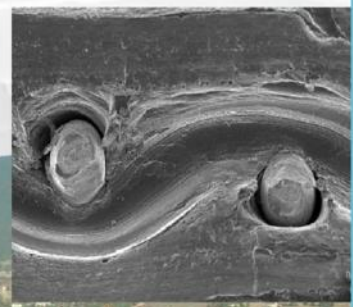
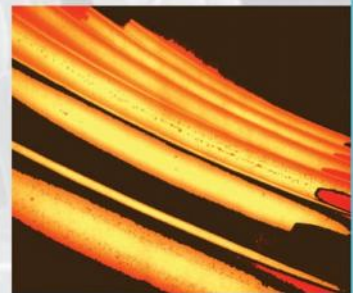




The Second International Iron & Steel Symposium



Editors
Dr. Cevdet GÖLOĞLU
Dr. Mustafa YAŞAR



ISS'15

The Proceedings of Second International Iron and Steel Symposium (ISS'15)
April 1-3, 2015, Karabuk University, Karabuk, Turkey.

Edited by

Dr. Cevdet GÖLOĞLU (Chairman)
Dr. Mustafa YAŞAR

Copyright

© 2015, ISS'15, Karabuk University
Karabuk, Turkey
<http://iiss15.karabuk.edu.tr/>
iiss15@karabuk.edu.tr

This proceedings includes the original papers submitted to ISS'15. It is accessed in free of charge.
All scientific and linguistic responsibilities of the published articles belong to their authors.



The Second International Iron and Steel Symposium (IISS'15)



1-3 April 2015
Karabuk University, Karabuk, Turkey

HONORARY COMMITTEE

Prof. Dr. Refik POLAT, Rector of Karabuk University
M. Uğur YILMAZ, General Manager of KARDEMİR A.Ş.
Prof. Dr. Niyazi ERUSLU, Rector of Yalova University
Prof. Dr. Mustafa GÜDEN, Rector of İzmir Institute of Technology
Prof. Dr. Nazım EKREN, Rector of İstanbul Commerce University
Prof. Dr. İsmail YÜKSEK, Rector of Yıldız Technical University
Dr. Veysel YAYAN, Secretary General of Iron & Steel Producers Association
Namık EKİNCİ, Chairman of the Board of Steel Exporters' Association

IISS'15 CHAIRMAN

Dr. Cevdet GÖLOĞLU

ORGANISING COMMITTEE

Dr. Cevdet GÖLOĞLU
Dr. Mustafa YAŞAR
Dr. İbrahim KADI
Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU
Dr. Bilge DEMİR
Dr. Melik ÇETİN
Dr. Hayrettin AHLATCI
Dr. Yavuz SUN
Dr. Erkan KOÇ

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Ömer BUCAK	Hochschule Fürangewandte Wissenschaften München
Dr. Eng. Virgil GEAMAN	Transilvania University of Brasov
Dr. İrinei RADOMIR	Transilvania University of Brasov
Dr. Mihai Alin POP	Transilvania University of Brasov
Dr. Mihai CERNAT	Transilvania University of Brasov
Dr. P. A. DEARNLEY	University of Leeds
Dr. Hani HENEIN	University of Alberta
Dr. Carl D. LUNDIN	The University of Tennessee Knoxville
Dr. Mahdi MAHFOUF	Sheffield University
Dr. David K. MATLOCK	Colorado School of Mines
Dr. Kiyotaka MATSUURA	Hokkaido University
Dr. Jahan RASTY	Texas Tech University
Dr. Anthony D. ROLLETT	Carnegie Mellon University
Dr. Iván Enrique Campos SILVA	Instituto Politécnico Nacional
Dr. Ali RAMAZANI	University of Michigan-Ann Arbor
Dr. Hatem AKBULUT	Sakarya University

