

Galvanoteknik

Kaplama Kimyasalları, Üretim Teknolojileri, Ölçme ve Kontrol Cihazları, İş Güvenliği Dergisi

Eylül-Ekim 2006/05
Fiyatı: 5 YTL



Armatür kaplamalarında son teknoloji

Elektronik sektöründe
nikel kaplama uygulamaları

Kompozit akımsız nikel kaplama

Metal işleme sıvıları seçimi

BİLESİM
YAYINCILIK A.Ş.

WIN
World of Industry
▼

SURFACE TREATMENT'07
1.Yüzey İşleme Teknolojileri Fuarı
24-28 Şubat 2007
Tüvaf Fuar ve Kongre Merkezi Beşikdüzü-İstanbul

Krom Yerine Kompozit Akımsız Nikel Kaplama Kullanılması

Michael D. Feldstein / Surface Technology, Inc.

Yüzey işlemler endüstrisi, çeşitli kaplama süreçlerinden kromu çıkarmak için bu günlerde hiç olmadığı kadar yoğun çalışıyor. Bu çalışmalar kromun, sağlık ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle yıllardır sürüyordu; fakat en son yönetmelikler kromun yerini diğer metallere bırakması çalışmalarına ivme kazandırdı.

Geçmiş yıllarda "kromun ikame edilmesi" arayışlarındaki zorluğun büyük kısmı, amacın kendisiydi. Çünkü tamamen kromun değiştirilmesi söz konusu değildi. Elementlerin periyodik tablosu, her bir elementin kendine has özellikleri olmasından dolayı küçük karelere bölünmüştür. Bunun için hiçbir madde kromun

yada bir diğer maddenin yerini alamaz. Korozyon direnci, sertlik, aşınma direnci, parlak görünüm.. vb. gibi çeşitli özelliklerine dayanarak krom, çok sayıda uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm alanlarda bir yer değiştirmeye mümkün değildir ve spesifik kullanımlar için kromun yerini alacak diğer malzemelerin sadece eşit performansı ile tatmin olmak çıtayı çok düşürür ve yeni teknolojileri geliştirmek için son on yılda endüstrimizin kaydettiği ilerlemeyi göz ardı eder. Dolayısıyla her bir geleneksel kullanımı için kroma karşı gerçekten üstünlük sağlayabilecek başka malzemeler araştırılmalıdır. Bu makalede, kompozit akımsız nikel kaplamaların aşınma direnci açısından kroma karşı nasıl üstünlük sağladığı üzerine odaklanmıştır.

Akımsız nikel, uzun zamandır metal işleme endüstrisinin kilit bir bölümü olmuştur. Özellikleri yaygın olarak bilinmekte ve endüstriyel uygulamaların geniş bir alanında kullanılmaktadır. Akımsız nikel geçtiğimiz yıllarda, artan



sağlık ve çevresel kaynaklı kısıtlamalar nedeniyle kromun giderilmesinin gerektiği ve özelliklerinin ve/veya görünümünün uygun olduğu pek çok uygulamada kromun yerine kullanılmıştır. Ayrıca son yıllarda başlıca akımsız nikel üreticilerinin çoğu kurşun ve kadmiyum içermeyen akımsız nikel çeşitlendirmeleri geliştirdi. Bunların amacı ELV ve diğer yönetmeliklerle uyumun sağlanmasıydı. Kurşun, kaplama reaksiyonunu kontrol etmek için akımsız nikel banyolarına katılan geleneksel olarak en yaygın kullanılan stabilizördür. Keza kadmiyum da akımsız nikel kaplamasını açık ve parlak yapmak için en yaygın kullanılan akımsız nikel banyosu katkısıdır. Akımsız nikel kaplamaları içine tanecikli maddenin eklenmesi, kaplamanın doğal özelliklerinin güçlendirilmesini sağlar ve pek çok örnekte nikel tabakasına tamamen yeni özellikler katar. PTFE (Teflon) gibi kayganlaştırıcı partiküllü kompozit akımsız nikel kaplamaları da yaygın olarak bilinmekte ve dünya genelinde kullanılmaktadır. Kadmiyum ve teflon, sertlik, aşınma direnci, uniformluk, termal transfer, çevresel kaygılar ve ekonomi bakımından kroma üstünlük sağlamak için akımsız nikel kaplama içinde kullanılan aşınma direnci yüksek parçacıklardır.

