

# METAL KAPLAMANIN DÜNÜ BUGÜNÜ

Cengiz ÜNVER  
TÜLOMSAŞ Genel Müdürlüğü

## 1. GİRİŞ

Bir ülke ekonomisinde metal kaplamacılığının önemi büyüktür. Ağır sanayiden hediyeleş eşya sanayine kadar hemen her sahada kullanılmaktadır. Demir, pirinç, bakır, zam ak gibi ana alt metallerin nikel, krom, çinko, kadmiyum gibi metallerle kaplanmaları artık olağan hale gelmiştir. Bunu yaparken uygun kalite ve ucuza mal etme ülke ekonomisi yönünden çok önemlidir.

Sıcak, parlak nikel kaplamalarla ilgili çalışmalar ilk olarak 1910 yılında başlamıştır. İkinci Dünya Savaşından sonra nikel kaplama tekniği çok gelişmiştir. Bilindiği gibi nikel kaplama banyolarında organik parlaticılar kullanılmadığından yapılan kaplamalar paslanmaya karşı son derece dayanıklı olurdu. Çünkü banyoda paslanmaya eğilimi arttıran maddeler bulunmuyordu. Parça bir Watts banyosunda kaplanıyor ve fırçalanıp kullanılıyordu tabaka zamanla matlaşıyor ama uzun süre paslanmıyordu. Türkiyede ilk metal kaplama işlemini İstanbuldaki yabancı azınlıklar başlatmıştır. Günümüzde nikelaj piyasasında ara polisajlarla soğuk olarak yapılan bakır, nikel ve üzerine kromajla sıcak çalışan banyolara nazaran korozyon yönünden çok daha iyi özelliğe sahip olduğu bir gerçektir. Fakat soğuk banyolardaki maliyetin çok daha fazla olduğu da bir gerçektir ayrıca soğuk banyolarda yapılacak olan ara polisajlardan sonra sağlıklı bir temizlik işlemi yapılmazsa kaplama zamanla ya da hemen kalkacaktır. Bu yüzden soğuk kaplama devri kapanmıştır.

Korozyona mukavim iyi kalite kaplama yapılmadığı takdirde en fazla malzeme bir yıl içinde paslanacak demektir. Türkiyemizde genelde piyasada 8-10 mikron nikel kaplama yapılıyor. Yapılan hesaplara göre yılda 45.000 ton demir metali nikel ile kaplanmaktadır. Sacın kg. fiyatını 800 TL kabul edersek 36.000.000.000 TL. değerinde demir malzeme bir yılda kaplanıyor demektir. Bir malzemenin mamul hale gelmesi için en az malzeme fiyatının 4-5 katı masraf olur hal böyle olunca 36.000.000.000 x 4 = 150.000.000.000 TL. bir maliyet olur. Kaplama yapılan malzemenin kaplama hatasından dolayı 1/3.hurdaya gittiğini düşünsek bile 50.000.000.000 TL. bir kayıp olacaktır. Ülkemizde ileri ve çağdaş teknolojileri en iyi şekilde uygularsak daha kısa zamanda ekonomimizin düzlüğe çıkacağına inanıyorum.

## 2. KOROZYON

Bir metalin çevresi ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girmesiyle tahrip olmasıdır.

### 2.1 Başlıca Korozyon Çeşitleri

1. Taneler arası korozyon
2. Genel korozyon
3. Çatlak korozyon
4. Çukur korozyonu
5. Galvanik korozyon
6. Gerilim çatlama korozyonu

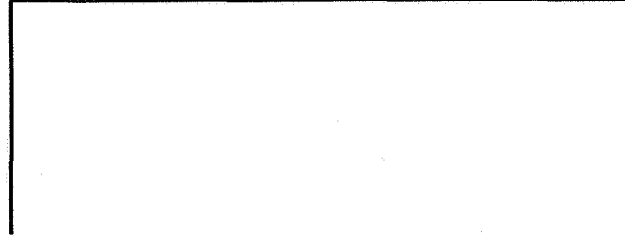
### 2.2. Korozyon Ortamı Çeşitleri

1. Atmosferik korozyon (Endüstri havası, deniz hatası gibi)
2. Sulu ortamda korozyon
3. Toprakta korozyon.

Atmosfer denilince genelde iki tip atmosfer ortamı vardır.

