

7. DERS

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

KAPLAMA BANYOLARI
BÖLÜM 2
ALTIN, İNDİYUM, DEMİR

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ - II

7. DERS KAPLAMA BANYOLARI, BÖLÜM İKİ

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
	No.
ALTIN KAPLAMA	
ALTININ ÖZELLİKLERİ	1
ALTININ KAPLAMA METALİ OLARAK KULLANIM YERLERİ	1
ALTININ ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	2
ALTIN AĞIRLIK BİRİMLERİ	2-3
ALTIN KAPLAMA BANYOLARI	3
DALDIRMALI ALTIN KAPLAMA	4
DALDIRMALI ALTIN KAPLAMA FORMÜLLERİ	5-6
SİYANÜR BİLEŞİKLERİ İLE ÇALIŞMA	6
SİYANÜRÜN KOKUSU VE TADI	7
DALDIRMALI YALDIZLAMA İÇİN PRATİK ÖNERİLER	8-10
DALDIRMALI ALTIN KAPLAMADA KUSUR BULMA VE GİDERME	10-11
TUZLU SUDA YALDIZLAMA	11-12
İKİ PROSESİN KARŞILAŞTIRILMASI	13
TUZLU SUDA YALDIZLAMA ÇÖZELTİLERİ	13-14
TUZLU SUDA YALDIZLAMA BANYOLARININ ÖZELLİKLERİ	15
TUZLU SUDA YALDIZLAMADA KUSUR BULMA VE GİDERME	16-16
ALTIN KAPLAMA ÇÖZELTİLERİ	17-21
BANYOLARIN ÇALIŞMASI	21-22
ALTIN KAPLAMADA KONTROL FAKTÖRLERİ	22-24
PARLAK ALTIN KAPLAMA	24-25
SİTRİK ASİTLİ ALTIN KAPLAMA BANYOSU	26-27
ALTIN KAPLAMA BANYOLARININ KONTROLÜ	27-28
ALTIN KAPLAMA BANYOLARINA ALTININ YÜKLENMESİ	28-30
SİYANÜRLÜ ALTIN KAPLAMA BANYOLARINDA ARIZA BULMA VE GİDERME	31-33
GENEL ÇALIŞMA VERİLERİ	33-34
KOVANDA ALTIN KAPLAMA BANYOLARI	34-35
SİYANÜRLÜ OLMAYAN ALTIN KAPLAMA BANYOLARI	35-36
ALTIN ÇÖKELTİLERİNİN SIYIRILMASI	36
ALTININ GERİ KAZANILMA YÖNTEMLERİ	36-37
KONUYA İLİŞKİN YAŞANMIŞ ÖYKÜ ALINTISI	37
İNDİYUM KAPLAMA	
İNDİYUMUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	38
İNDİYUMUN KAPLAMA METALİ OLARAK KULLANIM YERLERİ	38
ALTININ ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	38
İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARI (ASİT TİPİ)	39-43

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ - II

7. DERS KAPLAMA BANYOLARI, BÖLÜM İKİ

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
	No.
İNDİYUM KAPLAMA (devam)	
İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARINDA ARIZA BULMA VE GİDERME	43-44
ALKALİN İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARI	44-47
İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARININ KONTROLÜ	47-51
İNDİYUM KAPLAMAYA İLİŞKİN ÖZEL NOTLAR	52
KOVANDA İNDİYUM KAPLAMA	52
İNDİYUM ÇÖKELTİLERİNİN SIYIRILMASI	53
İNDİYUMUN TERMİK OLARAK İŞLENMESİ	53
DEMİR KAPLAMA	
DEMİRİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	54
DEMİRİN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	54
OKSİDASYON VE REDÜKSİYON	55-56
DEMİR KAPLAMA BANYOLARI	56-57
KAPLAMA BANYOLARINDA ISITMANIN ETKİSİ	58-60
DEMİR SÜLFAT BANYOSUNUN ÖZELLİKLERİ	61-62
DEMİR SÜLFAT BANYOSUNDA ARIZA BULMA VE GİDERME	62-63
DEMİR KLORÜR BANYOSU	64-65
DEMİR FLÜOBORAT BANYOLARI	66-67
DEMİR SÜLFAMAT BANYOLARI	67-68
PARLAK DEMİR KAPLAMA	69
KUSURLU DEMİR TABAKALARININ SIYIRILMASI	69
KONUYA İLİŞKİN YAŞANMIŞ ÖYKÜ ALINTISI	70
SEÇİLMİŞ REFERANSLAR	71-72
İNCELEME : DERS 7	73

EKH-7-1

Yine tuz madenindeyiz! Bu derste, ALTIN'ın, İNDİYUM'un ve DEMİR'in, elektrokaplama yoluyla kaplanmasını inceleyeceğiz. Düşünebileceğiniz gibi işleyeceğimiz bu ders önemlidir, çünkü altın, gerek dekoratif, gerekse sınıî amaçlarla en sıklıkla kaplaması yapılan metaldir. Pratik açıdan (tabii her zamanki gibi biraz da teorik açıdan) burada öğreneceğiniz çok şey olacak. O halde konuya hakkettiği dikkati gösteriniz. İyi şanslar!

ALTIN KAPLAMA

KİMYASAL SEMBOL : Au (Aurum)

ATOM AĞIRLIĞI : 197

ALTININ ÖZELLİKLERİ

Altın, yumuşak ve biçimlendirilebilir bir metaldir. Atmosferik koşullar altında kararmaz veya korozyona uğramaz ve kimyasal aşınmaya maruz kalmaz. Altının özgül ağırlığı 19.3'tür ve normal olarak 1 veya 3 değerliklidir. Elektriksel direnci düşüktür ve bu anlamda bakırdan hemen sonraki sırada yer alır.

ALTININ KAPLAMA METALİ OLARAK KULLANIM YERLERİ

Geçmişte altın en sıklıkla dekoratif amaçlı kaplama metalini olarak kullanılmıştır. Zira, diğer metallere asla karşılaştırılmayacak ölçüde hoş ve zengin bir renge sahiptir. Bunun yanı sıra, altın ezelden beri değerli bir metal olarak mütâlaa edilmiş ve mücevherat ve takı imâlatı için kullanılmagelmiştir. Bu nedenle altın, taklit takılar, yenilikçi ürünler ve benzeri nesnelere son kaplama olarak kullanılmaktadır. Ne zaman zengin ve parlak sarı bir son kaplama gereksinimi olsa, hemen altın kaplama akla gelmektedir. Bununla beraber, günümüzde altın, süsleme amaçlarından çok, sınıî amaçlar doğrultusunda kaplama için kullanılır duruma gelmiştir. Elektronik sanayii ve uzay teknolojisinde altın, kararma ve donuklaşma direnci, kolaylıkla lehmlenebilirliği, yüksek elektriksel iletkenliği ve kızılötesi (sıcaklık) yansıtıcı karakteristikleri bağlamında, giderek daha da yaygınlaşan bir kullanım alanı bulmaktadır.

Bu alanların belirgin bir örneği, radar aksamı gibi elektronik aksamın kaplanma alanıdır. Radarda kullanılan yüksek frekanslı dalgalar bir iletkenin yüzeyine yakın hareket ettiğinden dolayı (yüzey etkisi olarak bilinir) bu durumda gümüş veya bakır üzerine altın kaplanmaktadır. Gümüş ve bakır her ne kadar daha iyi iletkenler olsalar da, atmosferik koşulların etkisine maruz kaldıklarında kararırılar. Bu kararmış tabaka, altında bulunan metale göre çok daha büyük bir dirence sahiptir ve bu durumda yüzey üzerinde akış durumunda bulunan yüksek frekanslı dalgalar yüksek bir dirençle karşılaşırlar. Gümüş veya bakır üzerine kaplanan ince bir altın tabakası, yüzeyin kararmamasını sağladığı gibi, gerekli yüksek iletkenliği de sağlar. Ayrıca, altın mükemmel ölçüde lehmlenebilme niteliğine sahiptir ve böylece iyi ve etkin elektriksel irtibatlar yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Uzay sanayii alanında altın kaplama, sıcaklık kontrolü amaçları doğrultusunda sıklıkla kullanılmaktadır. Altın kızılötesi ışınları yansıtma ve absorbe etme özelliği diğer metallerekinden daha yüksektir.

EKH-7-2

Çok yüksek fiyatı nedeniyle altın metalinin kaplama için çok sık kullanılamayacağı akla gelebilir. Bununla beraber yalnızca 0,025 µ (mikron) kalınlığında bir altın tabakası, her ne kadar çok ince olsa da üzerine uygulandığı yüzeye altın rengini vermek için yeterlidir. 10 dm² yüzeye böylesi ince bir kaplama yapmanın bedeli, sadece bir sent'in küçük bir kesri düzeyindedir, özellikle böylesi ince bir altın tabakası (0,025 µ) ile kaplamayı inhisar eden altın tuzu ile kaplama, hiç de çok yüksek bedele mal olan bir işlem değildir. Bu elbette altın fiyatlarının makul ve dengeli olması durumunda sözkonusudur!*

ALTININ ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Altın kaplama için, içeriğinde bulunan altının değerliği 1 veya 3 olan çözeltiler kullanılabilir. En sıklıkla içeriğinde 1 değerlikli altın bulunan alkali siyanür çözeltileri ile kaplanmaktadır. Bu koşullar altında, %100 KATOD VERİMİNDE, BİR AMPER SAATLİK ELEKTRİK AKIMI İLE 7,35 GRAM ALTIN KAPLANIR.

SORU #1 : 1 Amper saat elektrik ile kaç gram trivalan (3 değerlikli) altın kaplanır?

YANIT : $7,35 / 3 = 2,45$ gram

Aynı gerçeğe ilgili bir diğer saptama : %100 KATOD VERİMİNDE 1 DM² LİK YÜZEY ÜZERİNE 10 MİKRON KALINLIĞINDA (1 DEĞERLİKLİ) ALTIN TABAKASI KAPLAMAK İÇİN, 0,27 AMPER SAATLİK ELEKTRİK AKIMINA GEREKSİNİM VARDIR. ŞAYET AYNI KAPLAMA İŞİ, 3 DEĞERLİKLİ BİR ÇÖZELTİNİN KULLANILMASI SURETİ İLE YAPILACAK İSE BU DEĞERİN ÜÇ KATI, YANI 1,602 AMPER SAAT GEREKECEKTİR.

9,29 dm² lik yüzey üzerindeki 25,4 mikron kalınlığında bir altın tabakasının ağırlığı 45,64 gr veya 1,61 ons ya da 1,47 Troy onsu'dur. Troy onsu ne demektir öğrenmek isterseniz aşağıdaki bölümü okuyunuz:

ALTIN AĞIRLIK BİRİMLERİ

Altın, gümüş, platin, vb. gibi kıymetli metaller söz konusu olduğunda, İNGİLİZ sistemindeki ağırlıklar, diğer alışlagelmiş avuardüpa onsu ve paundu birimlerinden farklı birimlerle ifade edilirler. Bu amaçla TROY onsu ve TROY paundu birimleri kullanılmaktadır. Neden böylesine antika birimlerin kullanıldığını, işin doğrusu ben de bilmiyorum (olasılıkla bir gelenek veya alışkanlıktır) ancak daha sonraları, nizami ağırlık birimlerinin kullanılması yönünde bir eğilim izlenmiştir. Bununla beraber bu birimler de hala kullanılmaktadır, ancak herhangi bir kıymetli metalle kaplama yapmaya niyetliyseniz, bu birimler hakkında bir şeyler öğrenmek sizin için yararlı olacaktır.

* Hızla yükselen altın fiyatları çok ince yapılan kaplamaların bile maliyetlerini oldukça yükseltmiştir. Bununla beraber, son birkaç yıldır fiyat artışı kısmen de olsa dengelenmiştir ve artık 70'li yılların sonlarında olduğu gibi altın kaplama maliyetlerinde fırlayışlar görülmemektedir. Buna karşın, hala altının yerini alacak bir şeyler araştırma doğrultusunda yoğun gayretler sarf edilmektedir.

EKH-7-3

TROY SİSTEMİ

20 pennyweight (20 dwt = 20 x 1,555 gr) = 1 TROY onsu (31,1 gr)

12 TROY onsu (12 x 31,1 gr) = 1 TROY paundu (373,2 gr)

AVUARDÜPUA SİSTEMİ

16 ons (16 x 28,35 gr) = 1 paund (453,6 gr)

Bunlar doğal olarak sistemlerin birbirleri ile ilişkilerinin neler olduğunu göstermemektedir. Bu ilişki, gram biriminin kullanılması sureti ile daha iyi açıklanabilir :

1 TROY ons = 31,1 gram

1 Avuardüpuo ons = 28,35 gram

Böylece, bir TROY ons'un, bir avuardüpuo onsu'na göre 2,75 gram daha ağır olduğunu görmekteyiz. Kıymetli metaller söz konusu olduğunda, bu durum çok önemlidir, çünkü bu vesile ile bir şirket, bir kıymetli metal kaplama tuzunun bir ons'tan çok ama çok fazla anlam ifade ettiğini ilan edecek. Peki ama hani tür ons? Bunu bilmek istersiniz, çünkü bu size, paranız karşılığında ne kadar aldığınızı ifade edecek.

PROBLEM #1 : Bir peni ağırlığı kaç gramdır?

YANIT : 31,1 - 20 = 1,55 gram

PROBLEM #2 : Bir TROY paundu ile bir nizami paund arasındaki ilişki nedir?

YANIT : Bir TROY paundu 12 x 31,1 = 373,2 gramdır. Bir nizami paund ise, 16 x 28,35 = 453,6 gramdır. Bu durumda bir TROY paundu, 373/454 nizami puanda veya yaklaşık olarak, 0,82 nizami puanda eşittir.

ALTIN KAPLAMA BANYOLARI

Altın kaplama işlemi için kullanılmaya elverişli pek çok altın kaplama banyosu bulunmaktadır. Son yirmi yıllık dönem içerisinde, altının kaplanması için yeni ve ilginç kaplama çözeltileri geliştirilmiştir. Bununla beraber genel kaplama işleri için en yaygın reçeteler, hala siyanür tuzu bileşiği temelinde yapılandırılmış olanlardır. Bu banyoların bir kısmı, altının bir veya birden çok metalle birlikte çökeltilerek, kaplanmasına imkan sağlayan alaşım banyolarıdır. Bu alaşım kaplama banyoları, kapsamlı eğitim programının 10. Dersinde ele alınarak, işlenecektir. Bu derste biz, yalnızca saf veya hemen hemen saf* altın kaplamaları ve bunların yapılması için kullanılan banyolarla ilgileneceğiz.

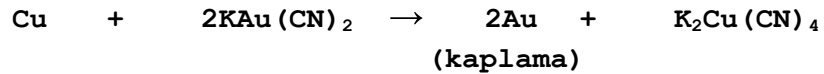
* Saf altın, 24 karat (24 ayar, bir diğer eski birim) altın olarak bilinir. Bu durumda 18 karat altın, 18/24 = 0,75 = %75 saf altına eşdeğerdir.

EKH-7-4

Altın, elektromotor serisinde hidrojenin oldukça altında bulunduğundan, asil metal kategorisine girmektedir. Bu nedenle, seride kendisinin üzerinde yer alan tüm metaller üzerine, pratik olarak daldırma ile kaplanmaya elverişlidir. Böylece, elektrik akımı kullanılmaksızın, sadece daldırma yöntemi ile, bakır, pirinç, bronz ve kalay üzerine kolaylıkla kaplanır. Bu tip yer değiştirme kaplamaları oldukça ince kaplama katmanları oluştururlar ve bazı sınırlı uygulamalar dışında genellikle doyurucu nitelik taşımazlar. Bununla beraber belirli bir değere sahiptirler ve biz de altın kaplama dersimize, daldırma ile kaplamaları işleyerek başlayacağız.

DALDIRMA YÖNTEMİYLE ALTIN KAPLAMA

Daldırma ile altın kaplamada tabandaki esas metalin (elektromotor serisinde altının üstünde yer almalıdır) ince bir katmanı altın elektroliti içerisinde çözünür ve böylece çözeltideki altın ile yer değiştirir. Yer değiştiren altın esas metalin yüzeyi üzerine çöker. Esas metalin yüzeyi bir altın tabakası ile kaplandığında artık yer değiştirme gerçekleşmez ve böylece işlem kendi kendini sınırlandırır, bu şekilde kaplanan altın tabakası son derece incedir. Bu durum kaplanan metalin harici bir indirgeyici (redüktör) tarafından katalizörlü indirgendiği (Bir gümüş ayna veya ELEKTRİKSİZ NİKEL kaplama bunun tipik örnekleridir.), kalınlık sınırlaması olmayan ELEKTRİKSİZ (ELECTROLESS) KAPLAMA YÖNTEMLERİ* ile zıtlık sergiler. Esas metalin türüne ve kaplama koşullarına bağlı olarak, daldırılmalı altın kaplamanın kalınlığı 0,025 ilâ 0,25 mikron arasında değişir. Bu kalınlıktaki kaplamanın koruyucu olmadığı düşünülebilir, ancak bu düşünce doğru değildir, çünkü altın yoğun biçimde kaplanmıştır. Basit bir hesaplama bunun nasıl olduğunu gösterir. Örnek olarak, bakır üzerine altın kaplandığı durumu ele alacak olursak, yer değiştirme reaksiyonunun denklemi aşağıdaki gibidir :



63 ağırlık birimi bakır, 394 ağırlık birimi altın ile yer değiştirir (Neden?). Çünkü altının özgül ağırlığı 19,3 ve bakırın özgül ağırlığı da 8,9'dur. Esas metalin yüzeyi üzerine kaplanan altın miktarı, yaklaşık olarak çözünen bakır miktarının 3 katıdır! Bu hesaplama bilgi verme amacına yöneliktir.

* ELEKTRİKSİZ (ELECTROLESS) KAPLAMA: Uygun bir elektrolit seçimi ile (uygun bir metal için) metalik filmin oluşması için gerekli iyonların verildiği elektrik akımı olmadan ulaşılan elektriksiz depolama. Altının elektriksiz kaplanması ayrıntılı olarak kapsamlı eğitim programının 13. Dersinde veya özelleştirilmiş eğitim programının 13-B Dersinde ele alınacaktır.

EKH-7-5

Hesaplamayı daha iyi kavrayabilmek için Şekil 1'e bakınız. Altın elektrolitinin etkisi ile, t_c kalınlığında bir bakır tabakası çözünür. A büyüklüğündeki bir alandan çözünen bu bakırın ağırlığı $(A \cdot t_c \cdot d_c)$ 'dir ve burada d_c , bakırın özgül ağırlığıdır. Bakırla yer değiştirerek oluşan altın tabakasının ağırlığı $(A \cdot t_g \cdot d_g)$ 'dir ve burada t_g , altın tabakasının kalınlığı, d_g ise altının özgül ağırlığıdır. Ancak kimyasal reaksiyondan, 63 ağırlık birimi bakırın, 394 ağırlık birimi altınla yer değiştirdiğini bilmekteyiz, bu nedenle :

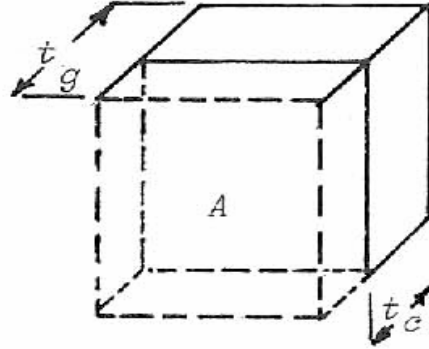
$$A \cdot t_c \cdot d_c / A \cdot t_g \cdot d_g = 63 / 394 \text{ 'tür.}$$

A 'yı paydan ve paydadan düşüğümüz ve özgül ağırlıkları yerlerine yerleştirdiğimizde, t_g 'yi aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz ve

$$t_g = 2.9 t_c \text{ olarak bulunur.}$$

Bunun anlamı, kaplanan altın tabakası, çözülen bakır tabakasının yaklaşık olarak 3 katı kalınlığında demektir. Mikron (veya inç) cinsinden fiili kalınlık, daha önce de belirtilmiş olduğu gibi, doğal olarak esas metalin cinsi ve kimyasal reaksiyonun hangi koşullar altında cereyan ettiğine bağlı olarak değişecektir. Bununla beraber bu hesaplama, beklenebilir olan sonuç hakkında size bir fikir vermektedir.*

Şekil 1
DALDIRMA ALTIN KAPLAMA



$$t_g = 2.9 t_c$$

DALDIRMA ALTIN KAPLAMA REÇETELERİ

Altın potasyum siyanür**	14 gr
Sodyum siyanür (NaCN)	85 gr
Disodyum fosfat (Na ₂ HPO ₄)	142 gr
Su	3,785 lt

* Ders sonundaki sınavda yer değiştirmeli kaplama ile bir soru sorulmuştur!

** Bu çözelti siyanür içermektedir. Siyanür içeren malzemelerle herhangi bir çalışma yapmaya girişmeden önce, bu Dersin bundan sonraki iki bölümünde açıklanan önlemlere bakınız.

EKH-7-6

Önce disodyum fosfatı ardından siyanürü suda çözün ve altın tuzu ile devam edin. Banyoyu 60 ilâ 71°C arasında çalıştırın.

Altın potasyum siyanür	14,2 gram
Potasyum siyanür	113,5 gram
Potasyum tartarat (kristal)	85 gram
Potasyum karbonat	28,4 gr
EDTA	28,4 gr
Su	3,785 lt

Sodyum karbonatı ve potasyum tartaratı suda çözün, sodyum siyanür ve altın tuzu ile devam edin. Bu banyonun çalışma sıcaklığı 60 ilâ 71°C arasındadır.

TANKLAR

Bu çözeltilerin depolanması için sırlı çelik, ısıya dayanıklı payreks cam, paslanmaz çelik, polipropilen veya teflon astarlı çelik tanklar kullanın.

SIYANÜR BİLEŞİKLERİ İLE ÇALIŞMA

Siyanür çözeltileri ile çalışacağınızdan, her uyarı notunu bir emir olarak kabul edin! **Bir kimyasal veya bir bileşim, kendi özelliklerine dikkat edilerek ve verilen talimatlara uyularak kullanıldığı müddetçe asla tehlikeli değildir. Yalnızca zehirleyici veya tehlikeli özellikleri göz ardı edildiğinde veya özensiz veya bilinçsiz biçimde kullanıldığında, başınızı derde sokmayı göze almalısınız. Siyanür içeren tüm bileşimler potansiyel tehlike taşırlar, çünkü siyanür (CN)⁻ kökü herhangi bir biçimde vücuda girdiği takdirde öldürücü bir zehirdir. Bununla beraber tıbbi kayıtlar siyanür bileşimlerini gereken özen ve dikkatle kullanan hiçbir kaplamacının siyanür zehirlenmesine maruz kalmamış olduğunu göstermektedir. Geçen son kırk yıllık dönem içerisinde bu sanayi alanında yalnızca birkaç zehirlenme vakasına rastlandığı yazar tarafından bilinmektedir ve bunlardan birisi de, affedilemez ölçüde bir ihmalin yol açtığı bir siyanür zehirlenmesi olayıdır (1987'de). İş Güvenliği ve Sağlığı Yasası'nın (OSHA) yürürlüğe girmiş olduğu 70'li yılların başlarından bu yana, siyanürle yapılan çalışmalarda gerekli önlemlerin alınması, her şeyden daha önemlidir.**

Bir kaplamacı olarak, beyaz renkli tuzlar olup, pudra şekeri görüntüsüne sahip olan (sodyum siyanür aynı zamanda CYANEGG adı altında, her biri 0,5 veya 1 ons ağırlığında katı toplar halinde, yumurta biçiminde de satılmaktadır) sodyum ve potasyum siyanürle çalışmanız gerekecektir. Aynı zamanda, beyaz veya renkli tozlar olan, altın potasyum siyanür, gümüş siyanür, çinko siyanür, bakır siyanür, vb. gibi siyanürün metal tuzları ile de çalışmanız gerekecektir.

EKH-7-7

Metal siyanür tuzlarının çoğu ince tozlardır ve adi ince tozlar gibi davranış eğilimi sergilemektedirler. Ölçümleri veya tartılmaları aşamasında gereken önlemler alınmadığı takdirde savrulabilir ve buruna kaçabilirler. **BUNLARI ASLA HAVA CEREYANI OLAN VEYA RÜZGARLI ORTAMDA TARTMAYIN.**

HİÇBİR ŞEKİLDE TOZLARI SOLUMAYIN VE İKİ KAT GÜVENCE ALTINDA OLMAK İSTERSENİZ, TOZ METAL SİYANÜRLERİN TARTIMINI YAPARKEN BİR NEFES MASKESİ KULLANIN. Böylesi bir uyarı sodyum veya potasyum siyanür tuzlarının ölçülenmesi veya tartılması için geçerli değildir, çünkü bu tuzlar toz oluşturma eğilimi sergilemezler ve/veya katı topaklar biçiminde satılabilirler.

SİYANÜRÜN CİLDE TEMAS ETMESİNE (ÖZELLİKLE ÇÖZELTİ HALİNDE İKEN) ASLA İZİN VERMEYİN. Kaza eseri cildiniz üzerine sıçraması durumunda, söz konusu cilt alanını önce bol ılık su ile (soğuk su da olur, ancak ılık su daha hızlı bir işlevsellik gösterecektir) yıkayın ve sonra da bu alan üzerine biraz limon suyu veya sirke uygulayın. Bu temas yöntemi ile küçük bir miktar siyanür, özellikle cilt üzerinde kesikler veya sıyrıklar yoksa, vücut tarafından absorbe edilir ve bazı kişiler, diğerlerine göre siyanüre karşı daha alerjik olabileceklerinden, siyanürün ciltle uzun süre temas halinde kalmasına izin verildiği takdirde, cilt kızarmaları oluşur.

