

## ELEKTROLİZ YÖNTEMİYLE ÇİNKO KAPLAMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet HASÇALIK, Cebeli ÖZEK

Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü,  
23119 Elazığ/Türkiye

### ÖZET

Bu çalışmada sac levhaların çinko kaplanmasında kullanılan asitli ve siyanürlü banyolarda akım yoğunluğu, işlem süresi ve banyo sıcaklığının kaplama kalınlığı ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Numuneler mekanik ve kimyasal ön işlemlerden geçirildikten sonra, 25 °C ve 35 °C banyo sıcaklıklarında, dört farklı akım yoğunluğu ve işlem süreleri kullanılarak elektroliz yöntemiyle kaplanmıştır. Her iki banyoda da işlem zamanı, banyo sıcaklığı ve akım yoğunluğu arttıkça kaplama kalınlığı artmaktadır. Ancak, aynı şartlar altında asitli banyolarda kalın fakat kalitesiz, siyanürlü banyolarda ise, daha kaliteli fakat ince kaplama tabakası elde edilmiştir.

### THE INVESTIGATION OF PARAMETERS OF ZINC COATING WITH ELECTROPLATING

### ABSTRACT

In this study, the effects of current density, operation time and bath temperature on coating thickness and quality were investigated using acid and cyanide baths. The specimens were electroplated using four different current densities and operation times at two different bath temperatures of 25 °C and 35 °C following the mechanical and chemical pre-treatments. The coating thickness was increased due to increasing current density, temperature of bath and operation time at both types of plating baths. Under the same conditions, the plating layer was obtained thick but poor in acid bath and more quality but thin in cyanide bath.

### 1. GİRİŞ

Korozyon; metallerin ortamla teması sonucu, metal-arayüzey-ortam üçlüsünün etkileşimi ile yüzeyde oluşan bozulmadır. Korozyondan korunma önlemlerinin temelinde de bu üç faktörün özelliklerini ve birbirleri ile ilişkilerini iyi bilmek ve gerekli değişiklikleri gerçekleştirmek yatar [1]. Metallerin ortama daha dayanıklı kılınması için, korozyon yapıcı etkenlerin kontrol altına alınması yanında, arayüzeyi değişik malzemelerle kaplamak bu tür önlemlerin başında gelmektedir.

Çinko elektrokimyasal özelliği ve ekonomik olması bakımından, demir ve çeliği korozyona karşı korumada yaygın olarak kullanılan bir elementtir. Çözünme hızı yaklaşık olarak sabittir, yani zamanla değişmez. Bu sebeple çinko kaplamaların koruma ömürleri genel olarak kalınlıkları ile doğru orantılı olmaktadır. Yapılan araştırmalarda 0.06-0.012 mm arasındaki çinko kaplamanın paslanmaya karşı, nemli veya endüstriyel ortamlarda ise 0.024-0.048 mm kalınlığın korozyona karşı yeterli olduğu tespit edilmiştir [2,3].

Elektroliz ile kaplama işlemlerinde Faraday yasasına göre kaplanan ürün miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$G = A_c \cdot F \cdot I \cdot t \cdot \eta_k$$

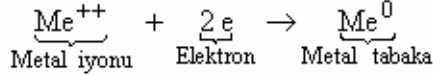
Bu formülde; G kaplanan ürün miktarını (gr),  $A_c$  teorik olarak katotta toplanan 1 Amper/Saatlik ürün miktarını (gr), F kaplanacak olan numune alanını ( $dm^2$ ), I akım yoğunluğunu ( $A/dm^2$ ), t kaplama süresini

(saat) ve  $\eta_k$  katot akım etkinliğini göstermektedir [4].

Sanayide elektrolitik çinko kaplama çeşitli banyolarla yapılmaktadır. Bunlar siyanürlü banyolar, alkali siyanürsüz banyolar ve asit klorür banyolardır. Her bir banyo ekonomiklik, işlem zamanı, dekoratif görünüm, yüzeye yapışma gibi faktörler dikkate alınarak değişik alanlarda kullanılmaktadır [3]. Herhangi bir banyodaki elektro-kimyasal tepkimeler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Katot;

İstenen tepkime:

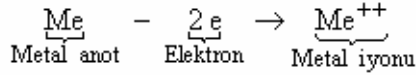


İstenmeyen yan tepkime:

