılıyor ise, anot verimi, katot veriminden çok daha yüksek idi. Eğer, 6 değerlikli krom banyolarında olduğu gibi çözülemeyen anotlar kullanılır ise, banyodaki krom iyonları, anot üzerinde oksitlenir ve hızlı kaplama avantajı kaybedilmiş olur. Bu zorlukların üstesinden gelinmiş olup; şimdilerde, trivalent krom banyoları, dekoratif kaplama amacıyla kullanılmaktadır. 3 değerlikli krom banyoları, ayrıca, elektroliz yöntemi ile kromun rafine edilmesi amacı ile de kullanılmaktadır. Burada, anot veriminin katot veriminden çok fazla olmasının ve katot pürüzlülüğünün önemi yoktur. Burada, önemli olan şey, oldukça kirli bir çözültiden göreceli saf metalik kromun elde edilmesidir.

### **Krom Kaplama Tankları**

Kromik asit, son derece aşındırıcı bir sıvı olup, bu sıvı ile çalışılırken özel malzemeler kullanılması gereklidir. Küçük çaplı işler için, eğer florür mevcut değilse, dışı çelik kaplı seramik bir tank işe yarayacaktır. Yine de, bu *sadece* deney amaçlı çalışmalar için tavsiye edilir. Ticari boyuttaki çalışmalar için, tavsiye edilen tank tipi, dışı kurşun kaplanmış çelik tanktır. Kimyasal açıdan, kromik asidin aşındırıcı etkisinden dolayı saf kurşun kullanılamaz. Antimonlu kurşun (%6 Sb) veya tellür içeren kurşun (%0,2 Te) daha iyi sonuç verir. Her iki malzeme de sülfat tipi çözültülerle çalışılırken oldukça iyi sonuç verirler. Eğer çözültü florür içeriyorsa en iyi yol, kurşun-kalay (%7 Sn) alaşım tanktır. Nadiren de olsa, bazen çıplak çelik kullanılır fakat size bunu tavsiye etmiyoruz. Çelik, kromik asidin aşındırıcı etkisine maruz kalır ve eğer içinde florür iyonları bulunursa aşındırma etkisi oldukça hızlı olur. Kurşun kaplanmış tankın duvarlarında polipropilen levhalar kullanılması akıllıca olacaktır. Bu hem polarizasyon etkisini ortadan kaldırırken, hem de kurşunun elektrokimyasal olarak aşınmasını önlemiş olur. Bugün kullanımı tercih edilen tanklar, dışı PVC kaplı, çelik zırlı tanklardır. Bu plastik (PVC), kromik asidin aşındırıcı etkisine maruz kalmaz. PVC'nin tek dezavantajı 65 °C üzerindeki sıcaklıklarda kullanılamamasıdır. Fakat çoğu krom kaplama işlemi yaklaşık 54,5 °C dolayında sıcaklıklarda yapıldığından, bu durum önemli bir dezavantaj sayılmaz. Tankların son teknolojik türleri polipropilen ve teflon kaplı, çelik zırlı tanklardır. Teflon'un avantajı kromik aside karşı güçlü olup, yüksek sıcaklıklarda da çalışmaya imkan vermesidir. Tek dezavantajı, pahalı olmasıyla birlikte, diğer avantajlarının yanında buna deşmektedir.

<sup>30</sup> Gerçekte, kromun nasıl kaplandığı sorusunun cevabı tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Cr<sup>+6</sup> nin direkt olarak metalik kroma indirgenmediğini gösteren kanıtlar bulunmasının yanı sıra, katotta ince bir film tabakasının nasıl oluştuğu tam olarak net değildir. Ne olursa olsun, bir kaplamacı olarak sizin için önemli olan kromun kaplandığıdır.

## Krom Kaplama İçin Anotlar

Ticari olarak krom daima çözünemeyen anotlar kullanılarak kaplanır. Çünkü, krom %100 verimde çözünür ve çok daha düşük katot verimi ile kaplanır. Eğer çözünebilir anot kullanılsa idi, 6-7 kat fazla krom çözünecek (banyoda) bu da, banyonun krom tuzuna aşırı doymasına yol açarak, krom tuzlarının çökmesine ve daha başka problemlere yol açacaktı (Kromun çok pahalı olduğunu bahsetmeye gerek yoktur heralde).

En çok kullanılan, çözünmeyen anot tipi daha önce de bahsedilmiş olan, bakır veya çelik bir iskelet üzerine kurşun alaşımından mamul anotlardır (antimon veya kalay alaşımli). Seyrek de olsa yalın karbonlu çelik anotlar kullanılmakla birlikte, bunlar çok çabuk aşındığından (korozyona uğrayarak) çözünebilir çok miktarda demir karışmasına yol açarlar. Fakat acil durumlarda, özel işlerin yerine getirilebilmesi için kullanılabilirler. Daha başka, özel geliştirilmiş tipte çözünmeyen anotlar mevcuttur ki; örnek olarak platin kaplanmış titanyum gösterilebilir. Bu tipteki anodu kullanmak için harcanan fazladan maliyete değip değmediğinin yüzde yüz garantisi yoktur. Çözünmeyen anot konusundan söz etmek, bir sonraki konu olan – krom kaplamada güvenlik faktörleri konusuna geçmek için iyi bir sıçrama tahtasıdır.

## Krom Kaplamada Güvenlik Faktörleri

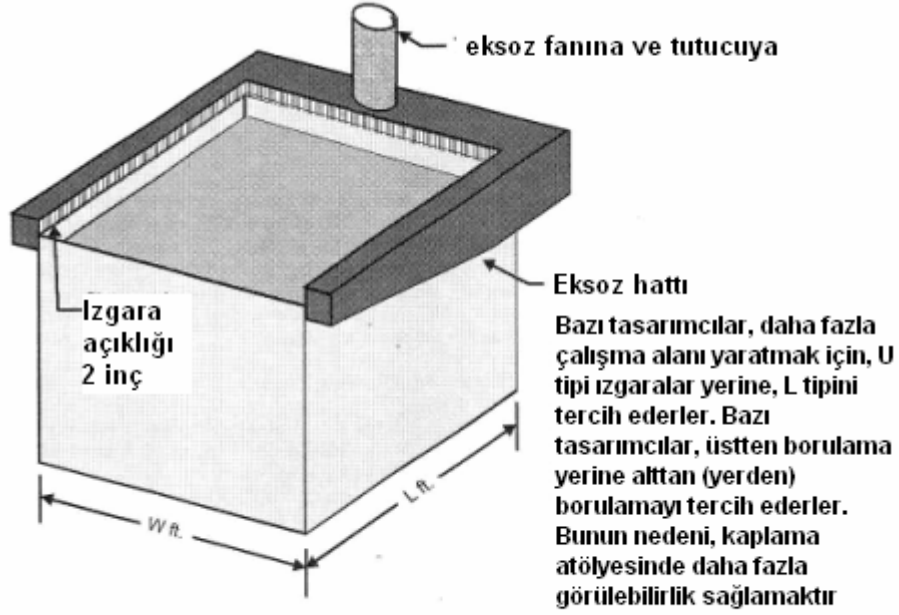
Krom kaplamada katot verimi çok düşük olduğundan, katottan hidrojen gazı salınımı büyük bir sorundur. Buna ek olarak, çözünmeyen anot kullanıldığından, anottan büyük miktarda oksijen gazı salınımı olmaktadır. Çözelti içinde yükselen bu gaz baloncukları ciddi miktarda enerjiye (yüzey enerjisine) sahiptir ki, baloncuklar patladığında gaz ile sıvı arasındaki ara yüzey zarar görür (tahrip olur). Çok küçük olan bu baloncuklar, çözelti yüzeyinde veya biraz üzerinde patladığında, kromik asit zerreciklerinin ince bir sprey veya buhar olarak ortaya çıkmasını sağlar. Kromik asit çok aşındırıcı (korozif) olup, ince sprey halindeyken solunması halinde buradaki mukoza zarının zarar görmesine yol açar. Bu ince zerrecikler özellikle ciltleri hassas insanlarda deri yanmasına sebep olur.

Bu nedenle, aşındırıcı zerreciklerinin solunmasını önlemek için, soluma bölgesinde gerekli ekipmanların kurulu olması gereklidir.

**Her şeyden önce, kaplama tankı, zerreciklerin bir emme sistemi ile uzaklaştırılması için gerekli ekipmanla donatılmış olmalıdır.** Tankta kullanılan bu tipteki emme sistemine “slot vantilasyon” adı verilmektedir. Şekil 13’te krom kaplama tankında kullanılan, “slot vantilasyon” sistemi görülmektedir.

Gerekli olan, asgari miktardaki emiş gücünü hesaplamak için kullanılan standart formül,  $Q=200LW$ ’ dir. Burada L= tank boyu (ft), W= tank eni (ft), Q= hava miktarı (feet<sup>3</sup>/dak) Önceleri, çarpan olarak 200 yerine 120 kullanılıyordu. Fakat, devletin sağlık birimlerinin çok kuvvetli dayatmaları sonucu, bugün faktör (çarpan) olarak 200 kullanılmaktadır. Emilen krom atmosfere salınmadan önce, kromu tutucu bir sistem gereklidir.





Şekil 13 Krom Tankı Ventilasyonu

Bazen emme-basma tipinde ventilasyon sistemi kullanılır ki, bir hatta hava verilirken, öbür hattan emiş sağlanır. Bu sistem ciddi miktarda ısı ve güç tasarrufu sağlamakla birlikte, sadece tankın kullanımına bir engel çıkartmazsa kullanılabilir (örneğin büyük parçaların tanktan çıkarılması gerektiği durumlarda engel teşkil edebilir). Bu tipteki sistemin kullanımı engelleyici tarafı, üfleme tarafında zerrelerin geçerek atölye havasına zararlı zerreciklerin doluşmasıdır.

**İkinci yardımcı tedbir** ise, plastik yüzen parçacıkların çözeltide yüzdürülmesidir (genelde polistiren veya polietilen esaslı). Plastik toplar veya çubuklardan oluşan kalın (yaklaşık 5 santimetre) bir tabaka, kaplama çözeltisi üzerinde yüzdürülür. Bu parçalar, kaplanacak malzemelerin çözeltideki hareketlerini engellemezken, zerreciklerin havaya karışmalarını engelleyerek değerli olan kromik asitin kaybını önlerler. Fakat, şekli ne olursa olsun, plastik parçacıkların uzun süreli kullanımları çeşitli problemlerin ortaya çıkmasına yol açacağından, bu yöntemden çok daha iyi olan 3. yöntemin uygulanması gereklidir.

**Üçüncü yardımcı tedbir**, yüzey aktif kimyasalları kullanmaktır. Bu kimyasallar, banyo yüzeyi üzerinde bir köpük battaniyesi oluşturarak kromik asit zerreciklerinin havaya karışmasını engellemektir. Birkaç yıl öncesine kadar bu yöntem pratik değildi. Bunun nedeni yüzey aktif kimyasalların, kromik asitin etkisiyle bozulmasıydı.

Florür içeren yüzey aktif kimyasalların geliştirilmesi ile ki, bu kimyasallar kromik asit ile oksitlenmezler; yeni yöntem uygulanabilir hale gelmiştir. Bu yöntem, problemin çözümü için oldukça etkili olup daha düşük güçte vantilasyon yapılabildiğinden maliyet ve ısı kaybında tasarruf sağlanabilmektedir. Ayrıca olumlu bir etki de banyonun yüzey gerilimi düşürülerek, kaplama çözeltisinin kaybının önüne geçilebilmesi olmuştur. Bu kimyasalların kullanılmasının tek dezavantajı, özellikle sert krom kaplama işinde; eğer kalın kaplama yapılırsa kaplama yüzeyinde küçük çukurcukların oluşmasına yol açarlar. Bu problem adi nemlendirici kullanımından veya uzun kullanım süresi boyunca nemlendirici iyi de olsa parçalanmasından kaynaklanmış olabilir. Bu bilgiyi aklınızda tutun. İleride bir gün işinize yarayabilir.

### Krom Kaplama Tankları Çevresinde Alınması Gereken Önlemler

Krom kaplamada tankları çevresinde çalışırken, kauçuk eldiven önlük ve kauçuk çizme giyilmelidir. Saf vazelin veya krom tankı çevresinde çalışırken kullanmak için özel olarak imal edilmiş kremi ellerinize sürün. Bazı çalışanlar burun deliklerine de vazelin sürerler. Eğer cildinize asit temas eder ise bol su ile yıkayınız. Eğer çalışma ortamınızda yoğun koku hissederseniz ya havalandırma ya da zerrecik arıtan kimyasallar görevlerini yapmıyor demektir. Bu durumda çalışmaya devam etmeyin, hemen ortamı terk edin ve ortamın havasının düzelmesini sağlayın.

***Doğru güvenlik kurallarına tam anlamıyla uyularak cilt problemlerinin oluşması ve benzeri tehlikelerin oluşması engellenir. Siz sadece dikkatsizce davranışlarda bulunmayın!***

### Krom Kaplama Banyosu Reçeteleri

Klasik kromik asit, sülfat bileşimli banyolar için en yaygın kullanılan 3 reçete vardır. Bu üçü içinde, en az kullanılanı en sonda listelenendir.

Bileşen	Reçete 1 (gr/lt su)	Reçete 2 (gr/lt su)	Reçete 3 (gr/lt su)
Kromik Asit	247	300	397
Sülfürik Asit	2,47	3	39,7

Reçete 1’ deki söz edilen sülfat iyonunu çözeltiliye geçirmek için alternatif yollar 16,7 gram potasyum sülfat ( $K_2SO_4$ ) veya 13 gram susuz sodyum sülfat ( $Na_2SO_4$ ) veya 23 gram magnezyum sülfat ( $MgSO_4$ ) kullanmaktır. Reçete 2 ve Reçete 3’te bu kimyasallar, orantılı olarak daha fazla miktarda kullanılabilir.

Bu banyoların kendilerine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. 247 gram/litre’ lik banyo ile daha uygun hızda kaplama işlemi yapılırken, süzüntü kayıpları en az olur. 397 gram/litre’ lik banyo ile daha yüksek “dağılma gücü” ve daha yüksek iletkenlik elde edileceğinden, aynı miktarda kaplama işlemi yapmak için daha az enerji harcanacaktır. Bunun yanında, süzüntü kayıpları daha yüksek olur. 300 gram/litre’ lik banyo ile bu ikisi arasında en optimum sonuçları almak mümkündür.

