

13. DERS

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

ELEKTROLİZE KAPLAMA, VAKUM VE BUHARLA
KAPLAMA, YALITKAN KAPLAMA

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ II

DERS 13

ELEKTROLİZE KAPLAMA, VAKUM VE BUHARLA KAPLAMA, YALITKAN KAPLAMA

İÇİNDEKİLER

KONU	SAYFA NO:
YALITKANLARI KAPLAMA, YALITKANLAR NEDEN KAPLANIR?	1-6
KARŞILAŞILAN EN BÜYÜK SORUN	2
ADEZYON VE KOHEZYON	2
İLK METAL TABAKASI	6
GAZ HALDEN METAL ÇÖKELTME	7-15
VAKUM KAPLAMA	7-12
SPUTTERING (ATOM SÖKME) YÖNTEMİ İLE KAPLAMA	12-13
BUHARLA KAPLAMA	13-15
ELEKTROLİZE KAPLAMA	15-16
METAL ATOMLARININ ÇÖKELTİLMESİ	16-17
KATALİZ	17
ELEKTROLİZE KAPLAMADA KATALİZ	17
HOMOJEN KRİSTALLEŞME	18
HETEROJEN KRİSTALLEŞME	18-20
OTO-KATALİZÖR	20-22
BİR ELEKTROLİZ BANYOSUNDA NELER BULUNUR	22-23
ELEKTROLİZE KAPLAMA SÜRECİ NE GEREKTİRİR?	23
ELEKTROLİZE NİKEL	23
ASİDİK ELEKTROLİZE NİKEL	23
ALKALİ ELEKTROLİZE NİKEL	24-25
ELEKTROLİZE NİKEL BANYOSUNUN KİMYASAL KONTROLÜ	25-26
İMALAT TAVSİYELERİ	26-27
ELEKTROLİZE NİKEL KAPLAMADA HATA GİDERME	27-32
ELEKTROLİZE BAKIR BANYOSU	32-36
ELEKTROLİZE BAKIR REÇETELERİ	34-36
ÇALIŞTIRMA TAVSİYELERİ	36-37
ELEKTROLİZE GÜMÜŞ	37-39
ELEKTROLİZE GÜMÜŞ REÇETELERİ	38-39
SPREY/AEROSOL KAPLAMA	39-40
PÜSKÜRTME METAL KAPLAMALAR	40-41
PLASTİK ÜZERİNE KAPLAMA	41-52
ABS PLASTİK ÜZERİNE KAPLAMA	44-46
SÜRECİN ÇALIŞTIRILMASI	46-47

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ II

DERS 13

ELEKTROLİZE KAPLAMA, VAKUM VE BUHARLA KAPLAMA, YALITKAN KAPLAMA

İÇİNDEKİLER

KONU	SAYFA NO:
KÜÇÜK PLASTİK PARÇALARIN KAPLANMASI	47-52
ALTERNATİF YÖNTEMLER	52-72
PARÇACIK ŞEKLİ	53
PARÇACIK İLETKENLİĞİ	54-57
BEBEK AYAKKABILARINI METALİZE ETME	57-59
İLETKEN KAPLAMA TEKNİKLERİ	60-65
ÇİÇEK VE YAPRAKLARIN METALİZE EDİLMESİ	66-69
YÜZEY HAZIRLAMA TEKNİKLERİ	66-67
YALITKAN KAPLAMA TEKNİKLERİ	67-69
HAYVANSAL MADDELERİ METALİZE ETME	69
ÇEŞİTLİ MALZEMELERİ METALİZE ETME	70-72
KAYNAKÇA	73-74
DERS 13 SINAV	75

YALITKANLARI KAPLAMA

Umarım 12. dersteki sınavı çok zor bulmamışsınızdır! Şimdi, metal kaplamanın başka bir alanı olan yalıtkanların kaplanması konusunu ele alacağız. Bu konuyla bağlantılı olarak, yalıtkan yüzeyler üzerine iletken metalik filmler kaplanması hakkında bazı ilgi çekici teknikler üzerinde de duracağız. Bu tekniklerin bazıları o kadar geniş içerikli ve iyi geliştirilmiştir ki, başlı başına özel bir ilgi alanıdır. Bu alanları daha detaylı olarak incelemek isterseniz ders sonunda verilen kaynakçalardan yararlanabilirsiniz. Burada asıl amacımız verilen filmleri başarılı biçimde, gerektiği zaman, gerektiği yerlerde üretebilmenizi sağlayacak teknikler hakkında yeterli altyapı bilgisini vermektir.

YALITKANLAR NEDEN KAPLANIR?

Derse bu soru ile başlıyoruz çünkü plastik maddeleri kaplamanın ne gibi yararları olduğunu merak etmiş olabilirsiniz. Bir takım avantajları vardır:

1. METALİ KORUMAYA YARDIMCI OLUR.

Bugün malzemelerin, özellikle de metallerin, korunması çok önemlidir ve zaman geçtikçe bu konu daha da önem kazanacaktır. Ne yazık ki doğal kaynaklar tükenmektedir. Doğal kaynakları koruyan - ve aynı zamanda fiyatları aşağıda tutan - her şey çok değerlidir.

2. YUMUŞAK MALZEMENİN ÜZERİNDE SERT BİR YÜZEY OLUŞTURUR.

Çoğu durumda plastiğin hafif bir madde oluşu büyük bir avantaj sağlar. Yeni çeşitleri daha güçlü, ve bazıları diğerlerine nazaran ısıya daha dayanıklıdır, ama hepsinin de ortak özelliği sert olmayışlarıdır. Dolayısıyla plastik yüzeylerin kaplanması iyi bir fikir gibi görünmektedir ve pek çok durumda öyledir.

3. GÜZEL, METALİK BİR GÖRÜNTÜ SAĞLAR

Pek çok kereler gösterilmiştir ki parlak ya da satine görünümlü metalik yüzeyler ürünün satılabilirliğini oldukça arttırmaktadır.

EKT-13-2

İnsanlar metalin parlaklığından hoşlanırlar. Bir şekilde parlaklık ürünü daha sağlam, daha güvenilir göstermektedir.

Bu üçü, plastik üzerine kaplama yapmak istenmesinin temel gerekçeleridir. Tabii ki bunlardan başka sebepler de olabilir ancak hepsi de sonuçta bu üçü ile ilişkilidir.

KARŞILAŞILAN EN BÜYÜK SORUN

Yalıtkanları kaplarken asıl meselenin *ilk yapışkan metal kaplama tabakasının elde edilmesi* olduğunu anlamak için âlim olmanıza gerek yoktur.

Eğer yalıtkan yüzey üzerinde iyi bir *yapışkan* metal tabakası ya da filmi elde ettiyseniz gerisi gelir. Bir kere bu şekilde bir kaplama elde ettiğinizde cismi o metalle veya gerekli olan başka bir metalle kaplayabilirsiniz.

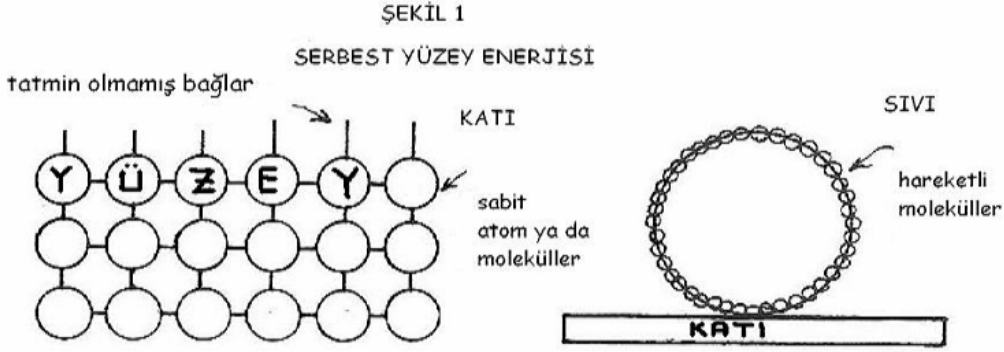
Dikkat ettiyseniz *yapışma* kelimesini vurguladım. Bu nokta önemli olup aşağıda açıklanacaktır.

ADEZYON VE KOHEZYON

Ders 1'deki BAĞ YAPMA konusunu hatırlıyor musunuz? Hafızanızı tazellerseniz şunu hatırlayacaksınız: Metal atomlarını (iyonlarını) bir arada tutan bir tutkal görevi gören elektron bulutu, bir metal parçasını oluşturan metal atomlarının birbirleri ile bağ yapmasını sağlar.

Pozitif yüklü metal atomlarının negatif yüklü "serbest" metal atomlarını çekmesi metalleri bir arada tutan KOHEZYON kuvveti olarak adlandırılır.

Metalin içindeki her atom uniform bir elektron "bulutu" ile çevrelenmiştir. Ama yüzeyde bu böyle değildir (Bkz: şekil 1). Burada metale farklı özellikler veren, bağ yapma kapasitesine sahip metal atomları bulunmaktadır. Daha önceden öğrenmiş olduğumuz enerji terimiyle ifade edecek olursak, metal yüzeyindeki atomlar diğerlerine nazaran *daha yüksek serbest enerjiye* sahiptir. Her zaman olduğu gibi doğa bu enerjiyi düşürmeye çalışacaktır.



Bunu yapmanın bir yolu, yüzey alanının hacme oranını düşürmektir. Sıvı moleküllerinin hareket kabiliyeti daha yüksek olduğu için ve kolaylıkla akış oluşabildiğinden, sıvı en küçük yüzey alanına sahip olacak şekli kendiliğinden alır. Ders 4'te de ele aldığımız üzere, sıvı damlacıkları küre şeklini alırlar ve belli bir miktardaki madde en küçük yüzey alanına sahip olur. Ancak metal atomları bu hareket kabiliyetine sahip değildirler ve bu yüzden onlar ne olursa olsun dış şekillerini korumak zorunda kalırlar.

Bu serbest enerjiyi azaltmanın bir diğer yolu da yüzeye bağlanacak başka atomlar ya da moleküller bulmaktır. Örneğin, eğer çevrede bulunan gaz molekülleri, mesela oksijen molekülleri yüzeydeki bağ yapmamış metal atomları tarafından çekilirse, serbest yüzey enerjisini oldukça azaltan OKSİTLENME olayı meydana gelir. Ya da başka tip moleküller zayıf bağlar yapacak ve yüzeye yapışacaklardır (Van Der Waals bağları) ki bu da serbest yüzey enerjisini düşürecektir.

Eğer metalin yüzeyi temizse ve aynı tür metal atomları ile kaplanırsa, yüzey atomlarının bağ yapma istekleri giderilir ve yapışkan görevini gören elektron bulutu kaplanmış tabakanın içinde serbestçe hareket edebilir. Kaplama tabakasının yüzeye yapışma kuvveti ancak metalin kendisine bağlanma kuvveti kadar olacaktır. Aslında teorik olarak, yeni bağlanan metal atomları ve metal arasındaki bağ metalin herhangi bir yerindeki bağ kadar sağlamdır. Bağ kuvveti orijinal metalin KOHEZYON kuvvetine eşittir diyebiliriz.

Eğer yüzeye başka bir metal kaplanırsa aynı atomik kuvvetler yine iş başındadır ve kaplama esas metale, en az esas metal atomlarının arasındaki bağ kuvveti kadar bir kuvvetle bağlanır. Artık burada bahsedilen esas metal ile kaplama atomları arasındaki KOHEZYON kuvveti değil, esas metal atomları arasındaki ADEZYON kuvvetidir.

EKT-13-4

BENZER ATOMLAR ARASINDAKİ ÇEKİM KUVVETLERİ KOHEZYON KUVVETLERİ OLARAK ADLANDIRILIR. FARKLI ATOMLAR ARASINDA ÇEKİM KUVVETLERİ İSE ADEZYON KUVVETLERİ OLARAK ADLANDIRILIR.

Şimdi bir plastiğin yüzeyini ele alalım (biz burada yalıtkan olarak plastikleri alacağız, burada öne sürülen düşünceler ufak düzeltmelerle tüm yalıtkanlar için uygulanabilir). Bildiğiniz gibi plastikler organik moleküllerin (monomerlerin) bir araya gelerek oluşturduğu uzun molekül zincirlerinden (polimerlerden) meydana gelir. Bu tek molekül zincirleri güçlü KOVALENT BAĞLAR[#] tarafından bir arada tutulurlar. Ayrıca zincirler birbirlerine iyonik bağlarla ya da daha zayıf olan VAN DER WAALS BAĞLARI ile çapraz bağlanmış olabilirler.

Burada akılda tutulması gereken şey, *eğer serbest elektronlar mevcut ise çok az sayıda olacaktır*. Başka bir ifadeyle, tüm elektronlar kovalent ya da iyonik bağlarla bağlanmışlardır.

Şimdi plastik bir malzemenin yüzeyine ince bir metal tabakası kaplamayı denediğinizde neler olacağını göreceksiniz. *İlk oluşan metal atomları tabakası kesinlikle yapışmayacaktır çünkü onların yapışmasını sağlayacak "elektron bulutu" yoktur*.

Metal atomları elektronlarını paylaşacak farklı atomlar ya da moleküller aramaya başlarlar. Plastiğin normal yüzey atomları veya moleküllerinin paylaşacakları ya da ayıracakları elektronları yoktur, çünkü hepsi kovalent ya da iyonik bağlarla bağlanmışlardır. Bu durumda yüzeye yapışma olmaz.

Neyse ki - pek iyi bir yöntem olmasa da- bu problemi çözenin bir yolu vardır. VAN DER WAALS BAĞ KUVVETLERİ. Yüzey elektronlarının bağlı olup olmaması önemli değildir, bu bağ kuvvetleri yüzeyde her zaman mevcuttur ve böylece *temiz bir plastik yüzeye zayıf ve ince bir metal tabakası kaplamak mümkün olacaktır*. Burada altı çizilmesi gereken temiz kelimesidir, çünkü Van Der Waals kuvvetleri bağ yapmaya başlamak için nispeten zayıftır. Bu nedenle plastik yüzey üzerinde çok ince bir yağ, gres tabakası ya da küf bırakan bir mekanizma varsa hiç yapışma olmaz.

[#] Bu konuyu ele alırken 1. Ders'teki Bağ Yapma konusuna göz atmanızda fayda vardır.

EKT-13-5

Metalik bağ ile elde edilen bir yapışma gücünü Van Der Waals bağı ile elde edilenle kıyaslamak ilginç olacaktır. Metalik bağ: 50.000 psi. Van Der Waals bağı: 50 psi! Bu karşılaştırma doğal olarak yaklaşık değerler üzerindedir ama yine de size durum hakkında bir fikir verecektir. Van Der Waals bağı metalik bir bağ ile karşılaştırıldığında gerçekten çok düşük bir güce sahiptir, ama yine de pek çok plastik kaplama uygulamasında bu güç yeterli olacaktır. Bazılarında ise fayda sağlamaz ve bu nedenle o ilk metal tabakasını daha güçlü biçimde yapıştırmanın yollarını aramamız gerekir.

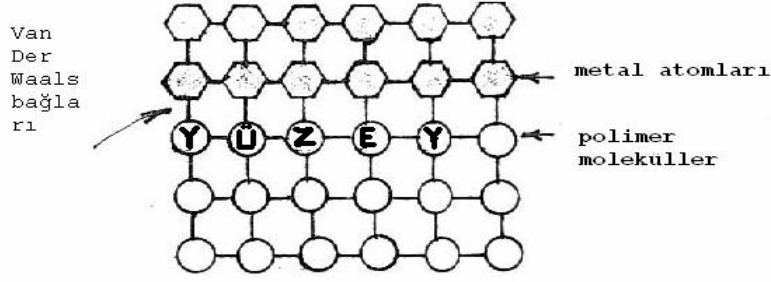
Bunu şu üç şekilde yapmak mümkündür:

1. Bir şekilde yüzeydeki kovalent bağları kopararak onları elektronlarını paylaşmaya ya da vermeye istekli hale getirin. Buna KİMYASAL BAĞ YAKLAŞIMI denir.
2. Plastik yüzeyi olabildiğince temiz hale getirin ve Van Der Waals bağlarının etkili olmasını bekleyin. Yukarıda genel olarak, pek çok örnekte görülen 50 psi değeri verilmiştir ama şartlara bağlı olarak bazı durumlarda bu değer 500 psi'ye kadar yükselebilmektedir. Buna FİZİKSEL (ya da FİZİKO-KİMYASAL) BAĞ YAKLAŞIMI denir. (Şekil 2'ye bakınız).
3. Plastiğın yüzeyini pürüzlü hale getirin ve kalitesini düşürün. Böylece ilk birkaç tabakadaki metal atomları ve arkadan gelenler yüzeye mekanik olarak tutunurlar, bu tıpkı bir dişe dolgu yapmaya benzer. Buna MEKANİK BAĞ YAKLAŞIMI denir.

Çoğu durumda bağ oluşumunun başlaması, bu üç yoldan iki ya da üçünün birlikte kullanılması halinde olur.

Kaplamanın kimyasal bağların oluşumu ile başladığı bazı durumlar olmakla birlikte, esasında çoğu durumda fiziksel ve mekanik bağların kaplamayı başlattığı ve iyi yapışma sağlayan, daha iyi kaplama yöntemleri olduğu görülmüştür. Örneğın, elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde kalitenin düşürülmesi ile oluşturulan mikro-oyukların, ilk metal kaplama tabakasını oluşturmada faydalı olduğu görülmüştür#.

G. Woldt, Trans. Inst. Metal Finishing, 47 , 236 (1969)



Şekil 2. Fiziko-Kimyasal Bağ

Yalıtkanları kaplamadaki en temel problemin ne olduğunu anladığınızınza göre yalıtkanları kaplamanın nedenlerini, nerede plastik yüzeylerin kullanıldığını ve plastik yüzeylerin nasıl daha iyi kaplanacağını göreceksiniz - artık satıcıların iddialarını anlayabilecek bilgi birikimine sahipsiniz.

Bu noktada yalıtkan bir yüzeye ilk metal tabakasının nasıl çökeltilebileceğini konuşacağız ve gerekli yüzey hazırlama tekniklerini sonraya bırakacağız.

İLK METAL TABAKASI

Çok önemli olan ilk tabaka metal atomları farklı yollarla yüzeye çökeltilebilir.

1. Metal atomlarını GAZ HALDEN çökeltilebilirsiniz. Bunu yapabilmek için farklı birkaç yol vardır:
 - (a) METAL BUHARLAŞTIRMA (VAKUM KAPLAMA)[#]
 - (b) METAL PÜSKÜRTME (İYON KAPLAMA)
 - (c) TERMAL VE KATALİTİK ÇÖZÜNDÜRME
2. Metal atomlarını SIVI HALDEN çökeltilebilirsiniz. Bunu yapabilmek için sadece bir yol vardır:
 - (a) ELEKTROLİZ KAPLAMA
3. Metal atomlarını KATI HALDEN çökeltilebilirsiniz. Bu üç değişik yolla yapılabilir:⁺
 - (a) İnce-düzgün bölünmüş metal fırça ile kaplanabilir
 - (b) " " " daldırılarak "
 - (c) " " " püskürtülerek "

[#] Vakum kaplama aslında biraz yanlış bir adlandırmadır. Bir şeyi hiçbir şeyle kaplayamazsınız (ya da hiçbir şeyi bir şeyle kaplayamazsınız)!

⁺ Aynı zamanda yayarak da kaplayabilirsiniz (ısıtma işlemi) ancak bu konu burada ele alınmayacaktır.

EKT-13-7

Gördüğünüz gibi fazlaca seçenek vardır. Bazı yöntemler diğerlerinden daha iyidir ve bazı metotlar elektro kaplama için başlangıç niteliğinde değildir.

Konuya GAZ HALDEN çökeltme yöntemleri ile başlayacağız.

GAZ HALDEN METAL ÇÖKELTME

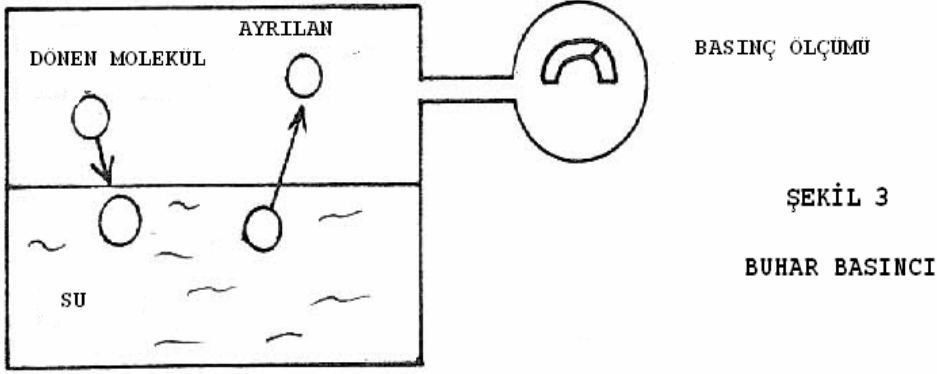
VAKUM KAPLAMA

Vakum kaplamanın arkasındaki fikir oldukça basittir.

İçinde su kaynayan bir çaydanlık düşünün. İçerde buharlaşan su, su buharı halinde çaydanlığın ucundan sabit şekilde çıkmaktadır. Kısa bir süreliğine çaydanlığın ucunu kapatarak içerdeki su buharının basıncı ölçerseniz, suyun kaynama noktasına ulaştığında içerideki basıncın tam olarak 14,7 PSI (pound/inç²), 1 atmosfer (atm) ya da 760 mm-cıva olduğu görülür ki, bu da dışarıdaki havanın basıncıyla tam olarak aynıdır. Sıvı haldeki suyu terk eden su molekülleri tıpkı gaz gibi davranırlar ve sıradan bir gazın yaptığı gibi çaydanlığın iç çeperine bir basınç uygularlar.

Yarattıkları bu basınç sıvının BUHAR BASINCI olarak adlandırılır (bu durumda suyun buhar basıncı). Aynı zamanda SIVININ KISMÎ BASINCI olarak da adlandırılır.

Burada unutulmaması gereken şey şudur: Su kaynama noktasına kadar ısıtılırken, herhangi bir sıcaklıkta, suyu terk eden belli sayıda su molekülü birbirlerine ya da kabın duvarlarına çarparak suya geri dönerler ve tekrar sıvı su molekülleri halini alırlar. Herhangi bir sıcaklıkta, (kapalı bir kaptan) buharlaşarak sudan ayrılan su molekülü sayısı ile yoğunlaşp tekrar sıvı haline dönen buhar molekülü sayısı arasında bir denge vardır. Bizim ölçtüğümüz buhar basıncı bu denge noktasında ölçtüğümüz basınçtır.



Sıvıdan ayrılan moleküller ortalama olarak sıvıda kalan moleküllerden daha fazla enerjiye sahiptir. Aksi halde onları sıvı halde tutan kuvvetleri yenerek sıvıdan ayrılmaları mümkün olmazdı! Doğal olarak, suya ne kadar ısı enerjisi verilirse su molekülleri o kadar enerjik hale gelirler. Bu da sıcaklık arttıkça daha fazla su molekülünün su yüzeyinden ayrılarak su buharı haline geleceği anlamına gelmektedir (buhar ve gaz eş anlamlıdır), ve gittikçe daha az sayıda buhar molekülü su haline geri döner.

Kolayca görülebileceği gibi, suyun sıcaklığı arttıkça kabın içindeki BUHAR BASINCI da yükselir.

KABIN İÇİNDEKİ BUHAR BASINCI DIŞARDAKİ HAVANIN BASINCIYLA TAM OLARAK AYNI NOKTAYA GELDİĞİNDE, SU KAYNAMA NOKTASINA ULAŞMIŞ DEMEKTİR.

Bu herhangi bir sıvının kaynama noktasının tanımıdır. Suyun kaynama noktası atmosfer basıncında (1 atmosfer = 14,7 PSI = 760 mm-cıva) 100 °C' dir (212 °F). Daha düşük sıcaklıklarda buhar basıncı da daha düşük olur.

