

Borlanmış AISI 904 L Paslanmaz Çeliğin Elektrokimyasal Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi

Ersan MERTGENÇ¹, Yusuf KAYALI²

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojisi Bölümü, Afyonkarahisar.

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

ersanmertgenc@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8247-2922>

Geliş Tarihi: 27.08.2019; Kabul Tarihi: 12.09.2019

Öz

Anahtar kelimeler

AISI 904 L; Kutu Borlama; Mikrosertlik; Elektrokimyasal Korozyon.

Yüksek alaşımli, düşük karbonlu olma özelliğine sahip AISI 904 L paslanmaz çeliği 850°C, 900°C ve 950°C sıcaklıklarda ve 4 saat süreyle kutu borlama yöntemi ile kaplanmıştır. Malzeme yüzeyinde oluşan borür tabakalarının yapısı optik mikroskop, tabaka üzerinde oluşan fazlar XRD yöntemi ile belirlenmiştir. Elektrokimyasal korozyon deneyleri Gamry referance 600 potansiyostat/galvanostat ZRA ve Echem analyst soft programı ile tükruk çözeltisi ortamında 1 saat bekletme süresi sonucunda gerçekleştirilmiştir. Kaplama tabakasının morfolojisinin düz bir yapı sergilediği, kaplama yüzeyinde FeB, Fe₂B, Cr₂B, Ni₂B ve CrB₂ fazlarının varlığı tespit edilmiştir. Tabaka kalınlıklarının 10µm'den 25µ'e kadar değiştiği, artan sıcaklıkla arttığı görülmüştür. Yapılan korozyon testi neticesinde de AISI 904 L süper östenitik paslanmaz çeliğin borlama işlemi ile korozyon direncinin azaldığı görülmüştür. Borlama sıcaklığının artmasıyla beraber korozyon hızında artış meydana gelmiştir.

Investigation of Electrochemical Corrosion Properties of Boronized AISI 904 L Stainless Steel

Abstract

Keywords

AISI 904 L; Pack Boriding; Microhardness; Electrochemical Corrosion

High alloy and low carbon AISI 904 L stainless steel is coated with pack boring method at 850 ° C, 900 ° C and 950 ° C for 4 hours. The structure of boride layers formed on the surface of the material was determined by optical microscope and the phases formed on the layer were determined by XRD method. Electrochemical corrosion tests were carried out by using the Gamry referance 600 potentiostat / galvanostat ZRA and Echem analyst soft program in saliva solution environment for 1 hour. It was determined that the morphology of the coating layer was smooth and FeB, Fe₂B, Cr₂B, Ni₂B and CrB₂ phases were present on the coating surface. It was observed that layer thicknesses varied from 10µm to 25 and increased with increasing temperature. As a result of the corrosion test, corrosion resistance of AISI 904 L super austenitic stainless steel was reduced. Corrosion rate increased with increasing boron temperature.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Östenitik paslanmaz çelikler, düşük fiyatları, üretilebilirlikleri ve korozyon dirençleri nedeniyle endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak uygulama

alanı bulmaktadırlar(Ryabinkina et al. 2019). Paslanmaz çeliklere yüksek miktarda krom ve nadir olarak bulunan molibden gibi alaşım elementlerinin ilave edilmesiyle yüksek sıcaklıklarda korozyon

direncine sahip olan süper östenitik paslanmaz çelikler elde edilmiştir (Kikuchi et al. 2018). Bu süper östenitik paslanmaz çelikler paslanmaz çeliklere göre daha pahalı olmasına rağmen, nikel bazlı süper alaşımlara göre daha ucuzdur (Sathiya and Jaleel 2010). 904L süper östenitik paslanmaz çelik (SASS), kimyasal, petrokimya, askeri ve okyanustaki gibi birçok agresif alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang et al. 2016). Borlama termo-kimyasal bir difüzyon işlemi olup borun yüksek sıcaklıkta çeliğe yayınıdır. Borlama işlemi genellikle, 700–1000 °C sıcaklık aralığında 1-10 saat sürelerle çeşitli borlama ortamlarında gerçekleştirilmektedir. Borlama bütün çeliklere uygulanabildiği gibi demir dışı metal ve alaşımlarına da uygulanabilmektedir (Özbek 2000, Usta 2005). Borlamanın diğer yüzey sertleştirme işlemlerine üstünlüğü, yüzey tabakasının çok sert olmasının yanında yüksek aşınma, korozyon ve yüksek sıcaklıkta oksidasyon direncine sahip olmasıdır (Bindal 1991).

