



# Galvaniz Kaplamada Banyo Sıcaklığı ve Akım Yoğunluğunun Kaplamanın Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Süleyman Şimşek<sup>1\*</sup>, Batuhan Çetin<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0593-8036), [suleymansms01@gmail.com](mailto:suleymansms01@gmail.com)

<sup>2</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9275-507X), [batuhacetin9524@gmail.com](mailto:batuhacetin9524@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2022 ve Kabul Tarihi 30 Mayıs 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1105555)

**ATIF/REFERENCE:** Şimşek, S., Çetin, B., (2022). Galvaniz Kaplamada Banyo Sıcaklığı ve Akım Yoğunluğunun Kaplamanın Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 544-552.

## Öz

Metal ya da alaşımların yüzeylerini daha dayanıklı hale getirmek ve korozyon etkilerine karşı korumak için uygulanan yöntemlerden biri de yüzeyi ikinci bir metalle kaplamaktır. Kaplama malzemesi olarak kullanılacak metalin kimyasal aktifliği, kaplanacak metalden daha düşük olmalıdır. Bu amaçla çinko, bakır, krom, kalay, nikel, altın, gümüş, alüminyum gibi metaller kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Çinko, kaplanan malzemeden (demir, çelik vb.) daha reaktif olduğu için kendini feda ederek, çelikten önce korozyona uğramaktadır. Metal yüzeyinin çinko ile kaplanması galvaniz kaplama olarak adlandırılmaktadır. Galvaniz kaplama, sıcak daldırma ve elektroliz kaplama olarak iki şekilde yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, elektroliz kaplama parametrelerinin (banyo sıcaklığı ve akım yoğunluğu), kaplamanın mekanik özelliklerine olan etkisini incelemektir. Yapılan uygulamalarda, numuneler çeşitli ön temizlik işlemlerinden geçirildikten sonra, üç farklı banyo sıcaklığı ve dört farklı akım yoğunluğu kullanılarak, elektroliz yöntemiyle kaplanmıştır. Bu parametreler uygulanarak kaplamanın kalınlığına bakılmış ve sertlik sonuçları incelenmiştir. Asitli banyoda, banyo sıcaklığının ve akım yoğunluğunun artması ile kaplama kalınlığının arttığı gözlemlenmiştir. Fakat bu parametrelerin sertlik üzerinde etkisinin olmadığı yapılan ölçümlerle anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Galvaniz, Sertlik, Kaplama.

## Investigation of the Effect of Bath Temperature and Current Density on the Mechanical Properties of Galvanized Coating

### Abstract

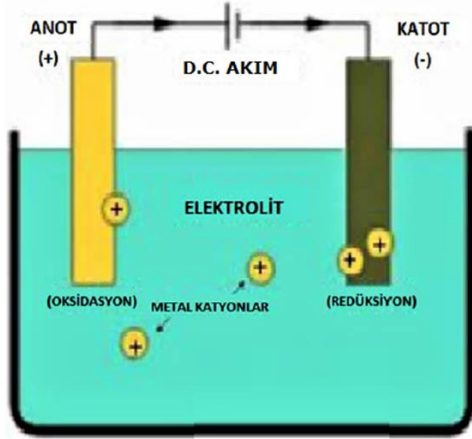
One of the methods applied to make the surfaces of metals or alloys more durable and to protect them against the effects of corrosion is to coat the surface with a second metal. The chemical activity of the metal to be used as a coating material should be lower than the metal to be coated. For this purpose, metals such as zinc, copper, chrome, tin, nickel, gold, silver, aluminum are used as coating materials. Since zinc is more reactive than the coated material (iron, steel, etc.), it sacrifices itself and corrodes before steel. The coating of the metal surface with zinc is called galvanization. Galvanized coating is done in two ways as hot dipped and electroplated coating. The aim of this study is to examine the effect of electrolysis coating parameters (bath temperature and current density) on the mechanical properties of the coating. In the applications, the samples were electroplated using three different bath temperatures and four different current densities after undergoing various pre-cleaning processes. By applying these parameters, the thickness of the coating was examined and the hardness results were examined. It was observed that the coating thickness increased with the increase of bath temperature and current density in the acidic bath. However, it is understood from the measurements that these parameters have no effect on the hardness.

**Keywords:** Galvanization, Hardness, Coating.

\* Sorumlu Yazar: [suleymansms01@gmail.com](mailto:suleymansms01@gmail.com)

## 1. Giriş

Günümüzde alternatif enerji kullanımı kadar metallerin yüzeylerinin de korunması önemlidir [1,2]. Metallerin yüzeyini dış etkenlere karşı korumak için en çok uygulanan yöntemlerden birisi, yüzeyi başka bir metalle kaplamaktır. Bunun için çinko, bakır, kalay, krom, nikel, altın, gümüş, alüminyum gibi metaller kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yüzey kaplama metali çinkodur. Çinko çok aktif olduğundan dolayı, metalleri korumak için tercih edilen bir elementtir. Metal yüzeyinin çinko ile kaplanması işlemine galvaniz denilmektedir. Galvaniz iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar sıcak daldırma ve elektro galvaniz yöntemleridir [3]. Sıcak daldırma yönteminde erimiş halde bulunan çinko (460°C) içerisine ana metal daldırılarak kaplama işlemi gerçekleştirilir. Bu yöntemle yapılan kaplama homojen ve kalın bir yüzey tabakası sağladığı için uzun ömürlü olmaktadır. Sıcak daldırma galvaniz kaplama, ıslak ve kuru galvaniz kaplama olarak iki şekilde uygulanır [4]. Kuru galvaniz kaplamada, metalin yağı alınarak, asit ile dağlandıktan sonra sulu flaks çözeltisi içine daldırılması, kurutulması ve erimiş çinko banyosuna daldırılmasıyla gerçekleştirilir. Islak galvaniz kaplamaysa; metalin yağı alınarak, asitle dağlandıktan sonra kurutma işlemi yapılmadan flaks katmanından geçirilerek erimiş çinko banyosuna daldırılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu şekilde oksidasyon önlenerek metallerin ömrü uzar ve havayla teması kesildiği için paslanma önlenmiş olmaktadır.



