

17. DERS

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

ÖZEL KAPLAMA TEKNİKLERİ
BÖLÜM 2
ZOR METALLERİN KAPLANMASI VE
ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME

ELEKTROMETAL KAPLAMANIN TEMELLERİ II

DERS 17

ÖZEL KAPLAMA TEKNİKLERİ, BÖLÜM 2 ZOR METALLERİN KAPLANMASI VE ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	1
KAPLANMASI ZOR METALLERİN KAPLANMASI.....	2
ALUMİNYUM ÜZERİNE KAPLAMA.....	4
ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA- ZİNKAT METODU.....	6
MODİFİYE EDİLMİŞ ZİNKAT BANYOLARI.....	8
ALUMİNYUM ÜZERİNE KAPLAMA-ANOTLAMA TEKNİĞİ.....	9
BERİLYUM-BAKIR VE TELLÜR-BAKIR ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA.	10
KURŞUNLU PİRİNÇ ÜZERİNE KAPLAMA.....	12
KURŞUN VE KURŞUN ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA.....	12
MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA.....	12
MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA - ÇİNKOYA DALDIRMA METODU.....	12
MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA - DAĞLAMA METODU.....	15
NİKEL VE NİKEL ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA.....	17
AKTİVASYON İŞLEMLERİ.....	18
ISIYA DAYANIKLI METALLER ÜZERİNE KAPLAMA.....	20
MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA.....	21
MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA-KOBALT FLAŞ METODU.....	21
MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA-KROM FLAŞ METODU.....	22
TUNGSTEN ÜZERİNE KAPLAMA-1. METOT.....	24
TUNGSTEN ÜZERİNE KAPLAMA- 2. METOT.....	24
TANTAL VE NİYOBYUM ÜZERİNE KAPLAMA.....	25
DÖKME DEMİR ÜZERİNE KAPLAMA.....	26
DÜŞÜK KARBONLU ÇELİKLER.....	26
NİTRATLI (AZOTLU) ÇELİKLER.....	27
KARBONİTRATLI ÇELİKLER.....	27
HİDROJEN GEVREKLİĞİ.....	27
KROM ÜSTÜNE KROM KAPLAMA.....	29
ANODİK AKTİVASYONDAKİ ZORLUKLAR.....	30
EGZOTİK ALAŞIMLAR ÜZERİNE KAPLAMA.....	30
STELİT 21 ÜZERİNE KAPLAMA.....	30
HASTELLOY B ÜZERİNE KAPLAMA.....	31
HASTELLOY C ÜZERİNE KAPLAMA	31
V-36 ALAŞIMI ÜZERİNE KAPLAMA.....	32

ELEKTROMETAL KAPLAMANIN TEMELLERİ II

DERS 17

ÖZEL KAPLAMA TEKNİKLERİ, BÖLÜM 2 ZOR METALLERİN KAPLANMASI VE ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME

İÇİNDEKİLER

SAE-4340 TAKIM ÇELİĞİ ÜZERİNE KAPLAMA.....	32
TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA- 1. METOT.....	33
TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA- 2. METOT.....	33
TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA- 3. METOT.....	34
PRES DÖKÜM ÇİNKO ÜZERİNE KAPLAMA.....	35
PRES DÖKÜM ÇİNKO ÜZERİNE KAPLAMA – BİR DİĞER PROSEDÜR.....	37
ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME.....	40
ELEKTRİKLE ŞEKİL VERMENİN TEMEL ADIMLARI.....	42
KALIPLAR.....	42
MANDRELLERİN TASARLANMASI.....	46
AYIRICILAR.....	46
AYIRMA ÇÖZELTİLERİ.....	47
KAPLAMA ÇÖZELTİLERİ.....	48
TÜM KLORÜR NİKEL BANYOSU.....	49
SÜLFAMATLI NİKEL BANYOSU.....	49
BAKIRLI ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME BANYOSU.....	49
PLAK İSTAMPALARININ YAPILMASI (ESKİ YÖNTEM).....	50
PLAK İSTAMPALARININ YAPILMASI (YENİ YÖNTEM).....	53
BAKIR ŞAMANDRA HAZNELERİNİN ELEKTRİKLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ - 1. YÖNTEM.....	54
BAKIR ŞAMANDRA HAZNELERİNİN ELEKTRİKLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ - 2. YÖNTEM.....	54
IŞIK REFLEKTÖRLERİNE ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME	55
ALTIN VARAK YAPIMI.....	55
NİKEL VARAK YAPIMI.....	56
ELEKTRİKLE ŞEKİL VERMENİN UYGULAMA KURAMI.....	57
BİRİNCİ DURUM: KALIN BİR KAPLAMA GEREKİYOR.....	58
AKIM YOĞUNLUĞU SINIRI.....	59
İKİNCİ DURUM: KAPLAMANIN HER NOKTADA AYNI KALINLIKTAKI OLMASI GEREKİYOR.....	62
ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME VE SERT KROM KAPLAMA İÇİN GEREKEN ANOT DÜZENLERİNİ HAZIRLAMA METODU.....	63
ÜÇÜNCÜ DURUM: KAPLAMADA HATA OLMAMASI GEREKİYOR.....	65
DÖRDÜNCÜ DURUM: KAPLAMANIN BELLİ ŞARTLARI SAĞLAMASI GEREKİYOR.....	69
SEÇİLMİŞ REFERANSLAR.....	72
DERS 17 SINAVI.....	74

GİRİŞ

16. Dersi ilginç buldunuz mu? Umarım bulmuşsunuzdur. Eğer bir insanda ilgi ve biraz heyecan uyandıracak bir şey varsa, bu derste anlatılan yeni ve alışılmamış dışındaki metotlar bunu yapmış olmalıdır. Bunların hepsi biraz farklı şeyler denemeye, cesarete ve elektrometal kaplama dünyasındaki tehlikeli yaşama bir davetiyedir. Bu doğrultuda, yeni tanıştığı kız arkadaşına evinde güzel bir yemek sunan ve birlikte olmayı teklif eden, gece hayatına düşkün adamın hikâyesini hatırlayın. Kadın, “Oh hayır. Sabah kendimle yüzleşmem.” der. Adamsa “ O zaman geç uyu! “ cevabını verir. Eğer kaplama üzerine yeni bir şey denemek için zihinsel monotonluktan kurtulmanız ve bunun için geç uyumanız gerekiyorsa bunu yapın!

Şimdi yeni dersimizden bahsedelim. Bu derste yine, gerçekçi fakat bunun yanında oldukça enteresan birçok şey göreceksiniz. İlk konu **zor (kolayca kaplanamayan) metallerin kaplanması** hakkındadır. İkinci konu ise **elektrikli şekil verme** (elektroforming) hakkındadır.

Eğer bir kaplamacıysanız doğru şekilde kaplanmayı reddeden bir malzeme ile karşılaştığınızda ortaya çıkacak sorundan haberdar olmalısınız, eğer değilseniz bunu öğreneceksiniz! Bu konunun ilk bölümünde metallerin neden doğru şekilde kaplanmayı reddettiğini öğrenecek ve bundan sonraki bölümde de bu zahmet verici metallere çalışmak için gereken bilgi ve tecrübeyi edineceksiniz.

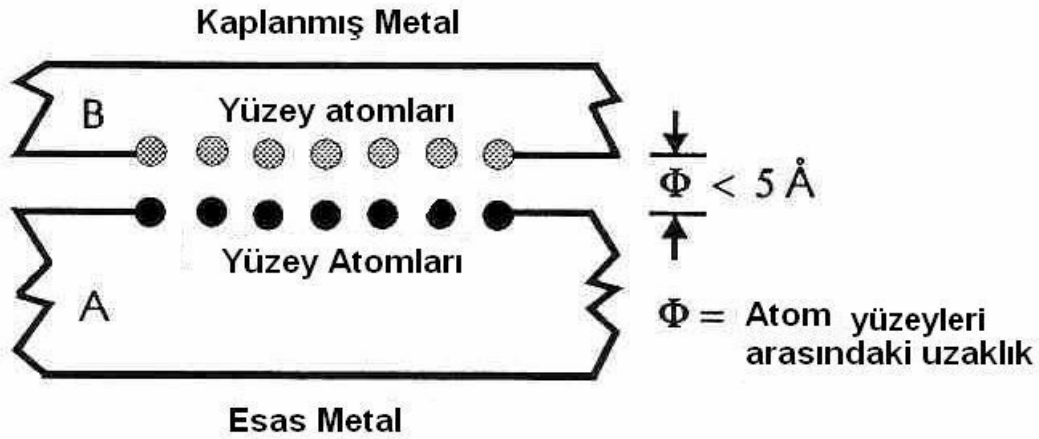
Bu dersin ikinci bölümünde eski bir elektrometal kaplama uygulaması olan ve metalik malzeme imalatında geniş bir kullanım alanına sahip elektrikli şekil vermeyi öğreneceksiniz. Metal malzemelerin imalatında elektrikli şekil verme işleminin kullanılmasının birçok avantajı vardır. Karmaşık şekiller istendiği zaman, özgün özellikler gerektiğinde, çok yakın toleranslara izin verildiğinde, doktorunuzun yegâne önerisi elektrikli şekil verme olacaktır. Patent literatüründen de anlaşılacağı üzere bu konuda hayal gücünüzün sınırlarını zorlayabilirsiniz! Örneğin aklınızdaki bir parçayı yapmak için önceki derste bahsedilmiş olan kompozit kaplamayı kullanabilirsiniz, bazı şaşırtıcı ve alışılmamış sonuçlar almak için elektro kaplama ile birlikte elektroforez işlemini uygulayabilirsiniz. Bu alışılmamış fikirlerin bazıları zaten ticari amaçlı kullanılmaya başlanmıştır, diğerleri ise keşfedilmeyi beklemektedir! Eğer kaplama üzerine kafa yormaya hazır ve istekli iseniz muazzam olasılıklar vardır!

Pekâlâ, hadi başlayalım.

ZOR METALLERİN KAPLANMASI

Kaplama atölyesinde, sık sık yapışık bir tabakayla kaplanması zor olan metallerin kaplanması işiyle karşılaşacaksınız. Kaplama durmadan reddedilecek (tutmayacak) ve sövüp sayacaksınız—ama sövüp saymak bir işe yaramayacak. Bu metal yüzeylerinin kendine özgü doğasından dolayı, sadece özel teknikler sayesinde yapışık bir kaplama elde edilebilir. Biz de bu zahmet verici metalleri ve bu noktada ihtiyaç duyulacak özel teknikleri gözden geçireceğiz.

İlk önce, bir metalin doğru şekilde kaplanmasının zor olmasına neyin sebep olabileceğini düşünün. Temel metal ve kaplama metal arasında iyi bir yapışıklık elde edilmesi sadece bu iki metal arasında bir **atomik bağ** oluşmasıyla olur. Şu da doğrudur ki pürüzlendirme ve alttan kesme (undercutting) yaparak mekanik yolla belli miktarda yapışıklık elde edilebilir (Bu konu hakkında **13. Derste** plastiklerin kaplanmasıyla alakalı, Şekil 11’ de örneği verilmiş anlatıma bakınız). Fakat buna güvenilirlik açısından bel bağlamak, havanın sürekli iyi olmasına bel bağlamak gibi bir şeydir.¹ Olmayabilir. Böyle bir bağ hatırı sayılır derecede güçlü olabilir (eğer iyi ise 100 psi) ama emin olamazsınız.



Şekil 1 - Atomik Bağ

İyi, güvenilir bir yapışıklık sağlamak için temel A metalini ve buna kaplanan B metalini arasında **atomik bağ** elde etmeniz gerekir. Bunun için A metalinin atomlarını B metalinin atomlarına mümkün olduğunca yaklaştırmamız gerekir. Eğer bu atomlar arasındaki mesafeyi 5 Angström (Bir Angström’ ün uzunluğunu hatırlamıyorsanız **1. Derse** tekrar göz atın!)² veya daha düşük bir seviyeye indirebilirsiniz, yakın temasta, iki metal atomu arasındaki doğal çekim ortaya çıkacak ve 50.000 psi (3500 bar) seviyesinde olan bağ kuvvetleri elde edeceksiniz. Bu da güvenebileceğiniz bir bağ çeşididir.

¹ Fakat bazı belli durumlarda başka hiçbir şey işe yaramadığında buna güvenmek zorunda kalabilirsiniz.

² İpucu: $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$.

Burada karşılaşılan soru bunun nasıl yapılabileceğidir.

Cevap ise bunun kolay bir şey olmadığı, ama yapılabileceğidir.

Kaplanması zor metallerin böyle bir eğilimde olmasının üç muhtemel sebebi vardır.

1. Ticari olarak temiz olan metalin yüzeyinde çıkarılması zor olan bir oksit veya metalik bileşik vardır.

2. Metalin yüzeyinde çıkarılması kolay ama eski halini alması daha da kolay olan bir oksit veya bileşik vardır.

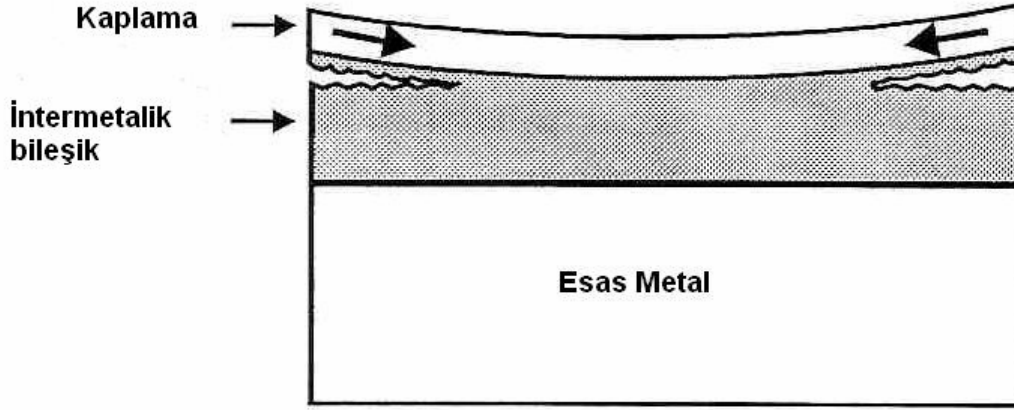
3. Metal (genellikle alaşım) yüzeyde birbirinden ayrılmış ve “bozucu” fazlara sahiptir.

Birinci tip için molibden örnek olarak verilebilir. Çıkarılması zor olan ama bir kez çıkarıldığında makul derecede uzun bir süre temiz kalacak yüzey oksidine sahiptir (En az birkaç dakika – kaplamanın başlaması için yeterlidir!)

İkinci tipe alüminyum örnek olarak verilebilir. Oksidin çözünmesi kolaydır ama yaklaşık olarak onu çözebildiğiniz hızda tekrar eski halini alır. Bu tipe diğer bir örnek ise magnezyumdur. Daha önceden de bildiğiniz gibi bu ikisi elektromotor dizisinde üst sıralardadır (aktif metaller). Neredeyse her şeyle tepkimeye gireceklerdir. Sorun da budur!

Üçüncü tipin birkaç varyasyonu vardır. Örneğin karbonlanmış (yüzeyi sertleştirilmiş) veya nitrürlenmiş bir çelik, yüzeyinde yüksek miktarda nitrür veya karbit bulundurabilir. Bunlar metalik bileşiklerdir ama metalik tabiatla değildirler ve aralarında elektronları paylaşarak metalik bağ oluşturma açısından belli miktarda uyumsuzluk vardır. Sonuç olarak bu bileşikler ve kaplama metali atomları arasındaki çekim sadece, bildiğiniz üzere gerçek metalik bağa göre oldukça zayıf olan Van der Waals bağları (Buna rağmen birçok durumda yeterli derecede güçlü olurlar!) oluşturmaya yetecektir. Kurşunlu pirinç ve berilyum bakır alaşımları diğer örneklerdir. Kurşun ve berilyum açısından zengin fazlarının yüzeydeki varlığı benzer sorunlara yol açacaktır. Diğer bir olası zorluk sebebi ise bazı belli alaşımlarda görülebilecek intermetalik bileşiklerin (iki veya daha fazla metalin farklı yüzdelerle oluşturdukları tabakalı alaşımlar) oluşumudur. Bunlar iki veya daha fazla metalden meydana gelen kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler yüzeyde buldukları takdirde bir metal kaplamayı kabul edeceklerdir. Fakat maalesef bu iç metalik bileşikler oldukça zayıf ve gevrek (kırılgan) ve kırılmalarına sebep olabilecek gerilmeye pek fazla dayanamazlar.

Bu sebeple, kaplama metali olarak, çekme gerilmesi yüksek olan bir metal (Nikel veya Krom gibi) kullanıldığında, gerilme kaplama metalini ve altındaki bir miktar intermetalik bileşiği Şekil 2' de gösterildiği gibi kaldırmaya yetecektir.



Şekil 2 - Gerilmiş Kaplama

Özetle olan biten budur.

Peki, ne yapılmalıdır? Cevap, birinci ve ikinci tipler için, metali oksitten arındırmak daha sonra metali yeni oksit oluşumundan korurken, bundan sonraki oksitlenmeyi önleyecek ve başka bir metali veya üstüne ek olabilecek bir metali kaplarken sorunla karşılaşmanızı önleyecek bir kaplama yapmak olacaktır.

Üçüncü tip metaller için, yüzeydeki girişim fazını (interfering phase) mümkün olduğunca çıkardıktan sonra kaplama yapmalısınız. Bazı durumlarda bunu yapmanız mümkün olmayacak, zayıf bir Van der Waals bağı ve mekanik birleştirme kombinasyonuna razı olmak zorunda kalacaksınız. İşlerin gerçekten kötü gittiği bazı durumlarda başlangıç için metale değişik tipte bir ısıtma işlemi uygulamak zorunda kalabilirsiniz, ama eğer şanslıysanız böyle durumlarla çok nadir karşılaşabilirsiniz. Artık işin teorik tarafını öğrendiğinize göre pratik ayrıntılara geçebiliriz.

ALUMİNYUM ÜZERİNE KAPLAMA

Aluminyum üzerine kaplama üç temel sebepten dolayı sorun teşkil etmektedir. İlki, daha önceden de bildiğiniz gibi aluminyumun oldukça aktif bir metal olmasıdır. Oksijene karşı özel bir ilgisi vardır ve saf metal havaya maruz kaldığında neredeyse anında, elektriksel yalıtkan gibi davranan, doğal, ince bir oksit tabakası meydana gelecektir. Böyle bir yüzeye kaplanan tabaka yapışmayacaktır! İkincisi, aluminyumun bu derece aktif olduğunu düşünürsek, üzerine kaplayabileceğiniz metallerin neredeyse hepsi ona karşı **katodik** davranacaktır.

Bu, kaplamanın yüzey üzerinde sürekli olması, gözenek ve çatlak içermemesi gerektiği anlamına gelmektedir. Aluminyumu dış etkiye maruz bırakabilecek en ufak bir hata, kaplamada olacak ileriki uzun süreli zararlarla aluminyumun hızla korozyona uğramasına yol açacaktır. Üçüncü olarak diğer metallerinki $6 - 8 \times 10^{-6}$ inç/inç/°F iken aluminyumun ısıl genleşme katsayısı, 24×10^{-6} inç/inç/°F' tır. Diğer bir deyişle aluminyumun diğer metallerin kabaca üç katı oranında daha fazla genleşme ve daralma özelliği vardır. Yani, yüksek ısı değişiklikleri kaplamayı temel metalden kaldıracak gerilmeye sebep olabilir (kısacası **Soyulma**).

Problemin önüne iki farklı şekilde geçilebilir.

İlki, kaplama işleminden önce özel bir anotlama çözeltisi yardımıyla, gözenekli, oldukça kuvvetli bir ince oksit tabakasının yüzeye dikkatlice kaplanmasıdır. Böylece aluminyum özel bir kaplama çözeltisiyle (sözde gözenekler yoluyla ama muhtemelen uniform = düzgün ince oksit tabakasının yerini alarak) kaplanmış olur. Patentli olan (ya da önceden öyleydi) bu yol ticari açıdan o kadar mükemmel gözükmemekle beraber bundan sonra da pek revaçta olmayacağı düşünülmektedir.

Günümüzde neredeyse her yerde kullanılan diğer teknik ise, aluminyumu zinkat çözeltisi ile tepkimeye sokarak, eş zamanlı olarak yüzeyde bulunan oksit tabakasının çözülmesi ve yüzeye ince bir çinko tabakasının kaplanmasıdır. Ön kaplama işlemi için diğer metaller kullanılabilir. Muhtemel bir istisna dışında (kalay), çinkonun en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Çinkonun birçok durumda diğer metallerden daha iyi olmasının sebebi elektromotor dizisinde aluminyuma daha yakın olmasından dolayı, aluminyumla yer değiştirdiğinde bu yer değiştirme potansiyelinin çok büyük olmamasıdır. Bu da daha iyi yapışan bir kaplama elde edilmesine yol açar.

Anotlamada olduğu gibi, kaplanacak aluminyum alaşımının tabiatı çok önemlidir ve bu gerçek doğrultusunda genel teknikte bazı ayarlamaların yapılması gerekir. Örneğin neredeyse saf aluminyum (örneğin 1100) daha kalın ve daha gözenekli bir çinko kaplaması oluşmasına sebep olacak zinkat işleminde kullanılan çinkodan daha fazla aktif potansiyele sahiptir. Magnezyum içeren alaşımlar da aynı şekilde davranacaktır. Diğer taraftan bakırlı alaşımlar elektromotor dizisinde daha aşağıda olacak ve bu yüzden zinkat kaplaması daha ince olacaktır. Genelde daha ince olan ve daha yavaş elde edilmiş çinko kaplamalar, aluminyuma daha iyi yapışacaktır.

ALUMİNYUM VE ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

ZİNKAT METODU

1. Adım: Buharlı Yağ Alma veya Alkalik Temizleme

Malzemeyi mineral ispirotoları ile buharlı yağ alın veya yumuşak inhibite edilmiş (durdurulmuş) alkali temizleyicide 2 – 4 dakika temizleyin.

2. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın (**Not:** Burada, mekanik bağ oluşturulmasına yardımcı olması amacıyla aşındırıcı püskürtme gibi bir yüzey pürüzlendirme işlemi yapılabilir.)

3. Adım: Aside Daldırma

Malzemeyi 5–10 saniyeliğine % 50' lik nitrik asit çözeltisine daldırın.

4. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın.

5. Adım: Zinkat Banyosu

Malzemeyi aşağıdaki zinkat banyosuna bir, bir buçuk dakika arası daldırın.

Kaynama noktasına kadar ısıtmak suretiyle aşağıdaki zinkat banyosunu hazırlayın

Çinko oksit (teknik saflıkta)	.	.	.	.	100 gr
Sodyum hidroksit	.	.	.	.	100 gr
Sodyum bakır siyanür.	.	.	.	.	3 gr
Su	.	.	.	.	1 lt

Bir litre su içinde 500 gr kostik sodayı çözün. Bu çözelti içinde 100 gr çinko oksit (teknik saflıkta) ve 3 gr sodyum bakır siyanürü çözün. (**Önemli Not:** Bu çözelti kullanılırken 26,5°C' den daha soğuk tutulmalıdır).

Özel Nokta: Özellikle magnezyum içeren belli bazı alaşımlar kaplamada kabarması. Bunu önlemek ve daha iyi bir yapışıklık elde etmek için genelde zinkat banyosuna iki kez daldırma işlemi yapılır. Bu işlem basittir, ilk çinko kaplama tabakasını nitrik asit çözeltisine

daldırıp (5 – 10 saniye) çözmek suretiyle çıkarın, suyla durulayıp zinkat çözeltisine tekrar daldırın.

