

## FOSFAT ÖN İŞLEMİNE ALTERNATİF OLARAK NANO ÖN-İŞLEMİN KATAFOREZ KAPLANAN AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMIN YAPIŞMA VE KOROZYON DİRENCİNE ETKİSİ

**HATİCE CANTAZ**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Bilecik, haticecantaz@uzmankataforez.com, ORCID: 0009-0001-3342-1229

**İBRAHİM USTA**

Uzman Kataforez Yüzey Kaplama San. ve Tic. A.Ş., Bursa, ibrahimusta@uzmankataforez.com, ORCID: 0000-0001-7557-9617

**Prof. Dr. NURGÜL ÖZBAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Bilecik, nurgul.ozbay@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0666-3417

**Doç. Dr. ADİFE ŞEYDA YARGIÇ**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Bilecik, seyda.guler@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8671-5896

### Özet

Günümüzde, yüzey işlem proseslerinde fosfat kaplama kullanımı hızla devam etmektedir. Ancak içerdiği kanserojen maddeler nedeniyle, otomotiv sektörü de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde gelecekte yönetmeliklere uygun olarak kullanımı tamamen ortadan kaldırılacaktır. Ayrıca, fosfat kaplama prosesleri fosfat çamuru oluşturmakta, bu da banyonun sürekli olarak kontrol altında tutulması ve düzenli olarak temizlenmesini gerektirmektedir. Sonuç olarak, bu durum yüksek enerji ve zaman kaybına neden olmakta ve bütün bu faktörler fosfat kaplamaya alternatif bir zorunluluk doğurmaktadır. Bu çalışmada, özellikle otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan kataforez kaplamanın yapışma ve korozyon direncini artırmak için uygulanan fosfat ön işlemi yerine, OXILAN AL 0510 nano kimyasal kullanılarak bir nano ön işlem uygulanmıştır. Deneysel çalışmalarda, otomotiv sektöründe ve özellikle elektrikli araçlarda hafifliği ve üstün özellikleri nedeniyle kullanımı giderek artan AA7075 alüminyum alaşımı altlık olarak kullanılmıştır. Kataforez kaplamalı numuneler OXILAN AL 0510 veya iki farklı sürede uygulanan fosfat ön işlemi sonrasında hazırlanmış, kaplama numuneleri çevrimsel korozyon direnç testleri (47-01-000/E spesifikasyonuna göre) ve kuru yapışma testleri (DIN EN ISO 2409 spesifikasyonuna göre) ile analiz edilmiştir. Çevrimsel korozyon direnci ve kuru yapışma testleri, sonuçlarının görsel incelenmesi ile değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, Kataforez, Nano Ön-işlem, Korozyon.

### THE EFFECT OF NANO PRE-TREATMENT AS AN ALTERNATIVE TO PHOSPHATE PRE-TREATMENT ON THE ADHESIVE AND CORROSION RESISTANCE OF CATAPHORESIS-COATED AA7075 ALUMINUM ALLOY

#### Abstract

Today, the use of phosphate coating in surface treatment processes continues rapidly. However, its use in various sectors, including the automotive industry, will be completely phased out by the regulations in the future due to the carcinogenic substances it contains. Additionally, phosphate coating processes generate phosphate sludge, which requires the bath to be kept under constant control and cleaned regularly. As a result, this situation causes high energy and time loss, and all these factors necessitate an alternative to phosphate coating. In this study, instead of phosphate pre-treatment to improve the adhesion and corrosion resistance of cataphoresis coating, which is widely used especially in the automotive industry, a nano pre-treatment was applied using OXILAN AL 0510 chemical. In experimental studies, AA7075 aluminium alloy, which is increasingly utilized in the automotive industry and especially in electric vehicles, was used as a substrate due to its lightness and superior

properties. Cathaphoresis-coated specimens were prepared after OXILAN AL 0510 or two different periods of phosphate pre-treatments, and the coated samples were analysed with cyclic corrosion resistance (according to 47-01-000/E specification) and dry adhesion (according to DIN EN ISO 2409 specification) tests. Cyclic corrosion resistance and dry adhesion tests were evaluated by visual inspection of the results.

**Keywords:** Aluminium, Cathaphoresis, Nano Pre-treatment, Corrosion.

## 1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü, dünya genelinde istihdama ve ekonomiye en önemli katkı sağlayan sektörlerden biridir. Ayrıca, AR-GE'ye harcanan teknoloji ve inovasyon yatırımı açısından küresel olarak en büyük ikinci sanayi sektörüdür (Center For Automotive Research, 2010). Küresel olarak tüm sanayi sektörlerinde yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşımlarının Türkiye'de de kullanımı artmaktadır. Otomotiv sektöründe, araç ağırlıklarını azaltmak için alüminyum kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, alüminyum alaşımlarının düşük yüzey özellikleri (yüzey sertliği ve aşınma direnci) belirli alanlardaki uygulamalarını sınırlandırmakta, dolayısıyla hizmet ömrünü uzatmanın ve çeşitli korozif ortamlara karşı daha iyi koruma sağlamanın önemi vurgulanmaktadır. Bu nedenle, bu alaşımların yüzey özelliklerini geliştirmek için mevcut koruma süreçlerinde iyileştirmelere ve alternatiflerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Hirsch, 2014).