HER SIVININ BELLİ BİR SICAKLIKTA BELLİ BUHAR BASINCI VARDIR.

Belki şaşırtıcı gibi görünebilir, her KATININ belli bir sıcaklıkta belli bir buhar basıncı vardır.

Bir katının kaynama noktasında, örnek olarak bakırı ele alalım, bakır atomları gaz hale dönüşmek için sıvı bakırı terk ederler. Ve o sıcaklıkta (2336 °C) bakırın buhar basıncı 1 atmosferdir (14,7 psi). Sıcaklık 2336 °C'den aşağı düşerse daha az bakır atomu sıvı yüzeyini terk edecek böylece bakırın buhar basıncı düşecektir.

EKT-13-9

Katılaşma sıcaklığına düştüğünde (1038 °C) bakırın buhar basıncı çok düşer ama yine de belli bir değeri vardır. Sıcaklık oda sıcaklığına doğru düştükçe basınç neredeyse yok olacaktır. Aslında basınç o kadar azalacaktır ki 1 gram ağırlığında bir bakır damlasının buharlaşması için 1 milyar yıl gerecektir. Bunu bir gram su ile karşılaştırırsak, bu miktarda su oda sıcaklığında 4 saat ya da daha az bir sürede buharlaşacaktır.

İçinde su olan bir kap cam fanusun altına yerleştirilip basınç bir vakum pompası ile düşürülürse, oda sıcaklığında (20 °C) olmasına rağmen kaptaki suyun kaynadığı gözlenecektir. Fanusun içindeki basınç 17,5 mm-cıvaya (Bu değer psi ve atmosfer cinsinden kaçtır?) düştüğü anda suda kabarcıklar oluşur ve kaynar. Bu durum önceden yapmış olduğumuz kaynama noktası tanımını destekler niteliktedir, bir sıvının kaynama noktası sıvı basıncının dış (çevre ya da ortam) basınca eşitlendiği sıcaklık seviyesidir.

Şimdi aşağıda saf alüminyum için verilmiş buhar basıncı şekillerini göz önüne alalım.

Saf alüminyumun kaynama noktası 2056 °C' dir bu sıcaklıkta buhar basıncı 14,7 psi ya da 760 mm-cıvaya eşittir. 1284 °C sıcaklıkta sıvı alüminyum artık kaynamamaktadır ve buhar basıncı 1 mm-cıvaya eşittir. Alüminyumun erime ısısı olan 660 °C sıcaklıkta buhar basıncı 0,00001 mm-cıvaya kadar düşer.

Alüminyum bir şekilde erime noktasındaki veya daha yüksek sıcaklığa getirilirse ya da bir vakumlu kaba konarak basınç 0,00001 mm-cıvaya düşürülebilirse, tıpkı 20 °C sıcaklıkta ve 17,5 mm-cıva basınçtaki cam fanustaki su gibi, alüminyum da kaynamaya ve buharlaşmaya başlayacaktır.

Buharlaşan alüminyum atomları (tek tip atomlu moleküller) gaz molekülleri gibi davranacaklardır.

HER DOĞRULTUDA DÜZ HATLARDA HAREKET EDECEKLERDİR.

Dahası bir başka açıdan da tıpkı su molekülleri gibi davranacaklardır. Alüminyum molekülleri kendilerinden daha soğuk olan herhangi bir yüzeye temas ederlerse yoğunlaşacaklardır (çökeceklerdir). (Burada enerjinin hangi ilkesi söz konusudur?)

EKT-13-10

Vakumla metali buharlaştırarak kaplamanın temel prensibi budur.

Burada dikkat edilmesi gereken başka bir nokta da vakum şudur: Vakum, aluminyumu buharlaştırma işinde yardımcı olmakla birlikte başka bir amaca daha hizmet etmektedir. Vakumun içindeki havada bulunan oksijen miktarını azaltarak oksitlenme ihtimalini de en aza indirmiş olur. Böylece aluminyum için $2Al + 3O_2 = Al_2O_3$ tepkimesi engellenmiş olur. Yüksek vakum aluminyum atomlarının oksijen atomları ile birleşmesini engeller, böylece ortaya değersiz ametalik aluminyum oksit çıkmasının önüne geçilmiş olur.

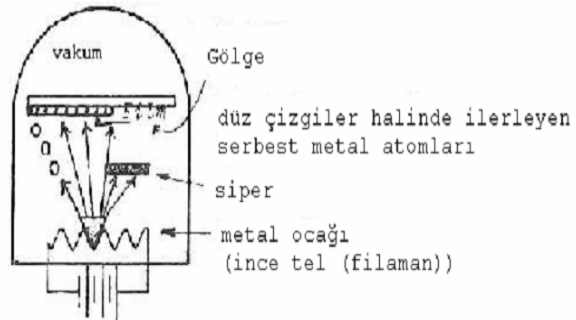
Buharlaştırma metodunda akılda tutulması gereken bir diğer nokta METAL ATOMLARININ TAM OLARAK DÜZ ÇİZGİLER HALİNDE İLERLEMELERİ yani çökeltmenin görüş alanında oluştuğudur.

Şekil 4'te gösterildiği gibi ton yapılamaz, atomların önüne bir engel konursa arkadaki kısım kaplanmamış olacaktır.

Doğru bir vakumla metal kaplama sürecinde buharlaştırılacak metal genellikle özel bir tungsten sargı metal eritme krozesine konur, bu düzenek cam fanusun içindedir (vakumlu kap). Doğru vakum basıncına ulaşıldığında elektrik akımı verilerek metal eritme kabı ısıtılır ve aluminyumun, altının, gümüşün ya da kullanılan diğer metalin erime noktasına ulaşılır, böylece işlem süreci başlar. Buharlaştırılan metalin buhar basıncı düşük olsa bile şaşırtıcı derecede çok sayıda metal atomu çıkar ve birkaç dakika içinde ince bir kaplama tabakası oluşur. Metal kaplanan tabaka kalınlığını kontrol etmek için bazı yollar vardır ancak bunlar buradaki konumuza dahil değildir.

ŞEKİL 4

VAKUM KAPLAMA



Kayıt cihazları hazırlamak gibi özel durumlar haricinde vakum kaplama toplu halde metalik olmayan nesnelere kaplanmasında çok sık tercih edilen bir yol değildir.

EKT-13-11

Bunun ardındaki sebep, daha sonra yapılacak bir kaplama için alüminyum gibi ucuz bir metal temel kaplama maddesi olamaz, çünkü üzerine kaplama yapılacak ince alüminyum filmi fazla aktiftir (ders 17'de öğreneceğimiz gibi alüminyum üzerine kaplama pek çok problem yaratmaktadır). Altın ve gümüş ise temel metaller olarak çok pahalıdırlar ve bunun yanı sıra gölgelenme gibi göz önünde tutulması gereken bir başka muhtemel problem vardır.

Yine de ucuz plastik maddelerin özellikle ıvır zıvır malzemelerin kaplanmasında VAKUM KAPLAMA büyük rağbet görmektedir. (BU YOLLA YALITKAN MADDELER KADAR METALLER DE BİR BAŞKA METALLE KAPLANABİLMEKTEDİR.)

Plastik maddeler kaplanırken laklanmış ince bir tabaka, buharlaşmış metal kaplama için astar kaplama olarak önem kazanmaktadır (genellikle alüminyum kaplamada). Seri üretimde ustaca hazırlanmış askı ve tutacıklara yerleştirilen malzemeler döndürülmek suretiyle kaplanacak yüzeyin her tarafının hareket eden atomlara maruz kalması ve kaplanması sağlanabilir. Vakumlu kaplar çok büyük (bir oturma odası boyutunda) veya çok küçük (bir cam fanus boyutunda) olabilirler.

Kontrollü yapılan kaplama işlemi ile parçalara ince bir metal tabaka kaplanmıştır, parçalar çıkarılır ve üzerleri bu çok ince metal tabakasını koruyucu amaçlı, şeffaf lak tabakası ile kaplanır.

Bu işlemin nasıl yapıldığını anladığınızı düşünerek bu tür metal kaplama işleminin ayrıntısına girmeyeceğim. Daha önce de söylediğim gibi, bu başlı başına bir alandır, daha fazla detaya girmek istiyorsanız dersin sonunda verilmiş olan kaynaklardan yararlanabilirsiniz.

Konuyu bitirmeden önce bu tekniğin temel zorluklarından bahsedeceğim.

1. KULLANILAN VAKUM YETERİNCE DÜŞÜK DEĞİL - başka bir deyişle sistemde bir sızma vardır ya da su buharı mevcuttur - bu yüzden metal kaplama koyu ya da siyah olur. Bu genelde karşılaşılan bir zorluktur.
2. PARÇALARIN ASKIYA YANLIŞ ASILMASI YA DA KROZELERİN YANLIŞ YERLEŞTİRİLMESİ NEDENİYLE GÖLGELER OLUŞUR.

3. VAKUMLU KABA KİRLİ PARÇALAR KOYULURSA VEYA LAK ASTAR YANLIŞ KAPLANMIŞSA YAPILAN KAPLAMA YAPIŞMAYACAKTIR.

Şimdi başka bir konuya geçiyoruz.

SPUTTERING (ATOM SÖKME) YÖNTEMİ İLE KAPLAMA

Bu yöntemde de yüksek vakum kullanılmaktadır. Ancak bu teknikte sıvı haldeki metalden metal atomları buharlaştırılmamaktadır. Bunun yerine yüksek elektrik gerilimi uygulanarak katı metalden "kopartılmaktadır".

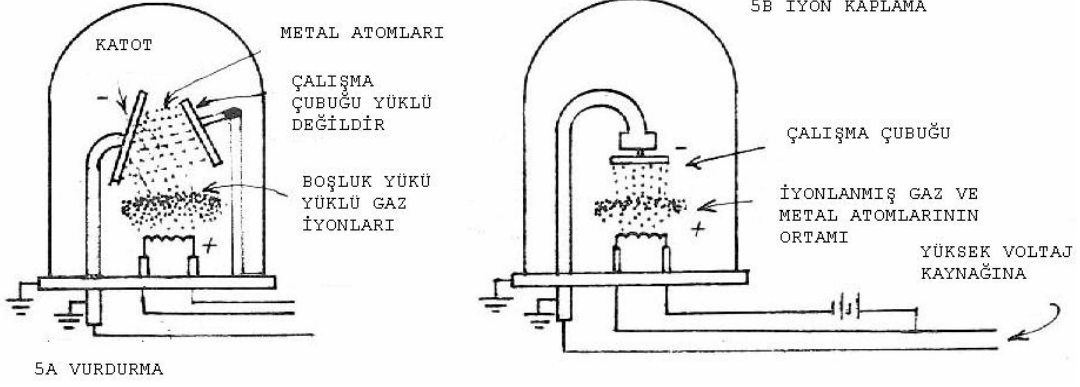
Çok yüksek vakumda, *kaplama malzemesi* olarak kullanılacak metal katot olarak kullanılır, anot olarak ise tungsten ya da başka bir iletken malzeme kullanılır. Bunların arasında uygulanan yüksek bir gerilim ile işleyecek aşağıda verilmiş olan mekanizma yordamıyla metal atomları katottan koparılmaktadır. Ortamda mevcut olan göreceli olarak az sayıdaki gaz molekülleri yüksek ölçüde iyonlaşırlar. Bahsettiğimiz bu gazlar, ortamda hava mevcut olmasından dolayı bulunan oksijen ya da azot gazları değildir, burada bahsedilen gazlar "asal (soy) gazlar" olarak da adlandırılan argon ve neon gibi gazlardır. Bu özel gazların kullanılmasındaki maksat oksijen moleküllerinin metal atomlarını oksitleyecek olmasıdır (genellikle kullanılan vakum basıncı metal buharlaştırma yöntemindekinden çok daha yüksektir), ancak asal gazların böyle bir etkisi yoktur. Pozitif yüklü argon iyonları büyük bir hızla katoda doğru hareket etmekte, onu bombardıman ederek üzerinden metal atomları koparmaktadırlar. Yüzeyden koparılan metal atomlarının net bir elektriksel yükü yoktur (iyonlanmış değildir) ve gaz atomları gibi karışık düz hatlarda hareket eder ve çarptıkları herhangi bir yüzeye çökerek kaplanırlar.*

Eğer kaplamak istediğiniz yüzey vakumlu kabın içinde uygun biçimde yerleştirilmişse, ince bir metal tabakası ile kaplanmış hale gelecektir. Metal buharlaştırmanın bir diğer özelliği de hiçbir şekilde ısının kullanılmamasıdır. Metal atomlarını yüzeyden koparmak için gereken enerji ısı ile değil, metalik yüzeye uygulanan yüksek hızlı iyon bombardımanı yani KİNETİK ENERJİ ile elde edilir. Şekil 5 bu olayın nasıl olduğunu göstermektedir.

* İYON KAPLAMA işleminde (şekil 5B) kaplanacak cisim, kaplama metaline göre negatif yüklüdür (filaman, vb). Artı (pozitif) yüklü metal iyonları katoda doğru hareket eder ve artık kaplama yapmak için cismin görüş alanında olması gerekmez.

ŞEKİL 5

VURDURMA VE İYON KAPLAMA



İki çeşit sputtering (atom sökme) düzeneği hazırlama yolu vardır. Bunlardan biri doğru akım (D.C.) ile çalışır. Diğeri ise 10-20 Megahertzlik (MHZ) radyo frekanslarındaki (R.F.), yani saniyede 10-20 milyon devir sayısındaki alternatif akım ile çalışır. Maksimum voltaj yaklaşık 4000 voltur. R.F. yöntemi bir cismin, örneğin alüminyum oksit gibi bir yalıtkan ile kaplanması istendiğinde tercih edilir.

Bu teknik bir tek istisna haricinde, elektrikli kaplama öncesi hazırlık adımı olarak sıkça kullanılan bir teknik değildir. Bu teknik gomalak kaplama, balmumu kaplama veya kayıt bantlarına elektrikli şekil verme öncesi kullanılır, aynı zamanda elektrometrelerde kullanılmak üzere kuvars fiberlerin kaplanmasında da sınırlı bir kullanımı vardır. Eskiden plastik levhaları rulolar üzerinde devamlı kaplayarak metalik selofan ve bu tür maddeler üretme süreçleri vardı. Birkaç istisna dışında bu uygulamaların büyük çoğunluğu yerlerini buharlaştırma yöntemiyle kaplama tekniklerine bırakmışlardır. Çünkü buharlaştırma daha ucuzdur ve yüksek elektrik gerilimi olmadığı için daha güvenlidir. Yine de her zaman yeni fikirler ve uygulamalar olacaktır. Elektronik kullanım amacıyla metal alaşım filmleri oluşturmak için son zamanlarda başlamış bir uygulama mevcuttur. Dersin sonunda bu konuyla alakalı daha fazla bilgi bulabilirsiniz.

BUHARLA KAPLAMA

Bu teknik birkaç basit ilkeye dayanmaktadır.

1. Kaplama tabakasını üretmekte kullanılacak olan metal nispeten yüksek buhar basıncına sahip bir bileşiğe dönüştürülür - başka bir deyişle uçucu bir hale getirilir.

EKT-13-14

2. Yardımcı olması için, metal bileşik ısıtılarak buhar basıncı yükseltilir (aynı şekilde çaydanlıktaki su da buhar basıncını arttırmak için ısıtılmıştı). İşleme yardımcı olması amacıyla uygun bir vakum da sürece dâhil edilir. DİKKAT: Burada metal atomları, vakum kaplamadaki gibi kendi kendilerine buharlaşmamaktadırlar. *Metal atomları molekül olarak buharlaşmaktadır* - bu başka bir şeyle birleşmeleri ile sağlanmaktadır, örneğin nikel klorür (NiCl_2).
3. Şimdi bu uçucu moleküller kaplamanın olacağı tarafa yönlendirilirler. Bu genellikle bir gaz pompası ile pompalayarak ya da başka bir şekilde yapılır. Yönlendirilen bölge kaplamanın yapılacağı bölge ya da kaplanacak cisimdir. Dış ısıtma ile (örneğin ışın ile - radyan- ısıtma) sıcak hale getirilen bu cismin yüzeyine çarpan buhar molekülleri yüzeye[#] çöker, çarpma sırasında metal atomlarını bırakırlar ve pompanın etkisiyle buhar molekülleri, genellikle gaz halinde, hareketlerine devam eder ve uzaklaşırlar.

Muhtemelen itiraz edeceğiniz bir nokta olacaktır, yalıtkanları kaplarken ısıtmanın plastiği kaplama olasılığını kaldırdığını, hatta teflon ve o türden birkaç madde haricinde neredeyse tüm yalıtkanları kaplamayı imkânsız kıldığını düşüneceksiniz. Çoğu plastik nispeten yüksek sıcaklıkta erir, deforme olur ya da çözünür. Aslında son derece haklısınız! Bu süreç genellikle seramik gibi ametalleri ya da ısıya dayanıklı diğer metalleri kaplamak için kullanılmaktadır.

Yine de, gaz hale gelebilen metalik bileşikler değişken tarafta olduğu için, bir katalizör oturarak ya da yüzeyle kaplayarak çözünmeyi sağlamak mümkündür.

Ancak yine de bu yöntemin plastiklerin kaplanmasında kullanılmasının bir mahzuru vardır, uçucu metal bileşikleri zehirli, korozyona sebep olan gazlar içerirler. Örneğin demir ve nikel, karbon monoksit(CO) ile kolaylıkla birleşerek yaparak karboniller olarak adlandırılan uçucu bileşikler oluştururlar.

[#] Isınma ile neden çözünme meydana geldiğini biliyor musunuz? Uçucu metal bileşikleri çok yüksek serbest enerjiye sahiptirler. Molekülün metalik kısmı metal olarak kalmayı, gaz olan kısmı ise gaz olarak kalmayı tercih eder. Isı çözünmeyi başlatacak gerekli aktivasyon enerjisini sağlar.

EKT-13-15

Bileşik çözüldüğünde yeniden karbon monoksit açığa çıkar. Bildiğiniz gibi karbon monoksit araba egzozlarında az miktarda bulunan çok zehirli, renksiz, kokusuz bir gazdır. Bu nedenle sistem sızıntıya karşı %100 korumalı olmalıdır. CO her ne kadar daha çok karbonil elde etmek için geri dönüştürülebilse de, yalıtkan bir madde üzerinde ilk kaplama tabakasını elde etmek için çok çekici bir madde değildir.

İyi uçuculuğa sahip diğer bileşikler florür ve klorür içeren bileşiklerdir, metal kaplandıktan sonra geride florin gazı, hidroflorik asit ya da hidroklorik asit kalır. Tüm bunlar, kimyasal anlamda kötü aktörlerdir. Kirlilik hakkında bunca bağışmadan sonra, eğer geri dönüştürülemiyorlarsa, bunlardan kurtulmak problem yaratır.

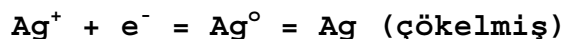
Yine de söylemek gerekir ki daha zararsız uçucu metalik bileşikler elde etmek ve bu süreçte kullanmak mümkündür. Örneğin alkol molekülü uçucu bir molekül oluşturmak üzere bir metal molekülü ile birleştirilebilseydi, plastik maddeleri bakırla kaplayabilir ve ortaya çıkan çözünme ürünüyle kafayı bulabilirdiniz! Şaka bir yana, bu alanda pek çok araştırma yapılmaktadır ve ortalama bir kaplayıcı için uygun yöntemler elde edilebilir. Üzerinde düşünmeye değer bir alandır.

Şimdi sıvı halden kaplama işlemine geçiyoruz, genellikle pratik elektro-kaplayıcılarla kullanılmaktadır.

ELEKTROLİZE KAPLAMA

Belki 1. Ders' ten hatırlarsınız, bir gümüş bileşiğinden gümüş kaplama işi kimyasal indirgenme ile yapılıyordu. Bunun bir örneği gümüş ayna imalatıdır. Aynalar yüz yıllardır bu şekilde elde edilmektedir.

Orada ele alınan görüşleri hatırlarsanız gümüş film elde etmek için, çözülmüş gümüş bileşiğine indirgeme kimyasalı olarak adlandırılan bir kimyasal ekleniyordu. İndirgeme kimyasalı hiçbir şey almadan en yakınındaki komşusuna elektron verme yeteneğine sahiptir. Bu şekilde elektron vererek kendi serbest enerjisini azaltır ve daha az enerjili bir kimyasal bileşiğe dönüşür (bakınız ders 1, enerjinin 4 no.lu niteliği). Çözeltinin her tarafında dolaşan gümüş iyonları (Ag^+) bu elektronları alarak nötrleşirler ve gümüş atomları olarak çökelerler. Tüm süreç sembollerle basit bir şekilde şu şekilde özetlenebilir:



EKT-13-16

Sözlü olarak ifade edersek: Gümüş iyonu bir vericiden elektron alır ve nötr gümüş atomu şeklinde çökeler. Herkes durumundan mutludur, elektron bulunduran bileşik bu işlemle kendi serbest enerjisini düşürerek daha az aktif hale gelmiştir, aynı zamanda gümüş iyonu da elektron alarak kendi serbest enerjisini düşürmüş ve normal bir gümüş atomu haline gelmiştir. Kişileştirecek olursak, bir dilenciye bozuk para veren adam durumundan memnundur çünkü kendine olan saygısı artmıştır, dilenci de iyi hissetmektedir çünkü bir bardak kahve içebilecektir.

Özetle elektrolize kaplamanın temeli budur.

Bir gümüş kaplama banyosunda katotta olan elektronik reaksiyon tam olarak aynı olsa da bu durumda ne anot ne katot ne de dışarıdan bir elektrik gücü kullanılmadığı için bu metoda elektrolize kaplama denilmektedir. Doğal olarak daha dikkatli baktığınızda sürece elektriğin etkisi olduğunu göreceksiniz (elektronların hareket etmesi bir elektrik akımı yaratır) ve her bir gümüş iyonu kendi başına katot olarak davranmaktadır ve her azalan iyon bir anot işlevi görmektedir. Yine de ortadaki büyük farklılıktan dolayı ismi elektrolize kaplama olarak alınmıştır.

Bu işlem gümüşe olduğu gibi pek çok sayıda metale de uygulanabilir. Örneğin bakır, altın, nikel, kobalt gibi metallerin iyonik çözeltilerine uygun indirgeme çözeltileri katılır ve uygun şartlar sağlanırsa çökeltilebilirler.

METAL ATOMLARININ ÇÖKELTİLMESİ

Ders 1'de görmüş olduğunuz konuları biraz daha iyi düşünürseniz, böyle bir gümüş çözeltisinden kaplanan gümüşün rasgele çökeldiğini, çözeltinin içinde bulunduğu kabın tüm duvarlarına da gümüş kaplandığını hatırlayacaksınız. Ancak daha önce de altını çizerek belirttiğimiz gibi, gümüş elektrokaplamanın en büyük avantajı YÖNLENDİRİLMİŞ BİR KAPLAMA şeklinde yapılmasıdır, gümüşü yüzeyin (katot) istediğiniz yerlerine kaplar ve başka yerlere kaplamazsınız.

EKT-13-17

Açıkça görülmektedir ki rasgele çökeltme büyük bir dezavantajdır çünkü, eğer metalin nereye ve nasıl kaplanacağını kontrol edemiyorsak kullanılan malzemenin büyük kısmı ziyan olacaktır. Dahası böyle bir çözeltilenin uzun süre kullanılması beklenemez çünkü en küçük metal parçası da çökelene kadar reaksiyon devam edecektir.

Ancak elektrolize (elektriksiz) kaplama sürecinde, bu dezavantaj yüzey üzerinde koruyucu olacaktır. Her neyse, tıpkı TV'deki gibi; önce kötü haberler, şimdi de iyi haberler: Elektrolize kaplamayı pratik hale getiren koruyucu bir faktör vardır. Nedir bu? Tek kelimeyle ifade edecek olursak: Kataliz.

