**METAL KAPLAMA**

Temiz bir yüzey üzerine yapılan her tür işleme yüzey işlem denir. Yapıştırmadan boyamaya, ısıl işlemden kaplamaya kadar son derece geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu tür işlemler ara işlem olabildiği gibi son işlem (finishing) olarak da uygulanabilir. Bazen hem ara işlem hem de son işlem olarak birkaç aşamada uygulanabilir. Metal kaplama önemli ve çok yaygın bir yüzey işlemdir ve genellikle son işlem olarak uygulanır.

Metal kaplama üç amaç için uygulanır:

1. Korozyondan (paslanma) korumak
2. Dekoratif görünüm kazandırmak
3. Mühendislik gereksinimi

Metal kaplama yukarıda belirtilen amaçların biri veya ikisi bazen üçüne birden hizmet edebilir.

*Korozyondan (paslanma) korumak*: Sanayide yapılan kaplamaların en önemli bölümünü oluşturur. Genellikle çelik üzerine uygulanır. Demir saf halde kullanılmaz. Demirin karbon ve/veya diğer metallerle yapılan alaşımlarına çelik denir Dünyada kullanılan çeliğin yaklaşık 10‟u paslanmaktan dolayı ziyan olmaktadır. Bu amaçla çeliği korumak için boya, çinko kaplama gibi koruma yöntemleri uygulanır. Günümüzde çok uzun korozyon (paslanma) direnci sağlayan çinko kaplama teknikleri geliştirilmiştir.

Sanayide en yaygın çinko kaplanmış parça kullanımı otomotiv sektöründedir. Koruma amaçlı en yaygın kaplamalar kadmiyum, çinko, çinko alaşımları ve nikeldir. Kadmiyum çok zehirli olması nedeniyle uygulaması yok denecek kadar azalmıştır.

*Dekoratif görünüm kazandırmak*: Koruma amaçlı kaplama gibi dekoratif görünüm kazandırma amaçlı kaplama da sanayide yapılan kaplamaların önemli bir bölümünü oluşturur. Genellikle hem dekoratif görünüm hem de koruma aynı anda istenir. Bu nedenle koruma amaçlı geliştirilen kaplama proseslerinde (süreç) dekoratif görünüme de dikkat edilir. Bu amaçla en yaygın kaplamalar çinko, çinko alaşımları, nikel, krom, kalay ile gümüş, altın, rodyum gibi değerli metallerdir.

*Mühendislik gereksinimi*: Çok yaygın olmamakla birlikte çok önemli ve hassas bir kaplama yöntemidir. Burada dekoratif görünümden çok teknolojik gereklilik göz önünde tutulur. Örneğin otomotivde şaft, sibop millerinin çok sert olması istenir. Krom bu parçalar için yeteri kadar serttir. Ancak özellikle şaft gibi parçalar çok ağır olduğu için hem çok pahalı olurlar, hem de işlenmeleri, döküm yapılmaları çok zordur. Bu nedenle bu tür parçalar çelikten yapılır. Çelik çok daha kolay işlenir, dökülür ve çok daha ucuzdur. Daha sonra bu çelik parçalar kalın sert kromla kaplanır. Böylece daha ucuz ama krom sertliğinde parça elde edilmiş olunur. Ayrıca kromun paslanma direnci de vardır. Yine elektronik sanayinde hem daha iletkenliğe sahip olması hem de korozyona uğramaması nedeniyle bazı elektronik parçalar sert altın ya da rodyum ile kaplanır. Bazen çeliğin sürtünmesini azaltmak amacıyla kaplama yapılır (teflonlu nikel alaşım).

Metallerin kullanım alanları

|  |  |
| --- | --- |
| METAL ADI | KULLANIM AMACI |
| Çinko | Koruma, dekoratif |
| Nikel | Koruma, dekoratif, mühendislik |
| Bakır | Dekoratif, mühendislik |
| Krom | Dekoratif, mühendislik |
| Kalay | Koruma, dekoratif |
| Altın | Dekoratif, mühendislik |
| Gümüş | Dekoratif, mühendislik |
| Rodyum | Dekoratif, mühendislik |
| Paladyum | Dekoratif, mühendislik |
| Rutenyum | Dekoratif |
| Platin | Mühendislik |