Son yıllarda, kataforez kaplamalar, maliyet etkinliği ve istenen korozyon özelliklerini karşılama kabiliyetleri nedeniyle otomotiv sektöründe büyük ilgi görmüştür. Fosfatlama gibi ön işlem süreçleri, kaplamanın yüzeye yapışmasını kolaylaştıran ve korozyon direncini artıran kataforez için vazgeçilmezdir. Bununla birlikte, geleneksel fosfatlama işlemi alüminyum yüzeylerde yeterli miktarda kristal oluşturmamakta, bu da sonraki kataforez kaplamanın yapışma direncini ve korozyon özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, fosfatlama yerine alüminyum yüzey işlemi için çevre dostu, zaman kazandıran ve seri üretime uygun nano ön işlem yöntemleri uygulanmaktadır.

Boyama öncesi yüzey hazırlığı, boyanın düzgün yapışmasını sağlamak için yağ, kaynak kalıntıları vb. gibi kirleticilerin giderilmesini içerir. Yüzey işlemi koruyucu özellikler sunmazken, malzeme yüzeyini korozyon direncini ve boya yapışmasını artırmak için çok önemli olan düzgün boya yapışması için hazırlar. Yüzeyde fosfat kristallerinin oluşması gerekirken, alüminyum yüzeylere uygulanan geleneksel fosfatlama işlemi yeterli miktarda fosfat kristali üretmez, bu da kataforez kaplamanın yapışma gücünün azalmasına ve korozyon özelliklerinin olumsuz etkilenmesine neden olur. Ayrıca, fosfat çamuru ve enerji maliyetleri nedeniyle, endüstride fosfatlama ön işlemine alternatif yöntemler aranmaya başlanmıştır (Kuo, 2012).

Nano yüzey ön işlem uygulamaları fosfat kaplama uygulamalarına kıyasla minimum atıkla sonuçlanmaktadır. Bu kaplama türü su kullanımını azaltarak, ağır metal içeriğini ortadan kaldırmaktadır. Çinko ve demir fosfat banyolarında olduğu gibi ısıtmaya gerek olmadığından enerji maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca, atık oluşmadığı için nozullar, filtreler ve ısı eşanjörleri tıkanmamakta, böylece temizlik süresi ve bakım maliyetleri azalmaktadır. Nano kaplama için işlem süresi fosfat kaplamalara kıyasla daha kısadır.

Bu çalışmada, kataforez kaplama öncesinde AA7075 alüminyum alaşımı yüzeyine uygulanan nano yüzey ön işlemi ve fosfat yüzey ön işleminin kataforez kaplamaların kalınlığı, korozyon özellikleri ve yapışma mukavemeti üzerindeki etkileri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan AA7075 alüminyum alaşımları 50x50 boyutlarında sac plakalar halinde altlık olarak kullanılmış, nano ön işlemi (ticari OXILAN AL 0510) ve iki farklı sürede (3-6 dk) fosfatlama ön işlemi sonrası gerçekleştirilen kataforez kaplamaların özellikleri karşılaştırılmıştır. OXILAN AL 0510 çözeltisi ile elde edilen nano tabakası, özellikle alüminyum alaşımları için boya tutunmasını artıran ideal bir koruma yüzeyi oluşturan bir kaplamadır. Bu kaplamalarda farklı nano içerikler kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan OXILAN AL 0510 içerik

olarak polimerik siloksan reçinesinden oluşmaktadır. OXILAN AL 0510 alüminyum altlık yüzeyinde nano tabaka sağlayarak kataforez kaplamanın yüzeye fosfatlama ön işleminden daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Şekil 1’de alüminyum altlık yüzeyine uygulanan fosfatlama veya nano kaplama ön işlemleri ile kataforez kaplama prosedürlerine ait akış şeması verilmiştir. Fosfatlama ve nano kaplama ön işlemleri için kaplama parametreleri Tablo 1’de sunulmuştur. Nano kaplama prosedüründe OXILAN AL 0510 ana banyo için ve ALUKLEEN 2008 AC aşındırma banyosu için kullanılmıştır. Hazırlanan deney numunelerine kuru yapışma (DIN EN ISO 2409) ve çevrimsel korozyon (47-01-000/E) direnç testleri uygulanmıştır. 1 mm aralıkta 6 bıçaklı sisteme sahip Qualtech Çapraz Kesme Test Cihazı ile numunelere çapraz kesme işlemi uygulanarak kuru yapışma testine hazırlanmıştır (Elcometer Limited Company 2024; Usta vd. 2024). Çevrimsel korozyon testi sonuçları, Ascott CC1000IP marka cihazda 35 çevrim uygulandıktan sonra elde edilmiştir. Kaplama ön işlemlerinin etkilerinin karşılaştırılması için Canon EOS 600D fotoğraf makinesi ile görüntüleri alınmıştır.



