1. GİRİŞ

Çelik malzeme ile alüminyum, zamak, pirinç gibi demir dışı metallerin korozyon dayanımlarını artırabilme ve dekoratif görünüm kazandırmak amacıyla farklı türde metal kaplama uygulamaları sanayide yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu metal kaplamalar arasında ikinci en yaygın olanı nikel kaplamadır (çinko kaplama en yaygın olanıdır). Nikel kaplama bazen tek başına istenen görüntü efekti vermediğinden çoğunlukla nikel üzerine krom kaplanır.

Sert ve yumuşak metaller üzerine çalışılan nikel kaplamalar, kendi kompozisyonları nedeniyle farklı dekoratif görüntü ve korozyon dayanımına neden olmakla birlikte en iyi sonuç sülfat esaslı nikel kaplama üstüne yapılan krom kaplamada elde edilmiştir.

2. KAPLAMA

Yüzey üzerine yapılan her tür işleme yüzey işlem denir. Yapıştırmadan, boyamaya, ısıl işlemden, kaplamaya kadar son derece geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Bu tür işlemler ara işlem olabildiği gibi son işlem (finishing) olarak da uygulanabilir. Bazen hem ara işlem hem de son işlem olarak birkaç aşamada da uygulanabilir. Metal kaplama önemli ve çok yaygın bir yüzey işlemdir ve genellikle son işlem olarak (finishing) uygulanır. [1]

Metal kaplama üç amaç için uygulanır :
1. Korozyon ya da dış etkenlerden korumak
2. Dekoratif görünüm kazandırmak
3. Mühendislik (fonksiyonel)

Metal kaplama bu üç amaçtan birine ya da daha fazlasına hizmet etmek amacıyla uygulanır. Korozyondan koruma amacıyla uygulanan en yaygın kaplama çinkodur. Çinko kaplama parçalara aynı zamanda dekoratif görünüm de kazandırır.
Dekoratif görünüm kazandırmak amacıyla en yaygın kaplama nikeldir, ancak korozyondan koruma amacıyla da uygulanmaktadır. Bir çok sanayi kolunda kullanılmasına karşı, nikelin dermatolojik zararı nedeniyle Avrupa'da nikel kaplama yasaklanmıştır. Bu amaçla nikele alternatif olarak,dermatolojik sorunu olmayan bakır-kalay alaşım kaplaması uygulanmaktadır.
Bu çalışmada dekoratif ve korozyondan koruma amaçlı uygulanan nikel kaplaması incelenecektir.

Çizelge 2.1 Çeşitli Metallerin Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırılması

Metal Adı		Kullanım amacı
Çinko		Koruma , dekoratif
Nikel		Koruma, dekoratif, mühendislik
Bakır		Dekoratif, mühendislik
Krom		Dekoratif, mühendislik
Kalay		Koruma, dekoratif
Gümüş		Dekoratif, koruma, mühendislik
Rodyum		Dekoratif, mühendislik
Paladyum		Dekoratif, mühendislik
Rutenyum		Dekoratif, mühendislik
Platin		Mühendislik

Çizelge 2.2 Çeşitli Metallerin Kullanıldığı Sektörler

Metal Adı	Makine	İnşaat	Otomotiv	Silah	Havacılık	Promosyon	Elektronik
Çinko	+	+	+		+	+	+
Nikel	+	+	+	+	+	+	
Bakır	+	+	+	+		+	+
Krom	+	+	+	+	+	+	+
Kalay	+						+
Altın				+		+	+
Gümüş	+			+		+	+
Rodyum	+					+	+
Paladyum						+	+
Rutenyum						+	+

Elektrolitik metal kaplama, genel olarak bir elektrolit içinde metal iyonlarını elektrik akımı ile katot üzerine çöktürmektir. Çöktürülen metal iyonları, anot olarak kullanılan metal plakadan indirgenerek elektrolite geçebilir (çözünen anodlu), ya da elektrolit içine dışarıdan bu metalin tuzu olarak ilave edilirler (çözünmez anod). Bir metal kaplama banyosunun (elektrolit) solventi sudur. Elektrolit içinde kaplanacak metal iyonları, iletkenlik sağlayan tuzlar ve kaplanacak metal ile kompleks yapan tuzlar bulunur. Bazen iletkenliği sağlayan tuzlar aynı zamanda metal ile kompleks yapabilirler. Ayrıca değişik amaçlara hizmet eden bazı organik kimyasallar bulunur. Bu organik katkılar, kaplanacak metalin kristal büyüklüğünü düzenler, yüzeyde akım yoğunluğu dağılımını düzenler, metalin örtücülüğünü arttırır, kaplama sırasında çıkabilecek hidrojen gazını yüzeyden uzaklaştırarak yüzeyin elektrolit ile temasının kesilmesini önler. Bu organikler daha birçok özel amaca hizmet ederler. Bunun yanında bazı ek araçlara da gereksinim duyulur, bunlar elektrolitin karıştırılması ve saflaştırılması için gerekli olan ve herhangi bir otomatik kontrol için gerekli olan araçlardır. Elektriksel araçlar ise ana güç kaynağından gerekli düşük gerilim (doğru akım) sağlamak amacıyla bir azaltıcı dönüştürücü (transformer) ve rektifiye edici araçlardır. Bazı hallerde motor jeneratörler de kullanılmaktadır. Bu arada kaplama hücrelerine gerekli gücün istenen oranda verilmesini sağlayacak kontrol sistemlerine gereksinim duyulabilir (Koehler, 1944).

Elektrolitik şekillendirme (electroforming), metal birikiminin kullanıldığı bir başka yöntemdir. Bu yöntemle biriken tabakanın kalınlığı, normal kaplamada uygulanandan çok daha fazladır ve yüzeyde biriken metal birikim tamamlandıktan sonra yüzeyden ayrılabilir. Metalin kalınlığı kendi başına yetecek ve dayanıklı olacak şekilde biriktiği yüzeyin geometrik şeklini alacak ölçüde olmalıdır.

Elektrolitik parlatma ise, parlatılacak yüzeyden metalin çözündürülmesi ile sağlanır. Eğer koşullar tam olarak sağlanırsa, çözünme hızı tüm yüzey boyunca uniform değildir ve bu nedenle işlem ilerledikçe düzensiz (çapaklı) kısımlar giderilmiş olur. Yakın zamanlarda elektrokimyasal yolla metal işleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde elektrolitik parlatmadaki gibi metalin çözündürülmesi ilkesine dayanır, ancak çözündürülen metal miktarı

elektrolitik parlatmadan çok daha fazladır ve işlem metalin belirli bir tarafından diğerine göre daha fazla metal çözündürmek yoluyla, yüzeyde düzensizliğin arttırılmasına göre düzenlenmiştir. Bu yolla bazı istenen tip yüzey geometrisi elde edilebilmektedir (Palin, 1969).

Kaplama sonucunda oluşan metal kristal haldedir. Kristal boyutu ve kristallerin birikim şekli, birikimin adhezyon (yapışma), süneklilik (işlenebilirlik), görünüş, sağlamlık ve diğer özelliklerini belirler. Kaplamanın kristal yapısı kaplama banyosunun özellikleri tarafından belirlenir. Bunlardan en önemlisi elektrolitin kimyasal bileşimi diğeri akım yoğunluğudur. Banyonun fiziksel özellikleri de önemlidir. Özellikle sıcaklık, karıştırma, elektrotların büyüklüğü, şekli ve birbirine yakınlığı büyük önem taşır. Anodun kimyasal özellikleri önem taşırken bunun yanında katodun yüzey özellikleri de önemlidir. Bu değişkenin kontrolü, istenen standartta kaplama elde edilmesini sağlar (Saraç, 1995).

Kaplamanın kristal yapısı ile yüzey özellikleri doğrudan ilişkili olup konuya dair Kumar ve arkadaşları Cr_2O_3 ihtiva eden kobalt ve nikel kaplanmış yüzeyin üzerinde ısıl muamelenin etkilerini incelemişlerdir. Isının , kaplama üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada , Elektrokimyasal olarak kompozit kaplamadaki kaplama prosesisinin esnekliği sebebiyle ve kompozit kaplamanın yüksek dirence sahip olması gereği nedeniyle kaplama ozelliklerini geliştirme çalışmları gerçekleştirilmiştir. Elekrokimyasal kaplama içindeki ikinci bir faz , kaplama yapısı içersine yüzey özelliklerini geliştirmek adına dahil edilmiştir. Bu çalışmada yüzeydeki kromoksit ihtiva eden kobaltın ve nikel kaplamanın mekanik davranışı ve yüzey mekanik özellikleri üzerinde bu kaplamaların ısıl muamelenin etkileri üzerine çalışılmıştır. Önce Yüzeyin mikrosertliği , yüzey aşınması boyunca dış yüzeydeki kayıp çalışılmış sonrasında 100-600 C arasında ısı muamelesinden sonra sistemin davranışı rapor edilmişitir. 500-600 C de ısıl işlem görmüş ve kobalt yapısı içerisinde krom oksitin hacmen %12 lik içeriği yüksek aşınma direncini meydana getirdiğini göstermistir. Bu , kobalt matrisi içerisinde bulunan tabaka gibi camsı yapının şeklini ifade eden bir özelliktir. Yüksek derecede yapışkan ve homojen olan kaplama , yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun bulunmuştur. [8]

2.1 Metal Kaplamanın Tarihçesi

Bir İtalyan asilzadesi olan Giovanni Galvanı 18 y.y' da elektrik akımı ile iyonların hareket ettiğini bulmuş ve bu yolla metal iyonlarını iki elektrot arasında transfer etmiştir. Bu nedenle metal kaplamanın temelini bulduğu kabul edilmiş ve bir çok yerde kullanılan galvaniz kelimesi bu bilim adamının soyadından gelmiştir. Daha sonra bu konuda bir çok bilim adamı çalışmış ancak temel teorisini Faraday bulmuştur. Faraday uygulanan akım değeri ile transfer edilen iyonlar arasındaki bağıntıları formüle etmiştir. Kendi adıyla anılan bu kanunlar ile artık tüm kaplama işlemleri günümüzde teorik olarak hesaplanabilmektedir.

Ancak metal kaplama işleminin kullanılmaya başlanması sanayi devriminden sonra 20 yy'da olmuştur. Fakat 20. yüzyılın üçüncü çeyreğinde ve özellikle de son çeyreğinde çok hızlı bir gelişim sağlanmıştır ve hala üzerinde çok yoğun bir biçimde çalışılmaktadır. Metallerin

elektrokimyasal birikim ve çözünmesi, birçok sayıda metal işleme yöntemlerinde kullanılır. Bunlardan en yaygın kullanım alanı bulan ve en iyi bilineni, elektrolitik kaplamadır. İletken bir yüzey tabakası sağlanmak koşuluyla, kaplanan yüzey metal ya da metal olmayan bir maddedir (Saraç, 1995).