İki kere daldırma işleminin yaptığı şey muhtemelen şudur: Neredeyse hepsi temizlenmiş olmasına rağmen yine de yüzeye yapışık olarak kalmış çinko atomları bulunur. Bu çinko atomları ikinci daldırma sırasında tepkimeyi biraz yavaşlatır ve daha yapışık bir çinko kaplaması oluşmasını sağlar. Bu da, alaşımların varlığının kaplamayı zorlaştırdığı durumlarda iyi bir yapışıklık elde etmek için en makul yollardan biri olarak görülmektedir. Özel olarak önermediğim alternatif bir metot ise başlangıçta kısaca bahsettiğim fosforik anotlama metodudur. Bu teknik daha sonra açıklanacaktır.

6. Adım: Durulama

Soğuk suyla durulayın. İkinci kez soğuk suyla durulayın.

7. Adım: Bakır Siyanür Flaş (Flaş) Banyosu

Aşağıdaki bakır siyanür flaş banyosunu hazırlayın¹

Bakır siyanür	40 gr/lt
Sodyum siyanür	48 gr/lt
Sodyum karbonat	30 gr/lt
Roşel tuzları	60 gr/lt
Serbest siyanür	3,8 gr/lt
pH	10,3 ± 0,1
Çalışma sıcaklığı aralığı	37,8 – 48,9 °C

Flaş işlemine akım açıkken geçin. Başlangıçta nispeten yüksek akım yoğunluğu kullanın (2,7 – 3,2 A/dm²), yaklaşık iki dakika geçtikten sonra ise 1,3 A/dm² civarına düşürün, bundan sonra da üç dakika veya biraz daha fazla süre kaplama yapın.

8. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın.

¹ Alternatif bir yol da pirinç banyosunda flaşlama veya elektrolize nikel kaplamaktır.

9. Adım: Bakır Kaplama

İlave olarak standart roşel tuzlu bakır banyosunda veya bakır pirofosfat banyosunda bakır kaplayın. (6. Dersteki bakır kaplama konusuna bakın).

10. Adım: Durulama

Soğuk suyla durulayın.

11. Adım: Kaplama

İstenilen şekilde kaplayın ya da cilalayın.

MODİFİYE EDİLMİŞ ZİNKAT BANYOLARI

Zinkat Banyosu #1

Çinko kaplamasının daha iyi dağılımını dolayısıyla daha iyi kaplanabilirliği sağlayan modifiye edilmiş başka bir banyo vardır. Bu banyo şu şekilde hazırlanır: Yukarıda 5. Adım'da açıklanmış olan zinkat banyosu, ek olarak litre başına 1 gr demir klorür ve litre başına 10 gr roşel tuzu kullanılarak hazırlanır.

Zinkat banyolarının viskozitesi (akmaya karşı direnç) oldukça yüksektir ve bu süzüntü (dragout) ve durulamada sorun teşkil ediyorsa daha seyreltik banyolar hazırlanabilir. Bu tip banyonun ayrıntıları aşağıda açıklanmıştır.

Zinkat Banyosu #2

Bu çözelti, viskozitesi yüksek olan daha zengin çözeltilere göre süzüntü ve durulamada çok daha az sorun teşkil eden patentli bir çözeltilerdir.

Sodyum hidroksit.	.	.	.	.	.	119,8 gr/lt
Çinko oksit	.	.	.	.	.	20,2 gr/lt
Demir klorür kristalleri	.	.	.	.	.	2,02 gr/lt
Roşel tuzu	.	.	.	.	.	50,2 gr/lt
Sodyum nitrat	.	.	.	.	.	0,97 gr/lt
Çalışma sıcaklığı	.	.	.	.	.	21 – 24 °C
Daldırma süresi	.	.	.	.	.	En fazla 30 saniye

Hatırlanması gereken önemli iki şey, en iyi yapışıklık için çinko kaplamanın alüminyum yüzeyinin her yerini kapatması ve kalınlığın 0,4 mikronu geçmemesi gerektiğidir. Bu kalınlığın aşılmayacağından emin olmak için zinkat banyosuyla çalışırken sıcaklığın 21 °C'ye mümkün olduğunca yakın olmasını sağlayın ve malzemeyi banyoda 45 saniyeden fazla tutmayın.

ALUMİNYUM ÜZERİNE KAPLAMA – ANOTLAMA TEKNİĞİ

1. Adım: Buharlı Yağ Alma

Önceden açıklandığı gibi buharlı yağ alın veya solventle temizleyin

2. Adım: Alkalik Temizleme

İnhibite edilmiş (durdurulmuş) alkalik temizleyicide temizleyin.

3. Adım: Durulama

Durulayın.

4. Adım: Dağlama (Etch)

Yumuşak bir alkali çözeltisi içinde dağlayın.

Sodyum karbonat	.	.	.	.	.	22,5 gr/lt
Sodyum fosfat	.	.	.	.	.	22,5 gr/lt
Su	.	.	.	.	.	3,79 lt
Sıcaklık	.	.	.	.	.	65,5 °C

5. Adım: Durulama

Durulayın.

6. Adım: Aside Daldırma

Oda sıcaklığında % 50' lik nitrik aside daldırın.

7. Adım: Anotlama

%85' lik fosforik asit içinde anodize edin. (22 Volt kullanarak 5 -10 dakika uygulayın)

8. Adım: Durulama

Durulayın.

9. Adım: Kaplama

Watts tipi nikel banyosunda kaplayın (pH 2,4 – 5,2)

Bu teknik, yüksek bakır ve silikon alaşımları için önerilmez, buna rağmen yapışık bir kaplama elde etmek için özel bir dikkatle uygulanabilir.

Aluminyum üzerine yapışık bir kaplama elde etmek için üçüncü bir metotta ise, hazırlanmış aluminyum yüzeyine stanat çözeltisine daldırma yoluyla kalay kaplanır ve bir bronz (bakır – kalay) banyosunda flaş işlemi yapılır.

Bu verilen aluminyum üzerine kaplama metotlarının hepsi de çoğu imalat işlerinde genelde mükemmel sonuçlar verir, ama ara sıra bozulma meydana gelir ve işi halletmek için **düşünmek** zorunda kalırsınız.

Aluminyuma dair son bir bilgi. Size bazı sorunlar çıkarabilecekleri için dökümlere dikkat edin. Bunlar genelde gözenekli olmaya eğilimlidirler ve bu gözenekler işlem sırasında kullanılan ve ilerleyen zamanlarda ortaya çıktığında sorun teşkil edecek çözeltileri hapsedebilir! Eğer mümkünse aşırı gözenekli dökümler üstüne kaplama yapmaktan kaçının. Bu tür bir problemin üstesinden gelmek için yeni bir yöntem vardır ve bu yöntemde döküm ek olarak bir organik polimer çözeltisiyle, gözenekler bu çözeltiyle dolana kadar işleme sokulur. Şu durumda yüzey buhar püskürtme ile temizlenir ve aluminyuma bundan sonra her zamanki kaplama prosedürü uygulanır. Doldurulmuş gözenekler herhangi bir çözelti girişine izin vermez ve genelde kaplama devamlılığını sürdürür. Bu yöntemle alakalı bilgi referanslarda mevcuttur.

BERİLYUM–BAKIR VE TELLÜR–BAKIR ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

Bu alaşımların kaplanması, yüzeydeki aşırı berilyum ve tellür varlığından dolayı zordur. Siyanür bileşiklerinin varlığı durumunda, çıkarılması zor ve yapışkan bir kaplamayı önleyen bir bariyer gibi davranan bileşimler oluşur.

Bu sebeple kaplamadan önce herhangi bir siyanüre daldırma işlemi yapmamak akıllıca olacaktır. Aşağıda verilmiş olan yöntem oldukça başarılıdır.

1.Adım: Yağ alma

Yağ alın.

2. Adım: Elektrikli Temizleme

Alkalik elektrikli temizleyici.

3. Adım: Durulama

Durulayın.

4. Adım: Aside Daldırma

Hacimce % 50 lik hidroklorik asit çözeltisine 20–60 saniyeliğine daldırın.

5. Adım: Durulama

Soğuk suyla durulayın ve gecikmeksizin diğer adıma geçin

6. Adım: Flaş

Bakır siyanür flaş banyosu (Aluminyum üzerine kaplamanın 7. Adım' ında açıklanmış olan banyo)

7. Adım: Kaplama

Roşel bakır banyosunda 5 dakika kaplayın. Bundan sonra istediğiniz şekilde kaplayabilir ya da cilalayabilirsiniz.

Bu bakır alaşımları üzerine yapışık kaplamalar elde etmek için başka metotlar da vardır ama bunlar çeşitli türdeki yüksek derişimli (konsantrasyonlu) asitlere fazla sayıda daldırma işlemi içermektedir. Burada açıklanmayacaklardır.

KURŞUNLU PİRİNÇ ÜZERİNE KAPLAMA

Kurşunlu pirinç, yüzey katmanlarındaki aşırı kurşun yüzünden kaplamada zorluklara yol açar. Bir önceki bölümdeki yöntemi izleyerek kaplama yapılabilir, ama 4. Adımda hidroklorik asit çözeltisi yerine % 10 – 15 lik fluoborik asit çözeltisi kullanmak daha iyi sonuçlar verecektir. Eğer çok fazla kurşun varlığı söz konusuysa kaplamadan önce bir kurşun çıkarma çözeltisi kullanın¹.

KURŞUN VE KURŞUN ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

Bakır-berilyum için verilen yöntemi takip edin, farklı olarak 4. Adımda %15 lik fluoborik asit çözeltisi kullanın. Ön temizleme işlemi için elektrikli temizleyiciyi anodik olarak kullanın.

Eğer kurşun parçaları ve kurşun lehimli montajlar mevcutsa önce katodik sonra anodik temizleme yapın daha sonra yukarıdaki gibi fluoborik aside daldırın.

MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

Aluminyumda olduğu gibi en mükemmel yöntem yüzeyi temizledikten sonra çinkoyla kaplamak, devamında da bakır flaş ve kaplama yapmaktır. Teknik bu şekildedir.

Kaplama söz konusu olduğunda magnezyum ve alaşımları aluminyum ile aynı sınıftadır. Bu metal çok aktif olduğundan kendini koruyucu bir oksit oluşturur ve bu da tatmin edici bir yapışıklığı önler. Magnezyumu kaplamanın en mükemmel yolu aluminyumda olduğu gibi çinkoya daldırılarak kaplanmasına bağlıdır. Dağlama metodu olarak bilinen ve nikelin magnezyum üzerine direk olarak kaplandığı bir metot daha mevcuttur.

Bu iki yöntem takip eden iki bölümde açıklanacaktır.

MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

ÇİNKOYA DALDIRMA METODU

1. Adım: Yüzeyin Hazırlanması

Yüzeyi polisaj, perdahlama ve aşındırıcı püskürtme gibi alışlagelmiş tekniklerle hazırlayın. (**Not:** Aşındırıcı püskürtme daha sonraki tepkimeleri engelleyecek çok aktif bir yüzey oluşumuna sebep olur. Bu yüzden aşındırıcı püskürtmeden hemen sonra asitle dağlama adımı açıklanmış, önerilen üç dağlamadan birini kullanın.)

¹ P.a. asetik asit (Asetik asit buzu) %95, hidrojen peroksit (konsantre) %5.

2. Adım: Yağ alma veya Alkalik Temizleme

Malzemenin yağını bir buharlı yağ alıcıda ve/veya inhibite edilmiş alkalik temizleyici ile alın.

3. Adım: Durulama

Durulayın.

4. Adım: Asit ile Dağlama

A, B veya C banyolarından birinde asitle dağlayın.

A Banyosu. Bütün magnezyum formları için kullanılabilir. Bu banyo asitli dağlayıcılar kadar iyi parlattır.

Kromik asit	.	.	.	.	.	180 gr/ lt
Demir nitrat	.	.	.	.	.	40 gr/lt
Potasyum florür.	.	.	.	.	.	3,5 – 7 gr/lt ¹
Sıcaklık	.	.	.	.	.	21 – 24 °C

15 saniye ila 5 dakika süreyle daldırın.

B Banyosu. Bütün magnezyum formları için alternatif asitli dağlayıcı

Fosforik asit (%85)	.	.	.	.	.	Olduğu gibi
Sıcaklık	.	.	.	.	.	21 – 24 °C

15 saniye ila 5 dakika süreyle daldırın.

C Banyosu. Yaprak metal, dövme parçalar ve kalıptan çekilmiş parçalar için önerilir.

P.a. Asetik asit	.	.	.	.	.	250 ml/lt
Sodyum nitrat	.	.	.	.	.	80 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	.	21 – 24 °C

30 saniye ila 2 dakika süreyle daldırın.

¹ Düşük alaşım içeriğinden yapılmış magnezyum için düşük florür içeriği kullanın. Yüksek alaşım içerikli magnezyum dökümleri için daha yüksek florür içeriği kullanın.

5. Adım: Aktivasyon

Tamamen durulandıktan sonra malzeme aktive edilmelidir. Aktivasyon çözeltisi önceki adımlarda oluşmuş olabilecek herhangi ince oksit veya kromat tabakasını çıkarır.

Fosforik asit (%85)	.	.	.	.	200 ml/lt
Amonyum biflorür	.	.	.	.	100 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	21– 24°C
15 saniye ila 2 dakika süreyle daldırın.					

6. Adım: Çinko Daldırma Banyosu

Aktivasyondan hemen sonra durulayın ve zaman kaybetmeden aşağıdaki banyoya geçin.

Çinko sülfat ($ZnSO_4 \cdot H_2O$)	.	.	.	.	30 gr/lt
Tetrasodyum pirofosfat	.	.	.	.	120 gr/lt
Potasyum florür	.	.	.	.	7 gr/lt
Sodyum karbonat	.	.	.	.	5 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	79,5 – 82 °C
pH	.	.	.	.	10,2 – 10,4
Karıştırma	.	.	.	.	Hafif hava karıştırması

pH derecesini ayarlamak için sodyum karbonat veya sülfürik asit kullanın.

İşlem Süresi: Magnezyum alaşıma bağlı olarak 3 – 7 dakikadır. Alüminyum içeren alaşımlar için daha uzun süreler gerekecektir.

Not: Bu çözeltiyi hazırlarken tepkime sırasında en iyi sonuç için deiyonize su kullanın. Banyoyu yerleştirmek için paslanmaz çelik, Teflon veya polipropilen astarlı tanklardan birini kullanın. Değiştirici (exchanger), uygun daldırma bobinler veya bayonet ısıtıcılarla ısıtın.

Aktive etme adımından hemen sonra karıştırılan akar soğuk suyla durulayın. Ardından gecikmeden kaplama adımına geçin.

7. Adım: Flaş Bakır Kaplama

Flaş bakır kaplama #1

Bakır siyanür	41,25 gr/ lt
Potasyum siyanür	67,5 gr/lt
Potasyum florür	30,0 gr/lt
Serbest siyanür	7,5 gr/lt
Sıcaklık	54,5 – 60 °C
pH	9,6 – 10,4
Sadece katot çubuk karıştırması	250 – 400 cm/dak
Akım yoğunluğu	0,21 – 2,15 A/dm ²

Alternatif olarak standart bakır siyanür – roşel banyosu kullanılabilir. (Bkz. Alüminyum kaplama veya bakır kaplama)

Flaş ve kaplama banyosuna akım açık durumdayken gidin. Başlangıçta akım yoğunluğunu düşük tutun (yaklaşık 2 dakika) daha sonraki 5 dakikada maksimuma çıkarın. Gerekli olursa, daha sonra yüksek hızlı bakır banyosu veya orijinal bakır – roşel tuzu banyosunda ilaveten ihtiyaç duyulduğu kadar bakır kaplanabilir. Ardından kaplama yapılabilir.

MAGNEZYUM VE MAGNEZYUM ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

DAĞLAMA METODU

1. Adım: Yüzeyin Hazırlanması

Metali ilk metotta verildiği gibi, asitle dağlama de dahil olmak üzere bu dağlama adımına kadar olan adımları uygulayarak hazırlayın.

2. Adım: Kimyasal Dağlama

Alüminyum içerikli alaşımlar için Kimyasal Dağlama #1

Kromik asit	120 gr/lt
Nitrik asit (konsantre).	110 ml/lt

Alüminyum içermeyen alaşımlar için Kimyasal Dağlama #1a

Kromik asit	60 gr/lt
Nitrik asit (konsantre).	90 ml/lt

İki banyoyu da oda sıcaklığında kullanın. 20 saniye ila 2 dakika süreyle daldırın.

3. Adım: Durulama

Yukarıdaki dağlama banyolarının herhangi bir tanesinden sonra suyla durulayın ve ihtiyaca göre aşağıdakilerden birine daldırın.

4. Adım: Kimyasal Dağlama

Aluminyum içerikli (%5 ten fazla) alaşımlar için Kimyasal Dağlama #2

Hidroklorik asit (konsantre)	.	.	.	.	220 ml/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	21 – 24 °C

Aluminyum içermeyen alaşımlar için Kimyasal Dağlama #2a

Hidroklorik asit (konsantre)	.	.	.	.	54 ml/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	21 – 24 °C

5. Adım Durulama

Vakit kaybetmeden tümüyle soğuk akan su ile durulayın ve yine vakit kaybetmeden nikel kaplama işlemine geçin.

6. Adım: Florürlü Nikel Banyosu

Hidroflorik asit (konsantre)	.	.	.	.	61,5 ml/lt
Bazik nikel karbonat	.	.	.	.	120 gr/lt
Sitrik asit	.	.	.	.	40 gr/ lt
Yüzey aktif madde (sodyum lauril sülfat)	.	.	.	.	1 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	49 – 60 °C
Akım yoğunluğu	.	.	.	.	3,23–10,8 A/dm ²
pH (Ayar için hidroklorik asit kullanın)	.	.	.	.	3,0
Karıştırma (katot çubuğu)	.	.	.	.	365 – 490 cm/dak
Karıştırma (alternatif metot)	.	.	.	.	yumuşak hava

2,5 – 7,5 mikron kaplama elde edildikten sonra malzeme bir parlak nikel banyosuna transfer edilebilir.

Alternatif olarak özel bir elektrolize nikel kullanılabilir.

7. Adım: Özel Elektrolize Nikel (Florürlü Nikel Banyosuna Alternatif)

Bazik nikel karbonat	10 gr/lt
Hidroflorik asit (konsantre)	6 ml/lt
Sitrik asit	5,5 gr/lt
Sodyum hipofosfit	20 gr/lt
Amonyum hidroksit (%30)	30 ml/lt
pH (Amonyum hidroksit veya sitrik asit ile ayarlayın)	6 – 6,6
Sıcaklık	76,7 – 82 °C
Karıştırma (Katot çubuk veya mekanik)	yumuşak

Saatte yaklaşık 20,3 mikron kaplama yapılır. Isıtın ve elektrolize nikel kaplamada verilen bütün tedbirleri alın.

Bu çözeltinin florür içerdiğini unutmayın bu yüzden florürlere uyumlu donanım, filtreleme elemanı vb. kullanın.

En az 12,7 mikron elektrolize nikel kaplandıktan sonra malzeme **durulanıp herhangi uygun bir kaplama banyosunda kaplanabilir.**

Eğer elektrolize nikel son işlem olacaksa, malzemeyi elektrolize nikel ve durulamadan sonra aşağıdaki çözeltiliye daldırarak korozyona karşı ekstra koruma sağlanabilir.

Sodyum dikromat	120 gr/lt
Sıcaklık	87,8– 100 °C
Daldırma süresi	10 dakika

Bu anti – korozyon işleminden sonra durulayıp kurutun.

NİKEL VE NİKEL ALAŞIMLARI ÜZERİNE KAPLAMA

Nikel belli bir süre zarfında havaya maruz kalırsa yüzeyinde onu pasifleştiren bir oksit oluşacaktır. Bu oksit belli tip banyolardan elde edilen nikel kaplamada sık sık oluşur ve nikel yüzeyler alkalik elektrikli temizleme banyolarında özellikle anodik olarak temizlendiklerinde pasif kalırlar. Bu sebeple, bizi ilgilendiren şey yapışıklık olduğundan dolayı, nikel kaplama banyosuna geçmeden önce bu pasifliği nasıl gidereceğinizi **bilmiyorsanız**, pasif bir nikel kaplama üzerine nikel kaplama başınızı ağrıttacaktır. Nikel için kullanılmak üzere satılan, suda çözülmeye ve kullanılmaya hazır, patentli birkaç pasiflik giderici (depassivator) mevcuttur.

Burada nikel ve nikel içeren alaşımlar için birkaç aktivasyon prosedürü listeledim. Önce prosedürlerin kendisini daha sonra da üzerinde en iyi sonucun alınacağı metalleri vereceğim.

AKTİVASYON İŞLEMLERİ

1. Asitli Nikel Klorür (Wood's Nikeli)

NiCl ₂ . 6H ₂ O	239,6 gr/lt
HCl	82,57 ml/lt
Sıcaklık	21 – 26,7 °C
Elektrotlar	Nikel ¹
İşlem süresi	Anodik ise 2 dak. Katodik ise 6 dak.
Akım yoğunluğu	3,23 A/dm ²

Bu banyo ve varyasyonları, muhtemelen kaplanması zor olan birçok metal için en iyi aktivasyon işlemi olarak bilinen Wood's nikel banyosu biçimindedir. Bu banyodaki işlemde, eğer nikel veya nikel alaşımlarına kaplama yapılacaksa, işlem tamamlandıktan sonra malzeme direk olarak kaplama banyosuna gönderilmelidir. Bazı aktivasyon türlerinde malzeme aynı tank içinde baştan iki dakika anodik sonra üç dakika katodik olarak işleme tabi tutulur. Ama bu durumlar için önerilen metot iki ayrı tank kullanılmasıdır. Birçok durum için gereken tek şey basit katodik işlemdir. Çözeltiyi içinde bulunduracak tank vycor, payreks, kauçuk veya plastik astarlı çelik veya yekpare polipropilenden yapılabilir.

2. Düşük pH Watts Nikel Banyosu

Nikel sülfat (Hidratlı).	112,34 gr/lt
Nikel klorür(Hidratlı).	112,34 gr/lt
Borik asit	15 gr/lt
Hidroklorik asit	Hacmen %10'luk
Sıcaklık	49– 65,5 °C
Elektrotlar	Sıradan nikel

Malzemeyi 8 – 10 dakika süreyle 1,1 – 2,2 A/dm² de anodik işleme tabi tutun. Daha sonra 5 – 10 dakika süreyle katodik işleme tabi tutun.

¹ Nikel elektrotlar karbonsuz tipte olmalıdır.

3. Sülfürük Asit Aktivatör¹

Sülfürük asit (konsantre)	.	.	.	.	250 gr/lt
Elektrotlar	.	.	.	.	Kimyasal kurşun
Sıcaklık	.	.	.	.	21 – 26,6 °C

Malzemeyi 10 dakika veya daha az 2,15 A/dm² de daha sonra 2 dakika 21,5 A/dm² de anodik tutun. Bundan sonra ise 20 ila 30 saniye katodik tutun.

4. Hidroflorik Asit Aktivatör

Hidroflorik asit (konsantre)	.	.	.	500 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	21 – 24 °C

Bu bir daldırma işlemidir. Malzemeyi aktivatöre 10 saniye süreyle daldırın.