SİYANÜRÜ HİÇBİR BİÇİMİNDE ASLA YUTMAYIN. Bu doğal olarak çok açık ve belirgin bir kuraldır. Siyanür içeren tüm tankları, zehir simgesi ve bileşim adı ile etiketleyin veya işaretleyin. Siyanürle kullanılan tüm beherler ve aletler de, herhangi bir hataya yer vermemek için işaretlenmeli veya etiketlenmelidir. **HİÇ GECİKİLMEKSİZİN VERİLMEDİĞİ TAKDİRDE, PANZEHİRLER ETKİLİ DEĞİLDİR, BU NEDENLE, KAPLAMA TESİSİNDE ÇALIŞIRKEN, CİVARDA BULUNAN HERHANGİ BİR BEHER VEYA BARDAKTAN BİRŞEY İÇMEDEN ÖNCE, İKİ KEZ DÜŞÜNÜN.**

ASLA ASİTLE SİYANÜRÜ KARIŞTIRMAYIN. Asit siyanürle karıştığı takdirde, hidrojen siyanür (HCN) gazı oluşur. Bu gazın solunması ölümcül sonuçlar yaratır. Bu nedenle, kullanılmadıkları zaman siyanür banyolarının üstlerini daima kapalı bulundurun. Birbirleri üzerine sıçrama olasılığına yer vermemek için, siyanür banyolarını asit banyoları ile yan yana koymayın. Siyanürlü daldırma ve banyolarla çalışılan mekânlar iyi bir genel havalandırma sistemi ile donatılmış olmalıdır. Asit banyosundan siyanür banyosuna veya aksi yönde aktarma yapmadan önce, bu işleme tâbi tutulacak nesneyi daima bol temiz suyla yıkayın. Eski kaplamacılar tanklarını havalandırmaksızın çalıştıklarından, mümkün olduğunca siyanür banyolarının kapalı bir ortamda bulundurulmalarını ve büyük hacimli gümüş tanklarının, herhangi bir buharın veya dumanın solunmadan tahliye edilebilmesi için, havalandırma yarığı üzerinden havalandırmanın sağlanması tavsiye edilir. Özel bir tank havalandırma sisteminiz bulunmamakta ise, çalışma mekânınızın iyi havalandırma koşullarını taşıdığından emin olun ve gümüş tanklar yakınında çalışma yaparken, başınızı mümkün olduğunca direkt olarak tankın üstünde tutmayın ve yükselen buharı, asla solumayın. OSHA'nın istediği şartlarda bir havalandırma sisteminiz hala mevcut değilse, kesinlikle kurulmasını planlayın.

SİYANÜRÜN KOKUSU VE TADI

Kendi kendinize, "nasıl olur da bir kişi, bu nesnenin tadının nasıl olduğunu bilebilir?" sorusunu sorabilirsiniz. Gerçekte ve fiilen siyanür, seyreltilmiş biçimi ile tadılmıştır. Eski zamanların kaplamacıları, siyanürün kuvvetini test etmek için parmaklarını siyanür banyosuna sokup, yapışkan sıvıyı karıştırmak ve sonra da parmaklarını dudaklarına temas ettirmek sureti ile bu kontrolü gerçekleştirirlerdi. SAKIN BUNU DENEMEYİN! Siyanürün tadı son derece acıdır. Küçük bir miktarı ağızınıza aldığınız takdirde, gırtlak kaslarınız aynı anda kasılır ve adeta sizi, yutamamanız için sarsıcı biçimde uyarırlar. Bu uyarı, sizi bu nesneyi yutmaktan alıkoymanın doğal yoludur. Bazı kimseler siyanür kokusuna karşı daha duyarlıdırlar ancak genellikle siyanür, ilave hafif bir metalik koku ile karışık şeftali çekirdeği içindeki acıbadem kokusuna sahiptir. Bu kokuyu siyanürün gaz halinde salındığı, yetersiz havalandırılmı bir mekânda alabilirsiniz. Havadaki konsantrasyonu yüksek ise önce hafif bir baş ağrısı, arkadan şakaklarda bir zonklama ve nihayet uyuşukluk hissi oluşur. Böyle bir mekânda bulunuyorsanız tüm pencereleri açın ve derhal açık havaya çıkın.*

Kaplamacılıkta deneyimli iseniz, bu durum size siyanür konusunda üzerinde gereksiz olarak durulan bir ayrıntı gibi gözükebilir, ancak işe yeni başlayan kaplamacılara olduğu gibi, deneyimli kaplamacılara da bir kez daha hatırlatmak isterim ki, siyanür, üzerinde çalışmanız istenebilecek en tehlikeli kimyasaldır. Amaca uygun önlemleri almak ve bu konuda asla ihmalkar davranmamak kaydı altında, yılın her günü, gün boyu, zararlı sonuçlara maruz kalmaksızın siyanürle çalışabilirsiniz.

DALDIRMA YÖNTEMİYLE YALDIZLAMA İÇİN PRATİK ÖNERİLER

1. Daldırma kaplama ile başarılı biçimde kaplanabilecek metaller yalnızca bakır, pirinç ve içeriğinde çok yüksek oranda kalay bulunmayan bazı bronz türleridir. Nikele, üzerinde oluşan pasif film tabakası yüzünden altın kaplanmaz. Alüminyum, çinko ve magnezyum üzerine ise kaplanan altın ise yapışmaz. Kalay üzerinde kaplanan altın çok zayıf yapışır. Öyleyse, eğer daldırma yöntemi ile altın kaplama yapılacaksa, bakır ve pirinç dışındaki diğer tüm metaller önce bakır veya pirinç ile kaplanmalıdır. İkisi arasında bir seçim yapılacak olursa, yer değiştirme işlemi daha hızlı işlediğinden ve elde edilen altın kaplamanın rengi daha iyi olacağından pirinç astarla kaplama daha iyi sonuç verecektir.

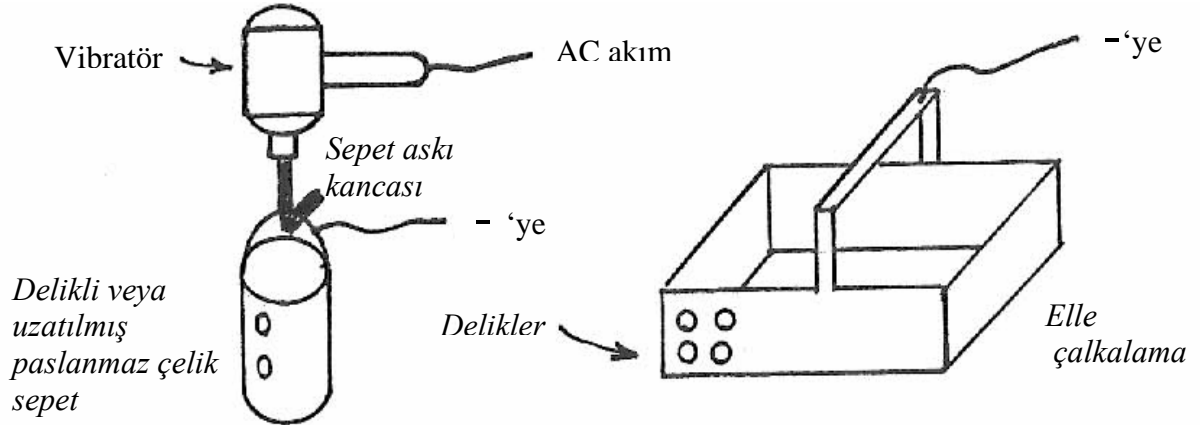
2. Kaplanacak yüzey, daldırma kaplama öncesinde iyice temizlenmiş olmalıdır. Bu kural, tüm diğer kaplamalar için de temel kuraldır. Bunun için 3. Derste anlatılana benzer bir temizleyici kullanmalısınız.

* İlk yardım çantanızda hekim tarafından önerilen siyanür panzehiri mutlaka bulunmalıdır.

3. Geniş yüzeyli cisimlere daldırma ile kaplama yapıldığında genelde düzensiz ve lekeli bir sonuç elde edildiğinden, bu yöntemle tatmin edici biçimde kaplanamazlar. Elde edilen sonuç sadece iğne, düğme, vb. gibi küçük cisimler için amaca elverişlidir. Bu yöntemle kaplanan malzeme küçük olduğu için, genellikle bu nesnelere bir sepetin içine konularak altın çözeltisine daldırılır. Bu sepetler metal olabileceği gibi, seramik, plastik veya kauçuk da olabilir. Metal olmayan sepetlerin kullanılması durumunda, kaplamada kullanılan metalin özelliklerine bağlı olarak kimyasal reaksiyon hızlanabilir veya yavaşlayabilir. Bu durumda ve örneğin, alüminyum bir daldırma sepeti kullanıldığında, alüminyumun elektromotor serisindeki yeri kaplanan pirinç veya bakırdan daha yukarıda bulunduğundan, alüminyumun bir anod, ve pirinç veya bakırın bir katod gibi işlevsellik gösterdiği bir minyatür galvanik batarya veya bir pil etkisi ortaya çıkar (2. Derse bakınız) ve böylece galvanik akımın etkileşimi altında kaplama hızlanır. Bununla beraber, böylesi bir sepetin mahzurlu, yönü sepet yüzeyinin çözelti içerisinde çözünmeye uğraması ve bu yüzey üzerinde altının, yapışmayan biçimde kaplanmasıdır. Bu durumda yüzeyden soyulan altın alttaki alüminyum yüzeyi ortaya çıkarır, böylece daha fazla altın çöker ve ziyan olur. Ziyan edilmiş altının bir kısmı siyanürle yeniden çözündürülebilirse de, bu yöntem daima tavsiye edilmez. Diğer taraftan, bakır bir sepet kullanılarak pirinç cisimler kaplanmaya çalışılırken ters etkileşim nedeniyle işlemi belli ölçüde yavaşlatır. Paslanmaz çelik daha az etkiler.

4. Eşbiçimli (uniform) kaplama elde etmek için altın çözeltisinin kaplanacak cismin her yerine erişmesi gerektiğinden, sepet içerisindeki cisme karıştırma uygulanması önem kazanır. Bunun da ötesinde, sepetin olabildiğince çok sayıda açıklıkları bulunmalıdır. Daldırılan bir sepetin karıştırılması için yararlı bir küçük aygıt, Şekil 2'de görüldüğü gibi kullanılabilir olan eski bir masaj vibratörüdür.

Şekil 2
DALDIRMALI KAPLAMA SEPETLERİ



EKH-7-10

5. Siyanürün hızlı bir biçimde ayrışmasına neden olacağından banyoyu 82°C' den yukarı ısıtmamalısınız.

6. Aşırı ölçekte siyanür kaplanan altının kısmi biçimde yeniden çözünmesine neden olabileceğinden, siyanür miktarının gerekli olan miktarın %10'undan daha yüksek olmasına izin vermeyin.

Aynı şekilde, malzemeyi çözeltilde sadece istenen altın rengi elde edene kadar tutun, fazla tutmak altını çözecektir.

7. Altın içeriği yüksek çözeltiler daha hızlı ve daha iyi çalışır, bu nedenle, süzüntü kayıplarını ve envanteri de dikkate alarak, çözeltildeki altın içeriğinin olabildiğince yüksek olmasını sağlamalısınız.

8. Doğru miktarda altın ve siyanür içeren bir banyonun sıcaklığı sabit ve her yerinde aynı (uniform) tutulursa, bu şartlarda elde edilen kaplamanın kalitesi de uniform olacaktır. Kaplanan altının aşırı derecedeki inceliği nedeniyle, elde edilen sonuç biraz da olsa olacağından, daldırma ile bakır üzerine yapılan altın kaplama biraz kırmızımsı, pirinç üzerine yapılan ise daha sarı görünecektir.

9. Daldırma banyosundaki malzemenin hızlı hareket ettirilmesi daha açık sarı renk elde edilmesine neden olacaktır. Hareket ne denli yavaş olursa sarı renk de o denli koyulaşır.

10. Daldırma banyosunun sıcaklığının yükseltilmesi ile daha açık sarı renk elde edilir ve daha hızlı yaldızlama yapılır.

DALDIRMA ALTIN KAPLAMADA HATA BULMA VE GİDERME

Daldırmalı altın kaplama banyosunda en sıklıkla rastlanan hata, belirli bir kullanma süresi sonunda, banyonun kendi kendini kirleten türden olması nedeniyle uniform olmayan altın renklerinin oluşmasıdır. Böylesi bir hatanın telâfi edilebilmesi için, bakır ve çinkonun, bakırın daldırmalı yaldızlanması için daha önce verilmiş olan kimyasal denklemde gösterildiği gibi esas metalden çözüldürülerek tasfiye edilmesi gereklidir. Bununla birlikte, böylece daldırma banyosunun altın içeriği, siyanür içeriğinin ile birlikte özenle idame ettirilmiş olsa bile, bakır ve çinko iyonları oluşumu işlemi etkileyecek ölçekte büyük olacaktır. Böylece örneğin, pirinç bir cismin bakır içeriği yüksek bir daldırma banyosunda altın kaplanmasında, altının taban metalinin yüzeyi üzerindeki ilk anlık birikimlenmesi sonrasında, kaplanacak yüzeyle temas halinde bulunan çözeltilerin altın içeriği geçici olarak azalacak ve büyük ölçekte bakır iyonu varlığı söz konusu olduğu takdirde, bakırın bir kısmının da kaplanması nedeniyle daldırma kaplamadan elde edilecek sonuç kırmızımsı bir renk alacaktır.

HATA BELİRTİSİ	HATANIN OLASI NEDENİ
Renk soluk, kırmızımsı veya kahverengi.	(1) Yabancı iyon oluşumu çok fazla.
Sonuçlar uniform değil.	(2) Altın içeriği yetersiz.
	(3) Siyanür içeriği çok düşük.
	(4) Banyo sıcaklığı çok düşük.
	(5) Karıştırma yetersiz.

EKH-7-11

HATANIN GİDERİLMESİ:

(1) Eğer banyo çok uzunca bir süredir kullanılmakta ise (bu durum görecelidir ve üretilen işin hacmine göre değişkendir) ve altın ile siyanür içeriği idame ettirilmiş ise, çözeltinin ıskartaya çıkarılmasının ve yeni bir çözelti hazırlanmasının zamanı gelmiştir. Kullanılan çözeltideki altın çökeltilmeli ve bu dersin ilerisinde açıklanacak şekilde yeniden rafine edilmek üzere saklanmalıdır.

(2) Yeni hazırlanan banyonun davranış biçimi de aynı olduğu takdirde, çözeltinin altın içeriğinde azalma bulunmaktadır. Çözeltinin altın içeriği doğru orana getirilmelidir.

(3) Çözeltinin altın içeriği amaca elverişli ise, siyanür içeriği kontrol edilmeli ve amaca elverişli doğru orana getirilmelidir.

(4) Banyo sıcaklığı doğru çalışma değerine yükseltilmelidir.

(5) Çözelti ile kaplanacak yüzeyin daha eşbiçimli temasını sağlamak için, çözelti daha güçlü biçimde karıştırılmalıdır.

* * * * *

HATA BELİRTİSİ	HATANIN OLASI NEDENİ
Banyonun çok yavaş çalışıyor.	(1) Altın içeriği çok düşük. (2) Banyo sıcaklığı çok düşük. (3) Siyanür içeriği çok düşük.

HATANIN GİDERİLMESİ:

(1) Altın içeriğini kontrol edin, yetersiz ise arttırın.

(2) Banyo sıcaklığını kontrol edin, yetersiz ise yükseltin.

(3) Siyanür içeriğini kontrol edin, yetersiz ise uygun değere yükseltin.

DALDIRMA KAPLAMA İÇİN YARARLI İPUÇLARI

Daldırma banyolarına küçük miktarda sürfaktan (iyonik olmayan) ilave edilmesi, daha iyi sonuçlar alınmasına olanak sağlayacaktır. Çözeltinin yüzey geriliminin azaltılması, daha eşbiçimli bir birikimlenme için, çözeltinin kaplanacak yüzeyin küçük yarıklarına dek nüfuz edebilmesine olanak sağlayacaktır.

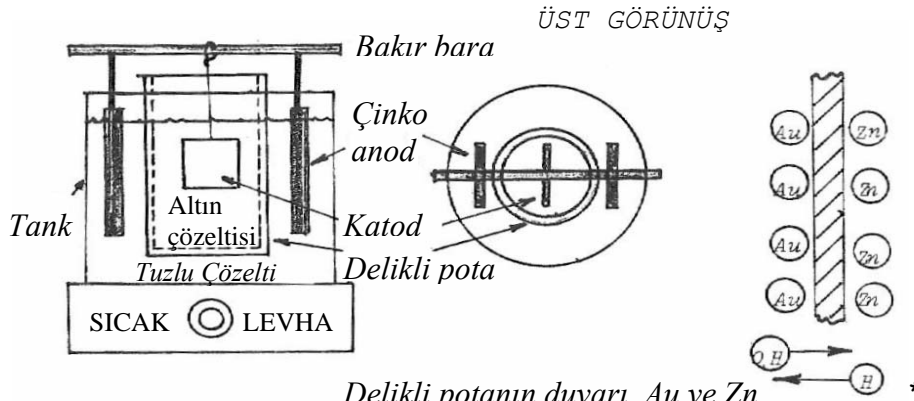
Bundan sonra açıklanacak olan altın kaplama prosesi prosesinin bir zamanlar önemli ölçekte kullanılmış olmasına karşın, az veya çok modasının geçmiş olduğunu tartışacağız. Bununla beraber, size daha sonrası için aynak oluşturacak ilave fikirler ve daha derin bir bakış açısı getirebileceği için, bu yöntemin ilkelerini açıklamaya bir zaman ayırıyorum. Bu proses, TUZLU SUDA YALDIZLAMA olarak adlandırılmaktadır.

TUZLU SUDA YALDIZLAMA

Bu işlem bazen, dahili elektromotor kuvveti sayesinde altın kaplama gibi süslü bir isimle de tanınmaktadır. Bu işlemin açıklanması basittir, besleyici akımın bir dahili güç kaynağından sağlanmasının dışında, elektrik akımı altında yapılan bir altın kaplamadır.

2. Derste açıklanmış olduğu gibi, bir elektrolit içerisine daldırılan birbirinden farklı iki metal parçası, bir elektrik akımı oluşturacaktır. Bu galvanik bataryanın ve kuru pilin temelini ifade etmektedir. Tuzlu suda yaldızlamada, bir çinko, alüminyum ya da magnezyum plaka, altın kaplama çözeltisinin veya elektrolitin varlığı durumunda, yaldızlanacak veya altın kaplanacak nesneye bağlanır. Çinko anodik hale gelir ve çözülmeye başlar, kaplanacak olan nesne de katodik veya negatif yüklü hale gelir üzerine altın kaplanır. Bu işlem, kaplanacak metal yüzey yerine bir harici metalin çözünmesi ve Şekil 3'te görüldüğü gibi çinko ile kaplanacak metal arasında bir diyaframın kullanılması sureti ile, elektrolitin kendi kendini kirletmemesi dışında, daldırma yaldızlama işlemine çok benzer.

Şekil 3
TUZLU SUDA YALDIZLAMA



Diyafram genellikle gözenekli kilden veya alüminyum oksit)'dan yapılmış bir tank veya kupadır. Bu diyaframın işlevi, ayırdığı her iki bölmede bulunan ortak iyonların (örneğin hidrojen, sodyum veya potasyum iyonları) içerisinden geçmesine ve böylece akımın geçmesine izin verirken, ayırdığı bu bölmelerdeki çözeltilerin birbirine karışmasını önleyerek, böylece yaldızlama çözeltisinin kirlenmesini önlemektir.

* Basit iyonlar gibi görülseler de, altın ve çinko iyonları fiilen kompleks iyonlar şeklinde bulunurlar.

İKİ İŞLEMİN KARŞILAŞTIRILMASI

DALDIRMA YALDIZLAMA	TUZLU SUDA YALDIZLAMA
Esas metalin çözünerek, altının esas metal üzerine kaplanmasını sağlayan elektrik enerjisini üretir.	Harici bir metal çözünerek, kaplama yapılmasını sağlayan elektrik enerjisini üretir.
Esas metalin yüzeyi altınla kaplandığında, işlem durur.	Harici metal devreye bağlı kaldığı ve altın iyonu mevcut olduğu müddetçe işlem sürer.
Bakır, çinko, vb.nin varlığı yaldızlama çözeltisini kirletir.	Çinko iyonları yalnızca anod bölgesinde kaldığından dolayı yaldızlama çözeltisi kirlenmez.

İnce katmanlı fakat eşbiçimli bir altın kaplama istendiğinde, tuzlu suda yaldızlama iyi bir yöntemdir ve sınırlı bir kullanım alanına sahiptir. Bu yöntemle işlenecek nesnelere çanta çerçeveleri, şifonyer setleri, pudriyerler ve küçük takılardır. Kaplama belirli bir zaman süresi için göreceli olarak incedir ve akım şiddetleri oldukça düşüktür (yaklaşık olarak 0,1 ilâ 0,2 A/dm²).

Bu işlemin neden tuzlu suda yaldızlama olarak adlandırıldığını öğrenmek isterseniz, bunun nedeni gayet basittir: Çinko veya alüminyumun bulunduğu bölgede genellikle konsantre adı tuz çözeltisi veya ilgili bir bileşiğinin çözeltisi bulunur.

TUZLU SUDA YALDIZLAMA ÇÖZELTİLERİ**Çözelti #1****Katod Bölmesi (Altın Çözeltisi)**

Potasyum altın siyanür	14,2 gram
Potasyum siyanür	28,4 gram
Potasyum karbonat	56,8 gram
Potasyum asit fosfat (HK ₂ PO ₄)	113,6 gram
Su	3,785 lt

EKH-7-14

Anod Bölmesi

Potasyum klorür	14,2 gram
Su	3,785 lt

Çözelti #2

Katod Bölmesi

Sodyum altın siyanür	14,2 gram
Disodyum fosfat	113,6 gram
Sodyum karbonat	56,8 gram
Sodyum siyanür	28,4 gram
Su	3,785 lt

Anod Bölmesi

Sodyum klorür	852 gram
Su	3,785 lt

Anod bölümü için yukarıda verilen çözeltiler, yalnızca çinko anod için uygundur. Alüminyum anod kullanmak istediğiniz takdirde aşağıdaki anod bölümü çözeltilerini kullanmanız gerekir:

Çözelti #1

Potasyum hidroksit	45,5 gram
Su	3,785 lt

Çözelti #2

Sodyum hidroksit	45,5 gram
Su	3,785 lt

Bir magnezyum anod için, #1 veya #2 katod bölümü çözeltileri ile birlikte kullanılması gereken anod bölümü çözeltisi:

Ammonyum klorür	909 gram
Su	3,785 lt

TUZLU SUDA YALDIZLAMA BANYOSUNUN ÇALIŞMASI

Tuzlu suda yaldızlama işlemi oda sıcaklığı altında gerçekleşecek olsa da, daha yüksek sıcaklık koşulları altında, daha hızlı bir kaplama elde etmenize olanak sağlar. Önerilen sıcaklık 49 ilâ 60°C'dir.

Yaldızlama banyosu kullanılmadığında, anod veya anodlar, anod bölgesinden çekilerek, dışarı alınmalıdır.

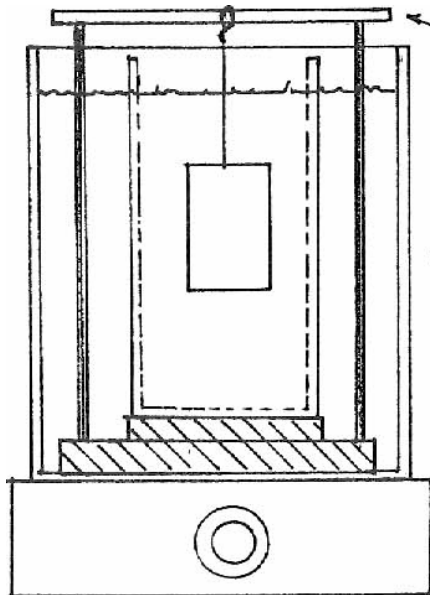
Katod bölgesindeki siyanürün kuvveti önerilen %10 düzeyinin üstünde olmamalıdır, zira fazla oranda siyanür, kaplama hızını yavaşlatmak sureti ile kaplama yüzeyini olumsuz etkiler ve böylece katod bölgesindeki elektrolitin kirlenmesine neden olur. (Halen böylesi bir etkileşim tümüyle bertaraf edilebilmiş değildir ancak en düşük düzeye indirgenebilir).

İşlenerek kaplanacak nesnenin boyutları ve istenen kaplama katmanı kalınlığı bağlamında değişken olarak, doyurucu nitelikte bir birikimlenme kaplamasının oluşturulması, 15 dakikadan birkaç saate dek değişebilir. Kaplama hızı, devrede bulunan ampermetre okuma değerlerine bakılarak, tahmin edilebilir. Doğru sonuçların elde edilebilmesi için, birikimlenme kütlesi ağırlığı testlerinin yapılması gerekir.

TANKLAR :

Eskiden çoğu kaplamacı Şekil 4'tekine benzer bir bakır tank kullanılmakta idi. Halen, böylesi bir bakır kabın kullanılmasına gereksinim yoktur, eğer elektroliz ısıtmalı koşul altında gerçekleştirilecek ise, bunun yerine elektrolit çözeltisinin ısıtılabilmesine olanak sağlayacak nitelikte plastik, sert kauçuk, emaye demir veya kauçuk kaplı çelik elektroliz tankları kullanılabilir.

Şekil 4
KÜÇÜK ÖLÇEKLİ TUZLU SU ELEKTROLİZ DÜZENİĞİ



Bakır çubuk

Silindirik biçimli çinko plaka

Bakır tank

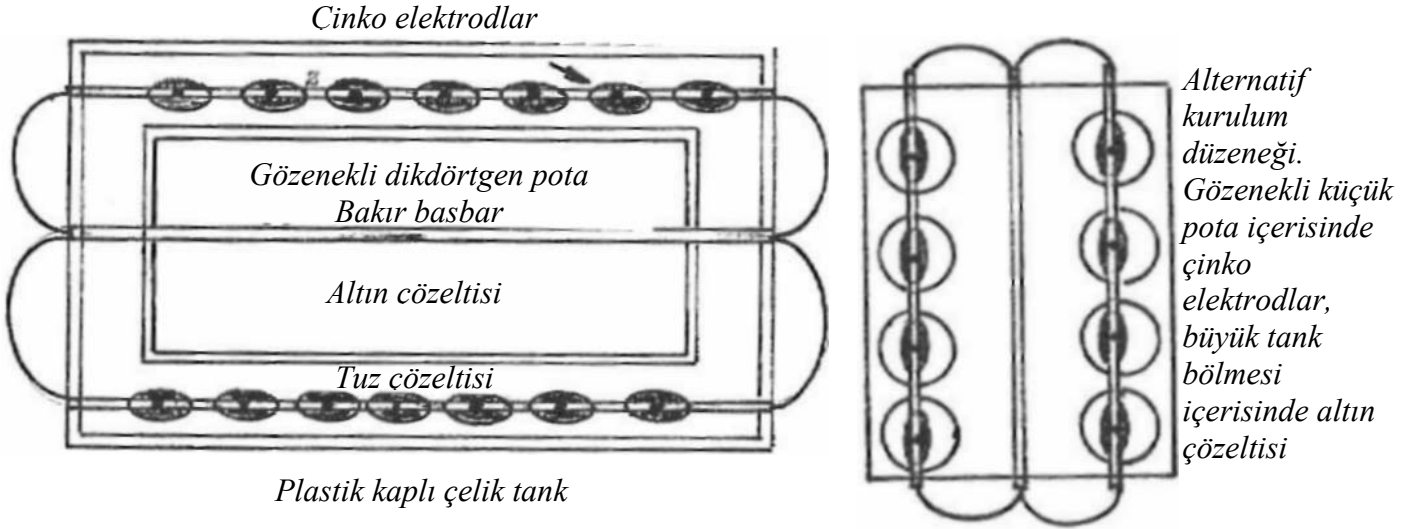
Gözenekli pota (altın çözeltisi içeren pota)

Yalıtkan çinko ile bakırın direkt temasını önlemektedir.