2.2. Bazı Tanımlar

2.2.1 Elektrolit (Banyo)

Elektrolit, normal olarak kaplanacak metali iyonik halde içeren sulu bir çözeltidir. Bazı metaller yüksek değerde negatif yük bırakma potansiyeline sahip olduklarından sulu çözeltileri kullanılarak kaplanamazlar, bu tür metallerin sulu çözeltileri kullanılarak kaplama yapmak için yapılacak denemede katotda hidrojen çıkışı olacaktır. Bir hücreye bir gerilim uygulandığında, hücrede geçerli koşullar altında en az negatif değerde yük bırakma potansiyeli için katotda reaksiyon olur. Yük bırakma potansiyelleri iyonik derişim, akım yoğunluğu, sıcaklık vs. gibi etkenlerle değişir. Bu değişimin büyüklüğü farklı türler için farklı değerdedir. Katotta istenen birikimin sağlanabilmesi için elektrolitin durumu önceden düzenlenmelidir. İki prosesin yük bırakma potansiyelleri birbirine çok yakın değerde ise, her ikisi birden oluşur. İki metalin birlikte birikimi alaşım kaplamada kullanılır. Hidrojenin yük bırakma potansiyeli metalinkine yakınsa kaplama ile birlikte hidrojen gazı çıkışı da söz konusu olur. Bu durumla, uygulamada birçok sistem için karşılaşılır, ve bu ise akım veriminin düşmesine neden olur. Hidrojen çıkışı kaplamada delik ve gözeneklerin oluşumuna ve bunun sonucu toz halindeki birikimlerin oluşumuna neden olur. Kaplanan metal tarafından hidrojen absorbsiyonu kırılganlığa neden olur. Öte yandan hidrojen kabarcıkları, çözeltide etkili bir karışmayı sağlar (Lowenheim, 1974).

Elektrolitte metali iyonik halde bulundurmanın en basit yolu, o metalin basit bir tuzunun çözeltisini kullanmaktır. Uygulamada ekonomik yönden başlıca istenen şey kaplama hızıdır. Bu ise yüksek akım yoğunluğu demektir. Katotda derişim polarizasyonunun etkisini azaltmak için çözeltideki metal iyonu derişiminin yüksek olması gerekir. Aynı zamanda çözeltiye iyi bir iletkenlik sağlamak ve dirençsel kayıpları azaltmak için, çözeltideki toplam iyonik derişimin de yüksek olması gerekir. Metal tuzu seçiminde bir sınırlayıcı etken ise, metal tuzu anyonunun anotta yükünü bırakmamasıdır. Klorür ve sülfat genellikle kullanılan anyonlardır. Bazı sistemlerde ise fluoroboratlar ve bazı organik asitlerin tuzları kullanılmaktadır. Bazı durumlarda metal bir kompleks iyon halinde bulunuyorsa, daha iyi bir kaplamanın elde edildiği saptanmıştır. Bir kompleks iyon; bir basit metal iyonu ile bazı asit anyonların birleşmesi sonucu verdikleri yeni bir negatif yüklü iyondur. Örneğin gümüş iyonları ve siyanür iyonları birleşerek gümüş siyanür iyonunu oluştururlar. Sözü edilen bu kompleks tuzlar, kaplamada genellikle kullanılan kompleks tuz türleridir (Mantel, 1960).

pH değeri bazı kaplama banyolarında çok büyük önem taşır. Basit metal tuzlarının kullanımı halinde çözelti asidik olmalıdır, aksi takdirde alkali çözeltide kaplama metali hidroksit halinde çöker.

Öte yandan siyanür banyoları bazik olmalıdır, bunun nedeni kompleks iyonların çoğu asidik çözeltide kararsız halde bulunur. Hidrojen ya da hidroksil iyonlarının çözeltide bulunması iletkenliği arttırır ve bu amaçla bazen asidin aşırısı çözeltiye eklenir. Hidrojen iyonu derişimindeki artış yük bırakma potansiyelinin değişmesine, bu ise katotta hidrojen çıkışına neden olur. pH aynı zamanda kompleks iyonunu yapısını ve basit iyonun hidrasyon derecesini etkileyerek birikimin özelliğini etkilemiş olur. Eğer katotda hidrojen ya da anotta oksijen yükünü bırakmışsa sistem pH'daki değişimleri karşılayacak şekilde düzenlenmelidir. Bazı kaplama banyolarında en uygun pH değerini korumak amacıyla tampon çözeltiler kullanılır. Birikimin özelliklerini iyileştirmek amacıyla elektrolite katkı maddeleri de eklenir. Bunlar etkileri deneysel gözlemler sonucu saptanan, genellikle organik maddeler, bazen de kolloidal maddelerdir. Bu maddeler birikimin içinde çok azalarak kalır (% 0.01). Ancak bu miktar bile birikimin özelliğinde büyük değişimlere yetecek kadardır (Brenner, 1963).

Katkı maddelerinin kullanımındaki ilk uygulamalarda büyük boyuttaki düzensizliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Yakın geçmişte, çok daha küçük boyuttaki düzensizlikleri giderici katkı maddeleri bulunmuştur (Saraç, 1995).

Büyük boyutlu (makroskopik) düzensizliklerin giderilmesi, düzgün fakat donuk bir yüzey verir. Küçük boyutlu (mikroskopik) düzensizliklerin giderilmesi daha parlak yüzey elde edilmesini sağlar. Kullanılan katkı maddelerin özelliği ve miktarı deneysel olarak saptanmıştır, öte yandan mekanizma çalışmaları bu tür maddelerin proses üzerinde de etkili olduğunu göstermiştir. Katkı maddeleri kaplama yüzeyi tarafından absorplanır, daha ince birikim oluşturarak kristalin büyümesini önler. Katkı maddeleri kaplamanın görünümünde olduğu kadar mekanik özellikler üzerinde de etkilidir. Parlak birikimler, diğerlerine oranla daha ince tanecikli birikimlerdir.

Elektrolitteki safsızlıklar istenmeyen özellikte birikimlerin oluşumuna neden olur. Kaplanacak metalin dışındaki iyonlar, yük bırakma potansiyeline bağlı olarak ya katotda birikebilirler ya da çözeltide kalırlar. Katotda kaplanmasalar bile, kaplamanın kalitesi üzerinde etkili olurlar. Toz ve metal tanecikleri gibi çözünmeyen safsızlıklar fiziksel olarak katoda etki eder ve kaplamada çukur ve deliklerin oluşumuna neden olur. Bu durum özellikle elektrolitin karıştırılması ve çözünmeyen maddelerin dipte çökmesine olanak verilmediği durumlar için söz konusu olur.

Endüstriyel sistemlerin çoğunda çözünmeyen taneciklerin elektrolitten sürekli olarak filtre edilmesi gerekir. Bu gibi hallerde istenmeyen sonuçları önlemek amacıyla filtrasyonun yanısıra elektrolitin hazırlanması sırasında saflığının sağlanması yeterli olabilir, fakat elektrolitin sürekli sirküle edilmesi ve saflaştırılması gereken durumlarda söz konusudur (Lutter, 1960).

Kaplama banyosundaki sıcaklığın yükseltilmesi genellikle metal tuzunun çözünürlüğünü ve çözeltinin iletkenliğini arttırır, bu ise daha büyük kaplama hızı sağlayan yüksek akım yoğunluklarının kullanılabileceği anlamına gelebilir. Sıcaklık kaplamanın özelliğini etkiler. Yüksek sıcaklıklar suyun buharlaşması duman problemlerini arttırır. Kaplama banyolarındaki

yüksek asit derişimi nedeniyle oluşan duman tehlikeli durumlar yaratır ve bazen kesin önlemlerin alınmasını gerektirir (Palin, 1969).

Diğer değişkenler de gözönüne alınarak, en uygun sıcaklık; kaplama hızı ve kalitesi arasında en iyi ortak noktayı sağlayan ve genellikle deneysel olarak saptanan sıcaklıktır. Uygulamada kaplama sıcaklıkları 50 – 60 °C arasındadır.

Termal konveksiyon akımları kaplama banyolarında bir miktar karıştırma sağlar. Karıştırma metal iyonlarının katoda ulaşma hızını arttırır ve derişim polarizasyonunu azaltır.
Hidrojen katotda metalin birikmesi yanısıra açığa çıkıyorsa, yüzeyi terkeden kabarcıklar çok etkili bir karışma sağlar. Diğer bazı sistemlerde bu etki tankın dibinden hava kabarcıkları göndererek sağlanabilir. Endüstriyel proseslerin çoğunda kaplanan metalin hareketi ve elektrolitin filtreler boyunca dolaşımı bir karıştırma görevi görür.

Eğer elektrolit filtre edilmemişse, katı taneciklerin çözeltide süspansiyon halde kalması problemler doğurur. Mekanik karıştırma pek yaygın değildir, fakat katodik hareket çok yoğun kullanılan bir yöntemdir.

2.2.2 Akım Yoğunluğu

Hücre koşullarında katod tepkimesi en düşük negatif değere sahip yük bırakma potansiyelindeki tepkimedir. Benzer şekilde anod tepkimesi en küçük potansiyele sahip tepkimedir. Herhangi bir tepkimenin gerçekleşmesi için uygulanan gerilimin bu iki değerin farkından büyük olması gerekir.

Elektrotların polarizasyonu akımla değiştiğinden, akım ve gerilim arasındaki ilişki doğrusal değildir, fakat gerilimdeki artış akımda da bir artışa neden olur.

Kaplanan yüzeyin gözönüne alması nedeniyle katoddaki akım yoğunluğu önemli bir değişkendir. Belirli bir sürede akım yoğunluğundaki artış, kaplanan metal miktarındaki artışa neden olur ya da belirli kalınlık için daha hızlı kaplama prosesini sağlar. Elektrolitik kaplamada limit akım yoğunluğu terimi, yeterli birikimin elde edilmediği değerin üzerindeki değeri ifade eder. Bu değerin üzerinde kaplama, koyu ve pudramsı veya süngerimsi görüntüde olabilir.

Limit akım yoğunluğu değeri banyo koşullarına ve metal iyonlarının derişimine bağlıdır. Kaplama hızının büyük olması için yüksek derişimler gereklidir. Uygulamada birçok kaplama sistemlerinde katod akım yoğunluğu 1 – 10 A/dm^2 aralığındadır. Kaplama kalınlığının yüzeyin her bölgesinde aynı olması için, akım yoğunluğunun katodun bütün noktalarında aynı olması gerekir. Bu ancak anodun en yakın noktası ile katodun her noktası arasındaki uzaklık aynı ise olasıdır. Uygulamada ise durum bundan farklıdır. Anod ve katodun değişik noktaları

arasındaki akımla ilgili direnç farklı, bu yüzden de bu noktalardaki akım yoğunluğu farklıdır. Bu tür durumlarda birikimin yoğunluğu her noktada aynı değildir (Koehler, 1944).

2.2.3 Katod

Kaplama banyosunda kaplanacak metal katod olarak bağlanır. Kaplamadan önce kaplanacak metale bir ön işlem uygulanması daima gereklidir ve bu işlem için gerekli araç ve gereçler kaplama tesisini tamamlayan kısımlardır. Bir metal yüzeyinin kaplamadan önce sadece yağ ve pislikten değil aynı zamanda yüzeydeki oksit tabakasından da arındırılması gerekmektedir. Temizlemedeki ilk adım yağ ve pisliğin uygun bir çözücü kullanılarak temizlenmesidir. Parça daha sonra su ile tamamen yıkanır. Bu çözeltinin cinsi temizlenen metalin türüne göre değişir, fakat genellikle kullanılanlar sodyum hidroksit, sodyum karbonat, sodyum fosfat, sodyum metasilikat gibi tuzlardır. Genellikle çözelti bir yüzey aktif içerir ve ısıtılır. Normal olarak temizleme, parçanın temizleme çözeltisine daldırılması ya da püskürtme ile yıkama şeklinde tarif edilir.