Dr. Salim ASLANLAR
Dr. Hakan ATEŞ
Dr. Süheyla AYDIN
Dr. Adem BAKKALOĞLU
Dr. Murat BAYDOĞAN
Dr. Cuma BİNDAL
Dr. Oğuz BORAT
Dr. Bülent BOSTAN
Dr. Recep ÇALIN
Dr. Fikret ÇALIŞKAN
Dr. Ünal ÇAMDALI
Dr. Veli ÇELİK
Dr. Hüseyin ÇELİKKAN
Dr. Cemil ÇETİNKAYA
Dr. Ramazan ÇITAK
Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU
Dr. Mustafa ACARER
Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU
Dr. Erhan DEMİRBAŞ
Dr. Ahmet DURGUTLU
Dr. Mustafa AYDIN
Dr. Ayşegül Akdoğan EKER
Dr. Bülent EKER
Dr. Serkan ISLAK
Dr. Volkan KILIÇLI
Dr. Ahmet GÜRAL
Dr. Ahmet EKERİM
Dr. İsmail EKMEKÇİ
Dr. Abdulkadir EKŞİ
Dr. Ahmet GEVECİ
Dr. Ruşen GEZİCİ
Dr. Mustafa BOZ
Dr. Ferhat GÜL
Dr. Behçet GÜLENÇ
Dr. Arif Nihat GÜLLÜOĞLU
Dr. C. Hakan GÜR
Dr. Ahmet GÜRAL
Dr. Hasan HASIRCI
Dr. Erdinç KALUÇ
Dr. Süleyman KARADENİZ
Dr. E. Sabri KAYALI
Dr. Ramazan KAYIKCI
Dr. Mehmet KOBYA
Dr. Orhan Şerif KOMAÇ
Dr. İhsan KORKUT
Dr. Mehmet KOZ
Dr. Sakıp KÖKSAL
Dr. Adem KURT
Dr. Mustafa KURT
Dr. Salman KURTULAN
Dr. Enver OKTAY
Dr. Nuri ORHAN
Dr. Yusuf ÖZÇATALBAŞ
Dr. İsmail ÖZDEMİR
Dr. Niyazi ÖZDEMİR
Dr. Macit ÖZENBAŞ
Dr. Fahrettin ÖZTÜRK
Dr. Serdar SALMAN
Sakarya University
Gazi University
Istanbul Technical University
Yıldız Technical University
Istanbul Technical University
Sakarya University
Istanbul Commerce University
Gazi University
Kırıkkale University
Istanbul Technical University
Abant İzzet Baysal University
Kırıkkale University
Gazi University
Gazi University
Gazi University
Istanbul Technical University
Selcuk University
Yıldız Technical University
Gebze Institute of Technology
Gazi University
Dumlupınar University
Yıldız Technical University
Namık Kemal University
Kastamonu University
Gazi University
Gazi University
Yıldız Technical University
Marmara University
Çukurova University
Middle East Technical University
Marmara University
Karabuk University
Gazi University
Gazi University
Marmara University
Middle East Technical University
Gazi University
Gazi University
Kocaeli University
Dokuz Eylül University
Istanbul Technical University
Sakarya University
Gebze Institute of Technology
Eskişehir Osmangazi University
Gazi University
Marmara University
Sakarya University
Gazi University
Marmara University
Istanbul Technical University
Istanbul University
Firat University
Gazi University
Bartın University
Firat University
Middle East Technical University
Niğde University
Marmara University

Dr. Ekrem SELÇUK
Dr. Naci SEVİNÇ
Dr. Turan SÖYLEMEZ
Dr. Ali SÜR MEN
Dr. Ulvi ŞEKER
Dr. Uğur ŞEN
Dr. M. Kelami ŞEŞEN
Dr. Emel TABAN
Dr. Mustafa TAŞKIN
Dr. Süleyman TEKELİ
Dr. Erdoğan TEKİN
Dr. Mehmet TÜRKER
Dr. Yavuz TOPKAYA
Dr. İlyas UYGUR
Dr. Hüseyin UZUN
Dr. Mustafa ÜRGEN
Dr. Murat VURAL
Dr. Cemalettin YAMAN
Dr. Recep YENİTEPE
Dr. Engin YEŞİL
Dr. Murat YEŞİLOĞU
Dr. Yılmaz YILDIRIM
Dr. Ramazan YILMAZ
Dr. İrfan YÜKLER
Dr. Bülent KURT
Dr. Cemal ÇARBOĞA
Dr. Tanju TEKER
Dr. Muzaffer ZEREN

Middle East Technical University
Middle East Technical University
Istanbul Technical University
Bursa Technical University
Gazi University
Sakarya University
Istanbul Technical University
Kocaeli University
Fırat University
Gazi University
Atılım University
Gazi University
Middle East Technical University
Düzce University
Sakarya University
Istanbul Technical University
Istanbul Technical University
Yıldız Technical University
Marmara University
Istanbul Technical University
Istanbul Technical University
Bülent Ecevit University
Sakarya University
Marmara University
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Adıyaman University
Kocaeli University