Bu çalışmada üstün özelliklere sahip olan 904 L süper östenitik paslanmaz çeliğin yüzey özelliklerini iyileştirerek kullanım alanlarını genişletmek için kutu borlama yöntemiyle 850, 900 ve 950 C'de 4 saat süre ile borlama işlemine tabi tutulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada altlık malzeme olarak kullanılan 904 L süper östenitik paslanmaz çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 904 L Süper Östenitik Paslanmaz Çeliğinin Kimyasal Bileşimi (%)

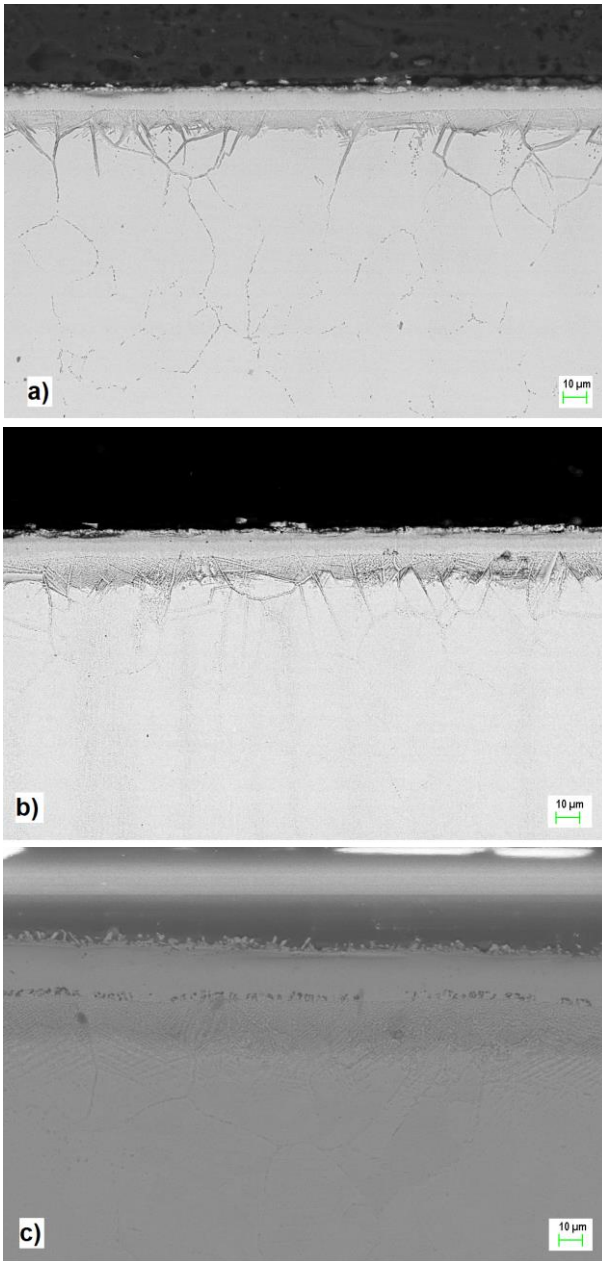
C	Mn	Si	P	S
0.02	2.0	1.0	0.045	0.01
Cr	Ni	Mo	Cu	-
19.22	24.24	4.06	1.25	-