Eğer formülleri irdelerseniz göreceksiniz ki sülfürik asit miktarı kromik asit miktarının 1/100'üne eşittir. Kromik asit ile sülfat arasındaki orana “**kromik asit/sülfat oranı**” veya daha basitçe “**sülfat oranı**” veya “**katalizör oranı**” denir. Pek çok denemeler göstermiştir ki, eğer kaplama işleminin başarılı olması hedeflenirse yukarıda söz edilen oranın oldukça dar bir bant aralığında bulunması gereklidir. Eğer sülfat yeteri kadar kullanılmaz ise kaplanan krom, kahverengi olarak oksitlenir ve zamanla kaplama yok olur gider. Yüksek oranda sülfat kullanılır ise, zaten düşük olan “dağılma gücü” daha da kötüler. Genel olarak, eğer kromik asit, sülfat oranı 100 olur ise, en iyi sonucun elde edildiği görülmüştür.

***Bu 3 banyo için geçerli olmak üzere, oran 1 / 75 ile 1 / 125 arasında olabilmekte, en optimum sonuç 1 / 100 oranı ile sağlanmaktadır.***

### **Krom Kaplama Banyosunun Hazırlanması**

Krom kaplama banyosunu hazırlamadan önce, kromik asit aldığınız tedarikçiden, kromik asidin analizini isteyin. **Özellikle sülfatlar ve nitratlar açısından mümkün olan en az kirliliğe sahip olmalıdır.**

1. Tankı yarısına kadar su ile doldurun.
2. Tankın hacmine uygun olarak, kromik asit miktarını ayarlayın. Ayarlama, çözelti çizgiye kadar tamamlandığında<sup>31</sup> kromik asit konsantrasyonu 247 gram/litre olacak şekilde yapılmalıdır.
3. Kromik asidin içinde daima bir miktar sülfat içereceği gerçeğini göz önünde bulundurarak, uygun miktarda sülfürik asit ilavesi yapın.
4. Polistren veya polipropilen bir çubuk veya temiz bir tahta ile tankı çok iyi karıştırın ve işarete kadar su ilavesi yapın.

**Krom Kaplama Çözeltisinin Hazırlanması İçin Örnek:** Krom kaplama banyosunun tank boyutları 180 cm x 90 cm x 105 cm (derinlik)'dir. Duman ızgaralarının 15 cm altında bulunan çözeltinin tanktaki derinliği 90 cm'dir. Kromik asidin analizine göre, sülfat içeriği %0,05 (ağırlıkça) olup nitrat miktarı “sıfır”dır.

**Yöntem:** Çözeltinin hacmi ;  $18 \text{ dm} \times 9 \text{ dm} \times 9 \text{ dm} = 1458 \text{ dm}^3 = 1458 \text{ litre}$ 'dir. Birinci reçeteye göre (247 gr/lit) gerekli olan kromik asit miktarı;  $247 \text{ [gr/lit]} \times 1458 \text{ [lit]} = 360.126 \text{ gr}$  yani 360 kg 126 gr'dır.

<sup>31</sup> Tüm çözeltiler, her zaman için tanktaki işarete göre hazırlanmalıdır. İşaret tankın içinde kırmızı veya sarı ile boyanmış doğru çalışma seviyesini gösteren bir uyarıdır. Çözelti seviyesinin her zaman işarete olması, çözeltinin sürekli kontrol altında olduğunu gösterir.

Ağırlıkça %0,05 sülfat bulunmasının anlamı, 360,126 kg kromik asit çözündüğünde, tank içinde  $360,126 \times 0,0005 = 0,18$  kg sülfat bulunacak demektir. Eğer 100/1 oranında bir banyo hazırlanacaksa, tankın tamamı için  $360 \times 0,01 = 3,6$  kg sülfürik aside ihtiyaç vardır. Buradan;  $3,6 - 0,18 = 3,42$  kg sülfürik asit ilavesi yapılması gerektiği sonucu çıkar.

Yukarıdaki örnek, size çok ince hesaplamalar gibi gelebilir. Fakat sülfat miktarı çok önemli olduğundan, özellikle kromik asitteki sülfat oranı %0,02'den yüksek ise yukarıdaki gibi ince hesapların yapılması gereklidir.

Asidin ilave edilmesi için en iyi yöntem (66° Bome'lik) konsantre asidin dereceli silindirde ölçülerek ilave edilmesidir.

### **563,75 ml konsantre sülfürik asit, 1 kg ağırlığındadır.**

Buna göre, yukarıdaki örnekte kaplama banyosuna ilave etmek için  $3,42 \text{ kg} \times 563,75 \text{ ml/kg} = 1928 \text{ ml} = 1,928 \text{ lt}$  aside ihtiyaç vardır. Asidi banyo sabit bir hızda karıştırılırken ilave edin, **(asidi dökerken güvenlik maskenizi takınız!)** daha sonra “işarete” kadar tanka su doldurun ve karıştırmaya devam edin. Çözeltiyi bir süre kendi haline bırakın ve daha sonra kullanıma alın.

### **Krom Kaplama Banyosunun İşletilmesi**

Krom kaplama banyolarından parlak kaplama kalitesi elde edilebilmesi için dar sınırlar içindeki çalışma değerlerinde çalışılması gereklidir. Kontrol altında tutulması gereken değişkenler; “akım yoğunluğu”, “sıcaklık” ve “sülfat oranı”dır. Eğer parlak bir krom kaplama elde edilmesi arzu ediliyorsa, kaplanacak yüzeyin polisajının çok iyi yapılmış olması gerekir.

<b>Çalışma parametreleri</b>	<b>Reçete 1 (247 gr/lt)</b>	<b>Reçete 2 (374 gr/lt)</b>
Sıcaklık	51,7 °C	43,3 °C
Akım Yoğunluğu	10,8 – 21,7 A/dm <sup>2</sup>	12,3 A/dm <sup>2</sup>
Anot / Katot Oranı	1,25/1 – 1,75/1	1,25/1 – 1,75/1

Karmaşık grafikler çizilerek uygun işletme şartlarına ulaşmak mümkün olabilir, fakat yukarıda verilen bilgilere ek olarak aşağıdaki basit kuralları uygulayarak kendinize en uygun krom kaplama banyosu ile çalışmış olursunuz.

**1. Banyo sıcaklığı arttıkça, eğer daha önceki “dağılma”nın aynı kalmasını isterseniz akım yoğunluğunu da artırmalısınız. 247 gr/lt’lik banyoda, kaplamanın sonucu, arttırılmadan önceki kalitesinde ise, eğer “dağılma gücü” aynı kalırsa, sülfat oranı 120/1’e yükseltilmelidir. Aksi taktirde birazcık azalacaktır. Ayrıca dikkat edilmelidir ki, parlak kaplama yapılabilecek çalışma aralığı sıcaklığın artması ile daralacaktır.**

2- Eğer banyo sıcaklığını artırır, akım yoğunluğunu arttırmaz iseniz katot verimi düşecek ve kaplama zayıf olacak ayrıca nikel kaplamalar daha kolayca pasif<sup>32</sup> hale gelecektir.

3- Kromik asit miktarı, sıcaklık ve akım yoğunluğu sabit kalmak şartıyla, sülfat miktarı artırılır ise (sülfat oranı düşürülür ise) katot verimi iyileşecektir. 85/1 oranı geçildiğinde katot verimi tekrar düşmeye başlar. Sülfat oranı 100/1 değerini geçerse katot verimi düşecek ve nikel yüzeyinin pasivasyonu artış eğilimi gösterecektir.

### Fluosilikat ve Florür İçeren Krom Kaplama Banyoları

Katalizör olarak sadece sülfat iyonu içeren normal krom kaplama banyoları endüstride en yoğun kullanılan krom banyosu tipi olmakla birlikte, son yıllarda fluosilikat ve florür gibi katalizörler içeren krom kaplama banyoları da kullanılmaya başlanmıştır. Bu 2 tip katalizörün kullanımı ile katot akım veriminde iyileşme, aynı kalınlıkta yapılan kaplamanın süresinde %40'a varan zaman tasarrufu ve bir şekilde "dağılma gücü"nde iyileşme olmaktadır. Korozyondaki (aşınma) artış dezavantajı, uygun malzeme kullanarak ve çalışma ortamını daha dikkatli bir şekilde kontrol altına tutarak üstesinden gelinmiştir. Tescilli olarak satılan bu amaçla üretilmiş pek çok çözelti vardır ve bunların üreticilerinin adlarını bu dersin sonundaki referanslar listesinden edinebilirsiniz. Eğer kendi çözeltinizi üretmek isterseniz tavsiye edeceğim reçete aşağıdadır.

Bileşen	Derişim (gram /litre)
Kromik asit	250
Sülfürik asit	0,50
Fluosilisik asit	2,00
Çalışma parametreleri	Önerilen değerler
Sıcaklık	51,7 °C
Akım yoğunluğu	21,52 – 32,3 A/dm <sup>2</sup> (1,4 – 2,1 ASI <sup>33</sup> )

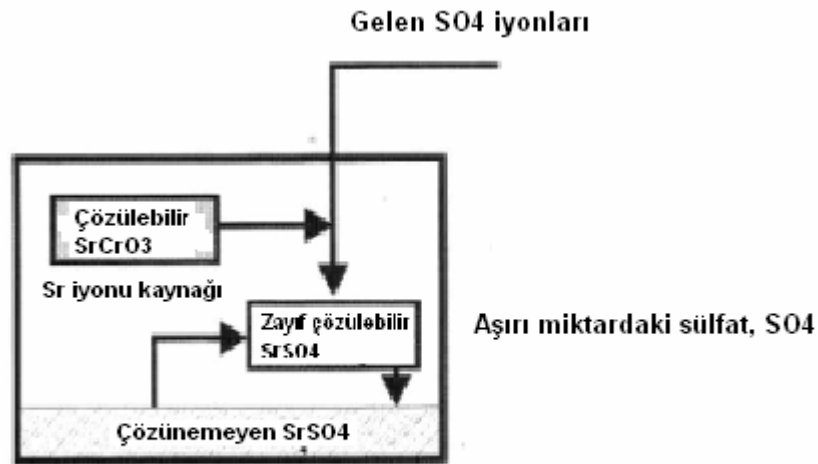
Eğer arzu edilirse, yukarıdaki reçetede fluosilisik asit yerine, potasyum florür (KF) formunda florür ilave edilebilir. Yukarıdaki reçeteye göre, fluosilisik asit yerine potasyum florür kullanılmak istense, ne kadar potasyum florür gerektiğini hesaplanmayı size bırakıyorum.

<sup>32</sup> Bu konuda daha fazla, bilgi, nikel kaplama konusunda anlatılacaktır.

<sup>33</sup> Amper/inç<sup>2</sup>

## Kendi Kendini Ayarlayan Krom Banyoları

Krom kaplama banyolarının çalıştırılmasında, eğer iyi bir kontrol sağlanmaz ise  $\text{CrO}_3/\text{SO}_4^{-2}$  oranının değişme eğilimi vardır. Bunun nedeni, kromik oksidin kromun kaplanması ile ve süzüntü kayıpları yoluyla banyodan uzaklaşmasıdır<sup>34</sup>. Bu arada, sülfat ve diğer katalizör iyonlar da süzüntü yoluyla banyoya girmektedir. Böylece, yukarıda söz edilen oran sapmış ve sonuçta elde edilen kaplama kalitesi bozulmuş olur. Bu sorunun çözümü için ticari bir çözelti geliştirilmiş ve problem oldukça düzenli bir yöntem ile halledilmiştir. Bu banyoda,  $\text{SO}_4^{-2}$  iyonunu elde etmek için her zaman kullanılan sülfürik asit yerine, çözelti içinde çok az çözünürlüğü olan “stronsiyum sülfat” ( $\text{SrSO}_4$ ) kullanılmıştır. Ayrıca, çözelti içinde bir miktar çözünürlüğü olan “stronsiyum kromit” ( $\text{SrCrO}_4$ ) de mevcuttur. Çözeltide daima fazla miktarda sülfat tuzları mevcuttur ve çözelti içinde göreceli olarak çözünürlükleri düşük olduğu için, tankın dibine çökerler. Bu çökelti, sülfat iyonları ihtiyacı için bir kaynak görevi görür. Şöyle ki; varsayalım, kaplama banyosuna herhangi bir tip asit daldırmasından çözülebilir sülfat karışıyor olsun. Stronsiyum iyonları hemen tepkimeye girerek  $\text{SrSO}_4$  oluşturur. Tank çözünme doygunluğuna ulaştığında, bu  $\text{SrSO}_4$  tank dibine çökmeye başlar. Sonuçta, kaplama banyosunun sülfat içeriği miktarı, kazara sülfat ilavesi yapılmadan önceki miktarına eşit hale gelir.



Şekil 14. Kendi Kendini Ayarlayan Krom Banyoları

Yukarıda söz edilenlerin tersi bir durumda da, varsayın ki; kaplama banyosundan, gereğinden daha fazla miktarda sülfat uzaklaştırılmış olsun. Bu durumda, tankın dibine çökmüş olan çökeltiler, çözelti içinde çözünür ve çökeltilerdeki sülfat miktarı korunmuş olur. Durum, Şekil 14’te şematik olarak gösterilmiştir.

<sup>34</sup> Kaplama; çok az bir miktarı absorbe eder (kendi bünyesine alır).

Stronsiyum bu amaçla kullanılabilir olan, doğru çözülebilirlik özelliklerine sahip az miktardaki tuz türünden biridir<sup>35</sup>. Bu yüzden, kalsiyum ve baryumun hem sülfat, hem de kromat tuzlarının çözünebilirlikleri çok düşük olduğundan bu amaçla kullanılamazlar. (Baryum sülfatın 1 litre su içindeki çözünürlüğü 0,0002 gr. olmasına karşın, stronsiyum sülfatın 1 litre su içindeki çözünürlüğü 0,1 gr.dır).

