

Borlanmış Nikel-Magnezyum Alaşımının Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi

İsmail YILDIZ^{1,*} - İbrahim GÜNEŞ²

Özet: Bu çalışmada % 93 Ni ile % 7 Mg toz karışımından TM yöntemiyle üretilmiş ve farklı sıcaklıklarda borlanmış Nikel-Magnezyum alaşımının yüzey özellikleri incelenmiştir. Numuneler 530 °C sıcaklıkta sinterlenmişlerdir. Numuneler Ø20x5 mm boyutlarında kesilerek gerekli zımparalama (1000 G) işlemlerinden geçirilmiş ve 1 µm'lik Alümina solüsyon kullanılarak parlatılmıştır. Borlama işlemi katı ortamda, ticari Ekabor II bor tozu kullanılarak elektrik rezistanslı bir fırın içerisinde 900 ve 1000 °C'de 1,5 ve 4,5 saat süresince gerçekleştirilmiştir. Borlanan numuneler kesitten kesilerek gerekli zımparalama ve parlatma işlemlerinden sonra elde edilen borür tabaka kalınlıkları Nikon MA100 marka optic mikroskop yardımıyla ölçülmüştür. Borlama işlemi sonucunda elde edilen borür fazları Shimadzu XRD 6000 marka XRD cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Borlanmış Nikel-Magnezyum numunelerinin XRD analizi sonucunda Ni₃B, Ni₂B, NiB ve Mg fazları elde edilmiştir. Borlama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak Nikel-Magnezyum numuneler üzerinde değişen kalınlıklarda borür tabakaları elde edilmiştir. Borlanma işlemi sonucunda numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerinde artışlar tespit edilmiştir. Borlanmış ve borlanmamış Nikel-Magnezyum numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerinin 0.2 ile 0.56 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nikel-Magnezyum, Borlama, XRD, Yüzey Pürüzlülüğü

Abstract: In this study, a mixture of 93% Ni and 7% Mg powder was produced by the TM method and surface properties of boronized Nickel-Magnesium alloy at different temperatures and times were investigated. The samples were sintered at 530°C. The Nickel-Magnesium specimens were cut into Ø20x5 mm dimensions, ground up to 1000G and polished using 1 µm Al₂O₃ solution. The boriding heat treatment was carried out in a solid medium containing an Ekabor-II powder mixture placed in an electrical resistance furnace operated at the temperature of 900 and 1000 °C for 1.5 and 4.5 h under atmospheric pressure. The microstructures of polished and etched cross-sections of the specimens were observed under a Nikon MA100 optical microscope. The presence of borides formed in the coating layer was confirmed by means of X-ray diffraction equipment (Shimadzu XRD 6000) using Cu K α radiation. X-ray diffraction analysis of boride layers on the surface of the tungsten revealed the existence of Ni₃B, Ni₂B, NiB and Mg compounds. Boron layers were obtained at varying thicknesses on Nickel-Magnesium samples depending on the boron temperature and duration. As a result of the boring process, increases in the surface roughness values of the samples were determined. It has been found that the surface roughness values of boronized and non-boronized nickel-magnesium samples change from 0.2 to 0.56.

Keywords: Nickel-Magnesium, Boron, XRD, Surface Roughness

1 GİRİŞ

Borlama, bor atomlarını numune yüzeyine yaymak suretiyle ana metal ile borür tabakası oluşturmayı hedefleyen termokimyasal yüzey sertleştirme işlemidir [1-3]. Borlama işleminde bor atomlarının ısı ile malzeme yüzeyinde yayılması sonucunda en üst kısımda (dış yüzeyde) borür tabakası, onun altında geçiş (difüzyon) bölgesi, en altta da ana yapı (matris) oluşmaktadır [4-6].

Çok sert yüzey tabakası, çok düşük sürtünme katsayısı, borlama işleminden sonra ısı ile malzeme ihtiyacı duyulmaması, bazı asitlere, bazlara, metal çözeltilere ve yüksek sıcaklıkta oksitlenmeye karşı çok önemli bir direnç gibi özellikler diğer yüzey sertleştirme yöntemlerine göre borlamanın avantajları arasındadır [7,8].