Temizleme işlemlerinde elektrolitik yağ alma ayrıca sık başvurulan bir yoldur. Bir elektrolitik banyoda parça katod yada anod haline getirilir, hidrojen ya da oksijen çıkışı ile temizleme işlemi olur. Bu banylarda diğer elektrot olarak paslanmaz yada çelik sac kullanılır ve en fazla gaz çıkışını sağlamak amacıyla yüksek akım yoğunluğu uygulanır.

Katodik ve anodik temizlemenin her ikisinin de bazı yararlı ve sakıncalı tarafları vardır.Bazı proseslerde polarite belirli süre aralıklarıyla değiştirilir. Alkali işlemden sonra parça yıkanır ve asit içerisine daldırılır.

Asit içerisine daldırma alkali ile yıkama sırasında oluşan herhangi bir oksit tabakasının giderilmesini ve kaplama için daha uygun bir yüzeyin oluşmasını sağlar.

2.2.4 Anod

Genel olarak uygulamada kaplanacak metalin çözünebilen türü de anod olarak kullanılabilir. Bu yolla metal iyonu derişimi sürekli olarak sabit tutulur. Elektrolitte sabit bir metal iyonu derişiminin sağlanması, anottaki akım veriminin katotdaki ile aynı olmasına bağlıdır. Eğer böyle bir durum söz konusu değilse, belirli aralıklarla derişimde düzeltme yapmak gerekir. Anodun pasifleşmesi önlenmesi gereken bir durumdur. Bazı koşullar altında anodik tepkime metal üzerinde çözünmeyen ince bir tabakanın oluşumuna neden olur. Klorür çözeltisinde bulunan bakır anot, yüksek akım yoğunluklarında ince bir oksit tabakası tarafından pasif hale gelir.

Alkali banyoda demir, ince bir oksit tabakası ile kaplanır. Nikel de ince bir oksit tabakası ile kaplanmaya yatkındır. Eğer pasifleşme gerçekleşmişse elektrot potansiyeli değişir ve oksijen açığa çıkar. Kaplama biriminde koşullar pasifleşme olmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu ise elektrolit ve akım yoğunluğunun doğru olarak seçimi ile mümkündür. Kullanılacak anodun

cinsi çok önemli bir etkendir. Diğer elementlerden eser miktarda bulunması bazen pasifleşme şansını azaltır (Saraç, 1995).

Diğer önemli bir etken anod polarizasyonunun büyüklüğüdür, bu ise toplam gerilimi etkiler. Anodik polarizasyon bazen anodda kontrol edilebilecek miktarlarda diğer maddelerin bulunması ve bunların fiziksel halleri ile azaltılabilir.

Aynı zamanda anodun çözünme biçimi de bu yolla kontrol edilebilir. Eğer çözünme düzensiz biçimde ise, anod yüzeyinde kırılmalara ve metal taneciklerinin ayrılmasına neden olur. Kaplama üzerindeki etkisi bir yana bırakılsa bile, bu tanecikler boşa gidecektir. Bu tanecikler anodun çözünmesi sırasında, serbest hale geçen diğer çözünmeyen maddelerle birlikte filtrasyon prosesinde ayrılırlar. Filtrasyon yerine kullanılabilecek diğer bir yöntem ise, gözenekli torba ya da uygun bir diyafram kullanılarak anodun, birimin diğer bölgelerinden ayrılmasını sağlamaktır. Bu amaçla sentetik iplikten dokunmuş dokuma bezi kullanılır ve bu ise elektrolitten pek etkilenmez.

Birkaç kaplama işlemi için çözünmeyen türden anod kullanılır. Bunlar için tanecik oluşması problemi söz konusu değildir, ancak metal iyonu derişiminin başka bir kaynaktan beslenerek sabit bir oranda tutulması gerekir. Çözünmeyen türden anod kullanılması halinde anod tepkimesi oksijen gazının açığa çıkmasıdır ve bunun sonucu olarak çözeltinin asitliğinde önemli bir artış söz konusudur. pH'ın önemli olduğu birikimlerde bu durumu düzeltici önlemlere gerek vardır (Lowenheim, 1974).

2.3 Ön (Yüzey) İşlemler

Kaplanacak parça yağ, kir ve oksitlerden tamamen arındırılmış olmalıdır. Bu nedenle parça kaplanmadan önce temizlenmelidir.

2.3.1 Sıcak Yağ Alma

Bu amaçla önce alkali ortamda sıcak yağ alma işlemi uygulanır. Parçalar kaplamaya gelmeden önce bir çok fiziksel işlemden geçerler. Örneğin kesme, preslerde şekillendirme gibi işlemler yapılır. Bu tür işlemlerin parçaya hasar vermeden ve hatasız yapılabilmesi için parçalar yağlanır. Ayrıca parçalar fiziksel işleme tabi tutulmadan önce metal parçalar üreticiler tarafınca paslanmaya karşı yağlanırlar, bu türden yağlar sıcak yağ alma banyolarında temizlenirler.

2.3.2 Asidik Temizlik (Asidik Piklaj)

Parçalar her ne kadar yağlansa da, ortam koşullarının çok farklı olması nedeniyle çoğu zaman paslanırlar. Kaplamanın iyi yapışmasını sağlamak amacıyla bu pasın giderilmesi gerekir. Bu amaçla 20 – 50 % asit içeren banyolar kullanılır. Bu banyolara piklaj (pickling) banyosu adı verilir.
Yukarıda da bahsedildiği gibi piklaj banyosunun en yoğun metal kirliliği demirdir. Demir kirliliği, parça üzerindeki temizlenen pas ve aşınan demirin bir sonucudur. Banyodaki demir

kirliliğini azaltmanın tek yolu, demir parçanın aşınmasını engellemektir. Bu amaçla banyoda asitle birlikte uygun bir inhibitör kullanılmalıdır. İnhibitör demir parçanın asitle aşınmasını engelleyerek hem banyonun kirlenmesini geciktirir, hem de asit sarfiyatının azalmasını sağlar. İnhibitör demir parça üzerinde geçici bir tabaka oluşturarak asidin demirle temasını keser, böylece asit sadece parça üzerindeki pası söker. Burada önemli olan inhibitörün parça yüzeyine yapışarak asidin metalle temasını kesmektir, ancak pas üzerine yapışmamalıdır, aksi taktirde temizlik gerçekleşmeyecektir.

2.3.3 Elektrolitik Yağ Alma

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

2.3.4 Durulamalar

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

3. NİKEL KAPLAMA

3.1 Nikelin Özellikleri

Kimyasal sembolü : Ni
Atom ağırlığı : 58,7 g/mol
Nikel, katı haldeyken 8.9g/cm^3, kaplanmış haliyle 8.85g/cm^3 yoğunluğunda, gümüş renkli bir metaldir. Nikelin valansı (değerliği) 2'dir. Nikel korozyona karşı yüksek dirençli, oldukça sert ve fazlasıyla güçlü bir metaldir. Nikelin elektriksel direnci kabaca bakırın beş katıdır.

3.2 Nikelin Kaplama Metali Olarak Kullanımı

Nikel çinkodan sonra elektrikle kaplaması en sık yapılan metaldir. Bunun nedeni nikelin dekoratif görüntüsü, korozyona yüksek direncidir. Nikel parlak yüzeyi ile dekoratif

kaplamada ve korozyona dayanıklı olması özelliği ile de korozyona dayanıksız bir maddeyi koruma amacı taşır. Son yıllarda hızla yaygınlaşan elektronik şekillendirme (Electroforming) nikelin bir başka kullanımıdır. Bu yönteme göre maddeler nikel ile kaplanırken uygun şekle sokulur. Bazen hasar görmüş makine parçalarının tamiratında da nikel kullanılır.
Nikelin ayrıca akımsız (otokatalitik) kaplama yöntemleride yaygın biçimde kullanılmaktadır fakat bu çalışmada buna değinilmeyecektir.

3.3 Nikelin Elektrokimyasal Özellikleri

% 100 katod veriminde 1 amper-saat (A*h) elektrik ile 1,1 gr. nikel kaplanır. 1 dm^2 lik bir yüzeye 25 mikron nikel kaplamak için 2 amper-saat gerekecektir. Kaplanan bu nikelin ağırlığı 2.1 gram olacaktır. İyi çalışan banyoda gerçek katod akım verimi % 95 – 98 arasındadır.

3.4 Nikel kaplama banyolarında komponentlerin görevleri ve çalışma limitleri

Tüm dünyada bazı istisnalar hariç WATT tipi banyolar kullanılır. WATT tipi banyolar nikel sülfat, nikel klorür ve borik asitten oluşur. Bu tuzların mktarı 60 – 80 g/lt metalik nikel, 18 – 25 g/lt klorür ve 30 – 40 g/lt borik asit olacak şekilde ayarlanır. Banyo içerisndeki tuzlar haftada bir yada iki kere bir kimyasal yöntem ile analizi yapılmalıdır. Fakat bu süre banyonun çalışma yoğunluğuna göre değişir.

3.4.1 Metalik Nikel

Banyo içerisindeki nikel iyonlarının büyük kısmı nikel sülfat tarafından sağlanır. Geriye kalan küçük miktar ise nikel klorür tarafından sağlanır. Tavsiye edilen değerler içerisinde çalışıldığı takdirde yüksek kalite ve yanmanın olmadığı bir kaplama elde edilir. Düşük nikel konsntrasyonu katod verimi azalacaktır. Bunun sonucuda ise istenen kaplama kalınlıklarını elde etmek için daha uzun süreler kaplama gerekecektir. Düşük nikel miktarının diğer sonucu ise, yüksek akım bölgelerinde oluşan pittingdir.

Banyonun değerleri istenen oranlara getirildiğinde bu problemin ortadan kalktığı görülür. Bunu yanı sıra banyo içerisindeki nikel konsantrasyonun fazlalığında ise dumanlı bir kaplama görülür.

Yüksek tuz konsantrasyonlarında çalışıldığında seviyelenme özelliğinde azalmalar görülür. Çalışma tuz değerleri ortalama olarak belirlenmiştir. Kolay şekilli parçalarda ortalama akım yoğunluklarında çalışan banyolarda düşük nikel konsantrasyonunda çalışılabilir. Bunun yanı sıra kompleks, zor parçalarda yüksek akım yoğunluklarında çalışılması gerektiğinde yanma problemi görüldüğünde nikel konsantrasyonu arttırılmalıdır.

3.4.2 Nikel Klorür

Klorür banyonun iletkenliğini ve anodun pasifleşmesini önleyerek daha kolay çözünmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Yüksek konsantrasyonlarda sünekliği azaltır. Düşük konsantrasyonlardaki çalışmaların sonucunda sarma gücünde azalma görülecektir. Mümkün olabilecek en yüksek süneklikte çalışabilmek için nikel klorür değeri 20 – 22 g/lt olmalıdır.

3.4.3 Borik Asit

Borik asit banyo çözeltisinin pH tamponlayıcısıdır. En belirgin özellik olarak;

- yüksek akım bölgelerindeki pitting (karıncalanma, noktacıklanma) ve yanmayı engeller
- kaplamanın sünek olmasını sağlar
- katodun verimli çalışmasını sağlar

Borik asit konsantrasyonu istenen değerlerde olduğu zaman banyonun pH değerinin artışını minimum değerlere düşürür. Diğer açıdan bakıldığında metal hidroksitlerin oluşumu minimum değerler düşer. Bu da büyük önem taşımaktadır. Çünkü dikkat edilmediği takdirde hidroksit bileşikleri kaplama içine dahil olacaklardır. Bunu sonucunda yanma ve ya kırılganlık görülecektir.