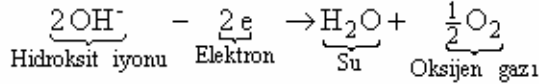


Anot;

İstenen tepkime:



İstenmeyen yan tepkime:



Bu tepkimeleri çinko kaplamada inceleyecek olursak; çinko levha pozitif kutupla (anot), demir levha negatif kutupla (katot) bir doğru akım kaynağına bağlanıp elektrolite daldırıldığında, elektrolitten akım geçer. Elektrolit seyreltik asidik bir çinko sülfat çözeltisi olması halinde içinde pozitif olarak iki değerli çinko iyonları ve negatif değerli sülfat iyonları bulundurmaktadır. Akımın etkisi altında çinko iyonları negatif kutba, sülfat iyonları da pozitif kutba giderler. Çinko iyonu her iki yükünü katota bırakır ve metalik çinko olarak katotta toplanır. Bu sırada iki pozitif yükün alınması suretiyle nötr metalik durumdan, iyon durumuna sülfatlaşma neticesinde anottan bir çinko atomu ayrılarak çözültüye geçer. Akım sürekliliği esnasında bu işlemler tekrarlanır.

Kaplama kalitesi ve kalınlığı; kaplama öncesi yüzeyde yapılan ön işlemler, kullanılan banyonun kimyasal bileşimi, anot, banyo donanımı, düzeni ve hareketi, akım yoğunluğu, banyo sıcaklığı, banyonun pH'ı gibi pek çok faktöre bağlıdır [5].

Metalik kaplamalar korozyondan koruma, bakım, onarım harcamalarının azaltılması, ürün kalitesinin yükseltilmesi ve malzeme tasarrufu açısından büyük önem taşırlar. Çinko kaplama diğer kaplama türlerine göre işlem maliyeti ve kolaylığı açısından özellikle tercih edilmektedir. Ürün geliştirmenin ana hedeflerinden birinin korozyondan koruma olduğu düşünülürse, endüstride sürekli artan çinko ve çinko alaşımlı kaplamaların kullanımının sebebi ortaya çıkmaktadır. Bu sayede makine, malzeme, enerji ve iş gücü kayıpları önlenmiş gibi dekoratif bir görünüm de elde edilmektedir.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

Elektrolizle kaplama deneyleri için, Tablo 1 ve 2'de kimyasal bileşimleri verilen asitli ve siyanürlü olmak üzere iki farklı kaplama banyosu kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Asitli banyo bileşenleri (gr/L), (pH=3)

Çinko sülfat	650
Borik asit	10
Parlatıcı (Patent)	5

**Tablo 2.** Siyanürlü banyo bileşenleri (gr/L)

Siyanür	95
Sodyum hidroksit	80
Çinko oksit	40
Sodyum sülfür	3.5
Parlatıcı (Patent)	5

Kaplama işlemi sonrasında numunelerin yüzey görünümlerinin iyileştirilmesi amacıyla “mavi pasivasyon” olarak isimlendirilen üçüncü bir banyo hazırlanmıştır. Bu banyonun bileşenleri de Tablo 3’te verilmiştir [6,7].

**Tablo 3.** Mavi pasivasyon banyo bileşenleri (gr/L)

Nitrik asit	150
Mavi pasivasyon tozu (Patent)	3.5

Deneylerde, 2 mm kalınlığında, 5x10 mm boyutlarında soğuk haddelenmiş düşük karbonlu dekape saclardan toplam 24 adet numune kullanılmıştır. Normlara uygun kaliteli bir kaplama için ilk ve en önemli faktör malzeme yüzeyinin uygun şartlarda temizlenmesidir. Bu amaçla, numuneler kaplama öncesinde ön işlemlerden geçirilmişlerdir. Önce numuneler %50 seyreltik sülfürik asit çözeltisi içine alınarak yüzeyin gevşemesi sağlanıp asit içerisinde 5 dk bekletildikten sonra ince zımpara ile parlatılmışlardır. Daha sonra benzinle yıkanan numuneler dağlama işlemine tabi tutulmuşlar ve bu işlem için %90 saflıktaki sülfürik asit 1/3 oranında seyreltilerek numuneler bu çözelti içerisinde 30 dk bekletilmişlerdir. Asitli çözeltiden çıkarılan numuneler su ile yıkanıp, sıcak hava ile kurutulduktan sonra tartılmış ve kaplama banyosuna alınmıştır. Anot olarak kullanılan elektrolitik çinko ise, numune boyutlarında sac levha halinde hazırlanmıştır.