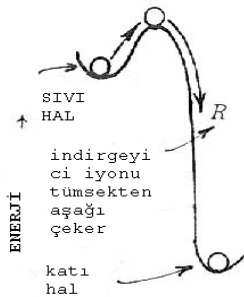
KATALİZ

Bildiğiniz gibi katalizör, normal şartlarda olmayacak bir reaksiyonun gerçekleşmesini sağlayan şeydir.

Daha önceden katalizör için bir kimyasal evlendirme memurudur demiştik, iki ya da daha fazla iyonu, atomu ya da molekülü bir araya getirir. Katalizör birleştirme işlemini her yaptığında yeni bir birleşme meydana gelir ve bu işlemde en ufak bir etkilenme olmadan tekrar birleştirme işlemine devam edebilir.

Aslında benzetme o kadar da iyi değil. Katalizör için daha uygun bir tanım schadchen' dir (çöpçatan kelimesinin İbranice karşılığı). Katalizörün asıl görevi uygun bir ortamda iki yalnız atomu, öylesine güzel şartlar altında buluşturur ki bu iki yalnız kalp bir anda aşık olacaklar ve -- gerisini biliyorsunuz!

ELEKTROLİZE KAPLAMADA KATALİZ



Şekil 6
TEPKİME
PATİKASI

Katalizin önemini anlamak için biraz geriye dönmemiz gerekiyor. Sıvı halden gaz hale dönüştürmek için (ya da gaz halden sıvı hale) biraz enerji gerekmektedir. Bunun sebebi daha önce mevcut olmayan bir ara yüzey oluşturmak için biraz enerji gerekmesidir içindir (sıvının ya da katının bir yüzeyi vardır). Elektrolize kaplamada gerekli enerji daha yüksek enerjili olan bir indirgeyici iyonun (R) enerjisini vererek daha az enerjili bir moleküle dönüşmesi ile sağlanır (Bkz: Şekil 6).

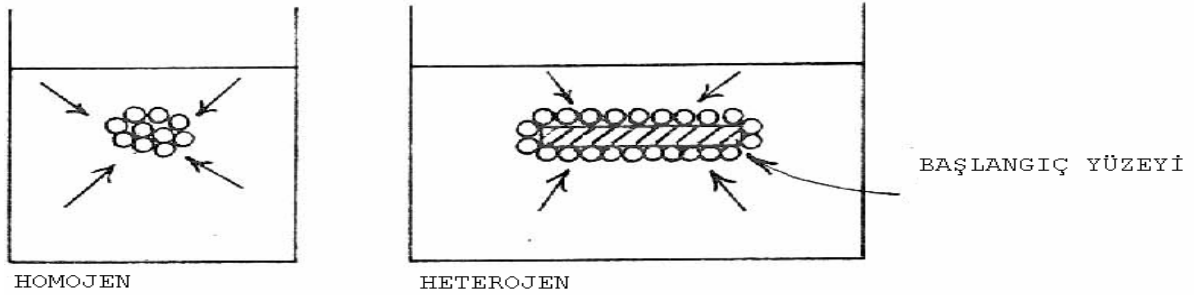
HOMOJEN KRİSTALLEŞME

Eğer reaksiyonun tahrik kuvveti (serbest enerjideki düşüş) büyükse çözeltilinin her yerinde çökme olacaktır, bu tür çökme ya da kristalleşme *homojendir*. Açıkça bellidir ki, homojen çökme elektrolize kaplamada arzu edilir bir durum değildir.

HETEROJEN KRİSTALLEŞME

Eğer çökme sadece yüzey üzerine olmuşsa buna *heterojen* çökme denir. Gereken çökme şekli budur. Bu durum esasen, serbest enerjideki düşüşün küçük olması halinde ya da gereken aktivasyon (harekete geçirme) enerjisinin fazla olması halinde ortaya çıkar.

Eğer serbest enerjideki değişim küçükse, ortaya yeni bir yüzey oluşturacak kadar enerji çıkmaz ve böylece çöktürme süreci engellenmiş ya da geciktirilmiş olur. Böyle bir durumda, eğer çözeltilinin içinde yüzen bir katı cisim parçası varsa yeni bir yüzey oluşturmak için gereken enerji miktarı azalacaktır çünkü daha küçük bir yüzey oluşturulması gerekmektedir (Bkz: Şekil 7). Bu durumda çökme (ya da kristalleşme) olacaktır ve heterojendir[#]. (Bunun yürümesini sağlamak için dışardan yardım almak gerekecektir).



ŞEKİL 7

HOMOJEN VE HETEROJEN ÇEKİRDEKLEŞTİRME

[#] Bu davranışın bir örneği yüklü bir yağmur bulutuna katı gümüş iyodür kristalleri katarak yağmur elde etme durumunda görülür. Bu iyodür kristalleri çekirdeklemeyi başlatarak havadaki su buharının sıvılaştmasını sağlar (genellikle başlangıçta buz kristalleri şeklinde olur).

Heterojen çekirdekleşmeye ulaşmak için tahrik kuvvetini azaltırken (ya da aktivasyon enerjisini arttırırken) *bileşik oluşumuna yardımcı kimyasal maddelere* ya da *inhibitörlere* ihtiyaç duyarız. Karıştırma maddeleri öyle bir şekilde davranırlar ki gereken yerlerde tepkime için gerekli metal iyonlarının çok az miktarını sağlarlar. Eğer biraz daha fazla iyon sağlanabilseydi bu durum bir şişenin ağzına huni takmak olarak etki edecekti. İnhibitörler reaksiyonu engelleyebilirler fakat farklı bir yolla. Reaksiyonu bloke ederler. Eğer reaksiyonu tamamen engellerlerse bu durumda NEGATİF KATALİZÖR olarak adlandırılırlar. Eğer tepkimeyi kısmen engelliyorlarsa bunlara İNHİBİTÖR denir.

Karışım halindeki çözeltide az miktarda tahrik enerjisi kalmış ise günlerce hiçbir şey olmadan bu durumda kalabilir - çözelti METASTABİL haldedir. Bundan başka, eğer tahrik enerjisi çok azsa veya aktivasyon enerjisi çok fazlaysa katı bir yüzeyin bile bulunmasının hiçbir etkisi yoktur, çünkü bir ara yüzey oluşturmak için gereken yüzey enerjisini düşürmek halen enerji yolunu yeterince kısaltmamaktadır ya da bir şeylerin olması için yeteri kadar teşvik etmemektedir.

Heterojen kristalleştirmeye bağlı olarak, katı bir yüzeyi bir tür KATALİZÖR olarak düşünebilirsiniz. Bu çökeltmenin yürümesine yardımcı olmaktadır. Ancak, şu da akıldan çıkarılmamalıdır ki her katı yüzey bu işlevi görme kapasitesine sahip değildir. Eğer yüzey gereken özelliklere sahip değilse ve sahte bir çökeltme olduktan sonra tamamen hareketsiz kalabilir. Diğer bir deyişle; yüzey, çökelttilen madde için ilk anda yeteri kadar çekici değilse hiçbir şey olmayacaktır! Elektrolize kaplamayı da içeren pek çok durumda katı yüzeyler bilhassa katalitiktir. Örneğin basit bir ayna yapımında, gümüş sadece cam yüzeyin üstüne değil, kabın tüm çeperlerine çökelecektir. Bu çözeltide rasgele (homojen) her yere çökeltmede elde edilen bir gelişmedir, ancak halen istenilenden çok daha fazlasını bırakmaktadır. Bu süreçte bulunması gereken çökeltmeyi belirli hale getirecek bir şeylerdir. Burada esnada devreye doğru katalizör girmektedir.

Eğer ilgilenilen yüzey üzerine bir çeşit çekici iyon, atom ya da molekül bağlanmışsa süreci belirli biçimde etkin hale getirir ve çökeltme özellikle o yüzey üzerine olur. Burada yine enerjinin en kolay yolu izlemesi olarak adlandırabileceğimiz enerji ilkesine başvuruyoruz. Elektrolize kaplama yoluyla doğru atomik ya da geometrik, vb. düzende atom veya iyonlardan bir tabaka oluşturulursa çökeltme çok daha kolay olacaktır ve sadece yüzey üzerine olacaktır. Bu elektrolize kaplamanın neden pratik olduğuna verilecek cevaptır.

EKT-13-20

Eğer böyle bir madde bulabilirsek - genellikle buluruz - bu madde KATALİZÖR ya da AKTİVATÖR (harekete geçiren) olarak adlandırılır.

Böyle bir katalizör çökelmeyi sadece istenilen alan üzerinde sınırlandırır ve istediğimiz bir yüzey üzerine kaplama yapabiliriz.

OTO-KATALİZÖR

Bahsetmekte olduğumuz yüzey katalizi konusunda önemli bir nokta olarak karşımıza şu gerçek çıkmaktadır, tepkimeyi tek çeşit bir katalizör ile değil gerek olduğu takdirde birkaç çeşit katalizör ile götürmeyi sağlayabilmeliyiz. Farz edin ki, tek çeşit bir katalizör ile bir nikel banyosunda nikel çökeltmeyi hedefliyoruz. Örneğin katalizörümüz kalay olsun. Kaplanacak nesnenin üzerinde ilk önce kalay iyonlarından bir tabaka oluşturuyoruz ve maddeyi elektrolize nikel banyosuna daldırıyoruz. Nesneye nikel kaplanmaya başlıyor, ancak kalay kaplı tabakasının üstü nikel ile kapanınca sürecin sonuna geliyoruz! Pratik bir noktadan baktığımızda elde edilen çok değerli bir şey değildir, çünkü amacımız nikel tabakaları üzerine kat kat nikel kaplamaktır, sadece bir tabaka değil. Biz tepkimenin bir tabaka nikel kaplandıktan sonra durmasını değil sürmesini istiyoruz. Bu yüzden bizim ihtiyacımız olan tepkime OTO-KATALİTİK (kendinden katalizör özelliği olan) bir tepkimedir. Yani, bizim istediğimiz bu tepkimede nikel atomlarının kendi kendilerine katalizör olarak davranmaları, kaplama belli bir kalınlığa ulaşana kadar tepkimeyi aynı yüzey üzerinde sürdürmeleridir¹. Basit bir şekilde dile getirirsek, bizim istediğimiz arabamızın motorunun çalışmasını sağlayacak elektrik starteridir, motor bir kere çalıştıktan biz durdurana kadar çalışmaya devam etmelidir.

Her zamanki gibi, iyi olan bir şey kötü de olabilir. Şunu kavramak gerek ki elektrolize nikel kaplamayı başlatacak belirli bir katalizör bulduk ve biliyoruz ki tepkime bir kere başlayınca oto-katalitik hale gelecektir. Çok iyi. Çözeltiye üzerinde kalay iyonları bulunan bazı kir parçacıklarının kazara karışması halinde ne olur? Üzerine nikel kaplanmış kir parçacıklarımız olacaktır. Elektrolize kaplama banyosundaki nikel bitene kadar kir parçacıkları büyüyecektir. OTO-KATALİTİK KAPLAMADAN yola çıktık ve OTO-KATALİTİK AYRIŞMAYA ulaştık. Araba benzetmesine geri dönersek, arabayı çalıştırdığımızı ancak motoru durduramadığımızı görüyoruz. Yani benzin bitene kadar çalışmaya devam edecektir.

¹ Elektrolize nikel kaplama burada bir örnektir, ancak bu fikir bütün elektrolize banyolar için geçerlidir.

Bu nedenle elektrolize kaplama banyolarının temiz olması ve kir parçacıklarından arınmış olması için büyük özen gösterilmeli ve bazı tedbirler alınmalıdır.

Alınması gereken en önemli tedbir *kaplama çözeltisinin fazla ısınmasından kaçınılmasıdır*. Bunun sebebi gereken aktivasyon enerjisi büyük olsa bile, yüksek sıcaklığın reaksiyonun devam etmesine yola açmasıdır. Yüksek sıcaklık kullanılan iyon ve atomlara daha fazla enerji yükler. Gereken aktivasyon enerjisini sağlar. Daha hızlı hareket ederler ve doğru bileşimlere daha çabuk ulaşırlar. Sonuç olarak çözeltide çok az bir nikel çökeltisi oluşur ve bir kere bu olduğunda - Vay Canına! Bu bir zamanlar güzel bir elektrolize metal kaplama çözeltisi idi.

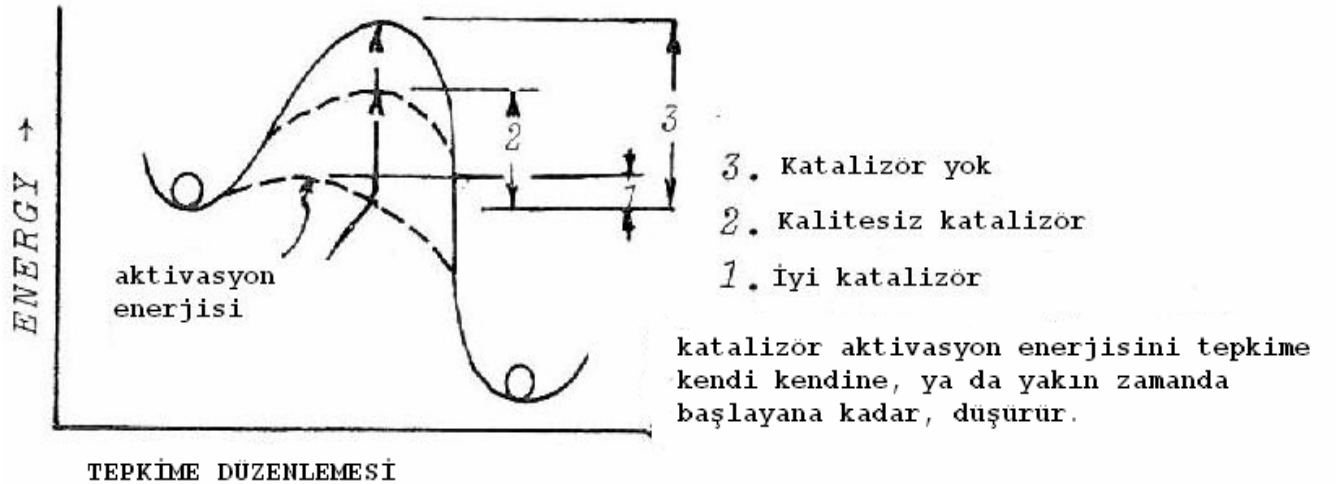
Şimdi yapılan işin genel olarak bir üzerinden geçelim (beklenen cümle!). İyi bir elektrolize metal kaplama süreci oluşturan nedir?

1. Metal iyonlarının atomlara indirgendiği ve sadece yüzey üzerine çökelediği bir oto-katalitik kimyasal tepkime.

2. Kendi kendine başlamayan bir tepkime. Tepkime başlamadan önce belli bir tür KATALİZÖR yüzey üzerinde bulunmalıdır.

3. Çökeltinin yüzeye bağlanması yeterli olmalıdır.

4. Çökeltinin ticari ve kullanışlı bir şekli olmalıdır, örneğin, kaplama pürüzsüz, görüntü olarak metalik ve mümkünse parlak olmalıdır.



ŞEKİL 8

KATALİZÖRÜN ETKİSİ

EKT-13-22

Evet, sizlere elektrolize kaplama işinin iç işleyişine dair basit bir bilgi verdim. Uygulamasını yaptığınız zaman konuyu daha iyi kavrayacaksınız. Eğer merakınızı uyandırmayı başarabildiysem ve konu hakkında daha detaylı bilgi edinmek için sabırsızlanıyorsanız, dersin sonundaki kaynakçaya başvurabilirsiniz. Şimdi bazı pratik öğeleri görmeye hazırız.

BİR ELEKTROLİZ BANYOSUNDA NELER BULUNUR

1. Solvent - Çözücü - (genellikle su).
2. Kaplama metalini oluşturacak çözülebilen bir metal tuzu.
3. İndirgeyici bir madde (ya da birkaç).
4. Bileşik oluşturucu bir madde ve/veya reaksiyon inhibitörleri.
5. pH'ı kontrol etmek için bir tampon madde.
6. Nemlenmeyi ve dağılmayı iyileştirmek için yüzey gerilimini azaltan maddeler.
7. Kaplama biçimini şekillendirmek için kullanılan ek maddeler.

Tüm elektrolize banyolar yukarıda verilen maddelerin tümünü içermeyebilir. Ancak hepsi de en azından 1-5 arasındakileri içerir. İyi bir elektrolize banyo hazırlamak için doğru maddeleri kullanarak doğru içeriği oluşturmak gerekir. Bu zor bir iştir!

ELEKTROLİZE KAPLAMA SÜRECİ ŞUNLARI GEREKTİRMEKTEDİR

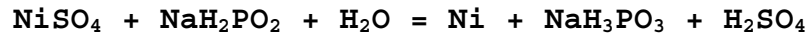
1. Kaplanacak yüzeyi temizlemek ve hazırlamak için uygulanacak doğru yöntem. Eğer kaplayacağınız ilk tabaka metalse 4. Ders'te tavsiye edilen temizleme yöntemlerine başvurunuz. Eğer plastik ya da yalıtkan bir yüzeyse, bu derste sunulacak olan muamele yöntemlerine başvuracaksınız.
2. Yüzeyi duyarlı hale getiren (katalitik yapan) bir yöntem. Bu bir ya da birkaç adım ile sağlanır.
3. Elektrolize kaplama banyosu.
4. Yardımcı durulamalar.

Bunlar bir elektrolize kaplama banyosunda olması gereken temel öğelerdir. Şimdi ilk ve en başta gelen süreç olan elektrolize nikeli ele alacağız.

ELEKTROLİZE NİKEL

Günümüzde kullanılmakta olan iki çeşit elektrolize nikel banyosu vardır. 7,5 - 10 pH seviyesinde çalışan Alkali banyosu ve 4,5 - 6 pH seviyesinde çalışan Asidik banyosu. Asidik tip banyoların çalıştırılması ve bakımı daha kolaydır. Alkali banyoları aside duyarlı magnezyum ve alüminyum gibi metalleri nikel ile kaplamada daha iyi iş çıkarırlar.

Basitleştirilmiş şekilde tepkime süreci genel olarak aşağıdaki gibidir:



ASİDİK ELEKTROLİZE NİKEL

Reçete

Nikel sülfat (metal tuzu).....	21 gr/lt
Sodyum Hipofosfat (indirgeyici).....	24 gr/lt
Laktik asit (karıştırıcı ve pH tamponu).....	28 gr/lt
Propiyonik asit (karıştırıcı ve pH tamponu)...	2,2 gr/lt
Kurşun	1 ppm

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı: 88 - 96 °C

pH: 4,3 - 4,6

Kaplama hızı: 0,1 mil/saat = 2,5 mikron/saat

(Not: 1 mil = 1/1000 inç = 25,4 mikron)

Gerekli pH değeri sodyum hidroksit ve asetik asit ile ayarlanır.

TANK: Teflon ceketli çelik kullanınız. Bundan sonra en iyisi polietilendir.

ISITMA: Isı kaynağı tankın etrafındaki su ceketidir, böylece ısı sadece bir noktaya odaklanmayacaktır, çünkü bir noktanın aşırı ısınması tepkimeyi başlatır.

ALKALİ ELEKTROLİZE NİKEL

Reçete

Nikel klorür.....	45 gr/lt
Sodyum hipofosfat.....	10 gr/lt
Amonyum klorür.....	50 gr/lt
Sodyum sitrat (asit sitrik tuzu).....	100 gr/lt

Çalışma Koşulları

ÇALIŞMA SICAKLIĞI: 96 °C

pH: 8,5 - 10

Kaplama hızı: 0,3 - 0,4 mil/saat = 7,5 - 10 mikron/saat

Banyo, plastik kaplamak için daha düşük sıcaklıklarda çalıştırılabilir ancak kaplama hızı düşük olacaktır.

pH amonyum hidroksit ile ayarlanmalıdır. Sık sık amonyak eklenmelidir.

Asit banyosundaki tankı ve ısıtma yöntemlerini kullanın.

Tank için gerekli karıştırma pompalama ya da çalışma hareketi ile sağlanmalıdır. Hava karıştırmasından kaçının.

Mümkünse sürekli filtreleme tercih edilir.

Bu banyoda kaplama sağlamak için gerekli katalizörler sekizinci gruptan, nikel, kobalt ve paladyum gibi metallerdir. Bu katalizör atom ve iyonlarla çok ince bir tabaka kaplanmış ametalik yüzeyler banyoya daldırıldıkları anda bir kaplanmaya başlarlar. Bu teknik 13. Ders'te ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Elektromotor serilerinde nikelden daha aşağıda yer alan alüminyum ve çelik banyoya sokulduğunda, önce daldırma nikel kaplama tabakası oluşur, arkasından nikelin elektrolize kaplama süreci başlar.

Bakır gibi bazı metaller, önce nikel flaş ile kaplanmadıkça elektrolize nikel kaplanamazlar. Bu nikel flaşı bazen bakırı banyo içinde, bir alüminyum parçasına bağlayarak galvanik yöntemle sağlanabilir ancak, bu iyi bir çalışma yöntemi değildir.

EKT-13-25

Kurşun, kalay, çinko, kadmiyum gibi metaller elektrolize kaplama banyosuna daldırılmadan önce bakırla daha sonra nikel ile flaşlanmalıdır. Bu metaller çözeltide çok az miktarda dahi bulunsalar nikelin indirgenmesini neredeyse tamamen engellerler. Arsenik, antimon, molibden ise çok güçlü katalitik zehirler olup, bu yüzden bunları çözeltiden uzak tutmak için uyanık olunmalıdır. Bu esnada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da, *bu güçlü katalitik zehirlerin bazı patentli banyo çözeltilerinin bileşiminde az miktarlarda bulduklarıdır!* Bunun nedeni, bu zehirlerin indirgenme işleminin daha yavaş işlemesine neden olarak bileşik oluşturu kimyasalları arttırmalarıdır. Diğer bir deyişle banyonun erkenden bozulmasını geciktirirler. Bu zehirler şu şekilde etki ederler: Banyodaki tüm aktif parçacıkları absorbe ederek bu parçacıklar üzerine nikel kaplanmasını engeller ve zincirleme bir tepkimenin ortaya çıkmasına izin vermezler. Zincirleme tepkimeler için konuşursak, bu tür kirliliklerin olması halinde bütün malzemeleri koyduğumuzda tepkime daha bozuk olma eğilimindedir. Bu zehirlerse bunu düzeltecektir.

ELEKTROLİZE NİKEL BANYOSUNUN KİMYASAL KONTROLÜ

Kontrol edilmesi gereken dört şey vardır. Bunun için gereken basit yöntemler aşağıda verilmiştir.

pH: En iyi kontrol yolu bir pH-metre kullanmaktır.

NİKEL: Nikel kaplama başlığı altında verilen volumetrik yöntem bu amaç için uygundur.

FOSFİT: (Fosforik asit tuzu). Banyodan 10 mililitre numune alın. İçinde %5'lik 20 mililitre sodyum bikarbonat çözeltisi bulunan bir erlene koyun, buz banyosunda ya da buzlu suya daldırarak soğutun.

Daha sonra tam olarak 50 mililitre 0,1 N iyot çözeltisi ekleyin. Erlenin ağzını kapatın ve oda sıcaklığında 2 saat bekletin. Şimdi çözeltiyi buzlu suda 15 dakika soğutun. 10 mililitre asetik asit ekleyin (%50'lik çözelti) ve fazla iyodu 0,1 N sodyum tiyosülfat ile titre edin.