Düşük konsantrasyonlardaki çalışmalarda yukarıda belirttiğimiz problemler oluşacaktır. Borik asitin çözünürlüğü banyo içerisindeki diğer malzemelerin konsantrasyonlarına bağlı olduğu gibi çalışma sıcaklığına bağlıdır. Normal koşullarda bu oranı sağlamak güçtür. Bu yüzden bazı kaplamacılar bu olayı çözümlemek için yeni yollar keşfetmişlerdir. Kaplama tankının köşesine çalışmayı engellemeyecek biçimde asılmış ve içinde borik asit bulunan bir anod torbası kullanmaktadırlar. Böylelikle banyonun içerisindeki konsantrasyon düştüğü zaman ilave malzemeler çözülecek ve konsantrasyon doyma noktasının altında olacaktır.

Eğer konsantrasyonun değeri yüzey pürüzlülüğünü oluşturacak değere ulaşacak olursa çözelti içerisindeki borik asit fazlalığını almak için banyo yaklaşık 30 °C ye kadar soğutulduktan sonra filtre edilmelidir. Bununla beraber çözelti içerisindeki borik asit miktarı normal değerine ulaşana kadar herhangi biri ilave yapılmadan çalışılır.

Sonuç olarak borik asit fazlalığında çökmeler oluşacağından pitting ve yüzey pürüzlülüğü yaşanacaktır. Eksikliğinde ise katod yüzeyinde oluşan hidroksit filminden dolayı pürüzlülük görülür.(Satıcıoğlu,2006)

Literatürde laboratuar koşullarında yapılan çalışmalar doğrultusunda, Malonik asit içeren elektrolitten nikelin elektrokimyasal kaplanması isimli çalışmada, borik asit yerine malonik asit ya da saksinik asit içeren sülfat banyolarından elektrokimyasal nikel kaplaması, farklı akım yoğunlukları, pH ve çözelti sıcaklıkları altında çalışılmıştır. Bu parametrelerin değistirilmesi ile tampon kapasitesi ve yeni banyonun kaplama gücünü incelemek mümkün olmuştur. Bu banyolardan elde edilen nikel kaplamanın sertlik ve parlaklık gibi fiziksel özellikleri ve kaplama prosesinin akım verimi incelenmiştir. Kaplamanın optimum şartları

belirlenmiş ve borik asit yerine malonik asit ile nasıl bir sonuç elde edildiği gösterilmiştir. Elektrolit kararlıdır ve bilinen parlatıcıların kullanımında herhangi bir sakınca doğurmamıştır. **[2]**

3.4.4 Sıcaklık

Yüksek sıcaklıklarda çalışmanın bir sonucu olarak katkıların (parlatıcılar) verimli çalışması düşer ama bunun yanı sıra yanma limitini arttırır. Düşük sıcaklıklarda çalışma sonucunda ise yanma limiti ve borik asit çözünmesi düşer.

3.4.5 pH

Normal koşullarda tavsiye edilen pH değeri aralığı 3.8 – 4.2 dir. Eğer banyo bu değerler içinde ise mükemmel bir seviyelenme parlaklık elde edilir. Banyodaki katod verimliliği ise % 95 – 98 dir. Üretimdeki bu farklılığın bir sonucu olarak hidrojen iyonlarının nötrlenmesinden dolayı pH daima artma eğilimindedir. Bundan dolayıdır ki banyo pH değerini istenen aralıkta tutabilmek için düzenli aralıklarla sülfürik asit ilavesi yapılır.

Çok yüksek pH değerlerinde çalışmanın sonucunda pürüzlü bir kaplama oluşur. Bunun nedeni ise metalik kirlilikler yaklaşık olarak pH değeri 5 in üzerindeki değerlerde hidroksit olarak çökme eğilimindedir. Bu yüzden yüksek pH değerlerinde çalışmanın sonucu olarak kırılgan, gevrek bir kaplama elde edilir. Bu işlemden sonra yapılacak dekoratif krom kaplamada yüzeydeki organik katkıların baskınlığından dolayı krom alma verimi düşer.

Çok düşük pH değerlerinde çalışmanın sonucunda banyonun çözünmüş metalik safsızlıklara karşı toleransı arttırır. Bu durum fayda sağlayıcı bir unsur olmasına rağmen çok düşük pH değerlerinde çalışmanın bir sonucu olarak parlaklık kesilir ve seviyelenme düşer. Bundan dolayı bu durumdan kaçınılmalıdır.

Düşük banyo pH değeri iki şekilde yükseltilir;

a- herhangi bir asit ilavesi yapılmadan kaplamanın normal değerine ulasana kadar kaplama işlemi devam ettirilir.

b- Nikel karbonat ilave edilir.

Hatalı yapılan ilavelerin sonucunda son derece pürüzlü bir kaplama yüzeyi elde edilir. İlave olarak çok yüksek pH değerlerinde çalışmanın sonucun yanma, yüzey pürüzlülüğü ve düşük anod çözünürlüğü ortaya çıkar.

3.4.6 Organik Esaslı Katkılar

3.4.6.1 Parlatıcı

Kaplamaya parlaklık verir ve seviyelenmeyi (homojen kaplama dağılımı) arttırır. Eksikliğinde orta akım yoğunluğu bölgelerinden yüksek akım yoğunlu bölgelerine doğru parlaklıkta azalma oluşur. Bununla beraber seviyelenmeyi de azalacaktır. Yapılacak seviyelenme ilavesi sonucunda çok küçük ilerlemeler kaydedilecektir. Hiçbir şekilde 0,2 ml/lt den fazla ilaveler bir defada yapılmamalıdır. Fazlalığında ise metal dağılımı (sarma gücü) düşecek ve kırılgan bir yapı oluşacaktır. Fazlalığı çalıştırarak alınmalıdır.

Kaplanan metalin kırılganlığı ile ilgili olarak Lingzhong ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada zımpara yağlarının etkisi altında nano tanecikli gerginleştirilmiş nikel esaslı kaplama mekanizaması ve sürtünme karakteristikleri incelenmiştir. Makine parçalarının dış cephe dirençlerini geliştirmek için Al_2O_3 , TiO_2 , Si_3N_4, elmas nanopartiküllü gerginleştirilmiş nikel esaslı kaplamalar , nikel metal matirisi ile nanopartikül haline getirilmiş parçaların kaplanması ile hazırlanır. Nano partiküllerin farklı türlerinin etkisi ya da nano partikül içeriği , çözelti içerisindeki , aşınma yağları şartları altında kompozit kaplamanın sürtünme özellikleri üzerinde bir test makinesi üzerinde çalışılarak test edilmiştir. Tarayıcı bir elektron mikroskobu giyim mekanizmasını ortaya koymaktadır. Sonuçlar göstermektedir ki kompozit kaplamaların tamamı daha iyi bir mikroyapıya sahiptir ve yüksek orandaki mikro sertliği saf nikel kaplama ile karşılaştırılmaktadır. Ancak sadece n- baklava biçimli Ni ve n- Al_2O_3/ Ni kompozit kaplamalar sürtünme özelliklerini iyileştirmektedir. Bunlar arasında Al_2O_3 kompozit kaplama , en yüksek maliyet performansına sahiptir. Çözelti içerisindeki optimum Al_2O_3 nano partikül içerigi 20 g/l dir. Kompozit kaplamanın direnç mekanizması , plastik deformasyon , sürtme ve mikro darbeye göre tasarlanmıştır. **[4]**

3.4.6.2 Düzeltici (Taşıyıcı)

Parlatıcı sisteminin temelini oluşturur, sünekliği sağlar. Fazlalılığının hiçbir negatif yada pozitif bir etkisi yoktur. Eksikliğinde ise yüksek akım bölgelerinde parlaklığı düşürür. Ayrıca eksikliğinde parlatıcı ve seviyelenme katkısının dozajlanmasında zorluklarla karşılaşılır.

3.4.6.3 Nemlendirici (Islatıcı)

Hidrojen gazı çıkışı sırasında oluşan pittingi (noktacıklanma) kontrol altında tutmak için kullanılır. Saflaştırıcı yerine kullanılacağı düşünülmemelidir. Nemlendiricinin safsızlıkların kaplama üzerinde oluşturduğu etkilerin saklanması etkisi göstermediği gibi banyo içerisine taşıma ile girmiş yağları emülsifiye özelliği yoktur. Çok iyi şekilde ön işlemi yapılmış parçaların üzerinde oluşmuş noktacıklar ve çatlaklar nemlendirici eksikliğinde ortaya cıkar.

3.4.7 Katod Akım Yoğunluğu

Katod akım yoğunluğu, kaplama tankındaki katod bölümlerinin birim yüzey alanına verilen akıma denir. Önerilen kompozisyonlarda çok geniş akım yoğunluklarında yanma görülmeden çalışılabilir. Yüksek nikel konsantrayonu ile kurulan banyolarda yüksek çalışma akımlarında çalışılabilir. Bununla beraber yüksek konsantrasyonlarda katkı (parlatıcılar) ilavesi gereklidir.

3.4.8 Anod Akım Yoğunluğu

Anod akım yoğunluğunun hesaplanması ile katod akım yoğunlugu hesaplanması arasında bir fark yoktur. Uygulanan akım yoğunluğunun banyodaki toplam anod yüzeyine bölünmesi ile bulunur.

Eğer titanyum bir anod sepeti kullanılıyor ise sepete uygulanacak akım yoğunluğu 3.5 A/dm^2 altında tutulmalıdır. Bu değer tavsiye edilen üst limittir.

Düşük akım yoğunluğunda (çok geniş anod yüzeyi-düşük akımlar için) çalışmak bir problem yaratmaz. Ama toplam metal konsantrasyonu çalışma boyunca artar. Ama çok yüksek akım yoğunluğunda (çok düşük anod alanı) dolayı anod pasiflenmesine neden olur. Aşırı yüksek anodik akım yoğunluğunda çalışıldığında anodlardan kaplamaya olumsuz etkisi olan klor gazı çıkışı görülebilir.

Önce parlatıcı tüketiminde biraz artma görülür. İkinci olarak oluşan klor gazı anod torbasındaki plastik bağlara da zarar vererek torbanın delinmesine ve anottan kaynaklanan çamurun banyoya geçmesine neden olur. Bu durumda pürüzlü kaplama oluşur. (Satıcıoğlu,2006)

3.5 Banyo Temizleme Yöntemleri

Nikel kaplama banyoları diğer banyolar gibi kullandıkça kirlenir. Bu tür kirlilikler genellikle kaplamayı olumsuz etkiler bazende kaplamanın kesilmesine neden oler. Bu nedenle nikel banyoları düzenli aralıklarla temizlenmelidir. Bu amaçla aşağıdaki işlemler uygulanır.

1. Selektif temizlik :
Metalik kirlilikler , katodik olarak 0,05 – 1,0 A/dm2 akım yoğunluğunda geniş katod alanı kullanılarak alınabilir. Bu işlem için katod olarak kıvrımlı (zikzak şeklinde) şekillendirilmiş sac levhalar kullanılabilir. Yüksek sıcaklık ve karıştırma uygulanarak yapılan selektif işlemi ile nikel kaplama banyolarında daha iyi bir metal kirlilik alımı sağlanmaktadır.

2. Aktif karbon :
Banyodaki organik kirlilikleri temizlemek amacıyla uygulanır. Aktif karbon 5-10 g/ lt olacak şekilde , güçlü bir karıştırmaeşliğinde elektrolite ilave edilir. elektrolit gece boyunca

dinlendirilir. Ve sonra tam olarak temizlenene dek filtre edilir. kömürleme işleminin , kaplamatankindan ayrı bir tankda uygulanması tavsiye edilir.