Isıtma kontrolü tabanı

NOT : Kişisel deneyimime göre bir emaye pota, bir bakır pota kadar amaca elverişlidir! Bu durumda, yalıtkan tabanın kullanılma gereksinimi yoktur. Metalik olmayan tanklar için dalgıç tipi ısıtıcı kullanınız.

Şekil 5
BÜYÜK ÖLÇEKLİ TUZLU SU ELEKTROLİZ DÜZENEGİ



Tuzlu suda yaldızlama işleminin sağladığı özel avantaj, kendi akım yoğunluğunu tank içerisine yerleştirilen kaplanacak malzemenin boyutlarına göre ayarlayabilmesidir. Tank içerisine daha büyük boyutlara sahip bir nesne yerleştirildiğinde, otomatik olarak daha çok elektrik enerjisi sağlar (daha fazla akım geçmesine izin verir) ve böylece daha eşbiçimli (uniform) bir renk ve kaplama veren uniform aqkım yoğunluğu sağlanır.

TUZLU SUDA YALDIZLAMADA HATA BULMA VE GİDERME

HATA BELİRTİSİ	HATANIN OLASI NEDENİ
Kaplama hızı çok düşük	(1) Altın içeriği yetersizdir. (2) Banyo sıcaklığı çok düşüktür. (3) Anodlar çok küçüktür. (4) Siyanür içeriği çok azdır. (5) Anod çözeltisi tüketilmiştir.

HATANIN GİDERİLMESİ:

- (1) Katod çözeltisine altın ilave edin.
- (2) Sıcaklığı kontrol edin. Yükseltin.
- (3) Anodlar yarı-yarıya veya daha büyük ölçüde çözünmüştür, daha çok sayıda veya yeni anodlar kullanın.
- (4) Siyanür içeriğini kontrol edin ve doğru değerine yükseltin.
- (5) Taze bir anod bölümü çözeltisi hazırlayın.

EKH-7-17

HATA BELİRTİSİ	HATANIN OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi soluk	(1) Altın içeriği yetersizdir. (2) Siyanür içeriği çok fazladır. (3) Banyo sıcaklığı doğru değildir. (4) Çözelti kirlenmiştir.*

HATANIN GİDERİLMESİ :

- (1) Altın ilave edin.
- (2) Siyanürü kontrol edin, çok yüksek ise çözeltinin bir kısmını boşaltın ve su ilave ederek, siyanür haricindeki diğer tuzları telâfi edin.
- (3) Sıcaklığı kontrol edin ve uniform olmasını sağlayın.
- (4) Taze çözelti hazırlayın.

Her ne kadar tuzlu suda yaldızlama işlemi artık çağdışı kalmış olsa da (en son büyük tesis, 1950'li yılların başlarında, bir el çantası çerçeve üreticisi tarafından kullanılmakta olan, 100 galon (380 litre) kapasiteli bir tesis idi), bazı uygulamalar için bir takım faydalar sağlamaktadır ve henüz tamamıyla ömrünü tüketmemiştir! Belki biraz daha yaratıcılıkla, yeniden yaşam bulabilme şansına sahiptir. Bu konuda tüm yapabileceğiniz, bu işlem hakkında DÜŞÜNMEYİSDİR. Şimdi tekrar her zamanki kaplama banyolarını ele alacağız.

Günümüzde altın ile kaplanan nesnelere çoğu, artık daldırma yaldızlama veya tuzlu suda daldırma yaldızlama işlemiyle kaplanmamaktadır. Normal siyanür kaplama banyosu altın kaplama işlerinin çoğunda kullanılmaktadır. Siyanürlü altın kaplama banyosunda çalışmak çok kolaydır, ekonomik ve hızlı biçimde altın kaplanmasına fırsat verir. Siyanür banyosu üzerinde yapılan değişiklikler, gereksinim duyulan durumlarda, kalın ve pürüzsüz altın kaplamaya imkan sağlar. Bazı tipik reçeteler aşağıda verilmiştir:

ALTIN KAPLAMA ÇÖZELTİLERİ

Çok İnce (flash) ve İnce Kaplamalar İçin

Reçete

Potasyum altın siyanür (%68)**	21,3 gram
Dipotasyum fosfat (K ₂ HPO ₄)	113,4 gram
Potasyum karbonat	85,2 gram
Potasyum siyanür	28,4 gram
Su	3,785 litre

* Kirlenmeyi en aza indirmenin bir yolu, tuzlu suda yaldızlama tankına göndermeden önce, kaplanacak nesneye çok kısa süreli, çok ince (flash) altın kaplamaktır (Çok İnce "Flash" Altın Kaplama bölümüne bakın). Kirlenmenin etkilerini azaltmanın bir diğer yolu da, katod reçetesinde, Formül 2'de görüldüğü gibi bir "süpürücü" (çelatör) kullanmaktır.

** Saf altın içeriğine atıftır. Tablo 1'e bakın.

EKH-7-18

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	60°C
Voltaj	6 - 12 V
Akım yoğunluğu	2,7 - 5,4 A/dm ²

Sadece Çok İnce (flash) Kaplamalar İçin

Reçete

Potasyum altın siyanür (%68)	4,5 gram
Potasyum siyanür	133,2 gram

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	60°C
Voltaj	6 - 12 V
Akım yoğunluğu	2,7 - 5,4 A/dm ²

1 - 15 saniye süresince kaplayınız.

İnce ve Orta Kalınlıkta Kaplamalar İçin

Reçete

Potasyum altın siyanür (%68)	53,9 gram
Potasyum siyanür	204 gram
Potasyum hidroksit	17,9 gram
Potasyum karbonat	28,4 gram

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	65,5°C
Voltaj	1 - 3 V
Akım yoğunluğu	0,2 - 1,1 A/dm ²

Kalın Altın Kaplamalar İçin

Formülasyon

Potasyum altın siyanür (%68)	113,4 gram
Potasyum siyanür	198,5 gram
Potasyum hidroksit	14,2 gram
Su	3,785 litre

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	63°C
Voltaj	3 - 6 V
Akım yoğunluğu	0,54 - 2,7 A/dm ²

EKH-7-19

Bu banyo katod çubuğu hareketiyle, pervane veya pompalama karıştırmalı olarak kullanılmalıdır.

Pürüzsüz Kalın Kaplamalar İçin*

Reçete

Potasyum altın siyanür (%68).....	30,0 gram
Potasyum siyanür	70,0 gram
Türk kırmızısı yağı	0,5 ml
Su	3,785 litre

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	60°C
Voltaaj	2 - 4 V
Akım yoğunluğu	0,4 - 1,1 A/dm ²

Azami parlaklık elde etmek için karıştırma yapılmamalıdır. Sıcaklık düşürüldüğü takdirde kaplama daha parlak, ancak daha gevrek (kırılgan) olur. Sıcaklık YÜKSELTİLDİĞİ takdirde, kaplama daha koyu, mat ve kaba olur. Kaplama tabakasının sertlik derecesi yaklaşık olarak 130 DPH civarındadır (Elmas Piramit Sertliği - Diamond Pyramid Hardness. #14. Derse bakın). Daha önceki banyoda ise bu sertlik 60-70 DPH civarındadır. Bu banyo, 500 mikron kalınlığına kadar altın kaplayabilir. Bu çözeltinin altın katodlarla kullanılması önerilir. Paslanmaz çelikten anodlar kullanıldığı takdirde, çözelti birazdan açıklanacak şekilde tekrar doldurulmalıdır. Bu banyonun, iki durumdan hangisi ilk oluşursa, 50 çalışma saati sonrasında ya da çözeltinin beher litresi için 10 amper-saat akım altında çalışması durumunda (litre başına yaklaşık 74 gram altın kaplama) bozulmaya ve koyu renk kaplama yapmaya eğilimi vardır. Bu durumda çözelti yeniden doldurularak aktif karbon filtrasyonu ile amaca elverişli eski durumuna getirilmelidir, ancak bazı kaplamacılar, yeniden aktive etmek yerine çözeltiyi rafineriye göndermeyi tercih ederler.

ANODLAR:

Hem flaş altın hem de kalın altın banyoları için anodların seçilme olasılığı vardır. Saf altın anodlar kullanılabilirse de, çeşitli nedenlerden dolayı bunların kullanılması söz konusu değildir, şöyle ki,

- (1) Maliyeti çok yükselir,
- (2) Altın anodlar hırsızlığa davetiye çıkarırlar,
- (3) Sıklıkla %100'den daha büyük anod verimiyle çözünürler ve elektrik akımı kesildiğinde çözeltinin etkisi ile anodlardan parçacık kayıpları oluşur.

* Bu çözelti ABD Hükümeti patentlidir ve imtiyaz hakkı ödenmeksizin kullanılabilir.

EKH-7-20

Bu nedenle çoğu uygulamada çözünmeyen anodlar kullanılmaktadır. Örneğin 304 ve 316 tipi 18-8 paslanmaz çelik anodlar sıklıkla kullanılırlar ancak bunlar her zaman çözeltiye demir katar. Bununla beraber bu demir, altınla birlikte kolaylıkla kaplanmaz ve kaplamaya etkisi çok azdır.

Sert karbon ve nikel de altın kaplama banyosu anodları olarak kullanılmıştır, ancak bunlar bazı güçlükler getirmektedirler. Karbon anod giderek ufalanır ve çözeltiye kaplamanın pürüzlü olmasına neden olan karbon parçacıkları karışır. Bunun da ötesinde karbon anodlar altın çözeltisini "içlerine çekerler" ve bir süre kullanıldıktan sonra rafineriye gönderilmeleri gerekir. Saf nikel maalesef çoğu kaplama banyosunda kullanılan klorür iyonlarının aşındırmasına maruz kalır ve sonuç olarak çözünen bir miktar nikel, altınla birlikte kaplanır. Kaplama saflığının çok önemli olmadığı durumlarda nikel anodlar kullanılabilir ancak altının lehmlenebilirliği veya çok iyi iletkenlik gerekli olduğunda, nikel anodların kullanılabilmesi mümkün değildir.

Çok yakın geçmişte, altın kaplama anodları olarak PLATİN KAPLI TİTANYUM ve PLATİN KAPLI TANTAL anodlar kullanılmaya başlanmıştır. Platin kaplı titanyum anodun kullanılması durumunda, platin kaplamanın kalınlığı en az 2,5-5 mikron olmalıdır. Platin bu kalınlıkta olmadığı takdirde, göreceli olarak kısa bir zamanda eriyecek (yine önceden olduğu gibi klorür iyonunun istenmeyen aşındırıcı etkisi altında) ve polarize (anodize) olan titanyum, banyodan akımın geçememesine neden olacaktır. Her ne kadar altın kaplama banyosunda bir miktar platin çözünse de, normal çalışma koşulları altında kaplanmayacağından zararlı bir etkisi yoktur. Platin kaplanmış tantal de iyi bir anod materyali olarak kullanılabilir. Bu durumda da, klorür iyonunun aşındırıcı etkisi altında yeterli süre işlevselliğini koruyabilecek kalınlıkta platin kaplanmış olmalıdır. Altınla birlikte ne platin ne de tantal kaplanmadığından, bu anodlar kullanılarak yüksek saflıkta altın kaplanabilir. Bazen çözeltinin altın içeriğini yüksek tutabilmek amacı ile, saf altın ve çözünmez anodlar birlikte kullanılmakta ise de, bu durumda da saf altın anodların kullanılmasının sonucu olarak ortaya çıkan sorunlar söz konusudur. Çözünmez anodlar kullanıldığında doğal olarak banyo anodlardan beslenmediğinden dolayı banyonun altın içeriği giderek azalır. Bu nedenle çözeltinin, bundan sonraki bölümde açıklanacağı üzere altın tuzları veya altın anod ve poröz (geçirgen) kap kullanılarak beslenmesi sağlanmalıdır.

ALTIN KAPLAMA İÇİN TANKLAR:

Cam kaplı çelik tanklar altın kaplama işlerinin çoğu için mükemmeldir. Paslanmaz çelik gömlekli seramik tanklar da aynı şekilde amaca elverişlidirler. Paslanmaz çelik tanklar da (304 ve

EKH-7-21

316 tipleri) tygon kaplı ve teflon kaplı tanklar* gibi mükemmel kaplardır. Teflon kaplı tanklar yüksek bir kimyasal direnç sağlar. Küçük ölçekli kaplama işleri için, camsı emaye kaplı çelik tanklar da amaca gayet uygundur. Yüksek yoğunluklu polietilen mükemmel bir tank veya tank kaplama malzemesidir. Plastik tanklar kullanıldığı takdirde, bunlara bir çelik gömlek (kasa) giydirilmelidir.

ISITMA:

Altın kaplama çözeltileri, paslanmaz çelik tanklar veya cam (ya da camsı emaye) kaplı çelik tanklar içerisinde bulunmaları halinde, direkt olarak gazla ısıtılabilirler ancak, camsı emaye veya cam astar termik şok nedeni ile kırılabilirliği ya da çatlayabileceği için bu uygulama önerilmemektedir. Tank paslanmaz çelikten üretilmiş olmadığı takdirde, sıcaklık alarımın kararsız duruma gelmesine neden olacağından, dış taraflarında oksidasyon ve korozyon oluşabilir. Küçük tesisler için, bir gaz beki veya elektrik rezistans plakası ile ısıtma mükemmel ölçüde tatmin edici sonuç verecektir.

Orta ölçekli tesislerde ısıtmanın kuartz, teflon veya paslanmaz çelik gömlek giydirilmiş dalgıç tipi ısıtıcılarla yapılması iyi bir uygulamadır. Sıcak buhar ceketleri de paslanmaz çelik ve cam kaplı tankların ısıtılması için mükemmel bir yöntemdir. Daha büyük tesislerde bir sıcaklık eşanjörü düzeneği kullanılmalıdır. Eşanjör için, paslanmaz çelik, ısıya dayanıklı cam (borcam) veya platin kaplı titanyum veya saf tantal ısıtma sargıları kullanılabilir. Doğal olarak tank içerisinde muntazam bir sıcaklık ortamının idame ettirilmesi için bir termostat düzeneği kullanılması zorunluluktur.

BANYOLARIN ÇALIŞMASI

FLAŞ (ÇOK KISA SÜRELİ KAPLAMA) BANYOSU:

1. Kaplanacak parçayı 4. Derste açıklanan temizleme döngüsüne göre temizleyin.

2. Askıya veya bir tele dizilmiş parçaları (tam akım yoğunluğunda) akım verilmiş flaş kaplama çözeltisine daldırın, katoda temas ettirip sonra hemen katoddan ayırın, 5 ilâ 15 saniye süresince veya arzu edilen renk elde edilene kadar banyoda tutun. Çözeltinin süzülmesine izin vererek parçayı banyodan dikkatlice çıkartın ve bir süzülme (dragout) tankında ve daha sonra bol akarsu altında temizledikten sonra, kaynama sıcaklığına yakın ısıtılmış yaklaşık %0,5' lik QUADRAFOSS (bir fosfat bileşiği) veya uygun bir diğer nemlendirici içeren saf su tankı içerisine daldırın. Çıkartıp soğuk veya sıcak havada kurutun.**

* Teflon tercih edilir. Tygon kaplı tank kullanılıyorsa banyo sıcaklığının 63°C' yi aşmasına izin verilmemelidir. Teflon ile daha yüksek sıcaklıklar da güvenle kullanılabilir.

** Bir diğer kurutma yöntemi de, parçayı durulamadan sonra su geçirmeyen bir sıvıya ve ardından da sıcak klorlu çözücüye daldırmaktır. Bu tip yöntemler, lekelenme riski olduğu takdirde istenir. Bu konu ileride açıklanacaktır.

EKH-7-22

Flaş yöntemiyle altın kaplamanın bir diğer yöntemi de, katod temasını ayırmadan parçayı 30 ilâ 45 saniye veya daha uzun bir süre boyunca düşük voltaj (2 ilâ 3 volt) uygulanan tankın içinde tutmaktır.

ORTA VE KALIN ALTIN KAPLAMA:

Kaplaması yapılacak parça her zamanki yöntemle temizlenmeli ve akım verilmiş tankın ileri geri hareket eden katod çubuğu üzerine yerleştirilmelidir. Eğer başka bir banyo karıştırma yöntemi kullanılmakta ise, önce bu karıştırma düzeneğini çalıştırın ve 2. Derste açıklanan yöntemle, bir amper-saat ölçer veya akım-zaman kontrolü kullanmak sureti ile, istenen kaplama ağırlığı veya kalınlığı elde edilene dek kaplamayı sürdürün. İşlem tamamlanınca kaplanan parçayı tanktan çıkartın ve daha önce açıklandığı gibi durulayın.

ALTIN KAPLAMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN KONTROLÜ

Altın kaplamanın yapısına ve rengine etki eden faktörler şunlardır:

Fiziksel Faktörler: AKIM ŞİDDETİ, KARIŞTIRMA, BANYO SICAKLIĞI, ASKIYA YERLEŞTİRİLME ŞEKLİ ve ESAS METAL.

Kimyasal Faktörler: ALTIN İÇERİĞİ, SERBEST SİYANÜR, KATKI KİMYASALLARI, pH ve KİRLİLİK.

Bu faktörlerden çoğu, kaplamanın kristal yapısını* veya rengini etkileyen katod polarizasyonuna (2. Derse bakınız) etki etmektedir.

DAHA SARI RENK ELDE EKMEK İÇİN : AKIM ŞİDDETİNİ YÜKSELTİN.

Saf altın çözeltilisinde renk yelpazesi, düşük akım yoğunluğu altındaki soluk sarıdan, akım yoğunluğu arttıkça giderek pembemsi (gül kurusu) renge döner ve akım yoğunluğu çok yükseldiğinde yanan kaplamanın rengi kahverengimsi "kızılımsı kahve" olur.

RENGİ SOLUKLAŞTIRMAK İÇİN : AKIM ŞİDDETİNİ DÜŞÜRÜN.

Belirli bir akım şiddetinde, KARIŞTIRMA KAPLAMANIN RENGİNİ SOLUKLAŞTIRACAK VE İŞLENEN PARÇAYA DAHA EŞBİÇİMLİ DAĞILMIŞ (UNIFORM) BİR RENK KAZANDIRACAKTIR.

Belirli bir akım şiddetinde, ÇALIŞMA SICAKLIĞININ DÜŞMESİ, YAPILAN KAPLAMANIN DAHA PARLAK OLMASINI SAĞLAYACAKTIR. Bu etki pek az fark edilebilir, çünkü yüksek sıcaklığın kullanıldığı flaş kaplamada yüksek akımın kristal boyutunu inceltici etkisi, sıcaklık artışının kristal boyutunu büyütücü etkisinin üstesinden gelecektir.

* Sertlik, lehimlenebilirlik, vb. gibi diğer özellikler de etkilenmektedir. Referanslar kısmına 10. Derse bakın.

EKH-7-23

İŞLENECEK PARÇANIN ASKIYA YERLEŞTİRİLME ŞEKLİ EŞBİÇİMLİ SONUÇLAR VE RENK DAĞILIMI İÇİN ÖNEMLİDİR. Birbirini kapatarak, gölgede bırakacak şekilde yapılan askı yerleşimi veya oldukça farklı şekil ve boyutlardaki parçaların bir arada yerleştirilmesi, akım şiddetlerinde dalgalanmalar oluşturacağından (2. Derse bakınız), kaplanan altının yer yer farklı renk dağılımına sahip olmasına neden olacaktır. Altın renkleri, akım yoğunluğundaki değişimlere karşı özellikle duyarlıdır.

FLAŞ KAPLAMADA ESAS METALİN TÜRÜ ÖNEMLİDİR, çünkü kaplama tabakası ince ve saydamdır. Bu durumda bakır esas metali üzerine yapılan altın kaplama kırmızımsı, pirinç üzerine yapılan sarı ve gümüş üzerine yapılan yeşilimsi renkte olacaktır. Ayrıca, kaplanacak yüzeyin durumu da rengi etkiler. Kabaca fırçalanarak perdahlanmış bir yüzey üzerindeki kaplama, ince polisajdan geçirilmiş bir yüzey üzerindeki kaplamadan daima daha koyu görünecektir.

ÇÖZELTİNİN ALTIN İÇERİĞİ DE RENGİ ETKİLER. Yüksek altın içeriği, belirli bir akım yoğunluğu altında rengi soluk sarı yapar. Parçanın yüzeyi yakınındaki altın iyonları kolaylıkla tükenmezler ve böylece polarizasyon daha az olur ve bu, altın renginin daha sarı olmasına yol açan bir etkidir.

SERBEST SİYANÜR İÇERİĞİ DE RENGİ ETKİLER. Belirli bir akım yoğunluğu ve çalışma sıcaklığında, yüksek siyanür içeriği daha soluk sarı, düşük siyanür içeriği ise kırmızımsı sarı renk verir.

KATKI TUZLARI DA RENGİ ETKİLER. Kaplama çözeltisinin iletkenliğini arttırmak amacı ile katılan fosfatlar ve karbonatlar, çözeltinin iletkenliğini artırarak, ayarlanan bir gerilimde banyodan geçen akım miktarının artmasına sebep oldukları kadar, kaplamanın rengini de etkilerler. Parlaticılar gibi kullanılması muhtemel diğer katkı kimyasalları da katod polarizasyonunu değiştirmek sureti ile rengi etkilerler.

NORMAL ÇALIŞMA DEĞER ARALIĞINDAKİ pH DEĞİŞİKLİĞİ KATOD POLARİZASYONUNU ÇOK AZ ETKİLEDİĞİNDEN RENGİ FAZLA DEĞİŞTİRMEZ.*

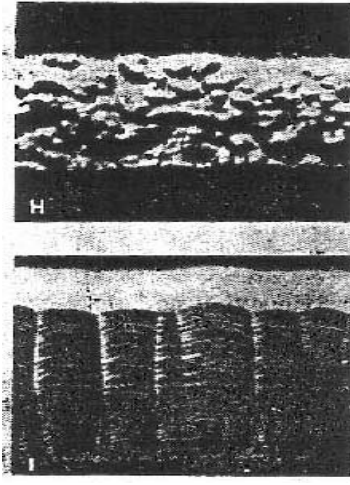
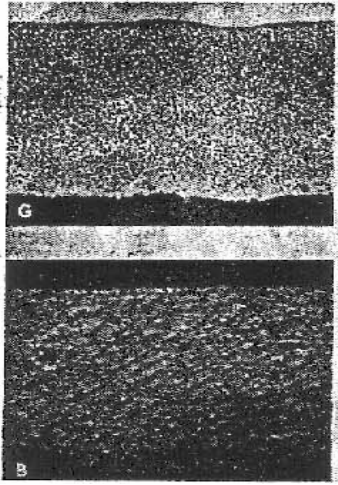
KİRLETİCİLERİN ALTININ RENGİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ ÇOK GÜÇLÜDÜR. Kazara veya çalıştırma esnasında altın banyosunda çözünen bakır, gümüş, kalay, nikel, kurşun ve diğer kirletici metaller, altınla birlikte alaşım şeklinde kaplanacaklarından rengi çok büyük ölçüde etkilerler. Bu açıdan gümüş başta olmak üzere bakır ve nikel en kötü kirleticilerdir. Kalay ve kurşun da çok sorun oluşturur, fakat neyse ki bu metallerin altın banyosunda hataya sebep olmaya yetecek konsantrasyona ulaşmaları çok sık rastlanan bir durum değildir.**

* İstisnai bir durum olan nötr ve zayıf asidik altın banyolarına ileride kısaca değinilecektir.

** Bu durum başınıza dert olmayacağı anlamına gelmez. BİRŞEYLER TERS GİDERSE, DAİMA TÜM OLASILIKLAR ÜZERİNDE DÜŞÜNÜZ.

Şekil 6

ALTIN KAPLAMALARDA KRİSTAL YAPISI*



G- Gümüş varlığı
H- Kadmiyum varlığı

B- "saf" altın
I- kadmiyum + bakır

(*)Duva & Foulke, PLATING, 55, 1056 (1968).

İyi lehimlenebilirlik ve iyi iletkenlik özellikleri gerekli olan elektronik uygulamalarda kaplama banyosunun kirliliğini mümkün olduğunca en aza indirmek önemlidir. Kaplanacak parçayı banyoya akım açıkken sokmak, önce altın flaş, sonra altın kaplama yapmak ve gerektiği takdirde bu ikisi arasında saf su ile durulamak suretiyle bunu yapmak mümkündür. Tank içerisine yabancı maddelerin düşmesi engellenmelidir. BAKIR VE PİRİNÇ gibi metallere altın kaplanmadan önce NİKEL kaplanmalıdır.

Kirliliğin bu yöntemle en aza indirilmesi daha eşbiçimli (uniform) sonuçlar almanıza ve banyonuzu daha uzun süre çalıştırmanıza imkan sağlar.

PARLAK ALTIN KAPLAMA

Eğer parlak bir yüzey üzerine altın kaplanıyorsa, saf tuzlar içeren bir banyoda yapılan altın kaplama 2,5 mikron kalınlığa dek parlak kalacaktır. Bu noktadan sonra kaplama genellikle matlaşır. Bazılarında organik, bazılarında ise inorganik parlaticılar kullanılan birçok patentli parlak altın kaplama banyosu bulunmaktadır. Bunlar referanslarda verilen listede yer alan ticâri tedarikçilerden temin edilebilir.

EKH-7-25

Sülfonatlı Hintyağı (Türk Kırmızısı Yağı), altın kaplama çözeltisinin beher litresi için 0,25 gramdan fazla olmayan miktarlarda kullanıldığı takdirde iyi bir parlatma sağlar, ancak bu parlak nikel banyolarındaki parlaticılara benzemez. Yalnızca 5 mikron kalınlığa kadar olan altın kaplamaların parlaklığı sağlayabilecektir. 100 ml %10'luk KOH çözeltisinde 1 gram tutkal çözülerek hazırlanmış karışımdan, altın kaplama çözeltisinin beher litresi için az miktarda eklenirse (10 ilâ 20 ml) kısmen etkili olan bir parlatma elde edilebilir.

Aşağıda verilen iki kaplama banyosu güzel parlaklıkta kaplama verir. Bunlardan birisi düşük pH düzeyinde, diğeri ise yüksek pH düzeyinde çalışmaktadır.

FOSFORİK TİP PARLAK ALTIN BANYOSU

Reçete

KAu(CN) ₂ bileşiği şeklinde altın	8,0 gr/lt
Nikel sülfat olarak nikel	0,25 gr/lt
Monopotasyum fosfat	75,0 gr/lt

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	Oda sıcaklığı
pH : 4,00 (fosforik asitle ayarlanmış).*	
Kullanmadan önce kaynatın.	
Akım yoğunluğu	0,1 - 1,6 A/dm ²

ALKALİ TİP PARLAK ALTIN BANYOSU

Reçete

NaAu(CN) ₂ bileşiği şeklinde altın	2,0 gr/lt
Toplam NaCN	20,0 gr/lt
Disodyum fosfat	5,0 gr/lt
Hekzamin (hekzametilen tetramin)	20,0 gr/lt
Sistin	1,0 gr/lt

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	60 - 65,5 °C
pH	10 - 11
Akım yoğunluğu	1,1 - 2,15 A/dm ²

* Asidi bir havalandırma başlığının altında katın! Bu işlem esnasında hidrosiyamik asit (HCN) gazı oluşur. Bu gazı sakın solumayın!