Borlama, 700-1000 °C sıcaklık aralıklarında, yaklaşık olarak 1-12 saat süre ile katı, sıvı, gaz veya plazma ortamında bor verici atomların malzeme yüzeyine difüzyonu şeklinde gerçekleşmektedir [9-11]. Borlama işlemindeki en önemli amaç, malzeme

yüzeyinde oluşan borür tabakasının çok yüksek sertliği ve erime sıcaklığına sahip olmasını sağlamaktır [12,13].

Yapılan bu çalışmada, % 93 Ni ile % 7 Mg alaşımının sinterleme yöntemiyle üretimini gerçekleştirilmiştir. Elde edilen numunelerin yüzeylerine farklı sıcaklık aralıklarında ticari Ekabor II tozu kullanılarak borlama işlemi uygulanmıştır. Mikroyapı sonucu borür tabaka kalınlıkları ölçülmüş ve borlama işleminin gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda daha dayanıklı malzemeler üretilmiştir.

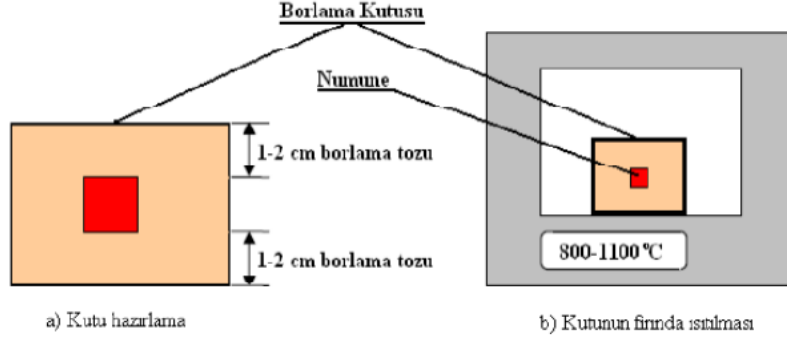
2 MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, % 93 Ni-% 7 Mg alaşım malzemelerini elde etmek için % 99 saflığa sahip Ni ve Mg metal tozları kullanılmıştır. Ni-Mg alaşım malzemelerini elde etmek için Ni-Mg metalik tozlar, birbirleriyle homojen bir şekilde karışması için 24 saat süreyle karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Karışan tozlar, şekillendirilmeleri için özel olarak tasarlanmış silindirik kalıba dökülerek tek eksenli soğuk preste 300 bar basınç altında preslenmiştir. Şekillendirilen numunelere, koruyucu atmosferik ortamda geleneksel

tüp fırında 530 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle ısıtım işlemi uygulanmıştır.

Isıtım işlemi neticesinde elde edilen numunelere borlama yöntemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin amacı, üretilen numunelerin aşınma, korozyon ve sıcaklık dayanıklılığını arttırmaktır. Borlama işleminde,

bir kap içerisine numunelerin altına ve üzerine ticari Ekabor II toz karışımları dökülmüştür. Kabinin üzeri ve kapağı şamot çamuru ile kaplanmıştır. Fırın ortamında 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 1,5 ve 4,5 saat süre aralığında ısıtmaya tabi tutulmuşlardır [14-16]. Bu süreler sonrasında numuneler fırından çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Fırın içerisinde borlama işleminin yapıldığı [14-16].

Borlanan numunelere mikro sertlik testi uygulanmıştır. Bu testte bor tabakaları olan kısımların ölçü yapılmıştır. Ölçüm 5 farklı yerden yapılarak değerlerin ortalaması alınmıştır ve sonuçlar elde edilmiştir.