Test numuneleri Ø16x6 mm boyutlarında kesilerek metalografik olarak hazırlanmıştır. Kutu borlama işlemi, paslanmaz çelik pota içerisinde ticari bor tozu (Ekabor-2) içerisinde 850°C, 900°C ve 950 °C sıcaklıklarında ve 4 saat bekleme süresinde gerçekleştirilmiştir. Borlanmış numuneler, oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve daha sonra test numuneleri kutudan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Borlanan numunelerden kesilen parçaların kesiti metalografik olarak hazırlanmıştır. Yüzeyler sırasıyla 120, 320, 400, 600, 800 ve 1200 gritlik zımparalardan geçirilerek zımparalandıktan sonra 1 µm'lik alümina ile parlatılmıştır. Daha sonra dağlanan numuneler optik mikroskop (Olympus BX-60) ile incelendi. Kaplama tabakasında oluşturulan bor varlığı CuKα (λ = 1.5406 Å) radyasyonu kullanan X-ray difraksiyonu (Shimadzu XRD-6000) ile teyit edilmiştir. Borür kalınlığı optik mikroskoba (Olympus BX60) bağlı bir dijital kalınlık ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

Elektrokimyasal korozyon numuneleri kutu borlama yöntemiyle borlanan 904L paslanmaz çeliğinin, elektrokimyasal korozyon deneyleri Gamry referance 600 potansiyostat/galvanostat ZRA ve Echem analyst soft programı ile gerçekleştirilmiştir. Elektrokimyasal korozyon deneylerine başlamadan önce 35 °C'de 15 dk Aseton, 15 dk Etanol ve 15 dk çift distile edilmiş su ile ultrasonik olarak temizlenerek 40 °C'de Etüv de bekletilerek kurutulmuştur. Elde edilen akım yoğunluğu-potansiyel eğrilerinden, korozyon hızı, polarizasyon direnci (Rp), korozyon akımı (Icor), korozyon hızı değerleri tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

850 °C, 900 °C ve 950 °C sıcaklıklarda 4 saat süre ile kutu borlama yöntemi kullanılarak kaplanmış numunelerin mikroyapı resimleri Şekil 1'de verilmiştir. Kaplama tabakası matris ara yüzeyinde düz bir yapı sergilediği tespit edilmiştir.



Şekil 1. 4 Saat Süre ile Borlanmış 904 L Süper Östenitik Çeliğinin **a)** 850 °C, **b)** 900 °C, **c)** 950 °C Mikroyapı Resimleri

Sıcaklığa bağlı olarak da kaplama kalınlıklarının değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. 4 saat süre ile 850 °C sıcaklıkta yapılan kaplamada kalınlık 10 µm iken 950 °C sıcaklıkta yapılan kaplama kalınlığının 25 µm olduğu tespit edilmiştir. Artan borlama sıcaklığı ile kaplama kalınlık değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Celikyürek et al. 2006).

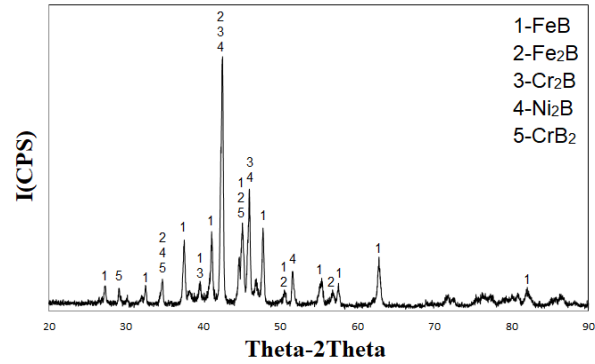
Çizelge 3. Borlanmış AISI 904 L paslanmaz çeliğinin Tükrük Çözeltisinde Korozyon Değerleri.

	Tafel Extrapolarizasyon	Lineer Extrapolarizasyon
--	-------------------------	--------------------------