1. Oksitleyici atmosfer (Açık arazi, deniz havası gibi)
2. Redükleyici atmosfer (Şehir ve endüstri havası yağ ve kömürün yanmasıyla oluşan yüksek orandaki kükürtdioksit oldukça etkindir).

### KOROZYONA KARŞI KORUNMA



#### Pasif Korunma

1. Metal kaplamalar
2. Anorganik kaplamalar (Emaye boya fosfat)
3. Organik kaplamalar (plastik, lastik)

#### Aktif Koruma

1. Ortam değiştirilir
2. Uygun malzeme seçimi
3. Elektrokimyasal yöntemler
4. Uygun kontrüksiyon

### 3. METALİK KAPLAMALAR

Metaller üç ana nedenden dolayı kaplanırlar

1. Korozyona karşı mukavemet
2. Dekoratif amaçla
3. Metal Yüzeyinin sürtünme mukavemetinin artırılması

#### 3.1. Metalik Kaplamalar Prensipleri Olarak İkiye Ayrılırlar

##### 3.1.1. Kaplanacak Metalden Daha Soy Bir Metalle Kaplama

Örnek olarak demir ve çeliğin bakır, nikel, gümüş ile kaplanması gibi. Bu tür kaplamada kaplama sıkı olmalıdır. Eğer parça üzerinde gözenekler ve çizikler olmuş ise küçük anod büyük katot çifti oluşur ve çukur korozyonu meydana gelir. Bu tür kaplamaya katodik kaplama denir.

##### 3.1.2. Kaplanacak Metalle Oranla Daha Az Soy Olan Metalle Kaplama

Demir ve çeliğe göre anodik olan kaplama çinko ve kadmiyum örnek verebiliriz. Demire karşı anod olarak davranırlar gözenek ve çizgiler problem teşkil etmez çünkü korozyon esnasında önce kaplama harap olacaktır.

Sanayide kullanılan birtakım kaplama sistemleri vardır (Cu + Ni + Cr) (Ni + Cr) gibi bunlar gerek dekoratif ve gerekse korozyona mukavemet olarak en uygun sistemlerdir. Aynı zamanda ekonomiktir. Nikelaj - kromajda parlaklık son derece önemlidir. Parlaklık, ışığı geldiği yöne aynı şekilde gönderebiliyorsak fiziki olarak olayı açıklamış oluruz. Bu ise ancak pürüzsüz, düz bir yüzle mümkündür. Kaplamacılıkta iyi bir polisaj, ışığın yansımaya yardımcı elementler ve yüzeydeki çukurların doldurulması yüzeyin iyi parlamasını sağlayan faktörlerdir.

#### 3.2. Nikel Kaplama

Çelik, çinko döküm ve diğer demir dışı metallere yapılan nikel kaplamalar korozyon yanında dekoratif amaçla yapılır. Bir çok hallerde üzerine krom kaplanır, böylece zamanla nikelin parlaklık ve renginin değişmesi önlenir. Nikel kaplamalar mat, yarı parlak, özellikle parlak olarak yapıldığı gibi siyah olarakta yapılabilir. Mühendislik amacıyla yapılan kaplamalar ise mat ve kalındır. Nikel hidrojenle göre daha aktif bir metal olmasına rağmen yüzeyinin pasifleşerek çürümesinin durması nedeni ile atmosferik korozyona dirençlidir fakat demir nikel göre daha aktif bir metal için demir üzerine yapılan nikelin gözeneksiz olması çok önemlidir. Günümüzde nikel banyolarında nikel tuzu olarak nikel sülfat ( $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ve tamponlama maddesi olarak borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) kullanılır. Ayrıca birçok banyolarda ilave olarak nikel klorür ( $\text{NiCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) konulur. Nikel klorür, nikel sülfat, borik asitten oluşan banyolara

Watts banyoları denir. Watts banyoları dışında uygulamada önemli bir yer tutan sütfomaî ve fluobarat banyoları vardır. Sülfamatlı banyolarının yüksek kaplama hızı, düşük iç gerilimi vardır. Nikel banyolarında iletkenliği artırmak için klorürler (Amonyumsafyum, nikel gibi) kullanılır. Klorürler anod çözülmesini yardımcı olurlar. Siyah nikelde ise çinko ve tiyosiyanat iyonları bulunur. Bir Watts banyosu örneği aşağıda verilmiştir.