### **Krom Kaplama Banyosunun Kontrolü**

**Sıcaklık:** Krom kaplama banyosunu ısıtmak için, uygun bir termostat ile kontrol edilen, kurşun alaşımli buhar bobinleri kullanılır. Daldırma tipi kuartz ısıtıcılar da kullanılabilir. Birlikte, eğer banyoda florür mevcutsa bunların kullanımı tavsiye edilmez. Bobinler, bipolar (çift kutup) etkisi hiç olmayacak veya minimum olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu amaca ulaşmak için genelde uygulanan yöntem, ısıtıcı bobinin anodun arkasına yerleştirilmesidir. Banyonun hacmi büyüdükçe, ısı eşanjörü kullanımı daha tercih edilen yöntem olmaktadır. Isı eşanjörünün borularında ve çözelti ile temas eden yüzeylerinde kurşun alaşımları (%45 Sn veya %6 Sb), tantal veya payreks cam tercih edilmelidir. Eğer banyoda florür mevcut ise, ki bu pek çok ticari çözelti içinde bulunmaktadır, ısı eşanjörü malzemesi olarak tantal veya teflon kaplanmış bobinler tercih edilmelidir.

Daha önceki anlatımlarından çıkarabileceğimiz gibi, krom kaplamada sıcaklık çok önemli bir parametredir. **İyi çalıştırılan bir krom kaplama banyosunda, sıcaklıktaki sapma en fazla 1,5 °C olmalıdır. Tercih edilen sıcaklık sapma değeri en fazla 0,5 °C'dir.** Bazen banyo sıcaklığındaki 1,5 °C'lik bir oynama, normalde parlak kaplama yapılan akım yoğunluğunun işe yaramamasına, dolayısı ile pek çok ıskartanın ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Bu tür problemleri, hassas bir sıcaklık kontrolü uygulayarak ortadan kaldırın. Böylece para tasarrufu da sağlamış olursunuz.

İşe yeni başlayan kaplamacıların ve hatta bazı uzmanların da çok sık yaptıkları hatalardan biri de, soğuk malzeme alıp, soğuk suda durulayıp, krom banyosuna daldırıp hemen akım vermektir. Daha sonra ise niye banyo görevini yapmıyor diye merak ederler! Eğer ortada bunu yapmak için özel başka bir gerekçe yok ise, banyoya sokulan kaplanacak parçanın sıcaklığının banyo sıcaklığına eşit olmasının sağlanması gereklidir.

**Kromik Asit İçeriği:** Günlük çalışmalarda Bome Hidrometresi ile kolaylıkla kontrol altına alınabilir. Bir çözeltinin kromik asit miktarını test etmek için çözeltiyi oda sıcaklığına kadar soğutun (test için birazını dereceli silindire alabilirsiniz) ve sudan daha ağır sıvılar için kullanılan Bome Hidrometresini sıvının içine bırakın. Bome belli bir derinliğe kadar sıvı içine batarak yüzer halde kalacaktır, skala üzerinde 20° ila 40° Bome okunmalıdır. Tablo 5'ten yaklaşık kromik asit derişimi belirlenebilir.

Dikkat ettinizse “yaklaşık derişim” ifadesini kullandık. Bunun nedeni, pratik olarak hemen hemen saf kromik asitten bahsedilmekte ve Bone Hidrometresi de, oldukça doğru miktarı belirleyebilmektedir. Fakat, çözelti eskidikçe, bazı demir tuzları ve 3 değerlikli krom gibi diğer maddelerin varlığından dolayı, elde edilen değer doğru kromik asit miktarının tanımlanmasına imkan vermez.

<sup>35</sup> Bazı ikili bileşik tuzlar da, tatminkar sonuç vermektedirler.

Bu nedenle kromik asit miktarı, (size vereceğim zaman programına göre) zaman zaman “kimyasal analiz” ile belirlenmelidir.

Bome Derecesi	Kromik Asit (gr/lit)	Bome Derecesi	Kromik Asit (ons/galon)
20	229,2	26,5	321,3
20,5	235,9	27	329,5
21	242,6	27,5	337
21,5	249,4	28	344,5
22	256,1	28,5	352,7
22,5	262,9	29	361
23	269,6	29,5	368,5
23,5	277,8	30	376
24	286	30,5	385,7
24,5	292,8	31	394,7
25	299,6	31,5	404,4
25,5	306,3	32	421,6
26	313,8		

### Kimyasal Analiz ile Kromik Asit

Standart krom kaplama banyolarındaki kromik asit miktarının belirlenebilmesi için kullanılan “hidrometre” metodu yeterince iyi bir yöntemdir. Yeterince iyi olmasının nedeni, her ne kadar sülfat bulunuyorsa da, kromik asit miktarı ile karşılaştırılacak olursa bu göz ardı edilebilir bir miktar olup, hidrometreden okunan değeri etkilemez. Fakat daha önce de söz edildiği gibi, banyo eskidikçe demir tuzları gibi kirletici tuzlar banyoda birikmeye başlar. Bunlar da hidrometrenin doğruluğunu saptırırlar. Size bu zorluğun üstesinden gelmenizi sağlayacak bir yöntem göstereceğim.

**Gerekli Kimyasallar:** 1 N sodyum karbonat çözeltisi

**Yöntem:** 500 ml’lik erlene 10 ml çözelti numunesi koyun. (**Zehirli çözeltileri nakletmek için ağız pipeti kullanmayın**). 300 ml saf suyla seyreltin. %20 lik nötr bakır sülfat çözeltisinden 2 ml ekleyin. Bulanık bir görüntü alınca kadar (ilk bulanıklık görüntü görülene kadar) 1 N Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile titre edin.

**Hesaplama:** Kullanılan 1 N sodyum karbonat ... [ml] x 11,983 = ... [gr/lit]. Banyo içindeki kromik asit miktarı.

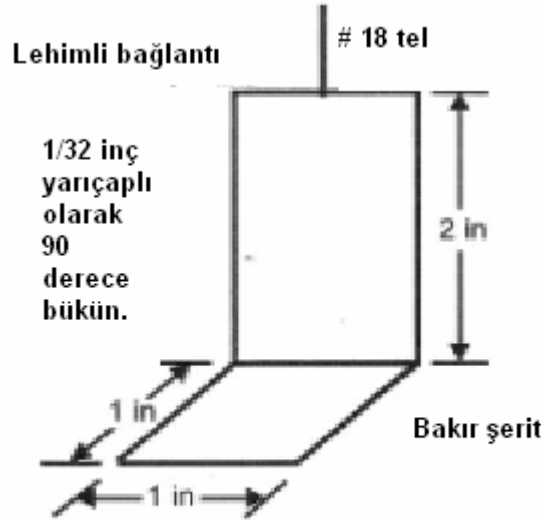


## Sülfat Oranı

Bir krom kaplama banyosu içinde bulunan sülfat miktarı, basit bir sülfat test kiti yardımı ile kolayca belirlenebilir. Baryum sülfat çökeltisi santifrüj edilir ve hacmi ölçülür. Santifrüj metodu ile %2 hassasiyetle ölçüm yapılabilmesine rağmen, bu hassasiyet çoğu durumda yeterli gelmektedir.

Gerçekten hassas bir kontrol için, baryum çökeltisinin “**gravimetrik**” analitik yöntem ile tartılması kullanılabilir. Çoğu durumda, gerekli olduğunda dahi bu yöntem çok seyrek kullanılan bir yöntem olduğundan burada söz edilmeyecektir. Eğer bu konuda, ayrıntılı bilgi edinmek istenirseniz, bu dersin sonunda verilen referanslara başvurabilirsiniz.<sup>36</sup>

“Sülfat oranı” hakkında çok iyi fikir verebilen bir diğer test de “**eğri katot testi**”dir. Bu testte biraz deneyim kazanarak, kimyasal analiz yöntemiyle elde edilecek sonucun %5’i doğrulukta tanımlama yapmak mümkündür. Aşağıda bunun nasıl yapılacağı anlatılmaktadır. Şekil 15’te gösterildiği gibi bir dizi kıvrılmış bakır şerit hazırlayınız.

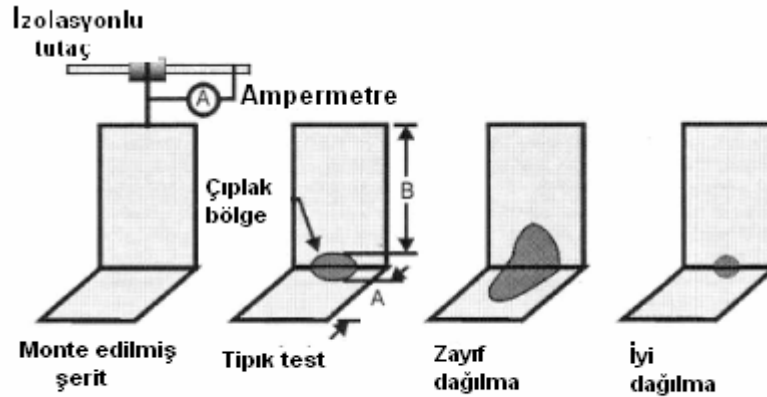


Şekil 15. Oran Test Şeridi

Bakır şeritlerin polisajı yapılmış olmalıdır. Bir bakır şerit temizlenir ve anotlardan birinin tam karşısında, katot barasına bir ampermetre ile tutturulmuş şekilde (Şekil 16) krom kaplama banyosuna daldırılır. Örneğin 13 A/dm<sup>2</sup> gibi büyüklüğü bilinen bir akım yoğunluğu uygulandığında, bakır şeridin üzerine kaplanan kromun çoğu şeridin kenarlarına ve akımın en yüksek olduğu kenar yüzeylerine kaplanır (**2. Ders’e** bakınız). Kaplanan bölgenin büyüklüğü, bize çözeltinin “**dağılma gücü**” hakkında bilgi verir.

<sup>36</sup> 5. Ders’in referanslar bölümünde, volumetrik yöntem ile ilgili bilgi edinmek mümkündür.

Eğer kısa bacağıın boyu 16'ya bölünür ise, A ile gösterilen bölgenin boyu, “dağılma gücü”nün ölçüsünü gösterir. A'nın boyu uzadıkça, “dağılma gücü” de daha iyileşiyor demektir. Hemen hemen iki çözeltinin birbirine denk olduğu durumlarda, B ile gösterilen bölgenin boyunun artması, daha iyi “dağılma gücü”nün elde edilmesi anlamına gelir.



Şekil 16. Sülfat Oran Tesi

Test için şeridi kullanırken; hazırlanmış banyo ile çalışma sırasında, şeridi bir çengele asın ve banyonun çalıştırılması için kullanılan akım yoğunluğunda test edin. Bir anoda bakan şeridin yüzey alanı  $19,35 \text{ cm}^2$  olmalıdır. Eğer kaplama işinizin çoğunu  $13 \text{ A/dm}^2$  ile yapıyorsanız, bunun anlamı şekilde gösterilen parçadaki akım yoğunluğunun (ampermetrede okunan değer)  $2,5 \text{ Amper}$ 'in üzerinde olması gerektiğidir. Şeridi, 15 saniyelik bir süre için kaplayın ve yıkayıp kuruttuktan sonra A ve B boyutlarını ölçün. Sülfat oranı düştükçe, “dağılma gücü” pratikte yok olana kadar A boyutu da küçülecektir. Zaman içinde deneyim kazandıkça, banyodaki sülfat oranını en uygun noktaya getirmek için eklemeniz gereken kromik asit miktarını kendiniz bulacaksınız. Bu miktar, hidrometre veya kimyasal test yöntemleri ile yaklaşık olarak bulunan miktarlara uygun olacaktır.

Diğer taraftan eğer oran artarsa, dağılma gücü bir miktar artabilir (A boyu uzar), fakat öyle bir noktaya ulaşılır ki, kaplanan kromun rengi değişir veya açık kahverengiye doğru kayar. Bu durumda, “A boyu” olması gereken miktara gelene kadar çözeltiliye sülfat ilavesi yapılmalıdır. Yeterli deneyime ulaşana kadar, yukarıda söz edilen testleri küçük bir banyoda yapmalı ve büyük (asıl) banyodaki değerleri değiştirirken orantılı olarak yapacağınız hesaplara göre ilave yapmalısınız.

Eğer şansınız yaver giderse, kromik asit doğru miktarda iken sülfat miktarı artar; olması gerekenden fazla olan sülfat, baryum sülfat olarak çökerek banyodan uzaklaşmış olur. Bunu yapmak için, uzaklaştırmanız gereken sülfürik asitin her 1 gramı için, 4 gram baryum hidroksit ilavesi yapmalısınız. İlk önce baryum kromat çökeltisi oluşup, daha sonra kimyasal tepkime ile baryum kromat, baryum sülfata dönüştürüldüğü için, bu işlem uzun zaman alır.

Bu nedenle, eğer sülfat miktarı çok aşırı artış göstermedi ise banyodaki oranı olması gereken noktaya getirmek için banyoya biraz fazla kromik asit ilavesi yapmak yeterlidir. Bu hareket, kaplama kalitesinin derhal iyileşmesine ve tankın dibinde çökelti oluşmamasına imkan verir. Tanktan çeşitli yollarla kayıpların olması, kaplama banyosunun normal derişime ulaşmasını sağlar.<sup>37</sup>

**ÖRNEK 9:** 3785 litrelik krom kaplama tankınız var (247 gr/lt). Yapılan test sonucu, 247 gr/lt kromik asitte 2,85 gr/lt sülfat bulunduğu tespit ediliyor. Bu çözelti için 100/1 oranı kullanılıyor ise, durumu düzeltmek için ne yapmalısınız?

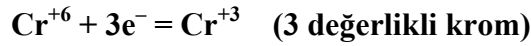
**CEVAP:**

**1. Yol:** Oranı tekrar 100/1' e denk getirmek için, banyonun 285 gr/lt kromik asit içermesine ihtiyacınız vardır. Bu nedenle, banyoya  $(285 - 247) \times 3785 = 143830$  gr veya  $143830/1000 = 143,83$  kg ilave yapılmalıdır.

**2. Yol:** Sülfatı miktarını 100/1 oranına getirmek  $(247/100 = 2,47$  gr/lt olacak şekilde ayarlamak) için uzaklaştırmanız gereken miktar;  $(2,85 - 2,47) \times 3785 \times 4 = 5753$  gr baryum hidroksit ilave etmek gereklidir. Hidroksit, çözelti karıştırılırken yavaşça ilave edilmelidir ve daha sonra çözelti tekrar kullanılmaya başlamadan önce, tercihen 1 gece boyunca dinlenmeye bırakılmalıdır.