NaH₂PO₃'ün hesaplanması şu şekilde yapılır:

$$\dots \text{ gr/lt NaH}_2\text{PO}_3 = \frac{\dots \text{ ml (kalan net 0,1 N iyot ml' si)}}{\dots \text{ ml (kaplama çözeltisinin ml' si)}} \times 6,3$$

EKT-13-26

HİPOFOSFİT: (Hipofosforik asit tuzu). (ABD Patent no: 2,697,651). 25 mililitre numune alın. Suyla 1 litreye seyreltin. Bu seyreltik çözeltiden den tam 5 mililitre örnek alın. Bunu 10 ml %10'luk amonyum molibdat çözeltisi ve 10 ml taze sülfürik asit ile karıştırın. Ağızını kapatın ve koyu mavi bir renk oluşuncaya kadar kaynatın. Örneği oda sıcaklığına soğutun, suyla 100 ml.ye tamamlayın ve 440 mikron dalga boyunda çözeltinin geçirgenliğini ölçün. Beers Kanunu'nu takip edin ve yarı-logaritmik grafik kağıdı üzerinde, bilinen hipofosfit miktarları işaretlenerek yapılacak bir kalibrasyon, referans amaçlı düz bir çizgi verecektir. Kaynaklarda diğer yöntemleri de bulabilirsiniz.

İMALAT TAVSİYELERİ

Her zamanki gibi iyi bakım ve idare, üretimin bir terslik olmadan yürümesini sağlayacaktır. Temel nokta temizliktir. Mümkünse kullanmadığınız zamanlarda katalizör maddelerden korumak için tankların üstünü örtün. Katalizör zehirleri dışarıda tutmak için kalay, kadmiyum gibi zararlı metalleri önceden kaplayın veya flaşlayın. Çözeltiyi filtrelenmiş ve temiz tutun. Bir tankın saatte 1 mikron ya da daha fazla temizleme kapasitesi ile devridaimi çözeltiyi temiz tutacaktır. Çözeltiyi aşırı ısıtmayın. Sürekli kontrol edin ve dengede tutun.

Kullanışlı bir banyoyu çalıştırırken önemli olan bir diğer nokta ise büyük parçaların elektrolize nikel banyosuna girmeden önce ısıtılması gerekmesidir. Bunun nedeni indirgemeyi hızlandırmaktır, çünkü büyük parçaları banyonun sıcaklığına getirmek zaman almaktadır. Önceden ısıtılmazlarsa nikel kaplama benekli olabilir. Bu fikir daha önce krom kaplamada ortaya konmuştur.

Metallerin üzerine elektrolize nikel kaplamak istiyorsanız üzerinde durmanız gereken şeyler şunlardır:

1. Kaplama kırılıgandır. Bu bir nikel fosfor alaşımıdır.
2. Kaplama serttir ve ısıl işleme daha da sertleştirilebilir. 450 DPH → 1000 DPH
3. Kaplama parlak nikel kaplama banyosundaki kadar parlak değildir.
4. Elektrolize kaplama banyosunun kaplama hızı elektrikli banyonunkinden daha azdır, geriye kalan her şey eşittir.
5. Kaplamaya kaynak yapmak zordur.

EKT-13-27

6. Elektrolize nikel banyosunda yapılan kaplama, elektrikli nikel banyosunda elde edilenden genellikle daha pahalıdır. Aynı kalınlıkta ve aynı yüzey alanına yapılan kaplamalarda maliyet farkı 2-5 kat arasında değişmektedir. Öte yandan:

1. Kaplama uniformdur. Örtücülüğü iyidir.
2. Kaplamanın aşınmaya karşı direnci iyidir.
3. Korozyona karşı dirençlidir.
4. Kaplamaya kolaylıkla lehim ve kaynak yapılabilir.

Elektrolize nikel banyosunu yalıtkanları kaplamak ve üzerine kaplama yaparsanız yukarıda listelenen hiçbir güçlük geçerli değildir.

Elektrolize nikel kaplama konusunu bitirmeden önce bir elektrolize nikel kaplamada hata giderme rehberi hazırladım. Daha fazla yardım için dersin sonundaki kaynakçaya başvurunuz.

ELEKTROLİZE NİKEL KAPLAMADA HATA GİDERME REHBERİ* **Hatalı kaplamalar - Muhtemel Sebepler & Önerilen Çareler**

Problem: Eksik kaplama, düşük örtücülük, kenarlarda soyulma ve beyazlık

- | | |
|--------------------------------|---|
| a) Yetersiz temizleme | Sıcaklığı kontrol edin. Temizliği, temizleyici konsantrasyonunu ve diğer ön temizleme çözeltilerini kontrol edin. |
| b) Yetersiz aktifleştirme | Aktifleştiricileri kontrol edin. Bazı metaller ve alaşımlar özel hazırlıklar gerektirir (pirinç, bakır, alüminyum ve magnezyum). |
| c) Yetersiz durulama | Durulama sıcaklığını ve süresini kontrol edin. Durulamalar temiz mi? |
| d) Metalik kirlilik | Banyoyu boşta çalıştırıp temizleyin ya da banyoyu atın ve yenisini kullanın. |
| e) Organik kirlilik | Banyoyu soğutun, karbon muamelesi yapın ve filtre edin. Durulayıcılarda banyoya karışan artık madde olup olmadığını kontrol edin. |
| f) Çok fazla hava karıştırması | Hava karıştırmasını azaltın. |

EKT-13-28

Problem: Kaplama da pürüzlülük

- | | |
|--|---|
| a) Katı maddelerden kaynaklanan kirlenme (toz, metal parçacıkları gibi.) | Çözeltiyi yüksek akış hızlarında 5 mikrondan filtreleyin. |
| b) Çözeltinin bulanıklığı. | pH'ı kontrol edin. Yüksek pH buna sebep olabilir. pH'ı ayarlayın. |
| c) Kaplama esnasında çok miktarda ya da çok hızlı Elektrolitik Nikel çözeltisi ikmalı. | İkmali yavaş yavaş yapın ve direk karıştırın. Eklemeleri kaplanan malzemeye olabildiğince uzak yerde yapın. |
| d) Kirlenmiş hazırlama suyu. | Suyun kalitesini kontrol edin. Gerektiği gibi kaliteyi yükseltin. |
| e) Belli bölgede yoğunlaşan aşırı ısınma. | Hava karıştırmasını kontrol edin. Sıcaklığı ayarlayın. |
| f) Kaplanan madde üzerinde metal ya da toprak parçaları. | Temizlemeyi ve durulamayı daha iyileştirin. |
| g) Kirlenmiş filtre kartuşları, astarları ya da torbaları. | Hazırlamadan önce olan astarları yıkayın, filtreleri değiştirin |
| h) Kaplanan maddenin tek tarafının etkilenmesi. | Karıştırmayı arttırın. |
| i) Yüksek sodyum fosfat yoğunluğu. | Çözeltinin tüm parçalarını atın. |

Problem: Kaplamada damarlanmalar

- | | |
|--|---|
| a) Kaplanan maddenin konumundan kaynaklanan gaz damarları. | Çözelti ya da çubuk karıştırması sağlayın. Kaplanan maddenin konumunu periyodik olarak değiştirin. Karıştırmayı arttırın. |
| b) Silikat karışması. | Silikat içermeyen temizleyici kullanın. Durulamayı iyileştirin |
| c) Kötü durulama. | Durulama döngüsünü kontrol edin. |
| d) Yetersiz temizleme. | Temizleme ve/veya durulamayı iyileştirin. |
| e) Metallerin fazla yoğunlaşması. | Metalleri arındırmak için banyoyu yıkayın. Banyo atılmalı yerine yenisi gelmelidir. |
| f) Organik kirlenme | Banyoya karbon muamelesi yapın ve filtre edin. Banyonun atılıp yenilenmesi gerekebilir. |
| g) Kalitesiz karıştırma | Hava karıştırmasını arttırın. Farklı hava modelleri kullanın. |

EKT-13-29

- | | |
|---------------------------------------|--|
| h) Düşük yüzey alanı. | Yüzey alanını tavsiye edilen büyüklüğe artırın. |
| i) Düşük indirgeyici madde. | İndirgeyici konsantrasyonunu kontrol edin ve arttırın. |
| j) Çok fazla karıştırma. | Karıştırmayı azaltın. |
| k) Çok fazla bileşik yapma kimyasalı. | Karıştırıcı yoğunlaşmasını azaltın |

Problem: Karıncalanma

- | | |
|--|--|
| a) Ağır metalik kirlenme. | Banyoyu boşta çalıştırarak temizleyin ya da değiştirin. |
| b) Ceketlenmiş tanktan gelen etilen glikol kirlenmesi. | Banyoyu atın ve değiştirin |
| c) Esas metalde karıncalanma. | Döngüdeki her basamaktan sonra esas metali kontrol edin. |
| d) Organik kirlenme. | Banyoyu soğutun, karbon muamelesi yapın ve filtre edin. |
| e) Yetersiz temizleme | Döngüdeki temizleme ve durulama basamaklarını iyileştirin |
| f) Aşırı banyo aktifliliği. | pH'ı düşürün. |
| g) Çok fazla hidrojen oluşumu. | Kaplanan yüzey alanı azaltın. İndirgeyici madde yoğunluğunu kontrol edin ve düşürün. |
| h) Düşük bileşik yapma kimyasalı yoğunluğu. | Az miktarlarda karıştırıcı ekleyin |
| i) Yetersiz indirgeyici yoğunluğu | Banyoyu analiz edin ve ayarlayın. |

Problem: donuk ya da mat kaplama

- | | |
|---|--|
| a) Organik kirlilik. | Banyoyu soğutun, karbon muamelesi yapın ve filtre edin. |
| b) Yetersiz temizleme. | Temizlemeyi iyileştirin. Elektrikli temizlemeyi göz önünde bulundurun. |
| c) Banyo çok eski (15 kez ya da daha fazla yenilenmiş). | Banyoyu atın ve yeni bir tane hazırlayın. |
| d) Yüksek ya da düşük pH. | Asit ve ya alkali ile banyo pH'ını ayarlayın. |
| e) Banyoda dengesizlik. | Nikeli ve indirgeyiciyi kontrol edin gerekirse ayarlayın. |

EKT-13-30

- | | |
|-------------------------------|---|
| f) Düşük kalite substrat. | Substratı iyileştirin. |
| g) Düşük ısı. | Isıyı ayarlayın. |
| h) Aşırı parlatıcı kaybı. | Çözelti kimyasını dengeleyin. |
| i) Metalik kirlenme. | Geniş bir yüzey kullanarak banyoyu boşta çalıştırıp temizleyin. |
| j) Düşük indirgeyici içeriği. | İndirgeyici yoğunluğunu kontrol edin ve ayarlayın |
| k) Düşük metal içeriği. | Metal ekleyin. |

Problem: Aluminyum üzerine yapışmanın düşüklüğü

- | | |
|---|---|
| a) Metal kirliliği. | Banyoyu yıkayın ya da atın |
| b) Yetersiz yüzey hazırlaması. | Temizlemeyi ve durulamayı iyileştirin |
| c) Yetersiz kalaylama ya da kaplama öncesi muamele. | Yoğunlaşmayı ya da alüminyum substratı kontrol edin |
| d) Yeniden oksitlenme. | Transfer sürelerini azaltın |
| e) Asit inhibitörlerinin girmesi. | Inhibitör olmayan asit kullanın. Durulama koşullarını iyileştirin |
| f) Organik kirlilik. | Banyoyu soğutun, karbon muamelesi yapın ve filtreleyin |
| g) Uygunsuz sıcaklık muamelesi. | Isıtma zamanını ve sıcaklığını düzeltin. |
| h) Alaşımın kalitesi. | Alaşım kalitesini kontrol edin. |

Problem: Donuk kaplamalar

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| a) Düşük iş yüklemek. | İş yüklemesini arttırın. |
| b) Metalik kirlilik. | Banyoyu temizleyin ya da değiştirin. |

Problem: Bozuk şekilli kaplama

- | | |
|---|---|
| a) Metalik kirlilik. | Banyoyu temizleyin ya da değiştirin. |
| b) Kurşun, çelik, pirinç ya da bakır gibi bazı alaşımlar. | Bakır için galvanik etkinleştirmeden önce nikel ya da bakır flaş yapın. |
| c) Banyoda dengesizlik. | Banyoyu analiz edin ve ayarlayın. |

EKT-13-31

Problem: Laminar kaplamalar

a) Yetersiz ısı, pH ve/veya banyo kontrolü.

Tek düze ısı, pH ve banyo kontrolü sağlayın.

problem: Yetersiz aşınma direnci

a) Düşük ısı ve sıcaklık muamelesi ve/veya kısa zaman.

Isıyı ve zaman döngüsünü ayarlayın

b) Düşük fosfor içeriği

pH'ı ve ısıyı düşürerek fosfor içeriğini arttırın. Banyoyu analiz edin ve dengeyi sağlayın.

Problem: Yetersiz korozyon ve/veya kimyasal direnci

a) Düşük fosfor içeriği

pH'ı ve indirgeme yoğunlaşmasını azaltarak fosfor içeriğini arttırın

b) Metalik kirlilik

Banyoyu yıkayın ya da değiştirin

c) Yetersiz banyo kontrolü

Tekdüze ısı sağlayın. pH'ı ve ikmali kontrol edin

Problem: koyu hatta siyah kaplamalar

a) Yüksek stabilizör içeriği

Banyoyu yıkayın ya da seyreltin

b) Metalik kirlilik

Banyoyu temizleyin ya da değiştirin

c) Banyo dengesizliği

Banyo analiz edilmeli ve ayarlanmalıdır

d) Yetersiz aktivasyon

Tekrar etkinleştirin

e) Organik kirlilik

Karbon uygulayın ve banyoyu filtre edin

f) Uygunsuz yüzey hazırlama

Temizleme, toplama ve durulama döngülerini geliştirin

g) Yetersiz durulama

Durulamayı iyileştirin

h) Yüksek iş yüklemesi

İş yüklemesini azaltın

i) Düşük iş yüklemesi

İş yüklemesini arttırın

j) Düşük indirgeyici madde

İndirgeyici madde yoğunlaşmasını arttırın

k) Düşük metal yoğunlaşması

Banyonun metal içeriğini arttırın

EKT-13-32

Problem: Kabarcıklanma

a) Yetersiz yüzey hazırlama	Temizleme, toplama, durulama basamaklarını geliştirin
b) Alüminyumun uygunsuz kalaylanması	Kalaylama banyosu yoğunlaşmasını kontrol edin. Süreç zamanını kontrol edin
c) Organik kirlilik	Karbon uygulayın, banyoyu filtre edin
d) Metalik kirlilik	Banyoyu temizleyin, ya da değiştirin
e) Uygunsuz pH	pH'ı kontrol edin ve ayarlayın
f) Uygunsuz ısı işlem	Isı uygulama sıcaklığı ve zamanı kontrol edilmeli ve ayarlanmalı

Şimdi sıradaki elektroliz banyosu olan bakıra geçiyoruz.

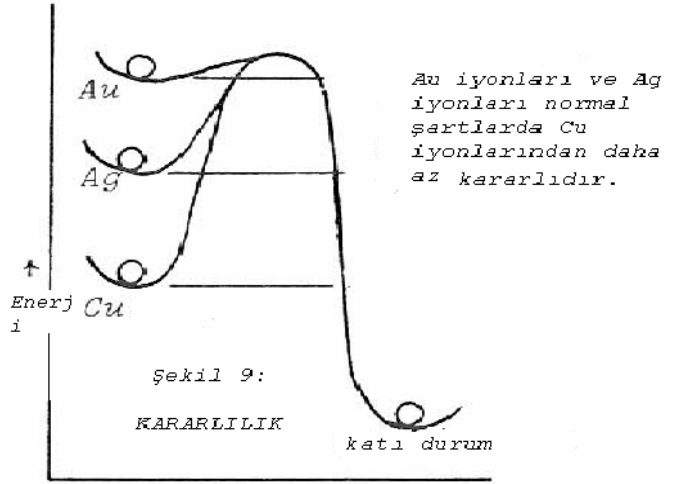
ELEKTROLİZE BAKIR BANYOSU

Elektrolize bakır kaplama banyoları 1950'li yıllarda elektronik endüstrisinde karşılan bir sorundan dolayı geliştirilmişlerdir. O zamandan beri üzerinde çalışılabilir pratik bir süreç haline almışlardır. Bakır, gümüş, altın gibi daha asil metalleri elektrolize kaplamada karşımıza çıkan temel sorun çözümlerinin kendiliğinden çözülmeye meyilli olmalarıdır.

Elektromotor diziler halinde indirilen bu metaller genel olarak konuşursak serbest metaller halindeyken, bileşik hallerinden daha dayanıklıdırlar. Bu yüzden önceki halleri olan serbest metal hale geri dönmek için eğilimleri vardır. Dizi içinde daha aşağıya inmeye başladıklarında problem daha kesin bir hal almaktadır. Serbest enerji değişimi kavramını kullanarak şekil 9 konuyu daha açık hale getirmektedir.

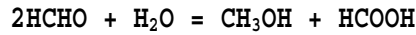
Tepkimenin oluşmasını sağlamak için daha büyük bir yönlendirici güç ve daha az bir etkinleştirme enerjisi gerekir. Bunun anlamı tepkimeyi aktif hale getirebilecek en küçük şeyin felaket diyebileceğimiz şeyler yaratabileceğidir: bu yüzden öncelikle önem verilmesi gereken konu tepkimenin sabitleştirilmesi ve biz istemediğimiz sürece başlamamasıdır. Tepkimenin sabitleştirilmesi elektrolize nikeldeki süreçtekinden daha önemli hale gelmektedir. Çaresine bakılması gereken birkaç şey ortaya çıkabilir.

İlk önce küçük kir parçacıklarının çökelti içinde nükleus (atom merkezi) gibi davranması problemi söz konusudur. Bu sorun, elektrolize nikel kaplama başlığı altında zaten aşılmıştır. Buna göre, çökelti zorunludur ve süzülen parçacıkların saflığı daha büyük olmalıdır. Parçacıkları 5 mikron üzerinde kesen nikel bir banyo genellikle yeterince iyidir. Bakır banyosunda ise 1 mikron üzerinde kesilmelidir; tavsiye edilen 0,1 mikron üzeridir.



İkinci olarak, indirgeme parçacığı olarak kullanılan formaldehit kötü huyludur. Orantısızdır. Kendi kendini oksitlediğini söyleyebilmek sadece bir hayaldir. Su ile temasında formik asit ve metil alkol üretme eğilimlidir. Formik asit biçimler oluşturur ve bu ayrıştırma banyoyu vakitsizce eskitir ve değişkenleştirir.

Reaksiyon aşağıdaki benzer:

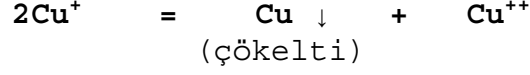


Bu problemin üstesinden gelme yolu, genellikle 10% civarında metil alkol içeren 37% formaldehit çözeltiye fazladan metil alkol eklemektir. Bunun neden yapıldığını biliyor musunuz? Sınavda bu konudan bir soru soracağım için bu konu hakkında biraz kafa yormanızı istiyorum! Formaldehitin indirgenmesi çözeltide bazı bakır iyonları oluşturabileceği gibi bakır metali* tamamen azaltabilir de. Bu bakır iyonları bakır metal oluşturmak için sırayla ayrışacaktır. Talihsiz olan şey şu ki ayrışma ilgi merkezi yüzeyinde yer almaz - çözelti içinde her yerde yer alır! Bu da indirgeme olayı oto katalitik olduğundan kendiliğinde olan ayrışmaya sebep olur. Bunun üstesinden bakır iyonlarını Cu^+ siyanür radikal (CN) gibi karışanlarla karıştırarak ve/veya EDTA gibi çelat bileşenleri ile çelatlaştırarak gelinebilir. Bunlar Cu^+ iyonunun çözeltiden kaybolmasına sebep olur böylece reaksiyon tarafın-

* Bu reaksiyona Fehling reaksiyonu denir. İdrardaki şekeri ölçmek için kullanılır.

EKT-13-34

dan takip edilen (aşağıda iyonik şekilde verilen) ve Cu^+ 'da kısmi indirgeme üreten reaksiyon oluşmaz ya da oluşumdan oldukça çekingendir.



Küçük parçacıkların da, elektrolize nikel başlığı altında bahsedildiği gibi uygun koloit ya da katalitik zehir ile kaplama vasıtasıyla kötü bir ayrışma başlatması önlenir. Bu gibi maddelerin türleri belirlidir.

Bunlar, elektrolize bakır kaplamada karşılaşılan zorluklardır. Şimdi bazı reçeteler verelim:

ELEKTROLİZE BAKIR #1

Reçete

Bakır sülfat.....	20 gr/lt
Sodyum karbonat.....	25 gr/lt
Roşel tuz.....	140 gr/lt
EDTA sodyum tuzu.....	17 gr/lt
Sodyum hidroksit.....	40 gr/lt
Formaldehit(37% çözelti).....	150 gr/lt
Metil alkol.....	100 ml/lt

Çalışma Koşulları

Çalıştırma sıcaklığı: 21°C derece

pH: 11,5

Tank: Polietilen ya da teflon astarlı çelik

Isıtma: Su ceketiyile dolaylı olarak.

Karıştırma: Filtreden geçirilmiş hava karıştırmasından faydalanınız.

Kaplama oranı: Her saatte 20,3 inç

Bakır sülfat kristallerinin ardından roşel tuzu ve EDTA, sonra sodyum hidroksit ve karbonat ve en sonunda da metil alkol ve formaldehiti suda çözündürerek çözeltinizi oluşturun.

EKT-13-35

ELEKTROLİZE BAKIR #2

Bu banyo, indirgeyici olarak hidrazin H_4N_2 kullanır.

Reçete

Bakır klorür.....	20,2 gr/lt
Roşel tuz.....	50,2 gr/lt
Sodyum fosfat.....	10,5 gr/lt
Amonyum molibdat.....	0,45gr/lt
Amonyum hidroksit (konsantre).....	52,5 ml/lt
Hidrazine (30% çözelti).....	5,25ml/lt

Çalışma Koşulları

Çalıştırma sıcaklığı: 21°C derece

pH: 8,5 - 9,0

Tank: Polipropilen ya da teflon astarlı çelik

Isıtma: Daha önce belirtildiği gibi

Karıştırma: Filtreden geçirilmiş hava

Filtreleme: Mümkünse devamlı olarak

ELEKTROLİZE BAKIR #3

Formaldehit banyosuyla ilişkili olarak belirli organik maddelerin belirli derecede katalitik yüzeye soğurma yaparak gerçek bir dengeleyici gibi davrandığı keşfedilmiştir. Kaplama oranı, bu tür bir davranış sebebi henüz bilinmese bile bu tür dengeleyicilerle hafifçe yükseltilebilir!

Reçete

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,06 M
Na_2EDTA	0,30 M
Paraformaldehit.....	0,40 M
Metil alkol.....	100 ml/lt
HIQSA (8-hidroksi-7-iyodo-5-kuinolin sulfonik asit)	150 mg/lt
NaOH.....	pH 12,5 olana kadar

Çalışma Koşulları

Çalıştırma sıcaklığı: 24°C derece

pH: 12,8

Tanklar: Yukarıda belirtildiği gibi

Karıştırma: Yukarıda belirtildiği gibi

Isıtma: Daha önce belirtildiği gibi

Karıştırma: Daha önce belirtildiği gibi

Kaplama oranı: Saat başı 5,08 mikron

ELEKTROLİZE BAKIR #4

Reçete

Bakır sülfat.....	6 gr/lt
Nikel sülfat.....	2 gr/lt
Roşel tuz.....	45 gr/lt
Formaldehit (%37).....	30 ml/lt
Sodyum hidroksit.....	10 gr/lt
Sodyum karbonat.....	4 gr/lt
Metil alkol.....	100 ml/lt

Çalışma Koşulları

Çalıştırma sıcaklığı: -3,9°C derece
pH: 10 - 12
Kaplama hızı: Saat başı 7,6 mikron
Filtreleme: Sürekli

Bakır ile beraber bir miktar da nikel (%1) kaplanır.

Bazı tescilli banyolarda yeniden doldurma mümkün olmasına rağmen bu banyolarda çoğu bir defalık esaslara bağlı olarak çalıştırılır.