Bazı metallerin kullanım amaçları

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| METAL ADI | Makine | İnşaat | Oto | Silah | Havacılık | Promosyon | Elektronik |
| Çinko | + | + | + |  | + |  | + |
| Nikel | + |  |  | + | + | + | + |
| Bakır | + |  |  |  | + | + | + |
| Krom | + |  | + | + | + | + |  |
| Kalay |  |  |  |  |  | + | + |
| Altın |  |  |  | + |  | + | + |
| Gümüş |  |  |  |  |  | + | + |
| Rodyum |  |  |  |  |  | + | + |
| Paladyum |  |  |  |  |  | + | + |
| Rutenyum |  |  |  |  |  | + |  |
| Platin |  |  |  |  |  | + |  |

**METAL KAPLAMA SİSTEMİ VE KULLANILAN EKİPMANLAR**

# 1.Tank ve Dolap (Tambur)

Metal kaplama bir kap içinde yapılır ve buna tank denir. Kaplanacak parçalar yeteri büyüklükte ise parçalar tanka asılarak kaplanırlar. Ancak küçük parçaların asılarak kaplanması çok zahmetli ve zaman alıcıdır. Örneğin 10 x 10 cm ebatlarında çelik parçalardan bir yüklemede 100 adet asılarak kaplama yapılabilir. Oysa küçük cıvataların asılarak kaplanması mümkün değildir. Cıvataların hem asılacak yeri yoktur, hem de bir günde binlerce hatta on binlerce miktarda kaplanması gerekir. Bu kadar yüksek miktarda kaplama asılarak yapılamaz. Bu nedenle altıgen prizma şeklinde dolaplar kullanılır

Bu dolaba tambur denir. Bir defada yaklaşık 50 kg cıvata alır. Bu tamburun üzerinde çözelti geçişini sağlamak üzere birkaç yüz delik vardır. Bu deliklerin çapı cıvata geçemeyecek kadar küçüktür, ancak rahatça çözelti geçişi yapılabilir. Cıvatalar bu tamburun içine boşaltılır. Tamburun iki merkezinden uzatılan metal elektrotlar redresörün eksi kutbuna bağlanarak devre tamamlanır. Kaplama sırasında bir mekanizma bu tamburu sürekli döndürerek homojen bir kaplama elde edilmesini sağlar.

1. **Elektrolit (Banyo)**

Bu tank içine kaplama yapılacak metalin tuzları ve muhtelif amaçlı inorganik tuzlar ile bazı organik maddeler konur. Bu konan çözeltiye elektrolit ya da banyo adı verilir.

# Anot

Tankın içine karşılıklı iki yanına kaplanacak metalden plakalar asılır. Bu metal plakalara anod adı verilir.

# 4. Katot

Kaplanacak parçalar tankın ortasına asılır. Bu kaplanacak parçalara katot adı verilir.

# 5. Bara

Tankın içine karşılıklı iki yanına ve ortasına genellikle bakır ya da pirinç malzemeden yapılmış metal lamalar asılır. Tankın kenarına monte edilen bu lamalara anot asılır ve anot barası adı verilir. Tankın ortasına asılan lamaya kaplanacak parça asılır ve katot barası adı verilir.

# 6. Isıtma / Soğutma Ekipmanları

Elektrolit (banyo) sıcak çalışacaksa banyoya elektrikli daldırma ısıtıcılar asılır. Bazen banyoyu(elektrolit) soğutmak gerekebilir. Bu durumda tankın uygun yerlerine içinden soğuk su geçen borular yerleştirilir. Bu sisteme eşanjör adı verilir. Bu eşanjör sistemi banyoyu ısıtmak içinde kullanılabilir. Bu sistemde ısıtma medyası olarak sıcak su, buhar ya da yağ kullanılabilir.

Soğuk ya da sıcak çalışsın, banyolarda termostatik kontrol gereklidir. Bu termo eleman (thermocouple) bir termostata bağlanır. Termostat istenilen sıcaklık aralığına ayarlanır. Bu sıcaklık dışına çıkıldığında termostat ısıtma/soğutma sistemini devreye sokar ya da çıkartır.

# 7. Redresör

Kaplama banyosunda bir doğru akım kaynağı gerekir. Bu doğru akım kaynağı Redresör olarak adlandırılır. Üzerinde sistemden geçen akım ve voltajı gösteren gösterge olmalıdır. Bu redresörler genellikle akım kontrollüdür, bazen koşullara göre voltaj kontrollüdür.

# 8. Filtre Ünitesi

Banyoya (elektrolite) dış ortamdan fiziki kirlilikler ile anodun çözünmesi sırasında içindeki döküm cürufları banyoya karışıp, parça üzerinde kaplama hatalarına neden olabilir. Bu nedenle elektrolitin sürekli ya da belirli aralıklarla filtre edilmesi (süzülmesi) gerekir. Bu amaçla kullanılan cihaza filtre ünitesi olarak adlandırılır. Filtre ünitesi içinde filtre medyası olarak kâğıt, bez ya da kartuşlar kullanılır.