SİTRİK ASİTLİ ALTIN BANYOSU

Bu altın kaplama banyosu 1960 yılında geliştirilmiş olup, potasyum altın siyanür bileşiğinin çok kararlı olması ve zayıf asitler tarafından bozulmaması gerçeğini temel almaktadır. Bu sayede nötr ve asidik pH değerlerinde altın kaplanabilmektedir. Bunun bir örneği, pH' ın düşürülmesi için fosforik asidin kullanılmış olduğu parlak altın kaplaması başlığı altında verilmiştir. Sitrik asit banyosu, güzel altın rengi, pürüzsüz ve çok az gözenekli bir kaplama elde edilmesine imkan sağlamakta ve elektronik uygulamaları için bazı patentli altın kaplama banyolarında kullanılmaktadır.

Reçete

Potasyum altın siyanür (%67) 80,00 gr/lt
Sitrik asit 30,00 gr/lt

Çalışma Koşulları

Sitrik asit, tüm hidrosiyanik asidin (HCN) **(ÖLDÜRÜCÜ ZEHİR)** tahliye edilmesi için, potasyum altın siyanürle (500 ml saf suda çözülmüş) birlikte **havalandırma başlığı altında** kaynama düzeyine dek ısıtılır. Bu işlemden sonra 1 litre kaplama çözeltisine tamamlamak için gereken su ilave edilir ve pH ölçülür. pH genellikle 4 civarında olacaktır. Böyle olduğu takdirde, pH 5 olana dek (**ÇALIŞMAK İÇİN EN ELVERİŞLİ pH DÜZEYİ**) amonyum hidroksit ilave edin. Bu kaplama banyosunun çalışma sıcaklığı 60°C' dir. Karıştırma yapıldığı takdirde akım yoğunluğu 4,3 A/dm² ye dek yükselebilir. Bu banyo kalın sınıî kaplamalar yapmak için kullanılır ve yüzeyin beher desimetrekaresi üzerine, 10 dakikada yaklaşık 0,1 mg altın kaplar.

Yukarıda tanımlanmış olan banyo, ağır sınıî kaplamaların elde edilmesi için güçlü altın konsantrasyonlu çözeltilerle çalışır. Bundan sonra tanımlanacak olan banyo ise, sıradan altın kaplama işleri içindir ve altın konsantrasyonu daha az altın kullanılır.

Reçete

NaAu(CN)₂ 20 gr/lt
Dibazik amonyum sitrat 40 gr/lt

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı 60°C
Akım yoğunluğu 0,2 - 1,1 A/dm²
pH 5,5

Bu tip çözelti ile kullanılması gereken anodlar altın olmalıdır. Paslanmaz çelik anodlar kullanıldığı takdirde, siyanür çözünmesi oluşur ve banyo bozularak daha gözenekli kaplama verir.

EKH-7-27

Bazı ticâri altın tuzlarında sarı boya kullanıldığını belirtmekte fayda vardır. Bu boya, aktif karbon filtrasyonu ile tasfiye edilebilir.* Ayrıca, ayrışan organiklerin kaplama gözenekliliğini artırdığı gözlenir. Bu durum genellikle tüm altın çözeltileri için geçerlidir.

ALTIN KAPLAMA BANYOLARININ KONTROLÜ:

Bir altın banyosunun kontrolü için en önemli faktörler, çözeltilerin altın içeriği ve serbest siyanür içeriğidir.

SERBEST SİYANÜR:

Tam olarak 9. Ders' teki Gümüş Kaplama başlığı altında yapılan açıklamaya göre test edilmelidir.

ALTIN İÇERİĞİ:

Çoğu kaplamacı hassas ve doğru tartım yapmak için gereken donanım ve tesisata sahip değildir ve yine çoğu kaplamacı, banyonun çalışması ile altın içeriği hakkında karara varmaktadır (yani başparmağını çözeltiliye daldırarak). Bununla beraber, hassas ve doğru bir ağırlık ölçümünün yapılabilmesi için altın içeriğinin kimyasal olarak kontrolü tavsiye edilir. El altında iyi bir terazi bulunduğu takdirde, en basit yöntem altın çözeltilisinden 50 mililitrelik bir örnek alarak 1 litrelik bir erlene koymak ve **çok dikkatlice ve bir havalandırma başlığı altında** bu örneğe 25 mililitre konsantre sülfürik asit katmaktır. Çözelti köpükleneneğinden ve siyanür dumanı çıkacağından, sıçramanın önlenmesi için asidi çözeltiliye yavaşça katın. Asidi tamamen aktardıktan sonra, altın kahverengimsi sünger görüntüsünde çökelineye ve çözeltilinin kalanı da beyaza yakın bir renk alıncaya dek, erleni **bir örtü altında** ısıtarak çözeltiliyi kaynatın (bu işlem normal olarak 45 dakika ilâ 1 saat arasında bir zaman alır). Soğumaya bırakın ve kalan asidi çok yavaş ve dikkatli bir biçimde temiz sudan ibaret bir seyreltici içerisine aktarın. Sünderimsi altın çökeltisini bu seyreltik asit çözeltilisi ile ve daha sonra da birkaç kez ılık saf su ile yıkayın. Temizlenen altın çökeltisini, yıkama şişesinden porselen bir kroze alın (Not : Etil alkolle yapılacak olan son bir yıkama, kurumaya yardımcı olacak ve saçılmayı önleyecektir) ve daha kırmızı bir renk alıncaya dek bir bunsen beki ile yavaşça ısıtın, sonra soğumaya bırakın. Elde ettiğiniz altın köpüğü hassas terazide tartın ve ölçülen ağırlık değerini 20 ile çarparak, 1 litre kaplama çözeltilisi içerisindeki altın miktarını gram cinsinden bulun. Bu durumda, altın köpüğünün ağırlığı 0.21 gram olarak ölçüldüğünde, 1 litre altın çözeltilisindeki altın miktarı (0,21 x 20) gram, yani 4,2 gram bulunur. Bu değer avuardüpa ons'a dönüştürülmesi için 0,134'le çarpılması gerekir ki, böylece altın çözeltilisinin 1 galonundaki altının ağırlığı 0,56 avuardüpa ons bulunur. Veya, altın çözeltilisinin ağırlığı troy ons olarak belirlenmek istendiği takdirde, 4,2 gram 0,122 ile çarpılmalı ve altın çözeltilisinin 1 galonundaki altın ağırlığı 0.51 troy ons olarak belirlenmelidir.

* Aktif karbonun kullanılmasında, Kadmiyum ve nikel kaplama başlığı altında açıklanan işlemi uygulayın. Filtrasyon sonrası kalan tortu, karbon üzerinde absorbe olan altının geri kazanılması için işleme tâbi tutulmalıdır.

SİTRİK ASİT VEYA SİTRATLAR:

Altın banyosundan sitrik asit olarak 15-50 miligram sitrat içeren tumbölen birimde numune alarak, 250 ml'lik balon jojeye koyun. 25 mililitre 0,01M bakır sülfat ve 1 gram katı amonyum klorür ilave edin. Elde edilen çözeltiyi iyice çalkalayın. Bir pH metre kullanarak ve damla damla 1M amonyum hidroksit ilave ederek, pH 6,1 ilâ 6,4 düzeyine ayarlayın (Not : kağıt kullanıldığı takdirde, 6,4 ilâ 6,7 düzeyine). İndikatör olarak Müreksit kullanmak sureti ile, çözeltiyi standart trisodyum sitratla, güçlü biçimde karıştırılarak titre edin. Çözeltinin başlangıçtaki rengi yeşilimsi sarıdır, standart sitrat ilave edilmesi ile bu renk, pembesiden, son aşamada açık menekşe moruna dönüşür. Standardizasyon için, 25 ml saf bakır çözeltisi de, ayrı bir testte, aynı son aşama rengine titre edilir.

Gram/litre cinsinden, sitrik asit olarak sitrat = titrasyonda kullanılan mililitre x molarite x 210,1, kaplama banyosunun 1 ml'sine eşdeğer.

ALTIN KAPLAMA BANYOLARINA ALTIN İKMALİ*

Çok uzak geçmişte olmayan bir dönemde, tüm altın kaplamacıların kendi kullanacakları çözeltileri, kendilerinin çözündürerek üretme alışkanlıkları vardı. Bununla beraber bu süreç, artık yüksek safiyetli çoğu altın tuzlarının kolaylıkla bulunabilir ve temin edilebilir olmaları nedeni ile, fazladan bir zaman kaybını temsil etmektedir. Günümüzde aşağıdaki altın tuzları piyasada bulunmaktadır:

TABLO 1
Altın Tuzlarının Altın Metali İçerikleri

ALTIN TUZUNUN KİMYASAL ADI VE FORMÜLÜ	İÇERDİĞİ ALTIN METALİ (%)
Saf potasyum altın siyanür KAu(CN)₂	67.8 - 68.3
Potasyum siyanür katıklı potasyum altın siyanür KAu(CN)₂ + KCN	41.0
Saf sodyum altın siyanür NaAu(CN)₂	71.5
Sodyum siyanür katıklı sodyum altın siyanür NaAu(CN)₂ + KCN	46.0
Altın hidroksit veya altın hidrat Au(OH)₃	84.5
Altın oksit Au₂O₃	89.4
Altın klorür AuCl₃ + 2H₂O	50.0
Asit altın klorür HAuCl₄ + 3H₂O	50.0

Tablo 1'de verilmiş olan altın tuzları ticâri saflıktadır. Kimyasal saflıktaki altın tuzlarının içerdiği altın yüzdeleri biraz daha yüksektir.

* Günümüzde nerede ise herkes tescilli çözeltiler ve tescilli altın ikmalleri ile çalışmaktadır. Ancak bunlar sanki paketlenmiş hazır gıdalar gibidir. Fiyatlar çok yükseldiğinde, kendi yemeğinizi bizzat pişirmek istersiniz!

EKH-7-29

Altın kaplama banyolarına altının yüklenmesi için, altın banyosuna daha az miktarda yabancı materyaller kattıklarından ve böylece sonuçların daha eşbiçimli olmasına olanak sağladıklarından, yüksek safiyete sahip tuzlar kullanmanızı öneririm. Potasyum tuzu tipi banyolar için, besleme tuzu olarak %67 altın içerikli potasyum altın siyanür ve sodyum tuzu tipi banyolar için, besleme tuzu olarak %71,5 altın içerikli sodyum altın siyanür kullanınız. Her iki tip banyonun beslenmesi için alternatif olarak altın oksit veya hidroksit kullanabilirsiniz.

Daha kolay altın ikmali için, belirli bir miktardaki altın tuzunu, yine belirli bir miktardaki suda* içerisinde çözün ve üzerine gerekli etiket iliştirilen bir kehribar kapaklı şişe içerisine bu çözeltiyi aktararak, koruma altına alınız. Bu durumda, kaplama banyosuna katılacak hacmi ölçmek sureti ile, gerekli düzeydeki altın ilavelerini yapabilirsiniz. Bu işlemin nasıl yapılacağı hakkında size bir fikir verebilmek için, işte bir örnek :

ÖRNEK #1 :

Bir potasyum tuzu tipi altın kaplama banyosu ile çalışmaktasınız ve amaca uygun bir besleme sistemi istemektesiniz. 1 Ons potasyum altın siyanür (%67'lik) satın alınız. Bu tuz, avuardüpa ons birimi ile satılmaktadır ve bu nedenle 28.35 gram tuz ve $(28,35 \times 0,67 =)$ 19 gram saf altın içermektedir. Şimdi, 500 mililitrelik ölçekli bir kap içerisine 250 ml saf suyu ve sonra da altın tuzunu aktarınız ve altın tuzunu bu saf su içerisinde çözündürünüz. Bundan sonra, ölçekli kaptaki hacim 380 mililitre düzeyi okumasını gösterinceye dek, çözelti üzerine damıtık su katınız. Bu noktaya erişildiğinde, konsantre altın çözeltisini, temiz bir amber sarısı şişe ve durdurucu içerisine aktarınız. Ölçekli kap içerisindeki kalıntıyı damıtık suyla çalkalayınız ve bu çalkalama suyunu da altın banyonuza katınız. Bu durumda elinizin altında, **HER 20 MİLİLİTRESİNDE 1 GRAM SAF ALTIN BULUNAN BİR ÇÖZELTİ** hazır bulunmaktadır. Artık, 25 mililitrelik ölçekli bir silindirik tüp kullanarak, istediğiniz miktarda altını, altın kaplama banyonuza takarak, besleme yapabilirsiniz. Böylece, altın kaplama banyonuza 0,5 gram saf altın yüklemek istediğiniz takdirde, bu çözeltinin 10 mililitrelik bir hacmini, altın kaplama banyonuza aktarabilirsiniz.

SORU #2 :

2 galonluk bir altın banyosunda yapılan analiz neticesinde, başlangıçta 3,7 gr/lt olan altın içeriğinin 2,5 gr/lt.ye düştüğü görülüyor. Banyoyu ikmal etmek için kaç mililitre besleme çözeltisi katmanız gerekir?

CEVAP :

Banyodan harcanmış olan altın miktarı, çözeltinin beher litresi için $3,7 - 2,5 = 1,2$ gramdır. 1 Galon 3,78 litreye eşdeğer olduğundan, kaybınız toplam olarak $(3,78 \times 2 \text{ Galon} \times 1,2 =)$ 9,07 gramdır. Bunun anlamı, banyoya 9,07 gr altın x 20 ml/gr altın = 181,4 mililitre çözelti eklemeniz gerektiğidir.

* Veya kullanılan tuza göre, uygun siyanür çözeltisinde.

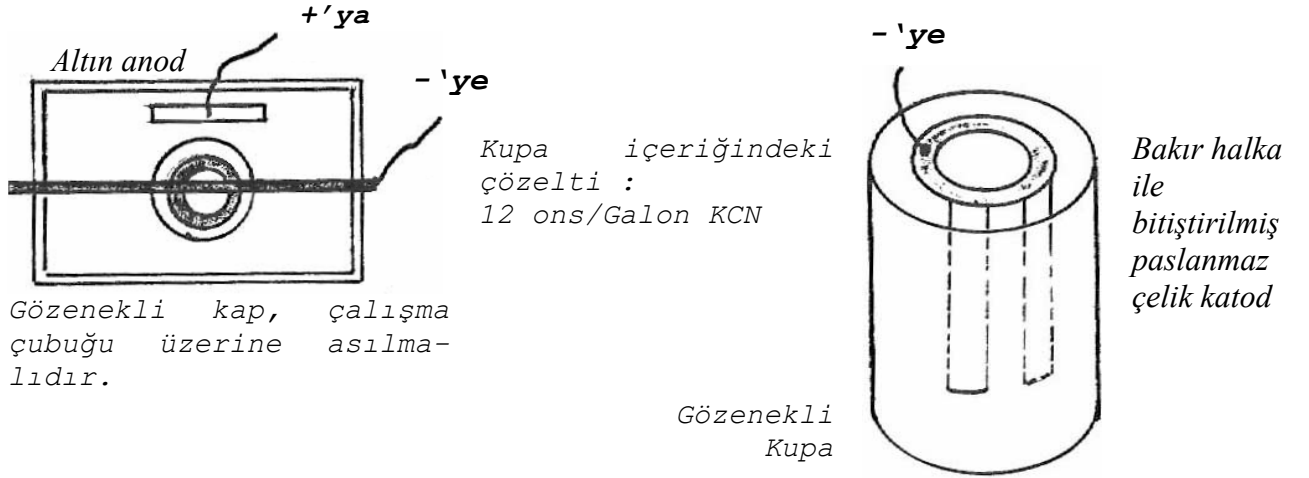
EKH-7-30

Bu sistemin diğerleri içinde en mükemmeli olması gerekli değildir ve ons temelinde işlevsel olan veya saf altın olarak değil de bizzat tuzun kendisinin edildiği sistemler de kullanılabilir. Fakat altın kaplama banyolarının beslenmesi konusunda size bir fikir verebilmek amacı ile anlatılmıştır.

Bir diğer mükemmel ikmal yöntemi de, Şekil 7'de görülen ve katı altın bir anod ve gözenekli bir kupanın kullanılması sayesinde gerçekleştirilebilen bir besleme yöntemidir :

Şekil 7

GÖZENEKLİ KAP BESLEMESİ



Akım yoğunluğu verilen sınır içerisinde tutulduğu ve banyo amaca uygun sıcaklıkta bulundurulduğu takdirde, başlangıçtaki zamanı kaydetmek ve akım yoğunluğunu sabitlemek sureti ile, kaplama banyosu içerisinde istediğiniz herhangi bir miktar altını çözümlenebilirsiniz. %100 Etkinlik altında, her Amper geçişi karşılığında 7,35 gram altın çözüldüğünden ve anod etkinliği yaklaşık olarak %96 olduğundan, banyo içerisinde 7,1 gram altının ergidiğini sayısal olarak belirleyebilirsiniz. Böylece, 1,1 A/dm² akım yoğunluğu altında, çözelti içerisindeki anodun her dm² alanı üzerinde, 1 saat içerisinde 7,65 gram altın çözümlenebilecektir. Küçük bir banyo için, anod olarak 6" uzunluk ve 2" genişliğinde altın şerit kullanabilirsiniz. Her iki anod yüzeyindeki toplam alan 24 inç² veya 24/144 Ayak² (1/6 Ayak²) olur. Böylece, 1 saatte geçireceğiniz akım yoğunluğu (10 x 1/6 =) 1,66 A olacağından, çözümlenecek altının ağırlığı (7,1 x 1,66 =) 11,8 gram olur.

İşlemi hızlandırmak istediğiniz takdirde, çözeltiyi altını çözümlendiğini süre için 82°C düzeyine dek ısıtılabilir ve 3,23 A/dm² veya daha fazla akım yoğunluğu uygulayabilmenize olanak sağlayan iyi bir karıştırıcı pervane kullanabilirsiniz. Hiç bir aşamada, gözenekli kap içeriğinin altın çözeltisi ile temas etmesine izin vermeyiniz. Tekrar kullanmak ve altın değerlerini kontrol etmek üzere cam şişe içerisinde saklayınız.

SİYANÜRLÜ ALTIN KAPLAMA BANYOLARINDA HATA BULMA VE GİDERME

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi soluk. Renk tonunda kırmızılaşma veya kahverengileşme var.	(1) Altın içeriği çok düşüktür. (2) Siyanür içeriği çok düşüktür. (3) Sıcaklık çok düşüktür. (4) Akım yoğunluğu doğru değildir. (5) Banyoda kirlenme vardır.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
(1) Çözeltiliye daha fazla altın ekleyin. (2) Serbest siyanürü kontrol edin ve uygun düzeye yükseltin. (3) Kaplama yaparken eşdeğerli bir sıcaklık ortamı oluşturunuz. (4) İşlenen her parça üzerine aynı akım yoğunluğunun uygulanıp uygulanmadığına bakın. Askıyı ve ampermetre ayarlarını kontrol edin. (5) Aşağıdaki açıklamalara göre rengi kontrol edin.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi kırmızımsı.	(1) Bakır varlığı.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Bakır, kaplanma sureti ile veya altın kaplama çözeltisinin bir kısmının tahliye edilerek, yerine işarete dek su doldurulması ve tüm tuzlarının tamamlanması sureti ile giderilebilir.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi yeşilimsi.	(1) Gümüş varlığı. (2) Kadmiyum varlığı.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Bu metaller, sadece kaplanma sureti ile veya çözeltilerin bir kısmının yukarıda açıklanan yöntemle ıskarta edilmesi sureti ile tasfiye edilebilirler.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi beyazımsı.	(1) Nadir bir durumdur ve çok yüksek oranda nikel, çinko veya kalay varlığını gösterir.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Yukarıda açıklanan yöntemle tasfiye edilebilir.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaplamanın rengi siyahımsı.	(1) Kurşun veya arsenik varlığı.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
En iyi yöntem, rafine etmek üzere çözeltiliyi ıskarta etmek veya altın alaşımı kaplama ve metal renklendirme kısmında tarif edilmiş olan antik altın veya isli altın çözeltisi kullanmaktır.	

EKH-7-32

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kalın altın kaplama çözeltilisinde aşırı gazlanma. Düşük katod verimi.	(1) Altın içeriği düşüktür. (2) Akım yoğunluğu çok yüksektir. (3) Serbest siyanür çok düşüktür. (4) Sıcaklık çok düşüktür
GİDERİLME YÖNTEMİ	
(1) Altın içeriğini kontrol edin ve uygun düzeye getirin. (2) Akımı azaltın. (3) Serbest siyanürü kontrol edin. Uygun konsantrasyona getirin. (4) Sıcaklığı kontrol edin.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Metal içeriğinde artış.	Bu durum bir tek altın anodların kullanılması halinde olur.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Altın anod alanını küçültün ve çözünmeyen paslanmaz çelik anodlar ilave edin.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaba ve koyu kaplama.	(1) Çok yüksek akım yoğunluğu (2) Organik kirlenme.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
(1) Akım yoğunluğunu azaltın. (2) Diğer kaplama banyolarının temizlenmesi bölümünde açıklanan yöntemlere göre, organik kirleticileri tasfiye etmek için aktif karbon üzerinden filtrasyon uygulayın. Bu yöntem çözeltiliden küçük bir kısım altının da alınmasına neden olacaktır.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Banyoda tortulaşma veya kristal oluşumu.	(1) Aşırı ölçüde karbonat varlığı söz konusudur.* Potasyum tuzları kullanıldığında bu durum nadiren oluşur.

* Çok yüksek konsantrasyonlu siyanürlü altın kaplama banyolarında, bir kısım potasyum altın siyanür oda sıcaklığı altında çökebilir [$\text{KAu}(\text{CN})_2$ için oda sıcaklığında çökme sınırı yaklaşık olarak litre başına 30 gr düzeyindedir ve bu sınır $\text{NaAu}(\text{CN})_2$ için biraz daha düşüktür.] Bu durumda, karbonatların tasfiye edilmesi için dondurma yöntemi kullanıldığı takdirde, çökelen maddedeki altın miktarını kontrol ediniz!

GİDERİLME YÖNTEMİ

(1) "Dondurma" yöntemi ile karbonat içeriğini azaltın. Bu yöntem sadece kış mevsiminde, sıcaklık 0°C' nin altına düştüğünde veya dalgiç tipi bir soğutucu spiralin kullanılması sureti ile uygulanabilir. Çözeltiyi gece boyu soğutun ve oluşan çökeltiyi filtre edin. Sıcak havalarda, soğutma yapılabilmesi mümkün olmadığında, karbonat yalnızca baryum tuzu veya kalsiyum tuzu sayesinde çökeltilebilir. Bu yöntem aynı zamanda potasyum karbonat fazlasının tasfiye edilebilmesi için de etkilidir. Tasfiye edilecek karbonatın her gramı için, 65,5°C sıcaklığına getirmiş olduğunuz çözeltiye 1 ilâ 1,5 gram kalsiyum hidrojen fosfat (CaHPO₄) ilave edin. Bir karıştırıcı ile çözeltiyi 2 saat kadar kuvvetlice karıştırın ve çoğu kalsiyum karbonattan ibaret olan tortuyu çözeltiyi filtreden geçirmek sureti ile tasfiye edin. Bu yöntem çözeltiye bir miktar fosfat katarsa da, bu fosfat çözünür niteliktedir ve özellikle bir flaş kaplama banyosu için zararsızdır. Bir diğer yöntem de, banyonun 1/3'ünü boşaltarak rafine etmek üzere saklamak ve yerine su doldurarak tüm değerleri uygun noktaya gelecek şekilde ayarlamaktır.

NOT : Siyanür dumanları oluşacağından, CaHPO₄ iyi bir havalandırma altında banyoya katılmalıdır.

ALTIN BANYOLARININ ÇALIŞMASINA İLİŞKİN GENEL VERİLER**SİTRAT BANYOSU:**

Sitrat tipi bir banyonun çalışması için en iyi pH aralığı 5,0 ilâ 7,0 arasında olup, optimum değer yaklaşık olarak 5,5'tir. Genellikle çözeltildeki KAu(CN)₂'nin 4,5 pH derecesi altında kimyasal olarak kararsız olduğu ve bu pH derecesinde veya daha altında, bir kısım altın siyanürün (AuCN) çökeleceği gözlemlenecektir. Bu nedenle pH derecesine karşı uyanık olun!

Tüm altın banyoları metalik kirletici toplama eğilimi sergilerler. Sitrat esaslı banyolar da, alkali siyanür tipi banyolar olduklarından, böylesi kirletici öğeleri aynı oranda toplama eğilimini sergilerler. Bununla beraber, henüz tam olarak anlaşılammış nedenlerden dolayı (olasılıkla siyanürün neden olduğu büyük karmaşa) metalik kirleticiler, sitrat banyosu ile karşılaştırıldığında, siyanür çözeltilisinden sağılan altınla birlikte o kadar kolay çökelemeyeceklerdir. Esasen bunun anlamı, her zaman için yüksek saflıkta bir altın kaplama endişesini taşımakta iseniz, sitrat banyoları ile çalışırken kirletici öğeleri bertaraf etmek için ilave önlemler almanızın gerekliliğidir.

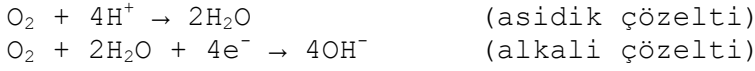
Sitrat tipi banyo, alkali siyanür banyosuna göre çok önemli avantajlar sağlar, bununla beraber, anyonik kirleticiler oluşmasına ve toplanmasına da neden olur. Örneğin, sıradan siyanür banyosunun çalışmasında, tedrici olarak kahverengimsi bir kirletici öge olduğu bugün itibarı ile iyi bilinmektedir. Bu kirletici öge, (HCN)₄ formülüne sahip bir polimerden ibarettir. Gerçekte bu husus, su gibi duru başlatılan bir altın siyanür banyosunun, tedrici biçimde sarılaşmasının nedenlerinden birisidir. Bu polimerin bir kısmı altınla birlikte çökebilir ve altına soluk bir renk verir. Üzerinde konuşulacak serbest siyanür içeriği olmayan sitrat tipi

EKH-7-34

banyolarda, bu tip bir reaksiyon, polimer oluşumunun en az düzeyde gerçekleşeceği şekilde yavaşlatılmaktadır. Bunun da ötesinde, karbonat, format, üre, vb. gibi anyonların oluşumu da yavaşlatılmakta olduğu gibi, bu anyon ve bileşimleri oluşturmak için gerekli reaksiyonlara katılacak serbest siyanür yetersizdir. Genel olarak anyonik kirletici düzeyi, amaca uygun şekilde çalışan bir sitrat banyosunda pratik olarak sabit kalacaktır.

KATOD VERİMİ:

Katod verimi, özellikle düşük akım yoğunluğu altında ($< 5 \text{ A/ft}^2$), başlangıçta %94 düzeyinde bulunan katod etkinliği, genellikle giderek azalacaktır. Bunun nedeni, çözelti tarafından toplanan oksijenin gerek daha yüksek değerlikli durumda bulunan bir kısım altını okside etmesi, gerekse de aşağıda açıklanan bir reaksiyon sayesinde katod alanında indirgenmesidir:



Bu sürece katılan reaksiyonlar, altın kaplamasını gerçekleştirebilecek akımın bir kısmını kullanarak, tüketmektedir.