¹ Nadiren, bu çözeltiye aktivasyonu geliştirmesi için 1 gram/litre potasyum iyodür eklenir. 1 gr/lt' yi aşmayın.

TABLO 1. NİKEL VE NİKEL ALAŞIMI TİPLERİ VE ÖNERİLEN AKTİVASYON İŞLEMLERİ

Metal	İşlem No	Metal	İşlem No
Duranikel	4	“R” Monel	3 ¹
Duranikel “R”	4	“KR” Monel	3 ³
Incoloy “T”	1	“D” Nikel	1
Incoloy “901”	4	Elektrolitik nikel (nikel kaplama)	2
Normal Inconel	1	Diğer dövme nikeller	3
Inconel “W”	1 ¹	Nimonic “75”	1
Inconel “X”	1 ¹	Nimonic “80A”	1
Normal İnar (% 36 nikel)	3 ²	Ni-Span-C	3
% 42 nikel-demir alaşımları	3 ²	Ni-Rest Tip I	3 ⁴
% 46-50 nikel-demir alaşımları	3 ²	Ni-Rest Tip II, III, IV, V	3
Otomat (free-cut) invar “36” (selenyum içeren invar)	1	Paslanmaz Çelik (18-8 serisi)	1
Normal Monel	3 ³	Uniloy#1	1
“K” Monel	3 ³	Uniloy#2	1

ISIYA DAYANIKLI METALLER ÜZERİNE KAPLAMA

Isıya dayanıklı metaller erime noktası çok yüksek olan metallerdir. Bu metaller daha çok endüstride kullanılır ve kaplamacıardan çeşitli sebeplerden dolayı bu metalleri diğer metallerle kaplamaları istenir. Tantal ve niyobyum söz konusu olduğunda mekanik yollarla elde edilen yapışıklık söz konusu olmasına rağmen anlatılacak metotlar iyi bir yapışıklık elde etmek için tatmin edicidir.

¹ Anodik olarak sadece 15 saniyelğine işleyin.

² 21,5 A/dm² de üç dakikalığına anodik yapın.

³ 21,5 A/dm² de beş dakikalığına anodik yapın.

⁴ Bir dakikalığına 10,8 A/dm² de, daha sonra dört dakikalığına 21,5 A/dm² de anodik yapın.

MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA

Molibden ilginç bir metaldir. Yüksek bir erime noktasına sahiptir ve özellikle yüksek sıcaklıklarda bir oksit tabakası oluşturur. Maalesef bu oksit bahsedilen bu yüksek sıcaklıklarda uçucudur. Bunun anlamı da şudur: Eğer bu metalden yapılan bir nesne oksijen veya hava içeren bir ortamda yüksek sıcaklığa maruz kalırsa tamamen yok oluncaya kadar yavaş yavaş buharlaşacaktır. Gülmeyin, ama bu anlaşılmadan önce birçok durumda olan tamamıyla buydu. Eğer molibden oldukça yüksek sıcaklıklara dayanabilecek bir metalle elektro kaplanırsa kaplama oksijenin molibdene temasını önleyecek ve malzeme emniyetli bir şekilde çalışacaktır. Bu yüzden molibdenin kaplanması çok önemlidir.

Aşağıdaki teknikte molibdenin tamamen temiz olduğu ve bahsedilen bu temizliğin her zamanki metotlarla sağlandığı kabul edilmektedir.

MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA – KOBALT FLAŞ METODU

1. Adım: Asitle İşleme

Sülfürik asit (konsantre).	.	.	.	700 ml
Su	.	.	.	300 ml
Katotlar	.	.	.	Kimyasal kurşun
Akım yoğunluğu	.	.	.	3,1 – 6,2 A/dm ²
Sıcaklık	.	.	.	45 °C

Not: *Bu banyoyu hazırlarken dikkatli olun.*

Temizlenmiş molibdeni yüzeyde berrak parlak mavi tabaka oluşana kadar sülfürik asit banyosunda tutun.

2. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

3. Adım: Kobalt Flaş

CoSO ₄ . 7H ₂ O	200 gr/lt
H ₂ SO ₄ (konsantre)	90 ml/lt
Sıcaklık	20 – 30 °C
Anotlar	Kobalt olmalıdır ¹
Akım yoğunluğu	7,75 – 31 A/dm ²
İşlem süresi	1 – 6 dakika

Önerilen sülfürik asit konsantrasyonu 90 – 100 ml/lt' dir. Asit konsantrasyonu düşük olursa yapışıklık zayıf olacaktır, eğer konsantrasyon çok yüksek olursa örtme yeteneği az olacaktır.

Not: Birinci adımda, eğer oluşan ince tabaka mavi değil de siyah ise bu, çözeltinin fazla seyreltik veya sıcaklığın fazla düşük olduğunu gösterir. Eğer ince tabaka fazla açıksa bu, akım yoğunluğunun çok yüksek ya da çok düşük olduğunu gösterir.

Malzemeyi 31 A/dm² de kobalt flaş banyosunda bir dakika flaşlayın. Eğer 31 A/dm² de tamamen kobaltla örtülme elde edilemediyse, bu ya sülfürik dağlamanın yetersiz olduğunu ya da kobalt banyosunda kullanılan kobalt anotların yetersiz anot alanından dolayı polarize olduğunu gösterir.

Flaş işleminden sonra nikel veya krom banyosunda kaplayın.

MOLİBDEN ÜZERİNE KAPLAMA – KROM FLAŞ METODU

1.Adım: Ön Temizleme

%10' luk NaOH çözeltisinde molibdenin ön temizlemesini yapın. [Oda sıcaklığı, 25 Volt'ta 20 saniye, AC (alternatif akım) kullanın.]

2. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

¹ Anotlar polarizasyonu önlemeye yetecek kadar yüzey alanına sahip olmalıdır.

3. Adım: Elektrikli Temizleme

Sülfürik asitte anodik olarak elektrikli temizleyin. (Hacmen iki birim asit, bir birim su. 20–32 °C’ de, 20 – 30 saniye süreyle 10,76–32,3 A/dm² akım yoğunluğu kullanın).

4. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

5. Adım: Durulama

Yumuşak alkali çözeltisinde durulayın (trisodyum fosfat, 30 gr/lit).

6. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

7. Adım: Durulama

%10’ luk sülfürik asitte durulayın.

8. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

9. Adım: Flaş Kaplama

Malzemeyi tipik bir krom banyosunda flaşlayın. Yaklaşık 16,2 A/dm² kullanarak 60 saniye flaş işlemi yapın. Banyo sıcaklığı en az 49 °C olmalıdır ve banyodaki bakır ve demir kirleticiler az olmalıdır!

10. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

11. Adım: Wood’s Nikel Flaşı

Wood’s nikel flaşı kullanın (Aktivasyon işlemi 1, sayfa 18).

12. Adım: Nikel Kaplama

Nikel banyosunda kaplayın.

TUNGSTEN ÜZERİNE KAPLAMA – 1. METOT

1. Adım: Temizleme ve Yağ Alma

Normal temizleme ve yağ alma.

2. Adım: Dağlama

3,1 A/dm² de, ağırlıkça %10' luk KOH içinde iki dakika dağlayın (oda sıcaklığı).

3. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

4. Adım: Kobalt Flaş Banyosu

31 A/dm² de bir dakika veya 7,75 A/dm² de altı dakika kobalt flaşı yapın. Molibden kaplamada anlatılan flaş banyosunu kullanın.

5. Adım: Kaplama

Nikel veya krom kaplayın.

TUNGSTEN ÜZERİNE KAPLAMA – 2. METOD

1. Adım: Temizleme ve Yağ alma

Normal temizleme ve yağ alma.

2. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

3. Adım: Anodik İşleme

Aşağıdaki çözeltide bir dakika anodik olarak işleyin.

Nikel sülfat (hidratlı)	.	.	.	.	.	.	200 gr/lt
HF (konsantre).	.	.	.	.	.	.	400 ml/lt
Süre	.	.	.	.	.	.	1 dakika
Gerilim	.	.	.	.	.	.	10 Volt
Sıcaklık	.	.	.	.	.	.	20 °C

Devamında 30 saniyeliğine katodik olarak işleyin.

Flaş banyosu bir aydan sonra kötülecektir. İyi sonuçlar almak için tekrar yenisi hazırlanmalıdır.

4. Adım: Kaplama

Nikel ile kaplayın.

İkinci metot sinterlenmiş toz halindeki metal tungsten parçalarda işe yaramayacaktır.

TANTAL VE NİYOBYUM ÜZERİNE KAPLAMA

Bu iki metal ile gerçek atomik bağ elde etmek son derece zordur. Sebebi tam olarak açıklığa kavuşmamıştır, ama muhtemel sebepler oksidin yüzeye sıkıca yapışmasındaki kararlılığı ve yeniden oluşmadaki hızıdır. Bu yüzden daha iyi bir metot bulunana kadar (belki de siz bulursunuz) mekanik olarak yapışıklık elde etmeye razı olmak zorundayız.

1. Adım: Dağlama

Temizledikten sonra metali aşağıdaki çözelti ile anodik olarak dağlayın.

HF	.	.	.	.	.	.	2,5 birim (hacmen)
HCl	.	.	.	.	.	.	2,5 birim (hacmen)
Metil alkol (salt)	.	.	.	.	.	.	95 birim (hacmen)
Akım yoğunluğu	.	.	.	.	.	.	1,94 A/dm ²
Katotlar	.	.	.	.	.	.	Nikel
Süre	.	.	.	.	.	.	20 – 40 dakika
Sıcaklık	.	.	.	.	.	.	30 – 45 °C

2. Adım: Durulama

Tamamen durulayın

3. Adım: Wood's Nikel Flaş

Wood's Nikel Flaşı kullanın (Aktivasyon işlemi 1, sayfa 18).

4. Adım: Nikel Kaplama

Nikel kaplayın.

DÖKME DEMİR ÜZERİNE KAPLAMA

Dökme demir çinko ile kaplanacağı zaman bazı sorunlar çıkarır. Bu olaydan çinko kaplama konusu altında bahsedilmişti. Ama burada da tekrar edilecek. Yüzeyde hidrojen eşik gerilimini düşüren, hatırı sayılır miktarda grafit (karbon) vardır, bu yüzden yüzeye çinko yerine hidrojen kaplanır. Bu sorunun üstesinden gelmek için birkaç teknik geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları bir kalay, bakır veya kadmiyum çözeltilerinde flaşlamadır. Başka bir metot ise dökümü siyanürlü çinko banyosunda kaplamadan önce, 26,7 °C' de, 100 – 200 gr/lt sodyum siyanür çözeltisine dört saatliğine daldırmaktır.

DÜŞÜK KARBONLU ÇELİKLER¹

Magnezyum sülfat – sülfürik asit aktivasyon banyosu, kurum oluşumunu mümkün olduğu kadar azaltan ve düşük akım yoğunluklarında çalışan mükemmel bir aktivasyon işlemidir.

Sülfürik asit	.	.	.	.	.	.	250 gr
MgSO ₄ . 7H ₂ O	.	.	.	.	.	.	500 gr
Su	.	.	.	.	.	.	250 gr

Çözeltiyi hazırlarken tankın % 20 sini suyla doldurun, daha sonra İngiliz tuzu (magnezyum sülfat) ekleyip çözün. Bundan sonra dikkatli bir şekilde sülfürik asidi ekleyin. Banyo magnezyum sülfat açısından her zaman doymuş durumda olmalıdır. Asit eklendikten sonra, daha fazla çözünemeyene ve çözünmemiş bir miktar tankın dibinde birikene kadar magnezyum sülfat ilave edin.

¹ Paslanmaz çelik, Wood's nikel flaş ya da HCl ile asitleştirilmiş seyreltik bakır sülfat banyosu ile kaplama için aktive edilebilir. Bir karbon anot kullanın.

Bu banyo, akım yoğunluğunun 3,23 A/dm² nin üstüne çıkmasına izin verilmeksizin anodik olarak kullanılır. Çalışma sıcaklığı önemlidir ve en iyi sonuçların alınabilmesi için 15,6 °C' yi geçmemelidir. Bu da soğutma gerekeceği anlamına gelir.

İşlem sırasında çelik alışımlı yollarla temizlenip durulanır ve 3,23 A/dm² de anodik olarak 5 dakika süreyle aktivasyon banyosuna daldırılır. Bundan sonra hiç vakit kaybetmeden suyla durulanır (sıcaklık: 21 °C – 26,7 °C) ve hemen nikel kaplama banyosuna geçilir.

NİTRATLI (AZOTLU) ÇELİKLER

Yüzeyde nitrat varlığı yapışıklıkla ilgili sorunlara yol açar. Sülfürik asit banyosundaki anodik işlemden sonraki ek adımlarla beraber, 19. sayfada nikel alaşımlarının aktive edilmesinde verilen üçüncü aktivasyon metodunu kullanın. Duruladıktan sonra anodik ve katodik olarak işlemek için Woods nikel'e geçin bundan sonra da hiç vakit kaybetmeden nikel kaplama banyosuna geçin.

KARBONİTRATLI ÇELİKLER

Bunlar, aslında metalik olmayan bileşikler olan karbitlerin ve nitratların oluşturulması amacıyla karbon ve nitrojenin yüzeye nüfuz ettirildiği karbonitratlama süreci ile yüzeyleri sertleştirilen çeliklerdir. Karbitler sıkıntı vericidir ama nitratlar daha da sıkıntı vericidir. Eğer yüzeyde nitrat formunda çok fazla nitrojen varsa yüzeyi kaplamak nerdeyse imkânsız hale gelir. Böyle durumlarda tek çözüm yolu malzemeye nitratların yüzeyden uzaklaşmasını sağlayacak bir ısıtma işlemi uygulamaktır. Bu işlem bir miktar yumuşamaya sebep olacaktır (karbonitratlamanın amacı oldukça sert bir yüzey elde etmektir) ama bu yumuşama örtücülük kalitesini düşürecek kadar fazla değildir. Uygun bir yumuşak ısıtma işleminden (menevişleme = temperleme) sonra yüzey elektro kaplamayı kabul edecek duruma gelecektir.

HİDROJEN GEVREKLİĞİ

Gerçekte daha ileri seviye bir dersin içeriği olduğu için (krom kaplamada bundan bahsedilmişti) bu konuyu burada anlatmaya niyetli değildim, ama çeliğin özellikle yüksek güçlü çeliklerin elektro kaplanmasıyla alakalı olduğu için burada çok basit bir şekilde tekrar ele alacağım.

Kuvvetini oldukça arttırmasını sağlayan karbon ve diğer alaşım elementleri içeren çelikler, asitle temizleme ve elektro kaplama sırasında oluşabilecek hidrojen içeren ortamlarda garip bir Şekilde kırılğan hale gelmektedir. Henüz tamamen açıklığa kavuşmuş olmamakla beraber, atomik yapıdaki hidrojen çeliğe nũfuz etmekte ve bir Şekilde elik ile metalik olmayan kovalent bağ oluşturmaktadır. Bu, uygulanan gerilmenin sıradan metalik kayma (esneme) oluşturmadığı bũlũmler oluşmasına sebep olur. Bunun yerine bu noktalarda ufak çatlamalar olur ve uygulanan gerilim arttırılınca bu çatlamalar kırılmayla sonuçlanır.

elik yaylara çinko kaplarken zorluk yaşayan bir kaplama fabrikasına ağırıldığımda yaşadığım ilk deneyimimi anlatacayım. İnce Şerit tipindeki yaylar bir askıya yerleştirilmişti ve kaplamacı kaplama prosedũrũnũ uygularken bũyũk bir merakla izledim. Yayları katodik olarak iki dakika sũreyle elektrikli temizlemeye tabi tuttu ve soğuk su ile duruladı, daha sonra askıyı soğuk sudan çıkarırken yaylar kırılıp yũzlerce parçaya ayrıldı ve her tarafa dağıldı (Başlangıçta helezon biçiminde sarılmışlardı). Asla unutamayacağım bir gũrũntũydũ! Onlara ũnerdiđim özũm ne miydi? Hiçbir Şey. Onlara bu işi unutmalarını sũyledim. ũnkũ bir çok durumda doğru olan bir prosedũr izleyip malzemeyi anodik olarak temizleseler bile ũnceki çinko kaplama sırasında muhtemelen aynı sebeplerden dolayı çeliğe çok fazla hidrojen nũfuz ediyordu. Bu durumdaki bir yayı neden kaplayasınız ki?

Gũnũmũzde yũksek kuvvetteki çeliği gevretmeden kaplamanın yolları mevcuttur. Bu yollardan biri Şudur.

1. Adım: Temizleme

Buharlı yağ alma ile temizleyin.

2. Adım: Aside Daldırma

Parçaları ultrasonik olarak 25 kilohertz' de titreştirirken 21 °C' deki %20' lik HCl çözeltisine daldırın.

3. Adım: Durulama

Soğuk suda durulayın.

4. Bakır Sũlfata Daldırma

pH derecesi 2,6 olana kadar H₂SO₄ eklenmiş %10' luk bakır sũlfat çözeltisine daldırın (Parlak bir bakır kaplama elde etmek için 10 saniyeliğine daldırın).

5. Adım: Durulama

Soğuk suda durulayın.

6. Adım: Aside Daldırma

Parçaları %12 nitrik, %34 asetik asit çözeltisinde beş dakika süreyle işleyin.

7. Adım: Durulama

Önceki gibi ultrasonik olarak titreştirirken parçaları soğuk suyla durulayın.

8. Adım: Çinko Kaplama

Çinko banyosuna elektrotlarda gerilim var iken geçin.¹

Not: Çinko banyosu şu koşullardaki çinko siyanür tipi bir banyo olmalıdır: Hidroksit iyonu normalitesi ile siyanür iyonu normalitesi arasındaki fark yaklaşık 1,2 olmalıdır. Siyanür normalitesinin çinko normalitesine oranı 1,2 olmalıdır. Banyo kullanılmadan önce çinko tozu işlemi ile arıtılmış (Bkz. Çinko kaplama), karbon ile filtre edilmiş ve boşta temizlenmiş olmalıdır.

KROM ÜSTÜNE KROM KAPLAMA

Nadiren krom üstüne krom kaplamak zorunda kalabilirsiniz. Bu durum özellikle sert kromu belirli bir kalınlığa kadar kapladığınızda başınıza gelir. Kaplamanın kalınlığını kontrol etmek için işlemi durdurmak isteyebilirsiniz. Kaplamaya kaldığı yerden devam edeceğiniz zaman, kromun üzerinde yapışkan bir krom kaplama elde etmek konusunda sorun yaşarsınız. Bu olay kromu pasif yapar ve ek olarak kolayca nemlendirilemeyen bir yüzey oluşmasına sebep olur. Aşağıdaki prosedür bu problemin üstesinden gelmenize oldukça yardım eder.

1. Adım: Elektrikli Temizleme

6 voltta 30 – 60 saniye süreyle anodik olarak elektrikli temizleyin.

¹ Krom kaplamada anlatılmış olan hidrojen gevretmesini önleyici bir işlem, burada da kaplamadan sonra önerilmektedir.

2. Adım: Durulama

Tamamen durulayın.

3. Adım: Dağlama

247,15 gr/lt kromik asitte dağlayın (Acil bir durumda sıradan bir kaplama tankı kullanılabilir de, normalde özel bir dağlama tankı kullanılmalıdır). Tank boyunca 6 volt gerilim uygulayarak 60 °C sıcaklıkta dağlayın. Göz ile düzgün şekilde gaz çıkışı görülene kadar dağlayın.

4. Adım: Kaplama Banyosuna Yerleştirme

Akım kapalıyken kaplama banyosuna yerleştirin, 10 dakika bekleyin. Hidrojen baloncukları çıkmaya başlayana kadar akımı arttırın ve bu noktada 10 dakika tutun. Akımı doğru akım yoğunluğuna kadar yavaşça arttırın.

ANODİK AKTİVASYONDAKİ ZORLUKLAR

İnce köşeli bazı objelere asidik tip çözeltilerde uygulanan anodik aktivasyon işlemleri köşelerde ciddi boyutsal kayıplara yol açacaktır. Bu boyutsal kaybı en aza indirmenin bir yolu objeyi köşelerinde akım kalkını (current shield) ya da akım giderici (current thief) ile asmaktır.

EGZOTİK ALAŞIMLAR ÜZERİNE KAPLAMA

Bu başlık altındaki alaşımlar yüksek kuvvet ve sıcaklık gerektiren uygulamalarda kullanılan krom, nikel ve kobalt alaşımlarıdır. Üzerlerine nikel gibi diğer metaller de iyi şekilde kaplanabilmesine rağmen, bu alaşımlar genelde kromla kaplanır. Burada verilen tekniklerde krom kaplama kullanıldığı varsayılacaktır.

STELİT 21 ÜZERİNE KAPLAMA

1. Adım: Aside Daldırma

Bir dakika süreyle % 50' lik HCl' e daldırın.

2. Adım: Durulama

Soğuk suyla durulayın.

3. Adım: Aside Daldırma

71 °C' de 30 saniye süreyle konsantre nitrik aside daldırın.

4. Adım Durulama

Soğuk su ile durulayın.

5. Adım: Krom Kaplama

Akım kapalıyken 30 saniye süreyle krom kaplama banyosuna daldırın. 31 A/dm² de akımı açın.

HASTELLOY B ÜZERİNE KAPLAMA

Stelit 21 için kullanılan prosedürün aynısını uygulayın.

HASTELLOY C ÜZERİNE KAPLAMA

1. Adım: Aside Daldırma

Bir dakika süreyle % 50' lik HCl' e daldırın.

2. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın.

3. Adım: Anodik İşleme

Wood's nikelde 2,06 A/dm² de 20 saniye süreyle anodik olarak işleyin.

4. Adım: Katodik İşleme

Wood's nikelde 2,06 A/dm² de iki dakika süreyle katodik olarak işleyin.

5. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın.

6. Adım: Krom Kaplama Banyosuna Daldırma

Akım kapalıyken 30 saniyeliğine krom kaplama banyosuna daldırın.

7. Adım: Kaplama

Krom kaplama banyosunda 31 A/inç² de kaplayın.

V – 36 ALAŞIMI ÜZERİNE KAPLAMA

Hastelloy C için kullanılan prosedürün aynısını uygulayın.

SAE – 4340 TAKIM ÇELİĞİ ÜZERİNE KAPLAMA

1. Adım: Aside Daldırma

Bir dakika süreyle % 50 lik HCl e daldırın.

2. Adım: Durulama

Soğuk su ile durulayın.

3. Adım: Krom Kaplama Banyosuna Daldırma

30 saniye süreyle krom kaplama banyosuna daldırın (akım kapalıyken).

4. Adım: Ters Akımda Dağlama

15,5 A/dm² de 20 saniye süreyle ters akımda dağlayın (anodu model alın).

5. Adım: Kaplama

31 A/dm² de kaplayın.

TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA – 1. METOT

Titanyum, oksit tabakası sebebiyle zorluk teşkil eder. Aşağıdaki prosedür yapışık bir kaplama elde etmek için çok iyidir.

1. Adım: Buharlı Yağ alma

Alışıl gelmiş şekilde buharlı yağ alın.

2. Adım: Buharlı Aşındırıcı Püskürtme

100 grit alüminyum oksit kullanarak 30 – 40 psi'de (2,1 – 2,8 atm) buharlı aşındırıcı püskürtme yapın. Çıkarın ve 100 grit alüminyum oksit çamuruna yerleştirin. On dakika tuttuktan sonra çıkarın ve yapışan taneleri soğuk akar suda fırça ile temizleyin.