SYMPOSIUM SECRETARIAT

Dr. Erkan KOÇ (Head)
Dr. Mehmet Kuddusi AKALIN
Dr. Betül USTA
Alper İNCESU
Savaş AĞDUK
Ulvi KANBUR
Selçuk SELİMLİ
Fatih AYDIN

Hüseyin YILDIRIM
İsmail Hakkı KARA
Muhammet Emre TURAN
Şamil CABIOĞLU
Yüksel AKINAY
Fazıl HÜSEM

SYMPOSIUM SECTION COORDINATORS

Metallurgy & Materials

Dr. Hayrettin AHLATÇI
Dr. Mustafa BOZ
Dr. Memiş IŞIK
Dr. Yavuz SUN
Dr. Hasan KARABULUT
Dr. Süleyman GÜNDÜZ
Dr. Bilge DEMİR
Dr. Yavuz SUN

Heat Treatment

Welding & Cutting

Dr. Ramazan KAÇAR
Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Dr. Fatih HAYAT
Dr. Yakup KAYA

Casting

Coating & Corrosion

Forming & Machining

Dr. Erkan KOÇ
Dr. Melik ÇETİN
Dr. Dursun ÖZYÜREK
Dr. Mehmet ÜNAL
Dr. Yunus TÜREN
Dr. İsmail ATILGAN
Dr. Ali GÜNGÖR
Dr. Mustafa ANUTGAN
Dr. Tamila ANUTGAN
Dr. Ulaş MATİK
Dr. Nurettin ELTUĞRAL
Dr. Yasin KANBUR
Dr. Cevdet GÖLOĞLU
Dr. İbrahim ÇİFTÇİ
Dr. Mustafa YAŞAR
Dr. Hasan GÖKKAYA

Energy & Environment	Dr. Hüseyin KURT Dr. Mehmet ÖZKAYMAK Dr. Mehmet ÖZALP Dr. Emrah DENİZ Dr. Muhammet KAYFECİ Dr. Engin GEDİK Dr. Bahadır ACAR Dr. Alper ERGÜN Dr. Raif BAYIR	Forming & Machining	Dr. İsmail KARACAN Dr. H. İbrahim DEMİRCİ Dr. Birhan IŞIK Dr. Naci KURGAN
Automation	Dr. Hüseyin DEMİREL Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU Dr. İsmail Rakıp KARAŞ Dr. İlker TÜRKER Dr. İlhami Muharrem ORAK Dr. Ali UYSAL Yusuf KURTGÖZ	Marketing & Finance	Dr. Abdullah KARAKAYA Dr. Gülay GÜNAY Dr. Muhammet BELEN Dr. Ali Çağlar ÇAKMAK Dr. Ahmet GÜRBÜZ
		Occupational Health & Safety	Dr. Ercüment N. DİZDAR Bilal ÇOLAK İsmail TOPRAK

... and members of

METALLURGY AND MATERIALS STUDENT ASSOCIATION KARABUK UNIVERSITY



Erkan KÖSE (Head)
Murat KEMAL GÖKTAŞ (Vice head)
Mesut YILMAZ
Ünver NECDET ÜNVEREN
Nurhan BAKAN
İbrahim ERSİN
Eray ÖZCAN
İsmail YILDIZ
Orhun ÖZGÜR
Tamer TURAN
İsmail ÇETİNKAYA
Cavit ŞANE
İsmail GENÇSOY
İzel DEVECİ
Enes AKYILDIZ
Nasip ALTUN

IIS'15 is organised by

**Iron and Steel Institute
Karabuk University
78050 Karabuk, Turkey
T: +90 370 433 88 33
F: +90 370 433 88 32**

**E-mail: dce@karabuk.edu.tr
<http://dce.karabuk.edu.tr>
<http://iiss15.karabuk.edu.tr>**

INVESTIGATION OF CONTACT ANGLE IN VARIOUS PLACES OF BORONIZED AISI 316 L STAINLESS STEEL

BORLANMIŞ AISI 316 L PASLANMAZ ÇELİĞİN ÇEŞİTLİ ORTAMLARDA TEMAS AÇISININ İNCELENMESİ

Nusret BARUT¹, Yusuf KAYALI¹, Atilla EVCİN²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Türkiye,

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Türkiye, nusrettinbarut@hotmail.com, ykayali@aku.edu.tr, evcin@aku.edu.tr