Yüksek akım yoğunlukları altında oluşan bu katod etkinliği azalması ile baş etmenin yollarından birisi de, herhangi bir oksijen boşaltıcısının kullanılmasıdır. Asidik tip banyoda hidrazin oldukça iyi bir etki oluşturmaktadır. Alkali çözeltilerde ise, aynı iyi ölçekte etki, potasyum sülfür sayesinde elde edilebilmektedir. Çalışma koşullarına göre pratik olabilecek veya olamayacak olanaklardan birisi de, çözünmüş oksijen kaplama çözeltilisini, kaplama süreci aşamasında içerisine azot gazı üfleme sureti ile boşaltmaktır.

DOLAPTA ALTIN KAPLAMA:

Çoğu küçük parçalar özellikle elektronik aksam, dolapta kaplanmaktadır. Dolaplar genellikle küçüktür ve (5 cm x 10 cm) boyutlarından, (45 cm x 90 cm) boyutlarına kadar sıralanmaktadır. Dolaplar çoğunlukla paslanmaz çelikten ve çözelti ile temas edecek tüm bölümleri polipropilenden veya yüksek sıcaklığa dayanıklı lüsitten üretilmektedir. Tipik bir altın dolabı reçetesi bundan sonraki sayfada verilmiştir.*

* Diğer reçeteleri dersin sonundaki referanslardan elde edebilirsiniz.

EKH-7-35

DOLAPTA ALTIN KAPLAMA BANYOSU

Reçete

Sodyum altın siyanür	7,5 gr/lt
Sodyum fosfat (Na ₂ HPO ₄)	30 gr/lt
Sodyum karbonat	15 gr/lt
Sodyum sülfür	1,9 gr/lt

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	60°C
Voltaaj (Dolabın boyutuna göre)	4 - 8 V

Dolap kaplamada eşbiçimli bir sonuç rengi elde etmek için, mümkün olabildiğince kirlenmenin önüne geçin. Dolap açıklıkları mümkün olabildiğince geniş olmalıdır. Dolap çözeltinin içerisine konduğunda akım devrede olmalı ve mümkün olduğu takdirde, parçalar altın kaplanmadan önce parlak nikel kaplanmalıdır.

SIYANÜRLÜ OLMAYAN ALTIN KAPLAMA BANYOLARI

Geçmişte ağır altın kaplamaların yapılması için altın klorür çözeltileri kullanılmış ancak kaplama hızının oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir (altın üç değerlikli durumda iken, beher amper-saat için yalnızca 2,45 gram altın kaplanması mümkün olmuştur). Ayrıca, siyanür banyosunda yapılan kaplamayla karşılaştırıldığında, birikimlenme kaplamasının yapısı kaba görünmektedir. Son yıllarda asitli banyoda altın kaplama alanında bazı yeni gelişmeler olmuş ve asitli banyoda altın kaplama için birçok çözeltinin patenti alınmıştır. Aşağıdaki reçete siyanürlü altın kaplama ile aynı hızda oranda kaplama verir ve siyanür tuzu içermez.

Reçete

Altın iyodür	79,4 gr
Potasyum iyodür	567 gr
Su	3,785 lt

Çalışma Koşulları

Çalışma sıcaklığı	26,7°C
Tank Voltaajı	0,30 V
Akım yoğunluğu	0,2 - 1 A/dm ²

Bu banyonun küçük bir altın anodla kullanılması gereklidir. Kullanılacak tank ise cam kaplı çelik veya teflon kaplı çelik türünden olmalıdır.

ALTININ DİĞER METALLERDEN SÖKÜLMESİ

Altının, gerekli olduğu takdirde diğer metallere sıyrılarak sökülmesi için kullanılabilir iki yöntemi aşağıda açıklıyorum. Bunlar dışında da kullanılabilir bazı özel yöntemler bulunmaktadır ve bu konudaki ayrıntılara erişmek istediğiniz takdirde, Dersin sonunda verilen referans kaynaklara baş vurabilirsiniz.

ALTININ NİKELDEN VE DEMİRLİ METALLERDEN SÖKÜLMESİ

Sodyum siyanür 85 gr
Su 3,785 lt

Kullanılmaya hazır duruma geldiğinde, gaz çıkışı meydana gelebileceğinden tankı havalandırmalı bir davlumbaz veya tercihen bir kanal içerisine yerleştirin. Bu durumda çözeltiye 100 hacim hidrojen peroksit'in 237 ml.sini ilave edin ve parçayı bu karışımın içerisine daldırın. Altın ayrılınca dek tutun ve gerekirse zaman zaman biraz daha hidrojen peroksit ilave edin. Bir seferde yalnızca pek az bir çalışma yapın, aksi takdirde kaynama etkisi çok şiddetlenebilecektir.

ALTININ BAKIR, BAKIR-ÇİNKO ALAŞIMLARI VE ÇİNKODAN SÖKÜLMESİ

Bu patentli bir yöntemdir.

Konsantre sülfürik asit 3,785 lt
Nikel sülfat 28,35 gr

Bu çözelti içerisinde bakır katodlara karşı, çalışma parçasını anod olarak kullanın. Oda sıcaklığındaki çözelti içerisine 6 V düzeyinde bir gerilim uygulayın. NOT : BU SÖKME ÇÖZELTİLERİ İLE ÇALIŞIRKEN ÇOK DİKKATLİ OLUN, ZİRA BUNLARIN HER İKİSİNİN DE ÇALIŞTIRILMASI VE TAŞINMASI TEHLİKELİDİR.

ALTININ GERİ KAZANILMA YÖNTEMLERİ

Altın kaplama banyoları ile çalışırken, altın kaplama banyosundan hemen sonra, bir temiz su tankından ibaret süzüntü tankı* bulundurmaya yararlı olacaktır. İşlenen parça altın kaplama banyosundan çıkarılır çıkarılmaz derhal bu çekme tankına daldırılmalıdır. Bu çekme tankındaki temiz su, iş üzerine yapışmış olan kaplama banyosu çözeltisi ile karışır ve böylece bu çözeltinin bir kısmı korunmuş olur. İstendiği takdirde süzüntü tankında oluşan çözelti ana kaplama banyosunu beslemek için kullanılabilir. Çok yüksek konsantrasyonlu altın çözeltileri ile çalışma durumunda, böylesi iki veya üç süzüntü tankının seri olarak kullanılması yararlı olur.

* Süzüntü tankları ve durulama ile ilgili tam bir açıklama 19. Ders'te verilmiştir.

EKH-7-37

Harcanmış altın çözeltilerinden veya kirlenmiş çözeltilerden altını geri kazanmak için,* çözeltiliyi geniş bir çömleğe aktarın ve tahmini altın içeriğine göre, beher gram mevcut altın için; 7 gr çinko tozu + 1/4 gram kurşun asetat + 1/10 gram sodyum siyanür ilave edin. (NOT : BU YÖNTEM YALNIZCA SİYANÜR ÇÖZELTİLERİ İÇERİSİNDEKİ ALTININ GERİ KAZANILMASI İÇİN UYGULANMALIDIR). Gayet güçlü bir şekilde çözeltiliyi karıştırın ve gece boyu dinlenmeye bırakın. Üstte kalan sıvıyı tahliye edin ve çökelmeyi iyi ölçekli bir filtre kağıdı üzerinden süzün. Altınla birlikte biraz kurşun ve biraz da artan çinko tozu içeren çökelti rafine edilmek sureti ile, bir kısım altın geri kazanılabilir. Bu yöntemi uygulamak istemediğiniz takdirde kullanılan çözeltiliyi şişelere doldurarak rafineriye gönderin.

SİYANÜR ÇÖZELTİLERİ İLE ÇALIŞIRKEN, DAHA ÖNCE AÇIKLANMIŞ OLAN TUM ÖNLEMLERİ ALMANIZ GEREKTİĞİNİ AKILDA BULUNDURUN!

YAŞANMIŞ BİR ALTIN KAPLAMA TECRÜBESİ

Tescilli bir özel altın kaplama çözeltisinin oda sıcaklığında kullanılması önerilmiştir. Dağılma gücü zayıf iken kaplamanın daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Banyonun sıcaklığı kontrol edilmiş ve 18°C olduğu görülmüştür. Oda serindir. Enerji tasarruf edilmiş ancak dağılma gücünde kayıp oluşmuştur! Durum 24°C düzeyinde sabit sıcaklık ortamının sağlanması için bir ısıtma donanımının kurulması sayesinde düzeltilmiştir.

* Altını, kullanılan altın çözeltilerinden veya durulama sularından toplamak için bir iyon değiştirici sistemi de kullanılabilir. Bu yöntem durulama suları için daha etkilidir. Ayrıntılar için referans kaynaklara bakınız.

İNDİYUM KAPLAMA

KİMYASAL SEMBOLÜ: In

ATOM AĞIRLIĞI : 115 (114,76)

İNDİYUMUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ:

İndiyum çok yumuşak, gümüş renkli bir metaldir. ÖZGÜL AĞIRLIĞI 7,28'dir. ÖZGÜL DİRENCİ 8,37/1.000.000 ohm-cm'dir ve böylece elektriksel direnç bakımından, pirinçle demir arasında yer alır (2. Derse bakınız). En düşük ERGİME NOKTASI 155°C'dir.

İNDİYUMUN KAPLAMA METALİ OLARAK KULLANIM YERLERİ:

İndiyum kaplamanın skullanımı olasılıkla, bir gümüş-kurşun alaşımı üzerindeki indiyum kaplamanın bazı uçak motoru uygulamalarında en mükemmel yatak tipi olduğunun anlaşıldığı son dünya savaşı döneminde geliştirilmiştir. Olasılıkla en sık kullanılan yöntem, alternatif olarak gümüş ve kurşun katmanların ve daha sonra da indiyum katmanının elektrometal kaplama yöntemiyle kaplanması ve müteakiben sıcak işlemenin uygulanması sureti ile yayınma (difüzyon) oluşturarak, üst yüzeyi indiyum bakımından zengin bir alaşımın oluşturulması olmuştur. Bir indiyum yüzey, düşük sürtünme katsayısı, düşük tutma - sarılma ve aside yüksek dayanıklılık özelliklerine sahiptir. Motor yataklarında kullanılma alanı dışında, indiyum kaplamaların altın ve gümüş kaplamaları sertleştirdikleri saptanmıştır. İndiyum bazı durumlarda dekoratif amaçlarla çelik üzerine ve bakır veya pirinç flaş kaplamaları üzerine kaplanmaktadır. Göreceli olarak pahalı olan bu metalin troy onsunun fiyatı 7,00 \$ ilâ 10,00 \$ arasında değişmektedir.

İNDİYUMUN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:

İndiyum 3 değerlikli olup, %100 katod veriminde 12 A-saat elektrik enerjisi, 1 dm² yüzey üzerine 2,7 mikron kalınlığında bir indiyum kaplayacaktır. 1 amper-saat enerji ile yüzey üzerinde oluşturulacak kaplamanın ağırlığı 1,427 gram olup, 1 gr/dm² kaplamanın kalınlığı 13,8 mikron olacaktır. Fiili katod verimi, kullanılan kaplama banyosunun tipi ve banyonun çalışma şartlarına bağlı olarak değişir ve bazı sülfat banyolarında %25'ten, sülfamat banyolarında %90'a kadar değişkenlik gösterir. İndiyum elektromotor seride kurşun ve kalayın biraz üstünde ve demirin biraz altında yer alır. Eşik gerilimi (yaklaşık 0,53) oldukça yüksektir ve bu durum elektromotor seri içerisindeki konumu açısından, kolaylıkla kaplanabilen bir metal olmasına neden olmaktadır.

İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARI

İndiyum birçok çözülebilir bileşik oluşturmaktadır ve bu nedenle indiyum kaplama için elverişli birçok banyo türü bulunmaktadır. Ne var ki günümüzde sadece birkaç tipi ticari olarak kullanılmaktadır. Ticârî olarak kullanılabilen ve siyanür tuzları içeren alkali tip bir banyo (diğerleri de olabilir, ancak henüz kullanılmamışlardır) ve asit çözeltileri içeren üç-dört banyo bulunmaktadır. Önce asit çözeltili banyoları ele alacağız :

İNDİYUM SÜLFAT BANYOSU

BANYONUN BİLEŞİMİ

İndiyum sülfat olarak indiyum metali	78 gr
Sodyum sülfat	37 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık	21 - 29,5°C
pH	2,0 - 2,7
Katod akım verimi	%70 - 80
Anod etkinliği	%100
Akım yoğunluğu (karıştırma yok)	2,15 A/dm ²

TANKLAR

Lastik kaplı çelik veya cam veya kurşun kaplı tanklar veya yüksek yoğunluklu polietilen veya polipropilenden üretilmiş teflon, polietilen tanklar kullanılmaktadır.

ANODLAR

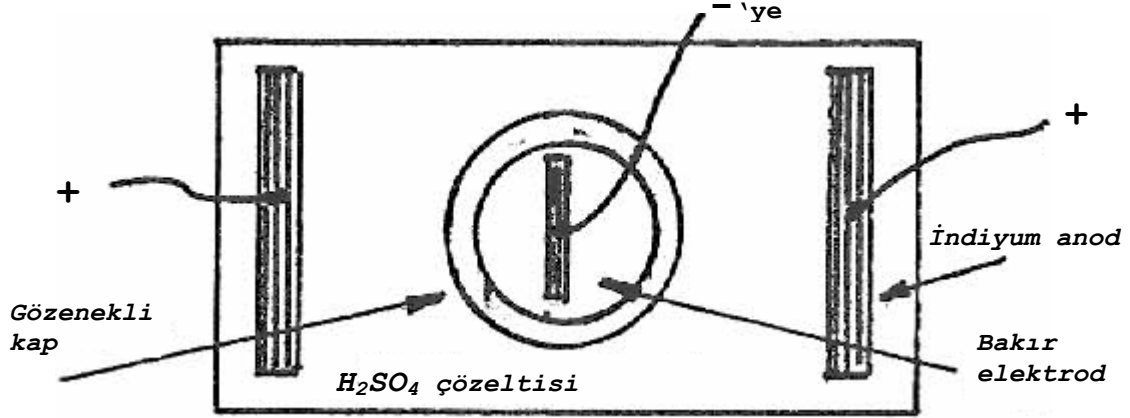
Çözünmez grafit anodlar, platin kaplamalı titanyum veya kurşun anodlarla kombine olarak indiyum anodlar kullanılmaktadır.

BANYONUN HAZIRLANMASI

Bu banyonun hazırlanması için kullanılan ve konsantre indiyum sülfat tuzu olarak piyasada satılan indiyum metali, göreceli olarak güç çözünebilir bir metaldir. Ancak okside edici koşullar altında, asitler içerisinde çözümlenebilir. Bu nedenle bu banyonun ve diğer tanımlanan banyoların hazırlanmasında, saf metal yerine hazırlanmış tuzları ile çalışmak daha uygundur. Bununla beraber, elinizde indiyum metali varsa, Şekil 8'de görüldüğü gibi bir gözenekli kupa ve bakır katod kullanmak sureti ile, indiyum anodları seyreltilmiş sülfürik asit banyosunda çalıştırarak bu banyoyu hazırlayabilirsiniz.

Banyonun konsantre indiyum sülfattan hazırlanmasında, konsantre indiyum sülfatı suyla seyreltin ve sodyum sülfat içerisinde çözümlenerek, sülfürik asit ve sodyum hidroksit katmak sureti ile pH derecesini ayarlayın.

İNDİYUM SÜLFATIN HAZIRLANMASI

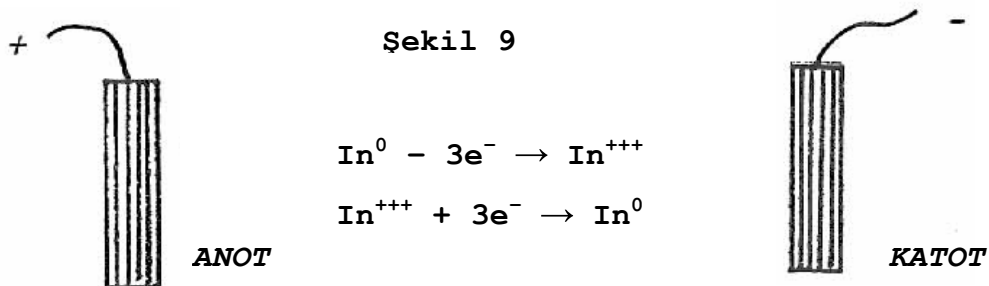
**BANYONUN ÇALIŞMASI:**

Pek az bileşim bulunduğundan, banyonun çalıştırılması oldukça kolaydır, bununla beraber pH derecesinin özen ve dikkatle kontrol altında bulundurulması gereklidir.

pH:

2,7'den yüksek pH derecesi ortamında banyo, hidroliz (Çinko Kaplama Dersine bakınız) oluşumuna bağlı olarak kararsızlaşır, bu nedenle pH derecesinin kontrolü önemlidir. pH derecesi, anod verimi %100'e yakın, katod verimi en çok %80, genellikle %70 düzeyinde iken çalışılırken hızla artış gösterme eğilimindedir.

Aşağıda Şekil 9'da görüldüğü gibi, anod indiyum metalinden 3 elektron ayrılmıştır ve pozitif yüklü trivalan indiyum iyonları oluşmuştur. Katoda tersine işlem gerçekleşmiş ve 3 elektron, çökelen metali indiyuma tekrar kazandırılmıştır. Bununla beraber, proses yalnızca %80 ölçeğinde etkin olduğundan, elektrik enerjisinin geri kalan %20'si, ayrışan suda kullanılmıştır (salınan hidrojen). Ancak katoddaki bu hidrojen bu hidrojen gazı salınması, çözeltinin pH derecesinin yükselmesi sonucunda hidrojen iyonlarının çözeltiyi terk ettikleri anlamını taşımaktadır.



pH derecesini ve aynı zamanda da metal içeriğini uniform (eşdüzeyle) tutmak amacı ile, anod verimini katod verimine eşit veya bundan pek az yüksek düzeye geleceği bir noktaya indirmek için, çözünebilir ve çözünemez anodların birlikte kullanılmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla, çinko kaplamada açıklanmış olan

EKH-7-41

sisteme benzer bir sistemin kullanılması önerilir. Ayrıca öyle görülmektedir ki, amaca uygun bir tampon kullanmak pH derecesinin sabit tutulmasına yardımcı olacaktır. Böylesi bir tampona amonyum format örnek olarak verilebilir. İstendiği takdirde banyoya beher litre için 2 gram düzeyinde katılabilmesi mümkündür.

Böyle bir banyoda karşılaşılacak bir diğer durum da, yetersiz nemlendirme sonucunda çukurlaşma ve kötü yayılmanın oluşmasıdır. Bu durumda noniyonik bir nemlendiricinin kullanılması önerilir. Çözeltinin her 2 litresi için 5 damla, yüzey geriliminin, çukurlaşmanın ihmal edilebilir olacağı düzeye indirgenebilmesi için yeterli olacaktır. Çoğu sülfat çözeltilerinde olduğu gibi, bu banyonun da dağılma gücü oldukça düşüktür. Yaklaşık olarak 2 gr/lt setil trimetil amonyum bromür (CTAB) kullanılması başarılı bir sonuç verir. Kullanılabilir diğer başka yüzey aktifler de bulunmaktadır.

İNDİYUM FLUOBORAT BANYOSU

BANYO REÇETESİ #1

İndiyum fluoborat	850,5 gr
Borik asit	113,4 gr
Amonyum fluoborat	170 gr
Su	3,785 lt

BANYO REÇETESİ #2

İndiyum fluoborat	283,5 gr
Borik asit	113,4 gr
Amonyum fluoborat	226,8 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Banyo #1'in katod verimi %75, buna karşılık Banyo #2'nin katod verimi yalnızca %40'tır. Çalışma sıcaklığı 21 - 29,5°C düzeyindedir. Banyo #1 için akım yoğunluğu 6,45 A/dm², Banyo #2 için ise 4,3 A/dm² dir.

ANODLAR

İndiyum anodları, sert karbondan çözünmeyen anodlarla (vinyon çantalarda) birlikte kullanabilirsiniz. Anod / katod alan oranı yaklaşık olarak 2:1 olmalıdır.

TANKLAR

Yüksek yoğunluklu polietilen, lastik veya teflon kaplı çelik tanklar kullanabilirsiniz.

EKH-7-42

pH:

Optimal değer 1,00 olmak üzere, en iyi değer aralığı, 0,9 ilâ 1,2 arasında olmalıdır.

pH KONTROLU:

Burada da, sülfat banyolarında olduğu gibi, pH ve metal içeriklerinin uniform (eşdüzeyle) tutulabilmeleri için, çözünmeyen anodların kullanılması önerilir.

Fluoborat banyosu, sülfat banyosuna göre daha iyi dağılma gücü göstermektedir ancak, görüldüğü gibi zengin metal içeriği gereksinimine bağlı olarak, çalıştırılması daha pahalıya mal olmaktadır. Bununla beraber nemlendirme etkinliği, sülfat banyosuna göre daha yüksektir.

İNDİYUM SÜLFAMAT BANYOSU

İndiyum sülfamat	567 gr
Sülfamik asit	28,35 gr
Amonyum sülfamat	283,5 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI:

Sıcaklık	21 - 32°C
pH	1,0 - 1,2
Katod akım yoğunluğu	%70 - %80
Anod etkinliği	%100
Akım yoğunluğu (karıştırma yok)	2,15 - 3,23 A/dm ²

TANKLAR:

Lastik kaplı veya tygon kaplı çelik tanklar ya da cam veya seramik tanklar kullanılmalıdır.

ANODLAR:

Metal içeriğinin ve pH derecesinin uniform (eşdüzeyle) tutulabilmesi için, sert karbon ve indiyum anodların birlikte kullanılması gerekir.

ÇALIŞTIRMA:

Burada da pH derecesinin, çözünebilir ve çözünmeyen anod kombinasyonları ile uniform tutulması gereklidir. Bu çözeltinin nemlendirme gücü düşük olmakla birlikte, çözeltinin her 2 litresi için iyonik olmayan 5 damla nemlendirici damlatmak daha iyi nemlendirme karakteristiklerinin temin edilebilmesi için yeterlidir. Sülfat banyolarında olduğu gibi, setil trimetil amonyum bromür (CTAB) kullanılması yarar sağlayacaktır.

İndiyum sülfat bulamadığınız takdirde, şu yöntemi izleyerek bu tuzu hazırlayabilirsiniz: Konsantre indiyum klorür satın alın. Beher lt.si 300 gr sodyum karbonat (susuz) içeren bir çözelti hazırlayın (sıcak su kullanın). Düzenli ve sürekli karıştırma ile, sodyum karbonat çözeltisinin içine 170 gr indiyum klorür katın (çözelti köpüreceğinden, yavaş yavaş ekleyin). Çökelme tamamlandıktan sonra

EKH-7-43

çözeltiyi dinlendirerek oturmasını bekleyin ve çökelme üstündeki sıvıyı akıtarak boşaltın. Çökeltiyi, içerisine birkaç damla amonyak damlatılmış sıcak suyla birkaç kez yıkayın. Son yıkama suyunu bir damla gümüş nitrat çözeltisi ile test etmek sureti ile, tüm klorürün yıkanarak giderilmiş olduğundan emin olun. Bulutlanma oluşması, tüm klorürün yıkanarak tasfiye edilemediğinin göstergesidir. Yıkama istenen biçimde tamamlandığında, çökelti tamamen çözünene kadar, sürekli ve düzenli karıştırma ile sıcak doymuş sülfamik asit çözeltisini (bu çözeltiyi, sıcak su içerisinde, olabildiğince fazla miktarda toz sülfamik asit eritecek şekilde hazırlayın) çökeltiye katın (şiddetli gaz çıkışını bertaraf etmek için yavaş, yavaş katın). Bu işlem neticesinde, çözelti içerisinde 567 gr (20 ons) indiyum sülfat elde edeceksiniz. Şimdi 1 galon'a (3,785 lt) seyreltin ve diğer kimyasalları katın.

Çok sınırlı olmak kaydı ile, indiyum perklorat kullanımını esas alan asitli indiyum kaplama banyosunun da kullanılma imkanı bulunmaktadır ancak, bu banyoda doğru şekilde ele alınmazsa kuvvetli patlayıcı madde olabilecek perklorik asidin kullanılmasına gereksinim vardır. Bu nedenle bu banyo hakkında, sergilediği riske karşılık diğer banyolara göre tercih sebebi olacak fazla bir avantaj sağlamadığından, başkaca bir açıklama yapılmayacaktır.

Bu üç asidik tip banyodan elde edilen indiyum kaplama ince tanecikli, yarı parlak ve yapışkan olduklarından, iyi nitelik sergilemektedirler. Bununla beraber, fluoborat ve sülfamat banyoları bu bakımdan hafif bir üstünlüğe sahiptirler.

İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARINDA HATA BULMA VE GİDERME:

pH ve metal içeriği kontrol altında tutulduğu müddetçe, asidik tip indiyum kaplama banyolarının çalıştırılmasında çok fazla güçlükle karşılaşılmayacaktır. Bu nedenle bu derste, normal bir hata bulma ve giderme tablosu verilmeyecektir. Üzerinde durmanız gereken, kaplama levhasının çizgili ve şeritli olmasına neden olabilecek organik kirlenmedir. Bunun üstesinden gelmek için, diğer derslerde açıklanan şekilde çözelti aktif karbon filtreden geçirilerek, süzülebilir. Kaplamanın kararmasına ve yapısının gevrekleşerek kırılğan hale gelmesine neden olabilecek ağır metal iyonlarının çözeltiye karışması, banyonun 0,5 ilâ 1 A/dm² akım yoğunluğunda temizlenmesi veya çözeltinin indiyum atkısı üzerinden akıtılması sureti ile önlenabilir. Diğer kaplama çözeltilerinde de olduğu gibi, banyo içerisinde parçacıkların varlığı, kaplamanın kaba olmasına neden olacaktır. Çözeltiler zaman zaman selit filtresinden geçirilerek süzülmeli, çözünebilir ve çözünmez anodlar, çalışma sıcaklığının 32°C' nin üstüne çıkmayacak şekilde vinyon çantalara sarılmalıdır.

ALKALİ (BAZİK) İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARI

SIYANÜRLÜ İNDİYUM BANYOSU

Klorür olarak indiyum metali	125 gr
Dekstroz	56,7 gr
Sodyum siyanür	340,2 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık	Oda Sıcaklığı
Ortalama katod verimi	%45
Katod akım yoğunluğu	2,15 - 6,45 A/dm ²
Başlangıçtaki kaplama hızı kabaca	15 mg/A-dakika'dır, ancak banyo yaşlandıkça, 5-8 mg/A-dakika düzeyine iner.