Banyo filtre edildiği zaman bir çözelti hareketi sağladığı için daha düzgün bir kaplama elde edilir. Ayrıca çoğu uygulamalarda filtrasyon, organik madde sarfiyatını azaltmaktadır.

# 9.Anot Torbası

Anotlar genellikle döküm metallerdir ve bünyelerinde cüruf bulundurabilirler. Bu cüruf ve kirliliklerin banyoya karışmasını önlemek amacıyla geçirgen bir bezden torba kullanılır. Bu bez polipropilen malzemeden üretilmiştir. Anotlar bu torbaların içine konarak anot bacasına asılırlar.

**KAPLAMA EKİPMANLARI SEÇİLİRKEN DİKKAT EDİLECEK KONULAR**

Öncelikle banyo karakteri iyi bilinmelidir. Sistemde kullanılacak tüm cihazlar bu karaktere uygun seçilmelidir. Örneğin banyo asidik karakterde ise kullanılacak tank, ısıtma ve filtrasyon cihazı malzemeleri aside dayanıklı olmalıdır. Ayrıca banyo sıcakta çalışıyorsa cihaz malzemesi de bu sıcaklığa dayanmalıdır. Kaplanması gereken parçanın günlük üretimine bağlı olarak tank boyutları belirlenmeli, ayrıca bir yüklemede kaplanacak parçaların toplam alanına göre redresörün kapasitesi belirlenmelidir.

**METAL KAPLAMA MEKANİZMASI**

Metal kaplama sırasında redoks reaksiyonları oluşur.

Anot üzerinde yükseltgenme, katot üzerinde indirgenme reaksiyonları olur.Örneğin çinko kaplama banyosunda anot olarak çinko külçe kullanılır.

Anot üzerinde çinko yükseltgenerek (iki elektron vererek) çözünür.

Zn0 Zn2+ + 2e–

Aynı anda katotta çinko indirgenerek (iki elektron alarak) parça üzerine çöker.

Zn2+ + 2e– Zn0

Bu reaksiyon kendiliğinden oluşmaz. Bu reaksiyonun oluşabilmesi için elektrik akımına (doğru akım) ihtiyaç vardır. Bu amaçla anot redresörün artı kutbuna, çinko kaplanacak parça (katot) eksi kutba bağlanır. Yeteri kadar akım verilerek kaplama işlemi başlatılır ve yeteri kadar kaplama yapıldıktan sonra akım kesilerek kaplama işlemi sonlandırılır.

Anotta çözünen çinko iyonu katoda doğru göç eder. Ancak gerek çinko gerekse diğer metal iyonları tek başlarına değil, genellikle kompleks iyonlar halinde bulunurlar. Bu komplekslere örnek olarak [Zn(OH)4]2– , [Cu(CN)2]1– , [Cu(CN)3]2– , [Au(CN)2]1– , [Au(CN)4]1– verilebilir.

Yukarıda kaplama mekanizması basitleştirilmiş olarak verilmiştir. Oysa kaplama sırasında genellikle metalin farklı kompozisyonlarda kompleksleri diğer bir deyişle ara ürünler oluşur. Örneğin krom kaplama çözeltisi 6+ değerlikli krom iyonu ile kurulur. Oysa kaplama sırasında Cr+, Cr2+, Cr3+, Cr4+ iyonlarının kompleksleri oluşur. Bunlardan Cr6+ haricinde sadece Cr2+ ve Cr3+ kararlıdır, diğer iyonlar kararsızdır ve kaplama sırasında geçiş ürünü olarak işlev görürler.

# Kaplama Banyosunun Bileşenleri

Daha önce belirtildiği gibi kaplama bir elektrolit (banyo) içinde yapılır. Bu elektrolitin çözücüsü sudur. Su içinde kaplama yapılacak metalin tuzu vardır (nikel sülfat, çinko klorür, kalay sülfat gibi). Ayrıca bu elektrolitin iletkenliğini düzenlemek amacıyla uygun bir inorganik tuz yada baz konur (amonyum klorür, potasyum klorür, sodyum hidroksit gibi). Bu kimyasal aynı zamanda metal iyonlarının karmaşık yapmasını da sağlar. Gerekli hallerde ortamın pH değerini tamponlamak amacıyla bir tuz ya da asit konabilir (borik asit, amonyum klorür gibi). Uygun inorganik tuz, asit ya da temel kompozisyonu ile hazırlanmış bir elektrolit içinde kaplama yapılabilir. Ancak elde edilen kaplama çok kötüdür. Bu yolla yapılmış bir kaplama hem çok mat ve kötü görünümlü hem de kaplama kalınlığı dağılımı çok dengesiz olur.