### 6 Değerlikli Krom Banyolarında Bulunan 3 Değerlikli Krom:

Kaplama banyosunda, suyun katotta ayrışması sonucu hidrojen oluşmasının yanı sıra, iki tane daha önemli katodik işlem (tepkime) gerçekleşir:



İlk tepkimede, 6 değerlikli kromun 6 elektron alarak, katotta krom metali olarak kaplanması, doğal olarak bir kaplamacı açısından son derece önemlidir. Bu, durumun basit bir görüntüsüdür. Her ne kadar 6 değerlikli kromun direkt olarak metale indirgeneceğini belirten kanıtlar varsa da, bazı ara tepkimeler de oluşmaktadır ki, elektrik enerjisinin boşa sarf edilmesi açısından kaplamacıları kaygılandıran bir durumdur. Bu ara tepkimeler sonucu, 6 değerlikli krom, kolaylıkla metalik kroma dönüşmeyen 3 değerlikli kroma dönüşür. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, iyi krom kaplama kalitesine ulaşmak için az miktarda 3 değerlikli krom iyonlarına ihtiyaç olmakla birlikte, miktar aşırıya kaçarsa elektrik enerjisinin boşa harcanmasına yol açar. Buna ilaveten, katot verimi düşer ve 22,5 gr/lt miktarı aşılar ise kaplamanın rengi grileşmeye başlar.

Size, birazdan vereceğim bir zaman programı çerçevesinde, banyo içindeki 3 değerlikli krom miktarını zaman zaman kontrol etmenizi tavsiye ederim.

<sup>37</sup> Diğer bir çözüm de, kaplama banyosunun bir miktarını atıp, kaybolan kromik asidi telafi etmektir. Buradaki tek problem, atılan çözeltiye ne olacağıdır. Atıksu arıtma tesisine gönderilebilir fakat bunun arıtma giderlerinize yansıtacağı malumdur, veya kısa bir süre saklanabilir ve ayarlamalarda kullanılabilir. Fakat çevresel kısıtlamalardan dolayı, bu tür kimyasalların sadece çok kısa bir süre için saklanmasına izin verilmektedir.

### 3 Değerlikli Krom Testi:

1. Kaplama banyosundan 10 ml numune alın ve bunu bir balon jöjenin içine koyup, saf suyla 500 ml'ye seyreltin. **(Zehirli çözeltileri nakletmek için ağız pipeti kullanmayın)**. Çalkalayın. Seyreltilmiş bu çözeltiden 10 ml numune alın (buna aliquot – tambölen miktar da denir) ve 250 ml'lik erlene nakledin.
2. 0,2 gr. sodyum peroksit ilave edin (**Dikkatli şekilde!**) ve 30 dakika boyunca kaynatın, daha sonra 100 ml su ilavesi yapın.
3. 2 gr. amonyum bifloriür ve 15 ml. hidroklorik asit ilave edin. Çözeltiyi oda sıcaklığına soğutun.
4. Çözelti oda sıcaklığına ulaştıktan sonra, %10 luk potasyum iyodür çözeltisinden 10 ml ilave edin.
5. Çözeltiyi, rengi koyu kahverengiden açık sarıya dönüşünceye kadar 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edin.
6. Şimdi, 3 ml nişasta indikatör çözeltisi ilave edin (%10 luk). Çözeltinin rengi koyu maviye dönecektir.
7. Mavi renk kaybolup, 1 dakika içinde tekrar oluşmayana kadar 0,1 N tiyosülfat ile tekrar titre edin. Toplamda kullandığınız tiyosülfat miktarını (ml.sini) not alın.

### Hesaplama:

**... [gr/Lt] Toplam kromik asit miktarı = ... [ml] Kullanılan tiyosülfat miktarı x Tiyosülfatın normalitesi x 166,27**

Elde edilen rakamdan, sodyum karbonat kullanılarak yapılan düzenli testin sonucunda sağlanan kromik asit miktarını (gr/Lt) çıkarın. Bulduğunuz bu farkı 3,895 ile çarparak, 3 değerlikli krom miktarını, [gr/Lt] cinsinden elde edebilirsiniz.

---

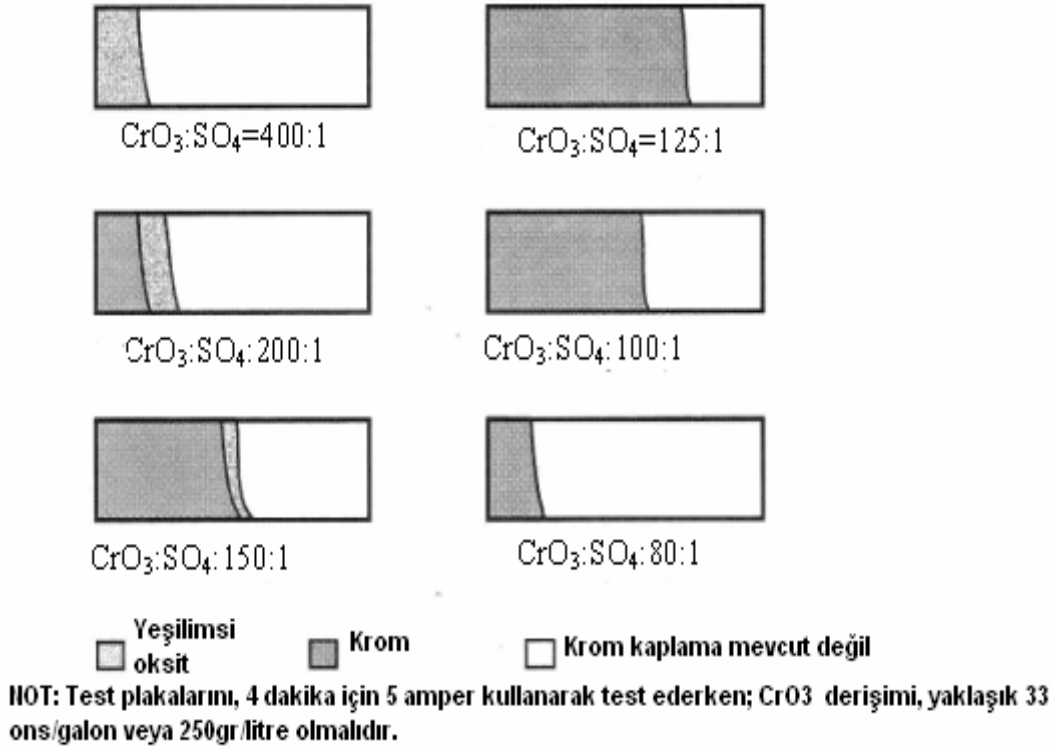
**ÖRNEK #10:** Karbonat titrasyonu ile, kromik asit 258 gr/Lt olarak ölçülmüştür. 3 değerlikli kromun, sodyum peroksit işlemi ile oksitlenmesinden sonra, titrasyon 287 gr kromik asit değerini göstermektedir. Buradan, 3 değerlikli krom miktarı =  $(287 - 258) \times 3,895 = 112,95$  [gr/Lt] bulunur.

---

### Banyonun Kontrolü için Hull Cell Kabı'nın Kullanımı

Krom kaplama banyonuzun kontrolü için, eğri katot testine alternatif olarak, kadmiyum kaplama konusunda sözü edilmiş olan Hull Cell kabı yöntemini veya bu kabın biraz değişikliğe uğramışını kullanabilirsiniz. Şekil 17'de tipik test levhalarında oluşacak şekiller görülmektedir.

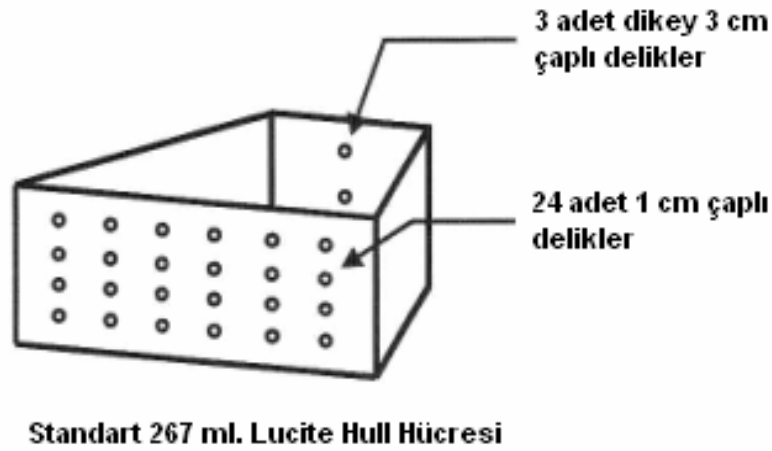
Tercih edilen yöntem; pirinç test levhasının<sup>38</sup> önce parlak nikel ile (eğer var ise, hatalar, nikel kaplama sayesinde daha kolay görülebilir) 2-3 dakika kaplanması, durulanması ve sonra krom ile kaplanması şeklindedir.



Şekil 17. Hull Hücresi Panelleriyle Sülfat Oranı

Değişikliğe uğramış Hull Cell kabı testinde ise, Şekil 18’de gösterildiği gibi, bir Lucite Hull Cell kabına 10 mm.lik delikler açılır ve daldırma tipi bir kuartz ısıtıcı kullanarak, Payreks kavanoz vb. elverişli bir kaptaki test gerçekleştirilir. Bu değişikliğin gerçek kaplama şartlarını 2 kat iyileştirdiği iddia edilmiştir.

<sup>38</sup> Düzgün nikel kaplama elde etmek için, levhayı (Hull Cell kabında değil) nikel kaplama banyosunda kaplayın.



Şekil 18. Modifiye Edilmiş Hull Hücresi

### Çatlaksız Krom

Krom metali, genellikle oldukça yüksek oranda gerilmeye sahip formda kaplandığından çatlama eğilimindedir. Oluşan çatlaklar çekme gerilmesi sonucu oluşur ki, miktarı 100.000 psi kadar yüksek bir değere ulaşabilir. Doğaldır ki bu durum kaplamada gözeneklerin oluşmasına yol açar. Daha sonra ki bölümlerde göreceğiniz üzere, oluşan bu gözenekler bazı durumlarda yağlama açısından arzu edilebilir olacaktır. Diğer taraftan, bazı durumlarda arzu edilmezler çünkü, altındaki ana metalin paslanmasına yol açarlar.

Aşağıdaki bileşime sahip bir kaplama banyosu ile çatlaksız krom kaplama elde etmek mümkündür:

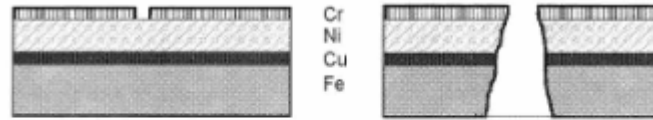
Bileşen	Derişim (gr/lt)
Kromik Oksit	352
Sülfürik Asit	2,25
Çalışma Parametreleri	Önerilen Değerler
Sıcaklık	54 °C
Akım Yoğunluğu	16 – 27 A/dm <sup>2</sup>

0,75 mikrondan daha kalın yapılan kaplamalarda çatlaklar oluşur.

Ayrıca; ticari olarak satılan, çatlaksız krom kaplama elde edilebilen çözeltiler de bulunmaktadır.<sup>39</sup> Referans listesinden, tedarikçilere ulaşmanız mümkündür.

### Mikro-Çatlaklı Krom

Nikel üzerine dekoratif amaçla krom kaplanırken, korozyona dayanım açısından bakıldığında, eğer krom kaplama üzerinde çok ince çatlaklar mevcutsa daha iyi sonuç alınır. Bu durum size oldukça acayip gelebilir fakat, görüldüğü kadar acayip bir durum değildir. Normal krom kaplama, alttaki nikel göre katodiktir. Bunun anlamı, nikel maruz kaldığında çözünecektir. Eğer krom kaplamada çatlak mevcut değilse başka bir deyişle gözenekli değilse, zayıf nikel katmanı için mekanik koruma var demektir. (kadmiyum kaplama konusunda söz edilen konuya bakınız). Bununla beraber, normal kaplamalarda olduğu üzere, eğer krom kaplamada az miktarda çatlaklar mevcut ise, (çatlaksız tip olsa bile) aşındırıcı kimyasal madde buradan sızar ve nikeli yoğun şekilde korozyona uğratar (Şekil 19). Küçük bir anodik bölge ve göreceli olarak daha geniş katodik bölge oluşmasından dolayı derin karıncalanmalar meydana gelir, nikelin de altına sızan koroziv kimyasal madde, korozyona meyilli ana malzemeyi çabucak etkiler, korozyon hızla yayılarak malzemeyi çürütür ve zarar görmesine yol açar.



Bir adet korozyon bölgesi, gittikçe derine işler.  
Sonuçta, demir ana parça korozyona uğrar.

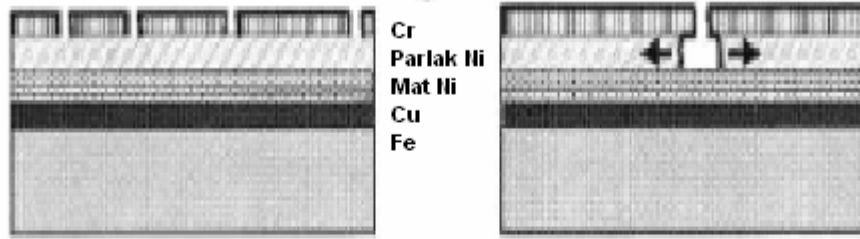
Şekil 19. Yoğun Korozyon

Diğer taraftan, krom kaplama üzerinde pek çok çatlak olur ise, her ne kadar aşındırıcı kimyasal maddenin, alttaki nikel ile ulaşma şansı varsa da, anodik bölge ile katodik bölgeler hemen hemen birbirine eşit olacağından, korozyon şiddeti oldukça küçük kalacaktır.<sup>40</sup>

Nikel yüzeyindeki korozyon son derece sığ kalacak en alttaki ana metale son derece az nüfuz etme durumu olacaktır (Şekil 20).

<sup>39</sup> Kullanılan tipik ilave maddesi indiyum sülfattır.