TANKLAR:

Lastik, teflon, cam kaplı çelik tanklar veya çıplak paslanmaz çelik veya yüksek yoğunluklu polietilen tanklar kullanılmaktadır.

ANODLAR:

Sert karbon, paslanmaz çelik, platin kaplı titanyum veya platinden çözünmez anodlar kullanılmaktadır.

BANYONUN HAZIRLANMASI:

Bu banyo reçetesi, Amerikan Indium Corp.'dan Mr. Murray tarafından önerilmiştir ve hazırlanması için aşağıdaki yöntem izlenmelidir:

1. 56,7 gr C.P. dekstrozu (C.P.: kimyasal saflıkta demektir) en az miktarda su içerisinde çözündürün. Su ısıtılmış olduğu takdirde dekstrozun daha hızlı biçimde çözündürülmesi mümkün olur, ancak bu şekilde hareket ederseniz kullanmadan önce çözeltiyi oda sıcaklığı düzeyine soğutun.
2. 340 gr sodyum siyanürü, 946 ml. (1 kuart) veya mümkünse daha az su içerisinde çözün.
3. Sodyum siyanürün tümü çözünür çözünmez, dekstroz çözeltisini siyanür çözeltisine katın.
4. Şimdi, sürekli ve düzenli karıştırarak, küçük miktarlarda konsantre indiyum siyanürü, siyanür-dekstroz çözeltisine katın (NOT: BU İKİ ÇÖZELTİNİN KARIŞMASI SONUCUNDA SIYANÜR DUMANI OLUŞABİLECEĞİNDEN, BU İŞLEMİ İYİ ÇEKİŞLİ BİR DAVLUMBAZ ALTINDA VEYA AMACA ELVERİŞLİ İYİ HAVALANDIRMALI BİR ORTAMDA GERÇEKLEŞTİRİN). İndiyum çözeltisi eklendikçe çökeltme oluşacak ve her ekleme sonrası

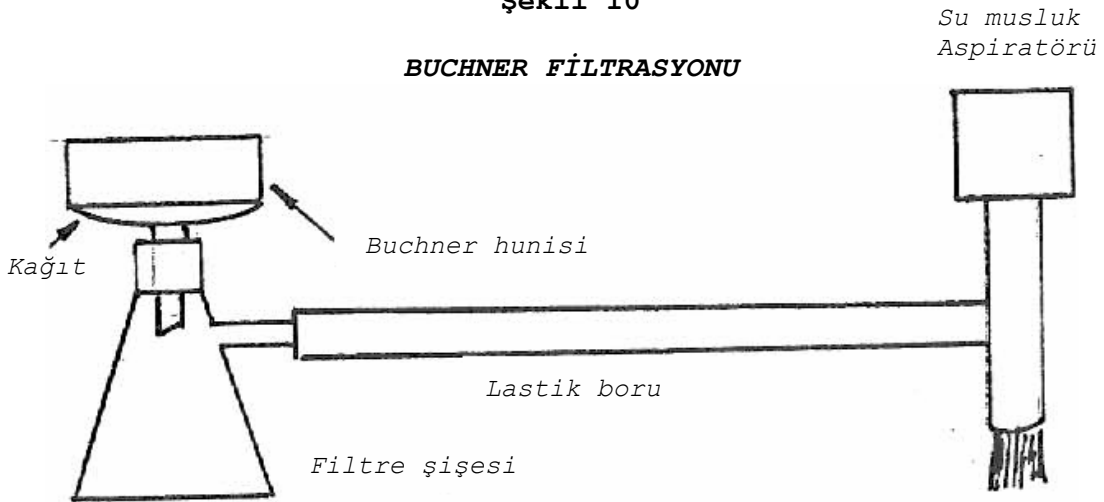
karıştırma, çökeltiyi yeniden çözündürcektir. TUM ÇÖKELME TEKRAR ÇÖZÜNDÜRÜLÜNCEYE KADAR, DAHA FAZLA İNDİYUM Klorür KATMAYIN. Tüm klorür çözeltisinin katılması tamamlandıktan sonra, çözeltiyi yaklaşık olarak 1,9 litre hacimde saf suyla seyreltin ve OLGUNLAŞMAYA bırakın.

5. 48 ilâ 72 saatlik bir olgunlaşma süresi sonunda çözelti amaca uygun biçimde olgunlaşmış olacaktır. Bu aşamada çözeltinin renginin koyu saman renginden kahverengine dönüştüğü ve kahverengimsi siyah bir çökeltmenin oluştuğu gözlemlenecektir. Olgunlaşma süreci aşamasında, siyanürün bir kısmının, daha sonraki aşamadaki renk değişikliğine ve çökeltme oluşumuna neden olan daha kapsamlı ve daha karmaşık medde molekülleri oluşturmasına yol açacak şekilde kendisi ile birleştiği bir kompleks tepkileşim (POLİMERİZASYON) oluşacaktır.

6. Bundan sonra çözeltiyi bir BUCHNER hunisinden ve Whatman 54 gibi orta yoğunlukta bir filtre kağıdı üzerinden süzerek kaplama tankına aktarın ve işarete dek (1 galon = 3,785 lt) damıtık su ilave etmek sureti ile seyreltin. Bu düzenleme Şekil 10'da görülmektedir.

Şekil 10

BUCHNER FİLTREASYONU



7. Bu derste daha sonra açıklanacak olan yöntemi kullanmak sureti ile, serbest siyanür varlığını kontrol ediniz ve amaca uygun miktarda sodyum siyanür çözündürerek, serbest siyanür oranını 90 gr/lt düzeyine getirin.

NOT : Olgunlaşma tepkimesi sürecinde yaklaşık olarak 45 ilâ 60 gr/lt siyanür yıkımı oluştuğu gözlemlenecektir. Bu nedenle, istendiği takdirde bu durumda analiz uygulama gereksinimi yoktur ve banyonun uygun çalışma koşuluna getirilmesi için, çözelti içerisinde 227 gr siyanür çözündürülmesi yeterli olacaktır.

8. Bu banyo ile kaplama işlemi için, katotta gaz oluşturmak amacı ile yeterli akım uygulanmalıdır.

SİYANÜR BANYOSUNUN ÇALIŞMASI :

Metal ve serbest siyanür içeriğindeki bir düşüş, kaplama hızını ve somut biçimde azaltacaktır, bu nedenle çözeltinin bu anlamda daima işlevselliğini sürdüreceği durumda bulundurulması önem taşır.

EKH-7-46

Anodlarda metal çözünmesi olmadığından, çözeltiden eksilen metali, filtreden geçirilmiş konsantre olarak, sadece Madde 7'de açıklanan şekilde seyreltmeden, önce yukarıda açıklanan şekilde olgunlaştırarak dönüştürdükten sonra, klorür formunda metalle çözeltiyi beslemeniz gerekecektir. Siyanür içeriğinin 82,5 gr/lt.nin altına ve indiyum metal içeriğinin de 22,5 gr/lt.nin altına düşmesine izin vermeyin. Bu derste daha sonra açıklanacak olan yöntemle göre indiyum metali analizi yapmadığınız takdirde, kaplanan indiyum miktarlarının kabataslak kaydını tutarak, ne kadar olgunlaştırılmış konsantre indiyum eklemeniz hakkında iyi bir fikir elde edebilirsiniz. Küçük miktarlarda çökelmeler oluşacağından, banyo çözeltisinin zaman zaman filtreden geçirilmesi gerekecektir.

SIYANÜRLÜ İNDİYUM BANYOSU #2

Klorür olarak indiyum metali	113,4 gr
Potasyum siyanür	567 gr
Potasyum hidroksit	141,8 gr
Dekstroz	113,4 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık Oda Sıcaklığı
Katod akım yoğunluğu 1,6 - 3,23 A/dm²
Başlangıçtaki katod verimi yaklaşık %84'tür, ancak uzun bir kullanma süresi sonunda, yaklaşık %34'e düşer.

TANKLAR:

Yukarıdaki banyonun tankları kullanılmaktadır.

ANODLAR:

Paslanmaz çelik anodlar kullanılmaktadır.

BANYONUN HAZIRLANMASI:

1. 113,4 gr dekstrozu en az miktarda su içerisinde çözündürün. Su ısıtılmış olduğu takdirde dekstrozun daha hızlı biçimde çözündürülmesi mümkün olur, ancak bu şekilde hareket ederseniz kullanmadan önce çözeltiyi oda sıcaklığı düzeyine soğutun.
2. Potasyum siyanür ve potasyum hidroksiti 1,9 lt saf suda çözün ve dekstroza katın.
3. Şimdi, sürekli ve düzenli karıştırma altında, konsantre indiyum klorür çözeltisine katın (NOT : BU İŞLEMİ İYİ ÇEKİŞLİ BİR DAVLUMBAZ ALTINDA VEYA AMACA ELVERİŞLİ İYİ HAVALANDIRMALI BİR ORTAMDA GERÇEKLEŞTİRİN). Berrak ve nerede ise renksiz bir çözelti elde edilmelidir.

EKH-7-47

4. Çözeltiyi 24 saat dinlenmeye bırakın. Bir çökelme oluştuğu takdirde, çözeltiyi filtre edin. Banyoyu saf su ile seyreltin ve böylece kullanılmaya hazır duruma getirin.

Az miktarda bir siyanür ayrışması oluştuğundan, birinci banyoda olduğu gibi, bu banyoda da bir siyanür içeriği ayarının yapılmasına gereksinim olacaktır. Çözeltinin yüksek miktardaki kostik içeriği HİDROLİZİ geciktirmektedir (Çinko kaplama Dersine bakın) ve siyanürün *Polimerizasyon* ürünlerinin oluşumunu durdurmaktadır.

BANYONUN ÇALIŞMASI

Akılda bulundurulması gereken önemli hususlar; çözeltinin pH dearecesinin 11 dolaylarında tutulması ve metal içeriği düzeyinin idame ettirilmesidir. Akım yoğunluğu önerilen düzeyin üstüne çıktığı takdirde katod verimi çok büyük ölçüde düştüğünden, önerilen katod akım yoğunluğunu aşmayın.

Siyanür banyolarının dağılma gücü, asidik tip banyolara göre çok daha fazla büyüktür, ancak ilk olarak açıklanan siyanür banyosu gerçekten can sıkıcıdır ve hazırlanması güç olup, daima indiyum içeren tortu oluşumu söz konusudur. Bu nedenle ikinci siyanür banyosu, birinci banyoya tercih edilmelidir. Her ne kadar bu ikinci banyo, genel katod verimi açısından bazı sorunlar sergilese de, tüm indiyum banyolarının içerisinde dağılma gücü en yüksek olduğundan, bu faktör esas alınacak olduğu takdirde, siyanür banyolarının en iyisidir. İndiyum kaplamanın önemi giderek arttığından, günümüzde birçok laboratuarda bu konu üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Her ne kadar bu banyolar halen ticâri banyolar olarak kullanılmakta olsalar bile, yakın gelecekte sizlerin çok daha iyi indiyum kaplama banyoları kullanacağınıza inanıyorum.

İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARININ KONTROLÜ

SÜLFAT BANYOSU:

pH:

pH kontrolü sülfürik asit veya sodyum hidroksit kullanılarak yapılır. Asit katılarak pH yaklaşık olarak 2,8 düzeyine düşürüldükten sonra, aşağıdaki tablonun kullanılmasında fayda vardır:

TABLO 2

pH aşağıdaki düzeyde iken, 2'ye düşürmek için	Banyonun beher galonu için, katılacak 1N asit cc.si
2,8	16
2,6	15
2,5	14
2,3	10
2,2	7,4
2,1	4

Asidi damla damla katın ve iyice karıştırıp pH'ı ölçün.

METAL İÇERİĞİ

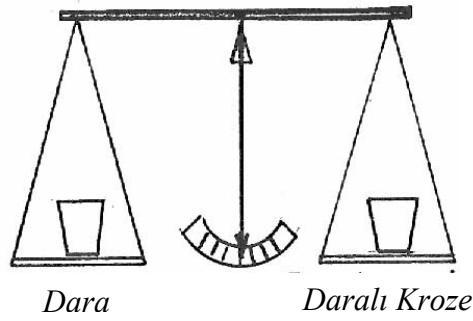
Kontrol amacı ile indiyum içeriğinin belirlenmesi için en basit yöntem bir Bome hidrometresi kullanmaktır. Banyo henüz yeni hazırlanmışken hidrometreden bir okuma değeri alın ve bu değeri kontrol göstergesi olarak kullanın. pH Artışı ile birlikte okuma değerinin artışı, metal içeriğinin uygun nokta değeri ötesinde artışının göstergesidir. Bu nedenle banyoyu, Bome ve pH değerleri normal düzeylerine erişinceye dek çözünmez anodlarla çalıştırın. Bome derecesinin normalden düşük ve pH değerinin de düşük olması durumunda, Bome derecesi normale dönünceye dek banyoyu çözünebilir anodlarla çalıştırın ve pH değerini tekrar ayarlayın. Birinci yöntem daha ziyade tercih edilir ve daha doğru sonuç verir, bununla beraber ikinci yöntem hafifçe doğruluktan sapar ve sülfat içeriğinin somut biçimde artmasına neden olur.

Doğru bir kontrol yönteminin uygulanmasına gereksinim olduğu takdirde, 10 ml'lik bir örnek alarak, 250 ml'lik bir beher içerisine aktarın. 50 ml saf su ile seyreltin ve 1 gram kristal amonyum nitrat ve çözeltinin amonyak kokusunun giderilmesi için yeterince amonyum hidroksit katarak, jelatinimsi indiyum hidroksit tortusu oluşmasını sağlayın. Çözeltiyi kaynama noktasına dek ısıtarak 5 dakika boyunca kaynatın, biraz parçalanmış kağıt katın ve #40 Whatman kağıdı üzerinden çözeltiyi süzüp, çökeltiyi birkaç kez sıcak saf suyla yıkayın. Alçak ateşte bir platin veya porselen pota içerisinde çökeltme ürününü yakın ve iyi bir terazide tartın. ÇÖKELME ÜRÜNÜ AĞIRLIĞININ 11,08'LE ÇARPIMI, ÇÖZELTİNİN GALONU BAŞINA ONS (AVUARDÜPUA) CİNSİNDEN İNDİYUM METALİ İÇERİĞİNİN MİKTARINI VERECEKTİR.

Bu analizin yapılmasında, darasını önceden alacağınız bir kroze kullanacaksınız ve kroze içerisindeki tortuyu tartacaksınız veya DARALI kroze kullanacaksınız, yani terazinin diğer kefesinin üzerine

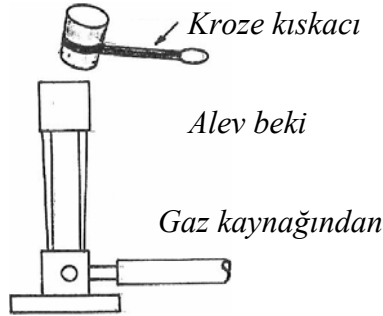
Şekil 11'de görüldüğü gibi krozenin karşı ağırlığını temsil eden boş bir kroze yerleştireceksiniz ve böylece teraziden yapacağınız okuma, tortu artı pota ağırlığı yerine, salt tortunun ağırlığı olacaktır. Tortunun yakılma tekniği de Şekil 12'de görülmektedir.

Şekil 11
DARALI KROZENİN TARTILMASI



Elde bulunduğu takdirde tek kefeli daha modern bir terazinin kullanılması, işi daha da kolaylaştıracaktır

Şekil 12
TORTUNUN YAKILMASI



Krozeyi alev üzerinde alçakta ve hafif bir açı ile tutun, çökelme ürünü kızarıncaya dek ısıtın, sonra alevden uzaklaştırarak bir kurutucu içerisine yerleştirin.

SÜLFAT İÇERİĞİ

Sodyum sülfat biçiminde mevcut sülfat, banyo ortamının geçirgenliğini arttırmak için kullanılmaktadır. En basit kontrol yöntemi, standart anod ve katod ve standart elektrot aralığı ile, ammetre ve voltmetre okuma değerlerinin banyo taze hazırlığında alınması sayesinde uygulanır. pH Değeri, orijinal pH değeri ile aynı olduğu ve ampermetre okuma değeri düşmüş olduğu takdirde, bu okuma değeri normal düzeyine erişinceye dek biraz sodyum sülfat ilave ediniz. Alternatif olarak ve daha doğrulukla, bir gravimetrik yöntem dışında, iletkenlik bir Haring hücresinin kullanılması sureti ile de ölçümlenebilir.

DİĞER ASİT BANYOLARI

İndiyum içeriğinin daha hassas ve doğru olarak belirlenmesi için yukarıda açıklanan gravimetrik yöntemi veya daha az hassasiyet ve doğrulukla belirlenmesi için de, Bome ve pH değerleri yöntemini uygulayın. Sülfamat banyosunda, pH değerini sülfamik asit ve amonyum hidroksitle ve fluoborat banyosunda da fluoborik asitle kontrol edin. Yukarıda açıklanan iletkenlik testi, iletken tuzlar testi için de kullanılabilir.

SİYANÜR BANYOLARI

SERBEST SİYANÜR:

Bakır kaplama dersinde açıklanan standart yöntemi uygulayın ancak, çözeltilinin sarı rengi, çökeltme oluşumunun sarımtırak rengini maskeleyecek şekilde, su ile iki kat hacme seyreltin.

SİYANÜR BANYOSUNDAKİ İNDİYUM METALİ

5 ml numune alın ve 250 ml'lik bir beher içerisine aktarın. **Bir davlumbazın altında**, 10 ml konsantre nitrik asit ilave edin ve 5 dakika boyunca kaynatın. Ateşten indirin ve 1 gram amonyum nitrat ile 70 ml saf su ilave edin (DİKKAT, su ilave etmeden önce soğuyana kadar bekleyin). Bundan sonra, çökeltme tamamlanıncaya dek dikkatle amonyum hidroksit ilave edin. Kaynatarak, ilave edilen amonyum hidroksit fazlasını tahliye edin ve filtre kağıdı hamuru ile karıştırın. Asit yönteminde tanımlandığı gibi, Whatman kağıdı üzerinden süzün ve yine yukarıda açıklanan şekilde çökeltme ürününü yakın ve tartın. Bu defa 5 ml numune alınmış olduğundan;

GALON BAŞINA AVUARDÜPÜA ONS CİNSİNDEN METAL MİKTARI = (ÇÖKELME ÜRÜNÜ AĞIRLIĞI) x (22.16)'dir.

SORU : Neden?

pH:

Gerekli ise pH derecesini yükseltmek için potasyum hidroksit ilave ederek, kontrol için pH kağıdı kullanınız.

İNDİYUM KAPLAMA BANYOLARININ ÇALIŞTIRILMASI:

İndiyum kaplama banyosundaki en ilginç husus, katod etkinliğinin değişkenliğidir. Yukarıda açıklanan tüm banyolar ve özellikle siyanür banyoları için, kaplama yapmadan önce kaplama hızını ve ölçüğünü saptamak için bir pilot test örneğinin yapılmasının yapılması çok yerinde olacaktır. Bu test için bütün yapılacak iş, kaplanmadan önce ve kaplandıktan sonra tartılacak olan bir örnek parçanın banyoda kaplanmasından ibarettir. Bu test sonucunda istenen koşullar altında ve amper/dakika bazında, ne kadar metal çökeltmek kapladığınızı saptayacaksınız ve böylece aynı tür örnekler üzerinde doğru birikimlenme kaplamasının oluşturulması için gerekli zamanı ve akım yoğunluğunu ayarlama olanağına sahip olacaksınız. Böylesi bir test çalışma günü başlanıcında ve gayri muntazam biçimli parçaların kaplanması gerektiğinde uygulanmalıdır.

ÖRNEK 2:

Dahili anodlu (karbon çubuklar) özel tutucuların kullanılması sureti ile, bir siyanür banyosundan, Şekil 13'te görülen yüzey üzerine 0,00001" (0,25 mikron) kalınlığında indiyum kaplama yapılacaktır. İzin verilebilir akım yoğunluğu 15 A/ft²'dir (1,61 A/dm²). Tutucu üzerinde 10 adet kaplanacak parça bulunmaktadır. Aynı şekilli parçalardan biriyle yapılan test sonuçlarına göre, parçanın kaplanmadan önceki ağırlığı 30,111 gram, 15 A/ft² akım yoğunluğu altında 30 dakika boyunca kaplandıktan sonra ise 30,415 gramdır.

SORU:

Halkalar üzerinde ortalama 0,00001" kalınlığında bir kaplama gerçekleştirmek amacıyla, 10 parçalık bir askının kaplanması için kaç amper/saat veya amper/dakika ve kaç dakikaya gereksinim vardır?

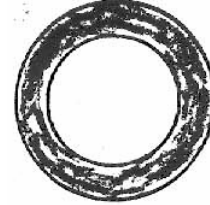
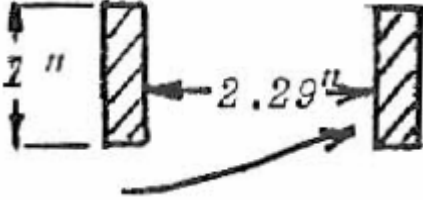
ÇÖZÜM:

%100 verimde indiyumun elektrokimyasal özelliklerinden yola çıkıldığında, 1 ft² yüzey üzerinde 0,001" kalınlıkta kaplama yapmak için 12 amper-saat akım yoğunluğuna gereksinim vardır. Bu nedenle, 1 ft² yüzey üzerinde 0,00001" kalınlıkta kaplama yapmak için, 0,12 amper-saat veya 7,2 amper-dakika akım yoğunluğuna gereksinim olacaktır [(0,00001x12)/(0,001)].

Şekil 13**İNDİYUM KAPLAMA PROBLEMİ**

YANDAN GÖRÜNÜŞ

ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ



Kapanacak iç yüzey

Bu işlem doğal olarak %100 verim altında gerçekleşmektedir. Banyonun katod verimi, teorik olarak kaplanacak metalin ağırlığının, fiilen kaplanan metal ağırlığına bölünerek, 100'le çarpımı sonucunda elde edilir. Kullanılan elektrik enerjisinin beher amper-saati için 1 ft² yüzey üzerine teorik olarak 1,427 gram metal kaplandığından, 15 A akım şiddeti altında 30 dakika süresince yapılacak kaplama sonucunda tespit edeceğimiz kaplama katmanı ağırlığı teorik olarak:

$$[(15 \times 30) / 60] \times 1,427 = 10,7 \text{ gram}$$

olacaktır.

Verilen parçanın boyutlarından, her parça için kaplanacak yüzey alanı 0,05 ft² 'dir (2. Derste verilen alan tablolarına bakınız). Bu kaplama ölçeğinde 0,05 ft² yüzey üzerinde çökertilerek kaplanacak metal ağırlığı 0,53 gramdır.

EKH-7-52

Bununla beraber test sonucunda fiilen yapılmış olan kaplama ağırlığı;

$$30,415 - 30,111 = 0,304 \text{ gr'dır.}$$

Bu durumda verim,

$$(100 \times 0,304) / 0,53 = \%57,4\text{'tür.}$$

Bu nedenle halka yüzeyindeki beher ft^2 üzerine istenen 0.00001" kaplama yapmak için

$$7,2 / 0,574 = 12,56 \text{ Amper/dakika}$$

düzeyinde elektrik enerjisine gereksinim olacaktır.

Kaplama 15 A/ft^2 akım yoğunluğu altında yapıldığından, gerekli süre

$$12,56 / 15 = 0,83 \text{ dakika olacak ve}$$

askı (yalıtılmış) üzerindeki toplam akım şiddeti 15 A olacaktır.

İNDİYUM KAPLAMA HAKKINDA ÖZEL NOTLAR

1. Özellikle asit tipi banyolar kullanıldığında, az ıslatıcı işleve sahip olduklarından ve siyanür banyosunda olduğu gibi yardımcı temizleme kabiliyetleri olmadığından, indiyum kaplama öncesinde temizliğin yapılması özellikle iyi olacaktır.

2. Parçaların kaplanmayacak olan bütün bölümleri maskelenmeli ve/veya tamponlanarak kapatılmalıdır. Metal kaybının önlenmesi için tüm askılar iyice yalıtılmış olmalıdır. İndiyum israf edilemeyecek kadar pahalı bir metaldir!

3. Tercihen sıcak su ile yapılacak ilk çalkalama için, süzüntü kaybını olabildiğince azaltmak amacı ile, bir süzüntü geri kazanma tankı kullanınız.

DOLAPTA İNDİYUM KAPLAMA

Dolapta indiyum kaplamaya pek az gereksinim duyulur. Bununla beraber, tank kaplama çözeltilerinin tümü bu amaçla da kullanılabilir. Böylesi çözeltilerin kovanda kaplama amacı doğrultusunda kullanılmaları durumunda, metal içeriklerinin en azından %10 oranında arttırılması önerilir.

İNDİYUM KAPLAMANIN SÖKÜLMESİ

İndiyum kaplama çoğunlukla kurşun veya gümüş üzerine yapılır. İndiyumun bu metallere sökülmesi için, sökülecek parçayı anod olarak aşağıdaki çözelti içerisinde çalıştırın :

Sodyum sülfat	113,4 gr/lt
Sülfürik asit	56,7 gr/lt
Su	3,785 lt

Oda sıcaklığında, paslanmaz çelik katodlarla, 6 V gerilim uygulayın. Akım şiddeti sıfıra veya çok küçük bir değere düşer düşmez kaplama soyulur.

İNDİYUMUN SICAKTA İŞLENMESİ

Gümüş veya kurşun üzerine kaplama gibi çoğu difüzyon amaçları için, 149°C sıcaklıkta bir yağ banyosu içerisinde 1 ilâ 2 saat ısıtma tatmin edici sonuç verir. Diğer tip işler için sıcaklık düzeyi ve süre uzunluğu, deneyler yapmak sureti ile iyice belirlenmelidir.

YAŞANMIŞ BİR İNDİYUM KAPLAMA TECRÜBESİ

Sülfamat tipi bir indiyum banyosu, yumuşatıcı olarak dekstrozun kullanılarak hazırlanmıştır. Banyo, Florida'nın güneyinde, güneşin nerede ise tüm gün boyu girebildiği açık bir pencerenin yanına yerleştirilmiştir. Banyo ilk bir ay boyunca %96' ya yakın katod veriminde çalıştırılmış ve çalıştıkça verim tedrici biçimde azalmıştır. Banyo analizle uyumlu tutulmuş olarak yaklaşık üç ay boyunca çalıştırıldıktan sonra, rengi nerede ise kahverengine dönüşmüş ve katod verimi şiddetli bir düşüş kaydederek, %15' in altına inmiştir. Banyo teknisyeni, sakkaridler gibi (örneğin dekstroz) katkı kimyasallarının, sülfamik asit gibi bazı bileşikler varlığında FOTOLİZ'e (fotokimyasal bozuşma/ayrışma) tâbi oldukları gerçeğinden haberdar değildir. Bazı nedenlerden ötürü ayrışma ürünleri katoddaki hidrojen kaplanması için gerekli voltaj eşiğini düşürerek, daha fazla hidrojen kaplanmasına ve verimin düşmesine neden olur. Bir aktif karbon uygulaması ile filtrasyon ve morötesi (ultraviyole - UV) ışıklardan koruyucu ekranlı bir gölgelikle banyonun korunması sorunu çözer. UV formundaki radyasyonun, hem elektrikli hem de elektriksiz kaplama banyoları üzerinde güçlü etkileri olabilir.