Özet

AISI 316L östenitik paslanmaz çeliği, yüksek sıcaklıklarda, yüksek korozyon direncinden dolayı endüstrinin çeşitli sektörlerinde (kimya, petro-kimya endüstrisinde, kâğıt endüstrisinde, nükleer mühendislikte, süthane ekipmanlarında) geniş kullanım alanına sahiptir. Ayrıca biouyumluluk ve yüksek korozyon direncinden dolayı implant malzemesi olarak da tıp alanında kullanılmaktadır. Bu üstün özelliklerinin yanında düşük sertlik ve zayıf aşınma performansına sahip olmasından dolayı kullanım alanları kısıtlanmaktadır. Bu yüzden son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve malzemelerden daha üstün özelliklerin beklenmesi neticesinde kullanılan malzemelerin yüzey modifikasyonu gündeme gelmiştir. Bu amaçla; borlama işlemi, termokimyasal işlemler içerisinde çok yüksek yüzey sertliği ve düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon, yüksek aşınma direnci gibi üstün özelliklere sahip olması ve metalik malzemelerin çoğuna uygulanabilirliği sebebiyle ilk akla gelen yöntemdir.

Bu çalışmada ticari Ekabor®-2 tozu içerisinde AISI 316L östenitik paslanmaz çelik numuneler 800 ve 900 °C'de 2 ve 6 saat süreyle kutu borlama yöntemiyle borlanmıştır. Borlama işlemi sonrasında oluşan borür tabakalarının yüzey morfolojileri ve faz analizleri optik, taramalı elektron mikroskobu ve X-ışınları difraksiyon analizi yardımıyla yapılmıştır. Metalografik çalışmalar AISI 316L östenitik paslanmaz çelik yüzeyinde oluşan bor tabakasının düz ve pürüzsüz bir morfolojiye sahip olduğunu göstermiştir. XRD analizleri ile çelik yüzeyinde oluşan bor tabakasının FeB, Fe₂B, CrB, Cr₂B, NiB ve Ni₂B fazlarını içerdiği tespit edilmiştir. Artan borlama sıcaklığı ve süresi ile borür tabaka kalınlığının arttığı belirlenmiştir. Islatma özellikleri ve temas açısı ölçümleri su, diiyodometan ve etilen glikol ile gerçekleştirilmiş olup, tüm sıvılar için borlama sıcaklık ve süresinin artmasıyla temas açısının arttığı görülmüştür. En yüksek temas açısı 900 °C'de 6 saat süreyle borlanmış numunelerde su ile yapılan analizde 126,58 ° ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI 316L, Borlama, Temas Açısı.

Abstract

Austenitic stainless steel, AISI 316L, has a wide variety of usage in various industry sectors including chemistry, petro chemistry, paper industries, and nuclear engineering due to its high corrosion resistance at high

temperatures. Furthermore, due to its biocompatibility and high corrosion resistance, it has been used in medicine as an implant material. Despite having superior properties, its usage places are limited because it has a low hardness and weak wear performance. Therefore, surface modifications of the used materials have been raised in the society as a result of high excellence expected from the materials with the technological development. Having such properties as possessing a high surface hardness, low coefficient of friction, high corrosion and high wear resistance and being applicable to most of the metallic materials, boriding process comes to the mind firstly among the thermochemical processes.

In this study, AISI 316L austenitic stainless steel samples were boronized by box boronizing method for 2 and 6 hours at 800 and 900°C within the commercial Ekabor®-2 powder. Surface morphologies and phase analyses of boride layers formed in the wake of boronizing operation were conducted by means of scanning electron microscope and X-ray diffraction analysis. Metallographic studies have showed that boron layer formed on AISI 316 L austenitic stainless steel surface had a flat and smooth morphology. It was detected by XRD analyses that boron layer, which came into existence on steel surface, contained FeB, Fe₂B, CrB, Cr₂B, NiB and Ni₂B phases. It is determined that boride layer thickness increases with the increase of boronizing temperature and duration. The wetting properties and contact angle measurements are realized with water, diiodomet and ethylene glycol and it was found that with the increase of temperature and duration of boriding, contact angle is increased for all liquids. The highest contact angle in boronized sample in 900 ° C for 6 hours was obtained as 126.58 by the analysis done with water.

Keywords: AISI 316 L SS, Borided, Contact angle.

