

ESD ile Dublex Kaplanılmış AISI 316L Paslanmaz Çeliğinin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi

Ersan Mertgenç¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Raylı Sistemler Yol Teknolojisi Programı, Afyonkarahisar
e-posta:ersanmertgenc@aku.edu.tr

Özet

Paslanmaz çelikler yüksek sıcaklıklarda gösterdiği yüksek korozyon direncinden dolayı otomotivden gemiciliğe, gıdadan eczacılığa birçok farklı sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Bu sınıfta yer alan AISI 316L çeliği ise özellikle bio-uyumluluk ve yüksek korozyon direncinden dolayı implant malzemesi olarak kullanılmaktadır. Buna rağmen düşük sertlik ve zayıf aşınma performansına sahip olması kullanım alanlarını kısıtlanmaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve malzemelerden daha üstün özellik beklentisi nedeniyle kullanılan malzemelerin yüzey modifikasyonu araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu amaçla; borlama işlemi, yüksek yüzey sertliği, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma direnci gibi üstün özelliklere sahip olması metalik malzemelerin çoğuna uygulanabilirliği sebebiyle ilk akla gelen yöntemlerdendir. Fakat korozyon direncinin daha üst seviyelerde beklenen durumlarda beklentiyi karşılayabilmek için borlanmış yüzey üzerine ikinci bir kaplama tabakası gerekliliği oluşmaktadır.

Anahtar kelimeler
“ESD”, “Borlama”,
“Aşınma”

Bu çalışmada kutu borlama yöntemiyle AISI 316L paslanmaz çelik yüzeyi kaplanarak, üzerine ikinci kaplama olarak farklı bir yöntem olan ESD(ElectroSparkDeposition) yöntemi ile nikel kaplanılmıştır. Elde edilen numunelerde aşınma deneyleri yapılmış ve ayrıca yüzeydeki kaplama kalınları, mikroyapısı optik mikroskopta incelenerek, sertlik deneyleri ile değişimler kaydedilmiş ve yüzey pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

AISI 316L paslanmaz çeliği, yüksek sıcaklıklarda, yüksek korozyon direncinden dolayı endüstrinin çeşitli sektörlerinde (kimya, petro-kimya endüstrisinde, kâğıt endüstrisinde, nükleer mühendislikte gibi) geniş kullanım alanına sahiptir. Ayrıca bio-uyumluluk ve yüksek korozyon direncinden dolayı implant malzemesi olarak da tıp alanında kullanılmaktadır(Gil et al. 2006, Yetim et al. 2008). Kaplamalar, metallerin aşınma ve korozyon özelliklerini iyileştirmek için yapılır. Kötü çevre şartlarından metalleri korumak için pek çok kaplama yöntemleri vardır (Galvanizleme, Elektroless kaplama, PVD, CVD)(Heras et al. 2008, Kariofillis et al. 2006, Tiwari et al. 2007).

Borlama iş parçasının yüzeyine bor atomlarının difüzyonunu sağlayan termokimyasal bir işlemdir(Özbek et al. 2002). Yaygın olarak borlama,

demir alaşımlarının sertliğini, tribolojik özelliklerini ve aşınma direncini arttırmak için kullanılır(Balusamy et al. 2013). Elektro-Kıvılcım Biriktirme (ESD) olarak da bilinen bu yöntem, alt tabakada kullanılan daha yumuşak bir malzemenin daha sert ve daha dayanıklı bir üst tabaka malzeme ile elektro-kıvılcım biriktirme yöntemi ile yapılan özel bir mikro-birleştirme işlemidir. Bu yöntem ayrıca elektro-kıvılcım alaşımlama olarak da bilinmektedir(Brown et al. 1990). Bu işlemler genellikle alet ve ekipmanların ömrünü uzatmak için hasarlı parçaları tamir ya da iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır(Reynolds et al. 2003).

Bu çalışmada borlamanın sağlamış olduğu yüksek yüzey sertliği, düşük sürtünme katsayısı, yüksek aşınma hızı gibi avantajlar göz önünde bulundurularak AISI 316L paslanmaz çelik malzemenin yüzeyi önce kutu borlama yöntemi ile

kaplanılmıştır. Daha sonra bu yüzeye ikinci bir kaplama olarak ESD yöntemi kullanılarak nikel kaplanılmıştır. Elde edilen numunelerin aşınma deneyleri de yapılarak, mikroyapı analizi, sertlik deneyleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Malzeme ve Kaplama İşlemi

Deneysel çalışmalarda kullanılan AISI 316L çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 1 de verilmiştir. Kaplama için kullanılan nikel ise plaka şeklinde olup %99,9 saflığa sahiptir.