3. Hidrojen peroksit :
Kaplama banyosundaki demir kirliliğini uzaklaştırmak için uygulanır. Hidrojen peroksit (%30) demiri çöktürmek için oksidasyon ajanı olarak kullanılmaktadır. 0,3 – 1,0 ml / lt konsantrasyonlarında ilave edilir. (Yılmaz , 2007)

3.6 Nikel kaplama tesisinde karşılaşılan sorunlar ve muhtemel çözümleri

Çizelge 3.1

Problem	Nedeni	Çözümü
Orta ve yüksek akım yoğunluğu bölgesinde bulutlu görünüm	- düşük parlatıcı - düşük pH - organik kirlilik - metal kirliliği	- parlatıcı ilave edilir - pH ayarlanır - aktif karbon işlemi uygulanır - selektif temizlik uygulanır
Yüksek akım bölgelerinde yanma	- yüksek pH değeri - düşük tuz miktarı - yetersiz karıştırma - kötü askılama	- pH ayarlanmalı - analiz ile eksiklik tamamlanır - karıştırma düzenlenir - askılama düzeltilir
Alçak akım yoğunluğu bölgelerinde bulutlu görünüm	- düşük parlatıcı - düşük pH	- parlatıcı ilave edilir - pH ayarlanır
Alçak akım yoğunluğu bölgelerinde mat (koyu) kaplama	- aşırı parlatıcı miktarı - metalik kirlilik (Cu, Zn , Pb, Cd) - düşük taşıyıcı miktarı - aşırı karıştırma	- selektif yapılır - selektif yapılır - taşıyıcı ilave edilir - karıştırma hızını düşürülür
Zayıf seviyelenme	- düşük prlatıcı miktarı - düşük taşıyıcı miktarı - düşük pH - düşük seviyelenme ajanı - yetersiz karıştıma	- parlatıcı ilave edilir - taşıyıcı ilave edilir - pH ayarlanır - seviylenidirici ilave edilir - karıştıma hızı arttırılır
Zayıf süneklik	- aşırı parlatıcı miktarı - düşük taşiyıcı miktarı - yüksek pH - metal kirlilik (Zn, Cd) - organik kirlililk	- selektif yapılır - taşıyıcı ilave edilir - pH ayarlanır - selektif yapılır - aktif karbon uygulanır

3.7 Nikel Banyolarının İşletiminde Genel Faktörler [3]

3.7.1 Çalışma Sıcaklığı :

Çalışma sıcaklığını arttırmak kaplamayı yumuşatır ve zor kırılır hale getirir. Ayrıca tüm diğer şartlar aynı kaldığı halde kaplamada yanma oluşmadan daha yüksek akım yoğunluklarının kullanılabilmesine fırsat verir. Diğer taraftan sıcaklığı düşürmek daha sert ve kolay kırılır kaplamalar verir. Yüksek ısı aynı zamanda yüksek metal tuzu konsantrasyonuna fırsat verir.

3.7.2 Metal Tuzu Konsantrasyonu :

Metal tuzu konsantrasyonunun arttırılması daha yüksek akım uygalanmasını yani kaplamanın hızlanmasını sağlar ancak dağıtma gücünü azaltır. Daha pürüzsüz ve daha iyi mekanik özellikleri olan kaplamalar vermekle beraber kaplamanın kırılganlığı - gevrekliği azalır.

3.7.3 pH :

Düşük pH değeri genellikle kaplamada soyulma ve çatlama olmadan daha yüksek akım yoğunluklarının kullanılabilmesini sağlar. Ayrıca anod verimini arttır böylece pH daha uzun süre sabit kalacağından banyoyu sürekli nikel tuzları ekleyerek tamamlamak gerekmez. pH'ı yükseltmekse özellikle düşük akım yoğunluklarında karıncalanmayı (pitting) azaltır, katod verimini arttırır ve dağılma gücünü yükseltir.

3.7.4 Kirleticiler :

Nikel banyoları kirleticilerden kolay etkilenirler. Küçük miktardaki kirliliklerin etkisi şaşırtıcı biçimde büyük olabilir. Örneğin, 0.01 g/lt bakır, kaplamanın alçak akım yoğunluğu alan kısımlarının daha koyu ve kırılgan hale gelmesine neden olabilir.Oda sıcaklığında çalışan mat nikel çözeltileri bu tür kirletici maddelerin bazılarına karşı çok daha duyarsızken, parlak nikel çözeltileri aşırı duyarlıdır.

3.7.5 Organik Kirleticiler :

Kaplama hattında bazı işletme hataları, eğer kullanılıyorsa bir pompadan ya da ısı değiştiriciden sızan yağ, kalitesiz parlatıcı veya nemlendirici ve bunların bozulması, nikel öncesi yetersiz durulama, malzeme üzerindeki polisaj veya parlatma artıklarının tamamen temizlenmemiş olması, eğer kullanılıyorsa hava kompresöründen sızan yağ veya gres kaplama üzerine olumsuz etki yapacaktır.

3.7.6 İnorganik Kirleticiler :

Kullanılan tuzların safsızlığı, kalitesiz su, daha önceki işlemlerden taşınmalar, kalitesiz anodlar inorganik kirletici kaynaklarıdır.

3.8 Nikel Kaplama Ekipmanları [3]

3.8.1 Tanklar :

Nikel kaplama tankları, elektrolitin asidik olması nedeniyle polipropilen, polietilen gibi aside dayanıklı malzeme ile kaplı çelikten olmalıdır.

3.8.2 Isıtıcılar :

Banyo 50 – 60 °C sıcaklıkta çalışır. Bu nedenle banyo çalışma sıcaklığına ısıtılmalıdır. Bu amaç için elektrikli daldırma ısıtıcıları kullanılabilir. Elektrolitin asidik olması nedeniyle bu daldırma ısıtıcıları asitlere dayanıklı materyallerden yapılmalıdır. En uygun olan materyaller teflon, cam, kuvars kaplı ısıtıcılardır.Bazı işletmelerde banyo eşanjörle ısıtılır. Eşanjör sisteminin elektrolitle temas eden kısımları asitlere dayanıklı malzemeden yapılmalıdır.

3.8.3 Filtreler :

Çoğu metal kaplama banyolar gibi nikel banyolarıda filtre edilmelidir. Filtrasyon işlemi mümkünse sürekli yapılmalıdır. Büyük banyorda sürekli filtrasyon olabilir gerekli iken daha küçük banyolarda aralıklı olabilir. Seçilen filtre ünitesinin çözeltiyle temas eden pompa, filtre elemanı, kullanılan boru parçaları çözeltinin hareketine ve asiditesine dayanıklı malzemeden olmalıdır. Filtre ünitelerinde kullanılan en yaygın malzeme polipropliendir.
Filtrasyon işlemi sürekli yapılacaksa filtrasyon kapasitesi banyo çözeltisini saatte iki defa filtre edebilecek şekilde seçilmelidir.

3.8.4 Anod Ve Katod Baraları :

Anod ve katodların asıldığı çubuklara bara adı verilir. Genellikle pirinç malzemeden yapılır.

3.8.5 Karıştırma :

Parlak nikel banyosu en iyi sonuçları alabilmek için karıştırılmalıdır. Karıştırma ya katot çubuğunu ileri geri hareket ettirerek, ya çözeltiyi pompalayarak ya da çözeltiye hava üfleyerek elde edilir. En kolayı dakikada 180 ila 300 cm ileri geri hareket eden karıştırıcıdır. En az karışık olanı budur ve çözelti sık sık filtre edilmiyorsa tortuyu hareket ettirmediğinden en iyi yöntemdir.

3.8.6 Anodlar :

99.99 % saflıkta nikel anod kullanılmalıdır. Düz plaka en yaygın kullanılan anod şeklidir. Titanyum sepetinin içine konmuş anot külçeleri de kullanılabilir. Dolap kaplama için özel eğri şekilli olan anodlar kullanılabilir. Banyoya tortu kaçmaması için bu anodlar polipropilen

torba içinde kullanılmalıdır. Standart uygulamada anotların iki ucu delinir ve titanyum çengele tutturulur. Tanktaki çözelti seviyesi anodun üst kenarından 2–3 cm yukarda olmalıdır. Anod uzunluğu kullanılan tankın derinliğine bağlıdır. Anodun alt ucu tankın dibinden 5 cm kadar yukarısında olacak kadar uzun olmalıdır.

3.9 Nikel Kaplamanın Sökülmesi [3]

Sökme çözeltisi kompozisyonu

Sülfürik asit . . . . . 5 lt
Gliserin . . . . . 30 ml
Bakır sülfat . . . . . 85 gr
Su . . . . . 3 lt

25 – 30 ºC de kullanılır.Ters akımda tanka 6 Volt uygulanır. Oda sıcaklığında, su ve gliserin karıştırılır, üzerine bakır sülfat eklenir ve çözülür. Daha sonra asit dikkatlice ilave edilir.

3.13 Korozyon Testleri (Salt Spray Tests)

Bazen bir kaplamanın korozyon mukavemetinin ölçülmesi istenir. Ancak bunun doğrudan denenmesi için doğal ortamda paslanmasının beklenmesi gerekir ki buda yıllar boyu sürebilir. Bu nedenle uluslararası normlara sahip hızlandırılmış korozyon testleri uygulanır. Bunlardan en yaygın ve en iyi bilineni, tuz püskürtme test kabinlerinde yapılan paslandırma testidir. Bu amaçla belirli geometrik yapıya sahip plastik kabinler kullanılır. Bu kabinlerin içinde sabit klimatik koşullar oluşturulur ve belirli açıyla kabine içine konan parçalara % 5'lik tuzlu su püskürtülür. Bu işlem sırasında parçanın kaç saatte paslandığı gözlenir ve raporlanır. (Çetinkaya,2006)

Korozyon direnci ile ilgili olarak bir çok çalışma mevcuttur. Bunlardan biri azokatyonik surfaktanlar kullanılarak Ni / SiC kompozit kaplama ve kaplamanın dış direnci çalışmasıdır. Bu çalışmada nikel ile birlikte SiC partiküllerinin kodepozisyonunda katyonik sürfaktan içeren bier azobenzen grubun hidrofobik kuyruk uzunluğu nın tesiri çalışılmıştır. Çalışmalar göstermiştir ki kuyuk kısaldıkça SiC partikullerinin miktarı kodepozit içerisnde daha uzn kuyruklu bir sürfaktana göre fazladır.