Şekil 1: Altlık yüzeyine uygulanan işlemlerin akış şeması

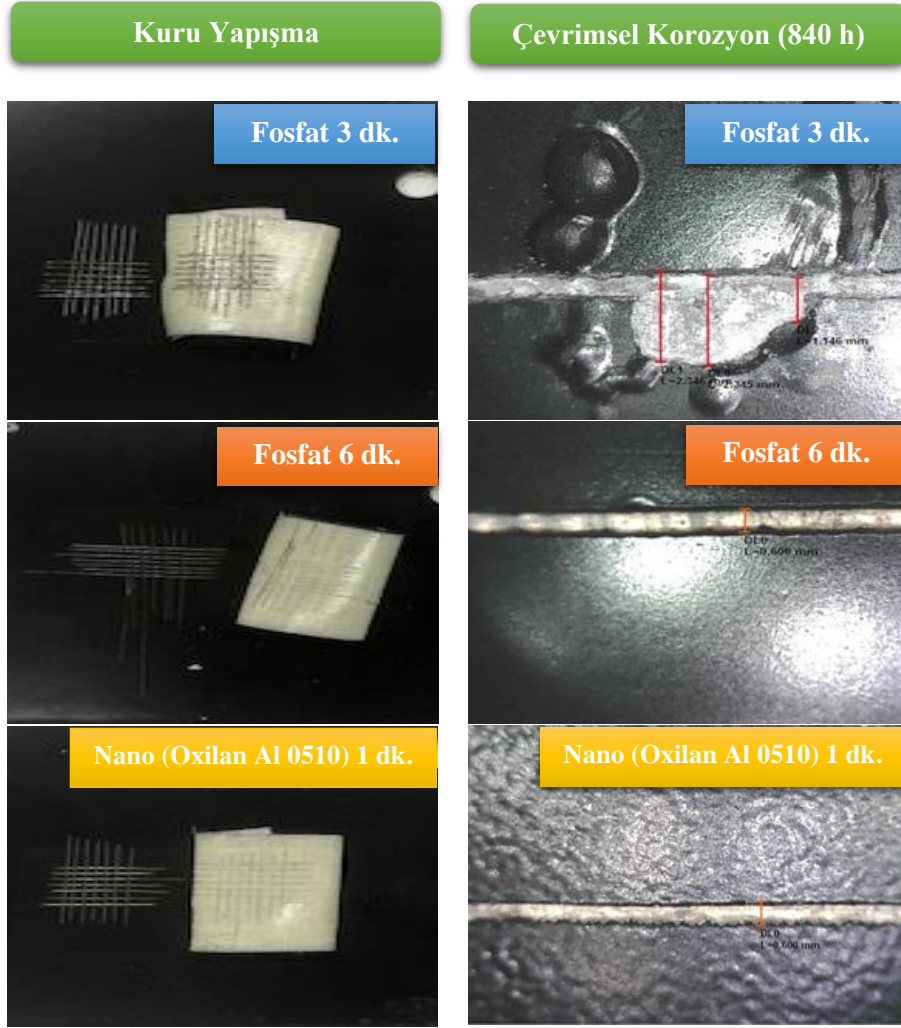
Tablo 1: Ön işlem çalışma parametreleri

DENEY PARAMETRELERİ	Çalışma Aralığı	Uygulanan
<b>FOSFAT ÖN İŞLEMİ</b>		
Çalışma sıcaklığı (°C)	50 - 55	50-55
Toplam asit miktarı (mL/L)	17-25	22
Hızlandırıcı miktarı (mL/L)	1,7-2,8	2
<b>NANO (OXILAN AL 0510) ÖN İŞLEMİ</b>		
<b>Aşınma Banyosu</b>		
Toplam asit miktarı (mL)		15
Çalışma süresi (dk.)		5,5
<b>Ana Banyo</b>		
pH		4,2
Çalışma sıcaklığı (°C)		Oda sıcaklığı
Çalışma süresi (dk.)		1