1. Giriş

AISI 316L östenitik 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 biouyumluluk ve yüksek korozyon direncinden dolayı implant malzemesi olarak da tıp alanında kullanılmaktadır[1-4]. AISI 316 L paslanmaz çeliğin yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde literatürde

birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara, PVD yöntemiyle Ti kaplama [2, 5-8], DLC (Diamond-likecarbon) kaplama [9, 10], püskürtme yöntemi ile Cr₂B kaplama [11], sert Cr kaplama [12], sol-gel hidroxyapatite [6, 13], plazma nitrüleme [1, 3, 4] örnek olarak verilebilir.

Kaplamalar, metallerin aşınma ve korozyon özelliklerini iyileştirmek için yapılır. Saldırgan çerçverelerden metalleri korumak için pek çok kaplama yöntemleri vardır (Galvanizleme, Elektroless kaplama, PVD, CVD) [2, 14, 15]. Bu çalışmada, uygulama yönünden kolay, daha ucuz olması ve üstün özelliklerinden dolayı kutu borlama işlemi tercih edilmiştir. Borlama, termo-kimyasal bir difüzyon işlemi olup bor'un yüksek sıcaklıkta çeliğe yayınıdır [16, 17]. Borlama işlemi ile yüksek sertliğe (1400-3000 HV) sahip yüzey elde edilmesi, söz konusu tabakanın sertliğini yüksek sıcaklıklarda da (550-600 °C) muhafaza etmesi, sürtünme katsayısının ise çok düşük olmasının yanında asit ve bazların oluşturduğu korozyonlara ve yüksek sıcaklık oksidasyonlarına direnç göstermesi gibi üstün özelliklere sahiptir [16, 18].

Bu çalışmada, AISI 316 L östenitik paslanmaz çeliğinin korozyon direncinin borlama işlemi ile geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada kutu borlama yöntemi ile borlanmış AISI 316 L östenitik paslanmaz çelik malzemelerinin temas açısına borlama sıcaklığı ve süresinin etkisi çeşitli ortamlarda araştırılmıştır.

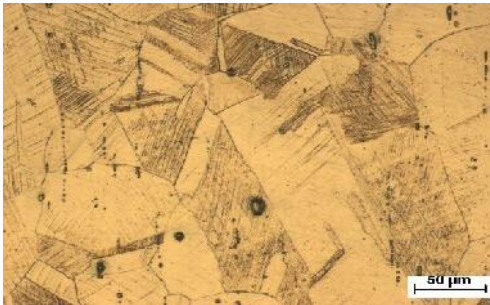
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Malzeme ve Isıl İşlemler

Deneysel çalışmalarda kullanılan 316 L paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi Tablo 1 de, mikroyapı fotoğrafı ise Şekil 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel malzemenin kimyasal bileşimi.

%C	%P	%S	%Si	%Mn	%Cr
0,020	0,033	0,030	0,386	1,501	16,889
%Ni	%Mo	%Ti	%N	%Cu	
10,616	2,111	0,008	0,054	0,344	



Şekil 1. Deneysel malzemenin optik mikroyapısı.

Hazırlanan numuneler, borlama işleminde kullanılan paslanmaz çelik kutu içerisine yerleştirildikten sonra üzeri ticari Ekabor-2 tozu ile örtülmüştür. Sıcaklığın ± 1 °C hassasiyetle kontrol edilen 8 KW gücündeki elektrik direnç fırınına yerleştirilen kutu içerisinde 800 ve 900 °C de 2 ve 6 saat sürelerde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Yüzey ve yapı analizleri

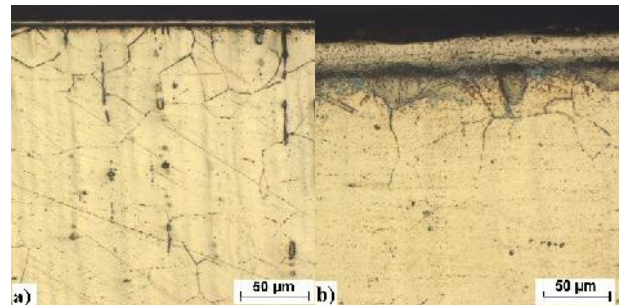
Borlanan numunelerden kesilen parçalar metalografik olarak hazırlanıp paslanmaz çelik dağlayıcısı ile dağlandıktan sonra Olympus BX-60 marka optik mikroskop yardımıyla kesitten kaplama tabakası ve matris mikroyapısı incelenmiştir. Yine aynı numuneler borür tabakasının bileşimini belirlemek için X-ışını difraksiyon analizinde kullanılmıştır. X-ışını difraksiyon analizleri Cu K α ($\lambda = 1.5406$ Å) radyasyonu kullanılan Shimadzu XRD-6000 marka X-ışını difraktometresi ile gerçekleştirilmiştir.