Şekil 1. Basit bir elektro kaplama hücresi (Figure 1. A simple electroplating cell) [5]

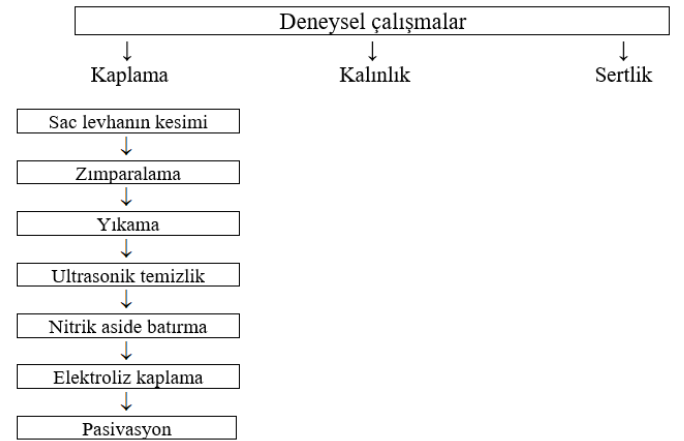
Genellikle galvaniz kaplama ömrünün daha uzun veya kısa olması kaplama kalınlığıyla doğru orantılıdır [6]. Şekil 1’de gösterildiği gibi elektroliz yönteminde, banyo çözeltisi içerisinde metal katoda, çinko ise anoda bağlanarak, yüksek akım, düşük gerilim üretici sağlayan redresörle akım verilerek anottan elektron koparılıp katoda yani malzeme yüzeyine yapışması sağlanmaktadır. Elektroliz yönteminde sırasıyla metal yüzeyinin temizlendiği dekopaj, metalin korunması için yapılan kaplama ve korozyon direncini arttıran pasivasyon işlemleri gerçekleştirilir. Uygun bir çözeltide yüzeyi metal kaplanacak olan parça katot yapılırsa, çözeltideki iyon element halinde katotta toplanır [7]. Elektro galvaniz kaplama, sıcak daldırma prosesine kıyasla daha ince bir yüzey tabakası oluşturduğundan dolayı, çoğunlukla küçük boyuttaki metallerin kaplanmasında kullanılan yöntemdir. Elektro galvaniz yönteminde saf çinko kullanılmaktadır. Elektro galvaniz kaplama süreci; askıya alma, yağ alma, yıkama, aside daldırma, yıkama, çinko kaplama, yıkama, pasivasyon, yıkama, kurutma, askıdan çıkartma, e-ISSN: 2148-2683

paketlenme işlemleri uygulanarak kaplama işlemi tamamlanır [8]. Çinko çok aktif bir metal olduğundan dolayı başka elementler ve bileşiklerle birleştirilebilir. Sanayi alanında çinko kaplama farklı banyolarla yapılır. Bunlar asitli, alkali siyanürsüz, alkali siyanürlü banyolar olarak sınıflandırılabilir. Bu banyolar işlem süresi, ekonomiklik, yüzeye yapışma, dekoratif görünüş gibi faktörler dikkate alındığında farklı alanlarda kullanılır [9].

Sertlik genel anlamıyla malzemenin deformasyona karşı göstermiş olduğu dirençtir. Sertlik; sürtünme, çizme, kesme ve plastik deformasyona karşı gösterilen direnç olarak da tanımlanabilir. Sertlik, daha sert bir malzemeye göre karşılaştırılan bir malzeme özelliğidir. Bu özellik tümüyle olmasa da diğer malzeme özellikleri hakkında bize yeterince fikir verebilir, uygulanacak işlerde yardımcı olabilir. Başka bir deyişle sertlik, bir malzemeyi kendisinden daha sert başka bir malzemenin çizmesine, batmasına, plastik deformasyona karşı gösterilen dirençtir [10].

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada belirlenen amaca ulaşabilmek için çeşitli aşamalar izlenmelidir. Öncelikle deney numunesi elektroliz yöntemiyle kaplanmalıdır. Daha sonra kalınlık ölçümü ve sertlik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan deneysel çalışmaların akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Deneysel çalışmaların akış şeması (Figure 2. Flow chart of experimental studies)

### 2.1. Kaplama Uygulaması

Yapılan deneylerde 2 mm kalınlığında ve 3x8 mm ebatlarında haddelenmiş düşük karbonlu dekape saclardan toplamda 12 tane kullanılmıştır. Standartlara uygun olarak kaliteli bir kaplama yapılması için ilk ve en önemli faktör, malzeme yüzeyindeki pas, oksit ya da kaplama yapılmasını engelleyecek katmanların uygun koşullarda deney numunelerinden uzaklaştırılmasıdır. Bunun için öncelikle kaplama yapılacak numunelerin yüzeyi iyice zımparalandıktan sonra saf suyla yıkanmıştır. Bu numunelerin kaplanacak olan 3x4,5cm<sup>2</sup> lik alanı ultrasonik titreşim banyosunda, uygun ölçüdeki behere aseton eklenerek 15dk boyunca bekletilmiştir. Ultrasonik titreşim banyosu Şekil 3’te verilmiştir.