Ni SO <sub>4</sub> . 6H <sub>2</sub> O.....	240 g/lt.
NiCl <sub>2</sub> . 7H <sub>2</sub> O.....	20 g/lt.
H3BO3.....	20 g/lt.

Nikelle ilgili bazı noktaları incelemeye çalışalım.

### 3.2.1. Katodik Akım Verimi

Gerçekte ayrışan nikel miktarlarının teorik olarak ayrışan nikel miktarlarına oranında katodik akım verimi denilir bu verim gerçekte %95-99.5 arasındır.

### 3.2.2. Anodik Akım Verimi

Anod pasif bir tabakayla örtülmüş ise çözünme yavaşlayacak hatta duracaktır bu durumda anodik akımı verimi sıfır olacaktır. Buna göre gerçekte çözünen anod miktarının teorik olarak çözülen nikel miktarına oranına anodik akım verimi denilir.

### 3.2.3. Borik Asit

Katod PH'ını belli bir değerde tutmak için kullanılır çünkü nikel banyoları belirli bir PH sınırları içerisinde çalışır. Watts banyolarında PH=4 civarında borik asilin önemi özellikle düşük PH dadır. Zira bu PH'larda metalle birlikte hidrojen iyonuda redüklenir ve katod civarında hidroksit iyon konsantrasyonunun artarak nikel hidroksit çökmesine neden olur. Nikel banyoları hafif asiliktir. Fazla asitik bir banyoda hidrojen çıkışı artacaktır neticesinde ise katodik akım verimi düşecektir. Bir müddet sonra ise eriyimi hidrojen iyonu yönünden fakirleşecektir. Ve PH yükselmeye başlayacaktır. Fazla bir sapma olmasa bu durum zamanla kendiliğinden normale döner. PH yüksek ise anodlar pasifleşir normal bir çözünme olmaz anodik akım verimi düşer yüksek PH'lar uygun bir asitle (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gibi) düşük PH'lar ise daha ziyade nikel karbonat ilavesiyle normale dönüştürülür. PH ayarında PH'1 0.2 ünite düşürmek için gerekli (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) miktarı

Çözeltinin PH deđişimi	:	Çözeltinin H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> İçeriđi	
		M1 /100 lt için	40.g / et. ise M1 /100 lt. için
5.4 den 4.8	:	<b>2.5</b>	<b>4.4</b>
4.8 den 4.6	:	<b>2.4</b>	<b>4.0</b>
4.6 den 4.4	:	<b>2.3</b>	<b>3.3</b>
4.4 den 4.2	:	<b>1.8</b>	<b>2.6</b>
4.2 den 4.0	:	1.4	1.3
4.0 den 3.8	:	1.0	1.3
3.8 den 3.6	:	0.6	0.8

### 3.2.4. Akım Yoğunluğu

Katodun yüzeyinden birim olarak geçen akıma denilir, a/dm<sup>2</sup> ile ölçülür. % 100 bir akım veriminde 1 faraday (26.8A/saat)'de 29.35 gram nikel ayrışır. Bu nikel miktarı 1 dm<sup>2</sup>'lik yüzeye dağıtılırsa yaklaşık 330 mikronluk bir tabaka kalınlığı elde edilir. Kaide olarak 1 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluğunda saatte 12.4 mikron nikel ayrıştırılır. Ayrışan kaplama miktarı zaman ve akım miktarı ile orantılı olduğundan akım yoğunluğu artırılırsa zaman kısaltılabilir. Nikel kaplama çözeltisinde nikel iyonlarının konsantrasyonunun artması katod potansiyelini azaltır dolayısıyla

aynı voltajda katotdan daha fazla akım geçişi mümkün olur.

### 3.2.5. Anod

Bir nikel ne kadar saf ise çözünmesi o kadar zor ve dolayısıyla pasifleşmesi o kadar kolay olur anoddaki safsızlıklar pasifleşmeyi önler.

Günümüzde dört tip anod vardır.