Borlanan numunelerin yüzeyleri, KSV Attension marka ve ThetaLite TL 101 Optical Tensiometer cihazı ile Damla Yayını (SessileDrop) yöntemi kullanılarak 3 farklı sıvıların her biri ile oda sıcaklığında (25 ± 2 °C) temas açısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kaplama tabakası ve mikro yapı

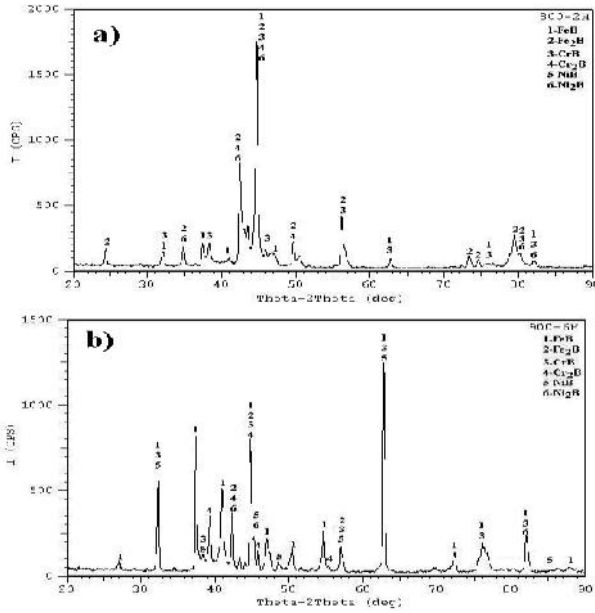
Şekil 2 de 800 °C ' de 2 saat ve 900 °C' de 6 saat sürelerde kutu borlama yöntemi ile borlama işlemine tutulan 316 L paslanmaz çeliğin mikro yapı görüntüleri verilmiştir. Borlanmış numunelerin metalografik incelemeleri sonucunda, kaplama-matris arayüzey morfolojisinin pürüzsüz ve düz bir yapı sergilediği optik mikroyapılarında görülmektedir. Diğer borlanmış çeliklere göre oluşan borür tabakası düz ve daha ince bir yapı göstermiştir [19, 20]. Bunun nedeni 316 L paslanmaz çeliği yüksek miktarda alaşım elementine (Cr, Ni) sahip olmasından dolayı difüzyon işleminin zorlaşması gösterilebilir. Çelikteki Cr bileşimi arttığı zaman çelikte oluşan borür tabakası daha da incelir ve matris ile borür tabakası arasındaki ara yüzey gittikçe düzleşir [19, 20, 21, 22]. Bu inceleme karbon içeriğine bağlı olarak farklılık göstermektedir [23]. Borür tabakasının kalınlığı altlık malzemenin kimyasal kompozisyonuna, borlama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak 2,3 µm ile 25 µm arasında değişmektedir. Borür tabakasının kalınlığı borlama sıcaklığı ve süresinin artması ile artar [21-23].



Şekil 2. a) 800°C de 2saat, b) 900 °C de 6 saat borlanmış numunelerin mikro yapıları.

800 °C ve 900 °C sıcaklıklarda 2 ve 6 saat sürelerde borlama işlemine tutulan 316L paslanmaz çelik numunelerinin yüzeyinde oluşan borür tabakasındaki mevcut fazların tayin için X-ışınları difraksiyon analizi kullanılmıştır. XRD analizlerinin baktığımızda borür tabakasının FeB, Fe₂B, CrB, Cr₂B, NiB ve Ni₂B fazlarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 3). 800 °C borlama sıcaklığında 2 saat borlama süresinde borür

tabakasına Fe₂B fazı hakim iken borlama süresinin ve sıcaklığın artmasıyla tabakaya FeB fazı hakim olmaktadır (Şekil3a-b).



