

Nikel Magnezyum Alaşımının Borlanması Borlanmasında Magnezyum Elementinin Etkisi

İsmail YILDIZ^{1,*} - İbrahim GÜNEŞ²

Özet: Bu çalışmada, saf % 97 Ni ve % 3 Mg içeren Ni-Mg alaşımı borlanmıştır. TM yöntemiyle önce saf % 97 Ni ve % 3 Mg içeren toz karışımları homojen bir şekilde toz karıştırıcıda 24 saat süreyle karıştırılmıştır. Karıştırılan tozlar soğuk olarak preslendikten sonra Ar atmosferi ortamında tüp fırın içerisinde 530 °C sıcaklıkta sinterleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Sinterlenerek üretilen numunelere sırasıyla sertlik ve yoğunluk testleri uygulanmıştır. TM yöntemiyle üretilmiş numuneler 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 1.5 – 4.5 saat sürelerde ticari Ekabor tozu kullanılarak borlama işlemine tabi tutulmuşlardır. 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. Mg içeriğinin %97 saflığındaki Nikelin borlanması ve borür tabakalarının büyümesine etki yaptığı görülmüştür. Ayrıca Mg borür tabakalarını etkileyerek mikroyapıda gözenekli bir yapı oluşmasına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nikel, Mg, Borlama, Mikroyapı, Fazlar

Abstract: In this study, Ni-Mg alloy containing 97% pure Ni and 3% Mg is boronized and by the TM method, powder mixtures containing pure 97% Ni and 3% Mg were mixed homogeneously in the powder mixer for 24 hours. The mixed powders were sintered in a tube furnace at 530 °C in an Ar atmosphere after the powders were cold pressed. Hardness and density tests were applied to the samples produced by sintering, respectively. 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. Boriding temperature and time depending on the nickel-boride layer of varying thickness over magnesium samples were obtained. In addition Mg element both boriding of 97% purity Nickel and boride layers were found to have an effect on boride layer growth. In addition, it affects the Mg boron layers, resulting in a porous structure in the microstructure.

Keywords: Nickel, Mg, Boron, Microstructure, Phases

1 GİRİŞ

Borlama, bor elementinin yüksek sıcaklıkta metal yüzeyine yayılması (difüzyonu) ile yüzeyde borür tabakası elde etme işlemidir [1,2]. Malzeme yüzeyine yeterli bir şekilde uygulandığında, yüzeylerde yüksek sertlik, iyi aşınma, korozyon, sıcaklık ve ısı direnci sağlamaktadır. Bunun dışında borlamanın sağladığı en büyük avantaj, düşük sürtünme katsayısıyla yüksek yüzey sertliği elde etmektir [3-5].

Borlama yöntemi, yüzeyi sertleştirilmiş çeliklere, temperlenmiş çeliklere, takım çeliklerine, paslanmaz çeliklere, dökme çeliklere, dökme demirlere, sinterlenmiş metal tozlarına, nikel, kobalt, molibden ve titanyum gibi demir dışı metallere ve alaşımlarına uygulanabilmektedir [6-8]. Bu yöntem, yüzeyi temizlenmiş olan malzemelere, 700-1000 °C sıcaklık aralığında, 1-12 saat sürelerde bor içeren tozların katı, sıvı, gaz veya plazma ortamlarda malzeme yüzeylerine difüzyonu şeklinde gerçekleştirilmektedir [9-11].

Gerçekleştirilen bu çalışmada, % 97 Ni ve % 3 Mg içeren Ni-Mg alaşımı ticari Ekabor II tozu kullanılarak 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda borlama işlemine tabi tutulmuştur. Buradaki amaç, sinterlenerek üretilen Ni-Mg alaşımının aşınmaya, korozyona karşı dayanıklılığını arttırmaktır.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, % 97 Ni-% 3 Mg alaşım malzemelerini üretmek için % 99 saflığa sahip Ni ve Mg metal tozları kullanılmıştır. Alaşım malzemelerini elde etmek için Toz Metalurjisi (TM) yöntemi ile çalışılmıştır. Bu yöntemde sırasıyla Ni-Mg metalik tozlar, tek fazlı elektrikli karıştırıcıda 24 saat süreyle homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra özel olarak tasarlanmış metal kalıba dökülmüş ve tek eksenli soğuk preste 300 bar basınç altında preslenmiştir. Kalıp içerisinde preslenerek şekillendirilen numuneler, koruyucu atmosferik ortamda tüp fırında içerisinde 530 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle sinterlenme işlemine tabi tutulmuştur.