3. Adım: Aktivasyon

10 ml/lt konsantre hidroklorik asit eklenmiş %10 luk nikel klorür çözeltisi içeren aktivasyon çözeltisine daldırın. 65,6 °C çalışma sıcaklığında 2 dakika süreyle daldırın, daha sonra hemen elektrolize nikel banyosuna (bu banyoda kaplamaya başlarken, hidrojen çıkışı gözlenene kadar birkaç saniyelikliğine titanyumu katodik yapın) ya da diğer bir yol, akım açıkken nikel kaplama banyosuna geçin.

4. Adım: Durulama ve Kaplama

Uygun kalınlıkta bir nikel kaplama elde edildikten sonra çıkarın, durulayın ve arzu ettiğiniz başka bir metalle kaplayın.

Not: Ekstra güçlü bir yapışma için, elektrolize nikel kaplandıktan sonra bir ısıl işlem yapılabilir.

TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA – 2. METOT

1. Adım: Buharlı Yağ Alma ve Aşındırıcı Püskürtme

3. Adıma kadar titanyum üzerine kaplamada kullanılan 1. metodu uygulayın. Farklı olarak şunları yapın:

2. Adım Aside Daldırma

Titanyumu, kaynamakta olan konsantre HCl' ye 10 dakika süreyle daldırın.

3.Adım: Wood's Nikel Banyosu

Durulama yapmaksızın Wood's Nikel Banyosu'na geçin ve 5 – 30 dakika süreyle katodik olarak flaşlayın. Arzu edilen nikel kaplama için, durulamaksızın Watt's nikel banyosuna geçin.

Titanyum obje üzerine yapışıklığı güçlendirmek için, nötr veya indirgeyici bir atmosferde bir saat süreyle 540 °C' de (1000 °F) ısıl işlem uygulayabilirsiniz.

TİTANYUM ÜZERİNE KAPLAMA – 3. METOT

1. Adım: Buharlı Aşındırıcı püskürtme

100 grit alüminyum oksit kullanarak 30 – 40 psi' da (2,1 – 2,8 bar) buharlı aşındırıcı püskürtme yapın. Çıkarın ve 100 grit alüminyum oksit çamuruna yerleştirin. On dakika tuttuktan sonra çıkarın ve yapışan taneleri soğuk akar suda fırça ile temizleyin.

2. Adım: Solventle Yağ Alma

Alışılmış şekilde solventle yağ alın.

3. Adım: Aside Daldırma

Şu çözeltiliye daldırın: Bir hacim konsantre hidroflorik asit, üç hacim konsantre nitrik asit. Oda sıcaklığında kullanın. Kırmızı gaz çıkışı gözlenene kadar daldırın.

Uyarı: Tankın üzerinde havalandırma başlığı veya uygun bir havalandırma ile kullanın.

4. Adım: Durulama

Püskürtme ve saf veya deiyonize suya daldırma yapmak suretiyle durulayın.

5. Adım: Dikromata Daldırma

Dikromat daldırmasına koyun:

Sodyum dikromat	.	.	.	.	.	240 gr/lt
Hidroflorik asit (konsantre)	.	.	.	.	.	46,5 ml/lt
Su	.	.	.	.	.	3,79 lt

Saf su kullanarak hazırlayın. 93 °C’ de uygulayın.

6. Adım: Durulama

Kuvvetli karıştırma ile soğuk akar suda durulayın.

7. Adım: Kaplama

Bir asitli bakır kaplama banyosunda kaplayın.

PRES DÖKÜM ÇİNKO ÜZERİNE KAPLAMA

Pres döküm çinko, kaplamada neredeyse her zaman soruna yol açar. Alaşımların hazırlanmasında kullanılan metaller bir sebepten dolayı yüksek miktarda reaktiftir. Dökümler, içinde işlendikleri çözeltiyi göz ardı edilemeyecek miktarda tutabilecek kadar gözenekli olabilirler, bu da daha sonra sızıntı ve yapışıklık sorunlarına yol açar. Hatırlanmalıdır ki genelde, polisaj ve perdahlama işlemlerinde fazla sorun teşkil etmeyen sağlam bir döküm, kaplama işlemlerinde de fazla sorun teşkil etmeyecektir. Göz önünde bulundurulması gerekenler kötü yüzeyli dökümlerdir.

1. Adım: Buharlı Yağ Alma

Püskürtme ile buharlı yağ alma yapın. Parçaları kâfi biçimde asın ve yağ alma akışkanının “bozuk” olmamasına dikkat edin. Bu adım çok önemlidir, bu yüzden yeterli dikkati gösterin. Malzeme üzerinde beyaz veya renklenmemiş noktaların oluşması yağ alma akışkanının bozulmuş olduğunu gösterir. Eğer gerekirse iç taraftaki bölümleri yumuşak flanel kumaşla derinlemesine silerek artakalan perdahlama bileşiğini çıkarın ve işlemi tekrarlayın.

2. Adım: Katodik Temizleme

Aşağıdaki temizleyicide katodik olarak temizleyin:

Trisodyum fosfat	.	.	.	.	.	15 gr/lt
Sodyum karbonat	.	.	.	.	.	7,5 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	.	79 °C
Gerilim	.	.	.	.	.	6 Volt
Süre	.	.	.	.	.	1 – 2 dakika

Not: İyi bir ticari temizleyici de kullanılabilir.

4. Adım: Asitle Dağlama

Aşağıdaki her iki daldırma da iyi sonuçlar verecektir.

1. Hacmen %1' lik hidroklorik aside 30 ila 40 saniye süreyle veya
2. Hacmen %10' luk asetik aside 30 ila 90 saniye süreyle daldırma.

5. Adım: Durulama

Hızlı bir şekilde durulayın ve hemen 6. adıma geçin.

6. Adım: Bakır Flaş

Aşağıdaki banyoda bakır flaş yapın.

Bakır siyanür	.	.	.	.	.	22,5 gr/lt
Sodyum siyanür	.	.	.	.	.	30 gr/lt
Sodyum karbonat	.	.	.	.	.	15 gr/lt
Sıcaklık	.	.	.	.	.	60 °C
Gerilim	.	.	.	.	.	6 Volt
Süre	.	.	.	.	.	2 – 5 dak.

7. Adım: Bakır Kaplama

Standart bakır kaplama banyosunda bakır kaplayın.

***Not:** Kaplama işleminden önce pres döküm çinkoya uygulanacak mekanik cilanın türü önemlidir. Basınçlı döküm genelde nispeten gözeneksiz ince bir kabuğa sahiptir ve bunun altında da oldukça gözenekli bir yapı vardır. Bu yüzden eğer mümkünse bu gözenekliliği dışarı çıkaracak muamelelerden kaçınmak akıllıca olacaktır. Bu teorik olarak iyi bir prensiptir, ama eksik döküm (cold shot) gibi birçok kusurun bu ince kabuğun altına kolayca girebilmesi ve kusuru cilalama suretiyle giderirken gözenekliliğin ortaya çıkması sebebiyle, onarma işi pratikte oldukça zordur. Pres döküm çinkolar için çamur parlatma(slurry polishing) ve spin cilalama(spin finish) gibi mekanik parlatma metotları önerilmektedir. Alternatif bir metotta plastik yongalar ile titreşimli cilalamadır.*

PRES DÖKÜM ÇİNKO ÜZERİNE KAPLAMA – BİR DİĞER PROSEDÜR

Pres döküm çinko üzerine kaplama yapılması gerektiğinde aşağıdaki prosedür ile daha iyi ve maliyeti daha düşük sonuçlar alınır.

1. Adım: Cilalama

Ayrılma hatlarını iki ila beş dakika cilalayın.

2. Adım: Asma

Temizleme ve kaplama için **asın**.

3. Adım: Ön Temizleme

Yumuşak alkalik temizleyiciye daldırarak ön temizleme yapın. Durulayın.

4. Adım: Elektropolisaj

Elektropolisaj yapın ve durulayın (alkali elektropolisaj)

5. Adım: Durulama ve Aside Daldırma

Durulayın. Aside daldırın (daha önce verilmiş olan iki asit daldırmasından birini kullanın). Durulayın.

6. Adım: Flaş Kaplama

Roşel bakır flaş banyosunda beş-yedi dakika süreyle flaşlayın. Durulayın.

7. Adım: Bakır Kaplama

20 dakika süreyle parlak asit bakır banyosunda kaplayın.

8. Adım: Durulama ve Aside Daldırma

Durulayın, aside daldırın, yine durulayın.

9. Adım: Kaplama

Arzu edilen metalle kaplayın.

Zor Metaller Üzerine Kaplama konusunun sonuna gelmiş bulunuyoruz. Çeşitli metalleri kaplama yollarını öğrendiniz ve tecrübe ettiniz. Bu bölümde prosedürlerin ve reçetelerin sadece bir kısmı izah edilmiştir. Hayal edebileceğiniz üzere, belli metaller üstüne belli elektro kaplamaları elde etmenin detaylı yollarını ve vasıtalarını veren binlerce patent mevcuttur (bazıları basıldıkları kâğıt kadar bile değerli değilken, bazıları oldukça değerlidir). Ama bu patentlerin temelinde bu bölümün başında özetlediğim temel hususlar vardır, bu hususları aklınızda tutmanızı öneririm. Bunları anladığınızda bir X metalini bir Y metali üzerine kaplamak için kendi gözde prosedürünüzü yaratamamanız için hiçbir sebep yoktur (tabi mümkünse!). Şimdi bu bölümde gördüklerimizi kısaca tekrar edelim.

Bazı metaller kaplanmayı reddeder çünkü:

1. Ticari olarak temizlenmiş olan metalin yüzeyinde çıkarılması zor olan bir oksit veya bileşik vardır.

2. Metalin yüzeyinde çıkarılması kolay, ama eski halini alması daha da kolay olan bir oksit veya bileşik vardır.

3. Metal (genellikle alaşım), yüzeyde birbirinden ayrı ve kaplamayı zorlaştıran ya da imkansız kılan bozucu farklı fazlara sahiptir.

Birinci tipteki durumlarda, problemi şöyle çözebilirsiniz: Oksidi veya bileşiği uygun bir çözelti kullanarak çözüp yeniden oksit oluşmadan önce malzemeyi kaplama banyosuna transfer ederek.

İkinci tipteki durumlarda eğer transfer zamanı yeterince kısa tutulabiliyorsa ve uygulama hala pratik oluyorsa sorunu yukarıdaki gibi giderebilirsiniz. Eğer oksit bileşiğinin yeniden oluşumu çok hızlı gerçekleşiyorsa oksidi çözecek bir aktivasyon işlemi uygulayarak yüzeyde daha sonraki oksidasyonu önleyecek bir tabaka elde ettikten sonra eş zamanlı olarak bu tabakayı çözüp istenilen metali kaplayacak bir kaplama banyosuna geçmelisiniz..

Üçüncü tipteki durumlarda seçimleriniz şunlar olacaktır:

1. Sorun çıkaran maddeyi uygun bir çözelti vasıtasıyla çözün. Kurşun pirinci yüzeyine yayılmış yüksek miktardaki kurşunun kaplamadan önce kazıma/soyma yoluyla fiziksel olarak çıkarılmasını bu tekniğe örnek olarak gösterebiliriz.

2. Eğer mümkünse sorun çıkaran maddeyi uygun bir ısı muamelesi ile çıkarın. Örneğin yüzeyi sertleştirilmiş bir çeliğin yüzeyinde aşırı miktarda karbit ve/veya nitrür varsa, çeliğe, bu sorun çıkaran maddeleri yüzeyden uzaklaştırıp daha sonraki elektro kaplamalarda iyi bir yapışıklık elde edilebilmesini sağlayacak yumuşatıcı bir ısıl işlem uygulanabilir.

3. Eğer maddeyi çıkaramıyorsanız, sorunlu yüzeyin kaplamayı mekanik olarak tutabilmesini sağlayacak bir işlem uygulayın. Buna verilecek bir örnek yapışıklığın direk atomik bağ oluşumuna değil de, mekanik kilit ve Van Der Waals kuvvetlerine bağlı olduğu Tantal üzerine kaplamadır. Bazı durumlarda doğru atomik bağ metotların kombine edilmesiyle elde edilebilir. Birkaç patente tantal üzerine doğru atomik bağ elde edilebileceği ileri sürülmektedir. Bunlardan bazıları iyi yapışıklık elde etme konusunda oldukça tutarsızdır – ama bazıları da gerçekten işe yaramaktadır! Buna bağlı olarak sizin de hayal gücünüzü çalıştırıp, bu inatçı metalleri uysallaştırmanın bir yolunu bularak kaplamacıları sıkıntılardan kurtarma imkânınız vardır.

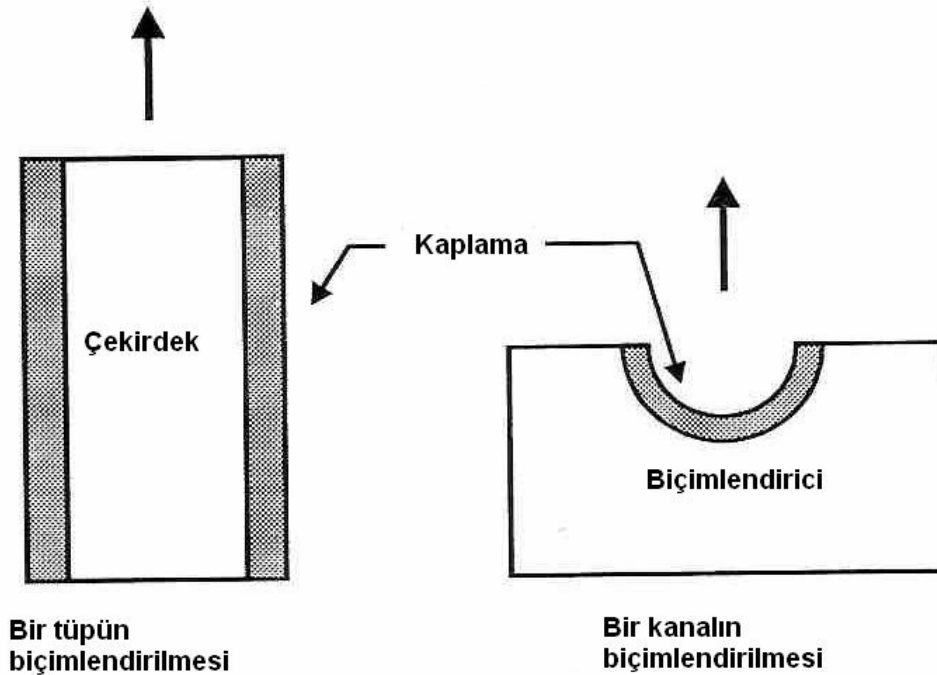
Şimdi farklı bir konuya geçiyoruz: Elektrikle şekil verme.

ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME

Elektrikle şekil verme ilk olarak bir Alman üniversite profesörü olan, Litvanya Riga’ da eğitim vermiş Profesör Moritz H. von Jacobi tarafından bulunup geliştirilmiştir. 1838 yılında Rusya’daki St.Petersburg Bilimler Akademisi’ ne icadı hakkında bir tez sunmuş ve bu göze çarpan çalışmasından dolayı 25.000 rublelik (bugünün parasıyla yaklaşık 300.000 dolar) cömert bir ödül almıştır. Kendisi, madalya imalatı ve sanat işlerinde kullanılan bu metoda **galvanoplasti** adını vermişti. Günümüzde **elektrikle şekil verme (electroforming)** olarak bilinmektedir.

Peki, elektrikle şekil verme nedir? Basitçe açıklarsak, elektrikle şekil verme, **metalın biçimlendirildiği ya da belli bir formda üretildiği bir elektro kaplama ya da elektrolitik sürecidir.** Diğer bir deyişle dökme ve basma gibi, metalden malzeme üretmeye yarayan bir işlemdir. Muhtemelen en verimli elektro kaplama sahalarından biridir.

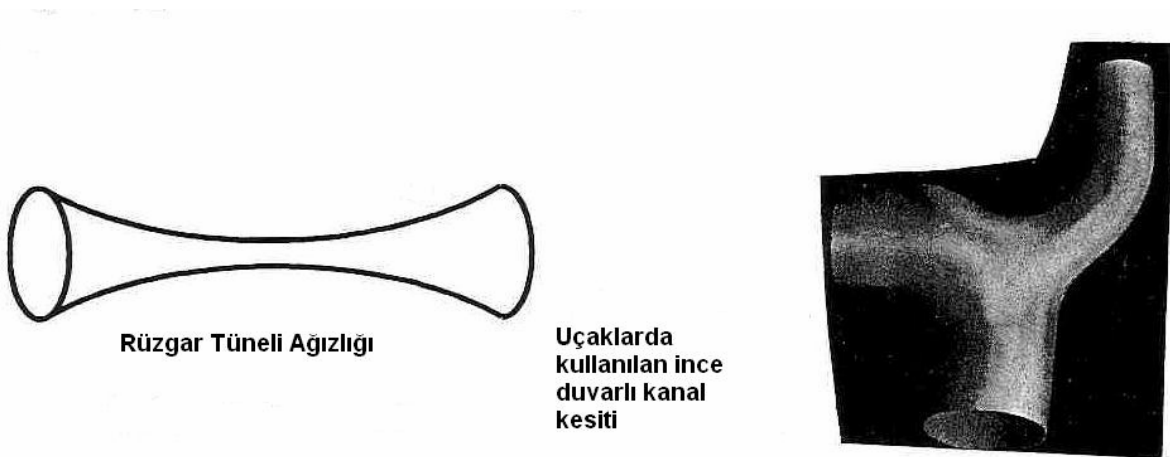
Elektrikle şekil verme nasıl yapılır? Temelde, süreç çıkarılabilir maça, kalıp veya şekil verici bir nesne üzerine kalın bir metal tabakasının kaplanması içerir. Daha sonra kalıp çıkarılır ve geriye kalıbın negatif veya pozitif kopyası şeklindeki kaplanmış metal kalır. Temel prensipler Şekil 3’ te gösterilmiştir.



Şekil 3 - Elektroformlama

Elektrikle şekil vermenin avantajı nedir? Elektrikle şekil vermenin ilk büyük avantajı bu yolla yapılan çoğaltmada ana modelin en ince detayına ve bütün hatlarına bilinen diğer bütün yollardan daha sadık kalınmasıdır. Öyle ki bu yolla çoğaltılan ve imal edilen nesnelere için “Bir elmanın iki yarısı kadar benzer” deyimini kullanmak yerinde olacaktır. Sam Amcanın banknotlarının basılması buna tipik bir örnektir. Oyularak elde edilmiş çelik bir plaka, senetleri ve banknotları basmak için kullanılacak, tamamen birbirinin aynı ana baskı kalıpları üretmek için elektrikle şekil verme yoluyla titizce çoğaltılır. Bu elektrikle şekil verme dalı genelde **elektrotipografi** olarak adlandırılır. Başka bir genel örnek ise plak yapımı üzerinedir; özel bir reçine (gomalak = shellac) bileşimi üstündeki, insan saçından daha ince olan bir dizi spiral çizik, metal formda aynı tipte istenilen miktarda çoğaltılır, bunlar da tamamen ana kaydın kopyasından ibaret olan, çalınan plakaların basılmasında kullanılan ıstampaların üretilmesinde kullanılır.

Elektrikle şekil vermenin ikinci büyük avantajı ise diğer metal işleme metotlarıyla yapılması imkânsız olan şeylerin elektrikle şekil verme ile yapılabilmesidir. Bu nesnelere diğer metal işleme metotlarıyla üretilmesi o kadar pahalı ve karmaşıktır ki, bu metotların kullanılmasını imkânsız kılar. Özel şekillendirilmiş dalga kapacları ve radar işleri için kılavuzlar, pilot tüpleri ve süpersonik rüzgâr tüneli ağızlıkları gibi egzotik cisimlerden tuvalet şamandıra haznelere gibi basit cisimlere kadar geniş bir alana yayılmış uygulama örnekleri vardır! Şekil 4’ te verilen örnek anlatılmak istenen hakkında bir fikir edinmenize yardımcı olacaktır. Diğer metal şekillendirme yöntemleri ile, içi pürüzsüz olacak şekilde ve tek parça halinde böyle bir şekil oluşturulamaz. Ama metali mum veya erime noktası düşük bir alaşımdan yapılmış kalıba kaplayıp, kalıp çıkarıldıktan ya da eritilerek ayrıldıktan sonra iç hatları kusursuz ve pürüzsüz olan, tek parçadan oluşan malzeme elde edilir. Bu tek örnek elektrikle şekil vermenin size sunduğu imkanlar hakkında sadece çok az bir fikir edinmenizi sağlar. Bu yöntemle et kalınlığı 25 mikron olan ufak, narin parçalar veya et kalınlığı 5 cm.ye kadar olan büyük hacimli parçalar elde edilebilir.



Şekil 4 - Zor Bir Şekli Elektroformlama

Son olarak, elektrikle şekil vermenin gün geçtikçe değeri daha çok anlaşılacak bir avantajı daha vardır. Elektrikle şekil verme, metalden ve enerjiden tasarruf edilmesini sağlayan bir işlemdir. Metallere şekil verme ve üretimde kullanılan diğer yöntemlerde hem enerji hem de metal israfı olmaktadır. Basit hesaplamalar gösteriyor ki elektrikle şekil verme ile hatırı sayılır bir enerji tasarrufu yapılır ve bir nesneyi preste basmak yerine elektrikle şekil verme ile elde edersek metalden tasarruf etmiş oluruz. Doğrusu elektrikle şekil verme günümüzde preste basma ile rekabet edecek durumda değil, ama metallerin maliyeti arttıkça bir gün maliyet hususunda tercih edilen tek yöntem haline gelecektir!

Bu enerji ve malzeme tasarrufu hakkındaki fikirle bağlantılı olan başka bir elektrikle şekil verme uygulaması da, hatalı üretilmiş metal parçaların onarılması ve boyutlandırılmasıdır. Eksik boyutlandırılmış metal parçaların hurdaya atılma zorunluluğu artık yoktur. Bu parçalar elektrikle şekil verme ile yeniden işlenip, istenilen orijinal boyutlarına getirilerek binlerce dolar kar edilebilir.

Pekâlâ, elektrikle şekil verme hakkında size oldukça fazla ikna edici şey söylemiş bulunuyorum. Şimdi temel bilgilere geçebiliriz.

ELEKTRİKLE ŞEKİL VERMENİN TEMEL ADIMLARI

Elektrikle şekil verme şu adımları içerir.

1. Maça, mandrel veya kalıp gibi çeşitli malzemeler (bunlar daha sonra açıklanacak) daha sonra elde edilecek metal kaplamadan kolayca ayrılabilmesi şeklinde işlenebilir.
2. Arzu edilen metal veya metaller, bu mandrel veya kalıp üzerine istenilen kalınlıkta kaplanır.
3. Mandrel veya kalıp kaplamadan ayrılır.
4. Kaplamanın kaba tarafı (duruma göre içi veya dışı olabilir) makinede işlenerek (kaplamanın çok kalın olmadığı ve makinede işlemenin gerektiği durumlarda, kaplama genelde kalıptan ayrılmadan işlenir) ya da arzu edilen başka bir metot ile monte edilir veya parlatılır.