3 DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

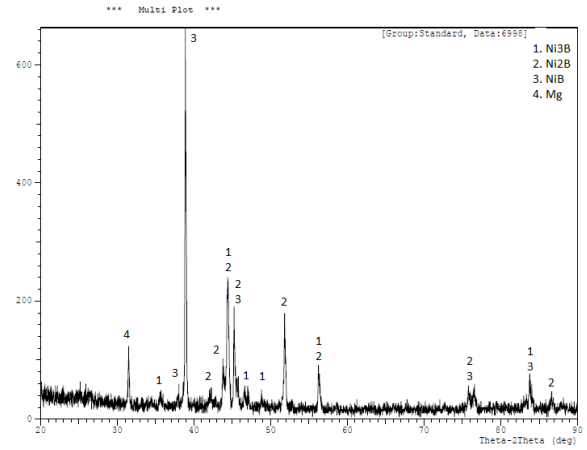
3.1 Yüzey Pürüzlülüğü

Borlanmış ve borlanmamış numunelere yüzey pürüzlülüğü ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm Profilometre yardımıyla yapılmıştır. Ölçüm neticesinde yüzey pürüzlülük değerlerinin 0.2 ile 0.56 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

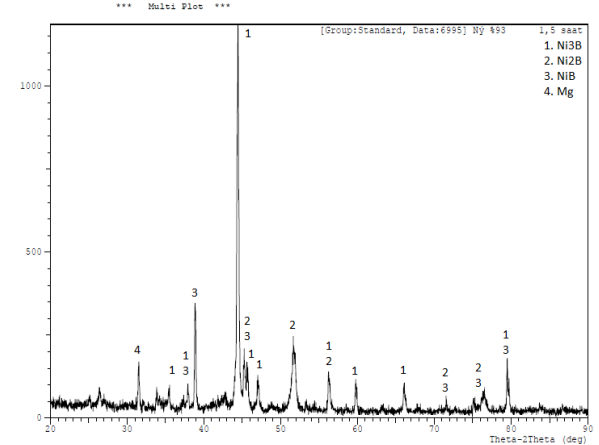
3.2 XRD Analizi

Sinterlenerek elde edilen alaşım malzemelerine yapılan borlama işlemi sonrasında metalografik analiz olarak XRD analiz çalışması yapılmıştır. Bu analizde, X-Işını olarak Cu K (alpha) tercih edilmiştir. Analizde tarama hızı 0,02 °/dk ve tarama açısı ise 2 Theta olacak şekilde yapılmıştır.

Şekil 2 ve 3'te 900 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede Ni %93-Mg %7 kompozisyonuna yapılan XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sonuçlarda en yüksek faz değerlerine NiB ve Ni₃B pikleri sahiptir. Bu faz değerlerini takiben Ni₂B değeri gözlemlenmiştir. Rafiei vd arkadaşlarının yaptıkları çalışmada [17], XRD analizi sonucu Ni₃B, Ni₂B ve NiB pik değerlerini elde etmişlerdir. Gerçekleştirilen çalışmada da bu sonuçların çıkması borlamanın gerçekleştiğini göstermektedir.

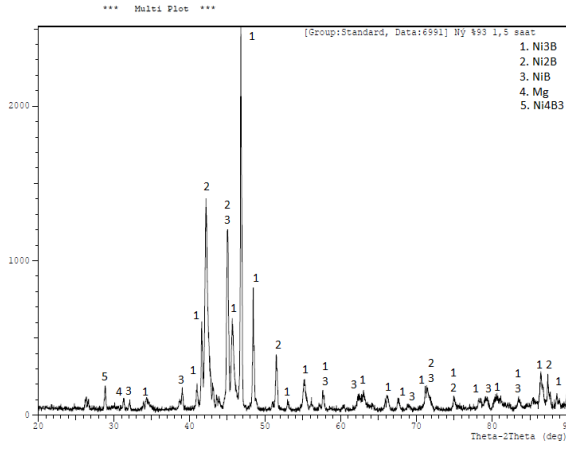


Şekil 2. Ni %93-Mg %7 kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleştirilen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

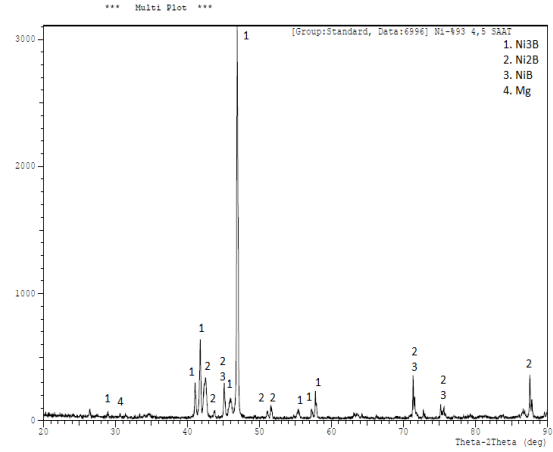


Şekil 3. Ni %93-Mg %7 kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleştirilen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