Çizelge .1 AISI 316L çeliğinin kimyasal kompozisyonu

%C	%P	%S	%Si	%Mn
0.03	0.045	0.03	0.75	2.00
%Cr	%Ni	%Mo	%N	-
18.00	14.00	3.00	0.10	-

Ø25x7 şeklindeki numuneler kaplama öncesi 60-1200 grid aralığında zımparalarla zımparalanarak 1 mikron boyutunda alümina ile parlatma işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Altlık malzeme olarak kullanılan AISI 316L paslanmaz çelik önce kutu borlama yöntemi kullanılarak 900 °C de 2 saat borlama işlemine tabi tutulmuş, dublex kaplama oluşturabilmek içinde bu yapının üzerine ESD yöntemi kullanılarak nikel kaplanılmıştır. ESD yöntemi ile kaplama işlemi için; 600W gücünde, 20-100 aralığında voltaj ve 50-500Hz aralığında da frekansı ayarlanabilen SZ-08 marka kaplama makinası kullanılmıştır. Numunelerin kaplanması işleminde en uygun parametre 90V, 190Hz frekansta ve altlık malzemenin 300 dev/dak. dönüşü ile elde edilmiştir.

2.2. Metalografik İnceleme

Daha sonra kaplamaların metalografik inceleme ve sertlik analizleri için numunelerden enine kesitler alınarak yine aynı zımparalama ve parlatma

işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlemlere takibinde paslanmaz çelik dağlayıcısı ile dağlandıktan sonra Olympus BX-60 marka optik mikroskop yardımıyla kesitten kaplama tabakası ve matris mikroyapısı incelenmiştir.

2.3. Mikrosertlik ölçümleri

Sertlik ölçümleri, borlanmış çeliklerin kesit yüzeyinden itibaren belirli bir derinliğe kadar 50 gr yük ve 15 sn bekletme süresi altında yapılarak borür tabakası ve matris bölgelerinin sertliği tespit edilmiştir. Sertlik ölçümleri yüzeyden merkeze doğru belirli aralıklarla 10 farklı yerden yapılmış, ortalamaları alınarak sertlik değerleri belirlenmiştir.

2.4. Aşınma Testleri

Dublex kaplanmış AISI 316L paslanmaz çelik numuneler bilye-disk sisteminde kuru ve oda sıcaklığında aşınma deneyleri yapılmıştır. Aşınma testlerinde ASTM G99'a uygun olarak tasarlanan aşınma test cihazı ile deneyler yapılmıştır. Aşınma deneylerinde bilye olarak 8 mm çapında ve ortalama 1895 HV sertliğe sahip WC-Co bilyeler kullanılmıştır. Her deney için ayrı bir aşındırma elemanı kullanılarak, yüzeyin bozulmasından kaynaklanabilecek hatalar ortadan kaldırılmıştır. Aşınma deneyleri bilye disk sisteminde kuru sürtünme şartında oda sıcaklığında, 10 N yük altında, 340 dak/ dev. 0.3 m/s kayma hızında, 200 metre mesafe boyunca aşınma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyi öncesinde ve sonrasında her bir numune ve aşındırma elemanı alkolle temizlenmiştir. Aşınma hızı, Rugosimeter marka pürüzlülük cihazından aşınma hacim miktarı belirlenmiş ve eşitlik 1'deki bağıntıdan aşınma hızı hesaplanmıştır. Deneyler 3 kere tekrar edilerek ortalaması alınmıştır.

3. Bulgular

3.1. Kaplama tabakası ve mikroyapı

Dublex kaplama yüzeyinde kaplama tabakasının düz bir yapıya sahip olduğu ve kaplama-matris

arayüzey morfolojisinin pürüzsüz, düz bir yapı sergilediği tespit edilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda; kaplanmamış AISI 316L çeliğinin mikroyapı görüntüsü şekil 1 de, Dublex(Borlanmış+ESD) kaplanmış AISI 316L çeliğinin mikroyapı görüntüsü ise şekil 2 de görülmektedir.



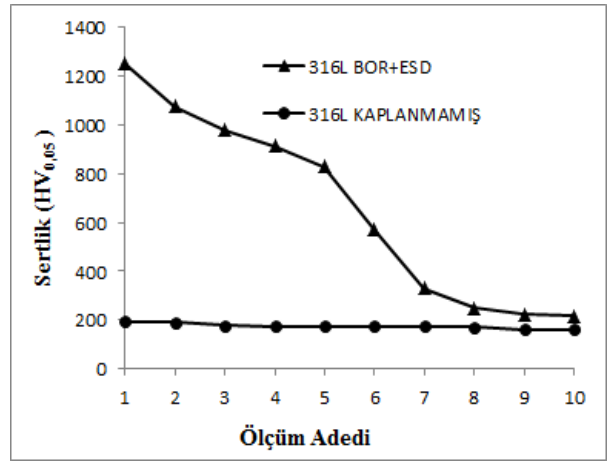
Şekil 1 AISI 316L çeliği mikro yapı görüntüsü



Şekil 2 Dublex kaplanmış AISI 316L çeliğinin mikroyapısı

3.2.Mikro-sertlik Ölçümleri

Borlanmamış AISI 316L çeliğinin sertliği 334 HV_{0,05}(Kayalı, 2011), nikelin sertliği ise yaklaşık 500 HV_{0,05} iken dublex kaplama yapıldıktan sonra yüzey sertlik değerlerinin ortalama 680 HV_{0,05} olduğu tespit edilmiştir (şekil 3).