<sup>40</sup> Anot/Katot alanlarının oranını artırdıkça anodik akım yoğunluğu düşer ve böylece aşındırıcı maddenin saldırısı son derece sığ kalır.



Pek çok gözenekten dolayı, korozyon etkisi az yoğunlukta olacak, sadece "parlak Ni" katmanı etkilenecektir.

Şekil 20. Yaygın Korozyon (İkili Nikel)

Sıradan krom kaplama banyoları ile üretilen çatlaklı krom kaplamalar burada işe yaramaz. Mikro-çatlaklı krom kaplama yüzeyi deyiminden anlaşılması gereken şudur: 2,5 santimetrelilik bir çizgi üzerinde en az 1000 adet çatlak olmalıdır! Çatlak genişlikleri çok küçük olduğundan çıplak gözle görülemez, en az 100 kat büyütme mikroskop aracılığı ile görülebilir.

Mikro-çatlaklı krom kaplama elde edilebilmesi için çeşitli yöntemler mevcut olup, bunlardan biri de selenyum katılmış kimyasallar kullanmaktır. Fakat bunların çoğu patentli olup, patentli çözeltiler kullanılmasını gerektirir. Krom kaplamanın çatlaklı yapıda olması için; başka düzenlemeler de yapılması gerekmektedir. Akım yoğunluğu artırılmalı, kaplama banyosunun sıcaklığı ve kromik asit derişimi düşürülmelidir. ***Eğer mikro-çatlaklı krom kaplama elde etmek istiyorsanız, piyasada satılan tescilli krom kaplama çözeltilerini kullanmanızı şiddetle tavsiye ederim.*** Fakat kendiniz yapmaya hevesli iseniz, aşağıda size vereceğim 2 çözeltiyi hazırlamayı da deneyebilirsiniz.

Aklınızdan çıkarmamanız gereken nokta; eğer mikro-çatlaklı krom kaplama ile çalışıyorsanız, kaplama kalınlığı çok fazla olursa krom kaplamadaki çatlaklar alttaki nikel kaplamayı da çatlatır ve mikro-çatlaklı krom kaplama yapmaktaki amaca ulaşamamış olursunuz. Bu yüzden krom kaplama kalınlığının 0,75 mikrondan fazla olmaması önerilir.



<b>Çözelti #1</b>		
<b>Bileşen</b>	<b>Çelik üzerine kaplama için gerekli şartlar</b>	<b>Çinko üzerine kaplama için gerekli şartlar</b>
Kromik Asit	375 gr/lt	412 gr/lt
Sülfürik Asit	3,75 gr/lt	2,9 gr/lt
Sıcaklık	49 °C	49 °C
Akım Yoğunluğu	16 A/dm <sup>2</sup>	16 A/dm <sup>2</sup>
Malzemeyi; 5-8 dakika süreyle kaplayınız. Eğer girintili – çıkıntılı bir parça ise daha uzun sürede yapabilirsiniz. Parçayı durulayın ve ikinci banyoya alın.		

<b>Çözelti #2</b>		
<b>Bileşen</b>	<b>Çelik üzerine kaplama için gerekli şartlar</b>	<b>Çinko üzerine kaplama için gerekli şartlar</b>
Kromik Asit	187 gr/lt	225 gr/lt
Sülfürik Asit	1 gr/lt	1,25 gr/lt
Fluosilikat olarak Florür iyonu	1,5 gr/lt	1,9 gr/lt
Sıcaklık	54 °C	54 °C
Akım Yoğunluğu	10,7 A/dm <sup>2</sup>	11,8 A/dm <sup>2</sup>
5-8 dakika süreyle kaplayın, çok iyi durulayın ve tekrar su altında yıkama yapın.		

### **Dolapta Krom Kaplama**

Krom çözeltisi ile dolapta kaplama yapmanın bazı zorlukları vardır. Bunlar, düşük dağılma gücü, düşük katot verimi ve gerektirdiği yüksek akım yoğunluğudur. Gerçeği söylemek gerekirse, küçük parçaların dekoratif amaçlı kaplanması için uygun olup, çok az durumda, parçaların başarılı bir şekilde sert krom kaplanması sağlanabilmektedir ki, buna örnek olarak dişçilikte kullanılan aletler gösterilebilir. Aşağıda, bilmeniz gereken bazı hususlar belirtilmiştir:

1. **Kaplama çözeltisinin, florür tipi olması şarttır.** Size lazım olan en yüksek dağılma gücü ve verimlilik, bu tipteki çözeltilerle elde edilmektedir.
2. **Katalizör/kromik oranı, en yüksek dağılma gücü elde edilecek şekilde ayarlanmalıdır.** Bu, gerçekten de şarttır.
3. **Metal yapılı özel bir dolap ve içinde anot olması gereklidir.** Bu ev yapımı dolaplar ile gerçekleştirilemez. Parti parti veya sürekli üretim işleri için özel tasarımı dolaplar almalısınız.<sup>41</sup> Kalın sert krom kaplanacak işler için parti tipi dolap seçilmelidir.

<sup>41</sup> Ders sonunda krom kaplama varilleri ile ilgili referansları bulabilirsiniz.

4. **Eğer kaplanan malzemeler dolap ile temas ederse, malzemeler kaplandıkça, onlarla birlikte dolabın içi de kaplanacaktır.** Bu demektir ki dolaba aşırı mal yüklemesi yapılamaz, kaplanacak parçaların üzerinde yeterli boşluk bırakılmalıdır. Varil hızı 0,5 devir/dakika'dan (0,5 rpm) daha hızlı olmamalıdır. Bunun nedeni, iyi kontak halinde olmasından emin olunmak istenmesidir. Kaplanacak malzemeler birbirlerine sıkı sıkıya temas halinde olmamalı, serbest hareket etmelidirler, aksi takdirde bütünüyle kaplanamazlar.
5. **Çalışma sıcaklığı genellikle oldukça düşük olup, yaklaşık 32 °C civarındadır.** Bunun anlamı kaplama hızının da düşük olduğudur (normal devamlı krom kaplama tankı çözeltilerine göre 3-6 kez daha yavaştır).
6. **Gereksinim duyulan en düşük gerilim, normalde 12 Volt'tur.** Kullanılacak toplam akım, kaplanacak parçalara, mal miktarına ve krom kaplama çözeltisinin kirlilik derecesine bağlıdır. Fakat uygulanan gerilimin, toplam direncin üstesinden gelebilecek büyüklükte olması gereklidir.
7. **Süzüntüyle oluşacak büyük miktarda çözelti kayıplarını önlemek için büyük özen göstermelisiniz.**

### Sert Krom Kaplama

Parlak veya hafif donuk krom kaplama son derece serttir.<sup>42</sup> Çok düşük sürtünme katsayısına sahip olduğundan<sup>43</sup>, kolaylıkla kavramaz. Bu nedenle krom kaplama çoğunlukla, iş aletlerinin, kalıpların, silindirlerin vb. aşınma dirençlerini arttırmak ve yüzeyi korozyona karşı dirençli hale getirmek için yapılır.

1. **Sert krom kaplama için kullanılan banyo ile, dekoratif amaçla kullanılan banyolar temelde aynıdır.** Sert krom kaplamada; kaplama kalınlığı, dekoratif kaplamadakine göre daha fazladır.
2. **Sert krom kaplamada, hayati olan nokta, kromun, kaplanmış olduğu çelik parçanın üzerine çok iyi yapışmasıdır** (bazen çelik haricinde başka metaller de kullanılır). Bu nedenle, esas metal ile krom kaplama arasında çok iyi atomik bağ oluşmasını temin etmek için çok özel temizleme işlemleri uygulanır. Yani; bağ kuvveti en az 10.000 psi olmalıdır (bağ kuvveti 50.000 psi'ye kadar yükselebilir).

<sup>42</sup> 900-960 Elmas piramit sertliği.

<sup>43</sup> Krom üzerinde kromda 0,14

3. **İlave olarak bir diğer husus da; kaplamalar nispeten kalın olduğundan, kaplama yüzeyinin pürüzlü, kaba yapıda olmamasına dikkat edilmelidir.** Pürüzlü yapı, kaplama sonrası yapılacak taşlama ve laplama işçiliğinin artmasına, dolayısı ile maliyetin artmasına = kârın azalmasına yol açar!

### Özel Temizleme İşlemleri

Aşağıda, sert krom kaplama öncesi, uygulanabilecek bazı tipik temizleme işlemlerini bulabilirsiniz. Diğer işlemlerle ilgili, ayrıntılı bilgileri, bu dersin sonundaki kaynaklardan edinebilirsiniz.

**Düşük Karbonlu Çelikler** 120 gr/lt temizleyici içinde, anodik olarak temizleyin. Durulama sonrası kromik asit çözeltisi içinde anodik olarak dağlayın (255 gr/lt). Her ne kadar anodik dağlama işlemi için krom banyosu kullanılırsa da, sorunsuz çalışmak için **ayrı bir dağlama banyosu kullanılmasında yarar vardır. Çünkü, dağlama işleminde, krom kaplama banyosuna çok miktarda demir ve diğer kirlleticiler karışır.** Dağlama süresi, Tablo 6'da gösterildiği üzere kaplama kalınlığına bağlıdır.

20 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluğu kullanın. Krom kaplama banyosunda kullanılan sıcaklıkta işleminizi yapın. Böylece işlem görecekt parçalar kaplama sıcaklığına daha erken ulaşırlar ve hatalı sıcaklık/akım yoğunluğu oranından dolayı kalitesiz kaplama elde edilmesinin önüne geçilmiş olur.

### Yüksek Karbonlu Çelikler

Düşük karbonlu çelikler için söz edilen aynı yöntemi uygulayın. Akım yoğunluğu olarak 21 – 27 A/dm<sup>2</sup> kullanın. Tablo 6'da görülebileceği gibi, dağlama süresi, kaplama kalınlığına bağlı olarak 30 ile 600 saniye arasında değişmektedir.

**Tablo 6. Sert Krom Kaplama Dağlama Süreleri (Saniye)**

Çeliğin Tipi	İstenen Krom Kaplama Kalınlığı		
	5 mikron	25 mikron	100 – 200 mikron
Düşük karbonlu	30-60 <sup>44</sup>	120-240	300-600
Yüksek karbonlu	15-30	90-180	180-300
Nikel-krom	30-60	120-180	300
Yüksek hızlı	10-15	15-30	60-120
Paslanmaz	10-15	15-30	60-120

<sup>44</sup> Süreler, saniye olarak belirtilmiştir.

Yüksek karbonlu çelikler, gereğinden fazla dağlama işlemine uğrarlarsa, is (kurum) oluşumu görülür. Bu durumda; parçayı çözültü içinden çıkartın iyice durulayın ve el fırçası ile oluşan isi (kurumu) iyice temizledikten sonra, ilaveten 10 sn. daha dağlama işleminin hemen ardından, kaplama banyosuna daldırın. Is (kurum) oluşumu, krom kaplama öncesi, iş parçasının sülfirik-fosforik banyo içinde, elektro parlatma yapılarak önlenir. (15 Ders'teki elektro parlatma bölümüne bakınız) Çeliklerin yüzeylerini oksitlenmelerinin önlenmesi için, ısı işlemleri (çeliğin) amonyaklı bir ortamda yapılırsa, yüzeydeki nitrat tan dolayısı, yapılan krom kaplama kaba (pürüzlü) yapıda olur. Eğer, dağlama banyolarında, sülfatlar, klorürler, fosfatlar ve florürler var ise, durulama işlemi çok daha düzgün, dikkatli ve iyi yapılmalıdır. Yukarıda bahsedilen bu anyonlar, krom kaplama için katalizör görevi görerek kromik/sülfat oranını bozar ve kalitesiz sonuç elde edilmesine yol açar.

Kromik asit dağlamasından veya benzer bir operasyondan krom kaplama banyosuna geçişte hiçbir şekilde zaman kaybetmeyin hava ile aşırı temas olursa, yüzey oksitlenir ve kaplamanın ana metal ile bağdaşması iyi olmaz. Eğer durulama işlemi gerekiyorsa, iş parçasını durulayın ve derhal kaplayın.

### **Gözenekli (Poröz) Krom Kaplamalar**

Daha önce de belirttiğimiz gibi, kromun sürtünme katsayısı çok düşük olduğu için diğer metaller kromun üzerinden kolayca kayabilir, ve çok az bir miktar ısı açığa çıkar. Bazı uygulamalar için ise, krom kaplama yüzeyinin gözenekli olması sağlanarak, ince bir yağ tabakası birikmesine imkan tanınır.

Yüzeyi gözenekli krom kaplama elde etmek için 3 temel yöntem vardır.

1. **Mekanik İşlem:** Krom kaplama yüzeyi kumlama ile pürüzlendirilebilir. Hafif bir yüzey honlanması ve temizlenmesinden sonra, parça krom kaplanır. Kaplanan krom hafifçe honlanır veya polisajlanır. Çok iyi bir yöntem de, nokta uçlu tırtıklandırıcı kullanarak yüzeyin tırtıklı hale getirilmesidir. Bu yöntem ile, yüzeyde çok düzgün ve ince dağılıma sahip noktacıklar üretmek mümkündür. Tırtıkların kenarındaki çapaklar hafif bir honlama ile giderilmiş olur. Bunun ardından yüzey temizlendikten sonra yüzey krom ile kaplanır. Daha sonra kaplama honlanır ve hafifçe polisaj yapılır. Silindir yüzeyini gözenekli krom ile kaplamak isterseniz kullanabileceğiniz bir başka teknik de, silindir yüzeyinde 100 mikrondan daha derin olmayan ince helezonik yivler açmaktır. Ardından yüzey honlanır ve kaplanır. Kaplamanın ardından yapılacak hafif bir honlama işlemi ile, yüzeydeki pürüzler giderilir.
2. **Kimyasal İşlem:** Kimyasal metotta ise, iş parçası krom ile kaplandıktan sonra içinde bir miktar nikel klorür (veya antimon oksit) eklenmiş hidroklorik asit içinde dağlanarak, gözenekli krom kaplama yapısı elde edilir. Dağlama işleminde aşırıya kaçmamaya dikkat edilmelidir. Alternatif olarak, seyreltilmiş sıcak sülfirik asit kullanmak da işe yarayacaktır.
3. **Elektrokimyasal İşlem:** Bu konuda 2 yaklaşım vardır. İlkinde; malzeme krom ile kaplanır ve 255 gr/lit kromik oksit çözeltisi içinde, ters akım kullanılarak dağlama işlemi uygulanır. Özel etkiler elde etmek için kaplama yüzeyinin önüne bir elek yerleştirilerek, düzenli sıralanmış gözenekler elde edilir. Hidroklorik, sülfirik veya

oksalik asit içinde uygulanacak katodik veya anodik işlem aracılığı ile gözenekli yüzey elde edilecektir.