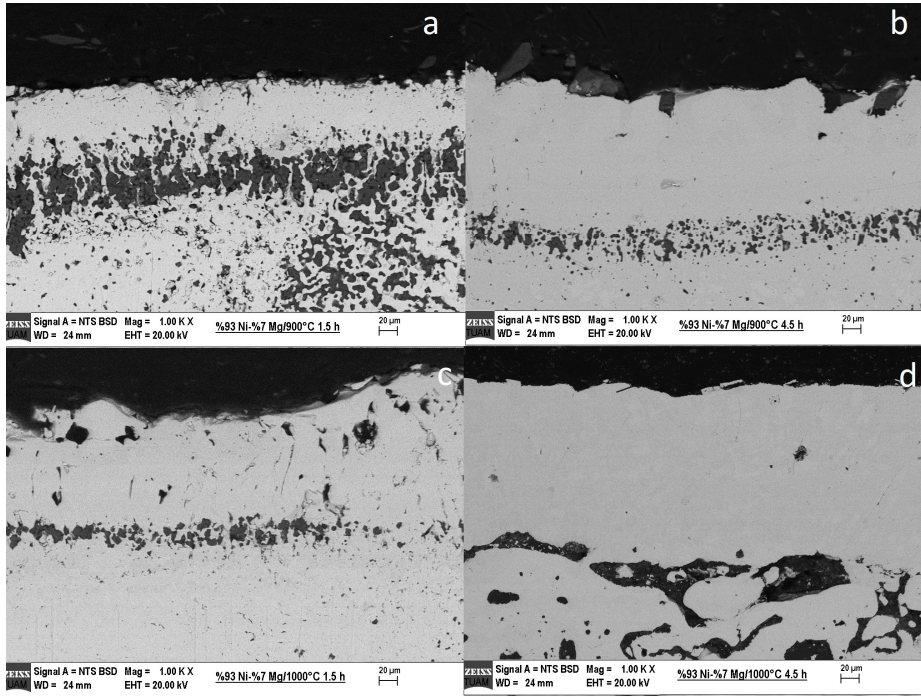
Şekil 4. Ni %93-Mg % 7 kompozisyonuna 1000 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



Şekil 5. Ni %93-Mg % 7 kompozisyonuna 1000 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

Şekil 4 ve 5'te 1000 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede Ni %93-Mg %7 kompozisyonuna yapılan XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde sıcaklık artışına ve borlama süresine bağlı olarak Ni₃B değerlerinde artışlar olmuştur. Ueda vd ve Anthymidis vd. arkadaşlarının yaptıkları çalışmada [18,19], Ni₃B ve Ni₂B faz değerlerini bulmuşlardır. Ni₃B ve Ni₂B faz değerleri Nikel ile borlamanın gerçekleşmiş olabileceğini göstermektedir.