Bu makalede, aşınma direnci kompozit akımsız nikel kaplamaların kullanılan tanecikli madde, tanecik boyutu, tanecik yoğunluğu, kaplama kalınlığı, sürtünme, aşınma direnci ve diğer benzersiz



özellikler gibi birincil parametreleri incelemektedir. Ayrıca kompozit akımsız kaplama alanındaki en son gelişmeler ve bu tip bir kaplamanın kromun yerine kullanıldığı ve kroma karşı üstünlük sağladığı bir uygulamanın tipik bir örnek olay incelemesi sunulmaktadır.

Aşınma direnci tanecikli olanlar da dahil olmak üzere tüm kompozit akımsız nikel kaplaması çeşitlendirmeleri, kompleks geometrilere kadar muhteşem uniformluğuyla metaller, alaşımlar ve yalıtkanlar gibi çok sayıdaki substratlara uygulanabilir. Bu uniform olma özelliği ve görüş açısı dışındaki alanları kaplama yeteneği, akımsız kaplama ve elektro kaplama krom gibi elektrolitik kaplama metodları arasındaki önemli farklılıklardır. Sıkma vidaları, kalıplar, vitesler ve daha birçok ürün gibi, karmaşık geometrilere parçaları kromla kap-

larken; elektrik akımındaki istikrarsızlıktan dolayı parçanın bir alanından diğer alanına eşit olmayan kalınlıkta uygulanmak zorundadır. Kaplamanın en ince alanları spesifikasyonları karşılayabiliyorken, diğer kısımları çok kalındır ve belirlenmiş kaplama kalınlığına ulaşmak için mekanik post kaplama metodu ile yeniden çalışmaya gerek duyulabilir. Kaplama sonrasında akımsız nikel ve kompozit akımsız nikel kaplamalarının sıkıştırılmasına yada parçayı uygun toleransa getirmek için yeniden çalışılmasına gerek yoktur. Bu durum, maliyet, zaman ile malzeme tasarrufu ve çevresel fayda sağlar.

Sağladığı avantajlar nedeniyle kompozit akımsız nikel kaplamalar yaygın olarak kullanılmaktadır. 4,997,686, 5,145,517, 5,300,330, ve 5,863,616 U.S. patentlerinde öğretildiği gibi bu kaplamadaki gelişmenin hızlı ilerlemesinin sebe-

Fotoğraf 1



Fotoğraf 2



Fotoğraf 3



bi, tanecikli madde stabilizörlerinin (PMS) eklenmesidir. Burada açıklanan metotlar, akımsız nikel kaplamayı güvenilir hale getirdi ve bir kaplama sistemi içindeki partiküllerin Zeta potansiyelini değiştirerek ticari olarak da uygulanabilir yaptı. Zeta potansiyeli, elektrostatik yükün bir etkisidir. [1] Özünde bu teknoloji, partikülleri topaklaşmadan, dispers olacak şekilde şartlandırır ve böylece partiküller kaplamada kullanılmak üzere banyo içinde canlı kalırlar. Yüzey alanı göz önüne alındığında tipik bir kompozit akımsız nikel banyosunda parti-

kül yükü, geleneksel bir akımsız nikel banyosunda tercih edilen yükten yaklaşık olarak 800-1,500 kat daha fazla olabilir. [2] Ayrıca optimal ve istikrarlı kompozit akımsız nikel kaplamaya ulaşmada, özel olarak tasarlanmış kaplama tankları ve ekipmanlar çok önemlidir.