SiC nin faklı hacim yüzdeleri ile kaplamanı niteliği , kru kayma şartları altında çalışılmış ve kaplamanın iç cephe performansını derecesi , yüzey alanı ve yüzey alanındaki iz derinliği temelinde değerlendirilmişitir . Ni/ SiC kompozit kaplamanın dış cephe dienci , kodepozit iöççöesindeki SiC partikullerinin miktarındaki srtış ile %52 ye kadar artmıştır. Hacmen %71,5 içeren kaplamanı aşınma performansı herhangi bir partikulü içermeyen nikel kaplamaya gore çok daha zayıftır. **[5]**

3.10.1 Nikel Kaplama Korozyon Mukavemet Değerleri

Nikel kaplamalı malzemelerin korozyon dayanımı üzerine yapılan çalışmalardan biri de karbon içeriği yüksek olan çelik üzerine nikel kaplanmış politiopen'in elektro kimyasal sentezi ve korozyon performansı çalışmasıdır. Burada asetonitril içeren lityum perklorat çözeltisi içerisinde nikel kaplanmış yüksek karbonlu hafif çelik elektrotlar üzerine politiopen'in elektrokimyasal polimerizasyonu incelenmiştir. 1 mikron kalınlıktaki nikel tabakası, uygun bir banyo çözeltisinde galvano statik olarak elde edilir. Sonrasında politiopen filmin sentezi, 0.1 M asetonitril–lityum perklorat çözelitisinden periyodik voltametre tekniği kullanılarak elde edilir. En üstte polimer tabakası olsun ya da olmasın nikel kaplı örneklerin korozyon performansı, % 3.5 NaCl çözeltisi içerisinde elektrokimyasal empedans spektroskopisi ve anodik polarizasyon eğrileri kullanılarak incelenmiştir. Nikel kaplama burada bir fiziksel bariyer gibi davranır ve korozyona karşı karbonlu çeliği korur. Fakat bu bariyer zamanla zayıflar ve karbonlu çeliği koruma konusunda zayıf düşer. Karbonlu çeliğin en üstüne yapılan politien kaplama korozyon direncini önemli ölçüde arttırdığı ve agresif çevre koşullarına karşı mükemmel bir koruma sağladığı görülmüştür. **[6]**

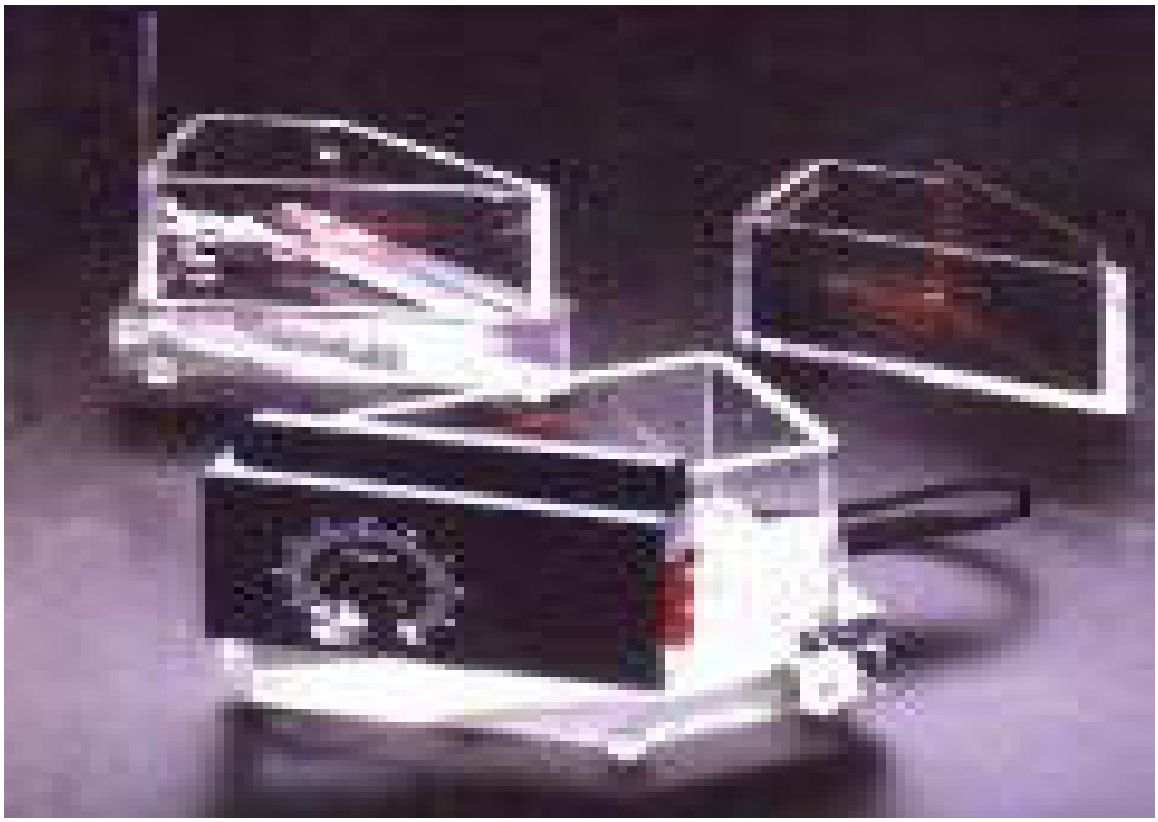
korozyon dayanimi üzerine yapılan çalımalardan biri de B_4C ve SiC ilevelrini nikel kaplamanı korozyon ve kimyasal , morfolojik , fiziksel ozellkleeri üzerineetkileri isimil çalışmada mikrosrtlik, iç stres, elektroın tarasma mikroskobu ve elektrkimyasal empedans spektroskopisi ölçümlei, saf nikel kaplama ile birlikte Ni- B_4C ve Ni- Si C komposit kaplamaları karşılasturmada kullanılır. Nikel elektro kaplama uzerinde birleştirilmiş karbürün etkisi , yüzey morfolojisi , fiziksel ve kimyasal gerilim , ve nikel kaplamanın korozyon dayanimi çalışılmıştır. Nikel kaplamanın özellileri Ni-SiC ve hatta Ni- B_4C nin iözelliklerinden farklıdir. Mikrosertlikleri Ni- SiC kaplamasnınkinden daha düşüktür.ancak koroztyon dayanımı Ni- B_4C kaplamadan ikikat daha fazladır. Birlelştirlmiş karbür ün fiziksel özellikleri ve kaplama yüzeyinin özellikleri arasındaki bağlasntıdan şu sonuç çıkar: B4Cnin iletkenliği nedeniyle , yüzeyin aktivitesi artar ve stabilitesi azalır. Sonuçolarak , hidrofobik metalik nikelin korozyon dayanimi yetenegi azalır , sertlik ve korozyon direnci matrisi iletken olmayan SiC partikulleri le şeklilendirilmişitir. Yüksek sıcaklık nikel kompozitinin entegrasyonunu degistirmez. **[7]**

3.11 Hull Cell

A. Hull adında Amerika'lı bir bilim adamı 1937 yılında anod-katod mesafesi ile parça üzerindeki akım yoğunluğu arasındaki ilişkiyi incelemiş ve aralarındaki ilişkiyi formule etmiştir. Bu amaçla Hull özel bir kap tasarlamış ve bu kaba Hull Cell ve yapılan bu teste de Hull Cell testi demiştir. Hull Cell, metal bir plaka üzerine katodik kaplama yaparak, kaplama ve banyo karakteristiğini değerlendirmek için tasarlanmış minyatür bir kaplama ünitesidir. Kaplanan katod plakasının yorumlanması ile parlaklık, kaplamanın homojenliği, örtücülük, dağıtma gücü, kirlilik ve kaplama banyosunun kimyası hakkında bilgiler alınır. Hull Cell, belirli bir kaplama banyosunda önerilen işletme parametreleri içinde gerçekte neler olup bittiğini tam olarak yansıtır. Kaplanan örnek ve Hull Cell Cetveli kullanılarak, banyo tahrip

edilmeden araştırma, önleyici bakım, hata düzeltme ve kalite kontrol işlemleri hızlı bir şekilde test edilmiş olur. Bu çalışmada kaplamalar Hull Cell Kabı ile yapılmıştır.(Çetinkaya,2006)

Şekil 3.1 Hull Cell Kabının Genel Görünüşü



4. DENEYLER

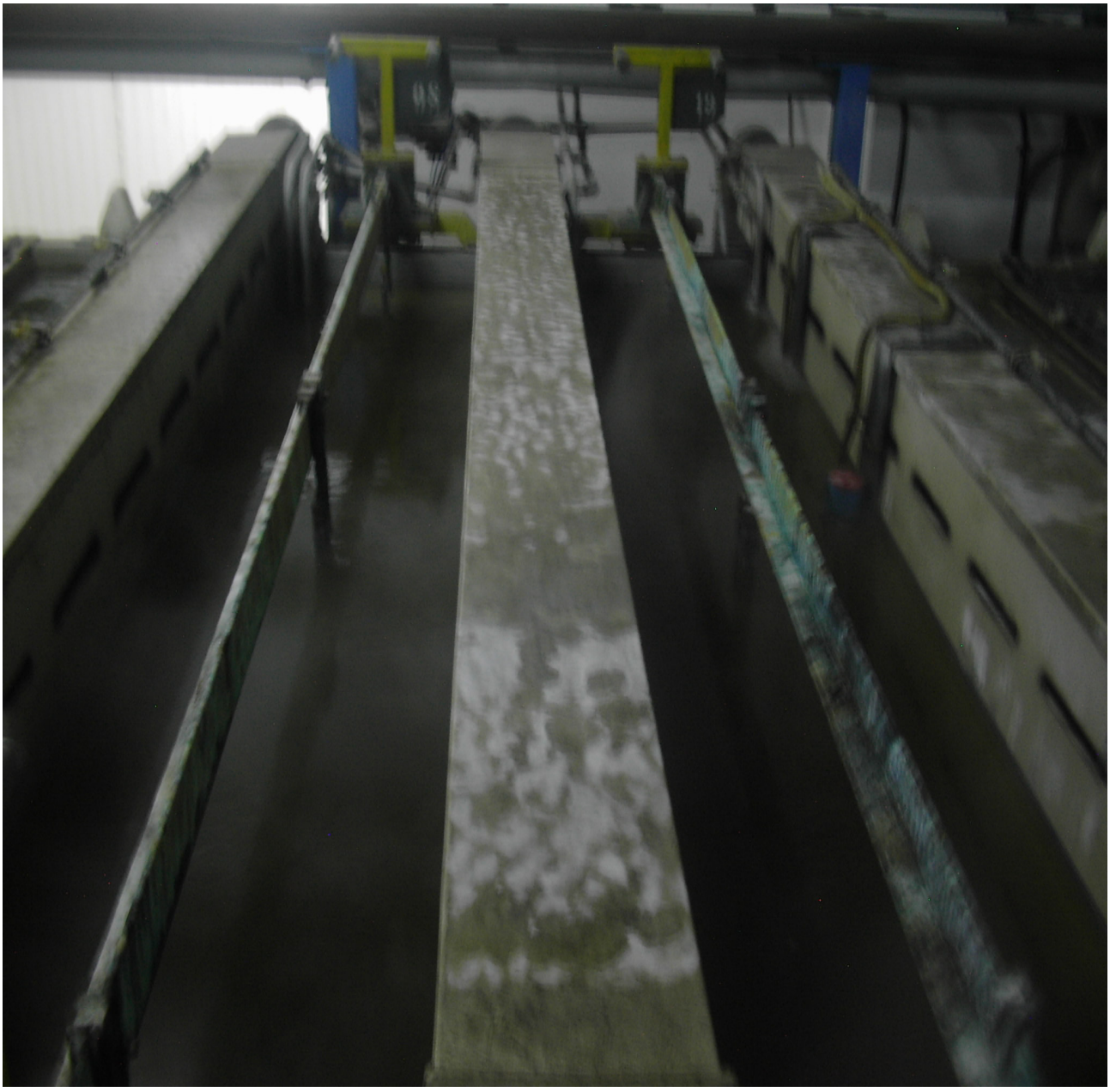
Burada kaplamadaki nikel oranın artması veya azalması, kaplama kalınlığının artması ya da azalması kaplamanın mat veya parlak olması gibi parametreler incelenmiştir.