KALIPLAR

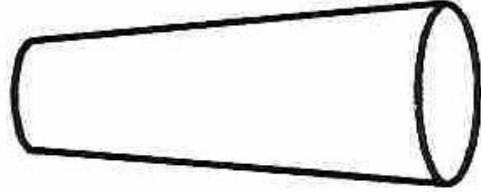
Kolaylıkla anlaşılabilmesi üzere, kullanılan mandrel (veya kalıp) daha sonraki kopyaların elde edileceği ana model (master) olduğundan işlemin en önemli parçasıdır.

Maçaları iki ana gruba ayırmak mümkündür: **kalıcı ve harcanabilir**

Kalıcı maçalar genelde paslanmaz çelik, krom ya da nikel kaplanmış çelik, kurşunlu pirinç veya nikelden yapılır. Ayrıca sulu basılmış (slush molded) polivinil klorür plastisoller gibi esnek plastik malzemelerden de yapılabilir. Kalıcı maça kullanımına tipik örnek, Şekil 5’ te gösterilen kaynaksız bakır tüplerin ve özel konik tüplerin yapımıdır.



Tüp biçimlendirici

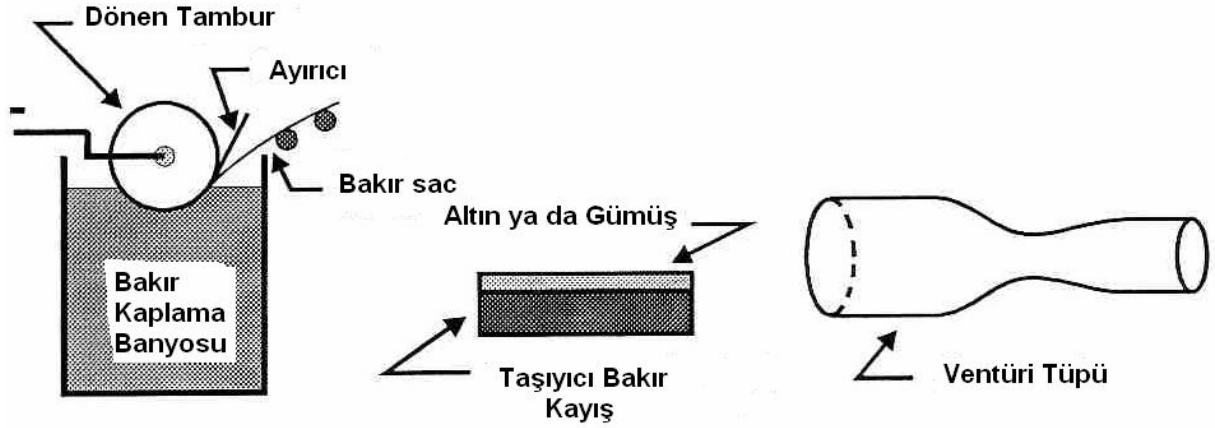


Konik tüp Biçimlendirici

Şekil 5 - Tipik Kalıcı Çekirdek Örnekleri

Kalıcı maça tamamen istenilen şekilde cilalanır ve bir ayırma bileşiği ile işlenir, daha sonra uygun boyutta kaplanır. Kaplama işi bittikten sonra, nazikçe dış kısım ısıtılarak ya da iç kısım soğutularak veya esnetmek (eğer uygunsa) suretiyle çekirdeğin çıkarılmasına izin verecek kadar bir genlik farkı elde edilir ve maça çıkarılır; bundan sonra maça diğer kaplama işleri için hazırdır. Genelde dış taraf makinede işlenecekse bu, maça çıkarılmadan önce yapılır.

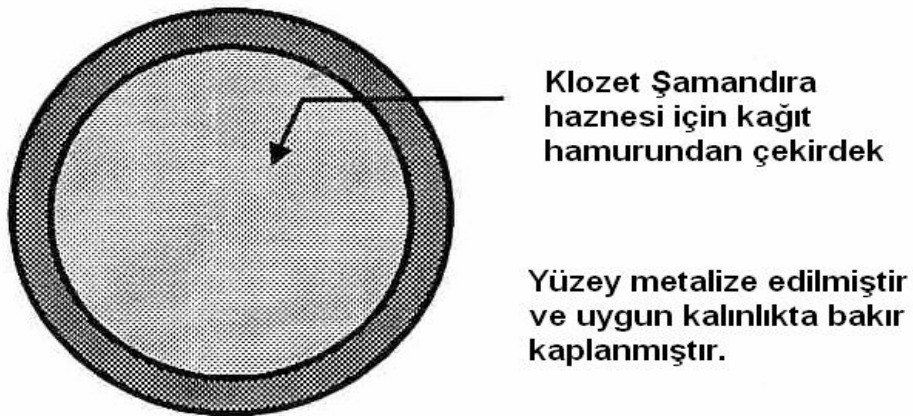
Kalıcı mandrellerin kullanımına birçok örnek mevcuttur. Örneğin bakır sac imalatında kalıp, Şekil 6’ da gösterildiği gibi bakır kaplama banyosu içinde dönen, pürüzsüz şekilde krom veya renyum kaplanmış metal bir tamburdan ibarettir. Tambur sürekli dönerken özel olarak tasarlanmış bir düzenek kaplanan bakırı ayırır ve bakır sacı yıkama ve kurulama işlemlerinden geçirir, böylece sürekli bir bakır sac imalatı yapılır. Bu yolla 25 mikron ve üstü kalınlıkta bakır sac imal edilebilir. Altın harflerin yapımında kullanılan altın varak, hareketli, çok ince bir bakır şerit üzerine altın kaplayarak elde edilir. Üzerinde son derece ince bir altın tabakası bulunan bakır şerit, bakırın çözülüp ayrıldığı ve geriye ince bir altın tabakası bıraktığı nitrik asit banyosunda işlenir, daha sonra ince altın tabakası çok nazik olduğundan dolayı ince kâğıt veya plastik tabakalarıyla desteklenir ve yıkama ve kurulama işlemlerinden geçirilir. Diğer taraftan ince Venturi tüplerinin elektrikle şekil verme ile imalinde ise sıkça Şekil 6’ da gösterilen alüminyum kalıp kullanılır. Bu, daha sonra bir asit veya alkali ile çözülür ve iç hatları mükemmel olan bir tüp elde edilir.



Şekil 6 - Elektroformlamayla Elde Edilmiş Objeler

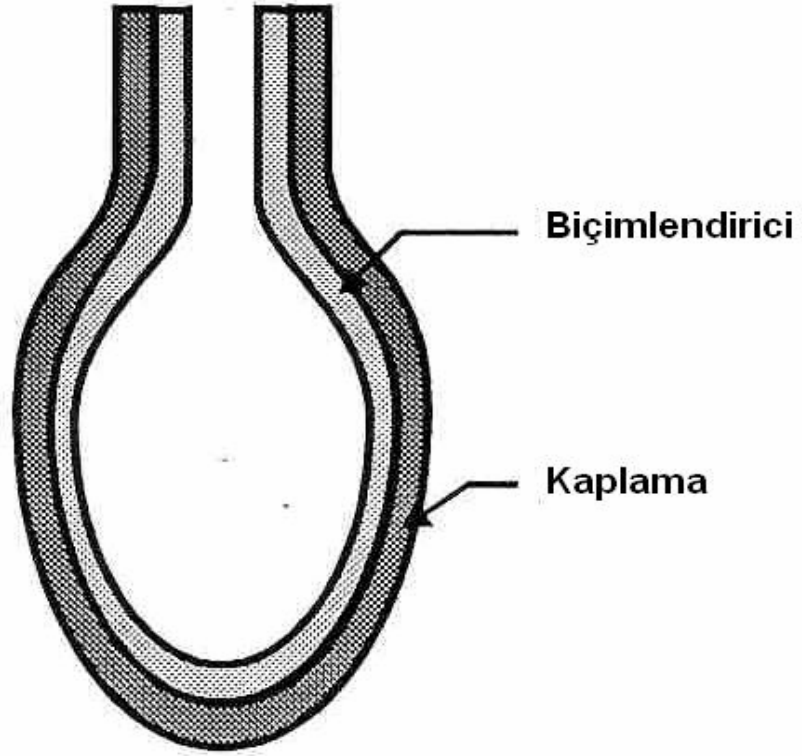
Ekranlar ve birçok tipte metal varak, fotoğrafçılık ve elektrikle şekil verme beraber kullanılarak elde edilebilir. Noktalar ve birçok farklı şekil, yalıtkan mürekkep kullanmak suretiyle metal tambur üzerine işlenebilir ve sıradan saclar değil de elektrikle şekil verilmiş varaklar elde edilebilir. Çeşitli kullanışlı tiplerde son derece güçlü malzemeler üretmek için metalik veya metalik olmayan fiberlerle güçlendirilmiş metaller de kaplanabilir.

Harcanabilir maçalar, mum, kâğıt, çözülebilir plastikler, lehim ve Rose metal (%50 Bi, %25-28 Pb, %22-25 Sn) gibi düşük erime sıcaklıklı alaşımlardan, çinko, alüminyum hatta bazı durumlarda kullanılan bakır gibi kolay çözülebilen metallerden de yapılabilir. Şekil 7 de harcanabilir maça kullanımına bir örnek olarak, tuvalet şamandıra valfleri için yapılan kaynaksız bakır şamandıra haznelerinin üretimi gösterilmiştir. Kâğıt kalıplar bakırın altında sürekli olarak kalır. Diğer durumlarda mum kalıp veya düşük erime sıcaklıklı alaşım eritilerek ayrılır veya kimyasal bir işlem ile çözülür.



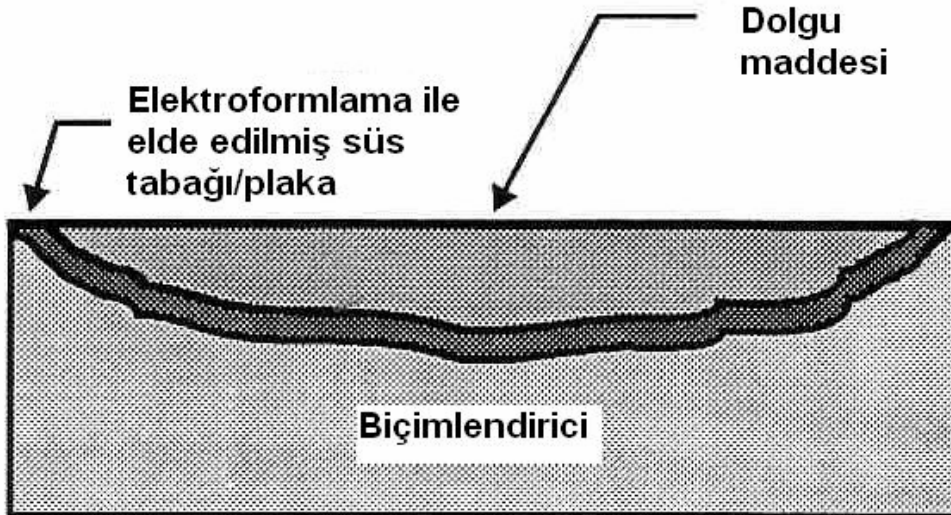
Şekil 7 - Genişletilebilir Çekirdek (Biçimlendirici)

Düşük veya yüksek basınçlı kuvvetler, tek duvarlı ve izole edilmiş çift duvarlı şişeler bu yolla Şekil 8’ de gösterildiği gibi yapılabilir.



Şekil 8 - Bir şişenin elektroformlamayla eldesi

Şekil 9 elektrikle şekil verme yoluyla bir plaketin nasıl yapılabileceğini göstermektedir.



Şekil 9 - Bir süs Tabasının/plakanın elektroformlama ile eldesi

Kalıplar ayrıca iletken olup olmamaları (iletken ise kaplamadan önce bir hazırlığa gerek yoktur) ve kaplamadan önce özel bir hazırlık gerektirip gerektirmemeleri açısından da sınıflandırılabilirler.

MANDRELLERİN TASARLANMASI

Bir mandrel tasarlarırken ederken, özellikle kalıcı tipte bir mandrel olacaksa, dikkatli olunmalıdır. Derin oyuklardan ve keskin köşelerden kaçınılmalıdır ve mümkünse kolay çıkarılabilmesi için mandreli tamamen saran ince bir mum kullanılmalıdır. Kalıp vinil plastisol gibi belli miktarda esnekliği olmayan bir malzemedan yapılmadığı sürece alttan kesme olmamalıdır. Pürüzsüz bir yüzey elde edilebilmesi için birleşme noktalarında parçalar birbirine sıkı bir şekilde kenetlenmeli ve birleşme noktası göze batmamalıdır. Aksi halde birleşme noktası ayırıcı bir çizgi oluşmasına sebep olur ve bunun kaplamadan sonra düzlenmesi gerekir.

Harcanabilir kalıplar kullanılarak fazla miktarda parça üretilecekse, kalıpların dökülebileceği bir kalıba gerek duyulur, eğer birkaç parçaya ihtiyaç varsa kalıplar makineyle işlenerek üretilebilir.

Ayırma işlemi: Kalıbın iletken olduğu varsayılırsa, elektriksel iletkenliği olan ama kaplanan malzemenin kolayca çıkarılabilmesini sağlayacak kadar yapısal olarak zayıf ya da eriyebilir veya pasif olan bir ayırma bileşiği ile işlenir.

AYIRICILAR (PARTERS)

Ayırıcılar aşağıdaki üç sınıflandırmadan birine ya da birkaçına birden dahil olabilir.

Kimyasal Tepkime Tabakaları (Filmleri): Bir iyot çözeltisinin plak endüstrisinde kullanımı buna tipik bir örnektir. İyot ince gümüş tabakasıyla tepkimeye girer ve gümüş iyodür oluşur. Burada fikir, elektriği iletecek ve zayıf olduğundan dolayı ayırma işinde zorluk çıkarmayacak bir metalik bileşik elde etmektir. Böylece, bileşik alkali banyosunda anodik yapıp nikkelle işlenerek pasifleştirilebilir.

Eriyebilir Tabakalar: Bu tip ayırıcılar sadece harcanabilir mandrel ve kalıplarda kullanılabilir. Mandrele çok ince bir kurşun, kalay veya kurşun – kalay alaşımı tabakası kaplandıktan sonra elektrikle şekil verilir. Bittikten sonra kurşun – kalay tabakası eritilir ve bu kolay ayrılmayı sağlar. Fakat ısıtma başka zorluklara yol açmamalıdır.

Organik veya İnorganik Tabakalar: Grafit, grafit mum kombinasyonları, gres kalıp üzerine kaplanacak ve kolay ayrılmaya yardımcı olacak birçok organik tabakadan birkaçıdır. İnorganik tabakalar tungsten ve molibden disülfürlerdir. Her ikisi de çözeltide çok ince taneciklere ayrılmış suspansiyon formunda veya çözünmüş olarak bulunur ve kalıp çözeltiye hızlı bir şekilde daldırılarak ya da püskürtme veya boyama ile uygulanması yoluyla çözülebilirler.

AYIRMA ÇÖZELTİLERİ

Aşağıda bu işte kullanabileceğiniz ayırma çözeltileri için birkaç reçete bulunmaktadır.

Airspun grafit	1814 gr
Balmumu	454 gr
Reçine	114 gr
Toluen	3,79 lt

Ayrılacak yüzey bu çözelti ile fırça, püskürtme ya da daldırma yoluyla kaplanacaktır (kullanmadan önce iyice karıştırın).

Şu çözelti mükemmel bir ayırma çözeltisidir:

680 gr balmumunu 5,68 litre toluenin içinde çözün.

Hafif bir akışkanlık elde edene kadar ince grafit hamurunu (satıcılarda bulunmaktadır) bu çözeltiyle seyreltin.

Ayrılacak yüzeye fırça, püskürtme ta da daldırma yoluyla uygulayın.

Bu tip ayırıcıların kullanımı, genelde krom kaplama gibi yapışık bir kaplamayı reddedecek yüzeylerde bile önerilmektedir.

Kurşun ve bakır üzerine daldırma veya püskürtmeyle kullanılmak üzere:

Sodyum sülfür	28,4 gr
Su	3,79 lt

Çoğu metalin üzerine daldırma veya püskürtmeyle kullanılmak üzere:

Sodyum dikromat	14,2 gr
Su	3,79 lt

Gümüş yüzeyler üzerine kullanılmak üzere:

Potasyum iyodür	50 gr
Su	100 mL
İyot	10 gr
Hazırlamak için Etil alkol	1 lt

10 – 20 saniyeliğine daldırın ve kurulayın

İletken olmayan yüzeyler için hem ayırıcı hem de yüzeyi iletken kılıcı özelliğinden dolayı grafit tercih edilir. Mum formlar üstünde oldukça işe yaramaktadır. Püskürtülmüş bakır tozu ve gümüş boya da aynı görevi görmektedir.

Aluminyum ve çinko kalıplar üzerine grafit ayırıcılar kullanılabilir ama genelde bu metaller çözülerek çıkarıldığından hiç ayırıcıya gerek kalmaz.

Eğer metal 11. derste anlatılan tipte ise yüzeye kurşun – kalay alaşımları kaplanabilir. Yaklaşık 13 mikron ila 50 mikron arası kaplama yapın. Elektrikle şekillendirilmiş malzemeyi çıkarmak için ısıtın. Yüzeyde kurşun ve/veya kalay kalmışsa fluoborik asitte çözümlenerek çıkarın.

KAPLAMA ÇÖZELTİLERİ

Elektrikle şekil verme işi için tercih edilen metaller bakır, nikel ve demirdir. Belli durumlarda tungsten ve kobalt içeren alaşımlar veya tungsten ve nikel de kullanılabilir. Böyle kaplama yüzeylerine daha sonra eğer ilave sertlik gerekli ise plak imalatında anlatıldığı gibi hafif bir krom kaplama yapılabilir.

Kullanılacak metalin seçimi büyük oranda cilalanacak maddenin sahip olmak zorunda olduğu özelliklere bağlıdır. Nesnelerin matris veya kalıp olarak kullanılacağı durumlarda sıkça demir kullanılır. Demir kaplamanın daha sonra yüzeyi sertleştirilebilir ya da üzerine krom kaplanabilir veya her ikisi birden uygulanabilir. Yüksek sıcaklık işleri için tungsten alaşımları kullanılabilir.

Tüp, radar dalga kılavuzları (wave guide), mücevher vb. imalatı gibi fazla kuvvetlilik ve sertlik gerektirmeyen alanlarda sıkça bakır kullanılır.

Güçlü fiziksel özellikler ve iyi bir kaplama oranı gerektiğinde nikel çözeltileri, özellikle sülfamat banyosu, bir sonraki sayfada reçetesi verilecek olan tüm klorür banyosu ve Pinner – Kinnamon banyosu oldukça iyidir.

TÜM KLORÜR NİKEL BANYOSU

Nikel klorür	. . . . .	907 gr
Borik asit	. . . . .	142 gr
Su	. . . . .	3,79 lt
pH	. . . . .	2,5 – 4,5

SÜLFAMATLI NİKEL BANYOSU

Nikel Sülfamat [Ni(SO ₄ NH ₂) ₂ . 4H ₂ O]	. . . . .	400 gr/lt
Nikel klorür	. . . . .	15 gr/lt
Borik asit	. . . . .	40 gr/lt
pH	. . . . .	3,5 – 4,5

BAKIRLI ELEKTRİKLİ ŞEKİL VERME BANYOSU

Su	. . . . .	3,79 lt
Bakır sülfat	. . . . .	794 – 907 gr
Sülfürik asit	. . . . .	226,80 gr
Sıcaklık	. . . . .	26,5 - 32 °C
Akım yoğunluğu	. . . . .	2,7 – 16 A/dm ²

Tanecikleri rafine etmek için melas kullanın.

Bazen kontrplak gibi normal ağaçtan daha kuvvetli olan parçalara metal kombinasyonları ekstra kuvvet verir.

Oldukça yüksek kuvvet elde etmek için bazen **16. Derste** anlatıldığı gibi kompozit kaplamalar yapılabilir. Ek olarak bazen sargı flamana elektrikle şekil verme olasılığı da vardır. Bu bir şekilde, örneğin son derece kuvvetli¹ ve hafif malzeme elde etmek için bir maça üzerine sarılı cam fiberlere polyester plastik emdirilerek elde edilen cam elyafı balık oltaları ile benzerdir. Elektrikle şekil verme sırasında mandrele metal kaplanırken, aynı zamanda mandrelin etrafına iletken veya iletken olmayan fiber sarılır. Fiber kaplamanın içine gömülüp onunla tek parça haline gelir ve elde edilen malzeme son derece kuvvetli olur. Bu tekniğin detayları için referanslara bakın.

¹ Gerilmenin çoğunu güçlü fiberler taşır.

Bütün durumlarda, yapılan kaplama **6 – 10. Derslerde** anlatılan ile tamamen aynıdır, bakır, nikel, demir, krom veya bunların bir kombinasyonu kullanılır. Bazen altın, gümüş, rodyum ve platin veya daha egzotik bazı alaşımlar kullanılır. Kaplamalar genelde kalın olduğundan, bahsedilen metallerin aşırı pürüzlülük oluşmaksızın hızlı ve kalın bir şekilde kaplanması için özel önlemler alınmalıdır. Bu önlemler şunlardır:

1. Yüksek metal konsantrasyonu (derişimi),
2. Mümkünse yüksek sıcaklık,
3. Karıştırma,
4. Filtreleme,
5. Gözenekli diyaframları olan çözünmeyen anotların kullanımı,
6. Keskin köşelerde akım gidericilerin kullanımı,
7. Homojen olmayan akım dağılımını önlemek için kalkan kullanımı ve,
8. Uygun anotların ve çift kutuplu katotların kullanımı.

Biraz sonra bu son derece önemli noktalardan bahsedeceğim.

Elektrikle şekil verme ile yapılabilecek yüzlerce ama yüzlerce cisim vardır. Başlangıçta genel bir fikir edinebilmeniz için birkaç yöntemi özetleyeceğim. Bu konuda hayal gücünüzün sınırlarından başka engeliniz yok!

PLAK ISTAMPALARININ YAPILMASI (ESKİ YÖNTEM)

1. Adım: Esas (Master) Plağın Temizlenmesi

Temizleme adımları şunlardır:

1. Benzine batırılmış emici bir pamuk ile yüzeyi nazikçe silin. Yüzey her ne pahasına olursa olsun, çizik ve toz parçacıklarından kaçınmak amacıyla her zaman nemli olmalıdır (bir “temiz oda” önerilir).
2. Daha sonra 240 gr/lt kromik asit çözeltisine bir dakika süreyle daldırın.
3. Mümkünse yüksek basınçlı püskürtme yaparak son derece iyi durulayın.
4. Plağı ince devetüyü fırça kullanarak, ince kıvamlı kireç tozu ve sodyum siyanür hamuru ile nazikçe işleyin.
5. Önceki gibi durulayın.

6. Saf su ile son bir durulama yapın. Kurulama ve üzerinde çalışmak için malzemeyi dönen (dakikada 1700 devir) bir şafta monte edilmiş bir mile yerleştirebilirsiniz.

2. Adım: Esas Modelin (Master) İletken Yapılması

Bunun için **13. Ders**'te anlatıldığı şekilde, gümüş veya altın buharlaştırma veya sıçratma ile uygulanabilir. Alternatif ve daha ucuz bir yolla çökeltme ya da püskürtme yoluyla yüzeyde gümüş kaplama (ayna) elde edebilirsiniz. Plak üretiminde en az gürültünün elde edildiği, gümüşün püskürtülmesiyle ince bir tabaka elde edilmesi metodu önerilmektedir. (bkz. **13. Ders**)

3. Adım: Esas Modelin Nikel Kaplanması

Esas model kaplama banyosuna yerleştirilmiş uygun bir askıya monte edilir. 37,8 °C sıcaklıkta sıradan bir Watt's banyosu işinizi görecektir. 0,54 A/dm² de bir saat kaplama yapılır.