DEMİR KAPLAMA

KİMYASAL SEMBOL : Fe (Ferrum)

ATOMİK AĞIRLIK : 55.85

DEMİRİN KİMYASAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Demir, çok dayanıklı, grimsi beyaz renkli, özgül ağırlığı 7,9 olan bir metaldir. 2 veya 3 olmak üzere iki valans değerine sahiptir. Düşük değerlikli (2) tuzlar **ferröz tuzları**, daha yüksek değerlikli (3) tuzlar da **ferrik tuzları** olarak bilinirler.

DEMİRİN KAPLAMA METALİ OLARAK KULLANILMASI

Demir yaklaşık olarak yüz yıldan bu yana üzerine kaplama yapılan bir metal olarak kullanılmaya başlanmıştır. Demirin kaplama metalini en kapsamlı kullanım alanı, aşınmaya karşı uzun hizmet ömrü temin ettiğinden, baskı plakalarının kaplanma alanı olmuştur. Bununla beraber yakın geçmişte, ağır demir plakalarının aşınma aksamı ve lastik ve cam elektroform kalıbı (galvanometrik kaplama ile) ve plastik ve hafif metal pres kalıbı olarak kullanılmasına ilgi odağı oluşturulmuştur. Manyetik bellek düveneklerinde de ince demir veya demir alaşımı kaplamaları kullanılmaktadır. Kaplama banyoları çok önemli ölçekte ıslâh edilerek geliştirilmişlerdir ve demir kaplamacılığının geleceği parlak görünmektedir.

DEMİRİN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Demir elektrokimyasal seride hidrojenin üstünde yer almaktadır ve bu nedenle kolayca çözülmeye ve korozyona uğramaya eğimli davranmaktadır. Demir, yalnızca içerisinde ferröz (2 değerlikli) formda bulunduğu çözeltilerden yapılacak kaplamaya elverişlidir. 17,9 Amper-saat elektrik enerjisi altında, 1 ft² (9,29 dm²) alana sahip bir yüzey üzerine, 0,001" (25,4 mikron) demir kaplama yapabilirsiniz. Aynı şeyi bir diğer ifade ile şöyle açıklayabiliriz: Bir amper-saat elektrik enerjisi altında, 1,04 gram demirin çökeltilecek kaplanma olanağı vardır. Katod verimi, demirin kaplandığı koşullara bağlı olarak %90 ilâ %98 arasında değişiklik gösterebilir.

PROBLEM #3 :

Demir, 40 A/ft² akım yoğunluğu altında, 2 saat boyunca bir demir sülfat (FeSO₄) çözeltisinden kaplanmaktadır. Katod etkinliği %90'dır. 1 ft² alan üzerinde oluşacak demir kaplamanın ortalama kalınlığı ne kadar olacaktır?

CEVAP :

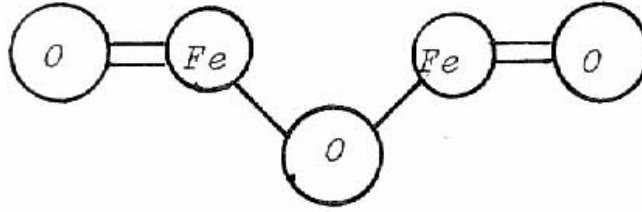
Kullanılan toplam elektrik enerjisi, (2 x 40) 80 amper-saat ve katod etkinliği sadece %90 düzeyinde olduğundan, demirin kaplanması için fiilen (80 x 0,9) 72 amper-saat düzeyinde enerji yararlı biçimde kullanılmıştır. Durum böyle olduğundan ve 17,9 Amper-saat düzeyinde enerji 1 ft² alan üzerinde 0.001" kalınlığında bir demir kaplama tabakası oluşturacağından, 1 ft² alan üzerinde [(72/17,9) x (0,001)] = 0,0041" (yaklaşık 104 mikron) kalınlığında bir demir kaplaması elde edebileceksiniz.

OKSİDASYON VE İNDİRGENME (REDÜKSİYON) HAKKINDA BİRKAÇ SÖZ

Demir kaplama üzerindeki tartışmalar, oksidasyon ve indirgenme işlemleri hakkında küçük bilgiler edinme imkanı sunmaktadır. Hiç kuşku yoktur ki, zaman zaman paslanan demir hakkında, demir oksitlenmiş dendiğini işitmişsinizdir. Bu ifade gerçekten doğrudur, nitekim havada bulunan oksijen, tedrici biçimde demirle birleşmekte ve pas olarak bilinen kırmızımsı kahverengi pulları (ferrik oksit, Fe_2O_3) oluşturmaktadır. Bununla beraber, bu bir kimyager tarafından en geniş kapsamda kullanılan OKSİDASYON teriminin özel bir uygulamasıdır. OKSİDASYON hakkında bazı bilgilere sahip olmanız önemlidir. İşte bu nedenle, fiili uygulamalı demir kaplama banyolarına geçmeden önce bu noktada, bu konuya ilişkin bazı bilgiler aktarmak istiyorum.

2. Derste gördüğünüz üzere, belirli bir atomun değeri (valansı), bir kimyasal tepkime neticesinde yitirmek veya kazanmak eğiliminde olduğu en dış yörüngesindeki elektron sayısıdır. Böylece bir atom, bir elektron kazandığı veya yitirdiği takdirde, bu atomun değeri bir, deriz. Eğer iki elektron kazanılmış veya yitirilmiş ise, söz konusu değerliğin iki olduğu söylenir ve bu böylece devam eder. Demirin doğası gereği, bir demir atomu iki veya üç elektron yitirebilir. Demirin iki değerlikli olarak bulunduğu demir tuzları ferröz tuzları, üç değerlikli olarak bulunduğu demir tuzları ise ferrik tuzlar olarak anılır.

Bu durumda OKSİDASYON sözcüğünün genel kullanımı şunu ifade etmektedir: BİR ATOMDAN, BİR VEYA DAHA ÇOK SAYIDA ELEKTRON ALDIĞINIZDA, SİZİN BU ATOMU OKSİDE ETTİĞİNİZ ANLAŞILIR ve bu işlemin adı OKSİDASYON'dur. Olay bu açıdan ele alındığında, ifadenin havada bulunan oksijen elementi ile bir ilişkisi yoktur. Bu şekilde, bakır metali klorürle birleşerek bakır klorür ($CuCl_2$) oluşturduğunda, bakır metalinin klorürle iki değeri OKSİTLENDİĞİNİ söyleyebiliriz. İşlemi kontrol altında tutarak, yalnızca $CuCl$ oluşumuna izin verdiğimiz takdirde de, bakırın bir değeri oksitlendiğini söyleyebiliriz. Demire gelince, oksijen ve demirin birleşmesinin nihâi sonucu ferrik oksittir (Fe_2O_3) (Oksijen elementi kendi atomik yapısı üzerine 2 elektron çekebilme gücüne sahiptir, -- oksijenin 2 NEGATİF VALANSI vardır-- böylece üç elektronlu iki adet demir atomu, üç oksijen atomu ile Şekil 14'te görüldüğü gibi bağ yapar). Netice olarak demir, FERRİK DURUMA OKSİDE OLUR.



Şekil 14
DEMİR OKSİT BAĞ ŞEMASI

BİR ATOMDAN ELEKTRON ALMAK İŞLEMİ OKSİDASYON OLARAK ADLANDIRILIR. BUNLARI GERİ BIRAKMA TERS İŞLEMİ İSE, İNDİRGENME (REDÜKSİYON) OLARAK ADLANDIRILIR.

Galvanoteknikte, 2. Derste açıklanmış olduğu gibi metal katotta kaplanır, çünkü metal iyonları çözüldüklerinde yitirdikleri elektronları veya negatif yükleri katotta geri kazanırlar. ÖYLEYSE BİR METALİ KATOTTA KAPLAMA İŞLEMİ, BİR İNDİRGENME (REDÜKSİYON) İŞLEMİDİR.

KAPLAMA BANYOSUNUN ANODUNDA, METAL ATOMLARI ELEKTRON YİTİRİR VE ÇÖZÜNÜRLER. BÖYLECE BİR KAPLAMA BANYOSUNDA, METAL BİR ANODUN ÇÖZÜNMESİ BİR OKSİDASYON İŞLEMİDİR. Bu küçük anımsatmayı akılda bulundurarak, şimdi demir kaplama banyoları konusunu ele alalım.

DEMİR KAPLAMA BANYOLARI

DEMİR (FERRÖZ) SÜLFAT BANYOSU:

Bu banyo, oda sıcaklığında demir kaplama yapmanın basit bir yöntemini sunduğundan burada açıklanmıştır. Bunun yanı sıra, bundan sonra açıklanacak olan demir kaplama banyolarının, daha iyi sonuçların elde edilebilmesi için oda sıcaklığının üstünde çalıştırılmaları gereklidir. Bunun da ötesinde daha az aşındırıcı (korozif) olup yeni başlayanların deney yapabileceği iyi bir çözeltilidir.

REÇETE

Demir (ferröz) amonyum sülfat 1361 gr
Su 3,785 lt

Taze olması gereken demir amonyum sülfatı su içerisinde (başlangıçta yaklaşık 2 litreyle yola çıkarak) çözün ve sonra da suyun geri kalanını çözeltiliye karıştırın. Çözeltiliyi pH kağıdı ile test edin (ölçme aralığı 5'ten 7'ye bir pH kağıdı). Test kağıdına göre çözeltilinin pH değeri 5,5 ilâ 6,0 aralığında olmalıdır. Böyle olmadığı takdirde yavaşça ve her defasında birkaç damla sülfürik asit ilave edin (genellikle katılması gereken miktar 0,53 ml/lt.dir) ve gayeti iyi karıştırın. pH ölçümünü tekrarlayın.

EKH-7-57

pH 5,5 ilâ 6,0 aralığına gelmediği takdirde, pH doğru aralığa gelinceye dek yukarıda açıklanan işlemi tekrarlayın. Çökelme oluşması eğilimi nedeniyle pH'ın 6,0 değerinin üstüne çıkmasına izin vermeyin.

KATOD AKIM YOĞUNLUĞU:

Oda sıcaklığında çalıştırma durumunda 2,15 A/dm² akım yoğunluğu uygulayın. Çözeltinin sıcaklığı oda sıcaklığından 49°C' ye yükseltildiği takdirde 4,3 A/dm² akım yoğunluğu uygulanmalıdır. Çözelti daha da fazla ısıtıldığı takdirde 6,45 A/dm² veya daha yüksek akım yoğunluğu uygulanmalıdır.

ANOD-KATOD ALAN ORANI:

Anod-katod alan oranı 1'e 1,5 olmalı, yani katod alanı daima anod alanından biraz daha geniş olmalı ve böylece banyo içerisinde asidik koşulların oluşması eğiliminin geliştirilmesi sureti ile, bazik kirleticilerin oluşmalarının engellenmesi sağlanmalıdır.

ANODLAR:

Düz plakalar halindeki Armco ingot (külçe) demir anodlar kullanın. Bu banyoda anodların çantayla kapatılması için mutlak bir gereksinim olmasa da, kaplamanın kaba olmasının bertaraf edilebilmesi için böylesi bir önlemin alınması önerilir. Oda sıcaklığında çalışma koşulları için vinyon çantalar, sıcak çözeltiler için temperlenmiş cam bezinden çantalar bu amaçla kullanılmalıdır.

TANKLAR:

Bu özel çözelti çok fazla aşındırıcı (korozif) değildir ve çeşitli tank malzemeleri kullanılabilir. Küçük bir deneysel düzenek için bir çini kap veya tank (iç tarafı sırlı) kullanmak, cam veya lüsit tanklar kadar iyi iş görecektir. Büyük ölçekli işler için en iyi olan tanklar, lastik kaplı veya teflon kaplı çelik tanklardır. Ağır işler söz konusu olduğu takdirde, tank içerisine düşebilecek ağır nesnelerin taban kaplamasını veya iç yan kenarlara temas edebilecek ağır nesnelerin bu iç yan duvar kaplamalarını zedelemelerinin önlenmesi için, lastik veya teflon kaplamanın aside dayanıklı tuğla ile korunması en iyi çözüm yoludur.

ÇALIŞTIRMA SICAKLIĞI:

Daha önce açıklanmış olduğu gibi, bu çözelti oda sıcaklığı ile 71°C veya daha yüksek sıcaklık derecelerine dek kullanılabilir. Daha yüksek sıcaklıklar, daha yüksek akım yoğunluklarının uygulanmasına imkan verir. Böylesi banyolar sık sık kullanıldığı ve malzemeyle iyi yüklendikleri takdirde, banyodan geçen akım banyonun ısınmasına yeterli ısı oluşturacak ve çözeltinin sıcaklığını kendiliğinden en az 49°C düzeyine dek yükseltecektir.

KAPLAMA BANYOLARINDA ISITMANIN ETKİLERİ

Daha önceki duruma göre sorulacak olan soru, kaplama banyosunun ısıtılmasına neden gereksinim duyulduğudur. Cevabı oldukça basittir.

EKH-7-58

Metalin kaplanmasını sağlayan gerilimi oluşturan aşağıdaki bileşenleri bir kez daha anımsayınız :

1. Anodik ve katodik gerilimlerin cebirsel toplamı,
2. Katod polarizasyonuna bağlı gerilim düşmesi (IR_c),
3. Anod polarizasyonuna bağlı olarak gerilim düşmesi (IR_a),
4. Çözelti direncine bağlı olarak gerilim düşmesi (IR_s)

Bir kaplama banyosunun ısınmasının çoğuna bu son faktör neden olur. Kaplama çözeltisinin omik (Ω) direncinin üstesinden gelmek için, bir miktar elektrik enerjisi ısı enerjisine çevrilmektedir.

2. Derste öğrenmiş olduğunuz üzere, bir direnç üzerinden akım geçtiğinde enerji kullanılarak tüketilmekte ve bir diğer forma, yani ısıya dönüşmektedir. Tüketilen enerji **QE** ifadesi ile gösterilmekte, burada Q coulomb cinsinden elektrik miktarını, E ise coulomblar sayesinde yükseltilebilir veya düşürülen potansiyeli temsil etmektedir (bu ifade anlaşılabilir gelmişse, tekrar 2. Derse bakınız). $Q = It$ olduğundan ve burada I Amper cinsinden akım şiddetini, t ise saniye cinsinden zamanı temsil ettiğinden ve **OHM KANUNU** uyarınca $E = IR$ olduğundan (R , ohm (Ω) cinsinden direnç);

JUL (JOULE) CİNSİNDEN **ENERJİ** = I^2Rt dir ve bunun anlamı, enerjinin ısıya dönüşmüş olmasıdır.

1 JUL 0,24 KALORİYE (1 kalori, 1 gram suyun sıcaklığını $1^\circ C$ artırmak için gerekli olan ısı miktarıdır) EŞDEĞER OLDUĞUNDAN, bir kaplama çözeltisinin kullanım aşamasında ne kadar ısınacağını belirlemek için yaklaşık bir yöntemimiz bulunmaktadır. Aşağıdaki örnek size bu hesaplamanın temel ilkesini verecektir.

ÖRNEK 3 :

100 galon (378 litreye eşdeğer) bir kaplama banyosunun, tam yük altında toplam direnci 0.1 Ohm ve besleme akımının akım şiddeti 100 Amperdir. 1 saat içerisinde üretilen sıcaklığın kalori miktarı kabaca aşağıdaki gibi bulunacaktır :

$$(100) \times (100) \times (0,1) \times (3600 \text{ sn} = 1 \text{ saat}) \times (0,24) = 864.000 \text{ kalori}$$

EKH-7-59

Kaplama banyosu saf sudan ibaret olsa ve T_r oda sıcaklığında çalıştırılmaya başlansa, 378.000 gram su sonuçta T_f nihâi sıcaklık derecesine yükselir. Bunu aşağıdaki basit eşitlikle ifade etmek mümkündür:

$$378.000 (T_f - T_r) = 864.000$$

Sıcaklıktaki değişimi bulmak için düzenlersek,

$$T_f - T_r = 864.000 / 378.000 \cong 2,3^\circ\text{C}$$

Bu durumda, banyo saf sudan ibaret olmuş olsa, çalıştırılmasından bir saat sonra sıcaklığı, başlangıçtaki sıcaklığına göre $2,3^\circ\text{C}$ düzeyinde bir artış gösterirdi. Bununla beraber kaplama banyosu saf su içermemektedir ve bir düzeltme faktörü (ÖZGÜL ISI*) uygulanarak banyo içerisindeki çözeltiye göre bir uyarılma yapılmasına gereksinim vardır. Kaplama çözeltilerinin çoğu için bu faktör 0,8 olarak alınabilir (0,6 ilâ 0,9 arasında değişkenlik gösterir) ve bu faktör örneğimizde uygulandığında, sonuç aşağıdaki gibi olur:

$$378.000 (T_f - T_r) \times 0,8 = 864.000$$
$$T_f - T_r = (864.000) / [(378.000) \times (0,8)] = 2,87^\circ\text{C}$$

Bu hesaplama katabileceğimiz bir başka ayrıntı da, IŞIMA (RADYASYON) KAYIPLARI karşılığıdır. Bunun anlamı, oluşan ısının tümünün banyo sıcaklığını arttırmakta kullanılmamasıdır. Isının bir kısmı çevredeki havaya yayınacaktır. Genellikle bu kayıp, oluşan toplam kaloringin değerini yaklaşık olarak %10'u kadardır. Bu ayrıntı da hesaba katıldığında, aşağıdaki düzeltilmiş sonuca ulaşılır :

$$378.000 (T_f - T_r) \times 0,8 = 864.000$$
$$864.000 \times \%10 = 86.400$$
$$864.000 - 86.400 = 777.600$$
$$T_f - T_r = (777.600) / [(378.000) \times (0,8)] = 2,6^\circ\text{C}$$

Hesaplamaı biraz daha duyarlı duruma geliştirebilmek için, tank içerisindeki çözeltinin saf su olsa ağırlığının 378.000 gram olacağı, bununla birlikte çözeltinin saf su olmaması nedeni ile, gerçek çözelti ağırlığının {378.000 x çözeltinin özgül ağırlığı} ilişkisi ile belirlenme gereksinimi karşısında ve çözeltinin özgül ağırlığının da 1.10 olarak alınması durumunda, ısı kazancı için daha doğru bir hesaplama aşağıdaki gibi olacaktır:

$$378.000 \times (1,1) \times (0,8) \times (T_f - T_r) = 864.000$$
$$864.000 - 86.400 = 777.600$$
$$T_f - T_r = (777.600) / [(378.000) \times (1,1) \times (0,8)] = 2,33^\circ\text{C}$$

* ÖZGÜL ISI, 1 gram çözeltinin sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli ısının, 1 gram suyun sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli olan ısıya oranıdır.

EKH-7-60

Bu hesaplama yine de kaba bir hesaplama değildir, ancak birçok kaplama işi için oldukça yeterlidir. Böyle bir değerlendirmenin yapılabilmesi için akılda bulundurulması gereken faktörler, gerek tank üzerinde hareket halinde bulunan ortam havasının çevresel kayıpları artıracacağı (havalandırma, vb.), gerekse çoğunlukla büyük ve ağır aksam olan (az da olsa bir soğutma etkisi meydana getiren) tank içerisine daldırılan kaplanacak nesnelere.

Verilmiş olan bu örnekte, sıcaklık saatte yalnızca yaklaşık $2,6^{\circ}\text{C}$ artış göstermektedir. Bununla beraber, 15 dakikalık aralarla tanka daldırılan soğuk ve ağır malzemelerin yaratacağı soğutucu etki dikkate alınır, tanktaki sıcaklık artışı ancak 1°C veya soğutma etkisine bağlı olarak daha az olacaktır. Bu nedenle, böyle bir durumda çözelti sıcaklığa karşı çok duyarlı olmadığı müddetçe, soğutucu bir düzeneğin çözelti içerisine daldırılmasına gereksinim olmayacaktır. Şimdi çalışmanız için bir problem veriyoruz. Bunu çözmeniz yararlı olacaktır, sınavda bir benzeriyle karşılaşacaksınız.

PROBLEM #4:

100 galon (378 litre) kadmiyum kaplama çözeltisi ile çalışmaktasınız. Bu çözeltinin özgül ağırlığı $1,2$ gram/mililitre, özgül ısı $0,75'$ dir. Tam yükte geçen toplam akım 150 Amper olup çözeltinin uçtan uca direnci $0,08$ Ohm' dur. Çözelti normal çalışma koşullarının 5°C üzerindeki sıcaklık artışına karşı duyarlı ise, bir soğutucu düzenek kullanılmasına gerekecek midir? Tank her 15 dakikada bir tam yüklenmektedir, ancak kaplanacak malzeme hafif ve incedir.

Bu örnek ve şaşırtmaca, sadece bazı durumlarda kaplama banyosunu ısıtacak enerjinin nasıl harcandığını açıklamak için verilmiştir. Daha yüksek bir çalışma sıcaklığı gerekli olduğu takdirde, israf edilen bu enerji banyoyu doğru çalışma sıcaklığına ısıtmak için kullanılmayacağından dolayı dalgıç tipi ısıtıcı düzeneklerle çalışma sıcaklığının ayarlanması gerekebilir. İçerisinde buhar dolaşarak ısınan Karbat veya tantal ısıtma bobinleri ya da paslanmaz çelik veya kuartz ceketli elektrikli dalgıç tipi ısıtıcılar, demir (ferröz) sülfat çözeltisinde kullanılmaya uygundur. Teflon da iyi iş görür.

DEMİR (FERRÖZ) SÜLFAT BANYOSUNUN ÖZELLİKLERİ

Demir (ferröz) sülfat banyosunun çalıştırılması nisbeten kolaydır, ancak iyi nitelikte kaplama elde etmek için bazı hususlara kesinlikle dikkat edilmelidir.

pH:

Eğer banyo oda sıcaklığında çalıştırılmakta ise, pH düzeyi bir pH kağıt testi ile $3,5$ ilâ $3,8$ düzeyine ayarlanmalıdır. Bu değer aralığında en az gevrek (kırılgan) yapıda demir kaplama elde edilir.

EKH-7-61

Şayet banyo oda sıcaklığının üstündeki bir sıcaklıkta çalıştırılacak ise, pH kağıdı testi ile pH 5,5 ilâ 6,0 düzeyine ayarlanmalıdır. Yüksek sıcaklıkta çalışma için en iyi pH aralığı budur.

FERRİK İYONLAR:

Banyonun çalışması aşamasında, banyo içerisinde varolan belirli miktardaki ferröz iyonlar, anod reaksiyonunun okside edici etkisi ve banyo içerisindeki hava varlığı nedeni ile ferrik iyonlara okside olacaklardır $[Fe^{++} - e^{-} \rightarrow Fe^{+++}]$. Çözelti içerisinde bulunan ferrik iyonların fazlası demir plakasının aşırı kırılğan* olmasına neden olacağından, ferrik iyon sayısının en az ölçekte bulunması hususu önem taşımaktadır. Bu işlem, anod alanını işlenen parça alanından biraz daha küçük bulundurmak ve daha önce krom kaplama konusunda açıklanmış olduğu gibi, çözelti içerisinde yüzen polistiren çubuklar veya polietilen toplar kullanmak sureti ile gerçekleştirilebilir. Çözeltinin üstünün kapatılması, havadaki oksijenin çözelti içerisine intikal etmesini ve anod ve katodlardan serpilmeyi önlemenin yoludur. Bu önlemlere rağmen, belirli bir çalışma süresinin sonunda, çözelti içerisinde ferrik iyonların oluştuğu gözlemlenecektir. Bu durumdan, çözeltinin renginin tedrici biçimde mavimsi yeşilden, sarımsı yeşile doğru dönüşmesi ve diğer herşey aynı kalırken, demir kaplamanın kırılğanlaşması sayesinde haberdar olacaksınız. Böylesi bir oluşum karşısında biraz sülfürik asit katmak sureti ile pH derecesini 2,0 düzeyine indirgeyin ve çözeltiyi, tüm ferrik iyonu ferröz iyona indirgeyecek (redükte edecek) olan demir talaşı üzerinden geçirin veya süzün. Bu uygulamadan sonra pH derecesini aşağıda açıklanan şekilde tekrar ayarlayın. Böylesi bir işlem, ağır üretim tanklarında düzenli veya sürekli biçimde uygulanmalıdır.

DEMİR (FERRÖZ) SÜLFAT BANYOSUNUN KONTROLÜ:

Yapılması gereken iki şey, banyodaki metal veya ferröz sülfat içeriğinin ve pH derecesinin kontrol altında bulundurulmasından ibarettir.

pH DERECESİNİN KONTROLÜ:

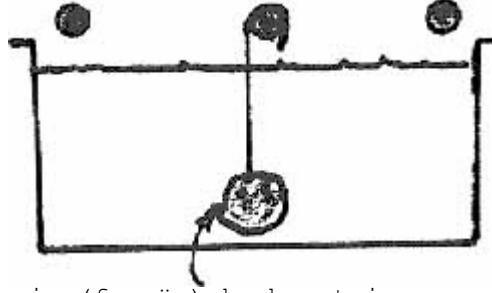
Katodlardan daha küçük boyuttaki anodlarla çalışırken pH derecesinin giderek azalma eğiliminde olduğu gözlenecektir. pH' ı yükseltmek için uygun değere erişinceye dek, sürekli ve düzenli karıştırma altında çözeltiye biraz amonyum hidroksit katın. pH derecesinin kontrolü, banyoya Şekil 15'te görüldüğü gibi içerisinde demir (ferröz) karbonat bulunan temiz bir kanvas çanta** asmak sureti ile de gerçekleştirilebilir.

* Çok az miktarda ferrik iyon varlığı karıncalanmayı azaltmada yardımcı olacaktır.

** Polietilen veya dinel de bu amaca uygundur.

EKH-7-62

Şekil 15
pH DERECESİNİN YÜKSELTİLMESİ



TANKIN YANDAN
GÖRÜNÜŞÜ

Demir (ferröz) karbonat içeren asılı kese

DEMİR (FERRÖZ) SÜLFAT İÇERİĞİNİN KONTROLÜ:

En basit kontrol yöntemi, bir Bome hidrometresi kullanmaktır. Banyo doğru olarak ilk kez hazırlandıktan sonra, alacağınız bome okuması yaklaşık 22 ilâ 24 civarında olmalıdır. Banyo çalıştırıldıkça bome derecesi giderek düşeceğinden, başlangıçtaki değere iyice yaklaşıncaya dek çözeltiye demir (ferröz) amonyum sülfat katın ve çözün. Daha doğru ve duyarlı bir kontrol için aşağıda açıklanan yöntemi uygulayın.