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

DeneySEL çalışma sonucunda, fosfat ve nano ön işlemleri sonrası uygulanan kataforez kaplamanın kuru yapışma ve çevrimsel korozyon direnç testlerine ilişkin görüntüler Şekil 2’de sunulmuş ve kaplama türlerinin performans üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Fosfat ön işlemi farklı sürelerde (3 ve 6 dk.) uygulandığında, kuru yapışma testlerinde her iki fosfat kaplama süresinin de uygun sonuçlar verdiği bulunmuştur. Ancak, 3 dakikalık fosfat kaplama ön-işlemi uygulamasının çevrimsel korozyon testi sonrası görüntüsü incelendiğinde, yüksek oranda ilerleme ve kaplama yüzeyinde kabarma gözlenmiştir. Fosfat kaplama ön işleminde karşılaştırılan süre etkisine göre, alüminyum alaşımına 6 dakika uygulanan fosfatlama işleminin küçük ölçekte başarılı olsa da seri üretimde yüksek süre nedeniyle aksaklığa neden olarak üretim verimliliğini düşüreceği açıktır. Diğer taraftan 1 dakika nano ön işlemi sonrası uygulanan kataforez kaplamanın test sonuçları değerlendirildiğinde ise, AA7075 üzerinde kuru yapışma ve çevrimsel korozyon testlerinde otomotiv sektörü için kabul edilebilir ve uygun sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, alüminyum malzemeye uygulanan fosfat ön işleminin düşük ön işlem süresine bağlı olarak çevrimsel korozyon direncini olumsuz yönde etkileyip yapışma performansını düşüreceğini

göstermektedir. Nano ön işlemin ise çok daha kısa sürede uygun yapışma ve korozyon direnci sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.



**Şekil 2:** Kataforez kaplama öncesinde fosfat kaplama (3-6 dk.) ve Oxilan Al 0510 ile nano kaplama (1 dk) ön işlemleri sonrası uygulanan çapraz kesim sonrası yüzey görüntüleri

#### 4. SONUÇ

Fosfat ön işlem ve nano ön işlem ile hazırlanan yüzeyler üzerine gerçekleştirilen kataforez kaplamalar başarılı bir şekilde üretilmiştir. Optimum kaplama süreleri fosfat ön işlemi için 6 dakika ve nano ön işlemi için ise 1 dakika olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, korozyon kaplama öncesinde hem 6 dakika fosfat kaplama süresinin hem de nano yüzey hazırlıklarının başarılı kuru yapışma ve çevrimsel korozyon direnç testi sonuçları verdiğini göstermektedir. Tüm test sonuçları incelendiğinde, nano yüzey hazırlığının geleneksel fosfat işlemine kıyasla ana endüstriyel müşterilerin belirlediği şartname ve gereklilikleri kısa sürede karşıladığı görülmüştür. Ayrıca, nano ön işlemden oda sıcaklığında yapılan kaplamada yüksek sıcaklıklara çıkılmasına gerek olmadığından sanayi sektöründe önemli bir enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bahsedilen 1 dakikalık nano kaplama süreci, fosfatlamaya kıyasla önemli bir süre kazanımı sağlayarak üretim verimliliğini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, fosfat ön işlemi sırasında oluşan fosfat çamurunun kirletici etkisi ile banyonun sürekli kontrolü ve temizliği gereksinimleri, nano ön işlemi ile sonlanabilmektedir. Sonuç olarak, alüminyum alaşım yüzeyine uygulanan nano ön işlem, yapışma mukavemeti, korozyon direnci, üretim verimliliği ve çevresel etki açısından son derece olumlu sonuçlar vermektedir. Bu bulgular, nano ön işlemin kataforez kaplama endüstrisinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKÇA

Center For Automotive Research (2010). Contribution Of The Automotive Industry To The Economies Of All Fifty States And The United States. Retrieved from <https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/CONTRIBUTION-OF-THE-AUTOMOTIVE-INDUSTRY-TO-THE-ECONOMIES-OF-ALL-FIFTY-STATES-AND-THE-UNITED-STATES.pdf>

Elcometer Limited Company (2024 May 02). Cross Hatch Method. Available: <https://www.elcometer.com/en/cross-hatch-method>

Hirsch, J. (2014). Recent development in aluminium for automotive applications. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24(7), 1995-2002.

Kuo, Y. M. (2012). An alternative approach to recovering valuable metals from zinc phosphating sludge. Journal of Hazardous Materials, 201, 265-272.

Usta, İ., Yılmaz, O., Gül, M., Can, A. and H. Gül (2024). Effect of Adhesion and Corrosion Performance of Geomet Basecoat (321)- Topcoat (ML Black) Applications on Cathaphoretic Coating. Sakarya University Journal of Science, 28(1), 220-236.