Bu nedenle hem parlak ve düzgün görünümlü, hem de kaplama dağılımı dengeli bir kaplama yapabilmek için bazı organik kimyasallara ihtiyaç duyulur. Parlaklığı sağlamak için genellikle parlatıcı adı verilen organikler kullanılır. Bir yüzeyin parlak görünebilmesi için ışığı iyi yansıtması gerekir. Aslında parlaklık ışığı yansıtabilme yeteneğidir. Bir yüzey ne kadar çok ışık yansıtabilirse o kadar parlak görünür. İçinde parlatıcı bulunmayan elektrolitlerde kaplama büyük ve kaba kristallerden oluşur. Bu nedenle yüzey alanı küçük olacağı için ışığı fazla yansıtamaz. Oysa parlatıcılar kaplanan parça üzerine çöken metal kristallerini küçülterek yüzey alanını büyütür. Böylece ışık daha çok yüzeyden yansıyarak daha parlak görünür. Parlatıcılar genellikle metal ile birlikte çökerek kaplamaya girerler.

Parlaklık halledildikten sonra kaplama dağılımını düzeltmek gerekir. Elektrik akımı parça üzerinde eşit olarak dağılmaz. Keskin kenarlar, köşeler anoda yakın olan bölgeler akım tercih ettiği yerlerdir. Buralarda elektrik akım yoğunluğu daha fazladır. Bu bölgelere yüksek akım bölgeleri, akım yoğunluğunun az olduğu bölgelere alçak akım bölgeleri adı verilir. Yüksek akım bölgelerinde daha çok, alçak akım bölgelerinde daha az metal ayrışması olur. Bu nedenle yüksek akım bölgeleri daha kalın, alçak akım bölgeleri daha ince kaplanır. Bunu önlemek için banyoya taşıyıcı adı verilen organik kimyasallar ilave edilir. Bu katkılar akımı alçak akım bölgelerine taşımaya çalışırlar. Böylece buralardaki kaplama kalınlığı arttırılmış olur. Buna dağıtma gücü (throwing power) denir.

Ayrıca banyoya ıslatıcı, düzeltici gibi isimler altında daha birçok organik kimyasallar ilave edilir. Banyoda sadece taşınma ile eksilirler.

Yukarıda belirtilen tüm organik katkılar genellikle karbonil, asit ya da tuzları, amin, amid, sülfon vb. gibi kökler ihtiva eden büyükçe moleküllerdir. Parlatıcı, taşıyıcı gibi isimler verilen bu katkılar aslında birkaç organik kimyasal karışımıdır.

**KAPLAMA ADIMLARI**

# 1.Sıcak yağ alma

Kaplanacak parça yağ, kir ve oksitlerden tamamen arındırılmış olmalıdır. Bu nedenle parça kaplanmadan önce temizlenmelidir. Bu amaçla önce alkali ortamda sıcak yağ alma işlemi uygulanır. Parçalar kaplamaya gelmeden önce birçok fiziksel işlemden geçerler. Örneğin kesme, preslerde şekillendirme gibi işlemler yapılır. Bu tür işlemlerin parçaya hasar vermeden ve hatasız yapılabilmesi için parçalar yağlanır. Ayrıca parçalar fiziksel işleme tutulmadan önce metal parçalar üreticiler tarafınca paslanmaya karşı yağlanırlar. İşte bu türden yağlar sıcak yağ alma banyolarında temizlenirler.

**2.Asidik temizlik (Asidik piklaj)**

Parçalar her ne kadar yağlansa da ortam koşullarının çok farklı olması nedeniyle çoğu zaman paslanırlar. Kaplamanın iyi yapışmasını sağlamak amacıyla bu pasın giderilmesi gerekir. Bu amaçla 20 − 50 % asit içeren banyolar kullanılır. Bu banyolara piklaj (pickling) banyosu adı verilir. Ancak zamanla bu banyolarda metal iyonları biriktirmeye başlar.

Yukarıda da bahsedildiği gibi piklaj banyosunda en yoğun metal kirliliği demirdir. Demir kirliliği, parça üzerindeki temizlenen pas ve aşınan demirin bir sonucudur. Banyodaki demir kirliliğini azaltmanın tek yolu demir parçanın aşınmasını engellemektir. Bu amaçla banyoda asitle birlikte uygun bir inhibitör kullanılmalıdır. İnhibitör demir parçanın asitle aşınmasını engelleyerek hem banyonun kirlenmesini geciktirir, hem de asit sarfiyatının azalmasını sağlar.