#### 3.2.5.1 Haddelenmiş Karbon Anodlar

%0.25 karbon, %0.25 Silis'li nikel anodlardır. Bileşimdeki karbon ve silis çözünmeyi kolaylaştırır özellikle organik parlaticıların kullandığı çözeltilerde tercih edilirler 4.5'dan düşük PH'larda kullanmak uygun olur.

#### 3.2.5.2. Döküm Anodlar

Haddelenmiş anodlar gibidir.

#### 3.2.5.3. Haddelenmiş Depoizasyon Anodlar

Bu cins anodlarda çözünmenin kolay olması nikel, nikel oksitle birlikte haddelenir.

Tane sınırlarında bulunan nikel oksit çözünmeyi kolaylaştırır.

#### 3.2.5.4. Elektrolitik Levha Anodlar

Günümüzde en çok kullanılan tiplerdir küçük parçalanmış şekillerde kullanılırlar. Bu küçük parçalar titanyum sepetlere yerleştirilirler.

#### 3.2.6. Titanyum Sepetler

Titanyum çok kolay pasifleşir. Bu pasif tabaka çok dayanıklıdır. Ancak çok yüksek voltajlarda dayanıklılığını yitirir. Watts ve klorür banyolarında çok rahat kullanılırlar, flubofat banyolarında ise çözülürler bu yüzden kullanılmazlar. Bu titan sepetlerinde anot torbalarına koymak böylece bazı pisliklerin kaplamaya zarar vermesini önlemek yönünden faydalıdır.

#### 3.2.7. Organik Pislikler

Bir müddet gerek kaplanılan mallarla gerekse parlaticıların parçalanmasıyla banyomuz kirlenecektir. Bu pislikler parçalar üzerinde istenmeyen durumlar yaratırlar, parça üzerinde pörler, pittingler oluşur böylece sert, kırılğan hatta kabuk kabuk soyulan kaplamalar oluşur. Böyle durumlarda pisliklerin giderilmesi için bazı metotlar vardır.

##### 3.2.7.1. Aktif Karbonla Muamele

Bununla yalnız organik pislikler giderilebilir normal şartlarda 2-5 gr/lt. kullanılır. Bu işlem için başka bir kabta çözeltili ısı 65-70°C çıkarılır. PH- 5-5, 5 yapılı, her litreye 2-5 gr aktif karbon atılır, karıştırılır 12 saat banyo dinlendirilir sonra filtre edilir.

3.2.7.2. Aktif karbon - permanganat kombinasyonu elektrolit 65-70°C ısıtılır PH- 2 düşürülür ayrı bir kabta hazırlanmış olan 0,30 g/lt permanganat çözeltili banyoya ilave edilir bir kaç saat bekletilir. Sonra banyonun PH'ı yükseltilir 5 - 5,5 getirilir üzerine 2-3 gr/lt. aktif karbon ilave yapılı 10-12 saat bekletilir filtre edilir.

##### 3.2.8. Metalik Pislikler ve Selektif Temizleme

Katoda asılan parçaların kaplama anında çözülmeleri, ya da başka banyolardan nikel banyolarına taşınmaları sonucu yabancı metaller banyoda oluşmaktadır en fazla görülen metalik ise demir, bakır çinko, kurşundur. Bu pislikler düşük akım yoğunluğunda bertaraf edilebilirler. Bunun için oluklu bir saç kullanılır burada dikkat edilecek husus olukların fazla dar ve köşeleri dar açı teşkil etmemesidir. Aksi halde düşük akımda derin yerlerin nikel kaplanması imkansızlaşır demir eriyerek banyoya geçer. Yine keskin köşeler anoda yakın olduğu için metalik pislik yerine nikelle kaplanır. Burada ikinci önemli bir husus akım kesilmelerinde kadodun dışarı alınmasıdır. Böylece yabancı metallerin tekrar geriye geçmesi önlenir,