Uygun kaplama kimyası ve aparatı, rejenere edilebilen kompozit akımsız nikel kaplamaları üretir, bunun anlamı kaplanmış parçalar kullanım esnasında ortadan kalksa bile özelliklerinin korunuyor olmasıdır. Bu özellik kesit fotoğrafları 1 ve 2'de görüldüğü gibi partiküllerin bütün kaplama tabakası boyunca dispers edildiği uniform davranıştan kaynaklanmaktadır. Fotoğraf 3, elmas akımsız kaplamanın kompozit bir kaplamasının yüzeyini göstermektedir.

Partikül boyutları ve belli kaplama koşullarına bağlı olarak kaplamalar, hacimsel olarak %40'a varan bir partikül yoğunluğuyla üretilebilir. Daha düşük yoğunluklar, tanecikli maddenin sağlayacağı maksimum faydayı sağlamayabilir. Daha yüksek yoğunluklar, partiküllerin kaybolmasını önleyecek yeteri kadar metal "yapışkanı" olmayacağından kaplamanın premature aşınmasını riske atar. Bu gözlem, kompozit akımsız nikel kaplamaların tipik aşınma mekanizmasının, partiküllerin kendisinde oluşan aşınma değil, sonuçta partiküllerin yok olmasına neden olan etrafını saran metal matriksin aşınması olduğunu göstermektedir. Burada yatan tribolojiye dayanarak

her bir uygulama için spesifik partikül boyutlarının ehil şekilde seçilmesinin işe yarayacağı söylenebilir.

Pek çok uygulama için kaplama kalınlığı spesifikasyonları, tipik olarak 10 ve 25 mikron (0.0005" - 0.001") arasında bir değerde ayarlanır. Çok sıkı kaplama kalınlıkları spesifikasyonları, bazı özel uygulamalar için oluşturulabilir ve rutin olarak kaplama hizmeti sağlayanlar tarafından bir kaç mikron içinde yeniden üretilebilir. Geleneksel akımsız nikel kaplamada olduğu gibi, kompozit akımsız nikel kaplamalarının sertliklerini ve substrata tutunmalarını artırmak için kaplamadan sonra ısıyla şartlandırılabilir. Akımsız nikel kaplamalarının çoğu, 400 °C (750 °F) sürekli sıcaklığında iş görebilir. Alüminyum substratlar üzerinde 20,000 ila 45,000 psi (138-310 MPa) kayma dayanımına, çelik substratlar üzerinde ise 30,000 ila 60,000 psi (207-414 MPa) kayma dayanımına sahiptirler.[3]

Elmas, silikon karpit, alüminyum oksit, tungsten karpit, bor karpit ve krom karpit gibi çok geniş bir partikül aralığına sahip daha fazla aşınma direnci sağlamak için tasarlanmış kompozit akımsız nikel kaplamaları geliştirildi. Bu malzemeler sadece sertlik ve aşınma direncinde değil, şekilleri ve diğer özelliklerinde de farklılık gösterirler. Bu faktörlerden herhangi biri, yüzey ve performans karakteristiklerini etkileyebilir. Bu partiküller, nanometrelerde 50 mikronlara kadar değişen nominal boyutlarda kullanılabilirler.

Partiküller küçüldükçe kaplama da o kadar pürüzsüzleşir. Örneğin nanometre boyutlu partiküller daha çok geleneksel mat akımsız nikel kaplamalarına benzer. Yaklaşık 20-50 mikron boyutlu partiküller, sürtünmesel ve yansıtıcı olmayan özellikleri için fark edilir şekilde, tekstüre bir yüzey yaratırlar. Aşınma direnci için en yaygın kompozit akımsız nikel kaplamaları, 1 ila 8 mikron arasındaki boyutta partiküllere bağlıdır. Bu kaplamaların dokunuşları pürüzsüzdür. Bu tip kaplamaların partikül yoğunluğu genellikle hacimsel olarak % 25-40 arasındadır ve kaplama kalınlığı ise 25 ila 50 mikron (0.001 - 0.002") arasındadır.