İnhibitör demir parça üzerinde geçici bir tabaka oluşturarak asidin demirle temasını keser, böylece asit sadece parça üzerindeki pası söker. Burada önemli olan inhibitörün parça yüzeyine yapışarak asidin metalle temasını kesmektir, ancak pas üzerine yapışmamalıdır, aksi takdirde temizlik gerçekleşmeyecektir.

**3.Elektrolitik yağ alma**

Gözle bakıldığında tam düz gibi görülen parçalar aslında düz değildir. Mikroskop altında incelendiğinde düz sanılan parçaların yüzeyinde mikro çukurcukların olduğu gözükür. Sıcak yağ alma banyolarının kompozisyonunda kullanılan kimyasallar genellikle büyük molekül yapılı olmaları ve yağ tuttuktan sonra daha da şişmeleri sonucu, bu banyolarda mikro çukurcuklar tam temizlenemeyebilirler. Bu amaçla parçalar elektrolitik yağ alma işlemine alınır. Bu banyolar alkali karakterde olmasına rağmen az miktarda kimyasal içerir. Bu banyoda işi yapan aslında sudur. Su elektroliz olarak anot üzerinde hidrojen gazı çıkar. Hidrojen gazı en küçük molekül olup bu mikro çukurcuklar içinde de oluşur. Oluşan hidrojen gazı yukarı doğru çıkarken yüzeyi yalar ve varsa yağı da sürükler. Ortamdaki az miktarda kimyasal da bu yağı çözerek yok eder.

**4.Durulamalar**

Banyolar arasında durulamanın iyi yapılması gerekir. Aksi takdirde taşınma ile banyolar kirlenecektir. En etkin durulama musluk suyu ile yapılır. Bu durumda yıkama suyu hep taze olur ve kullanılan su atılmış olur. Böylece bir sonraki banyoya kimyasal yerine sadece su taşınmış olur.

# Korozyon testleri (tuz püskürtme)

Bir kaplamanın korozyon mukavemetini uzun olması istenir. Ancak bunun doğrudan denenmesi için doğal ortamda paslanmasının beklenmesi gerekir ki bu da yıllar alır. Bu nedenle uluslararası normlara sahip hızlandırılmış korozyon testleri uygulanır. Bunlardan en yaygın ve iyi bilineni tuz püskürtme test kabinlerinde parçalara hızlandırılmış paslandırma testidir. Bu amaçla Belirli geometrik yapıya sahip plastik kabinler kullanılır.

Bu kabinlerin içinde sabit koşullar oluşturulur ve belirli açıyla kabinin içine konan parçalara 5 %‟lik tuzlu su püskürtülür. Bu işlem sırasında parçanın kaç saatte paslandığı gözlenir ve raporlanır.

* Elektrolitik yağ alma: 4-9 Volt aralığında yapılır, banyo sıcaklığı 30-45°C‟ dir ve işlem 1-5 dakika sürer.
* Durulama: Genelde musluk suyu ile yapılır.
* Nötralizasyon: 100 g/l H2SO4 olacak şekilde oda sıcaklığında 10–20 saniye tutularak yapılır.
* Durulama.
* Metal kaplama.

# Su Testleri

Parçanın yağdan iyi arınıp arınmadığını kontrol etmek için uygulanır. Yağdan tamamen arındırılmış çelik parçalar, su altına tutulduğunda tamamen ıslanır. şayet yağdan tamamen arındırılmamışsa, yağ ıslanmayacağı için yağlı bölgelerde su hemen hareler şeklinde açılır. Parça önce suya tutulur, parça birkaç saniye tamamen ıslak duruyorsa iyi temizlenmiş demektir. Aksi takdirde yağlı kalan bölgelerde su hemen ayrılacaktır. Ancak bazı metaller temiz olsa bile ıslanmaz, örneğin çelik ıslanmasına rağmen paslanmaz çelik ya da parlatılmış parçalar tam temiz olsalar bile ıslanmaz. Bazı kaplamalar kaplandıktan sonra oksitlenirler. Bu amaçla bazı kaplamalar ayrıca son işlem olarak koruyucu bir tabaka ile kaplanırlar. Örneğin bakır kaplama kısa sürede oksitlenir. Bunu önlemek için bakır kaplanmış parçalar, son işlem olarak 50 g/l sodyum veya potasyum bikromat çözeltisine daldırılarak yüzeyleri pasifleştirilir. Bu kromat banyosu 20 − 50°C arasında işletilir. Bu banyoya daldırılan parçalar durulandıktan sonra kurutulur.