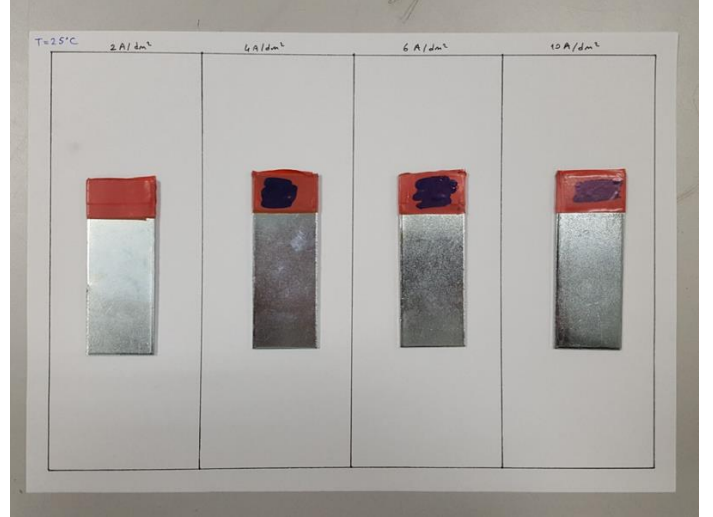
Şekil 3. Ultrasonik titreşim banyosu (Figure 3. Ultrasonic vibration bath)

Asetondan çıkarılan numuneler hacimce %5'lik nitrik asit çözeltisinde 15 saniye bekletildikten sonra kaplama banyosuna alınmıştır. Elektrolizle kaplama deneyleri için kullanılan asitli banyo bileşenleri; amonyum klorür 135 gr/L, çinko klorür 22,5 gr/L, parlaticı (taşıyıcı) hacmen %4 ve parlaticı (asıl) hacmen %0,2 oranlarında kullanılmıştır. Deneylerde banyo kabı olarak aside dayanıklı beher kullanılmıştır. Anot ve katot numuneleri banyo içerisine timsah uçlu tutucularla daldırılmıştır. Akım kaynağı olarak (Gwinstek SPS-606 adlı cihaz) çıkış akımı 6 A ve çıkış gerilimi 60 V olan ve ince ayar yapılabilen bir redresör kullanılmıştır. Banyo sıcaklığının kaplama kalınlığına olan etkisini belirlemek amacı ile asitli banyolarda ısıtıcı yardımıyla 25°C, 35°C ve 45°C banyo sıcaklıklarında deneyler yapılmıştır. Banyo sıcaklığı, sık aralıklarla termometreyle kontrol edilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4'te verilmiştir.

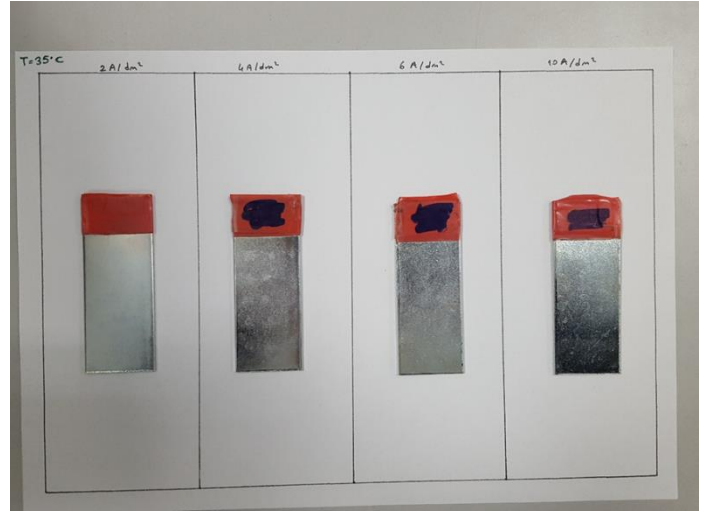


Şekil 4. Deney Düzeneği (Figure 4. The experimental setup)

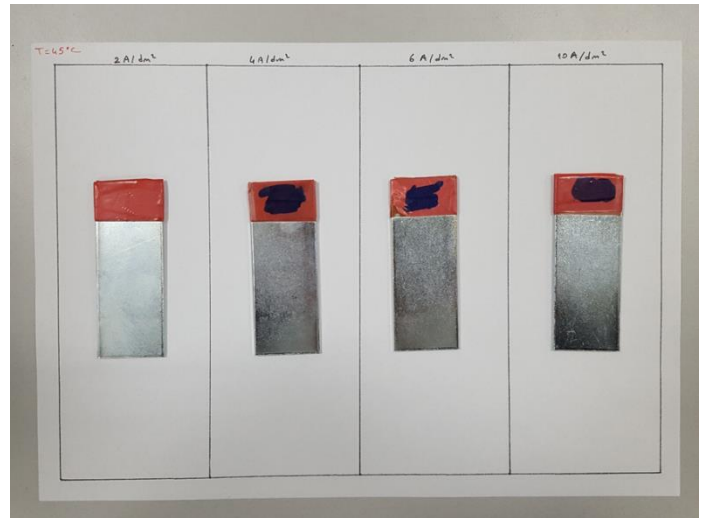
Deneylerde, asitli banyoda 10 dk işlem süresinde 2-4-6-10 A/dm<sup>2</sup> akım yoğunluklarında, 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Banyodan çıkarılan numuneler saf suyla yıkandıktan sonra bikromat pasivasyon işlemi uygulanmıştır. Yapılan farklı sıcaklık ve farklı akım yoğunluklarındaki kaplamalar Şekil 5, 6 ve 7'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 25°C'de farklı akım yoğunluklarında olan kaplamalar (Figure 5. Coatings with different current densities at 25°C)