4.1 Deney Koşulları Seçimi

Nikel kaplama banyolarının karakteristiklerinin incelenmesi isimli çalışmada deney ortamı olarak Kale Kilit ve Kalıp Sanayi A.Ş. kimya laboratuarı ve kaplama tesisi seçilmiştir. Kale kilit A.Ş. metal kaplama tesisinde bulunan 1 tonluk parlak nikel banyolari haricinde kaplanacak olan metalin cinsine göre aynı hacimde siyanürlü bakır banyosu , kromik asit banyosu , asitli çinko banyosu , sülfatlı princ ve siyanürlü princ banyoları mevcuttur.



Şekil 4.1. Kale Kilit Fabrikaları Metal Kaplama Tesisi



Şekil 4.2. Kale Kilit Kaplama Tesisi Nikel Banyosu

4.2 Kimyasalların Seçimi

Tüm nikel proseslerinde WATT tipi banyolar kullanıldığı için inorganik kompozisyonlar birbirine benzer. Bu amaçla yapılan deneylerimizde ana kompozisyon ;

260 g/lt Nikel sülfat
67 g/ lt nikel klorür
45 g/lt borik asit olarak belirlenmiştir.

Böylece banyonun analitik kompozisyonu aşağıdaki gibi olur :
75 g/lt metalik nikel
20 g/lt klorür
45 g/lt borik asit

Yapılacak olan nikel kaplamanın parlak olabilmesi için DELTA Firmasının ürettiği ticari isimli parlatıcı, taşıyıcı ve ıslatıcı ayrı ayrı kullanılmıştır. Bunun sebebi ise; KALE Kilit Fabrikasının DELTA Firması ile çalışmasıdır.

4.3 Deney Ön Hazırlığı

Kaplama deneyleri Hull Cell kaplarında yapılacaktır. Bundan sonra Hull Cell kaplarından kısaca HC olarak söz edilecektir. HC çalışmaları 50 °C'de ve karıştırmasız olarak yapılmıştır. Her çalışmada tek bir yüzü 0.7 dm^2 (10 cm x 7 cm) alana sahip parlak çelik plakalar kullanılmıştır. Bu plakalara 10 dakika süre ile 1.0 amper akım uygulanması hedeflenmiş ancak yeteri kadar kaplama kalınlığı elde edilmediği için yukarıdaki ana kimyasal kompozisyon ile 10 dakika 2 amperde çalışılmıştır. Plakalar kaplanmadan önce elektrolitik yağ alma banyosunda temizlenmiş, akan musluk suyu altında durulanmış daha sonra % 10'luk sülfürik asit banyosunda nötralize edilerek yine musluk suyu altında yıkanmıştır. Bu plakalar kurutulmadan Hull Cell işlemine alınmıştır.

4.4 Hull Cell Testi

4.4.1 Taşıyıcı Etkisi

Taşıyıcı ürünün kompozisyonu BASF Firmasından alınmıştır.

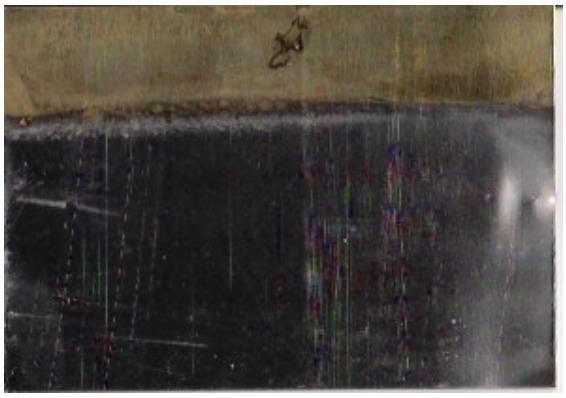
Çizelge 4.1 Taşıyıcı Ürünün Kompozisyonu

TAŞIYICI KOMPOZİSYONU	100 KG MAMUL İÇİN
Sodyum sakarin	25.0 kg
Sodyum allyl sülfonat % 35 lik	6.7 kg
Su	68.3 kg

Taşıyıcı kimyasaldan (DELTASOL) 5 ml/lt, 10 ml/lt, 15 ml/lt miktarları ile çalışmalara başlanmıştır. Daha sonraki çalışmalarda sarfedilecek miktar ve diğer etkenler düşünülerek bu

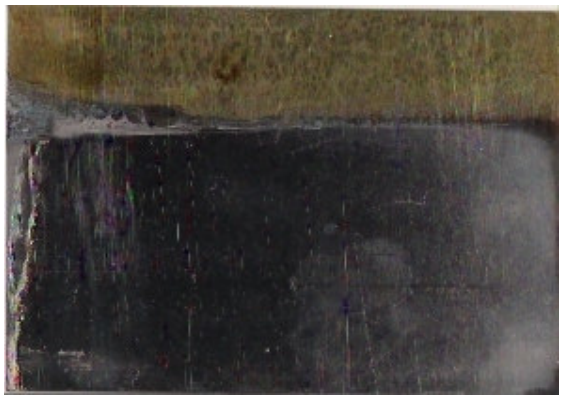
miktar daha sonra % 10 daha arttırılarak 11 ml/lt olarak kararlaştırılmıştır. Çözelti içine 11 ml/lt taşıyıcı ilave edilerek Hull Cell ile bir plaka kaplanmıştır. Sonuçta elde edilen kaplama mat olmuştur.Yapılan X- Ray ölçümünde alçak akım bölgesinden yüksek akım bölgesine doğru 1 –5 mikronluk bir kalınlıkta nikel içeren bir kaplama elde edilmiştir. 11 ml/lt ile çalışmalar uygun sonuç verince maliyet sebebi ile 11 ml/lt en uygun taşıyıcı konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.3 Nikel Banyo orjinal hali



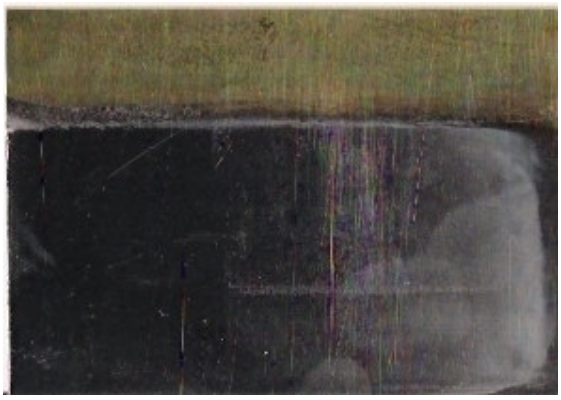
Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

Şekil 4.2 5 ml/lt Taşıyıcı İlavesi



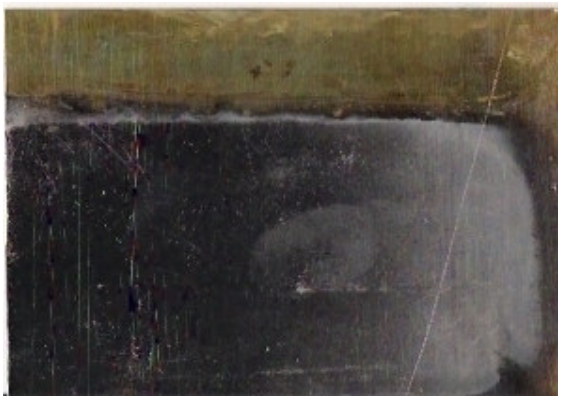
Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

Şekil 4.5 10 ml/lt Taşıyıcı ilavesi



Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

Şekil 4.6 15 ml/lt Taşıyıcı İlavesi



Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

4.4.2 Parlatıcı Etkisi

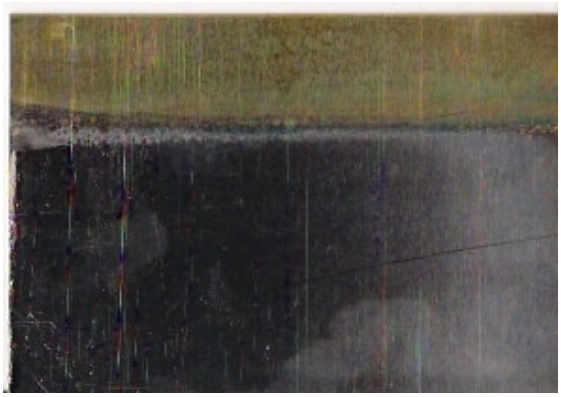
Parlatıcı ürünün kompozisyonu BASF Firmasından alınmıştır.

Çizelge 4.2 Parlatıcı Ürünün Kompozisyonu

PARLATICI KOMPOZİSYONU	100 KG MAMUL İÇİN
Golpanol PPS	7.6 kg
Golpanol PA	3.8 kg
Golpanol DEP	1.9 kg
Golpanol PS	8.6 kg
Sodyum Sakarin	10.0 kg
Su	68.1 lt

Burada da parlatıcı miktarları 0.3g/lt, 0.5g/lt ve 0.7 g/lt alınmıştır. Kullanım miktarı 0.5 g/lt olarak belirlenmiştir. Banyoya her seferinde 6 g/lt Ni^{+2} ilave edilmesiyle kaplamanın parlaklığının azalmaya başladığı gözlenmiştir. Bu sebeple Ni^{+2} konsantrasyonunun 75 g/lt olarak tutulmasına karar verilmiştir. Kaplamada nikel oranının çok yükselmesi kaplamanın kırılgan olmasına neden olmaktadır. Kullanılan kompleksan ve ıslatıcıların miktarları ayrı ayrı çalışmalar ile belirlenmiştir. Ancak daha sonra yapılacak ilavelerde herhangi bir karışıklığa, dolayısıyla aralarındaki oranın bozulması riskine karşı bu kimyasallar gerekli oranda karıştırılarak bir ilave katkısı oluşturulmuştur. Böylece bu karışımdan ne kadar ilave edilirse edilsin, aralarındaki oran bozulmamış olacaktır.

Şekil 4.7 0.3 ml/lt Parlatıcı İlavesi



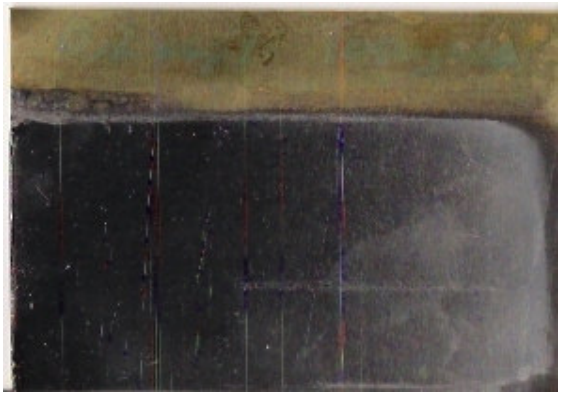
Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

Şekil 4.8 0.5 ml/lt Parlatıcı İlavesi



Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

Şekil 4.9 0.7 ml/lt Parlatıcı İlavesi

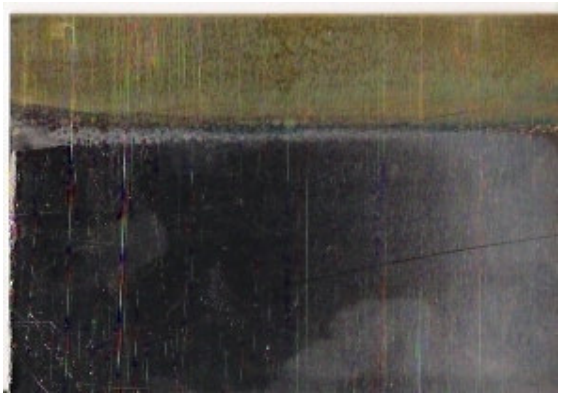


Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

4.4.3. Islatıcı Etkisi

Islatıcı için kompozisyon 4 ml/lt olarak BASF Firmasından alınmıştır.