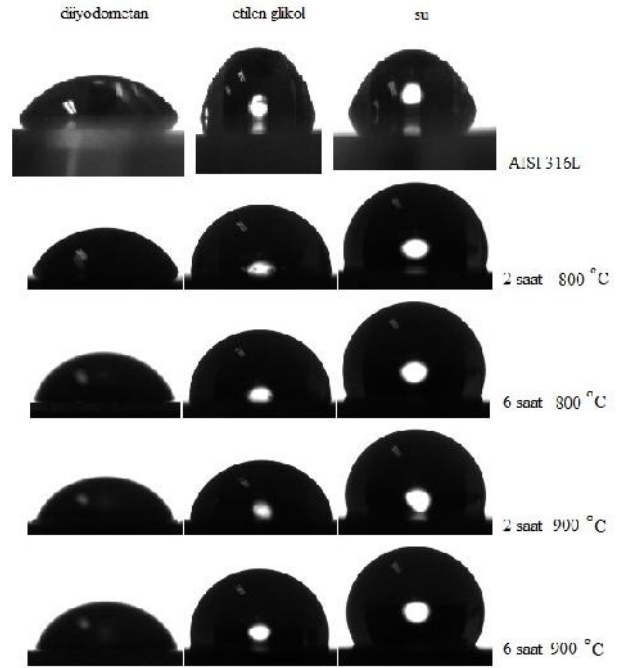
Şekil 3 a) 800 °C de 2 saat, b) 900 °C de 6 saat borlanmış numunelerin XRD analizleri.

3.2. Temas açıları

Borlanmış numunelerin yüzey temas açıları, borlama süre ve sıcaklığına göre Tablo 2'de verilmiştir. Bu yüzeylerin temas açısı resimleri ise Şekil 4'de verilmiştir. En düşük temas açısı değeri (~70°), Diiodometan sıvısında, 800 °C'de 2 saat borlanmış numune de elde edilmiştir.

Tablo 2. Farklı sıvılar için temas açısı ölçümleri

SIVI	°C	ZAMAN SAAT	TEMAS AÇISI
DIİYODOMETAN	900	6	79,09
DIİYODOMETAN	900	2	75,53
DIİYODOMETAN	800	6	77,96
DIİYODOMETAN	800	2	70,05
DIİYODOMETAN	AISI 316 L		56,35
ETİLEN GLİKOL	900	6	103,79
ETİLEN GLİKOL	900	2	85,46
ETİLEN GLİKOL	800	6	95,29
ETİLEN GLİKOL	800	2	93,65
ETİLEN GLİKOL	AISI 316 L		77,89
SU	900	6	126,58
SU	900	2	109,40
SU	800	6	117,01
SU	800	2	108,10
SU	AISI 316 L		61,69



Şekil 4. Farklı sıcaklık ve sürelerde borlanmış yüzeylerin 3 farklı sıvı ile temas açıları değişimi

Tablo 2 ve Şekil 4'den de görülebileceği gibi hem borlama sıcaklığı ve hem de süresinin artmasıyla her üç sıvı için de temas açıları artmıştır. Bunun nedeni yüzeyin daha hidrofobik olmasındandır. Borlama sıcaklığı ve süresinin artması yüzeydeki hidrofilik B-OH bağlarının azalması nedeniyle [24].

4. SONUÇLAR

- Borlanan 316 L paslanmaz çeliğin yüzeyinde FeB, Fe₂B, CrB, Cr₂B, NiB, Ni₂B gibi fazlar oluşmuştur. Oluşan borür tabakası düz bir yapıda olup, çeliğin her tarafında homojen bir dağılım göstermektedir.
- Borlama sıcaklığının ve süresinin artmasıyla borür tabakasının kalınlığı 2,3µm-25 µm ile değişim göstermektedir.
- Borlama İşlemi ile temas açılarında artma meydana gelmiştir.
- Borlama sıcaklığının ve süresinin artması yüzeyde daha hidrofobik bir tabaka meydana getirdiğinden temas açılarında artma görülmüştür.

Kaynaklar

- Gil, L., Brühl, S., Jiménez, L., Leon, O., Guevara, R., Staia, M.H., "Corrosion performance of the plasma nitrided 316 L stainless steel" Surface & Coatings Technology, 2006, vol. 201, pp. 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., "Duplex Surface Treatment of an AISI 316 L Stainless Steel; Microstructure and