Şekil 6. 35°C'de farklı akım yoğunluklarında olan kaplamalar (Figure 6. Coatings with different current densities at 35°C)



Şekil 7. 45°C'de farklı akım yoğunluklarında olan kaplamalar (Figure 7. Coatings with different current densities at 45°C)

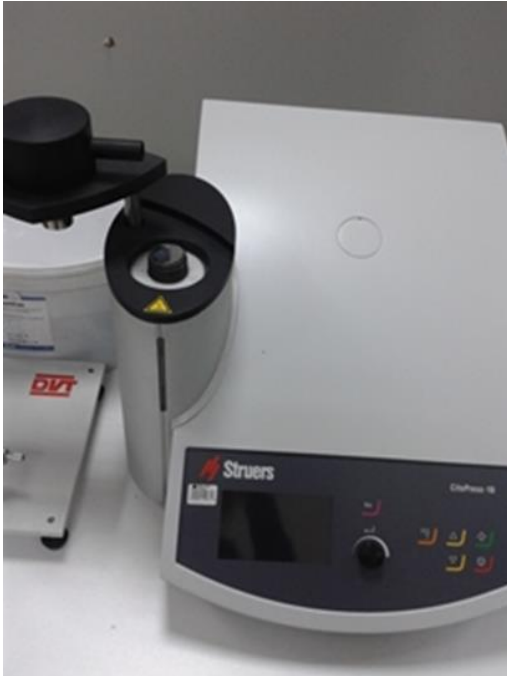
### 2.1.1. Kalınlık Ölçümü

Kaplama kalınlık ölçümü öncesinde metalografik işlemler olan kesme, bakalite alma (kalıplama) zımparalama, parlatma ve dağlama işlemleri yapılmıştır. İlk olarak numuneler Şekil 8’de gösterilen Struers Secotom-10 adlı kesme cihazında bakalite uygun olarak 0,4x1.5 mm boyutlarında kesilmiştir.



Şekil 8. Struers Secotom-10 numune kesme cihazı (Figure 8. Struers Secotom-10 specimen cutting device)

Daha sonra kesilen numuneler Şekil 9’da belirtilen Struers Citopress-10 adlı bakalit makinesinde 3 dakika ısıtma 2 dakika soğutma işlemi uygulanarak kalıplanmıştır.



Şekil 9. Struers Citopress-10 bakalite alma makinesi (Figure 9. Struers Citopress-10 leveling machine)

Tablo 1. Numunelerin Kodlanması (Table 1. Coding of Samples)

Sıcaklık – Akım Yoğunluğu	Kodlamalar
25°C - 2A/dm <sup>2</sup>	A1
25°C - 4A/dm <sup>2</sup>	A2
25°C - 6A/dm <sup>2</sup>	A3
25°C - 10A/dm <sup>2</sup>	A4
35°C - 2A/dm <sup>2</sup>	B1
35°C - 4A/dm <sup>2</sup>	B2
35°C - 6A/dm <sup>2</sup>	B3
35°C - 10A/dm <sup>2</sup>	B4
45°C - 2A/dm <sup>2</sup>	C1
45°C - 4A/dm <sup>2</sup>	C2
45°C - 6A/dm <sup>2</sup>	C3
45°C - 10A/dm <sup>2</sup>	C4



Şekil 10. Bakalite alınmış numuneler (Figure 10. Mounted samples)

Kalıplanan numuneler Şekil 11’de gösterilen Struers Abramin adlı cihazda sırasıyla zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. Zımparalama işlemi 300 devir/dakika dönüş hızında 5 dakika boyunca uygulanmıştır. Parlatma işlemi ise 300 devir/dakika dönüş hızında 4 dakika boyunca uygulanmıştır.



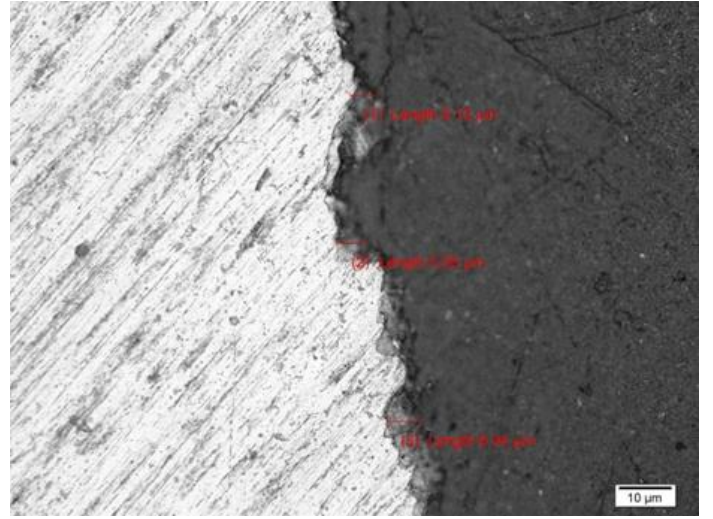
Şekil 11. Struers Abramin zımparalama ve parlatma cihazı  
(Figure 11. Struers Abramin sanding and polishing device)

Optik mikroskoptaki görüntünün net olması için dağlama işlemi yapılmıştır. Bu işlemde numune yaklaşık olarak 35 saniye boyunca nital çözeltisi üzerinde gezdirilmiştir. Daha sonra numune asetonla yıkanarak optik mikroskoba yerleştirilmiştir.