3.3 Mikroyapı

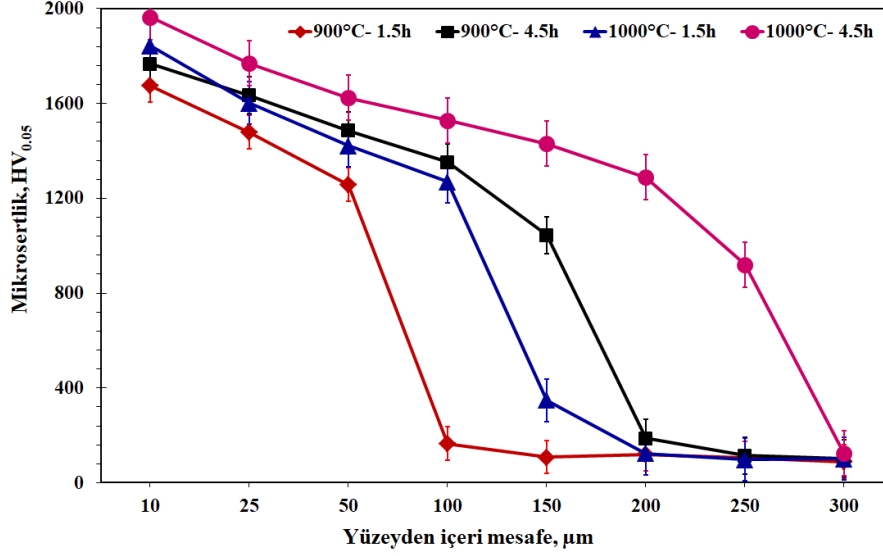


Şekil 6. Borlanmış % 93 Ni ile % 7 Mg alaşımının mikroyapı görüntüleri (a: 900 °C 1,5 saat, b: 900 °C 4,5 saat, c: 1000 °C 1,5 saat, d: 1000 °C 4,5 saat)

Şekil 6'da Ekabor II tozu kullanılarak borlanmış % 93 Ni ile % 7 Mg alaşımlarının mikroyapı görüntüleri görülmektedir. 900 °C'de yapılan borlamada borür tabaka kalınlığı ve difüzyon bölgeleri çok belirgin bir şekilde gözükmemektedir. Süre artışına bağlı olarak tabaka kalınlığında da artışlar olmuştur. Tabaka kalınlıkları 1,5 saat sürede 76 µm, 4,5 saat sürede ise 164 µm olarak ölçülmüştür. 1000 °C'de yapılmış borlama sonucunda ise, bor tabakalarında ve difüzyon bölgelerinde bozulmalar oluşmuştur. Buna

rağmen bor tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. 1000 °C 1,5 saat sürede 115 µm, 4,5 saat sürede ise 248 µm tabaka kalınları elde edilmiştir. Görüntüler incelendiğinde sıcaklık artışına bağlı olarak bor tabaka kalınları artsa da gerek bor tabakasının ve difüzyon bölgesinin bozulmamasından dolayı 900 °C en iyi bor sıcaklığı olarak gözlemlenmiştir.

3.4. Mikrosertlik



Şekil 7. Borlanmış % 93 Ni ile % 7 Mg alaşımının mikrosertlik değerleri

Şekil 7'de görüldüğü gibi, borlama sıcaklık ve süresinin artmasıyla birlikte sertlik değerlerinde artışlar elde edilmiştir. En yüksek sertlik değeri 1000 °C'de 4.5 saat süre sonrasında borlanmış numunede elde edilirken en düşük sertlik değeri 900 °C'de 1.5 saat süre sonrasında elde edilmiştir. Borlanmamış numunenin sertliği ise, 112 HV_{0,05} olarak tespit edilmiştir.

4 SONUÇLAR

- Sinterleme sonrasında elde edilen numunelerin yüzey pürüzlülük ölçüm neticesinde değerlerinin 0.2 ile 0.56 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
- Sinterleme sonucunda malzemelerde 112 HV_{0,05} değeri elde edilmiştir.
- Borlama sonrasında numunelere XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda Ni₂B, Ni₃B, NiB ve Mg faz değerleri ortaya çıkmıştır.
- Gerçekleştirilen borlama işlemi neticesinde numunelere SEM analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, borür tabaka kalınlıkları ve difüzyon bölgeleri oluştuğu tespit edilmiştir.

- Oluşan tabaka kalınlıkları, 900 °C'de 1,5 saat sürede 76 µm, 4,5 saat sürede ise 164 µm, 1000 °C 1,5 saat sürede 115 µm, 4,5 saat sürede ise 248 µm olarak ölçülmüştür.
- Borlama sonrasında yapılan mikrosertlik ölçümü neticesinde, en yüksek sertlik değeri 1000 °C'de 4.5 saat süre sonrasında ölçülmüştür. En düşük sertlik değeri ise 900 °C'de 1.5 saat sürede yapılan borlanmış numunede elde edilmiştir.
- Sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak borür tabaka kalınları artsa da gerek bor tabakasının ve difüzyon bölgesinin bozulmamasından dolayı 900 °C en iyi bor sıcaklığı olarak gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Gerçekleştirilen bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK 17.MYO.05 no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna çok teşekkürler.