Belirli uygulamalar için özel gereklilikleri karşılayacak hibrit kombinasyon kompozit kaplamalar geliştirildi. Bu kaplamalar, aynı kaplanmış tabaka içinde iki ya da daha fazla malzemenin partiküllerini kullanır. Belirli aşınma direnci ve düşük bir sürtünme katsayısı gerekiyorsa, aşınma dirençli partiküller, her iki karakteristiğe sahip olan bir kaplama üretmek için akımsız nikel banyosunda kayganlaştırıcı partiküller ile birleştirilebilir. Daha fazla aşınma direncine sahip yada kayganlaştırıcı kaplama yaratmak için ışık yayan partiküller de diğer kategorilerdeki partiküllerle birleştirilebilir. Bu kombinasyon kompozitleri için kalınlık, malzeme, partikül boyutu ve yoğunlukların tümü spesifik uygulamaya dayalıdır. Overcoating, genelde aşınma dirençli kompozit kaplamalar için

kullanılan bir prosedürdür. Partikül içeren kompozitlerin (yukarıda belirtildiği gibi) dokunuşları pürüzsüzdür ve pek çok uygulama için tatminkardır. Yine de fotoğraf 3'te görüldüğü gibi kaplama yüzeyi üzerinde sadece bir kısmı yakalanmış bazı partiküller olabilir. Kaplamanın, tekstil yada kağıt gibi hassas malzemelerle temas edeceği durumlarda, bu çıkıntılı partiküller zararlı olabilir yada yüzeyi pürüzsüzleştirmek için bir "break-in" süreci gerekebilir. Yüzeyi pürüzsüzleştirmek için mekanik araçlar kullanmak yada daha az üretken bir "break-in" periyodu için kaplanmış bir parça işletmek yerine, aşırı bir kaplama uygulanabilir. Bir kompozit akımsız nikel kaplama için, kompozit yüzeyi kaplamak ve daha pürüzsüz ve kullanım ile daha kolay seviyelenen yeni bir yüzey yaratmak için sadece yaklaşık 5 mikronluk bir overcoat tabakası geleneksel

akımsız nikel tabakası için yeterlidir. Aynı şekilde daha önceden parlak krom kaplama ile kaplanmış uygulamalar için parlak bir overcoat akımsız nikel istenebilir. Bu metodu açıklayan U.S. Patentler 4,358,922 ve 4,358,923, overcoat tabaka tarafından sağlanan pürüzsüzlük, aşınma ve kompozit tabaka ile temas sonrasında bile dayanır.

Spesifik aşınma direnci uygulamaları için boyut, şekil, yoğunluk ve malzeme gibi optimal malzeme spesifikasyonlarının uygun seçimi çok önemlidir. Bu nedenle, standartlaştırılmış aşınma testi metodları bilgilendiricidir; fakat gerçek kullanım koşulları altında çeşitli kompozitlerin kontrollü testlerinin yerini alamaz.

Farklı malzemelerin ve kaplamaların aşınma dirençlerini değerlendirmek için çeşitli test metodları mevcuttur. Akımsız nikel içinde biriktirilen çeşitli maddelerin