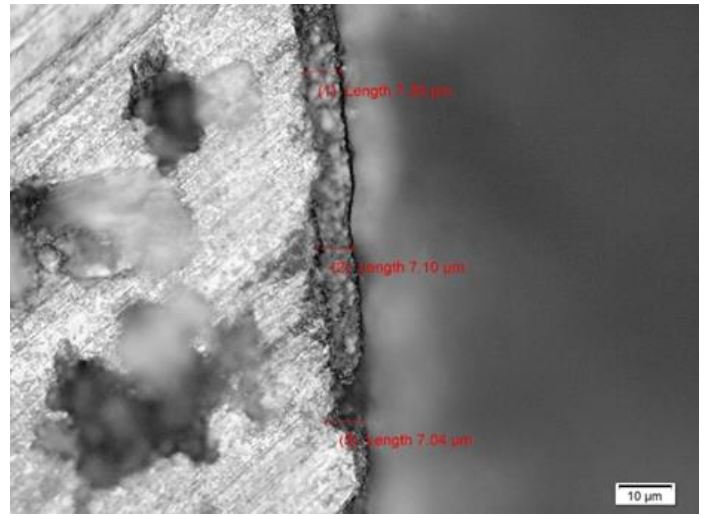
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Kalınlık Ölçüm Sonuçları

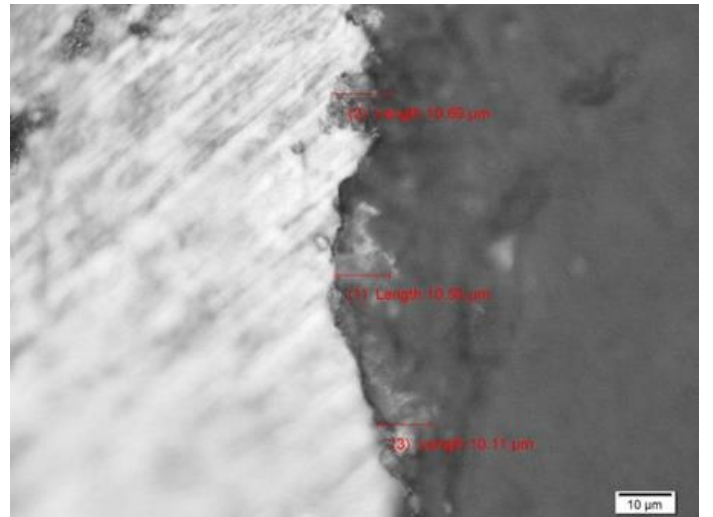
Kaplama kalınlıklarının ölçümü, numunelerden alınan kesitlerin optik mikroskopta 50X büyütülmesiyle incelenerek tespit edilmiştir. Yapılan işlemler her bir numune için ayrı ayrı uygulanmıştır. Bütün numuneler içinde ölçülen kaplama kalınlıklarının en düşüğü A1 numunesinde 4,587 mikron, en yükseği C4 numunesinde 11,650 mikron olduğu görülmüştür. Bu kalınlık ölçümleri Şekil 12, 13 ve 14'te verilmiştir.



(b)

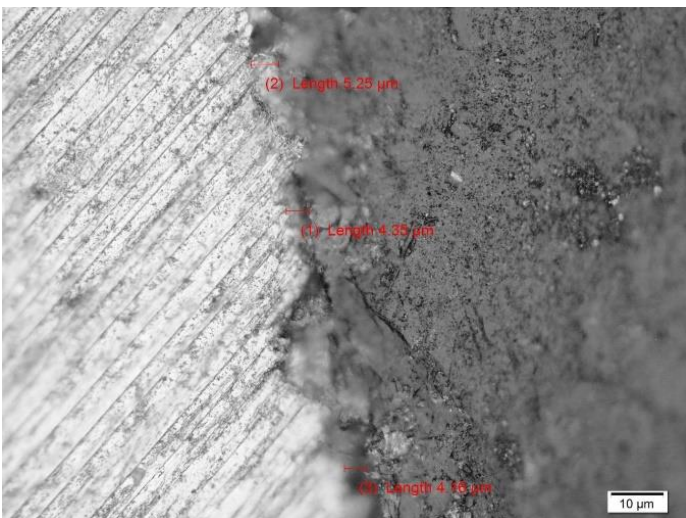


(c)

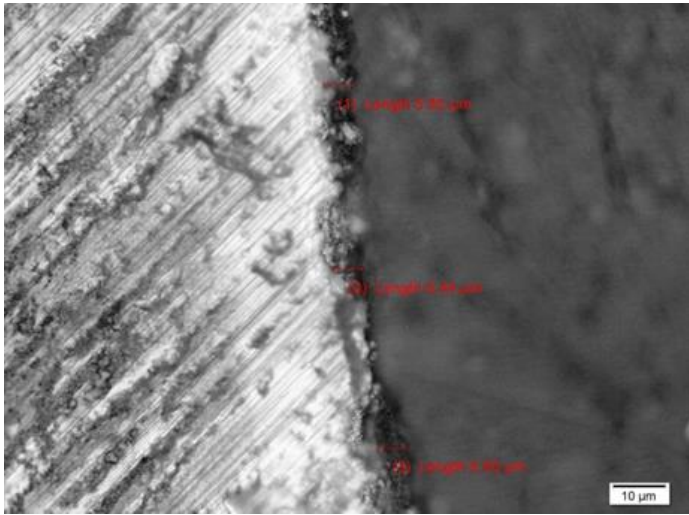


(d)