- Tribological Behaviour”, *Surface&Coating Technology*, 2008, vol. 202, pp.2945-2954.
- [3] Nosei, L., Farina, S., Ávalos, M., Náchez, L., Gómez, B.J., Feugeas, J., “Corrosion behavior of ion nitrided AISI 316 L stainless steel” *Thin Solid Films*, 2008, vol. 516, pp.1044-1050.
- [4] Yetim, A.F., Yildiz, F., Alsaran, A., Celik, A., “Surface modification of 316L stainless steel with plasma nitriding” *Kovove Mater.*, 2008, vol. 46, pp. 105-115.
- [5] Khelfaoui, Y., Kerkar, M., Bali, A., Dalard, F., “Electrochemical characterisation of a PVD film of titanium on AISI 316L stainless steel” *Surface & Coatings Technology*, 2006, vol. 200, pp. 4523-4529.
- [6] Chenglong, L., Dazhi, Y., Guoqiang, L., Min, Q., “Corrosion resistance and hemocompatibility of multilayered Ti/TiN-coated surgical AISI 316L stainless steel” *Materials Letters*, 2005, vol. 59, pp. 3813-3819.
- [7] Liu, T. C., Lin, G., Yang, D., Qi, M., “In vitro corrosion behavior of multilayered Ti/TiN coating on biomedical AISI 316L stainless steel” *Surface & Coatings Technology*, 2006, vol. 200, 4011-4016.
- [8] Li, M., Luo, S., Zeng, C., Shen, J., Lin, H., Cao, C., “Corrosion behavior of TiN coated type 316 stainless steel in simulated PEMFC environments” *Corrosion Science*, 2004, vol. 46, pp. 1369-1380.
- [9] Azzia, M., Paquette, M., Szpunara, J.A., Klemberg-Sapiehab, J.E., Martinu, L., “Tribocorrosion behaviour of DLC-coated 316L stainless steel” *Wear*, 2009, vol. 267, pp. 860-866.
- [10] Morshed, M.M., McNamara, B.P., Cameron, C.D., Hashmi, M.S.J., “Effect of surface treatment on the adhesion of DLC film on 316L stainless steel” *Surface and Coatings Technology*, 2003, vol. 163-164, pp. 541-545.
- [11] Jordan, L.R., Betts, A.J., Dahm, K.L., Dearnley, P.A., Wright, G.A., “Corrosion and passivation mechanism of chromium diboride coatings on stainless steel” *Corrosion Science*, 2005, vol. 47, pp. 1085-1096.
- [12] Fedrizzi, L., Rossi, S., Bellei, F., Defflorian, F., “Wear–corrosion mechanism of hard chromium coatings” *Wear*, 2002, vol. 253, pp. 1173-1181.
- [13] Gopi, D., Collins, V. A. P., Kavitha, L., “Evaluation of hydroxyapatite coatings on borate passivated 316L SS in Ringer’s solution”, *Materials Science and Engineering C*, 2009, vol. 29, pp. 955-958
- [14] Kariofillis, G.K., Kiourtsidis, G.E., Tsipas, D.N., “Corrosion behavior of borided AISI H13 hot work steel” *Surface & Coatings Technology*, 2006, vol. 201, pp. 19-24.
- [15] Tiwari, S.K., Mishra, T., Gunjan, M.K., Bhattacharyya, A.S., Singh, T.B., Singh, R., “Development and characterization of sol–gel silica–alumina composite coatings on AISI 316L for implant applications” *Surface & Coatings Technology*, 2007, vol. 201, 7582-7588.
- [16] Sinha, A. K. “Boriding(Boronising)”, *ASM Handbook, Heat Treating, J.*, 1991, Vol. 4, pp. 437–447.
- [17] Özbek, İ., Şen, S., İpek, M., Bindal, C., Zeytin, S. ve Üçışık, A.H., “A Mechanical Aspect of Borides Formed on the AISI 440C Stainless-steel”, *Vacuum*, 2004, vol. 73C. pp.643-648.
- [18] Goeuriot, F.P., Thevenot, J., And Driver, H., “Surface treatment of steels: Boridif, a new boriding process”, *Thin Solid Films*, 1981, vol.78, pp.67-76.
- [19] Hunger, H.J., True, G., *HeatTreat. Met.*, 2.31-39,1994.
- [20] Taktak Ş., *Materials&Design*, 28,1836-1843, 2007.
- [21] Meriç, Ç., Şahin, S., Yılmaz, S.S., *Materials Research Bulletin*, 35, 2165-2172, 2000.
- [22] aktak, Ş., Mater, J., *Sci.*,41:7590-7596, 2006.
- [23] Efe, G.Ç., İpek M., Özbek, İ., Bindal, C., *Materials Characterization* 59, 23-31, 2008.
- [24] Moon, O.M., Kang B.C., Lee S.B., Boo J.H., *Thin Solid Films* 464–465, 164–169, 2004.