ÇALIŞTIRMA TAVSİYELERİ

1. İyi bakım ve işletim. Herşey temiz olmalı.
2. İstenmeyen malzemeleri uzaklaştırmaya yetecek kadar durulama.
3. Banyo çalışır durumdayken pH'ı her zaman 11 ila 13 arasında tutun. Banyo çalışırken ayrışmayı önlemek için, seyreltilmiş sülfürik asit (%20) ile beraber pH'ı 8,2' ye düşürün. Yeniden aktifleştirmek için ise pH'ı sodyum hidroksit ile yükseltin.
4. Bakır tuzlarını ve formaldehiti analiz ve kullanımın gerektirdiği gibi ilave edin. Bakır analizi için Ders 6'da verilmiş olan herhangi bir bakır metodu kullanılabilir. Formaldehit için ise referanslara başvurun. Bakır kareyi ölçüp sonra da 1 saat boyunca kaplayarak basit bir deney yapılabilir. Ardından kurulayın ve yeniden ölçün. Formaldehit için iyi bir kontrol metodu bu şekilde elde edilebilir. Bakır tuzlarının ya da formaldehitin aşırı kullanımı çözeltinin daha iyi işlemlerini sağlamaz!

EKT-13-37

İyi bir ev idaresi ile bağlantılı olarak, kaplanmış bakırın çözünmesi için çözeltiyle temas halinde bulunan tüm parçacıkları kimyasal işleme tabii tutunuz. İyi bir durulama ve/veya damıtılmış ya da deiyonize (DI) su ile temizlemenin ardından %20 lik ılık nitrik asit çözeltisi iyi sonuçlar verecektir.

Formaldehit banyosunu çalıştırmada, örneğin plastik kaplamadaki bir dizi süreçte, 1,50-2,00 USD ya da galon başı buna yakın bir fiyatta çözelti oluşturulabilir.

İyi bir sonuç elde edebilmek için aşılmaması gereken belli bir litre/yüzey oranı vardır. Bu, elektrolize bakır banyolarda genellikle çözeltinin litresi başına 2,21 dm² civarındadır.

Plastik kaplama ile bağlantılı olarak, elektrolize bakır üzerine elektrokaplama için 0,25 mikron gerekecektir. Böyle bir kaplama genellikle 30 - 40 dakika içinde elde edilebilir.

Banyoyu hiçbir zaman fazla ısıtmayın. Karıştırmanın (filtreden geçirilmiş hava ile) yeterli olduğundan emin olun.

Çözeltiyi karbon işlemine tabi tutmak için pH'ı, H₂SO₄ ile 8,2'ye düşürün (DİKKAT : Bakırın bir miktarı çökebileceği için 8,2'nin altına inmeyin). Çözeltinin litresi başına 5 gram kadar karbon kullanın. 10-24 saat boyunca kaynatın ardından sağaltım tanklarından filtreleyin. İndirgeyici maddeyi geri ekleyin (karbon ile giderilir) ve pH'ı NaOH ile çalıştırma seviyesine yükseltin.

Şimdi elektrolize gümüş konusuna geçelim.

ELEKTROLİZE GÜMÜŞ

Bildiğiniz gibi sıradan gümüş ayna kaplamaları, elektrolize kaplamanın bir türü sayılabilen kimyasal azaltma metodu ile üretilir. Ancak, gördüğümüz gibireaksiyon gerçek bir otokatalitik reaksiyon değildir, açık bir kimyasal reaksiyondur ve çözeltide indirgenebilir gümüş bir bileşen ve bir indirgeyen var olduğu müddetçe azaltma, çözelti içinde her yerde çabuk bir şekilde sürecelecektir.

Aynı zamanda, indirgeyen olarak formaldehit içeren çözeltilerde gümüşün indirgemeye sebep olan bir katalizör olduğu ve bu yüzden kimyasal indirgeme boyunca belli bir miktar otokatalitik indirgeme olduğu da bilinmektedir. Gümüş çözeltisini stabilize etmekteki sorun, kimyasal indirgenmenin otokatalitik indirgenme kadar tercih edilmemesi nedeniyledir.

EKT-13-38

Aşağıdaki iki reçete ile otokatalitik gümüş kaplama yapılır.

ELEKTROLİZE GÜMÜŞ #1

Bu reçete en iyi iki bölümde yapılır :

Reçete

A Bölümü

Gümüş nitrat.....	6,7 gr/lt
Amonyum hidroksit (%29).....	6,4 ml/lt
Formamit.....	50,0 ml/lt

Hacmen %10' luk sülfürik asit ile pH 8,2'ye ayarlayın.

B Bölümü

Formaldehit(%37).....	65 ml/lt
Metil alkol.....	100 ml/lt

Çözeltiyi kullanmak için 1 hacim B bölümünü 9 hacim A bölümü ile temiz bir polipropilen ya da teflon astarlı bir tankın içinde çalkalayarak karıştırın.

Çalıştırma sıcaklığı 25 °C derecedir.

Çözelti, aktive edilmiş bir yalıtkan üzerinde saatte 0,5 mikron hızla gümüş kaplayacaktır. Bu işlem, genel ayrışma başlayana kadar en azından 2 saat sürecektir.

Genel ayrışma formamit tarafından bastırılırken, indirgeme sadece katalitik yollardan elde edileceğinden süresiz bir bastırmanın söz konusu olmadığı görülür.

Aşağıdaki reçete çok daha otokatalitiktir.

ELEKTROLİZE GÜMÜŞ #2*

Reçete

Sodyum gümüş siyanür.....	1,83 gr/lt
Sodyum siyanür.....	1,00 gr/lt
Sodyum hidroksit.....	0,75 gr/lt
Dimetilamin boran.....	2,00 gr/lt

Çalışma koşulları

Çalıştırma sıcaklığı: 55 °C derece
pH: 10,5
Kaplama hızı: Saatte 2,5 mikron
Tank: Polipropilen ya da teflon astarlı çelik

Bu reçetede, yeni bir indirgeme kimyasalının (boran) ve stabilizör (sabitleyici) olarak da gümüşün iyonlaşmasını büyük ölçüde bastıran siyanür iyonunun kullanıldığına dikkat edin. Reaksiyonu sabitleyen temel esasları bildiğinizden ötürü, elektrolize gümüş için kendi reçetelerinizi geliştirmeniz mümkündür. Ancak dikkat etmeniz gereken birşey var. Gümüş nitrat ve amonyak doğru kullanılmadığı takdirde tehlikeli patlayıcı bileşenler oluşturabilir. Gümüş fulminat, gümüş azit ve gümüş nitrit bunlardan bazılarıdır. Kuru halde iken bunların hepsi de neredeyse tüy dokunuşuyla bile patlayabilir!

Elektrolize kaplama çözeltileri hakkında tüm söyleyeceklerimiz bundan ibaret. Altın, paladyum, platin, kobalt ve demir kaplamalarda başarılı olmuş bazı tescilli elektrolize reçeteleri dersin sonunda, referanslar kısmındaki listede bulunan tedarikçilerden elde edebilirsiniz.

SPREY/AEROSOL KAPLAMA

Bir sprej vasıtasıyla yalıtkan bir yüzey üzerinde sıvı bir durumdan metal kaplama mümkündür. Süreçten sık sık sprej ya da aerosol kaplama olarak bahsedilir. Ancak bunun 16. Ders'te bahsedilecek olan sprej ve elektrolit jetleri kullanılarak yapılan elektrokaplama ile karıştırılmaması gerekir. Bu süreçte kimyasal indirgeme, sadece ayna yapımındaki gibi oluşturulur. Bunu yapmanın iki yolu vardır.

1. DAHİLİ KARIŞTIRMA METODU

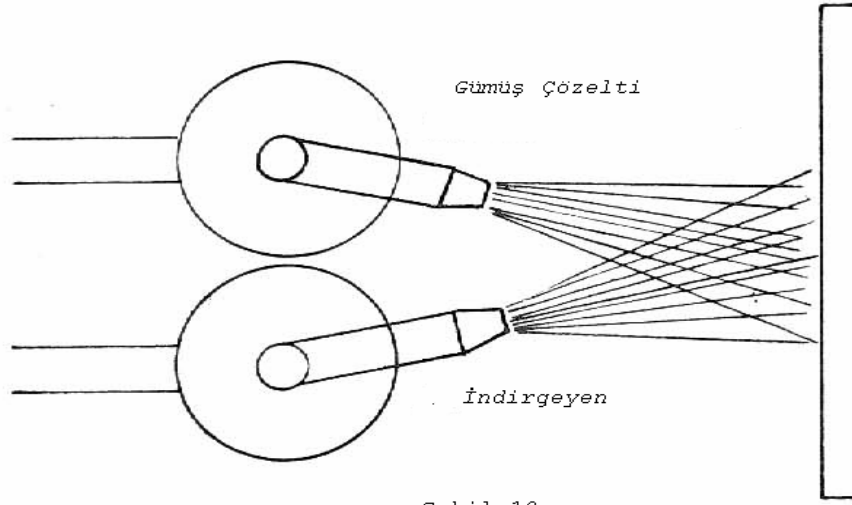
Metal çözelti ve indirgeyici, sprej tabancasından püskürtme yapılmadan hemen önce dahili olarak karıştırılır.

2. HARİCİ KARIŞTIRMA METODU

İki ayrı sprej tabancası düzenli bir şekilde kullanılarak tabancalardan püskürtülen metal ve indirgeyicinin metale edilecek yüzeyin hemen üzerinde buluşmaları sağlanır.

* Litre başına 1 mg tiyoüre banyoyu stabilize eder.

Bu süreçler ayna yapımında, plastik kaplama boyalarında, sonradan ortaya çıkan elektrokaplamanın büyük parçalarında ve püskürtme vasıtasıyla yapılan kaplamanın daldırma metodundan daha iyi olduğu diğer amaçlarda kullanılır. Zamanımız ve yerimiz bu tür bir prosedürün incelenmesine izin vermiyor ancak ilgilenizi çekerse D. J, Levy'nin 'Technology of Aerosol Plating' adlı kitabını tavsiye ederim. (sayfa 139). Bu kitapta, kullanabileceğiniz formüller ve metodlar bulabilirsiniz.



Şekil 10

İKİZ PÜSKÜRTME GÜMÜŞLEME METODU

Bir metalin metalik ya da metalik olmayan bir yüzey üzerinde kaplanması için son yöntem dökme metal püskürtmektir.

PÜSKÜRTME METAL KAPLAMALAR

Kurşun ve kalay gibi düşük erime noktasına sahip metaller ve alaşımları erimiş halde iken, özel tür sprey tabancalarıyla kolaylıkla püskürtülebilir. Bu şekilde bebek ayakkabıları gibi nesnelere kaplamaya başvurulmaksızın, herhangi bir kalınlıkta metal bu şekilde püskürtülerek kaplanabilir. Püskürtme tekniğinin tabanının kalitesini düşüren ve kaplama için kötü bir temsilci olan bir kusuru vardır: Atomize metal yüzeye erime noktasının altındaki bir sıcaklıkta çarptığı için ve bu yüzden tamamen birleşmek için yeterli derecede akmadığından metal kaplama tanecikli ve kumlu bir yüzeye sahiptir.

EK-13-41

Bu da pürüzlü bir kaplama yüzeyine neden olur ve bu yüzey kolayca düzeltilemez. Bu sebepten, yalıtkanları kaplamada bu teknik kullanılmaz ancak, metalik yüzeylerde, örneğin bir şeyi tamir ederken kullanılabilir.

Son olarak KATI FAZDA metal kaplama ile bu konuyu bitiriyoruz. Bu da bir yalıtkanı bakır, gümüş ya da iletken grafitin katı parçacıklarıyla kaplamamız anlamına gelmektedir. Yapışkan yüzey, yüzeye tutunarak onu iletken hale getiren grafit veya metal tozu ya da spreyi ile kaplanır.

Yalıtkan malzemeleri metalize etme sürecinde hala büyük ölçüde kullanılan iki tane eski yöntem vardır. Birisi, gomalak ya da benzer maddeler ile yapışkan hale getirilmiş yalıtkan yüzeyine grafit tozu kaplamaktır. Düzenli ufalanmış grafit tozu oldukça düzgün ve yeteri derecede yapışkan yüzey üzerinde bir tabaka oluşturacaktır. Grafit iletkenidir, daha doğrusu kötü bir iletkenidir bu yüzden eski kaplamacıların çoğu daha iyi bir iletkenlik elde etmek için kullandıkları yöntemlerini kendi ticari sırları olarak sakladılar. Bunların en başarılılarından birisi grafiti çok ince çinko veya demir tozu ile dikkatlice fırçalamak ve bunun ardından yüzeye bir gümüş çözeltisi akıtmaktı. Demir ya da çinko tozu durulduğunda grafitin ince bir gümüş tabaka ile kaplandığı görülmüştür. **(Soru)** Bu değişik davranışa ne sebep olur?

Daha yakın zamanlarda gümüş parçacıkların kaliteli bir iletkenlikte bir film oluşturacak şekilde asıldığı gümüş bir boya kullanmak gelenkselleşti.

Bir yalıtkan üzerine metal kaplama üretiminin neden ve nasıllarına dair bir sürü şey öğrendiniz. Şimdi plastik kaplama adı altında, konunun pratik yönünü ele alacağız.

PLASTİK ÜZERİNE KAPLAMA

Plastik dediğimizde neden bahsettiğimizi bu dersin başından beri kafanızda oluşan fikirlerden ötürü biliyorsunuz. Bildiğiniz gibi bunlar, yüksek moleküler ağırlıkta bir polimer (plastik) oluşturmak için zincirimsi ya da diğer biçimlerde birleştirilmiş basit organik moleküllerin (monomerler) bileşimleridir.

EKT-13-42

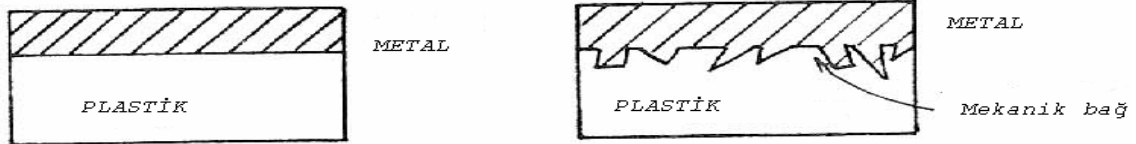
Reçete ve yapılara bağlı olarak bu polimerlere güç, kaplama yeteneği, suya direnç vb. gibi istenilen özellikler verilebilir. Bunun yüzlerce çeşidi vardır. Örneğin muhtemelen polietilen, polipropilen, polistren, metil metakrilat, polifloretileni biliyorsunuzdur. Bilmiyorsanız da sorun değil! Önemli olan bunların plastik çeşitleri olduğunu ve bunları kaplamanızın gerekebileceğini bilmeniz.

Selüloz esterleri, metakrilat, polisitiren, ABS vb. plastikleri kaplama meselesi diğer yalıtkan türleri kaplama meselelerinden çok da farklı değildir. Plastikler söz konusu olduğunda kaplama ve kaplamaya giden yollar, bu şekilde kaplanan plastikler düğme, ıvır zıvır ya da devre tahtaları olsa da seri üretim skalasında yapılmalıdır.

Metal kaplamada sağlam bir yapışkanlık isteniyorsa, kaplanacak plastiğin yüzeyinin doğası önemlidir. Bir sürü plastik kullanıma hazır şekilde ıslak değildir ve plastikleri kalıba dökmeye bazı küf salan maddeler, ıslanmayan bir yüzey ya da uğraşılması zor olan bir 'kabuk' oluşturmak için parçanın dış yüzeyinde gömülü olabilir. Bu kabuk, elde edilebilecek fizyo-kimyasal yapışkanlığa ek olarak, çıkarılır ya da sonradan oluşan gümüş film dayanağına izin verecek kadar kabalaştırılırsa ancak o zaman kaliteli yapışkan elde edilebilir. Kabalaştırma etkisi, yüzey alanı ve şekil 11'de görüldüğü gibi birbirine bağlama etkisini daha fazla yapışkanlık elde etmek için malzeme olarak yükseltmektir.

Şekil 11

MEKANİK BAĞ



EKT-13-43

Plastik hazırlamanın ve kaplamanın en azından 100 değişik şekli vardır, bunların hepsi diğerlerinden çok az farklılık gösterir, bazıları farklı tür yüzeylerde daha iyi çalışır. Doğal olarak, yer kısıtlamaları yüzünden ve burada genel bir kaplama bilgisi verildiğinden ötürü hepsini işlemeyi umut edemeyiz. Mantıklı olarak yapılacak şey, çeşitli plastik kaplama işlerinde için şartlara uyum sağlayacağı birkaç temel metod belirlemektir.

Ticari açıdan ele alırsak çoğu zaman (%90'dan daha fazla) kaplamanız gereken plastik, Akrilonitril-Butadiyen-Stiren' dir (ABS olarak bilinir). Bu malzeme aynı zamanda polimerize edilmiş üç farklı tür monomer bileşimi içerdiği için polimer 'alaşım' olarak düşünülebilir. Geliştirilmiş dayanıklılık, yüzey işlem ve çevre şartlarına direnç özellikleri yüzünden bu bileşim kullanılır. Buna göre, size bu plastiği kaplamanız için özel bir kaplama yöntemi vereceğim ve diğer plastiklerin kaplanmasında kullanılan güzel bir yöntemle devam edeceğim.

Şimdi size anahatlarını vereceğim genel plastik kaplama tekniği genellikle tüm plastikler ile çalışılırken uygulanabilir. Bunu takip eden özel prosedür ise ABS ya da benzer tür plastikler için tasarlanmıştır. Örneğin üzerinde çalışmanız gereken teflon gibi herhangi özel bir malzemeniz varsa dersin sonunda verilen referanslara danışarak gerekli yöntemin detaylarını alabilirsiniz.

TÜM PLASTİKLER İÇİN GENEL YÖNTEM

1. YÜZEY TEMİZLENİR.

2. YÜZEY, KABALAŞTIRMAK İÇİN MEKANİK YA DA KİMYASAL İŞLEME TABİ TUTULUR VE/VEYA MÜMKÜNSE BAZI KİMYASAL BAĞLAR OLUŞTURULUR (BURADAKİ 1. VE 2. ADIMLARIN SIRALARI BAZEN YER DEĞİŞTİREBİLİR.)

3. YÜZEY HASSASLAŞTIRILIR VE ELEKTOLİZE KAPLAMAYI KABUL ETMESİ İÇİN BİR, İKİ YA DA DAHA FAZLA ADIMDA AKTİVE EDİLİR.

EKT-13-44

4. ELEKTROLİZE KAPLAMADA, YÜZEYE GENELLİKLE BAKIR YA DA NİKEL KAPLANIR. KAPLAMA KALINLIĞI 1,3 MİKRON İLA 25 MİKRON ARASINDA YA DA DAHA FAZLA OLABİLİR. (SONRADAN YAPILAN ELEKTROKAPLAMALAR 1,3 MİKRONUN ALTINDA BİR KALINLIKTA YAPILMAMALIDIR.) ARTIK YÜZEY METALİK BİR YÜZEY OLARAK İŞLEM GÖREBİLİR.

5. CİSME ARTIK ÖZEL BİR ELEKTROKAPLAMA TATBİK EDİLEBİLİR.

Özet olarak olay bundan ibarettir. Tabi ki bu temel adımlarda bahsedilmeyen şey çok önemli olan, çalışma yüzeyinde kirliliği yok eden ya da aza indirgeyen NÖTRLEŞTİRME VE TEMİZLEME OPERASYONLARI bulunur.

Pekala. Uygulanan genel prosedürü artık biliyorsunuz. Şimdi daha detaylı anlatacağız.

ABS PLASTİK ÜZERİNE KAPLAMA #1 (ASKIDA YA DA HACİMLİ PARÇALAR İÇİN)

1. 65 °C' deki ISLAK TEMİZLEYİCİDE ALKALİ TEMİZLEME. 5 dakika.

2. SOĞUK SUDA DURULAMA. 3 DAKİKA. Hava ile karıştırma.

3. SICAK SUDA DURULAMA. 5 DAKİKA. 65°C. Hava ile karıştırma.

4. KİMYASAL PÜRÜZLENDİRME (YÜZEY DÜZENLEYİCİ) Kromik asit-sülfürik asit çözeltisi. Bu çözeltinin bileşimi 90 gr/lt Kromik asit, 240 ml/lt sülfürik asitten oluşur. Banyo sıcaklığı 65-70 °C arasında olmalıdır ve süre 5 dakika ya da reaksiyon hızına bağlı olarak daha az olmalıdır. +3 değerlikli kromu (bu süreç esnasında oluşur) her zaman 20 gr/lt değerinin altında tutunuz.

5. SOĞUK SUDA DURULAMA. Filtre edilmiş hava karıştırması kullanın. (İlave sprey durulama kullanın, böylece cisim durulama tankına girmeden önce püskürtmeyle temizlenebilir. 3-5 dakika süreyle durulayın.)

6. NÖTRLEŞTİRİCİ. %15 sodyum hidroksit çözeltisi içerir. Sıcaklığı 25 °C' de tutun. Bu banyoda 1 dakika tutun. Daha uzun bir muameleden sakının.

EKT-13-45

7. SICAK SUDA DURULAMA. 50 °C. Hava karıştırması kullanın. 2 dakika ya da daha fazla tutun.

8. KATALİZÖRE DALDIRMA. 40 gr/litre kalay klorür, birkaç küçük parça saf kalay katılmış 50 ml/litre konsantre hidroklorik asit içerir. 1-2 dakikalığına 45 °C'de bekletin. Bu önemli bir adımdır. pH'ın 1,9 ila 2,1 arasında olduğundan emin olun.

9. ILIK SUDA DURULAMA. Hava karıştırmalı bu durulamadan önce sprey kullanın. TD veya saf su tercih edin. Sıcaklık 50 °C.

10. HASSASLAŞTIRICI DALDIRMA. 1 gr/lt paladyum klorür, 1 gr/lt HCl içerir. 40 °C'de 30 saniye daldırın. Çözeltiyi sürekli filtre edin 30 saniyeden daha uzun süre tutmayın.

11. ILIK SUDA DURULAMA. 50 °C. 1 dakika süreyle güçlü karıştırma ile durulayın. Mümkünse cismin üzerinde kalan çözeltiyi filtre edilmiş sıcak hava üfleyicisi ile giderin ya da 2 dakika boyunca tank üzerinde tutarak süzün.

12. ELEKTROLİZE NİKEL. 8,5-9 pH'da banyo. 30 °C'de çalıştırın ve 8 dakika boyunca ya da sonradan yapılacak kaplama için yeterli olacak miktarda nikel kaplanana kadar bekletin. Alternatif olarak ELEKTROLİZE BAKIR da kullanılabilir.

13. SOĞUK SUDA DURULAMA. 1-2 dakika boyunca güçlü hava karıştırması ile durulayın.

14. GEREKLİ OLAN ELEKTROMETAL KAPLAMA

NOT : Tüm durulamalar kirliliği azaltacak ve suyu idareli kullanacak 2, 3 ya da daha fazla tanktan oluşan çeşitli durulamalar olmalıdır. Hava karıştırmasının temiz hava ile beslendiğinden emin olun. (Fan tipi üfleyiciler bu amaç için en iyisidir.)

ABS PLASTİK ÜZERİNE KAPLAMA #2

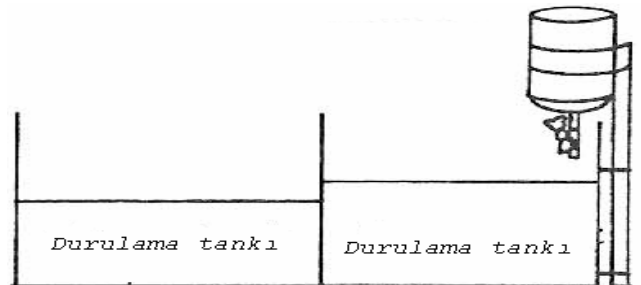
1. YAĞ ALMA. Trikloretilen. 3-5 dakika.