Sinterlenerek elde edilen numuneler borlama işlemine tabi tutulmuştur. Borlama işleminin amacı üretilen numunelerin dayanıklılığını arttırmaktır [12]. Borlama işleminde, bir kap içerisinde numunelerin altına ve üzerine ticari Ekabor II toz karışımları dökülmüştür.

Kabın üzeri ve kapağı şamot çamuru ile kaplanmıştır (Resim 1). Fırın ortamında 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 1,5 ve 4,5 saat süre aralığında ısıtmaya tabi tutulmuşlardır [13-15]. Bu süreler sonrasında numuneler fırından çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır.



Resim 1 Borlama işleminde kullanılan borlama kapları

3 DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Yoğunluk

Yoğunluk $d=m/V$ formülüne göre hesaplanmıştır. Burada m, sinterlenmiş numunenin kütlesi; v, sinterlenmiş numunenin hacmi olarak hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen bu hesaplama sonucunda sinterleme sonrasında % 97 Ni-% 3 Mg alaşımının yoğunluk değeri $4,93 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

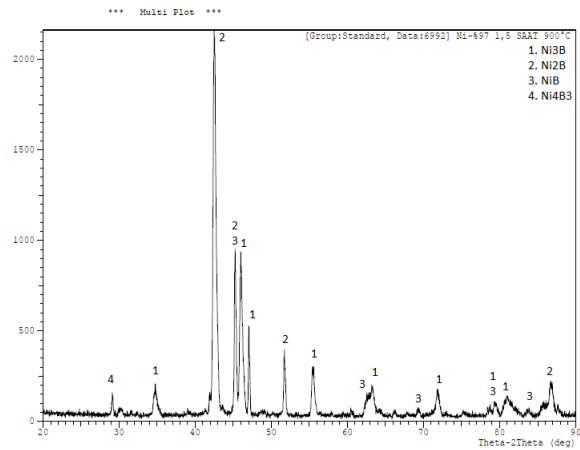
3.2 Sertlik

Numunelerin sinterlenme sonrasındaki sertlik değerleri Mikro sertlik cihazı ile belirlenmiştir. Her bir numuneden en az 5 farklı bölgede ölçüm yapılarak sertlik değerleri hesaplanmıştır.

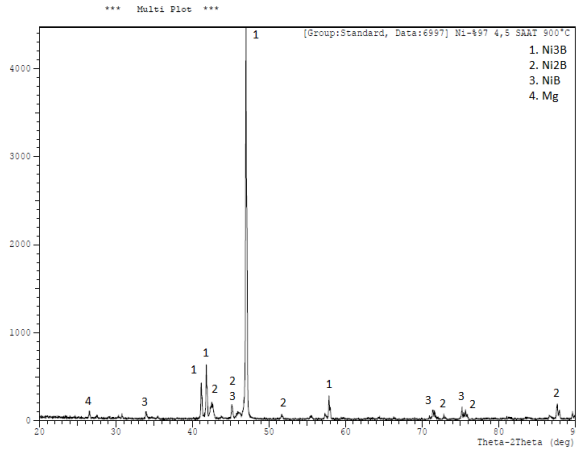
3.3 XRD Analizi

Borlama işlemi sonrasında borlanan numunelere metalografik analiz olarak XRD analiz çalışması yapılmıştır. Bu analizde, X-Işını olarak Cu K (alpha) tercih edilmiştir. Analizde tarama hızı $0,02 \text{ }^\circ/\text{dk}$ ve tarama açısı ise 2 Theta olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

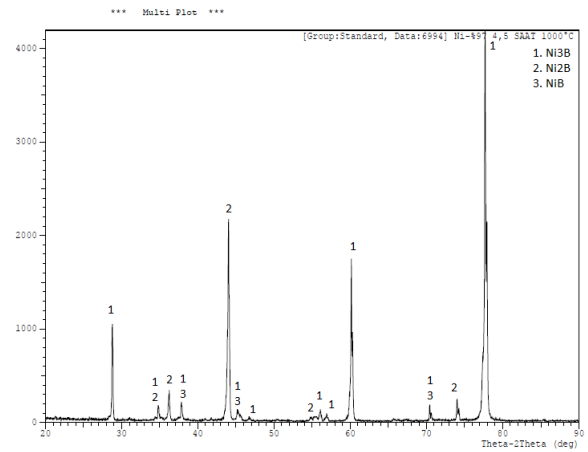
Şekil 1 ve 2'de 900 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede Ni %97-Mg %3 kompozisyonuna ait XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sonuçlarda en yüksek faz değerlerine Ni_2B ve Ni_3B pikleri sahiptir. Bu faz değerlerini takiben NiB değeri ortaya çıkmıştır. Acosta vd. [16], 800 °C'de ısıtma işlemi yaparak NiB ve Ni_3B faz değerlerini elde etmişlerdir.