Deneylerde banyo kabı olarak asidik ortama dayanıklı batarya kutusu kullanılmış ve anot ve katot numuneler banyo içerisinde bakır baralarla tespit edilmiştir. Akım kaynağı olarak çıkış gerilimi 90 V ve çıkış akımı 15 A olan ve ince ayar yapılabilen bir redresör kullanılmıştır. Banyo sıcaklığının kaplama kalınlığına etkisini belirlemek amacıyla asitli banyolarda 25 ve 35°C banyo sıcaklıklarında deneyler yapılmıştır. Bunun için; banyo kabı, bir daldırma ısıtıcı ve termometre ile kontrol edilen bir su banyosuna daldırılmıştır.

Deneylerde, asitli ve siyanürlü banyoların her ikisinde de 15 dk işlem süresinde 4-10-15-20 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluklarında ve ayrıca akım yoğunluğu 4 A/dm<sup>2</sup> de sabit tutularak 15-20-25-30 dk işlem sürelerinde kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde banyo sıcaklığı 25°C olarak tespit edilmiştir. Kaplama banyolarından çıkarılan numuneler su ile yıkandıktan sonra mavi pasivasyon banyosuna daldırılıp çıkarıldıktan sonra tekrar su ile yıkanmıştır. Kaplama işlemi sonrasında numuneler tartılarak elektroliz ürünü tespit edilmiştir. Kaplama kalınlıkları ise numunelerin kesitlerinden optik mikroskop vasıtası ile belirlenmiştir. Deneylerin ikinci aşamasında asitli banyo sıcaklığı 35°C ye çıkartılarak aynı değişkenler tekrar incelenmiştir. Kaplama kalitesi ise, TS 3982 de belirtildiği gibi, numuneler 120° ye kadar iki taraflı eğme işlemi ile belirlenmiştir. Bu işlem için zımba açısı 120° olan bir sac-metal kalıbı kullanılmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Siyanürlü ve asitli banyo kullanılarak, işlem süresinin 15 dk sabit olarak alındığı ve akım yoğunluğunun değiştirildiği deneylerde alınan sonuçlar Tablo 4 ve 5’de verilmiştir. Elde edilen değerler grafik olarak Şekil 1’de görülmektedir. Artan akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığı ve dolayısı ile elektroliz ürünü artmaktadır.

**Tablo 4.** Siyanürlü banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=15 dk , banyo sıcaklığı: 25°C)

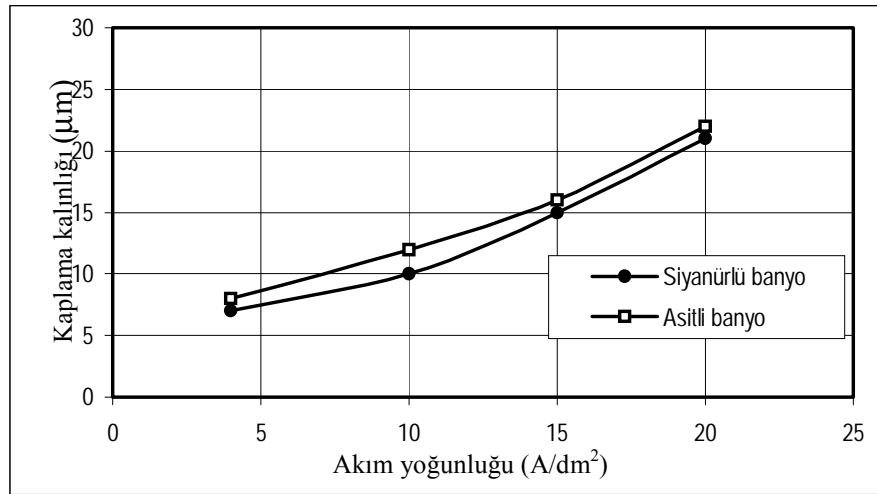
Akım Yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama Kalınlığı (µm)	Elektroliz Ürünü (gr)
4	7	0.21
10	10	0.32
15	15	0.51
20	21	0.71