4. **Özel Şartlar** : Sonuç olarak, özel şartlar altında yapılacak krom kaplama işlemi ile gözenekli bir yüzey elde edilebilir. Bu şartların neler olduğu bu dersin sonunda belirtilen referanslardan bulunabilir. Bu yolla, “**Noktasal tip**” ve “**Kanalı tip**” olmak üzere 2 tip gözeneklilik elde edilebilir. Sıradan krom kaplamalar, çekme gerilmeleri altındadırlar ve bu nedenle normalde çatlaklıdırlar. Bu çatlaklar çıplak gözle görülemezler. Eğer bu çekme gerilimini açığa çıkarıcı çalışma şartları uygulanırsa, kanalı tip gözenekler oluşur. Diğer taraftan, eğer şartlar değiştirilir ve gaz boncukları oluşturulur ise, bu şekilde de noktasal tipte gözenekler oluşur. Bu 2 tipteki gözenekleri oluşturmak için gerekli kaplama şartları aşağıda belirtilmiştir:

**Tablo 7. Noktasal ve Kanalı Gözenekler**

Parametreler	Noktasal Gözenek	Kanalı Gözenek
Kromik asit (gr/lt)	300	300
CrO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> oranı	100 – 125’e 1	115 – 125’e 1
Akım Yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	47 – 56	47 – 56
Sıcaklık (°C)	50 ± 0,5	60 ± 0,5
Kaplama kalınlığı (mikron)	100 – 150 <sup>45</sup>	250 – 500

Bu kaplamalara, nihai işlem (finish) olarak taşlama, laplama (çok ince aşındırıcı kullanılarak sıvı çözeltiliye zımparalama – parlatma işlemi) veya honlama uygulanmalıdır. Kaplamadaki gözeneklerin içlerine giren talaş, toz vs. gibi parçacıkların temizlenmesi için, çok iyi temizleme ve durulama işlemleri uygulanmalıdır.

### Hidrojen Gevrekliği

Krom kaplama işlemi sırasında katottan aşırı miktarda hidrojen gazı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu hidrojen gazı; karbürleşmiş ve yüksek dayanımlı çelikler başta olmak üzere, demir bazlı ana metalde hidrojen gevrekliği (kırılganlığı) oluşumuna yol açar. Kadmiyum kaplama konusunu işlerken bu konu hakkında bazı açıklamalar yapılmıştı. Şu nokta çok önemlidir: Hidrojen gevrekliği çeliğin felaket derecesinde hasar görmesine yol açabileceği için, hidrojen gevrekliğine müsait olan çelikler krom ile kaplanırken, bu ihtimali en aza indirecek şekilde dikkatli davranılmalıdır.

Genelde, sertliği Rockwell 40 C’den büyük olan çelikler, hidrojen gevrekliğine olan hassasiyetleri, sertliği daha düşük olanlara göre daha yüksektir. En çok rastlanan hata sebepleri; uygunsuz taşlamadan dolayı yüksek yüzey gerilimine sahip çelikler, yüzeyi çapaklı çelikler ve kaplamadan önce dağlaması ve temizlenmesi iyi yapılmamış çeliklerdir. Bundan dolayı, eğer kritik uygulamalarda kullanılacak çelik parçalar söz konusu ise, dağlama işleminde aşırıya kaçılmadığından emin olun veya en iyisi, mümkünse dağlama ve buharla yüzey temizleme işlemlerini uygulamayın. Ayrıca katodik temizlemenin hiçbir türü uygulanmamalıdır. Eğer, çelik iş parçası yüksek gerilime sahip ise, kaplama öncesinde

gerilimini gidermek için tavlanmalıdır (ısıl işlem). Bu işlem, iş parçasının et kalınlığına gerektirdiği kadar süre kadar, 150 – 230 °C sıcaklıkta yapılır. Diğer düşünülmesi gereken nokta da, kaplanacak iş parçasının et kalınlığıdır. Eğer kaplanacak iş parçası ince ise, yapılacak kaplamanın kalınlığı da orantılı olarak, olabildiğince ince olmalıdır (eğer ince iş parçasının üzerine orantısız bir şekilde kalın kaplama yapılırsa kaplamadaki çatlak ana metali de çatlatır ve malzemenin tamamen hasar görmesine ve işin berbat olmasına yol açar).<sup>46</sup>

Rockwell 40 C'den daha sert çelik malzemeler krom ile kaplandıktan sonra, hidrojen gevrekliğinin etkisini en aza indirmek için ısıl işlem uygulanmalıdır. Hemen hemen tüm şartlar için, krom kaplı malzemenin yağ banyosu içinde 150 – 290 °C sıcaklıkta 1 – 5 saat arası ısıtılması ile, hidrojen emiliminin kötü etkisinden sakınılmış olunur. Bazı askeri şartnamelerde, malzemenin kaplanmadan önce çelik bilyalar ile dövülmesi işlemine (peen) tabi tutulması öngörülmektedir. Pek çok durumda, parçaların nasıl ısıl işlem görmeleri gerektiğini belirten prosedürler oldukça detaylı olup, anlaşılabilirliği oldukça güç olmaktadır.

Yapılacak kaplama işlerinde, azami dikkat ve ustalık gösterilirse, yapılan işte fazla ıskarta çıkmayacaktır. Fakat, bu anlatılan durumlar ile karşı karşıya geleceksiniz. Burada önemli olan nasıl tavrı alacağınızdır.

### **Krom Kaplamanın Sökülmesi**

Kalitesiz olan krom kaplamanın sökülmesi için uygulanabilecek pek çok yöntem vardır. Çelik veya nikel üzerindeki krom kaplamayı sökmek için, 150 gr/lt alkali elektro-temizleme banyosunu ters akımda kullanın. 6 – 8 Volt elektrik gerilimi kullanarak bu işi gerçekleştirebilirsiniz. Banyonun alkalilik derecesini ana metalde zarar oluşmayacak (karıncalanma oluşmayacak) şekilde düzenleyiniz.

Pirinç veya bakır malzeme üzerine yapılan krom kaplamayı sökmek için; iş parçasını oda sıcaklığındaki hidroklorik asit çözeltisine daldırın (2 birim asit 1 birim su). Diğer soyma yöntemleri bu dersin sonundaki referanslarda belirtilmiştir.

### **Krom Üzerine Krom Kaplama**

Seyrek de olsa, bazen krom üzerine krom kaplamak gerekebilir. Bunun başlıca nedeni, belli bir kalınlıkta, sert krom kaplama yüzeyi elde etmektir. Kaplama işlemini durdurup kaplama kalınlığını ölçmeyi arzu edebilirsiniz. Kaplamaya yeni başlarken krom üzerine krom kaplamak gibi bir problem ile karşılaşabilirsiniz. 17. Ders'te göreceğiniz gibi ki, burada bu tür problemlerle uğraşılmaktadır; krom, hava ile temas ettiğinde son derece kuvvetli pasif oksit tabakası oluşmaktadır. Bu olay, krom yüzeyini pasifleştirir ve yüzeyinin "ıslatılma" özelliği kaybolur.

Aşağıda belirtilen yöntem, bu problemin üstesinden gelmek için oldukça iyi bir yöntemdir.

<sup>46</sup> İç gerilmeler ve hidrojen gevrekliğinin birlikteliği, oluşabilecek en kötü sonucun ortaya çıkmasına yol açar.

1. 6 Volt'ta 30 – 60 saniye anodik elektro temizleme işlemi yapın.
2. Çok iyi durulayın.
3. 247 gr/lit kromik asitte dağlayın (***Bunun için her zaman kullandığınız kaplama tankı değil, özel dağlama tankı kullanılmalıdır***). Sıcaklık 60 °C ve gerilim 6 Volt olmalıdır. Göz ile düzenli gaz çıkışı görülene kadar dağlama işlemine devam edin.
4. Malzemeyi kaplama tankına daldırın ve akım uygulamadan 10 dakika bekletin.
5. Hidrojen gazı çıkışı gözlenene kadar akım yoğunluğunu arttırın ve 10 dakika boyunca bu noktada sabit tutun.
6. Akımı yavaşça yükselterek akım yoğunluğunu olması gereken değere getirin.

#### **Krom Banyoları İçin Önerilen Bakım Programı:<sup>47</sup>**

Kaplama işinde, karşılaşılan problemlerin en büyük nedeni **ihmal**dir. Kaplama banyosu gayet iyi çalışıyor, öyleyse ne diye rahatımı bozayım ki? Kaplamacı, zamanla kayıtsız kalmaya başlar, fakat aniden işler sarpa sarar! **Size daha öncede belirttiğim gibi, kaplama işinde başarılı olmanın yolu ufak ayrıntılara dikkat etmekten geçmektedir.** Bir işi yerine getirmek için yeterli zamanınız olmayabilir fakat eğer siz yerine getirmesiniz de bir başkasının o işi yapmasını sağlayın. Eğer bu kurala uyarsanız, ileride yüz yüze kalabileceğiniz, pek çok baş ağrıtan konudan kurtulmuş olursunuz.

***Bir kaplama banyosunun düzgün ve dikkatli bir şekilde işletilmesi, banyonun niteliksiz bir biçimde işletilmesinden daha az zamana (paraya) ihtiyaç gösterir.***

Bunun anlamı, düzgün bir bakım programına ve test programına ihtiyaç duyduğunuzdur. Tablo 8'de krom kaplama banyoları için önerilen programı bulabilirsiniz.

---

<sup>47</sup> Benzer tipteki program, tüm kaplama banyoları için uygulanabilir. Deneyin beğeneceksiniz.

**Tablo 8. Krom Kaplama Banyoları İçin Önerilen Bakım Programı**

<b>Günlük</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tüm baralarını ve elektrik bağlantılarını temizleyin.</li> <li>- Tanktaki sıvı seviyesini ayarlayın.</li> <li>- Banyonun sıcaklığını kontrol edin.</li> <li>- Hidrometre ile, tüm derişimi kontrol edin.</li> <li>- Eğer kullanıyorsanız, zerrecik örtücüleri kontrol edin.</li> </ul>
<b>Haftalık</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redresör kablo ve baralarını kontrol edin.</li> <li>- Kromik asiti analiz edin.</li> <li>- Oran testi yapın.</li> <li>- Sülfat testi yapın.</li> </ul>
<b>Aylık</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaplama tankını temizleyin.</li> <li>- Çözeltiliyi depolama tankına dikkatlice boşaltın veya filtre edin. Filtre etmeniz daha iyi olacaktır.</li> <li>- Anotları bir tel fırça ve alkalik temizleme çözeltisini ile temizleyin. İyice durulayın.<sup>48</sup></li> </ul>
<b>6 ayda bir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redresörü gözden geçirin ve temizleyin.</li> <li>- Kaplama tankında çatlak olup olmadığını kontrol edin.</li> <li>- Tankın koruyucu astarında ve ısıtma bobinlerinde bir sorun olup olmadığını kontrol edin.</li> </ul>
<b>İhtiyaç Duyulduğunda<sup>49</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çözeltideki: üç değerlikli krom, demir, çinko, nikel ve bakır miktarlarını kontrol edin.</li> </ul>

### **Krom Kaplama Banyosunda Karşılaşılan Zorluklar:**

Krom kaplama banyoları, genelde saklanması ve kontrol edilmesi kolay banyolardır. Eğer, kromik asit miktarı ve sülfat oranı takip edilirse, pek bir zorluk çıkarmaz. Karşılaşılabilecek zorluklardan biri; anot yüzey alanının yetersizliğinden dolayı, 3 değerlikli krom birikimi oluşmasıdır. Böyle bir durumda kaplamanın rengi grileşir ve büyük çaplı topaklanmalar gözlenir. Daha önemlisi, tank için gerekli gerekli karşılık, her zamanki akım yoğunluğuna ulaşamadığınızı fark edersiniz. Fakat, aklınızdan çıkarmayın ki, eğer yapılması gereken testleri, düzenli bir biçimde yaparsanız, bu tip bir durumla karşılaşmazsınız! Eğer banyodaki üç değerlikli krom miktarı, 22,5 gr/l'te ulaşır veya geçerse (bu değer 7,5 gr/l'tnin altında tutulmalıdır) kaplama tankı içine birkaç çelik katot çubuğu yerleştirilir ve 3 değerlikli krom oksitlenerek tekrar 6 değerlikli kroma dönüştürülür (**anot/katot oranı 30:1 de tutulmalıdır**)

<sup>48</sup> Özellikle florür tipindeki banyolarda, banyo kullanılmadığı zamanlarda anotlar çözeltinin içinden çıkarılmalıdır.

<sup>49</sup> "İhtiyaç duyulduğunda" olarak adlandırılan kategori, problem başladığı anda yapılacak anlamında değil; tanktaki işin durumuna göre "düzenli programlanmalıdır" anlamındadır. Bu duruma bir örnek vermemiz gerekir ise; çok sayıda tüfek namlusunu krom ile kapladığınızı varsayalım. Bunun anlamı sıradan krom banyolarına kıyasla çok daha fazla miktarda 3 değerlikli krom oluşuyor. Bu sebepten, işin yoğunluğuna göre, her hafta veya her 2 haftada bir çözeltinin kontrolünü kendinize iş olarak benimseyin. Sanırım bu açıklama yeterlidir.



Çözelti 80 °C' ye ısıtılır ve mümkünse karıştırma yapılarak, oksitlenmesi gereken 3 değerlikli krom miktarına bağlı olarak 2-8 saat arası süreyle elektrolize edilir.<sup>50</sup>

Bir banyo genelde kirlenmekten fazla etkilenmez. Fakat aşırı miktardaki demir bakır ve nikel banyonun derincini yükselterek, bir takım sorunların çıkmasına yol açacağından kontrol altında bulunmalıdırlar. Kaplama işlemi öncesinde; bu metallerin kaplama tankı içinde dağlanması işleminden olabildiğince uzak kalın (yapmayın). Eğer gerekli ise, dağlama işlemini, ayrı bir tankta yapın.