##### 3.2.9. Korozyona Dirençli Nikel Kaplamalar

Nikel kaplamalar içinde atmosferik direnci en düşük olanlar kükürt içeren (%0.04 - 0,08) parlak nikel kaplamalarıdır. Kükürt içermeyen yarıparlak, mat kaplamalar daha dayanıklıdır. Son yıllarda geliştirilen çok katlı nikel kaplamada prensib daha aktif kükürtlü, nikelin daha asil kükürtsüz nikeli koruması (Katodik) şeklindedir. Böylece çelik üzerine kaplanmış bir çinkonun kendisini feda ederek alttaki çeliği korumasına benzer şekilde çift katlı nikelde üstteki parlak nikelde oluşan her hangi bir gözenek alttaki yarı parlak nikel ile ana malzemeyi

korumuş olur. Yarı parlak - parlak nikel oranı 3/1 şeklindedir. Çok katlı nikel kaplamalarda korozyon direncinin daha da artırılması için üç katlı nikel kaplama yapılmıştır. Bunda prensip sırasıyla önce kükürtsüz bir yarı parlak kaplama, sonra 1,5 - 4,5 mikron kalınlığında yüksek kükürtlü (%0.15.S) parlak nikel, en son olarakta normal kükürtlü (0.04 - 0.08.5) bir nikel kaplama yapılır. Buradaki yüksek kükürtlü ara tabaka üstteki parlak nikelde olabilecek korozyon çözünerek yana yaymaya çalışılacağı yarı parlak nikelde geçişini önler. Çok katlı nikel kaplamaların korozyon direnci mikro çatlaklı, ya da mikro geçişini önler. Çok katlı nikel kaplamaların korozyon direnci mikro çatlaklı, ya da mikro porözlü krom kaplamalarla artırılabilir. Elde edilen çatlaklar alttaki nikelde geniş bir alanı ortaya çıkardığından korozyon belirli miktarlarda yoğunlaşmaz tüm yüzeye yayılır bu ise birim alana düşen korozyon hızını düşürür.

Mikro çatlaklı kromla kaplı çok katlı nikel kaplamalarda bakır alt metal olarak kullanılırsa korozyon mukavemeti daha arttırılmış olur.

### 3.2.10.Nikel Banyolarındaki Hatalar ve Sebepleri

#### 1. Nikel soyuluyor veya pul pul dökülüyor.

Sebebi yağ alma banyosu hatalı, dekapaj işlemi hatalı, akım kesiliyordur, metalik pislikler var, banyoda uzun süre akımsız kalıyor.

#### 2. Kırılğan kaplama :

Sebebi : Organik pislikler (aktif kömürle muamele et, selektif temizleme) yabancı metaller olabilir, fazla parlaticı olabilir (PH = 3,5 - 3,7 düşürülür selektif temizleme yapılır).

#### 3. Yanma oluyor

Sebebi : Akım yoğunluğu çok yüksek, metal ve borik asit miktarı çok düşük, PH çok yüksek, sıcaklık çok düşüktür.

#### 4. Kaplama gözenekli

Sebebi : Organik ve metalik pislikler var, nemlendirici konsantrasyonu düşük, filtre pompası hava kaçırabilir.

#### 5. Dumanlı Kaplama

Sebebi : Banyoda pislikler var

#### 6. Portakal kabuğu görünümlü kaplama

Sebebi : PH değeri çok yüksek, banyoya yağ karışmış (Selektif temizleme yağ), fazla parlaticı, metalik pislikler.

#### 7. Düşük akım yoğunluklarında esmer kaplama.

Sebebi : Metalik pislikler, organik pislikler, fazla parlaticı.

### 3.3 Krom Kaplama

3.3.1. Krom kaplama çok sert olup mekanik yüklemelere karşı mukavemeti yüksektir. Lehimlenemez, yapışma kabiliyeti azdır, sürtünme katsayısı düşüktür. Sertliği 850-1200 Hv dir. Genelde 0,02 - 0,4 mm kaplanır. Elektro gerilim dizisinde çinko - demir arasında yer alır. Fakat korozyon koruyuculuğu bunlardan yüksektir. Nedeni yüzeyinde bir müddet sonra bir oksit filminin teşekkülü ve böylece yüzeyin pasifleşmesidir. Yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. 300°C'e kadar her hangi bir değişim olmaz sonra sertliği 640°C'e varıncaya kadar yavaş 640°C'den sonra aniden düşer.

Kullanıldığı yerler olarak, ölçü aletleri, çeşitli kalıplar, matkap, freze çakısı, ayrıca günümüzde uygulanmakta olan çaptan düşmüş makina parçalarının çapa getirilmesi gibi.