aşınma dirençleri üzerine yapılan en son çalışmalardan birinde, tek değişken olan partikül maddeli numuneler üretilmesine olağanüstü özen gösterildi. Kaplama kalınlığı, nikel-fosfor alaşım, partikül yoğunluğu, partikül boyut aralığı ve kaplama sonrası ısı şartlandırmasının tümü, 2 inch² çelik paneller üzerinde sıkı şekilde kontrol edildi. Bu tip yedi panel, bir tane çıplak çelik panel ve bir akımsız nikel kaplanmış (partikülsüz) panel ile alüminyum oksit, bor karpit, elmas, silikon karpit ve tungsten karpit partiküllerden faydalanılarak kaplanmış beş kompozit panele karşı test edildi. Tüm panellerin aşınma testleri, sabit bir yük altında panel yüzeyine temas eden 5 mikronluk alüminyum tozu çamuru ile yapıldı. Aşınma verileri, birim uzunluk (mm) için birim kuvvet (Newton) başına malzeme kaybı hacmini eşitleyen yeni bir sabite çevrildi. Sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Coating	Wear Constant	Wear vs. Steel	Wear vs. EN
None	28	—	1.75
EN	16	0.57	—
Al ₂ O ₃ -EN	10	0.36	0.63
BC-EN	7	0.25	0.44
Diamond-EN	7	0.25	0.44
SiC-EN	12	0.42	0.75
WC-EN	9	0.32	0.56

Tablo 1- Kompozit akımsız nikel kaplamaların aşındırıcı çamur aşınma direnci

Daha sonra Tablo 2 [4], kompozit elmas-akımsız nikel kaplamanın aşınma direncini, Taber test metodu kullanarak göstermektedir. Bu metot, iki tane kayganlaştırıl-

mamış aşınabilen tekerleğin dönme modeline karşı yüzeylerin direncini değerlendirmektedir. Bu test, aşınmış kütleyi yada hacmi ölçer.

Coating or Material	Wear Rate	
	per 1000 cycles (10 ³ mils ³)	vs. diamond
Composite diamond-EN	1.159	1.00
Cemented tungsten carbide Grace C-9 (88WC, 12 Co)	2.746	2.37
Electroplated hard chromium	4.699	4.05
Tool steel, hardened R, 62	12.815	13.25

Tablo 2- Taber aşınma testi verileri

Yukarıdaki test sonuçları ve sayısız endüstriyel uygulama; kompozit akımsız nikel kaplamanın, kroma ve hatta nikel metali ile ilişkili zaman zaman sağlık ve çevresel sorgulara maruz kalan geleneksel akımsız nikel kaplamaya karşı üç kat fazla çevresel avantajlara sahip olduğunu göstermektedir:

1. Kromsuz

a. Kompozit akımsız nikel kaplamaları hiç krom kullanmaz ve kaplamanın ve krom kullanımının doğasında olan çevresel problemler de dolayısıyla tamamen giderilir.

2. Daha az nikel kullanımı

a. Kompozit akımsız nikel kaplamaları rutin olarak hacimce %40 kodepozit partiküller ile üretilebilir. Uygulamalar, dört konu bakımından önemlidir:

i. Bu tür partikül kullanılmayan geleneksel bir kaplama ile eşit kalınlıkta kompozit kaplamalar üretmek için en az %40 daha az nikel gerekir.

ii. Kompozit akımsız nikel kaplamaların, geleneksel kaplamalara

karşı daha büyük aşınma dirençleri olduğu göz önüne alındığında kompozit kaplamaların kaplama kalınlığı belirgin şekilde geleneksel akımsız nikel kaplamalarından düşüktür. Bunun anlamı ise, daha da az nikelin kullanılması gerektiğidir.

iii. Bu sıfatla, kompozit akımsız nikel kaplamaları daha uzun süre dayanır, parçaların daha az sıklıkla yeniden kaplanması yada değiştirilmesi gerekir ve bu da daha az nikel kullanılmasını sağlar.

iv. Kaplama atölyesinin daha az nikel kullanması, banyoların daha uzun süre dayanması demektir. Bunun anlamı da, daha az banyo ihtiyacı, daha az atık ve daha az atık arıtılması demektir.