Şekil 3 Dublex kaplanmış AISI 316L çeliğinin mikro-sertlik değerleri

3.3.Aşınma

Aşınma deneyi sonucunda elde edilen veriler çizelge 2 de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde sırasıyla AISI 316L, Borlanmış AISI 316L ve Dublex kaplanmış AISI 316L de aşınmanın artışı meydana gelmiş, dublex kaplamada aşınmanın azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2 Aşınma deneyi sonuçları

Numune	Aşınma Hızı (10 ⁻⁶ mm ³ /Nm)	Aşınma Derinliği (µm)	Aşınma Hacmi (µm ²)
AISI 316L	3,524	32,2	14534
Borlanmış AISI 316L	11,452	23,4	10932
Dublex Kaplanmış AISI 316L	42,575	20,5	8398

4. Sonuçlar

ESD-Nikel kaplama işlemi neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Dublex kaplama işlemi sonrasındaki metalografik incelemelerinde nikel tabakasının AISI 316L çeliğinde homojen bir kalınlığa sahip olduğu

görülmüştür.

Dublex kaplanmış numunelerin metalografik incelemeleri sonucunda, kaplama-matris arayüzey morfolojisinin pürüzsüz ve düz bir yapı sergilediği mikroyapılarında görülmektedir.

Dublex kaplama işlemi ile AISI 316L çeliğinin sertliği yaklaşık olarak iki kat artmıştır.

Dublex kaplama işlemi sonucunda AISI 316L çeliğinin aşınma davranışının iyileştiği görülmüştür.

Aşınma hızında azalmanın olduğu gözlemlenmiştir.

Dublex kaplama ile malzemelerin kullanım ömürlerinde ve işlevlerinde verimliliğin artışı saptanmıştır.

Kaynaklar

Balusamy, T., SankaraNarayanan, T.S.N., Ravichandran, K., Song Park, Il., Lee, M.H., 2013. "Effect of surfacemechanicalattritiontreatment (SMAT) on packboronizing of AISI 304 stainlesssteel". *SurfaceandCoatingsTechnology*, **232**, 60-67.

Brown, E.A., Sheldon, G.L., Bayoumi, A.E., 1990. A parametricstudy of improvingtool life byelectrosparkdeposition. *Wear*, **138 (1-2)**, 137-151.

Kayalı, Y., 2011. Borlanmış AISI 316L Paslanmaz Çeliğin Korozyon ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 197.

Gil, L., Brühl, S., Jiménez, L., Leon, O., Guevara, R., Staia, M.H., 2006. "Corrosion performance of the plasma nitrided 316 L stainless steel" *Surface & Coatings Technology*, **201**, 4424-4429.

Heras, E.D.L., Egidi, D.A., Corengia, P., Santamaria, D.G., Luis, A.G., Brizvela, M., Lopez, G.A., Martinez, M.F., 2008. Dublex Surface Treatment of an AISI 316

LStainless Steel; Microstructure and TribologicalBehaviour, *Surface&Coating Technology*, **202**, 2945-2954.

Kariofillis, G.K., Kiourtsidis, G.E., Tsipas, D.N., 2006. Corrosion behavior of borided AISI H13 hot work steel, *Surface & Coatings Technology*, **201**, 19-24.

Özbek, I., Konduk, B.A., Bindal, C., Ucısık, A.H., 2002. Characterization of borided AISI 316L stainlesssteelimplant. *Vacuum*, **65**, Issues:3-4, 521-525.

Reynolds, J. L., Holdren, R. L., & Brown, L. E. 2003. Electro-SparkDeposition. *Advanced MaterialsandProcesses*, **161(3)**, 35-37.

Tiwari, S.K., Mishra, T., Gunjan, M.K., Bhattacharyya, A.S., Singh, T.B., Singh, R., 2007. Development and characterization of sol-gel silica-alumina composite coatings on AISI 316L for implant applications. *Surface & Coatings Technology*, **201**, 7582-7588.

Yetim, A.F., Yildiz, F., Alsaran, A., Celik, A., 2008. Surface modification of 316L stainless steel with plasma nitriding. *KovoveMaterialy- Metallic Materials*, **46-2**, 105-115.