2. PÜRÜZLENDİRME. 35 psi'de aliminyum ozit ya da ince cam küreciklerle BUHARLI AŞINDIRMA.

EKT-13-46

3. ALKALİ ISLAK TEMİZLEME. 71 °C'de. 2-4 dakika tutun.
4. SUDA DURULAMA (SICAK VEYA SOĞUK) Sıcak su tavsiye edilir. 1-2 dakika. Hava ile karıştırma.
5. ASİDE DALDIRMA. Hacmen %12'lik HCl kullanın. 2-4 dakika. 25 °C.
6. ILIK SUDA DURULAMA. 50 °C. 1-2 dakika.
7. KATALİZÖRE DALDIRMA. 48,7 gr/lt kalay klorür, 105,6 ml/lt konsantre HCl kullanın. 25 °C. 5 dakika tutun.
8. ILIK SUDA DURULAMA. Durulamadan önce sprey kullanın. Durulama tanklarında hava karıştırması uygulayın.
9. HASSASLAŞTIRICI. 0,37 gr/lt PdCl₂ kullanın. 105,6 ml/lt HCl. 5 dakika tutun.
10. HAVA KURUTMA. 71-74 °C'de kurutun.
11. ELEKTROLİZE BAKIR KAPLAMA.30-40 dakika.
12. SOĞUK SUDA DURULAMA. Hava karıştırması. 1 dakika.
13. ASİDE DALDIRMA. Hacmen %10'luk sülfürik aside 30 saniye boyunca daldırın.
14. SOĞUK SUDA DURULAMA. Kaplama sırasındaki son durulama tankına çok az miktarda sülfürik asit damlatarak, suyu hafif asidik hale getirin. Bkz. Şekil 12. 1 dakika durulayın.
15. ASİTLİ BAKIR KAPLAMA BANYOSU. (PARLAK BANYO). 25 mikron kaplayın ve gerekli olduğu üzere, nikel ve krom ile devam edin.

Şekil 12
DAMLATMALI ASİT BESLEME



SÜRECİN ÇALIŞTIRILMASI

Çalışırken karşılaşılan başlıca zorluklar; kötü durulama, kir parçacıklarının ve diğer kirleticilerin hassaslaştırıcı ya

da elektrolize banyosuna girmesi, raf vb. gibi hassaslaştırıcı, katalizör ve elektrolize kaplama çözeltileri ile temas eden tüm aletlerin düzenli temizlenmemesi gibi kötü işletme koşullarından kaynaklanır. Kötü bakımdan kaynaklanan hataları gidermede daha fazla ayrıntıya girmek isterseniz, Ağustos 1968 tarihli KAPLAMA dergisinin 818. sayfasında bulabileceğiniz Hata Giderme Çizelgesi'ne danışabilirsiniz.

Son olarak size plastiklerin geniş uygulama alanı olan, düğme vb. gibi küçük malzemelerin kaplanmasına dair genel bir kaplama yöntemi vereceğiz.

KÜÇÜK PLASTİK PARÇALARIN KAPLANMASI

YÜZEY PÜRÜZLENDİRME:

Plastik malzemelerin ıslanmayan dış kabuğunu çıkartmak ve/veya pürüzlendirmek için ya mekanik ya da kimyasal bir yöntem kullanılabilir. Mekanik yöntem genellikle tatmin edicidir ve çok yaygın olduğu için bu verilecektir.

Plastik cisimleri, içinde iyi deniz kumu bulunan eğimli bir dolapta yüzey parlaklığı kaybolana kadar en az 4 saat süreyle döndürünüz. İki parça yüke bir parça kum karışımı kullanın, dolabın yarısından biraz çoğu dolacak şekilde yerleştirin ve 20 ila 40 RPM hızla (devir/dakika) döndürün. Kum ile cisimler arasında doğru temas kurmakta bir sorun varsa bu aşağıdaki şekilde giderilebilir:

1 hacim gliserol, 4 hacim su çözeltisi hazırlayın ve hepsi iyice karışana kadar, kaliteli ve sert ağaç talaşıyla iyice karıştırın. Bittiğinde talaşın yapışkan bir his uyandırmış olması gerekir. Şimdi yarısı bu talaştan, yarısı tuzdan oluşan bir karışım yapıp tamamıyla karışana kadar karıştırın. Bu kumlu talaş saf kum yerine varilde kullanılabilir. 2 hacim iş, 1 hacim kumlu talaş.

Bunun yerine daha pahalı bir yöntem olan fakat daha hızlı sonuç verecek özel bir kumlama varilinde döndürme işlemi de uygulanabilir. Bu pahalı bir gereçtir ve büyük miktarda iş temini garanti edilene kadar tavsiye edilmez.

EKT-13-48

NOT: Eğer kaplamanız için size gelen cisimler yağlı ise, önce karbon tetraklorür ya da benzine batırın, bir-iki parça ile karbon tetraklorürün içinde çözünmeyeceklerinden emin olmak için test edin. BENZİN KULLANILIYORSA YANGIN TEHLİKESİNE KARŞI VE KARBON TETRAKLORÜR KULLANILIYORSA HAVALANDIRMAYA DAİR DİKKATLİ OLUN. Bu daldırmadan sonra, işlem göreceğ parçalar pürüzlendirilebilir.

Talaş kullanılıyorsa uygun bir elek ile talaşı giderin ve talaş ve kumu tamamen uzaklaştırmak için işi akan suda tamamen durulayınız. Bu amaç için tel ağ sepetleri kullanılabilir ya da içine sabit akıntı suyu beslenebilecek, tüm yönlerde akabilen daha etkili bir şekilde dönen bir tel sepet de kullanılabilir.

TEMİZLEME:

Tel bir ağ sepeti kullanarak hızlı bir karıştırma ile maddeleri aşağıdaki çözeltinin içine batırın:

Sodyum karbonat.....	28,4 gr
Kostik soda.....	170,1 gr
Su.....	3,79 lt

Plastik malzemein yapısına bağlı olarak, çözeltiyi 60 ila 82 °C arasına ısıtın. Eğer düşük bir yumuşama noktasına sahip ise düşük sıcaklık kullanın.

İki dakika boyunca bu çözeltiyi çalkalayın, sonra temiz suda durulayıp seramik daldırma sepetine nakledin ve malzemeyi 30 saniye boyunca hızlı karıştırma ile aşağıdaki çözeltinin içine batırın:

Nitrik asit.....	1,89 lt
Su.....	3,79 lt

Temiz akar suda iyice durulayın, ardından malzemeyi kauçuk astarlı ya da katı polipropilen bir yatık varile nakledin.

HASSASLAŞTIRMA:

Aşağıdaki çözeltiyi hazırlayın (depolanabilir).

Kalay klorür.....	113,4 g
Metalik kalay.....	28,4 g
Hidroklorik asit.....	28,4 ml
Su.....	3,79 lt

Metalik kalay dipte çözünmemiş olarak kalacaktır. Her zaman orada kalmasını sağlayın.

Kauçuk astarlı dolabın içindeki malzeme suyun içinde kalana kadar su ekleyin, daha sonra üzerine yukarıda hazırlanmış olduğunuz çözeltiden 0,95 lt dökün ve dolabı 10 dakika kadar döndürün.

Şimdi malzemeyi, tel örgülü sepet kullanarak direk olarak temiz su ile durulayın. NOT: EN İYİ SONUCU ALMAK İÇİN TÜM BU SÜREÇ BOYUNCA KULLANILAN SULAR DAMITILMIŞ YA DA TD OLMALIDIR. Çoğu zaman ıskartaya çıkarmanın ve kötü sonuçların sebebi kötü su kullanmaktır. Mümkünse santrifüj (merkezkaç) ile kurutun.

İLETKEN KAPLAMA:

Aşağıdaki iki çözeltiyi hazırlayın: A çözeltisi kullanılması gerektiği zaman hazırlanır. B ise önceden hazırlanır ve depolanabilir.

A ÇÖZELTİSİ

Gümüş nitrat. 60 gram
Saf su 1 litre

Not: Arzu edilirse bu çözelti önceden hazırlanıp kehribar cam şişede saklanabilir. Kullanıma hazır hale geldiğinde, gereken miktar kadarını dereceli bir kap ile (aşağıda anlatılanlara göre) ölçün, ilk oluşan çökelti neredeyse tamamen çözünene kadar, *konsantre amonyağın içine yavaş yavaş ekleyin*. Dereceli kaptaki çözelti çilek ya da kehribar rengini alacaktır ve aşırı donuk bir bulanıklığı olacaktır. Amonyak miktarı çözeltideki gümüşün miktarına, amonyağın gücüne, göre değişecektir, bu nedenle amonyak miktarını belirlemek bir tecrübe meselesidir, ancak kabaca 28,4 ml amonyak yaklaşık olarak 2 gram gümüş nitratı yeniden çözündürecektir.

Aşırı miktarda amonyak bulunmaması için çok dikkatli olun. Uygun noktayı kazara geçerseniz, bulanıklığı tekrar sağlayana kadar A çözeltisine gümüş nitrat ekleyin.

B ÇÖZELTİSİ

Roşel tuzu. 113,4 gram
Formalin. 56,8 ml
Metil alkol 56,8 ml
Damıtılmış su 3,79 lt

EKT-13-50

İşleme hazır olduğunuz zaman, malzemeyi kauçuk astarlı ya da katı propilen (HASSASLAŞTIRMA İŞLEMİNDE KULLANDIĞINIZ KAUCUK DOLABI TEKRAR KULLANMAKTAN KAÇININ) yatık dolaba yerleştirin, 8-16 devir/dakika hızla döndürün ve saf su ile üstünü kaplayın. A çözeltisinde ölçtüğünüz derecenin aynısını B çözeltisinde ölçün. Dolabı döndürmeye başlayın ve her iki derecenin içeriğini aynı anda ekleyin. Şimdi çözeltiyi ve yüklemeyi, mat gümüş rengi ve koyu çamurlu bir görünüş elde edene kadar, 30 ila 40 dakika dönmeye bırakın. NOT: GÜMÜŞLEME İŞLEMİ İÇİN TEPKİME HIZINI VE VERİMİ ARTTIRMAK İÇİN YÜKÜ KAUCUK ASTARLI DOLABA YERLEŞTİRMEYEN ÖNCE KAYNAR SUYA BATIRIN.

Gümüş nitrat çözeltisinin doğru miktarına karar vermek için işin yüzey alanına bakılır. Doğru miktarı elde etmenin kesin bir yolu yoktur, bu da doğal olarak gümüş israf etmemek için ya da verimsiz bir kaplama elde etmemek için önemlidir, bu noktada tecrübe sizin rehberiniz olacaktır, ancak iyi bir temel olarak verilebilecek çalışma şekli şudur, 1 gram GÜMÜŞ NİTRAT yaklaşık olarak yüzeyin 300-400 cm²' sini kaplar.

Eğer kazara yeteri kadar gümüş koymayı beceremezseniz, harcanan çözeltiyi gümüş yenileme çanağına dökün (aşağıda verilmiştir) ve biraz daha gümüş ve indirgeyici ile işleyin.

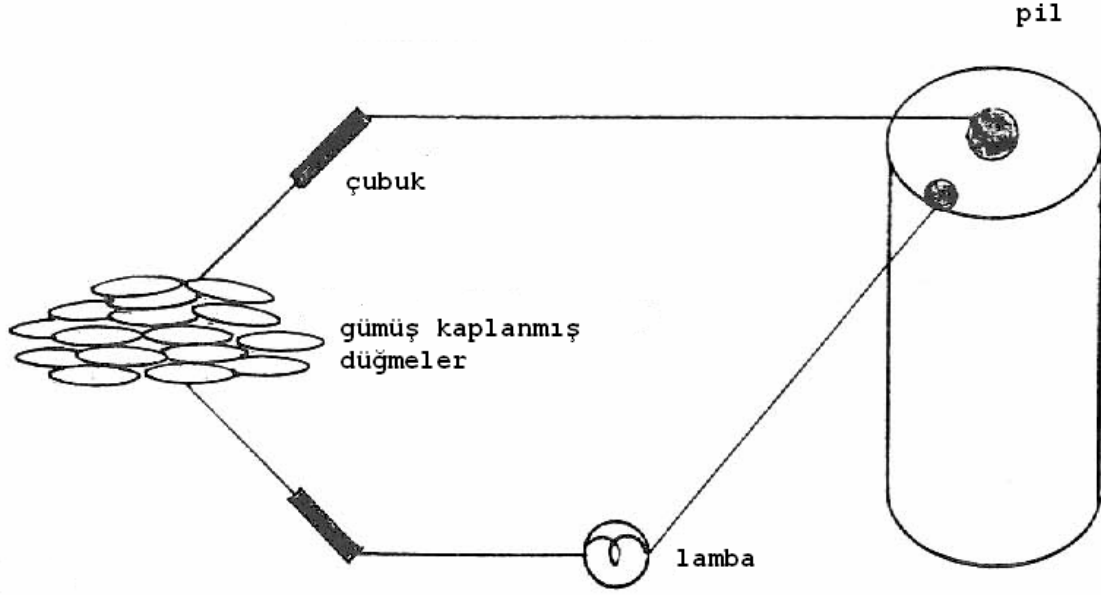
HARCANMIŞ TÜM GÜMÜŞ ÇÖZELTİSİNİ VE İÇİNDE AMONYAK BULUNAN GÜMÜŞ ÇÖZELTİLERİNİ GÜMÜŞ YENİLEME ÇANAĞINA DÖKÜN, bu çanak sıradan taş işi 40 ya da 80 litreliktir, içinde 4 litre hidroklorik asit + 8 litre su vardır ve bu çözeltinin içinde 950 gr normal sofrata tuzu çözündürülmüştür. Bu çözelti içindeki tüm harcanmış gümüş, klorür formunda çökecektir, bu çökeltiler toplanarak daha sonra rafine edilip tekrar kullanılabilir. BU İŞLEM YAPILIRKEN TÜM HARCANMIŞ GÜMÜŞ VE AMONYAKLI GÜMÜŞ ÇÖZELTİSİNİ BİRLİKTE ÇIKARMAZ ÇOK ÖNEMLİDİR, ÇÜNKÜ KURUMUŞ YA DA KISMEN KURUMUŞ GÜMÜŞ AMONYAK KARIŞIMLARI FAZLACA PATLAYICI OLABİLİRLER! Süreç biter bitmez bunları tedavi çanakları dökmek bu tehlikeyi önleyecektir. Yenileme çanaklarını her zaman kapalı tutunuz.

Şimdi işi bir sepet kullanarak akan su ile durulayın (mümkünse kauçuk kaplı sepet olsun ki aşınma önlenesin) ve alkole batırarak işlemi tamamlayın. Temiz yüzeye bırakarak işi tamamen kuruyuncaya kadar bırakın.

İLETKENLİK TESTİ:

İşin uygun biçimde kaplandığından emin olmak için, işi bir yere yığın ve iki tarafına şekil 13'te görüldüğü gibi çatal dişleri bağlayarak devreyi oluşturun. Her temas edildiğinde lamba yanıyor ise iş iyi kaplanmış demektir.

ŞEKİL 13
İLETKENLİK TESTİ

**KAPLAMA:**

Kaplamada istenen yüklemeyi taşımak için yatay bir dolap kullanın. Kaplama için dolaba yarısından biraz daha az bir yükleme yapın. Şimdi iş standart asit bakır sülfat çözeltisi içinde kaplanmıştır. Tekdüze bir bakır kaplama oluşana kadar ya da 30-45 dakika kaplayın, daha sonra bunu düzenli asit çözeltisine ya da floroborat ya da pirofosforik çözeltiye aktarın ve istenen metal miktarına bağlı olarak 4-8 saat kaplayın.

CİLALAMA:

İyice durulayın ve işi, bakır üzerinde parlak cila oluşana kadar çelik bilyalı cilalama dolabında yuvarlayın. Bu noktadan sonra istediğiniz biçimde cilalama yapabilirsiniz, altın ya da gümüş kaplamasını vb., su emülsiyon lakası ile cilalanabilir ve bir santrifüj bu sınıf bir iş için uygun olacaktır.

ÖZEL NOTLAR:

Kumlama işlemini atlamak istiyorsanız, aşağıdaki kimyasal işlemi uygulayabilirsiniz, bu işlem pek çok plastik üzerinde etkilidir, ama hepsi için değil. Kabarma oranını anlamak için bir ya da iki örnekle test yapın. Eğer çok fazlaysa su ile seyreltin ya da daldırma süresini azaltın.

Aseton.	0,47 litre
Etil asetat	0,47 litre
Tetrahidrofuran	0,47 litre
Hidrokinon.	56,7 gr
Su.	1,89 lt

İyi kaplanmış bir çanak içinde tutun çünkü bu maddeler çok süratli buharlaşırlar. İşi karıştırarak 2 ila 5 dakika ya da yüzey parlaklığını alıncaya kadar batırınız.

KATI İLETKEN PARÇACIKLAR KULLANARAK YALITKANLARI KAPLAMA

Şimdi iletken parçacıklar kullanarak yalıtkanları kaplama işinin detayına ineceğiz, bu gibi işlemler bebek ayakkabıları yapma benzeri işlerde kullanılır. Bu işlem için elverişli olan üç madde vardır. Bu maddeler: Grafit, bakır ve gümüştür. Bu maddeler kolayca çok ince toz haline getirilebilirler ve yalıtkan bir yüzeyde oksitlenmeleri zordur (bakırın muhtemel istisnası vardır).

Bir sonraki basamak ise bu parçacıkların yalıtkan yüzeye nasıl yerleştirilecekleridir.

Grafit, yüzey üzerine kuru olarak ya da su veya alkol içinden bir süspansiyon ile fırçalanabilir ya da bu süspansiyonlardan biri ile püskürtülebilirler.

Bakır tozu kuru olarak ya da seyreltilmiş cila temelinden bir süspansiyon ile fırçalanabilir ya da çeşit bir temelden püskürtülebilir.

Gümüş tozu özel bir laka temelinden kuru olarak fırçalanabilir ya da püskürtülebilir. Biraz pahalı olan gümüş tozu ile kaplamada özel bir laka ile fırçalama daha ekonomik olan yöntemdir.

Plastiklerin kaplanması başlığı altında detaylı olarak bahsi geçen, kimyasal olarak çökeltilen metalik kaplamalar, parçacık ve parçacık boyutu ile bağlı olarak burada da ele alınmalıdır. Bir metalin kendi çözeltisinden çökeltilmesi işinde bahsedilmesi gereken doğa olayı *kristal genişlemesidir*, aynı durum elektro-kaplamada kristalleştirme olarak bulunmaktadır. Çökeltilmiş bir metal sadece, birbirleriyle gevşek bağları olan denk metalik parçacıklardan oluşmamaktadır, aksine daha homojen bir yapıları vardır. Tekil bulunan kristaller en küçük ticari toz parçacıklarından bile daha küçüklerdir ve yüzey üzerinde belirli bir yönlendirmeyle bulunurlar bu durum çok daha iyi bir elektrik geçişini garantiler. Bu nedenle, kalınlıktan kalınlığa, çökeltilmiş bir metal denk metal parçacıkları ile oluşturulmuş bir metal tabakasından daha iyi bir iletkenliğe sahiptir. Yine de malzemelerin sınıfına göre, örneğin bebek ayakkabıları yapımında, iletken toz metotları genellikle daha pratiktir, ekonomik bakış açısıyla ise en nihayetinde cilalama her ikisinde gerekmektedir.

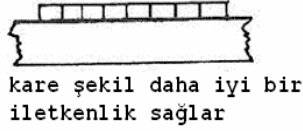
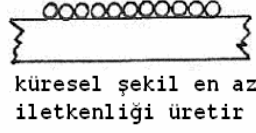
PARÇACIK ŞEKLİ

İlk göz önünde tutulması gereken nokta parçacık şekilleridir.

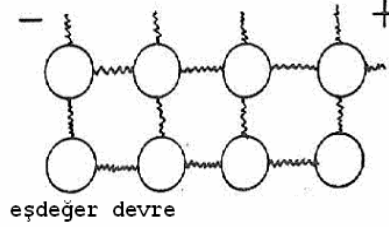
DÜZ YA DA YAPRAK ŞEKLİNDEKİ PARÇACIKLAR YUVARLAK YA DA KÜRE ŞEKLİ PARÇACIKLARDAN DAHA İYİ BİR YÜZEY BAĞLANTISINA SAHIPTİR.

Bunun iki yönden önemi vardır. Birincisi, yalıtkan yüzey ile parçacık arasındaki üzerindeki bağlılık miktarı yüzey bağlantısına dayanmaktadır. Şekil 14'teki diyagrama baktığımızda görüldüğü üzere küresel bir parçacık yalnız bir bağlantı verirken tabaka biçimindeki parçacık pek çok bağlantı sağlamaktadır. İkincisi, bir tabakanın elektriksel direnci birim alan başı bağlantıya bağlıdır. Ne kadar az bağlantı varsa akım geçişine direnç o kadar fazla olacaktır. Her bağlantı noktasının elektriksel direnç üzerinde etkisi olduğu gerçeği göz önünde bulundurulursa bu konu çok daha iyi anlaşılacaktır. Ne kadar çok bağlantı noktanız varsa direnci paralel bağlamak için eşdeğere sahip olursunuz bu da elektriksel direnci düşürür. Diyagram ile bu daha anlaşılır hale getirilmiştir.

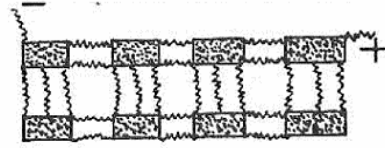
ŞEKİL 14
İLETKENLİKTE ŞEKİL FAKTÖRÜ



$$\text{W} = \text{direnç}$$



eşdeğer devre



PARÇACIK İLETKENLİĞİ

İkinci olarak göz önüne alınması gereken nokta malzemenin kendi iletkenliğidir.

DİĞER HERŞEYİN EŞİT KALMASI HALİNDE, MALZEMENİN TEMEL İLETKENLİĞİ NE KADAR YÜKSEKSE, ELEKTRO-KAPLAMA O KADAR PÜRÜZSÜZ VE DÜZGÜN OLACAKTIR.

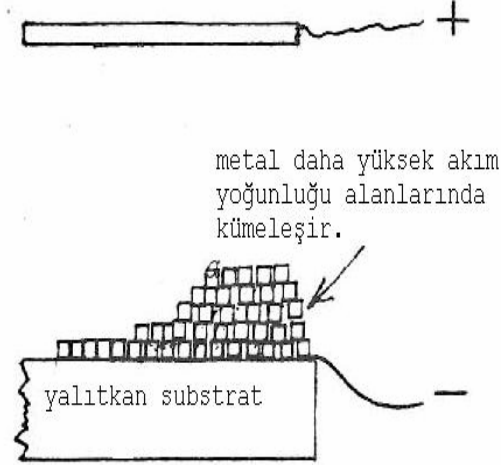
Bakır $1,75 \times 10^{-6}$ ohm-cm direnç gösterir. Gümüş $1,6 \times 10^{-6}$ ohm-cm direnç gösterir. Grafitin 820×10^{-6} ohm-cm direnci vardır. Aslında parçacık halindeyken bakırın direnci verilenden daha yüksek olacaktır, çünkü parçacık halindeyken bakır belli bir miktarda oksitlenecektir ve oksitlenmiş parçacıkların saf bakırdan daha yüksek bir direnci vardır. Grafitin direnci gümüşün direncine nazaran 500 kat daha büyüktür.

Bir bakır kaplama banyosunda yalıtkan bir yüzey üzerinde grafit parçacıklarının birbirleriyle bağlantısını düşünün. Yüksek öz dirence bağlı olarak, gerçek elektrik bağlantısına yakın olan parçacıklar bakır kaplama elde edecek olan ilk parçacıklar olacaktır, bağlantı noktasından uzaklaştıkça hissedilebilir bir akım olmayan bir alana varana kadar akım azalacaktır; gerçekte, kutupsuzlaşma yoluyla, aynı yüzey üzerinde elektrik bağlantısı olan bir alandan kaynaklanan uzak bir anodik alan elde etmek tamamen mümkündür.