4. Adım: Esas Modelin Bakır Kaplanması

Hala askıda olan esas model nikel banyosundan çıkarılıp aside daldırılır (% 20 sülfürik asit) ve 30 gr/lt asit kullanılan bakır kaplama banyosuna (bakır sülfat) nakledilir. 2,15 A/dm² de 20 dakika kaplanır.

5. Adım: Esas Modelin Nikel Kaplanması

Esas model standart asitli bakır banyosuna transfer edildikten sonra, 1 – 21,5 A/dm² aralığı arasında tercih edilmiş olan akım yoğunluğuna bağlı olarak, 1,3 mm bakır kaplama elde etmeye yetecek süre boyunca, dönmeli karıştırma, sürekli filtreleme vb. kullanılarak kaplanır. Düşük bir akım yoğunluğuyla başlanır ve akım yoğunluğu 30 dakikada maksimuma ulaşacak şekilde basamak basamak artırılır.

6. Adım: Dişi Kalıp ve Kaplamanın Ayrılması

Dişi kalıp ve kaplama bakır banyosundan çıkarılır, birkaç kez durulama yapılır ve kurutulur. Daha sonra köşeler boyunca törpüleme yapıldıktan sonra metalin plastik diskten çekerek dikkatlice çıkarılmasıyla ayırma yapılır. Elde edilen metal malzeme veya negatif imge **esas model (master)** olarak adlandırılır.

7. Adım: Esas Modelin Temizlenmesi

Yüzeydeki ince tabakayı veya gümüşü çıkarmak için esas model kromik asit çözeltisine batırılmış pamuklu bir bez ile hafifçe silinir. **Esas model** durulanır.

8. Adım Esas Modelin Pasifleştirilmesi

Esas model, nikel yüzü pasifleştiren ve iyi yapışıklığı önleyen, hatalı nikel kaplamasına bağlı olarak bakırın dış etkilere açık olduğu yerlerdeki gümüşü çıkaran gümüş siyanür çözeltisine daldırılır.

9. Adım: Esas Modelin Ayırma Çözeltisine Daldırılması

Durulandıktan sonra esas model yapışıklık olmayacağından emin olmak için bir ayırma çözeltisine daldırılır. Bu çözelti şunları içerir:

Potasyum iyodür	.	.	.	.	.	50 gr
Su	.	.	.	.	.	100 ml
İyot	.	.	.	.	.	10 gr
Hazırlamak için alkol	.	.	.	.	.	1 lt

10 saniyelğine daldırılır. Alternatif olarak 7,5 gr/lt seyreltik sodyum dikromat çözeltisi kullanılabilir.

10. Adım: Esas Modelin Nikel Kaplanması

Master sürekli elektrik akımında, nikel banyosuna yerleştirilir ve 0,65 A/dm² de bir buçuk saat kaplama yapılır, bundan sonra da 1,07 A/dm² de bir ya da iki saat kaplamaya devam edilir. Çıkarılıp durulanır ve %20 lik sülfürik aside daldırılır, bundan sonra önceden açıklandığı gibi 1,3 mm.ye kadar bakır kaplanır.

11. Adım: Esas Model ve Dişi Modelin (master and mother) Ayrılması

Esas model dişi modelden ayrılır. Dişi modeller bu anlatılan yolla yapılır ve bu dişi modeller kullanılarak gerçekte kullanılan ıstampalar elektrikle şekillendirilir. Dişi modelin nikel yüzü kolay ayrılma için önceden anlatıldığı gibi işlenir ve daha sonra dişi modelin yapılışında özetlenen yöntem izlenir.

12. Adım: İstampaların Ana Modelden Ayrılması

Ana modelden ayrılan ıstampa 2,5 mikronluk çok ince bir **krom** tabakasıyla kaplanır. Uygun bir şekilde montajı yapılan ıstampa, plak basma makinesinde kullanılmak suretiyle plak üretimine hazırdır.

PLAK İSTAMPALARININ YAPILMASI (YENİ YÖNTEM)

1. Adım: İlk kayıt manyetik bant üstüne yapılır.

2. Adım: Bant yaklaşık 250 mikron kalınlıkta plastik bir tabakayla kaplanmış (nitroselüloz lak) bir alüminyum disk üzerinde çalınır.

3. Adım: Disk gümüş püskürtme işlemiyle (13. Ders) metalize edilir.

4. Adım: Durulandıktan sonra diske, düşük gerilmeli sülfamat banyosunda düşük akım yoğunluğunda (1,07 A/dm² civarında) yaklaşık 13 mikron ön nikel kaplaması yapılır.

5. Adım: Disk kaplanmak üzere yüksek hızlı nikel tankına transfer edilir. Bir saatte yaklaşık 250 mikron kaplama elde edilir.

6. Adım: Lakla kaplanmış disk ve elektrikle şekillendirilmiş esas model ayrılır. (Laklanmış disk bozulmadan önce en fazla birkaç kez kullanılabilir).

7. Adım: Bundan sonra esas model kendisinden ıstampaların yapılacağı dişi model üretimi için kullanılır. İlk gümüş kaplama çözülür ve yüzey pasifleştirilir.

8. Adım: Dişi modelin eldesi için 300 – 400 mikron kalınlığında yüksek hızlı nikel kaplanır.

9. Adım: Bundan sonra dişi model yaklaşık 250 mikron kalınlığındaki ıstampaların elektroformlanması için kullanılabilir.

10. Adım: İstampaların arkası doldurulur (genelde düşük erime sıcaklıklı bir metalle) daha sonra pres yatağına uyacak şekilde şekil verilir.

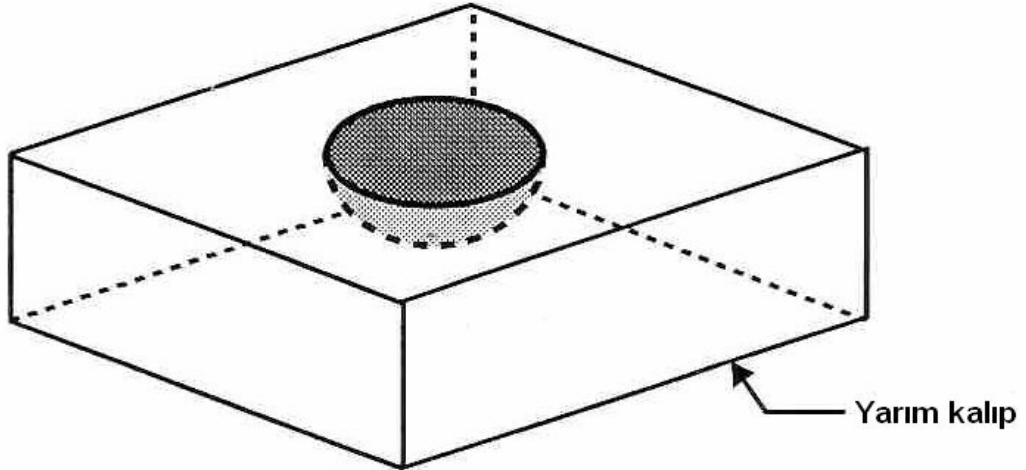
Plak ıstampalarının elektrikle şekillendirilmesi üzerinde oldukça duruldu. Şamandıra haznelerinin üretilmesi nispeten daha basittir.

BAKIR ŞAMANDIRA HAZNELERİNİN ELEKTRİKLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ – 1. YÖNTEM

Kâğıt hamuru hava girişine izin veren ayırık bir demir kalıba yerleştirilir. Kâğıt küre şeklini alması için kenarlara doğru bastırılır. Bu küre daha sonra su geçirmez olması için, *13. Derste* anlatıldığı gibi kurutulur, püskürtmeye tabi tutulur veya gomalak ya da plastik emdirilir. Daha sonra kürenin üzerine lak incelticide çözülmüş bakır tozu püskürtülür (bunun yerine gümüş boya da kullanılabilir ama maliyeti arttırır) ve küre standart asitli bakır banyosunda istenilen kalınlıkta kaplanır. Haznenin kolu bakır kürenin uygun bir noktasına lehimlenir.

BAKIR ŞAMANDIRA HAZNELERİNİN ELEKTRİKLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ – 2. YÖNTEM

Şekil 10' da gösterildiği gibi, içi istenilen düzlüğü vermesi için makineyle işlenmiş, dökme demirden yarım metal kalıp kullanılır.



Şekil 10 - Yarım Kalıp

1. Adım: Kalıbın içi yaklaşık 125 mikron (0,125 mm) kalınlığında mum tabakası ile kaplanır. Bu döşeme cilası gibi kaliteli bir mum püskürtülerek ya da kalıbı eriyik mum karışımına daldırarak yapılabilir.

2. Adım: İç yüzey, lak incelticide çözülmüş bakır tozu ya da gümüş lak püskürtülerek kaplanır.

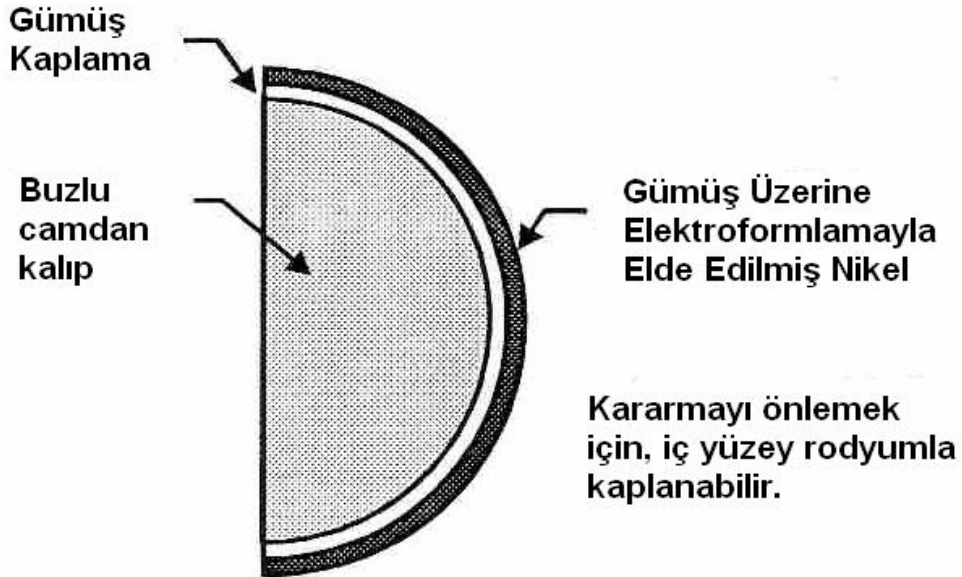
3. Adım: Kalıbın iç kısmı asitli bakır çözeltisinde gereken kalınlıkta kaplanır.

4. Adım: Isıtma vasıtasıyla mum eritilerek bakır kabuk, kalıptan ayrılır.

5. Adım: İki parça birbirine lehimlenerek küre şekli elde edilir. Birleşme noktalarının belirginliği siyanürlü bakır banyosunda bakır flaş yapılarak giderilebilir.

IŞIK REFLEKTÖRLERİNE ELEKTİKLE ŞEKİL VERME

Rodyum ve gümüş yüzeyli ışık reflektörlerinin yapımında Şekil 10' da gösterilen gibi bir kalıp kullanılabilir.



Şekil 11 - Elektroformlamayla Elde Edilmiş Reflektör

ALTIN VARAK YAPIMI

Burada foto-elektrikle şekil verme kullanılır.

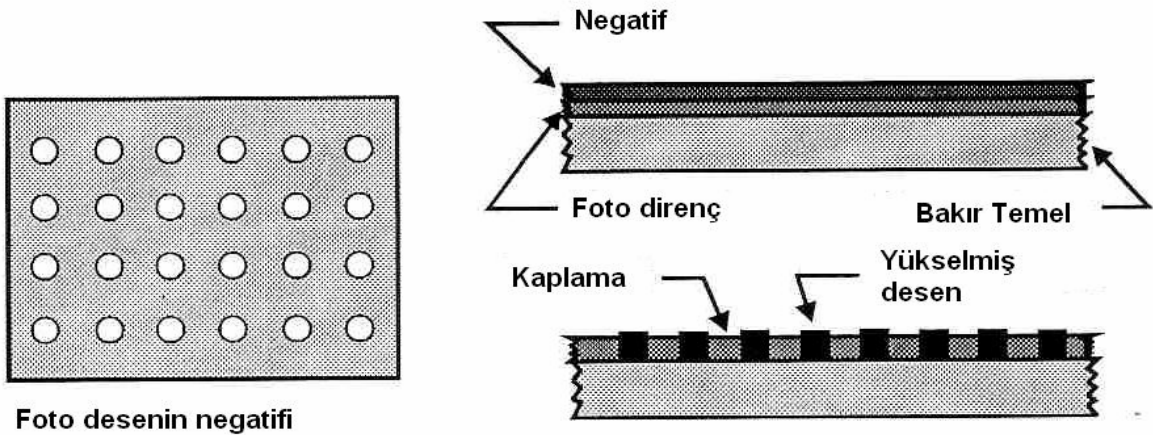
1. Adım: Şekil 12' de gösterildiği gibi ışığa duyarlı bir koruyucu malzeme, düzgün şekilde boyamak suretiyle mandrel üzerine kaplanır.

2. Adım: Büyük bir modelden (kolaylık için) foto-indirgenmeyle elde edilmiş tasarımın negatifi ışığa duyarlı koruyucu üzerine yerleştirilir ve nesne morötesi (ultraviyole) ışığa maruz bırakılır.

3. Adım: Bundan sonra özel bir çözelti uygulandığında diğer bölümler çözünmesine rağmen ışığa dayanıklı madde (foto direnç) çözülmecektir. Bu işlem sonunda kalıp plaka üzerinde bir şablon kalır.

4. Adım: Bundan sonra plakaya çok ince bir pasifleştirici veya ayırıcı tabaka püskürtülerek kaplanır ve varak istenilen kalınlığa ulaşana kadar altın çözeltisi içinde elektro kaplama yapılır.

5. Adım: Altın varak başlangıç plakasından ayrılır.



Şekil 12 - Bir Varagın elektroformlamayla eldesi

NİKEL VARAK YAPIMI

1. Adım: Pürüzsüz bir çelik plaka üzerine 50 mikron kalınlığında bakır düzgünce kaplanır (bakır parlak ve pürüzsüz olmalıdır).

2. Adım: Işığa dayanıklı madde (photoresist) ile kaplanır.

3. Adım: Negatif model ışığa maruz bırakılır

4. Adım: Işığa dayanıklı madde çıkarılır.

5. Adım: Bakırı çözüp çıkarmak için dağlanır.

6. Adım: Durulama ve kurulamadan sonra, yüzey Şekil 12' de gösterildiği gibi açıklıkların doldurulması amacıyla iletken olmayan bir plastik ile kaplanır.

7. Adım: Plastik çapaklar cilalama ya da törpüleme ile giderilir.

8. Adım: Ayırma çözeltisine batırılır ve istenilen kalınlıktaki varak elde etmek için nikel kaplanır.

ELEKTRİKLE ŞEKİL VERMENİN UYGULAMA KURAMI

Bu noktaya kadar elektrikle şekil vermenin uygulamaya dair yönlerini gördünüz. Şimdi yöntemimizi tersine çevirip, biraz da işin kuramsal kısmını göreceğiz! Peki, bu değişiklik niye? Basit. Eğer önceki **Dersleri**, özellikle de **1, 2, 5, 6, 7, 8, 9** ve **10. dersleri** çalışmış iseniz, elektrikle şekil vermenin arkasında yatan teori hakkında zaten bilginizin olması gerekir. Sadece bilginizi biraz tazelemeye ihtiyacınız var. Bunun yanında değişiklik işi biraz ilginç kılacaktır. Değişiklik hayatın tadı tuzudur!

TABLO 2. ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME YAPARKEN NELERİ DÜŞÜNMELİSİNİZ

Pratik Açıdan	Teorik Açıdan
1. Kalın bir kaplama gerekiyor. Bunu en kısa zamanda yaparak paradan tasarruf edilebilir.	Kalınlığı kontrol eden nedir? Kalınlığı maksimuma çıkarıp zamanı minimuma indirmek için ne yapılabilir?
2. Kaplamanın her noktada aynı kalınlıkta olması gerekiyor (her zaman değil!).	Her noktada aynı kaplama kalınlığının elde edilmesi için ne gereklidir?
3. Kaplamanın hatasız olması gerekiyor. Çukur, gözenek, pürüz ve çatlak olmaması gerekiyor.	Kaplamada böyle bir mükemmelliğe nasıl ulaşılabilir?
4. Kaplamanın belli koşulları sağlaması gerekiyor. İç gerilmenin düşük olması gerekiyor. Çekme gerilmesinin ve sertliğin şartlara uygun olması gerekiyor.	İstenilen aralıklardaki fiziksel özellikleri elde etmek için neye ihtiyaç var?

UYGULAMA#1: Diğer sayfaya geçmeden önce sizden, bir kâğıt almanızı ve Tablo İki de belirtilen dört duruma yaklaşımınızı yazmanızı istiyorum. Bu durumlarda siz ne yaptınız? Eğer gerekliyse hafızanızı tazelemek için önceki derslere göz atın. Sizce tabloda kazara eksik bırakılmış bir şey var mı? Eğer öyleyse eksik ne? Bu dört duruma yaklaşımlarınızı yazdıktan sonra diğer sayfaya geçip benim bunlar hakkında ne dediğime bakın. Hangi fikirleri bulmuştunuz? Bulduklarınız benim anlattıklarım ile örtüşüyor mu? Sizin bulduklarınız arasında daha iyi fikirler var mı? Eğer öyleyse bunları savunmaya hazırlanın, çünkü sizin dersin sonundaki kısa sınavda bu tipteki güncel bir probleme yer verdim!

BİRİNCİ DURUM: KALIN BİR KAPLAMA GEREKİYOR

Teorik Bakış Açısı: Kaplama kalınlığı söz konusu olduğunda her şey **Faraday Yasası'** na bağlıdır, $W = K e T I$ (Semboller bir sebepten dolayı KITE sırasında yazılmamıştır). Şu da doğrudur ki, 1 dm² lik yüzey alanı için kaplama kalınlığı t , kaplamanın yoğunluğu ile çarpıldığında kaplamanın ağırlığını verir (bütün birimler tutarlıdır). Öyleyse $W = t A \rho$ ve eğer alan A bire eşitse $W = t \rho$ olur (ρ yoğunluktur). Buna göre $t\rho = K e T I$ olur ve kaplamanın kalınlığı şu formülle verilir:

$$t = K e T I / \rho$$

Eğer diğer bütün özellikler sabit iken kalınlığı maksimuma çıkarmak istiyorsanız eşitliğin sağ tarafına bakmalısınız:

Faraday sabiti **K** mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır. Ama maalesef verilen bir metal için K her zaman sabittir ve bu konuda bir şey yapılamaz. Ama unutmamalısınız ki bazı metaller için iki K sabiti mevcuttur ve bu durumda değeri yüksek olan K' yı kullanmalısınız. Örneğin, elektrikle şekil verilen metalin bakır olduğunu düşünün. Eğer bakırı çift değerlikli değilde tek değerlikli banyoda kaplayabilirseniz ve iki banyoda da katot veriminin aynı olduğu varsayılırsa, verilen belli akım ve sürede iki kat daha kalın bakır kaplaması elde edebilirsiniz.

Göz önünde bulundurulması gereken diğer etken verimdir (**e**). Açıkça görülüyor ki e mümkün olduğunca yüksek veya yapabiliyorsanız %100' e oldukça yakın olmalıdır. Örneğin, eğer bir tek değerlikli bir banyonun katot verimi %50 ve çift değerlikli banyonun katot verimi %100 ise, tek değerlikli banyonun kullanımı size hiçbir avantaj sağlamaz. Sonuç olarak katot verimliliğini arttırmak için yapacağınız her şeye değecektir.

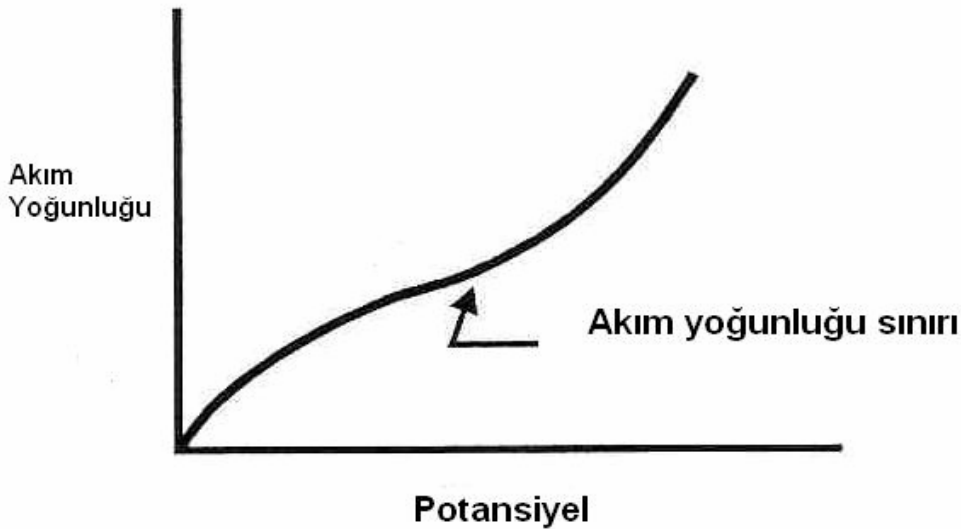
Bunu nasıl mı yapacaksınız? **2. Derse** göz atmanızı öneririm!

Üçüncü etken zamandır (**T**). Eski klişe bir laf vardır: “ zaman her şeyin ilacıdır. “ Bir açıdan doğrudur da ama bu kadar fazla beklemek istemezsiniz! Eğer kaplama ince ise, tabii ki işlemin süresini uzatarak kalınlığını arttırabilirsiniz – ama bu herkesin yapabileceği bir şeydir. Önemli olan şey çok fazla beklemeksizin kalın bir kaplama elde edebilmektir. Bunu yapabilmeniz için tek şansınız paydaki son terim olan akım yoğunluğu (**I**) olacaktır. (Niye toplam akımla değil de, akım yoğunluğu ile çalışılıyor? Çünkü 1 dm² yüzeyden bahsediyoruz.)

Paydaki son terim akım yoğunluğudur. Eğer kalın bir kaplama elde ederken zamandan tasarruf etmek istiyorsanız akım yoğunluğu kullanacağınız en önemli değişkendir. Bu konuya başlamadan önce Bancroft Aksiyomunu (2. Ders) tekrar hatırlayalım. Bu aksiyomu değişik kelimelerle şöyle özetleyebiliriz: “Eğer katot koşullarının akım yoğunluğuna uygun bir şekilde değiştirildiği düşünülürse, belli bir akım yoğunluğunda iyi bir metal kaplama elde ediliyorsa, daha yüksek bir akım yoğunluğunda da iyi bir metal kaplama elde edilecektir.”

AKIM YOĞUNLUĞU SINIRI

Bütün kaplama koşullarında her zaman bir akım yoğunluğu sınırı mevcuttur. Hatırlayacağınız üzere akım yoğunluğu sınırı, aşıldığında kaplamanın bozulmaya başlayacağı (hidrojenin beraber kaplanması veya başka bir sebebe bağlı olarak yanık veya tozumsu olması) sınırdır. Şekil 13 Akım Yoğunluğu Sınırı (AYS) ile ne demek istendiğini göstermektedir.