Krom kaplamanın yapısı elektrolitik sıcaklığına, bileşimine, katodik akım yoğunluğuna bağlıdır. Elektrolitin bileşimi ve sıcaklığı sabit tutulup akım yoğunluğunun artırılmasıyla öncelik sırasına göre şu tabakalar oluşur, yumuşak sütlü beyaz, yarı parlak, parlak ve sert nihayet grimsi tabakalar oluşur. Sütümsü tabakaların tane büyüklüğü parlak sert tabakaların tane büyüklüğüyle kıyaslanamayacak kadar farklı olup daha büyüktür. Sert kromla parlak krom aslında aynı şeydir, tek farkı sert kromun daha kalın yapılmasıdır. Her banyo bileşimi için maksimum sertliğin elde edilebileceği sıcaklık - akım yoğunluğu bağıntısı vardır. Yabancı asit konsantrasyonu artması sertlikte düşmeye neden olur. Krom banyolarında kullanılan akımın büyük bir kısmı H<sup>+</sup> (Hidrojen) iyonlarının H<sup>2</sup> haline, Cr<sup>+</sup>+6 iyonlarının Cr<sub>3</sub><sup>+6</sup> e

redükienmesine harcadığından akım verimi oldukça düşüktür ve koşullara göre %30-10 oranında değişir. Banyo sıcaklığının art m asiyle akım verimi artar sert kromda kaplanan parçalar 180-200°C'de özellikle yağda 2-3 saat ısıl işleme tutulurlar böylece parçanın hidrojen gazı gevrekliği giderilir. Kromun kaplandıktan sonraki taşlanması da önemlidir. 15-20 metre saniyelik bir taş hızı uygundur.

### 3.3.2. Parlak Krom

Parlak kromun tek başına bir demir malzemeyi korozyondan korumasına olanak yoktur. Çünkü elektrokimyasal özellikleri buna kafi değildir. (Cu+Ni) veya duble nikel ara tabakası teşekkül ettirilerek maximum korozyon mukavemeti sağlanır. Son yıllarda korozyona mukavemet duble nikel üzerine çatlaksız ve mesametsiz, mikro çatlaklı, mikro prözlü (Meamatlı) krom tabakası sistemiyle artırılmıştır. Aslında çatlaksız krom kaplama yapmak en idalidir. Ancak krom gevrek bir metaldir. Hafif mekanik bir zorlamada ya da ısı değişiminde kaplama üzerinde münferit yerlerde çatlaklar oluşmaktadır. Böylece lokal eleman teşkili ile krom yüzeyi eriyen katot, serbest kalan nikel tabaka ise eriyen anod olmaktadır. Krom tabakada çatlak sayısı ne kadar az ise korozyonda anodik akım yoğunluğu o denli yüksek olmakta dolay isiyile ana alt metal daha kısa zamanda korozyona uğramaktadır. Eksi yıllarda iki kademeleli kromla çatlak teşekkül ettirilirdir. Bu ise yüksek bir maliyet oluşturuyordu bugün ise tek krom banyosunda çatlaklar oluşturuluyor. Çatlak sayısı santimetreye 400-800 orantı olmalı 400 aşığı olmamasına dikkat etmelidir.

Krom banyolarında çözünmeyen anodlar kullanılır. Anod malzemesi olarak (%5-8) antimuanlı kurşun kullanmak uygundur. Anodda esas olarak O<sub>2</sub> teşekkül eder ve anod yüzeyine sıkıca yapışan iyi elektrik iletkenliği olan kahverengi renkte kurşun süper oksit (Kurşun dioksit) teşekkül eder. Şayet anodda sarı renkte kurşun kromat teşekkül etmişse bu elektriği iyi iletmez kaplamada problemler çıkar anodu çıkarıp fırçalamak lazımdır.

Parlak krom banyolarında Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı sert kromdan daha fazladır. Bu ise parlak kromda girifit parçaların daha iyi kromlanmasını sağlar.