Bakır kristalleri grafit temasları üzerinde tüm yüzey kaplanana kadar bir "köprü" oluştururlar, aynı esnada orijinal bağlantı noktası daha ağır bir çökelti ile kaplanır

Şekil 15

Köprüleşme Etkisi



Bu aynı etki daha yüksek iletkenliği olan bakır ile daha düşük derecede sonuç verir ve aralarında en yüksek iletkenliğe sahip olan gümüş ile daha da az bir derecede sonuç verecektir. Dolayısıyla, ilk tabaka metal tüm yüzey üzerine çökeltince direk elektrik teması olan ilk nokta, diğer noktalara nazaran daha kalın bir metal çökeltisi ile kaplanacaktır. Bu yüzden bu durum şuna işaret eder:

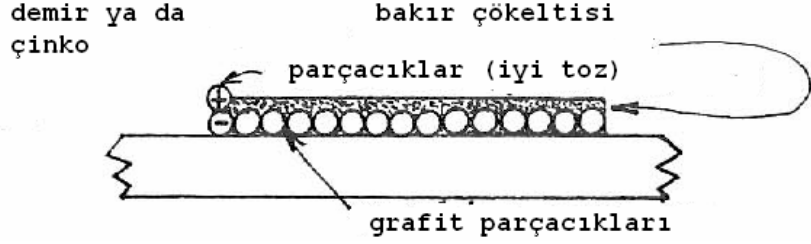
BU TÜR İLETKEN TOZLARLA YAPILACAK OLAN KAPLAMA SÜRECİNİN BAŞLANGICINDAN MÜMKÜN OLDUĞUNCA FAZLA ELEKTRİKSEL TEMAS NOKTASI OLMALIDIR, BÖYLECE HİÇBİR ALAN BOŞ KALMAZ. Bir kere ilk film tabakası çökteldikten sonra biri bırakılarak tüm bu öncelikli temas noktaları kaldırılabilir.

Bu KÖPRÜLEŞME etkisinin üstesinden gelmek için bir takım "ticari hilelere" başvurulmak zorunda kalınabilir.

Grafit parçacıkları ile aşağıdaki uygulanmış olur: tek düze bir grafit tabakası yüzey üzerine çökteldikten sonra, grafitlenmiş yüzey hafifçe demir dolgusu ya da demir tozu ile tozlanır daha sonra fırçalanır ya da bakır kaplama çözeltisine batırılır (bakır sülfat tipi banyo). Bu demir parçacıklarının grafit parçacıklarına anodikleşmesine sebep olan bir elektrokimyasal tepkimeye neden olur ve siz minyatür bir banyoda binlerce kaplama banyosunu etkisini verir ve bu banyoda katot grafit parçacıkların üzerine bakır metali kaplarsınız.

Güzel görünümlü ve temiz olan bu tür bakır kaplama grafit parçacıkları arasındaki boşlukları doldurur ve daha yüksek bir iletkenlik sağlar, bunun sonucunda da nesne sıradan bir banyoya batırıldığı zaman daha hızlı bir yayılma ve daha tek düze bir kaplama elde edilir.

şekil 16
köprüleşmenin
üstesinden gelme



Bakır parçacıkları ile aşağıdaki uygulanır: Nesne bakır parçacıkları ile kaplandıktan sonra siyanür tipi bir gümüş banyosuna daldırılır, bu da hızlı bir şekilde gümüşün bakır üzerine çökmesine neden olur. Bu bir şekilde yukarıdakine benzer olarak hızlı yayılan tekdüze bir kaplama verir ve bu kaplamanın iletkenliği oldukça yüksektir. Ancak şu belirtilmelidir ki siyanür bakır parçacıkları üzerine çok hızlı bir şekilde saldırır bu nedenle bu tür bir gümüş banyosuna çok uzun bir batırma işlemi uygulanırsa belli bölgeler istenmeyen görüntülere ya da bakırın çözünmesine ve kaplamanın ortaya çıkmamasına neden olabilir. Bu durumdan kaçınmak için, gümüş ya da bakır kirliliğine neden olmamak için, grafit için verilen prosedürü kullanmak daha mantıklıdır, tek fark çinko yerine demir tozları kullanmanız gerekir. Bu durumda bakır parçacıkları çinko parçacıklarına karşı katot haline gelirler ve böylece bakır, bakır parçacıkları üzerine çöker. Başka bir deyişle burada tuzlu su kaplamasının dengini görürüz (ders 10'a bakın). Bir batırma çökeltisi elde etmek için kısmen bakır çözündürmek yerine, çinko çözünür ve bakır parçacıkları birbirine bağlı kalarak güzel görünümlü bir kaplama meydana getirirler.

Gümüş parçacıkları bu tür yapay maddeler kullanmaya gerek yoktur çünkü iletkenlik çok yüksek olduğu için çok süratli bir yayılma meydana gelir ve tek düze bir kaplamanın oluşmasını sağlar. Yine de bakırın çok uzun süre durduğu ve matlaştığı durumlarda (parçacıklar üzerinde sülfatlaşma olmuştur) aynı tekniğin kullanılmaması için başka bir neden yoktur.

EKT-13-57

Uygulama detaylarına girmeden önce verilecek bazı noktalara burada değineceğiz. Deri, bebek ayakkabıları yapmakta kullanılan ana madde, oldukça gözenekli bir maddedir. Asit ve sıcaklığın etkisine karşı dayanıksızdır ve bunlara karşı korunması gerekir. Bu nedenle öncelikle deriyi gözeneklerini kapatacak şekilde ve kaplama banyosunun etkilerinden ve diğer işlemlerden koruyacak bir tabaka ile kaplamak gerekir. Uсталara özgü detayların gerektiği durumlarda, ki bu en yüksek sınıf işçilik anlamına gelir, kullanılan malzemeler çatlakları ve yarıkları onları bulanıklaştıracak derecede doldurmamalıdır. Ayrıca, ilaçlama ya da kaplama malzemeleri iletken maddeler için uygun ve bağlanmaya hazır bir zemin hazırlanmalıdır.

Eğer ilaçlama ve kaplama malzemeleri metal parçacıkları için uygun bir zemin hazırlamıyorsa, ilaçlama için ikinci bir malzeme ilaçlama üzerine kaplanmalıdır, bu malzeme iyi bir bağlanma için uygun yüzeyi hazırlayacaktır.

BEBEK AYAKKABILARINI METALİZE ETME TEKNİK # 1

İLAÇLAMA:

NOT: Deri bir yüzeyi uygun biçimde ilaçlamak ve kaplamak için, deri mutlaka temiz olmalıdır. Temizleme işlemi, ayakkabıyı bir etil alkol asetat karışımına (50-50) ya aseton, etil asetat karışımına (50-50) batırarak kolayca gerçekleştirilebilir. Ayakkabının yüzeyi bu karışımlardan biri ile ovulur ve biraz emici pamuk ile beraber ayakkabı yağı kiri mumu temizlemek için aynısına batırılır. Ayakkabı artık ilaçlama için *mükemmelce kurutulmuştur*. İlaçlama için ayakkabıyı açmak amacıyla zımpara ile ayakkabıyı hafifçe zımparalamak malzemeye yardımcı olacaktır.

AŞAĞIDAKİ ÇÖZELTİYİ HAZIRLAYIN:

Gomalak parçaları	1,36 kg
Mavi ispirto	3,79 litre
† Kırmızı sakız	56,70 gram

Parçacıkları tamamen çözülene kadar karıştırın, daha sonra kırmızı sakızın içinde düzgün bir karışım elde edinceye kadar çözün.

† Kırmızı sakız (dragons blood) doğal bir kızıl reçinedir.

EKT-13-58

Eğer istenirse sıradan ticari sıvı gomalak, 3,79 litre başına 3#'e kadar indirgenebilir. Aynı şekilde kırmızı sakız içinde çözündürün.

Ayakkabıyı şekil 17'de gösterildiği gibi bir düzenekle destekleyin.

bağcıkları istediğiniz gibi bağlayın ve ayarlayın, mümkünse bağları düz tutun. ayakkabıyı iyice kurulaşın, ısıtın ve daha sonra yukarıda verilen gomalak çözeltisine bir seferde daldırın, çözeltinin içinde 30 dakika tutun ve saha sonra mümkünse açık havada kurumaya bırakın.

(not: Kurulamadan önce ayakkabının içinde ve üstünde gomalak kalmadığından emin olun.) çevre ısısı 60 °C' yi aşmamalıdır.



şekil 17 ayakkabı desteği

Şimdi ayakkabıyı tekrar gomalak çözeltisinin içine daldırın, fazla gomalağı emdirin ve ayakkabıyı tamamen kurumaya bırakın. 5-10 dakika sürecek bu ikinci daldırmadan sonra hala esnekken ayakkabı içine mum kağıdı koyularak ya da parafin ile doldurularak şekillendirilebilir.

Bu metotla ilaçlama yarı bükülmez bir ayakkabı verecektir. Daha sert ve bükülmez bir çeşit için aşağıdaki teknik kullanılabilir:

TEKNİK #2

İLAÇLAMA:

AŞAĞIDAKİ KARIŞIMI HAZIRLAYIN:

Parafin	8 kısım
Balmumu	2 kısım

Karışımı temiz bir metal kap içinde eritin ve düzgün bir hal alana kadar karıştırın.

EKT-13-59

Temizlenmiş ayakkabı, düzeneğe oturtulmuş biçimde, eritilmiş karışımın içine batırılmalıdır. (NOT: ERİTİLMİŞ SIVI HALDEKİ BU KARIŞIMIN ISISI 71 °C'yi GEÇMEMELİDİR. BUNDAN DAHA YÜKSEK BİR ISI DERİNİN BÜZÜLMESİNE SEBEP OLACAKTIR. KARIŞIM SIVI HALDE KALACAK KADAR, ISIYI MÜMKÜN OLDUĞUNCA DÜŞÜK BİR SEVİYEDE TUTUN.) Ayakkabıyı birkaç dakika ya da tüm hava kabarcıkları dışarı çıkana kadar sıvı haldeki karışımın içinde tutun. Daldırma kabının içindeki sıvı 2-3 ışık saçan ısı lambası yordamıyla sıcak tutulmalıdır, böylece ayakkabı çıkarıldığı zaman üzerindeki mum katılaşmayacak ve sıvı halde olduğu için akıp gidecektir. Bu bağlamda, kıvrımlarda ya da yarıklarda biriken fazla mumu (problemlerden biri) çıkarmak için bir dişçi sondası uygun bir alet olacaktır; sondayı bir süre ateşte ısıtın ve daha sonra kıvrımlarda ve yarıklarda biriken fazla mumu eriterek çıkartın. Artistik şekiller yaratmak isteyenler için bir alet seti faydalı olacaktır. Hala destek düzeneği içindeyken ayakkabıyı bir serinletme alanına koyun. Daha fazla sertlik için, eğer isteniyorsa, ayakkabı bir dolabın içine yerleştirilebilir ancak bu daha kırılğan kaplamalar yaratabilir.

TEKNİK #3

İLAÇLAMA:

Bu bir ilaçlamadan çok bir kaplama yöntemidir.

Kusursuz biçimde temiz olması gereken ayakkabı (iyi bağlanmayı olumsuz yönde etkileyen deri üzerindeki yağları ve mumları tamamen ortadan kaldıran toluen temizleme bu teknikten önce kullanılmalıdır. Eğer toluen kullanıyorsanız işleme başlamadan önce her bir toluen parçasının kurutulmuş olduğundan emin olun, böylece kaplama sırasında sorun yaşamazsınız). Şimdi, püskürtme, daldırma ya da fırçalama suretiyle ayakkabıyı temiz lak ile 2-3 defa kaplayın ve kaplamalar arasında ayakkabının kurummasını bekleyin. Ticari maksatla ilaçlama ya da kaplama malzemesi olarak satılan maddeler lakdan çok daha iyi malzemeler değildir.

Bir ayakkabıyı lak ile kaplama metodu ayakkabıyı kırılmaya karşı dayanıklı hale getirmez, bu nedenle ileride ayakkabıyı tekrar metal ile kaplamak için önceki kaplamayı sökmek zorunda kalabilirsiniz, yoksa deri çatlar ve ayrılır. Ancak bir bakır kaplama durumunda bu olasılık çok nadir olarak ortaya çıkar.

TEKNİK # 1

İLETKEN KAPLAMA:

Bu teknik ilaçlama tekniği #2'ye çok uygundur, ancak diğerleri içinde kullanılabilir.

İlaçlanmış yüzey üzerine bir koloidal grafit süspansiyonu püskürtün ya da fırçalayın. Fırçalama ya da püskürtme için bir alkol süspansiyonu kullanılabilir - sadece püskürtme için bir su süspansiyonu kullanılabilir. Daha pahalı olmasına karşın bir alkol süspansiyonu tercih edilir çünkü mum yüzeyini ya da başka bir yüzeyi daha hızlı nemlendirir ve daha tek düze olmasını sağlar. Tek düze bir grafit kaplamadan sonra yumuşak bir fırça ile ya da kumaş ile grafit yüzeyi ovalayın ve pürüzlü kısımları ortadan kaldırın, grafit kaplama kurduktan sonra ayakkabıyı suyun altında tutun ve bağlı olmayan grafitin ayrılmasını sağlayın. Şimdi grafitli yüzeyin üzerine saf çinko tozu serpin (bir seferde sadece bir yüz veya yüzey üzerinde çalışın). Aşağıdaki çözeltiden şimdilik az bir miktar hazırlayın:

Bakır sülfat kristalleri.	708,8 gram
Sülfürik asit	56,7 gram
Etil alkol.	85,2 ml
Su.	3,79 litre

Karışımın birazını tozlanmış yüzeyin üzerine dökün ve oluşan toz ile karışımı tüm grafit yüzey üzerinde fırçalayın, bu işlemi tek düze bir bakır tabakası yüzey üzerinde görülene kadar sürdürün. İstenen miktarda bakır oluşana kadar karışımın büyük çoğunluğunu kullanın. Sıvı karışımın ve tozun fazla kısmını durulayın ya da fırçalayın ve tüm yüzeyin istendiği gibi bakır ile kaplandığından emin olun. Fazla sıvı ve toz durulandıktan sonra ayakkabı kaplama işlemine hazır hale gelecektir.

TEKNİK #2

İLETKEN KAPLAMA:

Şimdiki metotta, uygun hazırlanmış ayakkabı yüzeyini kuru bakır tozu ile fırçalarsınız ya da bakır tozunu seyreltilmiş lak tabakasının üzerine püskürtürsünüz.

EKT-13-61

Eğer kuru toz üzerine fırçalama yapacaksanız, ilaçlanmış ayakkabı üzerine ince fırça ile ya da spreyle çabuk kuruyan spar vernik uygulayın. Vernik henüz yapışkanken (bir kürdan ile dokunarak anlayabilirsiniz) hafifçe ve düzgün biçimde kuru bakır üzerine fırçalayın ve bu işlemi yaparken ayakkabıyı düzlenek ile desteklemeye devam edin. Bakır tozunun yağsız ve temiz olması çok önemlidir, eğer yeterince temiz olmadığından şüpheleniyorsanız karbon tetraklorür uygulayabilirsiniz.

Temizleme işlemi bakır tozunu karbon tetraklorür ile karıştırmaktan oluşur. Daha sonra çökmesini bekleyin, başka bir kaba aktarın ve filtreleme kâğıdı ile filtreleyin ve daha sonra tozu etil alkol ile tekrar çalkalayın ve etil alkolü filtreleyin. Kurumaya bırakın ve topaklanmayı temiz bir porselen havan ve havaneli ile ortadan kaldırın ve daha sonra kullanmak üzere bir şişede saklayın.

Eğer bakır tozu püskürtülecekse, spar vernikleme işlemi gereksizdir, ancak yapılmasında bir sakınca yoktur, hatta yüzeyi su geçirmez yapacağı için faydası bile olacaktır.

Kullanmadan hemen önce, 2 kısım temiz bakır tozu ile 1 kısım düşük zamklı kontak lakı ve 7 kısım tineri iyice karıştırın. Eşit darbelerle püskürtün. Püskürtme tabancasını çok yakın tutmayın, eğer böyle yaparsanız bakır parçalarını lak birlikte yüzeye kaplarsınız ve iletkenliği kaybedersiniz, aynı zamanda çok uzak da tutmayınız, uzak tutarsanız bakır parçacıklarının yüzeye yapışmasını azaltırsınız. Püskürtülmüş kaplamanın mat, donuk bir rengi olmalıdır. Parlak ve düz bir renk, tabancayı çok yakın tuttuğunuzu ve kalın bir lak tabakası olduğunu gösterir. Ayakkabıyı iki kat bakırla kaplayın ve kurummasını bekleyin. (NOT: Düşük zamklı lak ya da kontak lakı, elektriksel teması azaltan zamkı az olan laklardır. Bu tür lakaya bazen gümüş laka da denmektedir.)

Şimdi bakır kaplama üzerine çinko tozu kaplayın ve az önce verilen bakır çözeltisi ile kaplama açık pembe bir renk alana kadar fırçalayın, sonra tüm yapıştırma sıvısını ve çinko tozunu durulayın ve etil alkol içine daldırın. Ayakkabı artık kaplama işlemine hazır durumda.

Alternatif olarak, çinko tozu işlemi yerine püskürtme ile kaplanmış ayakkabıyı şu çözeltinin içine daldırın:

EKT-13-62

Gümüş siyanür	56,7 gram
Sodyum siyanür	56,7 gram
Sodyum karbonat	85 gram
Su	3,79 litre

Pembeye yakın gri bir gümüş çökelti oluşana kadar ayakkabıyı çözeltinin içinde birkaç saniye karıştırın. Ayakkabıyı çözeltinin içinde çok fazla tutmayın, yoksa gümüş bazı alanlardaki bakır kaplamayı tamamen çözer. Ayakkabıyı temiz su ile tüm siyanürden arınana kadar durulayın, daha sonra ayakkabıyı seyreltilmiş sülfürik asit içine daldırın ve böylece kalan tüm siyanürü ayakkabının üzerinden kaldırmış olun. (NOT: SİYANÜR İLE ÇALIŞIRKEN GÜMÜŞ KAPLAMA BAŞLIĞI ALTINDA VERİLEN TÜM ÖNLEMLERİ TEKRAR EDİN). Ayakkabıyı durulayın ve alkole batırın. Şimdi kaplama işlemi için hazır durumdadır.

Sıradaki teknik uygulanması en kolay olanıdır ve harika sonuçlar verir ancak çok daha pahalıdır çünkü gümüş içeren iletken kaplama boyama işlemi gereklidir.

TEKNİK #3

İLETKEN KAPLAMA:

Ayakkabı eğer teknik #3 ile ilaçlanmışsa doğrudan kullanılabilir, ilaçlanmamışsa, gümüş boyama yapılmadan önce ayakkabıyı laka ile kaplamak mantıklı olacaktır.

Gümüş kaplama boyası DuPont ve diğer firmalar tarafından hazırlanmış özel bir karışımdır. Düzenleme bir araç içine konulmuş ve düşük bir araya girme direnci ile gümüş ile bağlantı sağlayan saf gümüş parçacıkları içerir. Bu boya ya da laka fırçalanabilir ya da püskürtülebilir. Fırçalama yöntemi daha yavaş olmasına ve tamamen tek düze olmamasına rağmen gereksiz püskürtme ya da daldırma kayıpları olmadığı için çok daha ekonomiktir.

Gümüş boyama yapıldıktan sonra ve ayakkabı tamamen kurduktan sonra başka hiçbir işleme gerek olmadan ayakkabı kaplama işlemine hazırdır. Bu tabakanın iletkenliği oldukça fazladır ve bir ya da ikiden fazla bağlantı noktasının kullanımını engeller, yine de fazladan bağlantı noktası kullanmak faydalıdır.

KAPLAMA: Sıra kaplamaya geldiğinde, alışıl gelmiş uygulama

ayakkabıyı standart asitli bakır sülfat banyosunda, ders 6'da verildiği gibi bir bakır sülfat reçetesi kullanarak kaplamaktır. Alternatif olarak, bakır fluoborat banyosu ya da bakır pirofosfat banyosu istenirse kullanılabilir, bu banyolardan biri 2,5 mikron bakır oluşturulana kadar kullanılabilir ve ardından bir roşel siyanürlü bakır banyosu ya da yüksek tesirli siyanürlü bakır banyosu kullanılabilir, ki bu bilgilerin hepsi ders 6'da verilmiştir.

Bebek ayakkabısı kaplarken karşılaşılan ilk problem uygun elektrik bağlantısını sağlamaktır. İletken kaplama teknik #3'ün kullanıldığı durumlarda bu gibi bir problemle karşılaşılmaz, çünkü tedarikçi kaynak listesinde verilmiş olan firmalardan herhangi birinde bu amaçla tasarlanmış bir düzenek vardır.

Diğer iki teknik ile yapılması en iyi şey şekil 18'de gösterildiği gibi saf çıplak bakır tellerden kızaklar kullanmaktır (tel ölçüsü #24 - #30), ve oldukça çok alanla temas sağlamakta fayda vardır. Ayakkabı üzerinde ince bir bakır tabakası oluşturduktan sonra, gösterildiği gibi ağır tel süspansiyonu kullanılabilir ya da diyagramda gösterildiği gibi özel bir bağlantı düzeneği ayarlayabilirsiniz. Askı ya da kızak sistemini kullanarak ayakkabıyı banyo yüzeyinin altında tutma problemi ile karşılaşabilirsiniz. Bu durum kolayca ve çabuk bir şekilde ayakkabıya kurşun tabakası çekerek ve aynı yere biraz parafin eriterek engellenebilir. Bu aynı zamanda ayakkabıya tıkama yapmadan ağırlık sağlamak için harika bir yoldur (en iyi kalitede hazırlanmış profesyonel ayakkabılar *asla* doldurulmaz ya da tıkanmaz).

şekil 18
kaplama için ayakkabıları
hazırlama



EKT-13-64

İkinci ve daha önemli sorunsu yalıtkan noktalardan kaçınmaktır. Bu daha çok, ayakkabı üzerindeki alanlar iletkenlerle kaplanmadığı zamanlarda, teknik #1 ve teknik #2'de ortaya çıkar. En sık rastlanan sebepler *kapak kullanılmamış olması, noktalar üzerinde kir ya da yağ, alanlar üzerinden laka ya da vernik akması sonucu belli noktalar üzerine gelerek buradaki tabakaları yalıtkan hale getirmeleri, ve akım ile yetersiz temas sonucu kutupsuz ya da kimyasal saldırılar.* Tüm bu sorunlar, soruna bağlı olarak doğru adımları takip ederek çözülebilir. Yine de işlem sürecine geçildiği zaman problemleri ortadan kaldırmak amacıyla her adımda ayakkabıyı kontrol etmeniz gerekmektedir. Kaplama banyosuna girdikten sonra, 15 - 30 dakikada bir ayakkabının durumunu denetleyiniz. En fazla 30 dakika geçtikten sonra, yeterli temas sağlanmışsa, ayakkabının her tarafı ince bir bakır tabakası ile kaplanabilir. Ters durumda, ayakkabıyı banyodan çıkarın iyice durulayın ve kurutun ardından işlemi tekrar başlatın, kaplanmayan alanlar için en pratik yöntem bu alanları gümüş boya ile fırçalamaktır. Eğer bu yapılmışsa kurumaya bırakın ve kaplama banyosunu yenileyin.

Üçüncü ve en önemli problemse kaplamanın pürüzlü olmasından kaçınmaktır. Bebek ayakkabılarına uygulanan kaplamalar 25 mikron ile 500 mikron arasında olduğundan ve kalın bakır kaplama tabakaları pürüzlü olmaya meyilli olduklarından, bu etkiyi en aza indirmek için büyük özen gösterilmelidir. Pürüzlenmenin iki nedeni vardır: Çözeltide mevcut olan çözünmemiş parçacıklar (mekanik sebepler olarak sınıflandırılabilir) ve kullanılan bileşime ve akım yoğunluğuna bağlı olarak, şekil (elektro-fiziko-kimyasal olarak sınıflandırılabilir) (Bunu mazur görün lütfen!).