**Tablo 5.** Asitli banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=15 dk , banyo sıcaklığı: 25°C)

Akım Yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama Kalınlığı (μm)	Elektroliz Ürünü (gr)
4	8	0.26
10	12	0.41
15	16	0.54
20	22	0.75

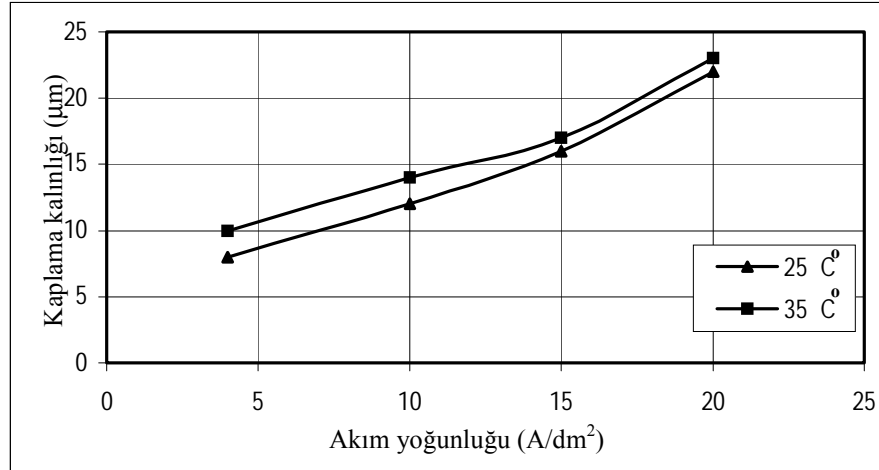
Şekil 1’de görüldüğü gibi, asitli ve siyanürlü banyolarda elde edilen sonuçların paralellik göstermesi her iki yöntemin de amaçlar doğrultusunda kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak asitli banyolarda elde edilen kaplama kalınlığının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan asitli banyonun akım veriminin siyanürlü banyodan daha yüksek olduğu söylenebilir. Anotta akım yoğunluğundaki artışla beraber bariz bir kararma gözlenmiştir. Kaplama tabakasının görünümünün de akım yoğunluğundaki artışla beraber daha mat görünümlü ve gevşek yapılı olduğu tespit edilmiştir. Bilindiği gibi anottaki olaylar katottakine benzer, ancak elektroliz esnasında oksitlenme, kolloidal maddelerin varlığı ile mekanik ya da kimyasal pasiflik olarak nitelendirilen olaylar gözlenir. Ayrıca, katotta fazla miktarda hidrojen çıkabilecektir. Bu kararmanın da söz konusu etkilerden kaynaklandığı söylenebilir [4].

Aynı şartlarda asitli ve siyanürlü banyolarda kaplanan numunelerin eğme işlemi sonucunda, asitli banyoda elde edilen numunelerde eğilme bölgesinde kısmen kalkma görülmüş, siyanürlü banyoda kaplanan numunelerde ise yüzey yapışkanlığının daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Tablo 6’da, asitli banyoda, 35 °C banyo sıcaklığı, sabit işlem süresi (t=15 dk) ve değişen akım yoğunluklarında elde edilen kaplama kalınlıkları verilmiştir. ,

**Şekil 1.** Asitli ve siyanürlü banyolarda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi**Tablo 6.** Asitli banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=15 dk , banyo sıcaklığı: 35°C)

Akım Yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama Kalınlığı (μm)	Elektroliz Ürünü (gr)
4	10	0.33
10	14	0.47
15	17	0.58
20	23	0.79

Şekil 2’de ise, banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlıkları grafik olarak verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlığı artmaktadır. Sıcaklığın artması iyon hareketliliğini artırmakta ve banyo direncini düşürmektedir. Ayrıca sıcaklığın artması katot akım etkinliğini artırmakta, böylece hidrojen oluşum düzeyi azalmaktadır [6]. Buna bağlı olarak, yüksek akım yoğunluklarında kaplamanın görünümünün iyileştiği ve kaplama yapışkanlığının arttığı tespit edilmiştir.