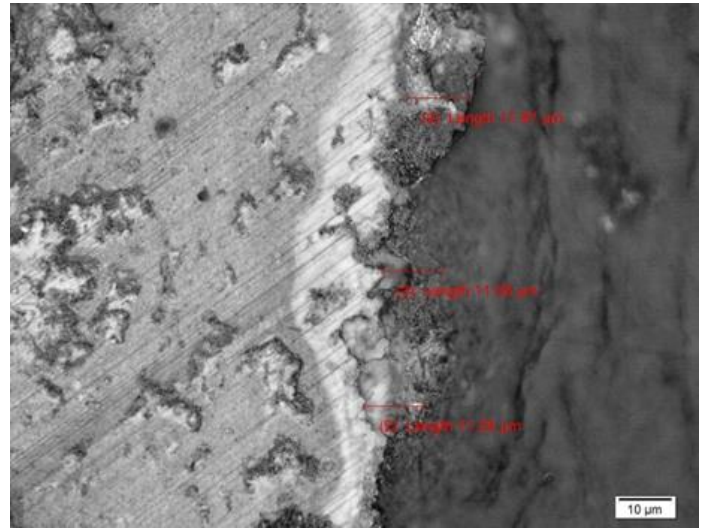
Şekil 12. 25°C'de (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup> (Figure 12. at 25°C (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup>)



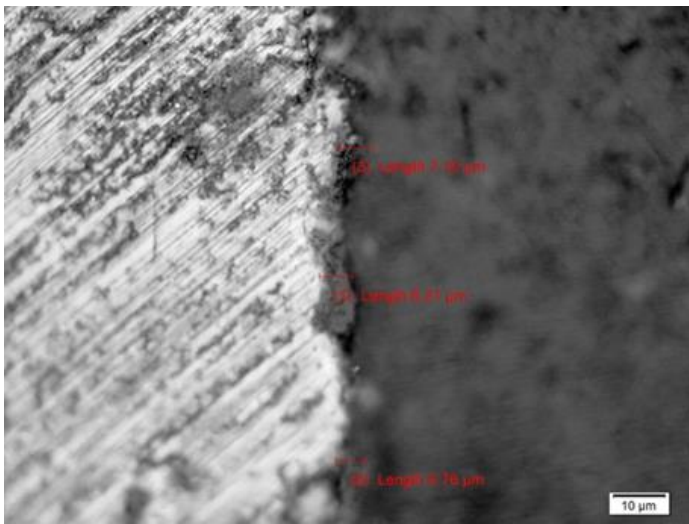
(a)



(a)

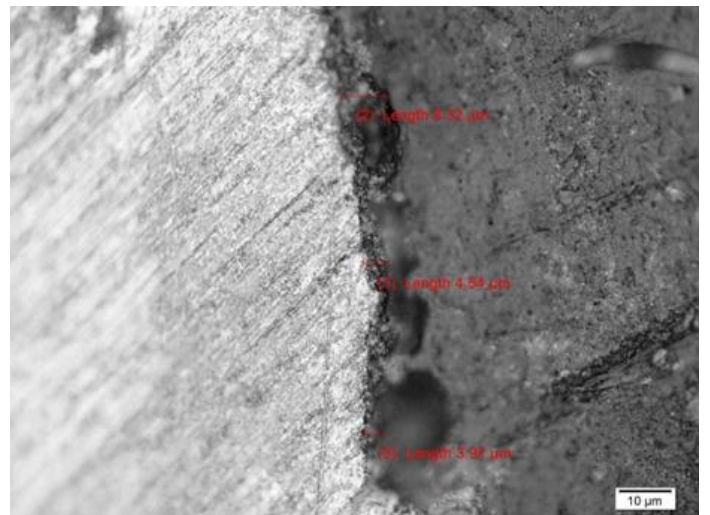


(d)

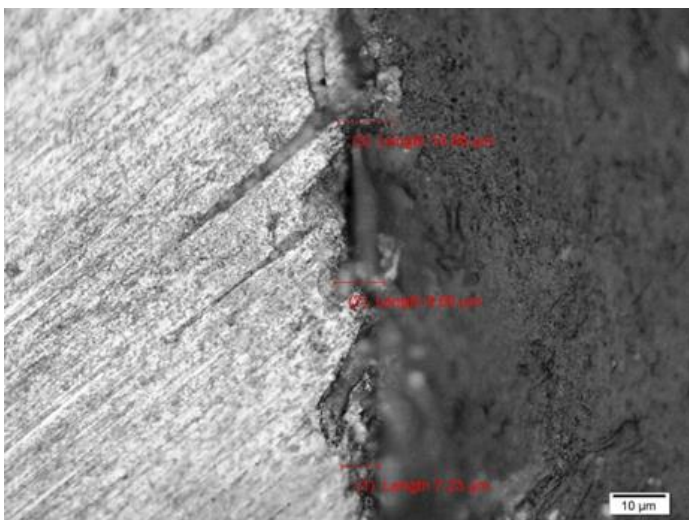


(b)

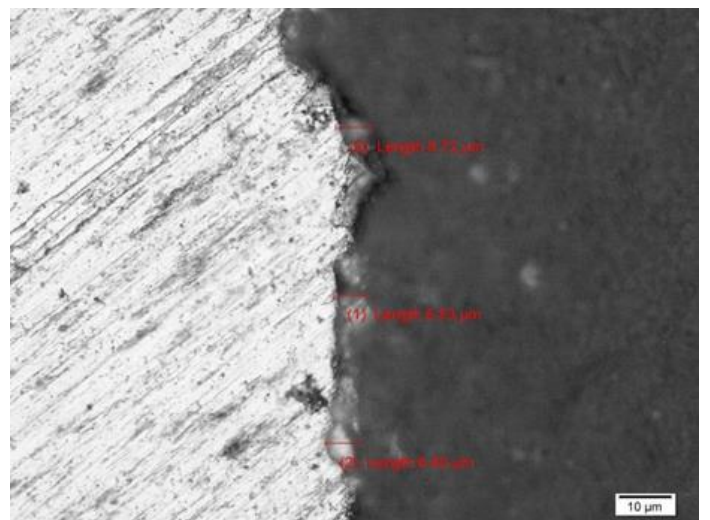
Şekil 13. 35°C'de (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup> (Figure 13. at 35°C (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup>)