***Kaplama yüzeyinin pürüzlü olmasını engellemek için demir bazlı metalları, kaplamadan önce daima demanyetize edin.***

Şimdi size, sorunlarla karşılaştığınızda çözüm olabilecek bir tabloyu aşağıda belirteceğim.

---

<sup>50</sup> Bu oksitlenmeyi sağlamak için, gözenekli pota kullanımı da başka bir yöntemdir. İçinde krom çözeltisi ve çelik katot çubuk bulunan pek çok gözenekli pota katot çubuğa asılı olarak durur. Şimdi elektroliz edebilirsiniz. Katotta oluşan trivalent krom pota içinde kalır ve çözelti bünyesinde bulunan trivalent krom, oksitlenir ve anotta hexavalent kroma dönüşür. Gözenekli potalar, piyasadan bulunabilir. Gözenekli potaların bulunabilecekleri adreslere ulaşmak için dersin sonundaki referanslara başvurabilirsiniz.

## Krom Kaplama Banyolarında Hata Giderme

<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yok gaz çıkışı yok.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Akım geçişi yok
<b>Çözüm</b>
Tüm bağlantıları kontrol edin. Redresörü kontrol edin.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yok gaz çıkışı var. Malzeme yüzeyi bozuk.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Kutuplar Ters
<b>Çözüm</b>
İş parçası anodiktir. Bağlantıyı tersine çevirin.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama oluşmuyor. Gaz çıkışı var. (Eğer sebep klorür iyonu ise ( $Cl^{-1}$ ), ilk belirti, düşük akım yoğunluğu olan bölgelerde süt kıvamında kaplama gözlenmesidir).
<b>Muhtemel Sebep</b>
Dışarıdan yabancı madde olarak girmiş, çok miktarda katalizörün bulunması.
<b>Çözüm</b>
Sülfat miktarını kontrol edin. Durulama işleminde dikkatli olun. Baryum karbonat kullanarak sülfat derişimini düşürün. Eğer çok fazla klorür iyonu var ise, gümüş karbonat ( $AgCO_3$ ; 0,02 – 0,05 gr/lit) kullanarak veya daha fazla kromik asit ilavesi yaparak klorür iyonu miktarını düşürün.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama oluşmuyor. Gaz çıkışı var. Kahverengi pas oluşuyor.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Yeterince katalizör yoktur.
<b>Çözüm</b>
Katalizör miktarını kontrol edin ve eğer gerekli ise ilave yapın.

## Krom Kaplama Banyolarında Hata Giderme (Devam)

<b>Belirti/Problem</b>
Kenarlarda ve yüksek noktalarda, kısmi olarak kaplama oluşması
<b>Muhtemel Sebep</b>
Yeterli akım yoğunluğu yok.
<b>Çözüm</b>
Tüm elektrik bağlantılarını kontrol edin. Kısa devre olmuş olabilir. Anotları kontrol edin. Yeterli miktarda anot var mı? Anotlar, eşit bir biçimde dağılmış mı? Anotlar temiz mi?
<b>Belirti/Problem</b>
Kötü dağılım
<b>Muhtemel Sebep</b>
Kromik/sülfat oranı bozulmuştur veya sıcaklık/akım yoğunluğu oranı bozulmuştur (Diğer olasılıklar - iş parçası gölgelenmiştir. Gaz çıkışı engellenmiştir.
<b>Çözüm</b>
En iyi oran aralıkları 85:1 ile 100:1 arasındadır. En yüksek dağılıma olduğu oran 85:1'e yakındır. Buna göre kontrol edin ve düzeltin. Tank dibindeki tortu oluşumunu kontrol edin. Gaz çıkışını iyileştirin.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplanmamış bölgelerin olması/yüzeyin kaplanamaması
<b>Muhtemel Sebep</b>
Altta nikel tabakası pasive olmuş olabilir.
<b>Çözüm</b>
%20'lik HCl banyosuna parça daldırılarak, pasive olmuş tabaka aktifleştirilir. İyiye durulayın! Veya katodik işlem uygulayın.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaba ve süt görünümlü kaplama yüzeyi oluşması.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Sıcaklık/akım yoğunluğu oranı bozulmuştur.
<b>Çözüm</b>
40 °C 'de olması gerekli akım yoğunluğu 12,3 A/dm <sup>2</sup> , 55 °C 'de olması gereken akım yoğunluğu 26,9 A/dm <sup>2</sup> 'dir.

## Krom Kaplama Banyolarında Hata Giderme (Devam)

<b>Belirti/Problem</b>
Gri renkli kaplama oluşması
<b>Muhtemel Sebep</b>
3 değerlikli krom miktarı çok yüksek olabilir.
<b>Çözüm</b>
Ölçüme göre gerekli ayarı yapın. Daha fazla miktarda CrO <sub>3</sub> ilavesi yapmanız gerekebilir. (ayarı tutturmak için)
<b>Belirti/Problem</b>
Yüksek noktalarda kaplamada yanıkların gözlenmesi
<b>Muhtemel Sebep</b>
Sıcaklık akım yoğunluğu oranı bozulmuş olabilir.
<b>Çözüm</b>
Duruma göre gerekli ayarı yapın. Gerekli ise akım ayarlayıcılar kullanınız.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama yeterince sert değil
<b>Muhtemel Sebep</b>
Sıcaklık/akım yoğunluğu oranı bozulmuş olabilir
<b>Çözüm</b>
En sert kaplamalar parlak görünümlüdür (yaklaşık 1000 Brinell)
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama pürüzlü (topaklı) görünümlü
<b>Muhtemel Sebep</b>
1. Akım çok yüksektir. 2. İş parçası üzerinde kurum (is) birikmiş olabilir. 3. İş parçası manyetize olmuş olabilir. 4. Çözeltide süspansiyon (asılı) halde yabancı maddeler bulunabilir. 5. 3 değerlikli krom miktarı çok fazla olabilir.
<b>Çözüm</b>
1. Akım ayarlayıcı kullanın. Kromik/sülfat oranını ayarlayın. 2. Eğer durulama işlemi başarısız olursa, el fırçası kullanın. 3. Demir parçacıkları ile kontrol edin. malzemeyidemanetize edin. 4. Çözeltideki, yabancı maddelerin çökmesi için zaman tanıyın. Veya daha iyisi çözeltiyi filtre edin! 5. 3 değerlikli kromu oksitleyin.

## Krom Kaplama Banyolarında Hata Giderme (Devam)

<b>Belirti/Problem</b>
İş parçası yüzeyinde karıncalanma var.
<b>Muhtemel Sebep</b>
Yüzeyde kirlilikler var. Kabarcıklar yüzeye yapışıyor.
<b>Çözüm</b>
Temizleme işlemini kontrol edin. Eğer problem görünmüyorsa (temizleme işleminde) krom banyosu içine, yüzey ıslatıcı kimyasallar ilave edin. Yüzey ıslatıcı kimyasallar krom kaplama banyoları için özel olmalıdır.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaba noktalar bulunması (kaplanan yüzey üzerinde)
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nikel kaplamanın pasive olması</li> <li>2. Yüzeyde parmak izlerini bulunması</li> <li>3. Temizleyici veya başka türde filmler bulunması</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. %20 lik HCl banyosuna malzemeyi daldırıp yüzeyin aktifleşmesini sağlayın.</li> <li>2. Süngertaşı veya Scotch-Brite ile temizleyin. İş parçasını daha dikkatli ve özenle tutun.</li> <li>3. Durulama işlemini daha iyi yapın. Daha iyi temizleyiciler kullanın.</li> <li>4. Tüm bunlar başarısız olursa banyodaki akım kaçaklarını kontrol edin.</li> </ol>
<b>Belirti/Problem</b>
Kurutma işleminde gökkuşağı görüntüsü oluşması
<b>Muhtemel Sebep</b>
Yetersiz kaplama yapılması. Yetersiz durulama yapılması
<b>Çözüm</b>
Kromik/sülfat oranını kontrol edin gerekli ise düzeltin. Durulama ve kurutma işlemlerini kontrol edin.

## Krom Kaplama Banyolarında Hata Giderme (Devam)

<b>Belirti/Problem</b>
Yavaş banyo (çok düşük katot verimliliği)
<b>Muhtemel Sebep</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yetersiz elektrik enerjisi</li> <li>2. Kromik/sülfat oranının bozulması</li> <li>3. Demir miktarı yüksek</li> <li>4. Bakır miktarı yüksek</li> <li>5. 3 değerlikli krom miktarı çok yüksek</li> </ol>
<b>Çözüm</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Kaplama gazı çıkışı” yok iken kontrol edin.</li> <li>2. Oranı ölçün ve gerekli düzeltmeyi yapın.</li> <li>3. Banyo içinde demir çözünerek banyonun niteliği bozulabilir. Tamamını süzdürün veya iyon safsızlaştırma yöntemini kullanın.</li> <li>4. Eğer testler sonucu çok miktarda bakır olduğu ortaya çıkarsa, 3 nolu çözümü uygulayın.</li> <li>5. Eğer trivalent miktarı aşırı fazla ise, sayfa 29’daki yöntemi kullanarak oranı düşürün.</li> </ol>
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplamanın ana metale yapışması (uyuşması) kötü
<b>Muhtemel Sebep</b>
Malzemenin kaplama öncesi kötü hazırlanması (yüzey temizliğinin yetersizliği) Akım yoğunluğunda kesintiler yaşanması. Eğer akım yoğunluğunda kesintiler yaşanırsa, kaplama malzemenin kenarlarında bozuk olur.
<b>Çözüm</b>
Temizleyicinizi kontrol edin! Yağ veya gres yağı var mı? Durulama çözeltili içinde mi? Dağlama çözeltili içinde mi? Krom banyosu içindemi ? Sıyırarak uzaklaştırın. Bu tekrar oluyor mu? Eski kaplamanın tamamen çıkarıldığından emin olun! Bunlardan hiçbiri sebep değilse, nedeni akımın kesilmesidir.

### 3 Değerlikli Krom Kaplama

Standart bir 6 değerlikli krom ( $Cr^{+6}$ ) kaplama banyosu içinde 3 değerlikli krom ( $Cr^{+3}$ ) bulunuyorsa, bu “kötü haber” olarak algılanır. Aşırı miktardaki 3 değerlikli krom, gerilim ihtiyacını etkiler ki bu da krom kaplamanın kararmasına ve yüksek akım yoğunluğuna maruz kalan noktalarda ağaçlı yapı oluşmasına yol açar. Bu nedenlerden dolayı, bir kaplamacı kaplama banyosunda 3 değerlikli kromu hiç buldurmamak veya miktarını en az seviyede tutmak için, çalışma hayatına atıldığından hemen başlarında iken gerekli eğitimi almalıdır.

Fakat, 3 değerlikli kromdan kolayca kurtulamayız. 3 değerlikli krom kullanılarak yapılan krom kaplamanın tarihçesi, 6 değerlikli kromla yapılan orana daha uzundur. 3 değerlikli kromun çekici tarafı;  $Cr^{+3}$  ün krom metaline indirgenmesi için gereken enerji miktarı,  $Cr^{+6}$  nın krom metaline indirgenmesi için gerekenin yarısı kadardır. Buna ilaveten, banyonun kimyasal yapısı; bakır ve nikel kaplama banyolarınıninkine çok benzerdir. Fakat şanslıyız ki bu söz

edilen avantajların maddi bir değeri yoktur. İlk başlangıçta, farkına varılan nokta, 3 değerlikli krom banyosunun; Zn, Pb, Ni, Cu ve Fe gibi metalik kirleticilere son derece hassas olduğu idi. Ticari boyutta kullanılan ilk banyolarda, kaplama işlemi birkaç dakika sonra sonlandırıldı (anotta 6 değerlikli krom oluşurdu)

Bu banyonun olumlu tarafları ise, iş parçasının yüzeyini çok iyi kapatması ve düşük oranda krom miktarı gerektiğinden, bu günün kalite standartlarını daha iyi karşılayabilmesidir. 3 değerlikli krom kaplama banyosu için gereken işlem miktarı, 6 değerlikli banyoya göre çok daha azdır.

Bu banyolar; teknik ve çevresel şartlara uyum açısından, daha çekici olduklarından dolayı, bunların geliştirilmesi süreci devam etmektedir. Sonuç olarak, 3 değerlikli krom kaplama banyoları, 6 değerlikli banyoların yerini almaya başlamıştır. (Aklınızdan çıkarmayın ki, 3 değerlikli krom kaplama banyoları, sadece dekoratif amaçlı kaplamak için kullanılabilir.)

Bu banyoları krom kaynağı olarak, 3 değerlikli krom tuzunu kullanmaktadırlar. Bu banyonun hazırlanmasında bileşik yapıştırıcılar (complexor), tamponlar, katalizörler ve nemlendiriciler gibi çeşitli kimyasallar da gereklidir.

Tipik bir 3 değerlikli krom kaplama banyosunun reçetesi aşağıdaki gibidir:

Bileşen	Derişim
Krom (toplam)	187 gr/lt
İletkenlik tuzları	262 gr/lt
Yüzey etkinleştirici	0,15 ml/lt
Kompleksant	75 ml/lt
Çalışma parametreleri	Önerilen değerler
Sıcaklık	21 – 22 °C
Akım yoğunluğu	9,7 – 13 A/dm <sup>2</sup>
pH	3,2
Özgül ağırlık	1,21
Anot malzemesi	Grafit

Diğer 3 değerlikli krom kaplama banyoları, farklı formüllere ve işletme şartlarına sahiptirler. Tüm bunlar patentli ürünler olup, parayla satın alınabilirler. En iyi performans gösteren banyolarda özel araçlar (anot kutuları) kullanılırlar ki, burada amaç, 3 değerlikli krom iyonu oluşmasını engellemektir.

Bu tip banyoların kullanılması ile, mikro-gözenekli kaplama yüzeyleri elde etmek mümkündür. Kaplama hızı 6 değerlikli sisteme yakındır. 3 değerlikli krom kaplama banyosu ile elde edilen kaplamanın rengi, sıradan banyo ile elde edilene göre kararmaya daha yatkındır. Fakat, bu son özellik, 3 değerlikli krom yöntemi ile kaplanmış bir iş parçası 3

değerlikli krom kaplama banyosu ile kaplanmış bir iş parçası ile yan yana yerleştirilirse, soruna yol açmaktadır.