Çizelge 2. Borlanmış 904 L Süper Östenitik Paslanmaz Çeliğinin Sertlik Değerleri

Borlama Sıcaklığı (°C)	Kaplama Kalınlığı (µm)
850	10
900	18
950	25

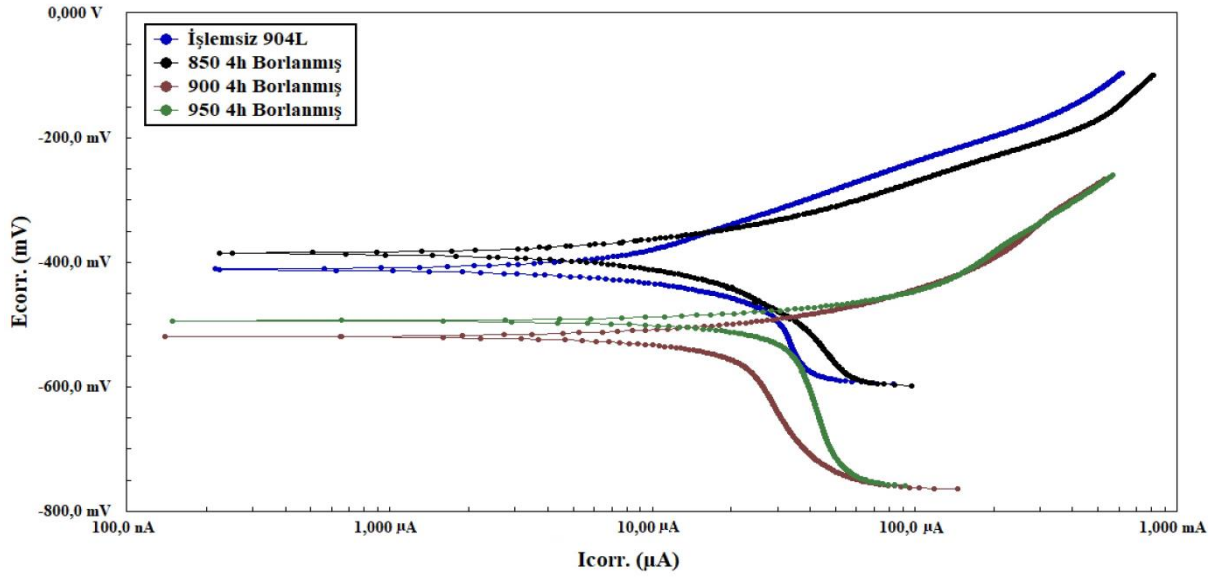
900 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile borlanan numuneye ait XRD analizi Şekil 2’de verilmiştir. Borlama ile borür tabakasında FeB, Fe₂B, Cr₂B, Ni₂B ve CrB₂ fazlarının olduğu görülmektedir.



Şekil 2. 900 °C Sıcaklıkta 4 Saat Süre ile Borlanmış 904 L Süper Östenitik Çeliğinin XRD Analiz Sonucu

Yapılan korozyon testinde borlanmış ve borlanmamış AISI 904 L Paslanmaz çeliğin tükrük çözeltisi ortamında 1 saat bekleme süresi sonucunda Tafel ve lineer polarizasyon yöntemi ile elde edilen korozyon karakteristikleri ve Tafel eğrileri sırayla Çizelge 3’de ve Şekil 3 de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde borlanmış numunelerin tükrük çözeltisi ortamında 1 saat bekleme sonrası polarizasyon (korozyon) akım yoğunluk (icorr) değerleri azalmıştır. Polarizasyon akım yoğunluğu değerleri kaplanmamış durumda 12,70 µA/cm² iken, borlanmış numunelerde borlama sıcaklığına bağlı olarak polarizasyon akım yoğunluğu değeri 15,70-58,70 µA/cm² aralığında değişmektedir.

AISI 904 L Paslanmaz Çelik	<i>E</i> _{corr.} (mV)	<i>I</i> _{corr.} (μ A)	<i>Kor. Hızı</i> (mpy)	<i>R</i> _p (k Ω)	<i>E</i> _{corr.} (mV)	<i>I</i> _{corr.} (μ A)	<i>Kor. Hızı</i> (mpy)
S.Durum	-411	12,70	7.419	2.852	-411	12,90	7,354
850 4h	-385	15,50	9.040	2.173	-385	17,50	10,22
900 4h	-519	41,90	24,47	1,114	-519	52,18	30,46
950 4h	-494	58,70	34,28	0,752	-494	65,35	38,14



Şekil 3. Tükrük Çözeltisinde 1 saat bekletilmiş numunelerin Tafel Eğrileri.