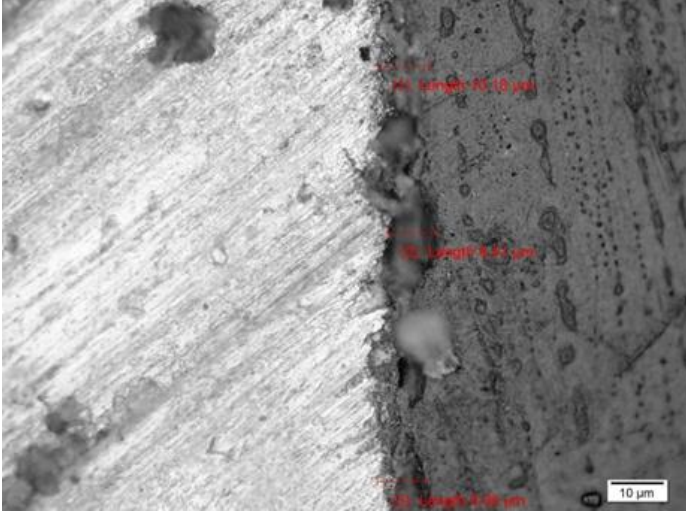
(a)



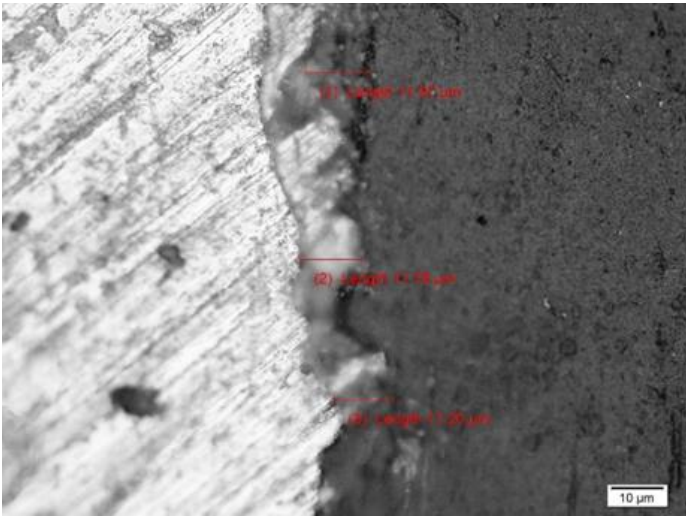
(c)



(b)



(c)



(d)

Şekil 14. 45°C'de (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup> (Figure 14. at 45°C (a) 2 A/dm<sup>2</sup> (b) 4 A/dm<sup>2</sup> (c) 6 A/dm<sup>2</sup> (d) 10 A/dm<sup>2</sup>)

Asitli banyo kullanılarak, işlem zamanının 10 dakika sabit olarak alındığı ve akım yoğunluğunun değiştirildiği deneylerle elde edilen sonuçlar Tablo 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Tablo 2. Asitli banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=10 dk, banyo sıcaklığı: 25°C) (Table 2. Variation of coating thickness depending on current density in acidic bath (t=10 min, bath temperature: 25°C))

Akım yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama kalınlığı (µm)
2	4,587
4	5,653
6	7,147
10	10,433

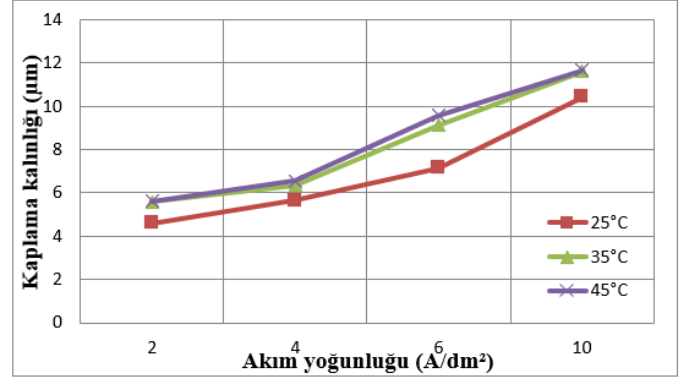
Tablo 3. Asitli banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=10 dk, banyo sıcaklığı: 35°C) (Table 3. Variation of coating thickness depending on current density in acidic bath (t=10 min, bath temperature: 35°C))

Akım yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama kalınlığı (µm)
2	5,587
4	6,357
6	9,130
10	11,603

Tablo 4. Asitli banyoda akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimi (t=10 dk, banyo sıcaklığı: 45°C) (Table 4. Variation of coating thickness depending on current density in acidic bath (t=10 min, bath temperature: 45°C))

Akım yoğunluğu (A/dm <sup>2</sup> )	Kaplama kalınlığı (µm)
2	5,610
4	6,550
6	9,560
10	11,650

Yapılan deneylerde elde edilen verilere göre, artan akım yoğunluğuna bağlı olarak kaplama kalınlığının arttığını gösteren grafik Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. Asitli banyoda değişen akım yoğunluklarında banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlıkları (Figure 15. Coating thicknesses depending on the bath temperature at varying current densities in the acidic bath)

### 3.2. Sertlik Ölçüm Sonuçları

Hazırlanan numunelerin sertlik ölçümleri Şekil 16'da gösterilen Emcotest Durajet isimli cihazla Brinell Sertlik Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Deneyde her numune için, 1 mm çapında çelik bilya, 5 kg yük ve 5 saniye süre uygulanarak beş farklı noktadan sertlik ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 16. Emcotest Durajet Sertlik ölçüm cihazı (Figure 16. Emcotest Durajet Hardness Tester)