Yardımcı asit olarak genellikle H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bazende HF, H<sub>2</sub>SF<sub>6</sub> kullanılır. Banyonun H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oranı kromik asitin % 0.8 -1.2 kadardır. Ayrıca %3 civarında Cr<sup>+3</sup> iyonu bulunur. Cr<sup>+</sup> fazla olması kaplamayı bozar. Cr<sup>+3</sup> iyonu konsantrasyonu düşürmek için bazen banyo 1.5 . -2 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluğu ile çalıştırılır Cr<sup>+3</sup> iyonu konsantrasyonun artmasını önlemek için büyük anodla çalışılmalıdır anod - katot oranı en azından 1/1'lik olmasında fayda vardır.

Banyolar sert kromda 20 - 22 Be de parlakta ise daha yüksek bombede tutulur. Banyonun Be 1 arttırmak için 100 ltlik bir banyoda 1.5 kg. C1O3 artırılmalıdır.

Kromlardan sonra iç parçaları 60.70°C sıcak suda yıkanır.

Bir sert krom örneği aşağıda gösterilmiştir.

Cr O<sub>3</sub>.....250 gr/lt  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....2.5 gr/lt  
Cn\*.....% 3 - 5  
Sıcaklık .....55 °C  
Akım yoğunluğu.....50 A / dm<sup>2</sup>

Bir parlak krom örneği aşağıdaki gibidir.

CrO<sub>3</sub>.....400 gr/lt  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.....4 gr/lt  
Cr+3.....% 3 - 5  
Sıcaklık .....40°C  
Akım yoğunluğu.....15 - 20 A / dm<sup>2</sup>

### 3.3.2.1. Parlak Kromdaki Hatalar

#### 1. Homojen, mat kaplama

Sebebi : Elektrolitik sıcaklığı çok düşük, elektrik kesilmesi, elektrolitte çok fazla  $Cr^{3+}$  veya demir var.

#### 2. Kahverengi lekeler

Sebebi : Yardımcı asit konsantrasyonu düşük

#### 3. Kaplama yüzeyi pürüzlü

Sebebi : Pasif nikel tabakası sıcaklık düşük, yabancı asit konsantrasyonu düşük.

#### 4. Ni - Cr; veya Cu - Ni - Cr tabakaları kalkıyor

Sebebi : Cu veya Ni' kaplama öncesi yağ alma, nikel elektrolitin PH' yüksek.

#### 5. Delik çevresinde kaplanmamış kısımlar

Sebebi : Deliklerde çok kuvvetli hidrojen çıkışı (delikler lastik yada plastik tapalarla kapatılır)

#### 6. Kenarlarında kaplanmamış kısımlar

Sebebi : Parçalar birbirine çok yakın asılmış.

#### 7. Parçalar kısmen kaplanmış

Sebebi : Elektrolit sıcaklığı yüksek, iş parçasının ya da anodun kontağı iyi değildir. Yabancı asit miktarı çok yüksek veya düşük  $Cr^{3+}$  konsantrasyonu çok yüksek, sarı anod örtüsü, nikel tabakasının kısmi pasivanyosu, kaplama gerilimi yetersiz (bir dakika yüksek amperajda çalış)

#### 8. Sütümsü homojen kaplama

Sebebi : Elektrolit sıcaklığı çok yüksek, elektrolitin  $Cr^{3+}$ , demir miktarı çok çok yüksek.

#### 9. Krom kaplama hızı çok düşük.

Sebebi : Banyo sıcaklığı yüksek, banyodaki yabancı asit düşük veya yüksek, banyodaki demir ve  $Cr^{3+}$  yüksek.

Genelde parlak nikel banyosunda takip edilecek işlem sırası :

1. 80-90°C kalevi yağ alma 5-10 dk
2. Sıcak su çalkalaması
3. Soğuk su çalkalaması
4. inhibitörlü bir asitte bazlama
5. Su çalkalama
6. Katodik yağ alma 65°C 2 dk.
7. Anodik yağ alma 65°C 2 dk.
8. Su çalkalama
9. % 5  $H_2SO_4$  ile dekope
10. Su çalkalama
11. Nikel kaplama
12. Su çalkalama
13. Aktifleştirme = (Oksalik asit gibi bir asit olabilir)
14. Krom kaplama = 0.3 - 0.4 mikron

### 4. KAPLAMA SİSTEMLERİ (DİN 50967)

Bu sistemlerde kullanılan rumuzların manaları nedir.