Şekil 13 - Akım Yoğunluğu Sınırı

Elektrikle şekil verme yaparken, verilen bir kalınlığı mümkün olan en kısa zamanda elde edebilmeniz için AYS e mümkün olan en yakın akım yoğunluğunda çalışmanız gerekecektir. (bu diğer kaplama türleri için de iyi bir politikadır!) Merak edilen şey ise şudur: Eğer Bancroft Aksiyomu doğru ise, AYS nasıl arttırılabilir?

5. Dersten de hatırlayacağımız üzere her şey difüzyon tabakasına (film), tabakanın neyi içerdiğine ve ne kadar kalın olduğuna bağlıdır. Kısaca tekrar gözden geçirecek olursak, akım yoğunluğu sınırı *direkt* olarak katot – elektrolit arayüzeyinde kaplanan iyonun *konsantrasyonuna*¹, bu iyonun difüzyon katsayısına (iyonun diğer moleküllerin ve iyonların bulunduğu bir bölgede ne kadar hızlı hareket ettiğini gösterir) ve difüzyon filminin kalınlığına bağlıdır. Sembollerle gösterirsek:

$$I_L = k D C / \delta$$

Burada **k** bir sabit, **D** iyonun difüzyon katsayısı (oda sıcaklığında yaklaşık $7,5 \times 10^{-6}$ cm²/sn dir.), **C** iyonun arayüzeydeki konsantrasyonu (uygun birimlerde), **δ** ise difüzyon filminin kalınlığıdır.

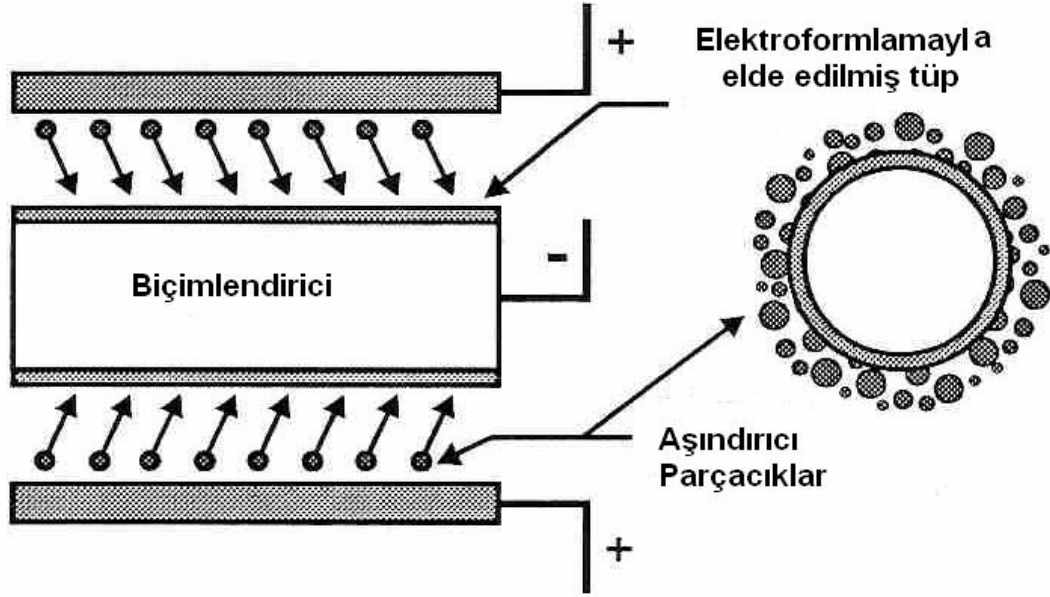
Bu küçük eşitlikte, daha yüksek akım yoğunluğu sınırları elde etmenin sırları yatmaktadır. Önceki eşitlikteki gibi düşünelim. Sağ tarafta üzerinde oynama yapabileceğimiz ilk değişken difüzyon katsayısı **D**’ dir. İyonik difüzyon her °C artışıyla %2, %3 civarında arttırılabilir. Tamam. Bu kaplama çözeltisini mümkün olduğu kadar ısıtmanız gerektiği anlamına gelir! Bu temel maddedir ama bağlantılı olarak D, iyon hareketliliği azaltılarak da yükseltilebilir. Peki bu nasıl yapılabilir? Açık sözlü olmam gerekirse, bazı bileşiklerin viskoziteyi *düşürdüğünden* başka bir şey bilmiyorum. Bu bileşikleri bulmak size kalmış!

İkinci değişkenimiz iyonun arayüzeydeki konsantrasyonudur (**C**). 5. dersten de bildiğiniz üzere, derişim farkının difüzyon süreci için bir sürme gücü olduğunu göz önünde bulundurursak, elektrolit ile difüzyon tabakası arasındaki yüzeydeki derişimi ne kadar arttırırsak difüzyon o kadar hızlı olacaktır. Genellikle su içinde çözülmüş bir tuzun derişimini suyun sıcaklığını arttırarak arttırabilirsiniz. Bu da çözeltinin sıcaklığını mümkün olduğunca arttırmak için başka bir sebeptir. Tekrar söylemek gerekirse, derişimi arttırmanın en önemli yolu, çözücü çözeltinin sıcaklığını arttırmaktır. Ama unutmamalıyız ki elektrolitteki bir tuzun varlığı diğer bir tuzun çözünmesini kolaylaştırabilir. Bunlar hangi tuzlardır? Tekrar söylemeliyim ki, bana sormayın! Eğer bulunacak bir şey varsa bunu kendiniz bulmalısınız!

¹ Daha doğru hesap için bunun belli bir iyonun aktivitesi olması gerekir, ama burada konsantrasyon da yeterlidir.

Üçüncü değişken difüzyon tabakasının kalınlığıdır (δ). Bu tabakayı ne kadar ince tutarsanız akım yoğunluğu sınırı o kadar yüksek olacaktır. Bildiğiniz gibi tabaka çözeltinin viskozitesini azaltarak inceltilir, bu da tabakanın karışması için bir şekilde çözeltiyi karıştırarak ve sıcaklığı arttırarak yapılabilir.

Hemen anlaşılabilirliği üzere, çalışma sıcaklığını arttırmak üç etken için de yararlı olmaktadır, bu yüzden aklınıza ilk gelecek iş bu olmalıdır. Sıcaklığı ne kadar arttırabiliriz? Mümkün olduğunca fazla – hatta kaynama sıcaklığının üstüne! Örneğin, eğer gerekliyse bütün işlemi basınç altında yapabilirsiniz. Uygulanan basınca bağlı olarak (bu iş için bir asal gaz kullanılması en iyisidir), suyun 14,7 psi’ da (1,029 bar = atmosfer basıncı) 100 °C olan kaynama sıcaklığını, 85 psi’ da (5,95 bar) 150 °C’ ye yükseltebilirsiniz! Suyun basıncını arttırmanın viskozite üzerine çok az bir etkisi olur, ama bu suyun daha çok tuzu daha kolay çözebilmesini sağlar. Bu çözüm pek gerekli olmayabilir, difüzyon tabakasını inceltmek ve karıştırmak daha kolay ve düzgün bir çaredir. Tabakayı birçok yolla inceltilir ve/veya karıştırabilirsiniz. Tabakayı karıştırarak (malzemeden geçen çözeltiyi hareket ettirmek gibi) inceltilirsiniz. Pompalama, çözümlenmiş gaz geçirmek suretiyle köpürtmek, malzemeyi döndürmek vb. yollarla bu işi yapabilirsiniz. Tabaka incilir ve sonuç olarak daha yüksek bir akım yoğunluğu elde edilebilir. Ama bu yolla elde edilecek inceltme miktarının bir sınırı vardır. Bu sınırı aşmak için tabakayı karıştırabildiğiniz kadar karıştırmalısınız. Bunu yapmanın bir yolu ultrasonik titreşimler kullanmaktır. Başka bir yol ise elektriksel titreşimler kullanmaktır. Bunu yapmak için periyodik ters kutup kaplama, üst üste bindirilmiş alternatif akım kaplama (superimposed AC plating) ve pulse (çok kısa süreli çok yüksek gerilimler vererek, darbeleri) kaplama gibi teknikler kullanılabilir. Bütün tekniklerde akım akış yönü ilkin bir yönde sonra tersinedir. Difüzyon filminin oluşması normalde bir ya da iki dakika alırken (bkz 5. Ders) iyonların ters yönde hareketi ile karıştırıldığında oluşması oldukça zorlaşır! Eğer elektrikle şekil verilen nesne buna uygun ise, aşındırıcı kaplama da (abrasion plating) tabakayı karıştırmak için iyi bir yoldur. Şekil 14’ te gösterilen gibi elektrikle şekil verme ile elde edilen basit şekilli bir tüp bu tür uygulama için idealdir. Akışkan aşındırıcı banyo görevini görmesi için, çok ince cam taneleri veya silis kumu kaplama banyosunda süspansiyon olarak kullanılabilir. Katot yüzeyinden geçen aşındırıcı parçacıkların veya taneciklerin hareketi katot difüzyon tabakasını tamamen karıştırır ve bu da yüksek akım yoğunluklarının kullanılmasına olanak sağlar. Aşındırıcı, yüksek hızı, ağırlığı ve boyutundan dolayı kaplamaya gömülmez.



Şekil 14 - Aşındırıcı Parçacıklarla Elektroformlama

Başka bir imkan da yeni denemeye başlayan köpük kaplamadır (*foam plating*), bu yöntemde malzeme sürekli olarak parçalanarak ve değişen elektrolit köpükte kaplanır ve böylece sürekli bir difüzyon tabakası oluşumu engellenir. Başka fikri olan var mı?

İKİNCİ DURUM: KAPLAMANIN HER NOKTADA AYNI KALINLIKTAKİ OLMASI GEREKİYOR

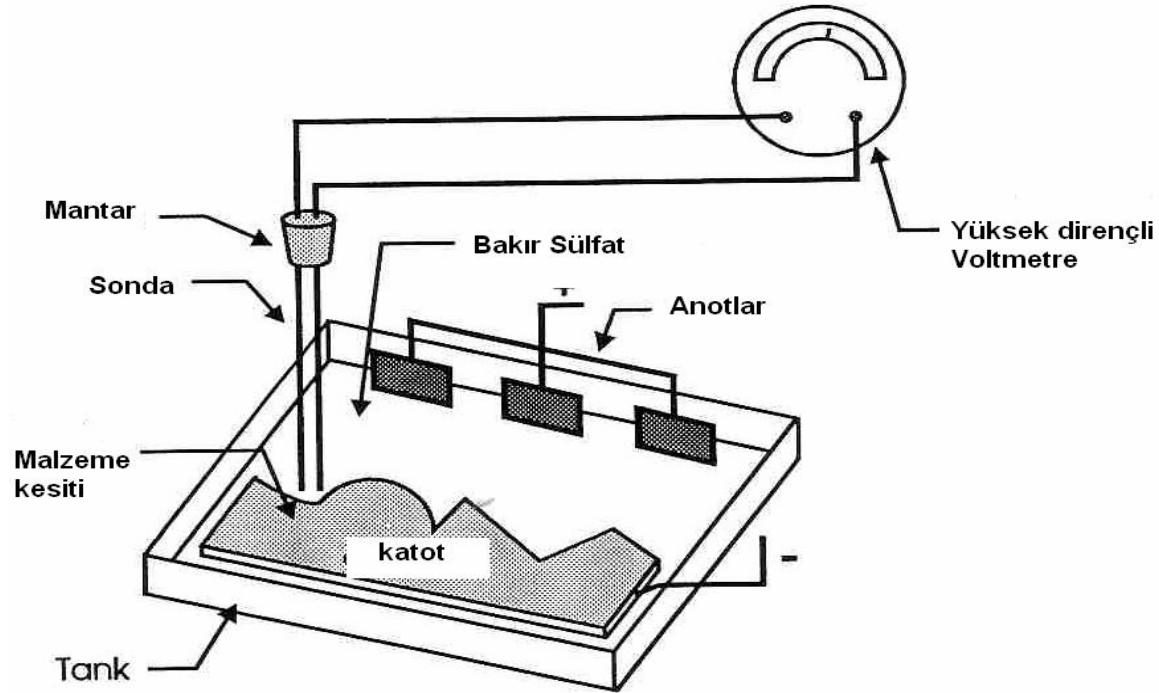
Bildiğiniz gibi, normalde ortalama bir kaplama her noktada aynı kalınlıkta değildir. En iyi dağılım gücünde bile köşelerde, dış kenarlarda ve çıkıntı yapan yüzeylerde daha fazla metal kaplanma eğilimi vardır. Ne yapılabilir? Bu sorunla başa çıkabilmek için oldukça iyi yöntemler bulunmaktadır.

İlk olarak iyi bir dağılım gücü olan çözelti seçeceksiniz ve bu çözeltiyi dağılım gücünü en yüksek seviyeye çıkaran koşullarda kullanacaksınız. Bundan sonra **akım gidericilerini**, **akım kalkanlarını** ve **bipolar** (çift kutup) **etkileri** kullanabilirsiniz. Bazı durumlarda akım verimini bile istediğiniz şekilde değiştirebilirsiniz! Örneğin nikel kaplamada, eğer şekil buna uygunsa çıkıntı yapan kısmı içten soğutup buranın sıcaklığının diğer yerlerden daha düşük olmasını sağlayabilirsiniz. Watts tipi nikel banyosunda sıcaklık düştükçe katot verimi sert bir biçimde düşer, böylece bu bölgeye diğer bölgelerden daha az kaplama yapmış olursunuz.

Neyse ki birçok durumda mükemmel bir kalınlık eşitliği gerekmiyor ve belli miktar kalınlık farkı göz ardı edilebilir oluyor. Aslında birçok durumda böyle olması oldukça arzu ediliyor. Ama ne olursa olsun, eğer bilimsel yöntemlerle elektrikle şekil verme yapmak istiyorsanız, kaplama kalınlığının düzgün olması veya özel kalınlık dağılımı olan bir kaplama yapmak için gereken anot ve kalkanlama düzenlerini kontrol etmek için gerekli vasıtalara sahip olmak isteyeceksiniz. Bunun için aşağıdaki bilgilere ihtiyacınız olacak.

ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME VE SERT KROM KAPLAMA İÇİN GEREKEN ANOT DÜZENLERİNİ HAZIRLAMA METODU

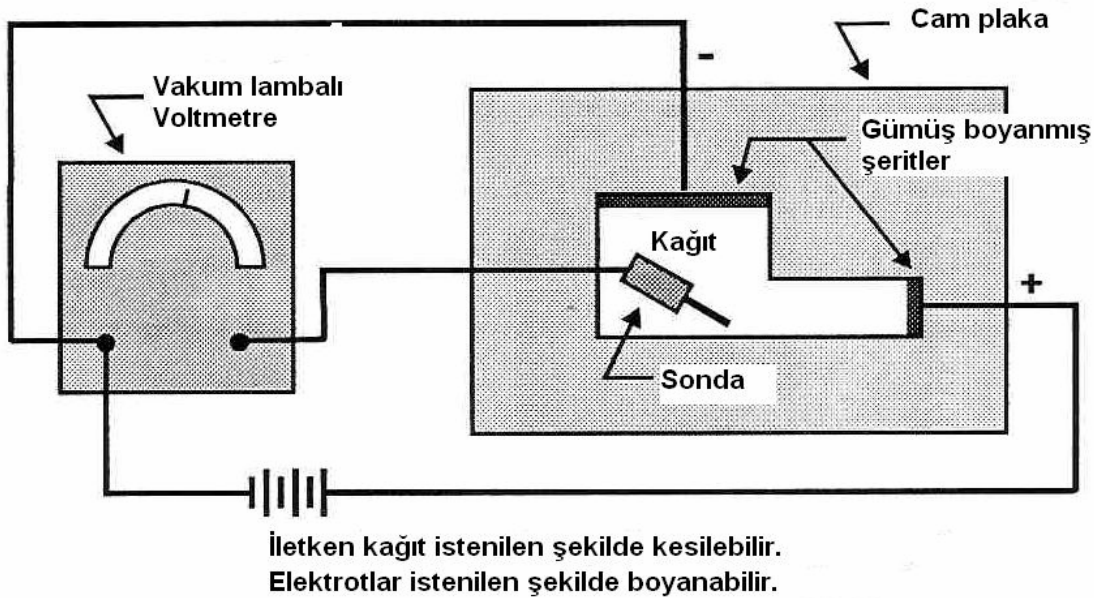
Hata oluşmasına neden olabilecek bir şekle sahip metalin kesiti, basit asitli bakır sülfat çözeltisiyle doldurulmuş Lucite bir tabla içine yerleştirilir. Deneysel olarak düzenlenmiş anot seti ve kaplanacak kesit arasından akım geçirilir. Aralarında 3 mm açıklık olan, bir mantar veya başka çeşit bir izolatör ile desteklenen iki adet #22 bakır uç, 1000 ohm/Volt' luk yüksek dirençli bir voltmetreye bağlanır. Uçlardan biri metal kesidine temas ettirilir, diğeri ise eğrilerin yüzeyinde dik açılarla gezdirilir. Voltmetrede gerilim düşümünün aynı olduğu okunan yerlerde, akım yoğunluğu da yaklaşık olarak aynı olacaktır. Bu yolla anot ve askı düzenlemeleri en düzgün akım yoğunluğu dağılımını, dolayısıyla metal dağılımını elde edecek şekilde hazırlanabilir (Kablo uçları arasındaki uzaklık daima sabit olmalıdır).



Şekil 15 - Akım Dağılımı

Unutmamalıyız ki katot yüzeyinin belli bir noktasındaki potansiyel de, bu noktada elde edilecek akım yoğunluğu miktarının direkt bir ölçüsü olarak kabul edilebilir ve bu yolla kaplama kalınlığı dağılımı hakkında bir fikir edinebiliriz.

Eğer bakır sülfat çözeltisi kullanmaktan kaçınmak istiyorsanız, elektriksel iletkenliği olan bir kâğıt kullanabilirsiniz. İletken kâğıt, aynen bakır sülfat çözeltisiymiş gibi kullanılır. Şekil 16' da gösterildiği gibi malzemenin kesidini iletken bir gümüş boya ile boyayıp, hayali anotları istediğiniz yere yerleştirebilirsiniz. İzolasyon veya kalkanlama olacak yerden ince bir şerit, uygun boyutta kesilip çıkarılır. Daha sonra 6 ila 10 volt arasında gerekli büyüklükte gerilim uygulayarak katot ve anotlar arasında elektriksel bağlantı yapılır ve yüksek dirençli voltmetre yerine vakum tüplü voltmetre kullanılarak aynı kablo ucu düzeni kurulur. İsteddiğiniz kalınlık dağılımının elde edildiği en mümkün düzeni elde edene kadar, dilediğiniz gibi oynama ve değişiklik yapabilirsiniz (her seferinde yeni bir kâğıt yaprağı kullanmalısınız!).

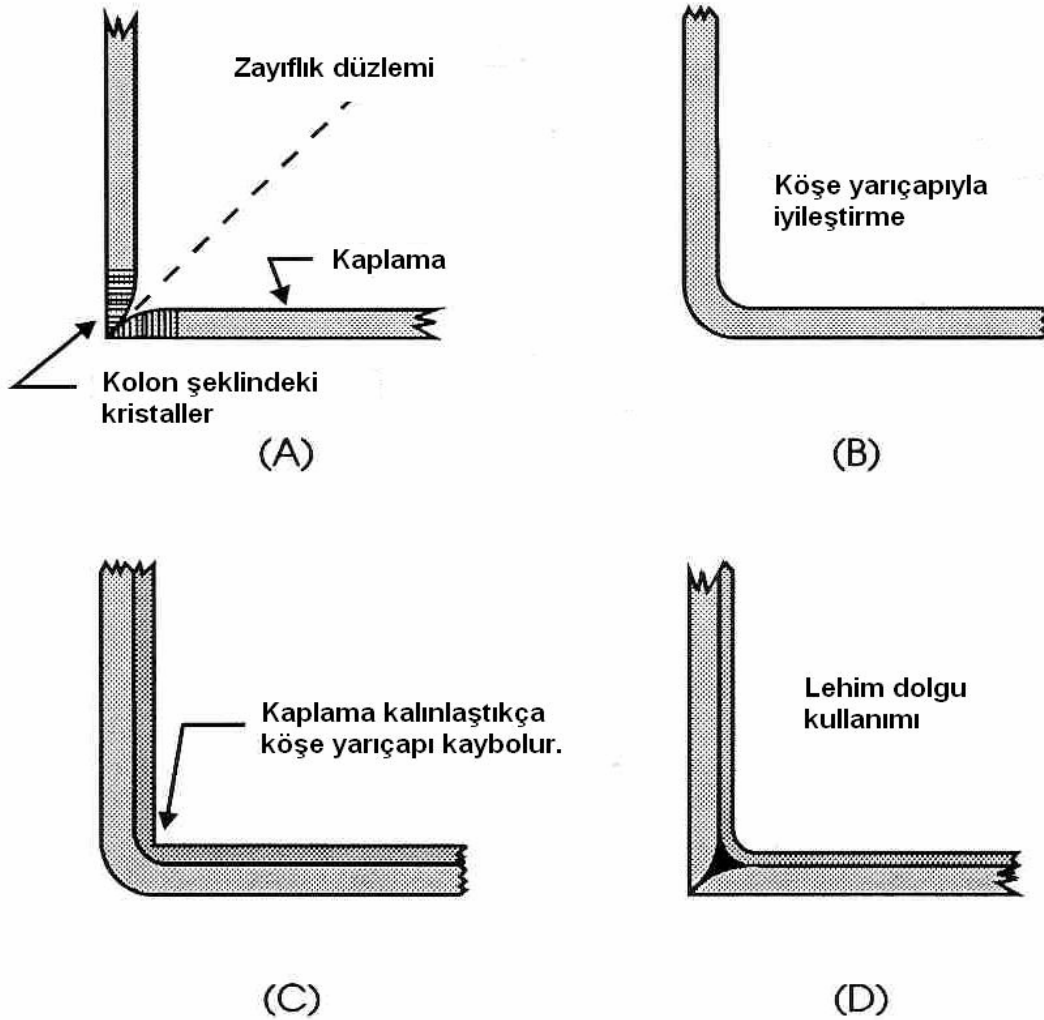


Şekil 16 - Akım dağılımı

Bu konuda daha mükemmeliyetçi olmak istiyorsanız, bazen hakiki üç boyutlu akım yoğunluğu dağılımı hakkında fikir edinmek isteyebilirsiniz. Bunun için kâğıt yetersiz kalacaktır, ama kablo ucunu, ölçülen ve belirli miktarlarda hem yatay, hem dikey hareket ettirebilen, mekanik bir düzeneğe sahip bir Lucite tank kullanılabilir ve böylece her zamanki anotlar kullanılarak üç boyutlu bir nesne üzerindeki gerilim dağılımı, dolayısıyla da kalınlık dağılımı elde edilebilir. Fakat özel durumlar dışında buna ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu teknik hakkında daha fazla bilgi için referanslara bakabilirsiniz.