Mekanik sebebin anlaşılması kolaydır. Herhangi bir kaynaktan katı parçacıklar katoda ulaşabilir ve orda kalabilir. Orada hızlı bir şekilde ve yüzeyden daha fazla metal ile kaplanırlar (eğer iletkenlerse) çünkü çözeltiye daha yakındırlar.

Diğer sebep bir şekilde diğerinden daha karışıktır. Burada nesnenin gerçek geometrisi önemlidir. Şeklinden dolayı, ayakkabının kenarları en az enerji masrafiyle akımın giriş kısımlarıdır (ders 1'e bakınız) böylece akım yoğunluğunun en fazla olduğu yerler buralardır. Bu halde, bu kısımlarda pürüzlü yanık çökeltilerin ve yumrucukların olma eğilimleri vardır.

Aşağıdaki tavsiyelere uyarak ilk sebepten kolayca kurtulabilirsiniz:

- 1.Çanta ya da diyafram anotlar kullanmak
- 2.Çözeltiyi filtre etmek, gerekiyorsa devamlı olarak
- 3.Havasız tozlu bir ortamda çalıştırmaktan sakınmak
- 4.Sert ve eski su kullanmamak

İkinci sebepten tamamıyla kurtulmak mümkün değildir ancak gerekirse koruyucular; katot hareketi ile yeterli karıştırma; yüksek atış gücü çözeltileri ya da düzeltilmiş elektrolitler (siyanür bakır banyoları asit tipi banyolardan daha iyi atış gösterirler, bu yüzden daha önce bahsedilmiş olan devre anahtarı tekniği bu bağlamda istenilir.) ve 17. derste açıklanacak olan, kökeni son zamanlara dayanan bir teknik olan PR kaplama kullanımı ile bir dereceye kadar hafifletilebilir.

BİTİRME: Ayakkabıya uygun bir ağır bakır kaplama uygulandıktan sonra banyodan çıkartılır ve sıcak ve soğuk suda tamamen defalarca yıkanır ve asit banyolarındaki sızıntılar yüzünden sonradan oluşabilecek muhtemel sorunlardan sakınmak için içine biraz ıslak madde ilave edilmiş 74,9 gr/lt sodyum bikarbonat içine batırılır. 10 dakika boyunca bu çözelti içinde iyice ıslatıldıktan sonra kapladığınız maddeyi çıkarın ve iyice durulayıp, kurutun. Kaplanan madde artık 3. Ders'te verilmiş olan cilalama ve parlatma yöntemlerinden biri ile bitirilir, ya da 16. Ders'te anlatıldığı şekilde ön polisaj ve ardından elektropolisaj yapılır.

Ayakkabıya genelde uygulanan bitirme yöntemi antik bakır, bronz, antik gümüş ya da altın olabilir. Bunlar 12. derste anlatılmıştır, sonra temiz bir vernik ile vernikleyerek işleme devam edilir.

Bir defa metal kaplanmış ayakkabı, çeşitli tabanlar üzerine monte edilebilir. Monte etmek genellikle ayakkabı tabanına iki delik açmak ve tabanın yapısına bağlı olarak vida ya da makine ile yapılır.

Durdurucular kullanmak suretiyle, bebeğin adını ya da doğum tarihini kabartma veya girintili harflerle yazmak gibi bazı ilginç efektler elde edilebilir. Girintili yazı elde etmek en kolaydır, ayakkabının üzerine ilk bakır kaplama yapılırken bebeğin adı veya doğum tarihi şeklindeki iyi bir durdurucu ile sağlanır, kabartma yazı ise kaplama yapıldıktan sonra ve elektropolisajdan önce durdurucu konularak çok kolay bir şekilde başarılır.

ÇİÇEK VE YAPRAKLARIN METALİZE EDİLMESİ

Çiçek ve yaprakların metalize edilmesi basit bir bakış açısından bakıldığında zaman, yalıtkanları metalleme ya da kaplama problemlerinden çok da farklı değildir. Tek fark, yapı ve maddenin yapısal gücünü koruyup yükseltmek ve işlem boyunca kullanılan kimyasallar ve ayıraçlardan ötürü solmasını önlemek için alınması gereken özel tedbirlerdeki duyarlılıktır.

İLK OLARAK: KULLANILAN ÇİÇEK YA DA YAPRAK TAZE OLMALIDIR! Solmuş ya da bayat çiçekler ve yapraklar (kurduğunda da gücünü muhafaza eden bazı yapraklar dışında) kullanılamaz. Ayrıca, sadece bazı dayanıklı türdeki çiçekler bu iş için uygundur. Orkideler ve orkidegiller türleri, dayanıklı taç yapraklarına rağmen uygun değildirler. Örneğin güller bu iş için uygundur.

TEKNİK #1

YÜZEY HAZIRLAMA:

Aşağıdaki çözeltiyi hazırlayınız:

Gomalak parçaları..... 680 gr
Mavi ispirto..... 3,79 lt

Kauçuk uçlu cımbız kullanarak tuttuğunuz çiçek ya da yaprağı yukarıdaki çözeltiye batırın veya sprey yöntemi kullanın. Oda sıcaklığında ya da biraz üstünde kurumaya bırakın. Dikkatli uygulandığında taçyapraklara daha az zarar vereceğinden püskürtme metodunu tercih etmeniz daha iyidir. Daldırma metodu kullanılırsa, kurutmadan önce fazla gomalağı giderin ve taç yaprağı cımbızla dikkatlice şekillendirin. Çiçeği ikinci kez gomalakla kaplayın (gövde dahil olmak üzere) ve oda sıcaklığında kurumaya bırakın.

TEKNİK #2

YÜZEY HAZIRLAMA:

Gomalak kullanmak yerine çiçeği ve gövdeyi, püskürtme yöntemiyle ya da daldırma yöntemiyle Saran lateks'in su-alkollü emülsiyonunu kullanarak kaplayın. Çok kalın kullanılırsa çiçeğin üzerindeki emülsiyon küreciklerinin şekli bozulacağı için emülsiyonu ince kullanın.

EKT-13-67

İlk kaplamanın iyice kurumasına izin verin, sonra da çiçeğin her bir parçasının kaplandığından emin olarak püskürtme yoluyla ikinci kaplamayı işleme sokun. Daldırma tekniği kullanılıyorsa, ikinci daldırmadan sonra çiçeği şekillendirin.

Bu iki teknikten birisi yüzeye yapısal ve kimyasala koruma sağlamada yeterli olacaktır. Sıcaklık solmaya neden olabileceğinden, bazen kullanılan erimiş parafin püskürtme yönteminden sakınılmalıdır.

TEKNİK #1

İLETKEN KAPLAMA:

Aşağıdaki çözeltiyi hazırlayınız:

Gümüş nitrat.....	60 gram
Formalin.....	28,4 ml
Gliserin.....	28,4 ml
Tahıl alkolü.....	100 cc
Saf su.....	900 cc

Bu çözelti ihtiyaç duyulduğunda, taze olarak ya da işlemde hemen önce hazırlanmalıdır.

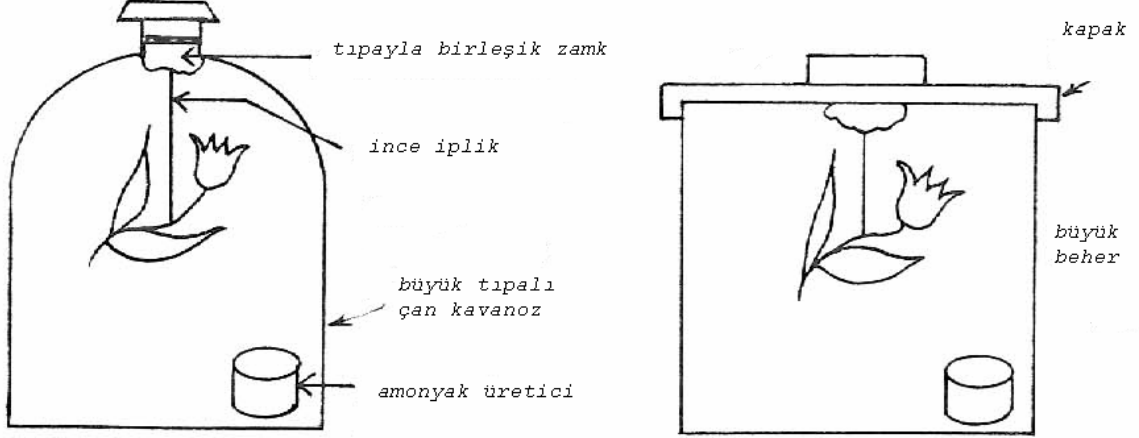
Gümüş nitratı saf suyun içinde çözün, ardından tahıl alkolü ve gliserin ile devam edin. Şimdi de çözeltinin pH'ını ölçün, 3-4 civarında olmalıdır. Değer bunun üstündeyse, pH'ı düşürmek için bir damla ya da gerekiyorsa iki damla nitrik asit damlatın. Şimdi formalin ekleyip karışımı güzelce karıştırın ve çiçeği çözeltinin içine batırın ya da püskürtme yöntemini kullanın. Fazlalıkları silkeleyin, ancak çiçeğin üzerinde düzgün bir film olduğundan emin olun.

Şekil 19'da gösterildiği gibi, cam bir kavanoz veya kapalı bir kurabiye kavanozu içinde önce bir bardak dolusu yoğunlaştırılmış amonyak çözeltisini kavanozun dibine yerleştirerek ya da camın içine 2 ya da 3 ufak top sodyum hidroksit damlatıp kavanozun ağzını hemen kapatarak iplik ya da sağlam bir tel yardımıyla çiçeği asın. AMONYAK GAZI ÇIKACAĞI İÇİN BUNU AÇIK BİR PENCERENİN YANINDA YA DA HAVALANDIRMANIN ALTINDA YAPIN.

Camdan bakarak reaksiyon sürecini izleyin. Çiçeğin her tarafında gümüş film görününce reaksiyon tamamlanmış demektir. Çiçeği hemen amonyak atmosferinden uzaklaştırın. Gümüş filmin kurumasını bekleyin ve ardından kaplama için birkaç ince bakır tel ile asın.

Şekil 19:

ÇİÇEK METALLEME TEKNİĞİ



TEKNİK #2

İLETKEN KAPLAMA:

DuPont gümüş boyası kullanarak gümüş püskürterek çiçeği kaplayınız. Alternatif olarak özel sprej tabancalı gümüş bir indirgeyen bileşeni kullanılabilir ancak bu gümüş boya kadar etkili değildir ve kullanımı daha karışıktır. Kurulamaya geçiniz. Beş adet tel ile monte ediniz.

KAPLAMA: Maddenin kırılğan doğası göz önüne alındığında, standart bir asit bakır sülfat banyosunda direkt bir sağaltım bir defada verilemez. İlk kaplama için çiçeği 15 ila 30 dakika boyunca aşağıda belirten banyoda kaplayınız. Bundan sonra düzenli bir asit bakır sülfat banyosu ile işleme devam ediniz.

Kristal bakır sülfat.....	567 gr
Potasyum sülfat.....	283,50 gr
Potasyum bisülfat.....	113,40 gr
Su.....	3,79 lt

Ebata ve çiçek ya da yaprağın alanına bağlı olarak 0,2 ila 2 amper akım kullanın. Doğru miktar sadece birkaç çiçeğin denenmesi ile öğrenilebilir.

Süreci izlemenize yardımcı olacak görüş netliği için açık tank ya da cam kullanarak oda sıcaklığında kaplama işlemini yapın. 15 ila 30 dakikadan sonra normal bir asitli bakır banyosuna (parlak banyo tercih edilir) aktarma yapın.

Çiçeğe sağlam bir bükülmezlik vermek için yeterince bakır kaplama yapın. Yeterli miktar sağlandığında durulayıp kurutunuz ve cilalayıp parlatın. Çiçek artık antik gümüş, altın ya da olduğu gibi bırakılarak bitirilir.

HAYVANSAL MADDELERİ METALİZE ETME

Hayvansal maddeleri metalize etmedeki sorun, hayvansal dokunun bozulup kötü kokmasını engellemek için yok edilmesi ya da sterilize edilmesidir. Bu teknik için uygun olanlar iri böcekler, deniz atları, tavuk bacakları vb.dir.

DOKU YOK ETME YA DA STERİLİZE ETME:

Aşağıdaki çözeltiyi hazırlayınız:

Civa biklorür.....	85 gr
Formalin.....	56 ml
Su.....	3,79 lt

CİVA BİLEŞİĞİ ÖLDÜRÜCÜ BİR ZEHİRDİR, DİKKATLİ KULLANIN!

Cismi 24 saatliğine bu çözelti içinde ıslatın, duruladıktan sonra diğer bir 24 saat boyunca kurumaya bırakın.

Yukarıdaki çözelti tekrar kullanılacaksa kapalı bir kabın içinde dikkatlice tutulmalı ve üzerine **ZEHİR** yazısı bulundurulmalı. Aksi takdirde bol miktarda su ile yıkamak vasıtasıyla atın.

YÜZEY HAZIRLAMA: Çiçeği metalize etme başlığı altında verilen tekniklerin aynısını uygulayın. Arzu edilirse gomalak kaplama ya da kullanılıyorsa Saran lateks daha kalınlaştırılabilir.

İLETKEN KAPLAMA: Çiçekler için verilen buhar tekniğini ya da ebada ve cismin hassaslığına bağlı olarak grafit tekniğini kullanın.

KAPLAMA: Çiçekler için kullanılan özel çözelti içinde 15 dakika boyunca kaplama işlemini yapın, ardından normal asitli bakır sülfat banyosuna nakledin. Cismin yapısına bağlı olarak 13 ila 2550 mikron arasında istenilen kalınlıkta kaplayın.

EKT-13-70

BİTİRME: İstenildiği gibi bitirin. NOT: Bu tür parçaların polisajında yüksek basınçtan kaçının ve ısı yayılma katsayısındaki farka göre, taban metalin ayrılmasını engellemek için ısı üretimini minimum seviyede muhafaza edin.

PLASTER MALZEMELERİ METALİZE ETME

Plaster malzemeleri metalize etmede iletken kaplama yapılmadan önce doğal geçirgen bir yüzey ölçülmeli.

BOYUTLANDIRMA: Aşağıdaki malzemelerin karışımını ısıtarak aşağıdaki çözeltiyi hazırlayınız:

Balmumu.....	680 gr
Parafin mumu.....	3175 gr
Katı reçine.....	567 gr

104,5°C derecede eritip karıştırın. Bu sıcaklık ya da daha az seviye bir sıcaklıkta muhafaza ediniz. Bir tel üzerinde maddeyi asın ve 15 ila 30 dakika alacak olan kabarcıklar artık oluşmayana kadar plaster içine batırın.

SERT MADDE İLE KAPLAMA: Daha önce belirtildiği gibi maddeyi, seyreltilmiş gomalak içine batırınız ya da püskürtme yöntemi kullanınız. İki defa kaplayınız.

İLETKEN KAPLAMA: Ya daha önce belirtilen tekniği ya da aşağıdaki prosedürü kullanın:

Aşağıdaki gibi bir A çözeltisi yapınız:

Gümüş nitrat.....	60 gr
Saf su	1 lt
Alkol.....	946 ml

Aşağıdaki gibi bir B çözeltisi yapınız:

Pirogalol asit.....	28,4 gr
Demir klorür.....	56,7 gr
Saf su.....	3,79 lt

Maddeyi A çözeltisi içine batırıp çıkarın ve ardından B çözeltisine batırın. Şimdi demir klorür çözeltisini kurumaya bırakın ve A'ya tekrar batırıp B'ye geri dönün.

EKT-13-71

Madde gümüş rengini alana kadar bu işlemi 3-5 defa tekrarlayın. NOT: (Ayrı ayrı spreyleyler kullanımı gümüşü idareli kullanmanızı sağlayacaktır.) Kurutun.

KAPLAMA: Çiçek kaplamada belirtildiği gibi kaplayınız.

TAHTA VE LİFLİ MALZEMELERİ METALİZE ETME

ÖLÇME: Plaster metalize etme sürecindeki aynısı.

YÜZEY SAĞALTIMI: Gomalak çözeltisine iki defa batırın, 2# /galon. Kaplama aralarında kurulaşın.

İLETKEN KAPLAMA: Maddeyi aşağıdaki şekilde batırın ya da fırçalaşın:

Kauçuk çimento..... 0,95 lt
Benzol..... 1,9 lt

Bu çözelti püskürtülerek de kaplanabilir.

Yapışkan hale geldiğinde (neredeyse kurumak üzereyken) bakır tozu ile kaplaşın ya da grafit tekniğini kullanın. (Kaplama kuru olmamalı fakat yapışkan olmalıdır.)

KAPLAMA: Bebek ayakkabısı tekniğinde belirtildiği gibi sağlam tellerle askılama yolunu tercih edin ve normal asitli bakır banyosunda kaplaşın.

FİLDİŞİ, BOYNUZ METALİZE ETME

TEMİZLEME: Fildişini ya da boynuzu alkolle ve emici pamukla silin.

HAYVANSAL MADDE YOK ETME: Hayvansal madde metalize etme başlığı altında tanımlanan sürecin aynısıdır.

BAĞLAMA İŞLEMİ: Civaya batırdıktan sonra iyice durulaşın ve fildişi veya boynuzu kalsiyum hidroksit macunu ya da emici pamukla sürtün. Kirecin son parçası çıkana kadar temiz suda iyice durulaşın.

HASSASLAŞTIRMA SAĞALTIMI: Plastik kaplamada belirtildiği gibi kalay (stannous) klorür çözeltisiyle hassaslaştırın (genel metod). İyice durulaşın.

YALITKAN KAPLAMA: Plastiklerde belirtildiği gibi kimyasal işleme tabi tutun. Uygun bir tablada ya da tankta kaplamada gümüş boya metodunu ya da gümüş çift sprey metodunu kullanın.

KAPLAMA: Asitli bakır banyosunda kaplayın.

CAMIN METALİZE EDİLMESİ

Gümüş kaplama işlemi için sığ bir tepsi kullanarak tam olarak plastiklerde kullanılan yöntemden (genel yöntem) faydalanın. Gümüş kaplamadan önce ön yüzü balmumu ile durdurun (kapatın) ya da cam kenar çevresine parafin ile bir tank oluşturun böylece kaplama çözeltisi kenarlardan sızmayacaktır. **Not:** Burada pürüzlendirme işlemini kullanmayın.

Gümüş kaplamadan kalan çamurlu tortuyu gümüş geri alma tankına dökün ve güzelce yıkayın, ardından alkol ve emici pamuk ile hafifçe sürtün. Gümüş kaplamak için Ders 6'da verilen alkali bakır (siyanür olmayan çözelti) kullanın. Ders 16'da belirtilen fırça kaplama da çok ince koruyucu bakır kaplamalarda kullanılabilir.

Pekala, sanırım artık yalıtkanları kaplamada yeterli bilgiye sahipsiniz. Şimdi küçük bir sınav yapalım ve ardından kaplama ölçüm ve tanımlamalarının bulunduğu 14. derse geçelim.

Biraz boş yerimiz kalmış bu yüzden size plastik kaplama ile ilgili yaşanmış iki olay anlatacağım:

Olay 1- Pürüzlükük: Elektrolize bir nikel kaplamaya yapılan kalın bakır kaplama boyunca, raf yüzeyi üzerinde katılık oluştu. Bir kısım kaliteli ABS parçacıklarının elektrolize nikel ile kaplandığı görüldü. Bunlar çözelti içinde battı ve ardından bakır banyosunda sorunlara sebep oldu.

Filtre edin, Filtre edin, Filtre edin!

Olay 2: Elektrolize nikel kaplamada bazı sıçrayan maddeler bulundu. Buna ne sebep oldu? Bazı aptallar direkt olarak asitle ABS kazıma oyum tankından yükseltme mekanizması üzerine yağ kullandılar. Ne zaman bir parça üzerinde yağ tabakası olsa, ne aktifleştirici ne de elektrolize nikel çalışırdı! **Bir düşünün!**

KAYNAKÇA

Metal Buharlaşması

E. Grosheart, *Metal Finishing*, 70, Eylül, 44(1972); Ekim, 39 (1972; Kasım, 43 (1972).)

Metal Sıratma

James Comes, *Naval Research Review*, 14, Nisan, 17 (1971).

İyon Kaplama

Products finishing, 29 Mart, 56(1965)

Buhar Kaplama

Metals Handbook, Cilt 5, 10. Baskı, ASM International'da mevcut, Metals Park, OH 44073.

Elektrolize Nikel

Metals Handbook, Cilt 5, 10. Baskı, ASM International'da mevcut, Metals Park, OH 44073.

Metals Finishing Guidebook & Directory, 2003 basımı. Metal finishing publication, 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633- 3199.

Products Finishing Guidebook & Directory, 2003 basımı. Gardner Publications, Inc., 6915 Valley Avenue, Cincinnati, OH 45244-3029, (800) 950-8020.

G.O. Mallory, *The Electroless Nickel Plating Bath*, Elektroless Nickel Conference, 1979, Cincinnati, OH. Yeni baskıları Allied- Kelite Div., Witco Chemical Corp., 2400 East Devon Ave., Des Plaines, IL 60018'de mevcuttur. Allied-Kelite, elektrolize kaplama hakkında pekçok değerli yazı ve kılavuza sahiptir (Problem Giderme hakkında bir kitap dahil olmak üzere).

KAYNAKÇA (devamı)

Elektrolize Nikel (sürekli)

W. Riedel, *Electroless Nickel Plating* , ASM International, Metals Park, OH 44073, 1991. Konuya dair çok yönlü bir kitap.

Elektrolize bakır

M. Saito, *Products finishing* , 31, Temmuz, 57 (1967). *Metal Finishing Guidebook & Directory* 'i de görünüz.

Elektrolize gümüş

F. Pearlstein & R. F. Weightman, *Plating*, 58, 1014 (1971) .

Plastik kaplama

Standards and Guidelines for Electroplated Plastics , American Society of Electroplated Plastics Inc., 112- J Elden Street, Herndon, VA 20170-4809, (703) 709-8299.

Standards and Guidelines for Electroplated Plastics, Stanners, 1979. American Electroplaters and Surface Finishers Society, Central Florida Research Park, 12644 Research Parkway, Orlando, FL 32826'da mevcuttur.

R. Suchentrunk, Editor, *Metallizing od Plastics – A Handbook of Theory and Practice*, ASM International, Materials Park, OH 44073, 1993. Plastikleri metalize etmek üzerine yazılmış çok iyi bir kaynak kitabı. Kitap yeni baskıdan çıktı ancak kütüphanelerde bulunabilir.

Gümüş püskürtme

D. J. Levy, *Proceedings A. E. S.*, 51, 139 (1965).

DERS 13 SINAV

1. Yalıtkanları kaplamada karşılaşılan sorunlardan bazılarını yazınız.
2. Vakum kaplamanın ana özellikleri nelerdir?
3. Elektrolize kaplama ile bağlantılı olarak katalizi tartışınız.
4. Elektrolize bakır kaplamada kullanılan 37% formaldehit çözeltisine fazladan metil alkol ekleniyor. Bunun sebebi nedir?
5. 41. sayfada sorulan soruyu yanıtlayınız.
6. İletken toz kaplamalarla çalışırken parçacık şekli neden önemlidir? Köprü etkisi nedir?
7. 5 mikron kalınlığında gümüş kaplanması gereken bir sürü ABS plastik parçanız var. Varıl ya da askıda kaplayabilirsiniz. Parçacıklar küçük bir sıcaklık dalgalanmasına maruz kalacaklar (yaklaşık 5 °C derece). Bu parçaları nasıl kaplarsınız? Sebeplerini belirtiniz.
8. Amonyaklı gümüş nitrat çözeltilerini kontrol altında tutarken ne tip önlemler alınmalıdır?
9. Plastik kaplamada, hassaslaştırma ve aktifleştirme adımlarını geliştirmek için neler yapılmalıdır?
10. 72. sayfadaki ilk olayı hatırlayınız. Bu tür şeylerin olmasını nasıl önleyebiliriz, önerilerinizi belirtiniz.