FERRÖZ DEMİR İÇİN KİMYASAL ANALİZ

Pipetle 2 mililitre numune alarak 250 ml.lik bir behere koyun. Üzerine 25 ml. sülfürik asit (%25'lik çözelti), 5 ml. fosforik asit (konsantre) ve 3 damla difenilamin indikatörü (asetik asit içerisinde %1'lik çözelti) katın. Bu karışımı, kalıcı mor-mavi renk elde edene dek potasyum dikromat çözeltisi ile titre edin.

Ons/galon cinsinden ferröz demir miktarı:

... ml $K_2Cr_2O_7$ x dikromatın normalitesi x 3,74

Gram/litre cinsinden ferröz demir miktarı:

... ml $K_2Cr_2O_7$ x dikromatın normalitesi x 28,01

(Not: 1 ons/galon = 7,49 gr/lt olduğundan $3,74 \times 7,49 = 28,01$)

Ferrik demir için analiz yöntemlerini bu Dersin veya 5. Dersin sonunda verilen referanslardan bulabilirsiniz.

NOT: Ferröz (demir) amonyum sülfat tuzu, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, 6 molekül kristalize olmuş su içermektedir. Bakır kaplama konusu altında açıklanmış olan kristalizasyon suyunu göz önüne almaksızın, banyo formülünde verilen miktarda tartı yapabilmeyenizin tek yolu budur.

DEMİR SÜLFAT BANYOSUNDA HATA BULMA VE GİDERME

Ferröz (demir) amonyum sülfat banyosunun çalıştırılması oldukça kolaydır ve çalışırken karşılaşılabilecek küçük hatalar, hata belirtileri, nedenleri ve giderilme çareleri aşağıda açıklanmıştır:

EKH-7-63

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Karıncalı kaplama	(1) Çok fazla ferrik demir var. (2) pH çok yüksek. (3) Organik madde var.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Daha önce açıklanmış olan yöntemi uygulamak sureti ile çözeltiyi ferrik demirden arındırın. pH derecesini düşürün. Çözeltiye 0,26 ml/lt nemlendirici katılması da karıncalanmayı önlemeye yardımcı olacaktır. Çözeltiyi aktif karbon üzerinden filtre ederek organik kirleticileri tasfiye edin.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Gevrek (kırılğan) kaplama	(1) Ferrik demir var. (2) Banyo sıcaklığı çok düşük. (3) Organik kirleticiler var. (4) Yanlış pH - sıcaklık bileşimi.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
Çözeltiyi yukarıdaki gibi ferrik demirden arındırın. Banyo 24°C' nin altında çalışıyorsa ısıtın. Çözeltiyi aktif karbon üzerinden filtre ederek organik kirleticileri tasfiye edin. pH' ı ve banyo sıcaklığını kontrol edin. Gerekli düzeltmeleri yapın.	

BELİRTİ	OLASI NEDENİ
Kaba (pürüzlü) kaplama	(1) Kirlenmeye veya yüksek pH' a bağlı olarak banyoda süspansiyon halinde kir parçacıkları var. (2) Anod parçacıkları var.
GİDERİLME YÖNTEMİ	
pH' ı kontrol edin ve yüksek ise düşürün. Banyoyu filtre edin, anotlar çanta içerisinde değilse anodlara olabildiğince erken çanta giydirin.*	

BU ÇÖZELTİYE İLİŞKİN GENEL GÖSTERGELER

Oda sıcaklığında kullanıldığı takdirde, aşınan demir aksamın düzeltilerek, yapılandırılması için karşılvanize klişelerin karşılanması için uygun bulunacaktır ve kullanılabilir. Bu banyoda kaplama yapılma öncesi parçanın temizlenmesine ilişkin temizleme döngüsü, asidik tip banyolarda kaplama öncesi parçanın temizlenmesi için 4. Derste açıklandığı gibi yapılmalıdır. Bu banyonun dağılma gücü, aşağıda açıklanan klorür banyosunun dağılma gücünden biraz daha yüksektir.

* Tüm demir kaplama banyoları, kaplamanın pürüzlü olmasının önüne geçilebilmesi için sürekli filtrasyona tâbi tutulmalıdır.

EKH-7-64

DEMİR (FERRÖZ) KLORÜR BANYOSU

Demir (ferröz) klorür (susuz)	1361 gr	[1]
Potasyum klorür	680 gr	[2]
Mangan klorür	14 gr	[3]
Gardinol (nemlendirici)	1 gr	[4]
Su	3,78 lt	

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık	74°C
Katod akım yoğunluğu	4,84 A/dm ²
Anod/Katod oranı	1:1,5
pH	pH kağıdı ile 2 ilâ 3' e ayarlanmış. Tuzları çözdükten sonra, biraz hidroklorik asitle ayarlayın.

ÇÖZELTİNİN HAZIRLANMASI:

Banyo reçetesindekileri sırası ile 1,9 lt suda çözün ve sonra da suyun geri kalanını bu çözeltiliye katınız. Tuzların çözündürülmesi aşamasında suyu 82°C düzeyine dek ısıtınız.

TANKLAR:

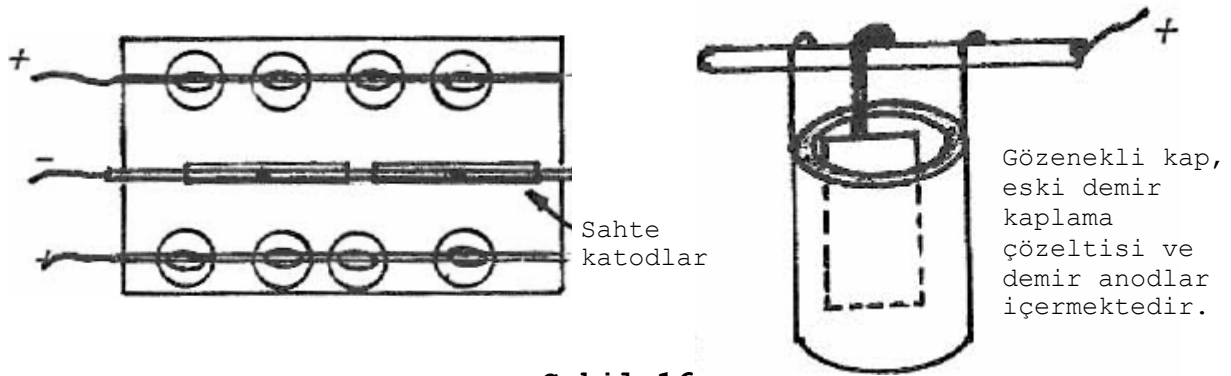
Bu çözeltili biraz aşındırıcıdır (korozif). Direkt temas etmesi halinde demiri ve diğer metal donanımı paslandıracaktır. Özellikle büyük miktarda kaplama yaparken lastik veya tygon kaplı paslanmaz çelik tanklar kullanın. Ağır cisimlerin yaratabilecekleri hasar riski söz konusu olan durumlarda, tankı asite dayanıklı tuğlalar döşemek sureti ile zedelenmeye karşı güvence altına alın.

BANYONUN ÇALIŞTIRILMASI:

Çalışma sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda kaplama aşırı kırılğan yapıda olacağından, bu banyonun ancak ısıtılarak kullanılabilmesi mümkündür ve eşbiçimli sıcaklık dağılımını idame ettirebilmek için banyo termostatik kontrol ile çalıştırılmalıdır. Karbat veya tantaldan çelik ısıtma bobinleri kullanılabilir. Elektrikle çalışan tantal veya kuartz ceket giydirilmiş dalgıç ısıtıcılar da kullanılabilir. Banyonun çalıştırılması oldukça basittir. Burada önemli olan, kaplamanın kırılğan yapıda olması ve yüzeyin pürüzlü olması gibi zararlı etkileri olan ferrik iyonun kontrol altına alınmasından ibarettir. Fiili potasyum klorür ve demir (ferröz) klorürün zararlı olmayan konsantrasyon değerleri çok değişkenlik gösterebilir ancak, mangan klorür konsantrasyonunun verilen konsantrasyonun %10' undan daha yukarı çıkmasına izin verilmemelidir. Çalışma esnasında mangan klorür yalnızca süzüntü kayıpları sureti ile eksilebilir ve böylece konsantrasyonu tedrici biçimde azalır. Besleme, tank içerisine daldırılarak kaplanacak parçaların yüzey alanı esas alınarak yapılmalıdır. Güvenli değiştirme, tanka girecek tahminen 9.300 dm² yüzey alanı başına 1 gramdır.

Bir banyo ilk hazırlandığında veya çalıştırılmadan bir süre açık havada bırakıldığında, banyoda önemli miktarda ferrik demir oluşur. Bu durum, çözeltinin renginin sarımsıdan kahverengine dönüşmesinden kolaylıkla anlaşılabilir (saf ferröz demir çözeltisi duru yeşil renktedir). Bundan dolayı, taze bir banyo hazırlanırken tank içerisinde biraz hurda demir veya istendiği takdirde demir anodlar kullanılabilir. Çözeltiye yaklaşık 2,64 ml/lt oranında hidroklorik asit katın ve banyoyu 8 ilâ 12 saat kadar dinlenmeye bırakın. Sonucu daha hızlı elde edebilmek için, çözeltiyi 82°C sıcaklığına kadar ısıtın. Bundan sonra, daha önce açıklanan yöntemle pH derecesini tekrar ayarlayın ve hurda demirleri çözeltiden çıkartın.

Banyo hazırlanarak kullanıldıktan sonra, anodlarda gözenekli kupalar kullanmak ve sahte katodları Şekil 16'da görüldüğü gibi temizlemek, tüm ferrik iyonlarının ferröz iyonlarına indirgenmesi için mükemmel bir yöntemdir.



Şekil 16
FERRİK DEMİRİN İNDİRGENMESİ

Tanktaki ferrik iyonlarını tamamen tasfiye etmek için, normal akım yoğunluğunun yarısında bir gece boyunca çalıştırın. Çalıştırma sonrasında gözenekli kabı çıkartın ve içindeki yüksek ölçüde ferrik demir içeren çözeltiyi atın.

Yüzen polistiren veya polietilen plastik parçalar kullanmak, özellikle bu çözeltiyle çalışılırken havanın etkisiyle meydana gelecek oksidasyonu ve sprej etkisini önlemesi nedeni ile yararlı olacaktır.*

BANYONUN KONTROLÜ:

İzin verilen metal konsantrasyonu aralığı oldukça geniş olduğundan, bu banyonun kontrolü oldukça basittir.

pH:

Daha önce de açıklandığı gibi banyonun pH' ını düşürmek için hidroklorik asit, yükseltmek için ise temiz kanvas torba içerisinde demir (ferröz) karbonat kullanın.

* Fluorin türevi esaslı nemlendiriciler de bu bağlamda dikkate alınabilir.

EKH-7-66

METAL İÇERİĞİ:

Pratik kontrol için bir hidrometre kullanınız. İlk hazırlandığında banyonun okuma değerini alınız ve Bome derecesinin giderek azalacağını akılda bulundurunuz.

DEMİR (FERRÖZ) FLUOBORAT BANYOLARI

Son yıllarda, bazı bilgisayar bellek parçalarına elektrikli şekil verilmesinde ve kaplanmasında demir (ferröz) fluoborat banyoları kullanılmaya başlanmıştır. Aşağıda iki iyi reçete verilmiştir:

REÇETE #1

Demir (ferröz) fluoborat	240 gr/lt
Amonyum klorür	15 gr/lt
Borik asit	30 gr/lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık	66°C - 71°C
Katod akım yoğunluğu	2,15 - 9,7 A/dm ²
pH	3,0 - 3,4
Filtrasyon : Sürekli filtrasyonla kullanın.	

REÇETE #2

Fluoborat olarak ferröz iyon	35 - 47 gr/lt
Ferrik iyon	1,1 gr/lt
Sodyum klorür	3,8 gr/lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Sıcaklık	57°C - 63°C
Katod akım yoğunluğu	2,15 - 9,7 A/dm ²
pH	2 - 3

Bu banyoların her ikisinde de, katılan klorürlerin, kaplama üzerinde son derece olumsuz etkileri olan iyodürden âri bulunmaları hususu önemlidir. Banyo #2'de yapılan kaplamalar göreceli olarak gerilmesizdir ve banyonun kirlenmesi (organik) önlenmediği ve ferrik iyon içeriğinin litre başına 1,1 gramı aşmasına izin verilmediği müddetçe de bu niteliklerini koruyacaklardır. Aktif karbonla filtrasyon, banyonun organik kirleticilerden arındırılması için bir gereksinimdir. Bu işlem için selüloz tipi bir filtre desteği ve ayrı bir filtrasyon tankı kullanılmalıdır. Boşta çalıştırma da elektrolitik arıtmaya yardımcı bir yöntemdir. pH derecesinin kontrolünde, pH derecesini yükseltmek isterseniz yağdan arındırılmış bir parça çelik yününü banyoda çözün. Yüksek değerlerde çalıştırmanın önlenmesi için, bir miktar çözelti ile deneme testi yapılabilir. pH derecesini düşürmek için, banyoya gerekli miktarda fluoborik asit katın.

EKH-7-67

Bu banyoların anod verimleri yaklaşık %100'e dek çıkabilir ancak katod verimleri, sıcaklık, pH ve akım yoğunluğu bağlı olarak %85-95 arasında değişebilir. Amaca uygun tanklar, ısıtma bobinleri ve anodlar hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek için, bu dersin sonunda verilen referanslara bakın. Artık fluoboratlara hakkında karşılaşabileceğiniz farklı etkilerini anlamaya yeterli bilgi edinmiş bulunmaktasınız (unuttuysanız bakır kaplama konusuna bakın). Fluoborat iyonunun cam, kuartz ve diğer seramiklere etki edebileceğini daima akılda bulundurun. Bu banyo her ne kadar klorür veya sülfat banyolarından daha az korozif olsa da, metaller üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. Ayrıca Banyo #2'deki konsantrasyonların iyon gücü olarak verilmiş olduğunu da gözden kaçırmayın. Bunları demir (ferröz) fluoboratin gr/lt' si olarak tahvil etmek size bağlıdır. Bunu yapmak sureti ile, öğrendiklerinizi bu şekilde kullanmış olacaksınız ve öğrenmenizin yolu da bu şekilde kendinizin yapmasıdır!

Fluoborat çözeltileri genellikle konsantre fluoboratin suda çözündürülmesi sureti ile elde edilir. Örneğin $\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$, ağırlıkça %47 bileşik içeren bir konsantre olarak satılmaktadır, geri kalan bölümü sudan ibarettir. Bu çözeltinin özgül ağırlığı 1,6' dır ve bir galonu yaklaşık olarak 13,3 pound ağırlığındadır (1,6 kg/lt). Bunu esas alarak, aşağıdaki problemi çözmenizi istiyorum:

PROBLEM #5:

Bir kalay fluoborat banyo reçetesinde, beher galon için, fluoborat olarak 10 ons kalay bulunması istenmektedir. Banyo hacmi 100 galondur. Suyun geri kalanını katmadan önce, 100 galonluk tanka kaç galon konsantre kalay katmanız gerekir?

Şimdi size, üzerinde deneysel olarak çalıştığım bir demir kaplama banyosunu açıklayacağım. Bu banyo, klorür banyosuna göre daha yüksek dağılma gücüne sahip olması, çok fazla korozif olmaması ve oda sıcaklığında kullanılabilir olması nedeni ile mükemmel imkanlar sunmaktadır. Bu formülü size vermemin nedeni, ilgi duyduğunuz takdirde küçük ölçekte üzerinde araştırma yapmanızı sağlamaktır.

DEMİR (FERRÖZ) SÜLFAMAT BANYOSU

REÇETE

Demir (ferröz) karbonat	567 gr
Sülfamik asit	850 gr
Amonyum sülfamat	284 gr
Sitrik asit	142 gr
Su	3,785 lt

ÇALIŞMA KOŞULLARI

Demir (ferröz) karbonat 567 gr
Sıcaklık: Oda sıcaklığı veya daha yüksek.
Anod/katod oranı 1,5/1
Katod akım yoğunluğu: Oda sıcaklığında* 3,23 - 4,3 A/dm²
Tanklar: Fayans (sırlı), cam, lüsit, polietilen veya lastik kaplı çelik tanklar kullanılmalıdır.

BANYONUN HAZIRLANMASI

Suyun 2/3' ünü 82°C' ye ısıtın ve kristalize bir toz olan sülfamik asiti içerisinde çözündürün. Şimdi, yavaş yavaş karıştırarak demir (ferröz) karbonat ekleyin, karbonatı ayrıştıkça fışırda. Daha sonra amonyum sülfamat ve sitrik asit ekleyin. Suyu ekleyin. Çökme oluşursa süzün ve oda sıcaklığında dinlenmeye bırakın veya oda sıcaklığına soğuttuktan sonra süzme işlemini gerçekleştirin. Banyo kullanılmaya hazırdır.

VERİLEN BANYOLARDA YAPILAN DEMİR KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ

Verilen tüm bu banyolarda istenen herhangi bir kalınlıkta demir kaplama yapılabilir. Kalın kaplamalar ve elektrikli şekil vermede, sıcak çözelti ve katod çubuğunun hareketi veya çözelti pompalanarak yapılacak karıştırma önerilir (HAVA İLE KARIŞTIRMA FERRİK TUZ İÇERİĞİNİ YÜKSELTECEĞİNDEN VE BÖYLECE KAPLAMANIN PÜRÜZLÜ VE GEVREK OLMASINA YOL AÇACAĞINDAN DOLAYI ÖNERİLMEZ).

Çoğu kaplamalar sert olmaya eğilimindedir. Demir kaplamasını yumuşatmak istiyorsanız 6 saat boyunca 138°C sıcaklığında yağ banyosunda veya 1 saat boyunca 315°C sıcaklığında hareketsiz (inert) hava altında ısıtma işlemine tâbi tutun.

Demir kaplamalar oldukça saftır ve normal demirden biraz daha zor korozyona uğrarlar. ŞUNU UNUTMAYIN Kİ, BİR PARÇA DEMİRLE KAPLANDIKTAN SONRA, ÇOK İYİ DURULANMALI VE KURUTULMALIDIR.

Elektro kaplama yöntemiyle kaplanmış demir alışılmış yöntemle kaynak yapılabilir ve mükemmel manyetik özelliklere sahiptir. Bu güne dek demirin dolapta kaplanmasına ilişkin hiçbir talep gelmemiş olmasına karşın, daha önce açıklanmış olan klorür çözeltisinin veya yüksek konsantrasyonlu fluoborat çözeltisinin kullanılması sureti ile dolapta demir kaplama yapılabilmesi mümkündür.

Kanımcı elektro kaplama demir, denemek ve deneyim kazanmak isteyenlerin hayal gücüne pek çok olasılıklar sunmaktadır.

* Daha yüksek sıcaklıklar, daha yüksek akım yoğunluklarının uygulanmasına fırsat verirler.

EKH-7-69

Aşağıdaki avantajları dikkate alınız, ne demek istediğimi daha iyi anlayacaksınız:

1. Kaplama maliyeti düşüktür.
2. İyi ölçekte anod korozyonu vardır.
3. Kaplanmış durumunda iken seçkin özellikler kazandırılabilir.
4. Sertlik 27-360 Brinnell arasında, gerilme direnci 50.000-110.000 psi arasında değişir.
5. Kaplanması kolay bir metaldir, üzerine nikel kaplandığı takdirde daha az gözenekli yapı sergiler
6. Saf formda kolaylıkla kaplanabilir.
7. Manyetik özellikleri iyi olan kaplamalar elde edilebilir.
8. Kaplamalar, döküm demir veya çeliğin ısı kapasitesine sahiptir.
9. Aşınmayı veya mekanik işleme kusurlarını bertaraf etmenin en ucuz yöntemidir.

PARLAK DEMİR KAPLAMA

Şimdiye kadar gerek parlak demir kaplamaya ihtiyaç duyulmaması, gerekse göreceli olarak böylesine demir kaplama fazla yapılmadığı için, bugüne dek demir kaplama banyoları için gerçekten tatmin edici bir parlaktıcı bulunamamıştır. Genelde çoğu organik parlattıcı, demir kaplamanın gevrek (kırılgan) olmasına neden olur. Bununla beraber, sakarin gibi bazı bileşiklerle birleşik haldeki sülfatlı yağlar, yağların neden olduğu artık gerilmenin azaltılması konusunda bazı başarılı sonuçlar sağlamıştır. Bu konuda yapılacak çok araştırma vardır.

KUSURLU DEMİR KAPLAMALARIN SÖKÜLMESİ

Çoğu demir kaplama koruyucu veya dekoratif amaçlı değil, elektrikli şekil verme amacıyla yapıldığından kaplama tabakasının sıyrılmasına nadiren gereksinim duyulacaktır.

Demir kaplamayı çözmek için, kaplama aşağıdaki çözeltiliye daldırılmalıdır:

REÇETE

Hidroklorik asit	946 ml
Su	3,785 lt

Tepkime hızlandırılmak istenirse demir kaplamayı anod olarak ve karşısında sahte katod kullanarak bir akım oluşturulabilir. Tanka 6 Volt gerilim uygulanmalıdır.

Burada 7C dersi sona eriyor. Umarım bu dersi sevmişsinizdir. Referans listesini inceledikten sonra, her zamanki gibi bir kısa sınav bulacaksınız. İyi şanslar!

EKH-7-70

KONUVA İLİŞKİN YAŞANMIŞ ÖYKÜ ALINTISI

Elektrikli şekil verme amaçları ile iyi bir demir kaplama banyosu geliştirmeye soyunan bir elektro kaplamacı, küçük bir miktar potasyum klorür ve küçük bir miktar mangan klorür içeren bir demir klorür çözeltisi ile işe başlar. Her şey yolunda gözükmemektedir, kaplamalar göreceli olarak düşük gerilimlidir fakat pullanma olduğu gözlemlenmiştir ve bu işte pullanmaya izin verilebilmesi de mümkün değildir. Kaynak bilgilerden araştırma yapan kaplamacının edindiği verilere göre, difüzyon filminin pH derecesinin yükselmesi ferrik hidroksitin çökmesine yol açar ve kaplamanın yapısına karışarak pullanmasına neden olur. Periyodik olarak oluşan bu durum pullanmanın sebebidir. Ayrıca, ferrik hidroksitten çok daha kolay çözünebilir ferröz hidroksitin kolaylıkla çökmediği kaydedilmektedir. Kafasında bir şimşek çakan teknisyen, difüzyon filmindeki ferrik iyonları indirgemek ve bileşik yaptırmak için askorbik asit (C vitamini) kullanmaya karar vermiştir. 0,22 gr/lt düzeyindeki küçücük bir miktarla sonuç mükemmel olmuş ve pullanma önlenmiştir. C Vitamini her hastalığa iyi gelir!

NOT:

Pullanmalar kaybolurken iç gerilme kaybolmamıştır. Gerçekte artmıştır. Neden? Bu konuda bir fikriniz varsa öğrenmek isterim.

İŞLENMEYEN PROBLEMLERİN YANITLARI

4. Saatte 4,11°C. Olasılıkla bir soğutma bobini, özellikle tank sürekli çalıştırılacaksa kullanılmalıdır.
5. 24,6 galon

SEÇİLMİŞ REFERANSLAR

ALTIN KAPLAMA. Bazılarının teorik, bazılarının pratik değeri olan muazzam ölçekte kaynak kitaplar bulunmaktadır. Burada yalnızca bir kısmı verilmiştir. Bu kursu başarılı biçimde tamamlamak için bu referanslara başvurmanıza gereksinim olmadığını unutmayınız. Bunlar yalnızca konuya ilişkin ayrıntıları merak etmeniz durumunda yararlanabilmeniz için verilmiştir.

E. T. Eisenmann, *Plating*, 60, 1131(1973). Sekiz farklı değişkenin altın kaplamanın özellikleri üzerindeki etkisini incelemektedir.

F. I. Nobel ve Çalışma Arkadaşları, *Plating*, 60, 720(1973). Kontaklar için 18K ve 24K kaplamaların karşılaştırılmasını yapmaktadır.

P. S. Sloane, *Plating*, 60, 1224(1973). Altın kaplama atölyesi görünüşleri.

P. Duva & D. G. Foulks, *Plating*, 55, 106(1968). Bazı ilginç araştırma verileri.

L. Holt, *Plating*, 60, 910(1973). Kaplamaya karbon karışması.

Products Finishing Directory and Technology Guide (Ürün Sonlandırma Rehberi ve Teknoloji Kılavuzu), 2003 Basımı, Gardner Publications, Inc., 6915 Valley Avenue, Cincinnati, OH 45244-3029, (800) 959-8020. Altın kaplamayla ilgili güzel bir bölümü vardır ve altın kaplama materyali tedarikçilerinin ve malzemelerin isimleri konusunda mükemmel bir kaynaktır.

Metal Finishing Guidebook & Directory (Metal Sonlandırma Kılavuzu & Rehberi), 2002 Basımı, Metals Finishing Publications, Inc., 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212)633-3199. Altın kaplamayla ilgili güzel bir bölümü vardır ve altın kaplama materyali tedarikçileri konusunda mükemmel bir kaynaktır.

Bu konuda mükemmel bir eser bulunmaktadır : **Gold Plating Technology (Altın Kaplama Teknolojisi)**, Frank H. Reid ve William Goldie, Electrochemical Publications, 1974. American Electroplaters & Surface Finishers Society, 12644 Research Parkway, Orlando, FL 32826-3298, (407)281-6441'den temin edilebilir. Metals Finishing Publications, Inc.'den de temin edilebilir.

İNDİYUM KAPLAMA. Birkaç seneden bu yana bu alana yeniden bir ilgi duyulmaktadır. Bu ilgi indiyumun elektronik endüstrisinde kullanımından kaynaklanmaktadır.

C. U. Chisholm, *Trans. Inst. Met. Fin.*, 43, 43(1965). Aktif karbon işlemleriyle eski banyonun yeniden yapılandırılması.

SEÇİLMİŞ REFERANSLAR (devam)

Metal Finishing Guidebook & Directory (Metal Sonlandırma Kılavuzu & Rehberi), 2002 Basımı, Metals Finishing Publications, Inc., 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212)633-3199. İndiyum kaplama hakkında küçük fakat çok değerli bir bölüm içermektedir.

DEMİR KAPLAMA. Demir kaplama, gerek elektrikli şekil verme, gerekse kaplamaların manyetik özellikleri hakkında ilgi çekmektedir. Bu konu hakkında 17. ve 18. Derslerde referanslar bulacaksınız. Aşağıda bazı referanslar verilmiştir.

L. Domnikov, ***Metal Finishing (Metal Kaplama)***, 63, Mayıs, 53(1965). Gerilme ve kaplamanın soyulması hakkında.

J. D. Thomas ve Çalışma Arkadaşları, ***Trans. Inst. Met. Fin.***, 47, 209(1970). Islâh edilmiş klorür banyosu.

E. M. Levy, ***Plating (Kaplama)***, 55, 941(1968) ve 55, 138(1968). Gerilmenin azaltılması ve fluoborat klorür banyosunun tanıtımı.

Metal Finishing Guidebook & Directory (Metal Sonlandırma Kılavuzu & Rehberi), 2002 Basımı, Metals Finishing Publications, Inc., 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, (212)633-3199. Okunmaya değer.