ÜÇÜNCÜ DURUM: KAPLAMADA HATA OLMAMASI GEREKİYOR

İlkin, “ zayıflık düzlemi” olarak ta bilinen, keskin girinti yapmış köşeleri kaplarken oluşabilecek “hatalar” üzerinde duralım. Şekil 17 A’ da da göreceğiniz üzere, keskin iki boyutlu bir köşede, iki yüzeyde de normal bir kaplama oluşur ve net sonuç bağlantının zayıf olduğu noktadaki açıortay düzlemidir. Bu yüzden burada, gerilme altında başlamakta olan bir hata ortaya çıkma ihtimali vardır. Bu soruna aşikâr bir çözüm, köşeyi yarıçapı makul büyüklükte olacak şekilde bir doldurucu ile kapatmaktır. Buna rağmen, bir köşe yarıçapı olsa bile, zayıflık düzlemi (özellikle nikel çözeltilerinde, kaplama kalınlığının yarıçapın uzunluğuna eşit olduğu andan sonra) oluşabilmektedir. Bu durum şekil 17 B’ de gösterilmiştir.



Şekil 17 - Köşelerde Elektroformlama

Bir köşe üstünde kaplama elde etme ve zayıflık düzlemi etkilerini yok etme ya da minimuma indirme problemi yıllardır kaplamacıların başını ağrıtmaktadır. Fakat zayıflık düzleminin o kadar da zayıf olmadığı bulunmuştur. Yapılan testler gösteriyor ki, kaplama banyosu az miktarda ağır metal içerdiğinde bu düzlem boyunca oluşan bağ görüldüğünden daha iyi olmaktadır.

Bir nikel banyosunda 10 ppm' den fazla bakır olması, bu düzlem boyunca meydana gelen bağ oluşumunu oldukça zayıflatmaktadır.

Zayıflık düzlemi, köşe yarıçapı olsa bile oluşmaktadır, çünkü normal kaplama koşullarında kaplamanın kendisi yarıçapın giderek azalmasına, sonunda da yok olmasına sebep olmaktadır, bu noktada da zayıflık düzlemi oluşmaya başlar. Bu durum Şekil 17 C' de gösterilmiştir.

Kumarin gibi mikrodağılımı arttıran bir ilave kimyasal maddenin kullanılmasıyla, normal kaplamada oluşan keskinlik etkisi oldukça düşürülür ve oldukça yüksek bir kaplama kalınlığına kadar zayıflık düzlemi oluşumu ortaya çıkmaz.

Akım yoğunluğunun arttırılmasının, köşelerde elde edilecek kaplamaya hiçbir yardımı yoktur. Aslında araştırmalar gösteriyor ki, köşelerde bu akım yoğunluğuna asla ulaşamadığı düşünülürse, 2,15 A/dm² den fazla akım yoğunluğu kullanmaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Eğer köşelerdeki zayıflığın üstesinden gelmek istiyorsanız (şu an için iki boyutlu köşelerden bahsediyoruz) şunları yapabilirsiniz:

1. Köşedeki eğrinin yarıçapını en az belirlenen kaplama kalınlığına eşit yapın.¹

2. Kaplama kalınlaştıkça köşe yarıçapının yok olmaması için, Kumarin gibi bir dengeleme kimyasalı kullanın.

Bir çatlak oluşumu başlamasına ve belli bir zayıflık meydana gelmesine neden olduğu için, üç boyutlu keskin köşeler en fazla sorun teşkil eden köşelerdir. Yine de, köşenin dış kısmı yuvarlatılarak ve iyi bir dengeleme kimyasalı kullanılarak bu problemin üstesinden gelinebilir. Buna ilaveten bu noktada fazladan kaplama yapmak suretiyle, köşe dıştan güçlendirilebilir.

¹ Şekil 17 D' de gösterildiği gibi lehim ile doldurulmuş bir köşe de kullanılabilir.

10 ppm.den fazla bakır içeriğinden kaçınmak için, eğer nikel kaplama yapıyorsanız, istenmeyen bakır ve diğer ağır metalleri sürekli olarak çökeltip ayıracak miktarda kükürt içerdiği için, kükürt ile depolarize edilmiş elektrolitik nikel anotlar kullanmak akıllıca olacaktır.

İkinci problem pürüzlülük ve dallanmadır. Kaplamada oluşan pürüzlülüğün sebebi, bir şekilde kaplama banyosuna giren ve malzemenin üstüne yerleşen ufak parçacıklardır. Yüksek akım yoğunlukları kullanıldığında akım bu parçacıkların olduğu noktalara çekilir ve parçacıklar iki yönde de büyümeye başlar. Bir kere başladıktan sonra, koşullar buna izin veriyorsa bu büyüme hızlanır ve çeşitli yönlere doğru dallanarak bir ağaç şekli meydana getirir. Peki, buna sebep olan enerji prensibi nedir?

Aşikâr çözüm bu parçacıkları dışarıda tutmaktır. Ama nasıl?

- 1. Elektrikle şekil verme odası tamamen “ temiz “ bir oda olmalıdır.**
- 2. Çözeltiyeye 0,01 mikron ya da daha küçük parçacıkları dışarıda tutacak şekilde mikro-filtreleme yapılmalıdır. Filtreleme tankın bütün içeriğini yaklaşık olarak saatte iki kere devir ettirecek hızla uygulanmalıdır.**
- 3. Bütün tanklar mümkün olduğu kadar üstü kapalı (örtülü) tutulmalıdır.**
- 4. Anotlar torbalanmış olmalı ve/veya diyaframların arkasında olmalıdır.**

Parçacıkların varlığından değil de malzemenin boyutlarından (kenarlar, köşeler, çıkıntılar) kaynaklanan pürüzlülüğü gidermek için, kalkanlar, akım gidericiler (masraflı ama bazen gerekli olan bir yöntem) kullanmak dışında, kaplanırken, yüksek noktalardaki metalin bir kısmının söküldüğü, periyodik ters kutuplu kaplama gibi özel akım şekillerinin kullanıldığı kaplama tipleri de kullanılabilir. Eğer uygunsa bir tür aşındırıcı kaplama da kullanılabilir.

Belli durumlarda yüksek noktalarda ağır bir kaplama oluşumu kaçınılmazdır. Böyle durumlarda malzemeyi banyodan çıkarıp kaba alanları törpüleyebiliriz, bazı durumlarda bu işlemden sonra polisaj da yapılabilir. Bundan sonra malzeme tekrar elektrikle şekil verme banyosuna koyulur. **Not:** Bunu yaparken tekrar kaplamaya başlamadan önce *yüzeyi aktifleştirmeyi etmeyi* unutmayın! Aksi takdirde tabakalara ayrılmış bir kaplama elde edersiniz ki bu da hatalı üretime sebep olabilir.

Pürüzlülük ve dallanma konusunu geçmeden önce, şunu belirtmeliyim ki bu pürüzlendirme ve dallandırma metal “sanat” işlerine bir temel oluşturabilir. Dallanma gelişigüzel bir şekilde olmaktadır, ama ilginç şekiller ve boyutlar elde etmek için belli derecede kontrol edilebilir ve iyi kontrol edilirse bu iş bir sanat olarak kabul edilebilir.

Günümüzde, birçok sanatkâr inansın veya inanmasın elektrikle şekil vermeyi bir sanat olarak kullanmaktadır. Bu yüzden size sorun çıkarabilecek her şeyin kötü olduğunu düşünmeyin.

Üçüncü sorununuz gözenekliliktir. Gözenekler gaz baloncuklarının veya iletken olmayan parçacıkların varlığından kaynaklanmaktadır. Şekil 18’ de kalın altın kaplamasında gaz baloncuğundan kaynaklanan bir gözenek gösterilmektedir. Görüleceği gibi gözenek oluşabiliyorsa pürüzlülükte oluşabilir. Gözenek oluşumundan kaçınmak için:

1. Çözeltiyi temiz tutmak için çok dikkatli olun.
2. Hidrojen gazı oluşumunu engelleyin.
3. Uygun bir nemlendirici kullanın.
4. Yüzeyi kapsayan bir karıştırma yapın.

Birinci madde hakkında açıklama yapmaya gerek yoktur.

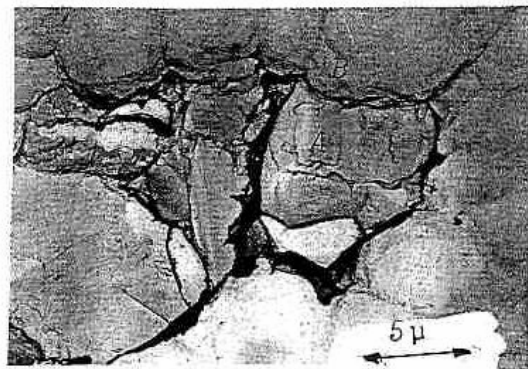
İkinci madde bir miktar hidrojen peroksit (nikel söz konusu olduğunda) (burada oldukça dikkatli olunmalıdır), bir miktar nitrat veya başka tür bir inhibitör kullanımı anlamına gelmektedir.

Üçüncü madde önemlidir, çünkü nemlendirici madde gaz baloncuklarının küçülmesini ve yüzeyde daha az yer kaplamasını sağlayacaktır.

Dördüncü madde hakkında da açıklama yapmaya gerek yoktur. Bununla birlikte yüzeydeki karıştırmanın gelişigüzel durumda olmasına dikkat edilmelidir. Eğer bu olmazsa üretilen baloncuklardan oluşan düzenli bir “hat” yüzeyde kaplama hatları oluşmasına sebep olacaktır.

- A. Gözeneklerin iç kısımları korozyon ürünler içerir.
- B. Etrafındaki altın kaplama pürüzlüdür.

Reproduced courtesy of
Plating & Surface Finishing



Şekil 18 - Gözenekten kaynaklanan kaplama pürüzlülüğü

DÖRDÜNCÜ DURUM: KAPLAMANIN BELLİ ŞARTLARI SAĞLAMASI GEREKİYOR

Kaplama kalınlığı önemli bir problem değildir. Belirli bir kalınlıkta kaplamanın nasıl elde edilebileceğini zaten biliyorsunuz.

En önemli şartlardan biri izin verilen *iç gerilme* miktarıdır. Kaplamanın çekme gerilmesinin 6000 psi' nin (420 bar) üzerine çıkmaması gerekmektedir. Aynı zamanda ters yöndeki sıkıştırma etkisinin de birkaç yüz psi' nin üstüne çıkmasına da izin verilmemelidir. İdeal olan tabii ki gerilmenin sıfır olmasıdır. Çekme gerilmesi kötü bir etkidir çünkü:

- 1. Eğer kalıcı bir mandrel kullanıldıysa çıkarma sırasında sorunlara yol açar.**
- 2. Eğer çekme gerilmesi çok yüksekse kaplamada çatlaklar oluşabilir ya da mandrelden sıyrılabilir (fiziksel olarak mümkünse).**
- 3. Malzeme mandrelden çıkarılırken hasar görebilir.**
- 4. İlerleyen zamanlarda dış çekme gerilmesi altında bozulmalar olabilir.**
- 5. Sıkıştırma gerilmelerinin yüksek olması hatalı kaplama oluşumuna işaretler. Gerilimin sıkıştırıcı olmasının sebebi kaplamanın içinde belli miktarda metal olmayan madde olmasıdır. Bu, metalik yapıyı ve kuvveti zayıflatır.**

Bu yüzden, verilen çalışma koşullarındaki elektrikle şekil verme banyolarından elde edilen kaplamanın gerilme miktarını ölçüp belirlemek önemlidir. *Bir test aleti gereklidir ve bu alet çok dikkatli kullanılmalıdır.* Kullanma sıklığı tabii ki tankta yapılan iş miktarına ve çalışma koşullarına bağlıdır. Bazı durumlarda haftada bir test etmek yeterliyken bazılarında dört saatte bir test etmek bile yetmeyebilir.

Normalde ilk 2,5 mikronluk kısımda oluşan ortalama gerilme oldukça yüksektir. Bunun sebebi iyonların uyum sağlamak zorunda olduğu yabancı yüzeydeki atomlar ile kaplanan iyonlar arasındaki ilk tepkimedir. Bundan sonra gerilme, kullanılan kaplama çözeltisinin bileşimine ve pH, sıcaklık, akım yoğunluğu ve bilinmeyen kirletici maddelerin varlığı gibi kaplama koşullarına bağlı olarak, sabit bir değere ulaşmaya kadar düşer. Bu durum genellikle kaplama kalınlığı 25 – 50 mikrona ulaştığında gerçekleşir. Pek çok durumda bu bizi en çok ilgilendiren gerilme ölçüsüdür.

Günümüzde bütün ölçü aletleri sadece ölçüm yapılmadan önce ulaşılmış kalınlıktaki kaplamanın ortalama gerilme miktarını ölçmektedir. Bu her zaman akılda tutulmalıdır. Eğer anlık gerilmeyi (çok ince bir tabakanın kaplandığı andaki gerilme miktarı) ölçmek istiyorsanız, matematiksel hesap yöntemleri kullanmalısınız ki bu da derslerimizin kapsamı dışında kalmaktadır. Daha fazla bilgi için referanslara bakabilirsiniz. Sizin burada yapmak istediğiniz asıl şey, bu çekme gerilmesini mümkün olduğu kadar düşük tutmaktır.

Çekme gerilmesini düşük tutmak için:

1. Düşük çekme gerilmesi yaratan çözeltiler kullanın. Örneğin sülfamatlı nikel banyosu tüm klorür nikel banyosundan çok daha az bir çekme gerilmesi yaratır.

2. Çekme gerilmesini minimuma indiren koşullarda kaplama yapın. Yüksek çalışma sıcaklığı çekme gerilmesini düşürme eğilimindedir. Yüksek akım yoğunlukları çekme gerilmesini arttırabilir de arttırmayabilir de. Verilen bir banyoda en iyi sonuçları elde etmek için gereken koşulları çok iyi bilmelisiniz. Gerilmeyi kontrol ederken bazen, gerilme konusunda avantaj sağlamak için zamandan fedakârlık etmek zorunda kalabilirsiniz. Eğer zeki biriyseniz – bazen de etmezsiniz!

3. Gerilmeyi arttırıcı yabancı maddeleri banyodan uzak tutun. Az bir miktarı kaplamanın iç gerilmeyi arttırmaya yetebilecek birçok yabancı madde mevcuttur. Gerçekte, bu yabancı madde varlığından pratik bir şekilde haberdar olmak için çekme gerilmesini ölçme çözümlerden biridir! Eski sözlerden birini tekrar edecek olursak: İyi ev idaresi, ufak detaylara dikkat etmek, gözlem yapmak, **düşünmek ve yapmak!**

4. Eğer gerekiyorsa, mümkün olduğu kadar az miktarda gerilmeyi düşürücü madde kullanın. Diğer her şeye rağmen bu taktiğe gerek duyulabilir. Sakarin, di-benzen sülfonat vb. katkı maddeleri dikkatlice kullanılmalı ve aşırı kullanımdan kaçınılmalıdır.

Çekme kuvveti ve sertliği ile ilgili şartların sağlanması çok zor bir iş değildir. Çeşitli tipteki elektro kaplamaların çekme gerilmeleri hakkında bilgi edinmek için referanslara bakabilirsiniz. Bu konuda, bakır ve nikle ilişkili olarak, Amerikan Elektro-kaplamacılar ve Yüzey İşlemciler Topluluğu, Ulusal Standartlar Bürosu (American Electroplaters and Surface Finishers Society - AESF, National Bureau of Standards) ve diğer kuruluşlar tarafından büyük çalışmalar yapılmıştır. Sertlik verileri bu tablolarda bulunacaktır. Referanslara başvurabilirsiniz. **5. Derse** de tekrar göz atmanız faydalı olacaktır.

İyi (ve karlı!) bir elektrikle şekil verme işlemi yapmanın bazı temel noktalarını özetleyecek olursak:

- 1. İyi temizlik (neredeysse kusursuza yakın!).**
- 2. Yüksek metal konsantrasyonları.**
- 3. Yüksek sıcaklıklar.**
- 4. Yüksek akım yoğunlukları.**
- 5. Yüksek karıştırma hızları.**

Düşük tutmanız gereken tek şey ise kaplamanın çekme gerilmesidir!

Elektrikle şekil verme konusunu bitirmeden önce hayal gücünüzü arttırmak için **elektrikle şekil verme** ile yapılabilecek şeylerin bir kısmının listesini veriyorum:

Anotlar, aerofolyolar, otomobil gövde parçaları, bant aletleri, körükler, kutular, kartuş kutuları, küçük kutular, saat kadrantları, kahve filtreleri, takma dişler, diyaframlar, matrisler, şamandıralar, elektroteypler, ısı değiştiricileri, mücevherat ve yeni takılar, lamba tabanlıkları, manifoldlar, damgalama aletleri, kalıplar, boru aksesuarları, uçaklarda kullanılan pitot tüpleri, piston kubbeleri, pervane kanatları, radar, radyo ve televizyon parçaları, reflektörler, rulolar, sac ve şeritler, plak ıstampaları, tanklar, transformatör çekirdekleri, borular, kablolar, venturi ağızlıkları, kaynak uçları.

Sanırım elektrikle şekil vermenin uygulamada sınırsız bir alanı olduğunu görmüşsünüzdür! Bu konuda aklınıza gelecek sadece ufak bir fikir sizin için karlı bir işin başlangıcı olabilir. Gerçekte, bir milyoner olabilirsiniz. Ve ben de bir zamanlar benim öğrencim olduğunuz için övünürüm.

Şimdi dersi kısaca tekrar edip kısa sınava geçebilirsiniz. İyi şanslar!

SEÇİLMİŞ REFERANSLAR

KAPLANMASI ZOR OLAN METALLERİN KAPLANMASI

Ders Kitabı:

L. J. Durney, Editör, *Electroplating Engineering Handbook*, 4. Baskı, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY, 1984. Metal Finishing Publications, 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-3199 ten temin edilebilir.

Rehber Kitap

M. Murphy, Editör, *Metal Finishing Guidebook & Directory*, 2003 Edition, Metal Finishing Publications, Elsevier Science Inc, 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-3199.

Makale:

I. Friedman, *Plating*, 54, 1035 (1967).

Raporlar:

Plating Copper On Aluminum: (Phosphoric anodizing method) NASA Report SP-5025, 1966

Plating on Magnesium-Lithium Alloy: NASA Brief 65-10294. Write to NASA, Code AGP, Washington, DC 20546

ELEKTRİKLE ŞEKİL VERME

Ders Kitapları:

P. Spiro, *Electroforming*, 2nd Edition, 1971, (revised), Draper Publications. Baskısı tükendi, ama iyi bir kitap dükkanında bir kopyasını bulabilirsiniz.

L. J. Durney, Editör, *Electroplating Engineering Handbook*, 4th Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY, 1984. 16. Bölüm bu konu için mükemmel bir giriştir. Bu bölümde iyi bir referans listesi mevcuttur.

SEÇİLMİŞ REFERANSLAR (DEVAM)

Rehber Kitap:

M. Murphy, Editör, *Metal Finishing Guidebook & Directory*, 2003 Edition, Metal Finishing Publications, Elsevier Science Inc, 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212) 633-3199.

Seçilmiş Makaleler

R. Thagapon, et al, *Metal Finishing*, **69**, Aralık, 43 (1971). Daha düz elektroform elde etmek için aşındırıcı kaplama.

L. Lowry, *Plating*, **58**, 199 (1971). Foto elektrikle şekil verme cevap olabilir.

J. Dini, et al, *Metal Finishing*, **68**, Eylül, 52 (1970). Elektroformlanmış Parçalar

L. F. Spencer, *Metal Finishing*, **71**, (2) 64 (1973), **71**, (3) 54 (1973), **71** (4)(1973). Elektroformlamayla ilgili geniş bir kaynakçayla birlikte üç bölümlük bir eleştiri.

J. M. Notley, et al, *Trans.Inst. of Metal Finishing*, **50**, (1) 6 (1972). Elektroformlamanın teorik yönleri.

G. Dibari, *Metal Finishing*, **88** (1) 35 (1990). Las Vegas Elektrikle şekil verme Sempozyumu Raporu.

S. J. Haris, et al, *Trans. Inst. of Metal Finishing*, **49**, 205 (1971).

J. Logsdon, *Plating & Surface Finishing*, **77**, (3) 22 (1990). Büyük objelerin elektroformlanması.

Kitapçıklar:

Nickel Electroforming, International Nickel Co. Inc., Park 80 West-Plaza Two, Saddle Brook, NJ 07662. Bu bilgi verici kitapçıktan bir kopya ediniz.

DERS 17 SINAV

(10) 1. Bazı metallerin kaplanması zor olmasının sebebi nedir?

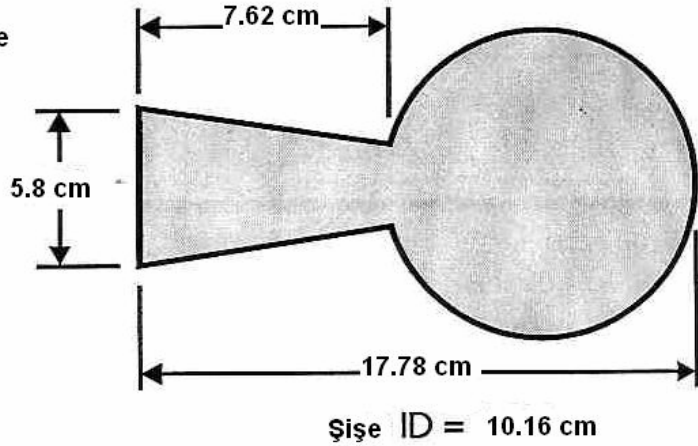
(10) 2. Adım adım açıklama yaparak alüminyum üzerine kaplama için pratik bir teknik açıklayın.

(10) 3. Inconel parçaları 2,5 mikron altınla kaplamak için bir sipariş aldınız. Bunu nasıl yaparsınız?

(10) 4. Elektrikle şekil vermenin avantajları nelerdir? Dezavantajları nelerdir?

(15) 5. Elinizde aşağıdaki şekilde bir parça var. Parça kendi ağırlığını destekleyebilmeli (bakır veya nikel kaplama) ve iç kısım korozyona karşı dayanıklı olmalı. 10 tane sipariş edildiyse bu parçayı nasıl üreteceğinizi açıklayın. 1000 tane sipariş edildiyse bu parçayı nasıl üreteceğinizi açıklayın. Her adımı detaylı olarak açıklayın ve mum kullanımının 25 mikrondan daha düşük toleranslar için genelde iyi olmadığını hatırlayın.

Şişenin iç kısmı, 1 mikrometre parlak yüzeyle, korozyona karşı korumalı olmalıdır. Nikel, bakır ya da ikisinin kombinasyonundan oluşan şişe duvarı 0.2032 cm. kalınlığında olmalıdır



(10) 6. Elektrikle şekil verme ile yapabileceğiniz bir şey bulun ya da düşünün. Bunu nasıl gerçekleştireceğinizi anlatın.

(10) 7. Bazı tipik ayırma çözeltilerini tanımlayın ve nasıl çalıştıklarını açıklayın.

(15) 8. Bir Watts banyosunda nikel kaplama yapılıyor, difüzyon katsayısı $7,0 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sn}$, $\delta = 25$ mikron kalınlığında, Nikel iyonları konsantrasyonu 1 M dir. Akım yoğunluğu sınırı $5,38 \text{ A/dm}^2$ dir. Eğer karıştırma yoluyla $\delta = 2,5$ mikrona düşürülür, nikel derişimi ise $1,2 \text{ M}$ olursa, yeni akım yoğunluğu sınırı ne olacaktır?

(10) 9. Elde ettiğiniz elektrikle şekil verilmiş parçaların tutarlı bir şekilde yüksek kaliteli olmaları için alınması gereken önlemlerden bazılarını açıklayın.