**Şekil 2.** Asitli banyoda değişen akım yoğunluklarında banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlıkları

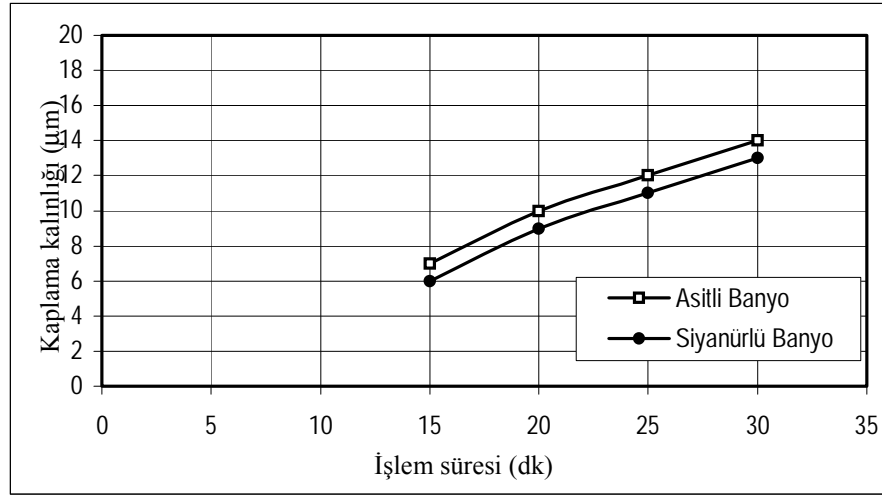
Asitli ve siyanürlü banyolarda sabit akım yoğunluğu (4 A/dm<sup>2</sup>) ve değişen işlem sürelerinde deneyler tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7 ve 8’de verilmiştir. Şekil 3’te ise, elde edilen sonuçlar grafik olarak görülmektedir. Asitli ve siyanürlü banyolarda elde edilen sonuçlar diğer deneylerde elde edilen sonuçlarla ölçüm duyarlılığı içerisinde benzerlik göstermektedir. İşlem süresine bağlı olarak asitli banyolarda elde edilen kaplama kalınlığının, siyanürlü banyoda elde edilen kaplama kalınlığından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlara ulaşılması her iki yöntemin de amaçlar doğrultusunda kullanılabileceğini göstermektedir. Numunelerin eğme işlemlerinde ise, diğer numunelerde olduğu gibi, siyanürlü banyolarda elde edilen kaplama tabakasının yüzeye yapışma özelliğinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu tür banyolarda yeterli havalandırma önlemleri alınmadığı takdirde insan sağlığı açısından zararlı olacağı dikkate alınmalıdır.

**Tablo 7.** Siyanürlü banyoda değişen işlem sürelerinde kaplama kalınlığının değişimi (Banyo sıcaklığı: 25°C , Akım yoğunluğu = 4 A/dm<sup>2</sup>)

İşlem Süresi (dk)	Kaplama Kalınlığı (µm)	Elektroliz Ürünü (gr)
15	6	0.20
20	9	0.31
25	11	0.37
30	13	0.44

**Tablo 8.** Asitli banyoda değişen işlem sürelerinde kaplama kalınlığının değişimi (Banyo sıcaklığı: 25°C , Akım yoğunluğu = 4 A/dm<sup>2</sup>)

İşlem Süresi (dk)	Kaplama Kalınlığı (µm)	Elektroliz Ürünü (gr)
15	7	0.23
20	10	0.33
25	12	0.40
30	14	0.47



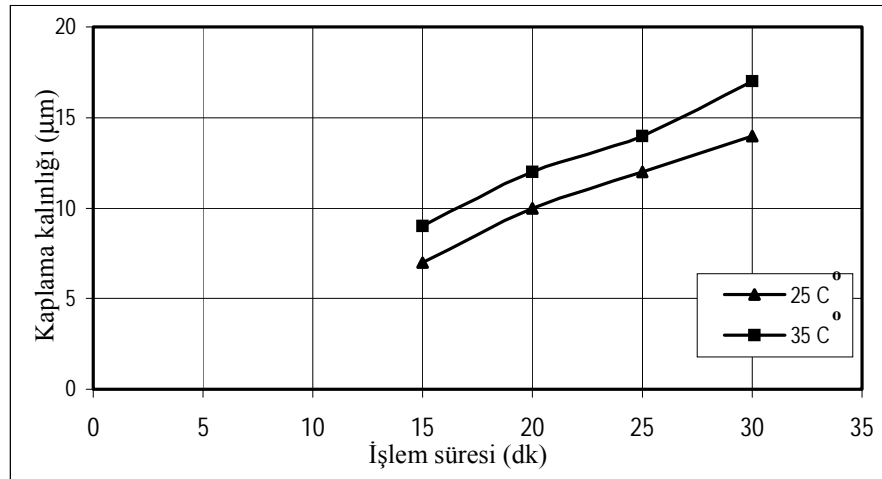
Şekil 3. Asitli ve Siyanürlü banyolarda süreye bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi

Asitli banyoda, 35 °C banyo sıcaklığı, sabit akım yoğunluğu (4 A/dm<sup>2</sup>) ve değişen işlem sürelerinde deneyler tekrarlanmış ve elde edilen kaplama kalınlıkları Tablo 9’da, verilmiştir. Şekil 4’te ise, banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlıkları grafik olarak verilmiştir. Sabit akım yoğunluğu ve değişen işlem sürelerinde banyo sıcaklığı arttıkça, kaplama kalınlığı ve yüzeye yapışma özelliği artmaktadır. Daha önce ifade edildiği gibi, bu sonuçlarda da iyon hareketliliğinin artmasının kaplama kalınlığının artışında etkili olduğu söylenebilir.

Bütün deneylerde, kaplama sonrası uygulanan pasivasyon işlemi yüzeyin dekoratif görünümü açısından yararlı olmaktadır. Ancak bileşimi ve daldırma süresi çok önemlidir. Zira optimum şartların sağlanmaması halinde kaplama tabakası incelmekte ve buna bağlı olarak kaplamanın koruyucu özelliği azalmaktadır.

Tablo 9. Asitli banyoda değişen işlem sürelerinde kaplama kalınlığının değişimi (Banyo sıcaklığı: 35°C, Akım yoğunluğu = 4 A/dm<sup>2</sup>)

İşlem Süresi (dk)	Kaplama Kalınlığı (µm)	Elektroliz Ürünü (gr)
15	9	0.30
20	12	0.41
25	14	0.48
30	17	0.57



Şekil 4. Asitli banyoda değişen işlem sürelerinde banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi

#### 4. GENEL SONUÇLAR

Aynı süre ve çalışma şartlarında asitli ve siyanürlü banyolarda yapılan elektrolizle kaplama işleminde akım yoğunluğu, işlem süresi ve banyo sıcaklığı arttıkça kaplama kalınlığı artmaktadır. Ancak, siyanürlü banyoya göre, asidik banyoda daha kalın bir kaplama kalınlığına ulaşılmıştır. Ayrıca aynı akım yoğunluğunda yapılan deneylerde de bu durum açıkça görülmektedir. Bu sonuçlar asitli banyoların verimlerinin siyanürlü banyolardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak siyanürlü banyolarda elde edilen kaplama tabakasının daha kaliteli olduğu tespit edilmiştir.

Akım yoğunluğundaki artış kaplama süresini kısaltmakla beraber, kaplama görünümü ve yüzeye yapışma açısından olumsuz etki göstermektedir. Bu bakımdan düşük akım yoğunluklarında çalışılması kaplama süresini uzatmasına rağmen, kaplama kalitesi açısından yararlı olmaktadır.

Asitli banyonun sıcaklığının artırılması hem kaplama kalınlığını ve hem de yüzeye yapışma özelliğini artırmakta, buna bağlı olarak kaplama süresi kısalmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Metallerin Korozyondan Korunması. Borusan Yayınları, Sayı:12-25, İstanbul 1981.
- [2] Prakash, S., Tewari, V., Effect of Liquid on Armco Iron with Relevance to Pots Used in Galvanizing. Steel Research. Vol.58, s.220-228, 1985.
- [3] Geduld, H.H., Surface Cleaning, Finishing and Coating. Metals Handbook, Ninth Edition, Vol.5, Metals Park, Ohio 44073, 1990.
- [3] Yıldırım M. M. Galvanizleme Tekniği. F. Ü. Basımevi. Yayın No:123, Elazığ 1989.
- [4] İsfendiyaroğlu, A., Saraç, S., Elektrokimyanın Sanayie Uygulanması. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Kimya Fakültesi Matbaası, İstanbul 1980.
- [5] Yonar, İ. K., Galvanoteknik. Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1979.
- [6] Atilla, A. Elektrolitik Metal Kaplama Tekniği. Çalışma Notları. Ankara 1985.