Borlanmış numunelerin tabaka kalınlığı arttıkça *i*_{corr.} değeri artarken, *R*_p değeri ve % inhibisyon değeri azalmaktadır. Ayrıca *R*_p (polarizasyon direnci) ve korozyon hızı değerlerinin (mpy), *i*_{corr} değerleri ile uyumlu olduğu gözlenmektedir (Şekil 3).

Bor kaplanmış çeliklerin korozyon dirençleri genellikle kaplamaların karakteristik özelliklerinden olan mikro çatlakların ve porozitelerin miktarına bağlıdır. Bu poroziteler kaplamaların sıklığını negatif yönde etkiler ve kaplamaların önemli derecede korozyon direncini azaltır. Bu oluşan boşlukların miktarı kaplamadaki mikroyapı ile ilişkilidir (Campos et al. 2006, Liu et al. 2006).

Borlama sıcaklığının artması ile daha kalın bir borür tabakası oluşmaktadır. Bu ise borür tabakasının çeliğin yüzeyinden daha kolay ayrılmasına ve hatta borür kaplama tabakasında çatlak ve boşluk oluşumuna neden olmaktadır (Campos et al. 2006).

Bu oluşan çatlak ve boşluklar korozyon direncinin azalmasına neden olmaktadır.

4. Sonuçlar

Kutu borlama yöntemiyle yapılan süper östenitik paslanmaz çeliğin kaplanmasında düz ve pürüzsüz bir yapı elde edilmiştir.

Malzeme yüzeyinde FeB, Fe₂B, Cr₂B, Ni₂B ve CrB₂ fazlarından oluştuğu tespit edilmiştir.

Süper östenitik paslanmaz çeliğin yüzeyinde oluşan borür tabakasının kalınlığı artan sıcaklıkla artmıştır.

Borlama işlemi ile beraber süper östenitik paslanmaz çeliğinin kaplanmasında korozyon direncinin arttığı tespit edilmiştir.

layers: Dimensional analysis. Applied Surface Science, **252**, 8662-8667.

Liu, C., Lin, G., Yang, D. and Qi, M., 2006. In vitro corrosion behavior of multilayered Ti/TiN coating on biomedical AISI 316L stainless steel. Surface Coating Technology, **200**, 4011-4016.

5. Kaynaklar

Ryabinkina, P., Bushueva, E. and Nikulina, A., 2019. Structure and properties of austenitic steel surface-doped with NbC. Materials Today: Proceedings, **11**, 436-440.

Kikuchi, S., Iwamae, S., Akebono, H., Komotori, J. and Kadota, K., 2018. Effect of atmospheric-controlled induction-heating fine particle peening on electrochemical characteristics of austenitic stainless steel. Surface & Coatings Technology, **334**, 189-195.

Sathiya, P. and Jaleel, M.Y.A., 2010. Measurement of the bead profile and microstructural characterization of a CO₂ laser welded AISI 904 L super austenitic stainless steel. Optics & Laser Technology, **42**, 960-968.

Zhang, W., Zhang, J., Han, Y., Lio, R., Zou, D. and Qiao, G., 2016. Metadynamic recrystallization behavior of as-cast 904 L super austenitic stainless steel. Journal of Iron and Steel Research, International, **23(2)**, 151-159.

Özbek, İ., Akbulut, H., Zeytin, S., Bindal, C., Üçışık A.H., 2000. The characterization of borided %99,5 purity nickel. Surface and Coatings Technology, **126**, 166-170.

Usta M., 2005. The characterization of borided pure Nb. Surface and Coatings Technology, **194**, 251-255.

Bindal C., 1991. Az alaşımlı ve karbon çeliklerinde borlama ile yüzeye kaplanan borürlerin bazı özelliklerinin tesbiti, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 177.

Celikyürek, I., Baksan, B., Torun, O. and Gurler, R., 2006. Boronizing of iron aluminide Fe₇₇Al₂₈. Intermetallics, **14**, 136-141.

Campos, I., Torres, R., Ramirez, G., Ganem, R. and Martinez, J., 2006. Growth kinetics of iron boride