3. Daha az nikelin açığa çıkması

a. Krom, nikel ve diğer metal kaplamalar aşındıkça, içerikleri açığa çıkar. Uygulamaya bağlı olarak bunlar, çalışma alanlarına, gıda uygulamalarına, hassas montajlara ve çevreye bırakılır. Dolayısıyla kompozit akımsız nikel kaplamalarının, bu tür metallerin açığa çıkarılmasını aşağıdaki dört prensibe dayalı olarak önleyen daha fazla avantajları vardır:

i. Kompozit akımsız nikel kaplamaların daha büyük aşınma direnci, kaplamanın çevreye bırakılmasını azaltır.

ii. Kompozit kaplama %40'a kadar inert partikül olabildiğinden, çevreye bırakılan kaplama, %40 kadar daha az metal olacaktır.

iii. Parçalar uzun süre dayandığından, o kadar sık çevreye atıl-

mamaktadır ve parçaların daha az değiştirilmesi gerekmektedir.

iv. Kompozit akımsız nikel kaplamaları kimyasal olarak soyulabildiğinden, kullanılmış parçalar soyulabilir ve yeniden kaplanabilir, dolayısıyla çözelti formundaki nikel metalinin geri kazanılması ve kullanılması sağlanır.

Dikkate almaya değer bir başka konu ise, düşük akım yoğunluklu alanlarda doğru kaplama kalınlığına ulaşmak için karmaşık geometriye parçalar üzerinde kromun genellikle mantolanmış olmasıdır. Krom kaplanmış parçaların ayrıca uygun boyutsal toleranslara parçalanması gerekmektedir. Bu parçalama doğal olarak çevreye krom bırakır. Mantolama ve parçalama da ek ve kayıp enerji tüketimine yol açar.

Dolayısıyla kompozit akımsız nikel, krom kullanımını bertaraf eder ve performans bakımından krom kaplamaya üstünlük sağlar. Ayrıca kompozit akımsız nikel teknolojisi, ELV ve benzer direktiflerle uyumunu temin ederek kurşun ve kadmiyum kullanımını bertaraf etmek için yakın zamanda geliştirildi. Partikülleri akımsız nikel banyosu içine yükleyen yoğun yüzey alanındaki stabilite sonuçları dikkate alındığında, kurşunun ortadan kaldırılması, bekleyen patentlerin önemli bir başarısıdır.

Nikel içermeyen akımsız kompozit kaplama teknolojileri de, nikelden farklı baz metallerle son yıllarda geliştirilmiştir. Nikel içermeyen

versiyonların sertlik ve aşınma testi verileri, kompozit akımsız nikel kaplamaları ile benzerdir fakat, ticari olarak kullanılmadıklarından daha pahalıdır. Bu tip alternatiflerin geliştirilmesi, gelecekteki olası yönetmelik sorunlarına bakmaksızın kompozit akımsız kaplama teknolojilerinin yaşaması ve büyümesini sağlamak için yapılmıştır.

Sonuç

Kompozit akımsız nikel kaplamaları, sert krom kaplamalara göre daha üstün aşınma direnci ve sertlik sunmaktadır. Kompozit akımsız nikel kaplamaların, sert krom kaplamasına göre diğer uygulama ve performans faydaları da görülmüştür. Dolayısıyla kompozit akımsız nikel kaplamaları, sert krom kaplamanın yerini almaya ve ona üstünlük sağlamaya hazırdır. Bu krom eliminasyonunun yarattığı önemli sağlık ve çevresel faydalar vardır. Bu tür kompozit kaplamalar, problemlerle

Akımsız nikel, uzun zamandır metal işleme endüstrisinin kilit bir bölümü olmuştur. Özellikleri yaygın olarak bilinmekte ve endüstriyel uygulamaların geniş bir alanında kullanılmaktadır.

ri değil, gelecek vaat eden bir teknolojiyi temsil ediyor.

Kaynakça

- [1] Zeta-Meter Manual
- [2] Feldstein, N.; Lancsek, T.; Lindsay, D; Salerno, L.; Electroless Composite Plating; Metal Finishing, August, 1983, pgs. 35-51
- [3] N. Feldstein, Composite Coatings, Materials Engineering, Cleveland, Ohio, (1981)
- [4] Parker, Plating, 61,834 (1974)