Tablo 5. Brinell Sertlik Ölçme Yöntemine göre bulunan değerler (Table 5. Values found according to Brinell Hardness Measurement Method)

Yer/Numune	Üst Bölge	Orta Bölge	Alt Bölge	Sol Kenar	Sağ Kenar
A1	93,39	95,30	94,79	95,31	95,59
A2	95,09	95,67	94,34	96,13	95,65
A3	91,56	95,15	94,88	95,13	95,48
A4	90,88	95,50	95,23	95,70	95,54
B1	94,85	95,62	95,20	95,65	95,92
B2	92,06	95,04	95,48	94,75	95,37
B3	93,60	94,67	95,11	93,93	94,77
B4	94,23	95,56	95,05	95,89	95,11
C1	88,56	94,90	95,79	95,51	95,19
C2	92,34	95,16	95,20	95,39	95,88
C3	92,25	95,44	95,59	95,65	95,84
C4	93,71	95,91	95,64	95,46	95,45

Bu sertlik ölçümlerinin ortalama sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Sertlik sonuçlarının ortalamaları (Table 6. Averages of hardness results)

Numune	Ortalama sertlik değerleri
A1	95,13
A2	95,47
A3	95,05
A4	95,42
B1	95,49
B2	95,05
B3	94,46
B4	95,24
C1	95,20
C2	95,25
C3	95,56
C4	95,52

Elde edilen sonuçlara bakıldığında, en düşük sertlik değeri B3 numunesinde 94,46 H<sub>B</sub> ile en yüksek sertlik değeri C3 numunesinde 95,56 H<sub>B</sub> olarak tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuç

Kesit alanları alınan numunelerin optik mikroskoptaki görüntüleri incelendiğinde, artan akım yoğunluğu ve artan banyo sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlıklarında artış gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artması iyonların hareketliliğini artırarak banyo direncini düşürmektedir. Ayrıyeten sıcaklık artışı katot akım etkinliğini artırarak hidrojen oluşum düzeyini azaltmaktadır. Böylece yüksek akım yoğunluğunda kaplama görünümünde iyileşme görülmüştür.

Deney numunelerinin sertlik ölçümleri kaplama tabakasının beş farklı noktasından alınmıştır. Ölçümler Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi ile 1mm çelik bilya kullanılarak, 5kg yük altında ve 5 saniye süreyle gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçlara göre kaplama yüzeyinin farklı noktalarından alınan sertlik ölçümlerinin ortalaması birbirine çok yakın değerlerde çıkmıştır. Buna bağlı olarak sertlik özelliğinin, banyo sıcaklığı ve akım yoğunluğundan etkilenmediği sonucuna ulaşılabilmektedir.

35°C ve 45°C'de yapılan kaplama kalınlıkları birbirlerine çok yakındır. Maliyet açısından bakıldığı zaman 45°C'de uygulanan kaplama daha çok banyo sıcaklığı gerektirdiğinden dolayı daha maliyetlidir. Buna bir alternatif olarak yakın kalınlık ölçüsüne sahip olan 35°C'deki banyo sıcaklığı ekonomik olması açısından tercih edilebileceği sonucuna varılmaktadır.

#### 5. Teşekkür

Yazarlar çalışmanın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Aydın Üniversitesi'ne ve çalışmada kullanılan malzemelerinin teminini sağlayan Elektrolize Metal Kaplama San. Tic. Ltd Şti.'nin tüm çalışanlarına teşekkür ederler.



## Kaynakça

- 1- Simsek, H., *Evaluation of Nusselt Number for a Flow in a Parallel Plates Using Magneto hydrodynamics Second-Order Slip Model*. Journal of Heat Transfer, 2022. **144**(5).
- 2- Simsek, H., *Evaluation of Nusselt Number for a Flow in a Parallel Plates Using MHD Second Order Slip Model*. Journal of Heat Transfer, 2021.
- 3- Nazife, Ö., *YAPI MALZEMELERİNDE KOROZYON VE KOROZYONDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ*. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering. **26**(3): p. 1159-1178.
- 4- Simsek, H. and A. Ozturk, *INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MHD SLIP FLOW ON HEAT TRANSFER BETWEEN PARALLEL PLATES WITH SECOND-ORDER SLIP BOUNDARY CONDITIONS*. Heat Transfer Research, 2021. **52**(11).
- 5- Karakas, Ö., *Consideration of mean-stress effects on fatigue life of welded magnesium joints by the application of the Smith–Watson–Topper and reference radius concepts*. International Journal of Fatigue, 2013. **49**: p. 1-17.
- 6- Uyanık, M., *SİC nanopartikül ilaveli asitli çinko kaplama banyolarında yapılan kaplamaların malzemenin korozyon direnci ve mekanik özelliklerine etkisinin araştırılması*. 2012.
- 7- Kaya, B., *Nano kompozit kaplama*. 2007, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 8- BAKANLIĞI, Ç.V.S.G. and İ. MÜDÜRLÜĞÜ, *GALVANİZ KAPLAMA YAPAN İŞYERLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN TESPİTİ VE KİMYASAL MARUZİYETİN DEĞERLENDİRİLMESİ*.
- 9- HASÇALIK, A. and C. Özek, *Elektroliz Yöntemiyle Çinko Kaplama Parametrelerinin İncelenmesi*. Teknoloji, 2002. **5**.
- 10- Aktaş, M., *Metal teknolojisi öğretmenlerinin mesleki ve teknik ortaöğretim kurumlarında uygulanan metal teknolojisi alanı modüler öğretim programı hakkında görüşleri: Antalya örneği*. 2012, Akdeniz Üniversitesi.