Şekil 4.10 4 ml / lt Islatıcı İlavesi



Akım	1 A
Süre	10 dk
Sıcaklık	50 °C
Nikel sülfat	260 g/lt
Nikel klorür	67 g/lt
Borik asit	45 g/lt

4.5 X-Ray Cihazı Sonuçları

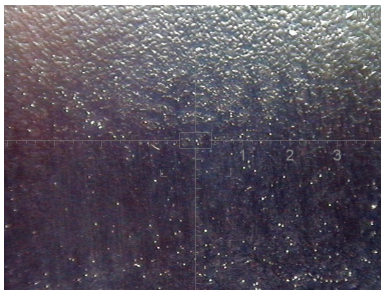
X-Ray Dal Cihazı (Fischer Instruments GmbH, 2002), kaplama kalınlığını ölçüp, kaplamadaki Ni yüzdeleri, ortalama değerler, en yüksek ve en düşük değerler ile, standart sapma gibi verileri elde eden cihazdır.

Nikel kaplama banyosundan elde edilen demir üzeri nikel kaplamanın Helmut Fischer Marka X –Ray kaplama kalınlığı ölçüm cihazı ile ölçülen kaplama kalınlığı aşağıdaki gösterildiği şekilde ifade edilmiştir.

X-RAY 1. Deney 5 ml/lt taşıyıcı miktarının kalınlık üzerindeki etkisi

HELMUT FISCHER GmbH + Co. KG
Industriestrasse 21
71069 Sindelfingen

Fischerscope® XRAY XDL-B
Product: 1 /Ni/Fe Dir.: Fischer Block: 3.7.2
Application: 1 /Ni/Fe



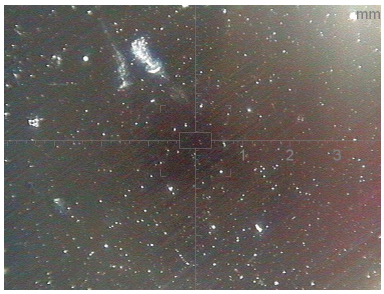
n= 1 Ni 1 = 11,3 µm
n= 2 Ni 2 = 15,1 µm
n= 3 Ni 3 = 16,8 µm

Mean	**14,42** µm
Standard deviation	**2,837** µm
C.O.V. (%)	**19,68**
Range	**5,54** µm
Number of readings	**3**
Min. reading	**11,3** µm
Max. reading	**16,8** µm
Measuring time	**10** sec
Operator:	Ozan Gezerman

X-RAY 2. Deney 10 ml/lt taşıyıcı miktarının kalınlık üzerindeki etkisi

HELMUT FISCHER GmbH + Co. KG
Industriestrasse 21
71069 Sindelfingen

Fischerscope® XRAY XDL-B
Product: 1/Ni/Fe Dir.: Fischer Block: 3.7.3
Uygulama: 1 /Ni/Fe



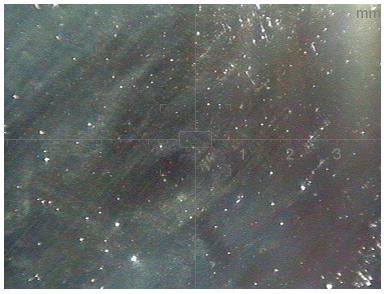
n= 1 Ni 1 = 15.8 µm
n= 2 Ni 2 = 16,0 µm
n= 3 Ni 3 = 18,6 µm

Mean	**16,79** µm
Standard deviation	**1,596** µm
C.O.V. (%)	**9,5**
Range	**2,87** µm
Number of readings	**3**
Min. reading	**15,87**µm
Max. reading	**18,6** µm
Measuring time	**10** sec
Operator:	Ozan Gezerman

X-RAY 3. Deney 15 ml/lt taşıyıcı miktarının kalınlık üzerindeki etkisi

HELMUT FISCHER GmbH + Co. KG
Industriestrasse 21
71069 Sindelfingen

Fischerscope® XRAY XDL-B
Product: 1 /Ni/Fe Dir.: Fischer Block: 3.7.4
Application: 1 /Ni/Fe



n= 1 Ni 1 = 15.4 µm
n= 2 Ni 2 = 18,9µm
n= 3 Ni 3 = 18,6 µm

Mean	**17,62** µm
Standard deviation	**1,939** µm
C.O.V. (%)	**11.01**
Range	**3,52** µm
Number of readings	**3**
Min. reading	**15,4** µm
Max. reading	**18,6** µm
Measuring time	**10** sec
Operator:	Ozan Gezerman

KALE Kilit Fabrikasında kilit parçaları üzerine yapılan nikel kaplamasının kalınlık değerlerinin 15-20 mikron olması standardı vardır. Bu sebeple yapılmış olan 3 tane X-RAY Analizi uygunluk testinden geçmiştir.

4.6 Nikel kaplama banyo analizleri

Gerekli Malzemeler:
25 % Amonyak çözeltisi
10 % Potasyum kromat çözeltisi
Müreksit indikatörü
Borik asit tampon çözeltisi
0.1 M EDTA
0.1 N Gümüş nitrat
0.1 N sodyum hidroksit

4.6.1 Metalik nikel analizi

Banyodan pipetle 1 ml numune alınıp bir erlene koyulur. Üzerine 100 ml saf su, 10 ml amonyak ve az miktarda müreksit indikatörü ilave edilir.
EDTA ile menekşe renge kadar titre edilir.

Sonuç **:** Sarfiyat x 5.87 = . . . g/lt metalik nikel

4.6.2 Klorür Analizi

Banyodan pipetle 1 ml numune alınıp bir erlene konur. Üzerine 100 ml saf su, 4 – 5 damla potasyum kromat çözeltisi ilave edilir. Gümüş nitrat ile kahve kızıl renge kadar titre edilir.

Sonuç : Sarfiyat x 3.55 = . . . g/l klorür

4.6.3 Borik asit analizi

Banyodan pipetle 1 ml numune alınıp bir erlene konur. Üzerine 25 ml borik asit tampon çözeltisi koyulur. sodyum hidroksit ile menekşe renge kadar titre edilir.

Sonuç : Sarfiyat x 6.2 = . . . g/lt borik asit

5. SONUÇLAR

Laboratuar koşullarında yapılan çalışmalarında parlatıcı taşıyıcı ve ıslatıcı kimyasalların etkileri tek tek görülmüştür. Bu çalışmalarda taşıyıcının nikelin plaka yüzeyine daha iyi oturmasını, sarma gücünü artırdığı ve tüm plaka bölgelerinde aynı orada kaplama kalınlığı verdiği gözlenmiştir. Parlatıcının plaka üzerinde özellikle düşük akım bölgesinde kaplama girişgenliğini kesmekle birlikte akım verimini düşürmekte pH değerinin yükselmesine neden olmakta, kırılganlığı arttırmakta ve plakayı istenen parlaklığa getirmektedir. Islatıcı ise plakanın her tarafına aynı etkiyi vermekle birlikte en çok etkiyi alçak akım bölgesinde göstermektedir. Yapılan deneysel çalışmalar ile her üç organik kimyasal için bir optimum miktar belirlenmiştir. Buna göre taşıyıcı için optimum miktar taşıyıcı için 11 ml/lt, parlatıcı için 0.5 ml/lt ve ıslatıcı için 4 ml/lt olarak belirlenmiştir.

Yapılan tüm çalışamaların sonucunda bir nikel kaplama banyosu için ana kompozisyon;

260 g/lt nikel sülfat
67 g/lt nikel klorür
45 g/lt borik asit

İlave katkılar olarak ise;
11 ml/lt taşıyıcı
0.5 ml/lt parlatıcı
4 ml/lt ıslatıcı

İşletme parametreleri ise sıcaklık 45°C–55°C, akım yoğunluğu 1–5 A/dm^2 olarak belirlenmiş, kaplama hızı ise 0,44 mikron/dakika (2 A/dm^2) olarak ölçülmüştür.

KAYNAKLAR

Brenner, A., (1963), "Electrodeposition of Alloys", Academic Press.

Çetinkaya,E ., (2006),"Çinko-Nikel Alaşım Kaplamalarının Karakteristiklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi , İstanbul

Koehler, W.A., (1944), "Principles and Applications of Electrochemistry", John Wiley and Sons Inc.

Lowenheim, F.A., (1974), Ed. 3rd Edition, John Wiley and Sons Inc.

Lutter, E., Benninghoft, A., Kramer, O.P., (1960), "Eugen G. Levze Verlag", Saulgav/WTTBG.

Mantell, C.L., (1960), "Electrochemical Engineering", 4th Edition, Mc Graw. Hill Book Co. Inc.

Maraş ,N .,(1988)," Galvanoteknik ", İstanbul

Palin, G.R., (1969), "Electrochemistry for Technologists", Pergamon Press.

Saraç, A.S., (1995), "Metal Kaplama ve Elektrokimyasal Teknolojiler", Çağlayan Kitabevi.

Satıcıoğlu, F.,(2006)," Nikel Kaplama Banyolarında Komponentler Ve Çalışma Limitleri ", Yüzey İşlemler Sanayi Kataloğu, 22-25, İstanbul

Yılmaz , P.,(2006) ,"Kaplama Tesisinde Karşılaşılabilecek Sorunlar Ve Çözümleri", Yüzey İşlemler Sanayi Kataloğu,36-44, İstanbul

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.imagineering-inc.com

[2]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TVV-44M1M6V-G&_user=10&_coverDate=02/01/2002&_alid=570068111&_rdoc=85&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5544&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f155b304ddc1115e5ebd477db3088d4f#hit3#hit3

[3] http://www.galvanoteknik.org/form/dosyalar/08.pdf

[4]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V5B-4D75NG9-1&_user=10&_coverDate=11/01/2004&_alid=570068111&_rdoc=53&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5782&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=79634ca658c64655ed3fd0f17d864f08#cor1#cor1

[5]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V5B-48BTYNP-1&_user=10&_coverDate=03/31/2003&_alid=570068111&_rdoc=72&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5782&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f79a237202946f59e3140524d0514e4f#hit2#hit2

[6]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6THY-4CYGVS0-7&_user=10&_coverDate=01/31/2005&_alid=570068111&_rdoc=51&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5295&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fd5f61af16629912a542a6746d3649be#m4.cor*#m4.cor*

[7]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TVV-44V1XF0-3&_user=10&_coverDate=05/01/2002&_alid=570068111&_rdoc=83&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5544&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f3a17c9a950f6405b5bc42ab90048923#hit2#hit2
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TVV-44V1XF0-3&_user=10&_coverDate=05/01/2002&_alid=570068111&_rdoc=83&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5544&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=f3a17c9a950f6405b5bc42ab90048923#hit2#hit2

[8]http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6THY-4BFXW07-8&_user=10&_coverDate=04/15/2004&_alid=570068111&_rdoc=58&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=5295&_st=13&_docanchor=&view=c&_ct=203&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=69525cf32403eb8fc6793aa2566c7a7e#m4.cor*#m4.cor*

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	03.07.1978	
Doğum Yeri	Mersin	
Lise	1992-1995	Salim Yılmaz Lisesi
Lisans	1996-2000	Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2004-Devam Ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Müh. Ana Bilim Dalı Kimya Müh. Programı