b : Parlak nikel

p : Mat yada yarı parlak nikel

d : Duple yada tri nikel

r : Normal parlak krom

f : Çatlaksız krom

mc : Mikro çatlaklı krom

mp : Mikro porözlü

Demir Üzerine (Ni + Cr) Kaplamalar	
Korozyon mukavemet derecesi	Kaplama sistemi
4	fe/Ni30dCrmc fe/Ni 30 d Cr mp <u>fe/Ni40dCrr</u> fe/Ni 30 P Cr mc fe/Ni 30 P Cr mp
3	fe/Ni25dCrmc fe/Ni25dCrmp <u>fe/Ni30dCrr</u> fe/Ni 25 p Cr mc fe/Ni 25 p Cr mp <u>fe/Ni30pCrr</u> fe/Ni30bCrmc fe/Ni30bCrmp fe/Ni 40 bCrr
2	fe/Ni 15 p cr mc fe/Ni 15 p cr mp <u>fe/Ni20Dcrr</u> fe/Ni 15 bCrmc fe/Ni 15 bCrmp fe/Ni 20b Crr
1	fe/Ni 10bCrmc fe/Ni 10bCrmp fe/Ni 10 b Crr
(5) özel talep	fe/Ni5 bCrr

Demir Üzerine (Cu + Ni + Cr) Kaplamalar	
Korozyon mukavemet derecesi	Kaplama Sistemi
4	fe/Cu 20 Ni 25 d Crmc fe/Cu20Ni25dCrmp <u>fe/Cu20Ni30dCrr</u> ! fe/Cu 20 Ni 25 p Cr mc fe/Cu 20 Ni 25 p Cr mp fe/Cu 20 Ni 25 b Cr mc fe/Cu20Ni25bCrmp
3	fe/Cu 15 Ni 20 d Crmc fe/Cu 15 Ni 20 d Crmp <u>fe/Cu 15 Ni 20 d Crr</u> fe/Cu15Ni20pCrMc fe/Cu 15 Ni 20 p Crmp <u>fe/Cu 15 Ni 25 p Crr</u> fe/Cu 20Ni20bCrMc fe/Cu 20 Ni 20 b Crmp fe/Cu 20 Ni 30 b Crr
2	fe/Cu 20 Ni 10 b Crmc fe/Cu 20 Ni 10 b Crmp fe/Cu 20 Ni 10 b Crr
1	fe/Cu 10 Ni 5 b Crr
S (Özel talep)	fe/Cu 5 Ni 5 b Crr

Zamak üzerine Nikel - krom kaplama

Zamak parçalar evvela bakır aratabakasiyle kaplanır bu kaplama en az 8 mikron kalınlığında siyanürlü bakır banyosundan elde edilir.

Korozyon mukavemet derecesi	Kaplama sistemi
4	Zn/CuSNiSOdCrmc Zn/Cu8Ni30dCrMp <u>Zn/Cu 8 Ni 40 d Crr</u> Zn/Cu 8 Ni 30 p Cr mc Zn/Cu8Ni3ODCrmo
3	Zn/Cu8Ni25dCrmc Zn/Cu8Ni25dCrmp <u>Zn/Cu 8 Ni d Crr</u> Zn/Cu 8 Ni 25 p Cr mc Zn/Cu8Ni25pCrmp <u>Zn/Cu 8 Ni 30 p Crr</u> Zn/Cu8Ni30bCrmc Zn/Cu 8 Ni 40 b Crr Zn/Cu 8 Ni 40 b Crr
2	Zn/Cu 8 Ni 15pCrmc Zn/Cu8Ni15pCrmp <u>Zn/Cu 8 Ni 20 p Crr</u> Zn/Cu8Ni15bCrmc Zn/Cu8Ni15bCrmp Zn/Cu 8 Ni 20 b Crr
1	ZnVCu8Ni10bCrmc Zn/Cu8Ni10bCrmp Zn/Cu 8 Ni 10 b Crr

**KAYNAKÇA:**

1. Handbuch Der Galvanotechnik Band II (Herausgeber Von Dr.Heinz W.Dettner und Dr.Johannes Elze)
2. Praktische Galvanotechnik (Ein Lehr-Und Handbuch)
3. Taschenbuch Der Der Metallschutzes
4. ÇAKIR, Prof.DrAF., Seminer Notları