KAYNAKLAR

1. Campos-Silva, I., Ortiz-Domínguez, M., Lo'pez-Perrusquia, N., Meneses-Amador, A., Escobar-Galindo, R., Martí'nez-Trinidad, J., (2010). Characterization of AISI 4140 borided steels, *Applied Surface Science*, vol. 256, pp. 2372-2379.
2. Kulka, M., Makuch, N., Pertek, (2013). Microstructure and properties of laser-borided 41Cr4 steel, *Optics & Laser Technology*, vol. 45, pp. 308-318.
3. İbrahim BİLİCİ, (2005). Ti-Fe Alaşımlarından Basınçsız İnfiltrasyon Yöntemiyle Seramik Metalik Kompozit Malzeme Üretimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Kulka, M., Makuch, N., Pertek, A., Piasecki, A., (2012). An alternative method of gas boriding applied to the formation of borocarbured layer, *Materials Characterization*, vol. 72, pp. 59-67.
5. Yıldız, I., Gunes, I., Ulker, Ş., (2018). Borlanmış Fe-Mg Alaşımının Aşınma Davranışının İncelenmesi, *1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials*, 367-368.
6. Demet ÖZAYDIN, (2015). Toz Metalurjisi ile Üretilen Demir Esaslı Malzemelerde Borlamanın Mekanik Özelliklere Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
7. Gunes, I., Yıldız I., (2015). Rate of growth of boride layers on steels, *Oxidation Communications*, vol. 38(4A), pp. 2189-2198.
8. Cimenoglu, H., Atar, E., Motallebzadeh, A., (2014). High temperature tribological behaviour of borided surfaces based on the phase structure of the boride layer, *Wear*, vol. 309, pp. 152-158.
9. Mahmut ÇARKÇI, (2012). Saf Nikelin Borlama Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
10. Arzum ULUKÖY, (2005). 21NiCrMo₂ (AISI 8620) Çeliğinden Yapılmış Dişli Çarklara Karbürleme İle Beraber Borlama İşleminin Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
11. Yunus AZAKLI, (2012). Alaşım Elementi Olarak Tungstenin Saf Demirin Borlanma Davranışına Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
12. Şule DOĞAN, (2016). Ni-Ti İkili Alaşımlarının Borlama Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Nursen TUTKU, (2016). Ni-Ti Alaşımlarının Borlama Özellikleri Üzerine Cu Alaşım Elementinin

Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

14. Şükrü ÜLKER, (2012). Farklı Gaz Karışımlarında Plazma Pasta Borlanmış AISI 8620 Çeliğinin Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
15. Filiz TAŞTAN, (2010). Farklı Bileşimlere Sahip Çeliklerin Borlama İşlemi ile Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
16. Fatih DEVELİ, (2010). Plazma Nitrürleme ve Borlama İle Çift Yüzey İşlem Uygulanmış AISI 8620 Çeliğinin Aşınma Davranışının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
17. Gunes, I., (2016). Investigation of tribological properties of boride layers formed on 99.0% purity nickel, *Journal of the Balkan Tribological Association*, vol. 22-4, pp. 3195-3205.
18. Udaa, N., Mizukoshia, T., Demizua, K., Sonea, T., Ikenaga, A., Kawamoto, M., (2000). Boriding of Nickel By The Powder-Pack Method, *Surface and Coatings Technology*, vol. 126, pp. 25-30.
19. Anthymidis, K. G., Zinoviadis, P., Roussos, D., Tsipas, D. N., (2002). Boriding of Nickel in a Fluidized Bed Reactor, *Material Research Bulletin*, vol. 37, pp. 515-522.

Yazar Adresleri

İsmail YILDIZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri, 03750, Afyonkarahisar, Türkiye,
e-mail: iyildiz@aku.edu.tr,
Telefon: 0(272)341 48 80

İbrahim GÜNEŞ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye,
e-mail: igunes@aku.edu.tr,
Telefon: 0(272)341 48 80

İletişim Sorumlusu

İsmail YILDIZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri, 03750, Afyonkarahisar, Türkiye,
e-mail: iyildiz@aku.edu.tr,
Telefon: 0(272)341 48 80