### Trivalent Krom Kaplama Banyolarında Sorun Giderme

<b>Belirti/Problem</b>
Zayıf kapatma
<b>Muhtemel Sebep</b>
1. pH düşük 2. Sıcaklık çok yüksek 3. Kurşun kirlenmesi
<b>Çözüm</b>
1. pH 'ı arttırın. 2. Sıcaklığı düşürün. 3. Kurşun kirlenmesini giderin.
<b>Belirti/Problem</b>
Kaplama üzerinde koyu renkli lekeler
<b>Muhtemel Sebep</b>
1. Metal kirlenmesi (yabancı metal) 2. Düşük oranda yüzey etkinleştirici veya kompleksör kullanımı.
<b>Çözüm</b>
1. Banyoyu analiz edin. Kirletici iyonları uzaklaştırın. 2. Yüzey etkinleştirici ve/veya kompleksör ilavesi yapın.
<b>Belirti/Problem</b>
Malzeme üzerinde, beyaz renkli yamalar olması
<b>Muhtemel Sebep</b>
1. Yüzey etkinleştirici derişimi çok fazla 2. Kurşun kirlenmesi
<b>Çözüm</b>
1. Aşırı yüzey aktif maddenin çıkarılması hakkında ürün sağlayıcınıza başvurun 2. Bakır kirliliğini giderin

Yukarıdaki tablonun tamamı, her problemi ve çözüm yollarını göstermiyor olabilir. Tüm trivalent krom banyoları patentli olduğundan ve para karşılığı tedarik edildiğinden, bu banyolara sahip olduğunuzda, satıcınızla yakın iletişim halinde olun. Satıcınız, size hangi kontrolleri yapmanız gerektiğini ve problemlerin çözüm yollarını tavsiye edebilir.



### Bazı Genel Tavsiyeler

Krom kaplama oldukça yüksek akım yoğunluğu kullanılarak yapılabilmektedir. Ayrıca, verim düşük ve dağılma gücü zayıftır. Bunların tamamının toplamı, krom kaplamacılara, özellikle endüstriyel ve mühendislik kaplama işi yapanlara ciddi sorun çıkarmaktadır. Fakat, bu durum sizi yıldırmayın. Bunlar sizi geri adım atmaya değil, bilakis sizi teşvik etmeye yarayacaktır. Aşağıda, size sunulan kontrol listesi, dikkat edilmesi gereken önemli noktaları işaret etmektedir.

- 1- **Çözeltinin maksimum dağılma gücüne sahip olması için, istenilen nitelikte olduğundan emin olun.** Bu tabi ki ilk ve en önemli noktadır. Katalizör/kromik asit oranı, en yüksek dağılma sahip olacak şekilde olmalıdır.
- 2- **Askılama ve uygun (üstün nitelikli) elektriksel iletkenlik.** Akımın, banyo içinde eşit dağıldığından emin olun.<sup>51</sup>
- 3- **Primer dağılımın en iyi olması için anotlar arası mesafenin maksimum olmasını sağlayın.** Bu mesafe genelde 30 santimetreden fazla değildir. Bu mesafenin ötesinde, çok az iyileşme gözlenir ki, bu da maliyet açısından akılcı olmaz.
- 4- **Akım kalkanları akım ayarlayıcılar akım kesiciler maskeleme boyları çift kutuplu elektrotların kullanımı.** Bir takım aparatlar kullanarak, akımın banyo içindeki dağılımını iyileştirin. Çünkü, krom banyolarındaki kutuplaşma çok azdır. Burada mühendislik ve hassas (özenli) çalışma gibi özellikler devreye girer.<sup>52</sup>
- 5- Her şeyi az miktardaki düşünce çok miktarda marifet ile yapmaya kalkışırsanız, imkansız başaramazsınız. Örneğin, şekil 11'deki şekli ele alırsanız, en dip köşelerde, kaliteli bir kaplama elde etmek hemen hemen imkansızdır. İyi kaplama yapılabilmesi için tasarımcının uygun tasarımda şekli tasarlaması gereklidir.

Böylece, krom kaplama konusunun sonuna geldik sizlerle, krom kaplama konusunu işlerken oldukça zaman harcadık fakat krom kaplama konusunu işlerken, genel anlamda kaplama konusunda da oldukça bilgi sahibi olduk. Konuyu bitirmeden önce, sizlerle yaşanmış bazı tecrübeleri paylaşacağım. Lütfen ayrıntılara dikkat edin.

<sup>51</sup> Bunun anlamı, **anot** bağlantıları, baralar, bağlantı çengelleri ve diğer parçalar iyi durumda olmalıdırlar.

<sup>52</sup> Elektroformlama konusuna bakarak, bu konuda daha fazla bilgiye sahip olabilirsiniz.

### Tecrübe 1.

Metal enjeksiyon yöntemi ile üretilen otomobil parçalarını bakır ve nikel kaplanmasının ardından krom kaplama yapılacaktır. Krom kaplama banyosunun durumu, kromik asit miktarı ve katalizör oranı açısından, iyi nitelikte idi. Banyonun sıcaklığı uygun, uygulanan akım şiddeti doğru idi ki, 2 adet katot kullanılmakta idi. Bu banyo ile, pek çok parça kaplanmakla birlikte, bazı parçaların üzerinde yanmış kaplama görüntüsü izlenmiştir.

**Bu durum nasıl çözüldü:** Kaplamacı, yanık kaplama görüntüsünün katot baralarının birinde olduğunu fark edene kadar, problemi çözmeye yönelik her hangi bir girişimde bulunulmamıştır. İncelemenin derinleştirilmesi sonucu görülmüştür ki, pozitif barasına bağlayan bağlantı bloğu aşırı derecede korozyona uğramıştır. Bunun anlamı, bu bölgede akım dağılımının çok kötü olduğudur. Böylece, iş parçalarının bazıları gerekenden fazla akıma maruz kaldıklarından yüzeylerinde yanma, bazıları ise, daha az akıma maruz kaldıklarından daha ince kaplama olmasına yol açmaktadır. Bu problemi çözmek ve tekrarını önlemek için, anot barası ile anot kolu, direk birleştirme kaynağı ile birleştirilmişlerdir. Bu oldukça kaba bir çözümdür. Gerçek anlamda önleyici bakım, günlük detaylı incelemenin yapılması, tüm bağlantıların temiz tutulmasıdır.

### Tecrübe 2.

Bir sabah, yapılan kaplamalarda çatlama ve kabuk soyulması gözlenmiştir ki, bu durum kaplamada yüksek gerilim olmasının belirtisidir. Kaplama banyosunda her şeyin yolunda olduğu gözlenmesine rağmen, durulama suyunun olması gerekenden çok daha soğuk olduğu gözlenmiştir. Açık havada bulunan bir kuyuya yapılan su bağlantısı sonucu krom kaplama öncesi yapılan durulama işlemi için kullanılan suyun sıcaklığının 23 °C olduğunun farkına varılmıştır. Bu sıcaklıktaki su kullanılarak yapılan durulamanın ardından, krom kaplama çatlama eğiliminde olacaktır. Bu problemin çözümü su hattına bir ısı eşanjörü bağlayarak su sıcaklığını 37 °C' de tutmaktır.

**Sonuç:** Krom kaplamada kaplamanın sıcaklığı çok önemlidir. Belli bir akım şiddeti için belli bir sıcaklık gereklidir.

### Tecrübe 3.

Bakır-nikel krom kaplama hattında, iş parçalarının üzerinde krom kaplama işlemi sonrası "beyaz noktasal bölgeler" gözlenmiştir. Krom banyosunda her şey yolunda görünmektedir. Problem bir miktar sülfürik asit, buna ilaveten biraz da potasyum iyot içeren nikel banyosunda görünmektedir. Çalışanlardan biri iyot eklenmesi yaparken, biraz aşırıya kaçmıştır (normalde, 0,3 gr/litre olması gereken miktar bunun 2 katı olarak ölçülmüştür). İyot nikel tarafından emilmiş ve durulama sonucu uzaklaştırılamamıştır. Çözüm doğru miktarda iyot kullanılarak yeni bir banyo hazırlamaktır. Bana, eski çözeltileri ne yapıldığını sormayın!

**Alman Ders:** Kaplama yüzeyinde beyaz noktasal bölgeler görüldüğü anda anlaşılmalıdır ki, bir takım şeyler yanlış gidiyordur!

Problemlerin cevapları verildikten sonra ilave bilgiler için referanslar bildirilecek ve krom kaplama ile ilgili küçük bir sınav olacaksınız. İyi şanslar!

Farkındaysanız siyah krom kaplama konusu hakkında bir bilgi verilmemiştir. Bu konu az veya çok metal renklendirilmesi konusuna girmektedir ve siyah krom kaplama ile ilgili bilgileri 12. Ders'te bulabilirsiniz.

### **Problem Cevapları**

- 1- (sayfa 5) 175,7 gr
- 2- (sayfa 6) (a) 20,37 fl-oz (b) 620 mililitre
- 3- (sayfa 10) 3,78 volt
- 4- (sayfa 31) 547 gr NaCN; 728 gr KCN
- 5- (sayfa 77) 3,14 saat
- 6- (sayfa 77) 2,86 saat
- 7- (sayfa 78) 5,76 saat

## Seçilmiş Referanslar

### Bakır Kaplama

**Kitap:** Aşağıda belirtilen kitap-bakır kaplama ve diğer kaplamalar için iyi bir referanstır. “Modern Electroplating”, 4. Baskı yazarı: M.Schlesinger ve M. Paunovic, John Wiley, 2000 – “Metal Finishing Publications” tan tedarik edilebilir. 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-31 99. [www.metalfinishing.com](http://www.metalfinishing.com)

**Kitap:** Metals Handbook 10. Baskı Volume 5, Surface Engineering, ASM International, Metals Park, OH 44073,1982

**Kaplama Tedarikçileri :** “Product Finishing Directory& Technology Guide” a başvurun. 2003 Basımı, Gardner Publications, 6600 Clough Pike, Cincinnati, OH 45 244-4090, (800) 950-80 20, [www.pfonline.com](http://www.pfonline.com) veya “Metal Finishing Guide book & Directory” , 2003 Basımı, “Metal Plastics Publications,” Inc, 360 Park Avenue South, New York, NY 10010,(212)633-3199-“The Metal Finishing Guide book and Directory “kitabı, bakır kaplama konusunda, önemli bölümlere sahiptir.

### Kadmiyum Kaplama

**Kitap:** Aşağıdaki kitap, kadmiyum kaplama ve diğer kaplamalar için oldukça faydalı bir referanstır. “Modern Electro plating, 4. Baskı, yazar: M. Schlesinger, M.Pounovic, John Wiley, 2000 “Metal Finishing Publications”tan tedarik edilebilir. 360 Park Avenue South, New York, NY 10010,(212)633-3199, [www.metalfinishing.com](http://www.metalfinishing.com).

**Kitap:** “Metals Handbook,” 10-Baskı. Volume S, Surface Engineering, ASM International, Metals Park, OH 44073, 1982.

**Kaplama Tedarikçileri:** Product Finishing Directory& Technology Guide” a başvurun; 2003 basımı, Gardner Publications, 6600 Clough Pike, Cincinnati, OH 45244-4090,(800) 950-8020, [www.pfonline.com](http://www.pfonline.com) veya “Metal Finishing Guidebook&Directory, 2003 basımı, Metal & Plastics Publications, Inc, 360 Park Avenue South New York, NY 10010, (212) 633-3199 “Metal Finishing Guidebook and Directory” kitabı bakır kaplama konusunda oldukça yararlı bölümler içermektedir.

**Hull Cell Kabı Tedarikçileri:** Kocour Co; 4800 S.St.Loıs Ave. Chicago, IL 60 632, (800) 538-0554, [www.kocournet.com](http://www.kocournet.com) Kaplama için Test hücresi sağlayıcısı (Plating Test Cell supply Co) 948-B Wayside Road, Cleveland, OH 44110, (216) 486-8400 Diğer Tedarikçiler “Product Finishing Directory& Technology Guide” ta belirtilmiştir.

## **Krom Kaplama**

**Kitap:** Aşağıdaki kitap, krom kaplama ve diğer kaplama banyolar için iyi bir başvuru. Modern Electroplating 4-baskı yazarları: M.Schlesinger ve M.Paunovic, John Wiley, 2000, “Metal Finishing Publications”tan elde edilebilir. 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-3199, [www.metalfinishing.com](http://www.metalfinishing.com)

**Kitap:** “Metals Handbook”, 10.Baskı, Volume 5, Surface Engineering, ASM International, Metals Park, OH 44073,1982.

**Kaplama Tedarikçileri:** “Product Finishing Directory Technology Guide, 2003 Basımı olan katiba başvurunuz. Gardner Publications, 6600 Clough Pike, Cincinnati, OH 45244-4090, (800)950-8020, [www.pfonline.com](http://www.pfonline.com) veya “Metal Finishing Guidebook & Directory, 2003 Basımı, Metal Plastics Publications, Inc., 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-3199. “The Metal Finishing Guide book & Directory” kitabı, bakır kaplama ile ilgili değerli bilgilere de sahiptir.

**Sert Krom Kaplama:** Eğer sert krom kaplama ile ilgileniyorsanız, aşağıdaki kitabı size öneririm. “Hard Chromium Plating”, yazar: Robert K.Guffie. Kitap, artık basılmamaktadır, fakat kütüphanelerden edinilebilir. Diğer olası bir kaynak, [www.amazon.com](http://www.amazon.com)

### **Krom, Nikel Kaplama**

Bu kaplama işlemlerini içeren iyi bir kitap”Nickel and Chromium Plating”,3. Baskı, Yazarlar: J.K.Dennis ve T.E. Such. Bu kitabı “Metal Finishing Publications”tan edinebilirsiniz.

**Trivalent Krom Kaplama:** Bu konu ile ilgili tavsiye edilen yayın”Product Finishing” Yazar D.L.Snyder.

**Kaplama Tedarikçileri için:** “Product Finishing Directory” veya “Metal Finishing Guide book and Directory” kitaplarına başvurabilirsiniz.