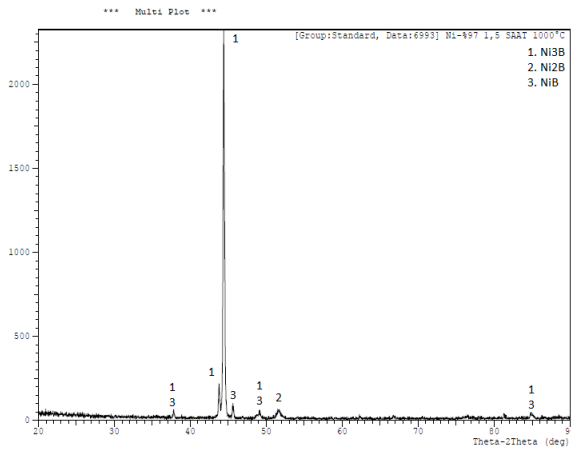
Şekil 1 Ni %97-Mg %3 kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleştirilen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



Şekil 2 Ni %97-Mg % 3 kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



Şekil 4 Ni %97-Mg % 3 kompozisyonuna 1000 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

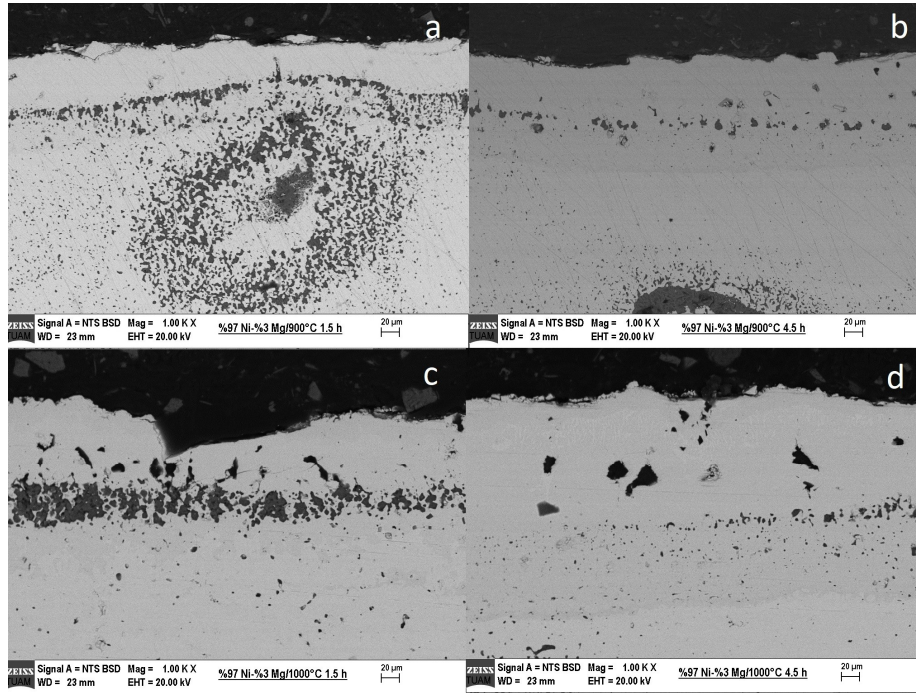


Şekil 3 Ni %97-Mg % 3 kompozisyonuna 1000 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

Şekil 3 ve 4'de 1000 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede Ni %97-Mg %3 kompozisyonuna gerçekleştirilen XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak Ni₃B pik değerlerinde de artışlar olmuştur. Bu durum borlamanın gerçekleştiğini göstermektedir. Ayrıca Ni₂B pik değerleri de artış göstermiştir. Bu faz değerlerini takiben NiB değeri ortaya çıkmıştır. Mirsalehi vd. yaptıkları çalışmada [17], Ni₃B arayüzey oluşumunu incelemişlerdir.

3.5 Mikroyapı

Şekil 5'te 900 ve 1000 °C'de borlanmış % 97 Ni ile % 3 Mg alaşımlarının mikroyapı görüntüleri görülmektedir. 900 °C'de 1,5 saat sürede yapılan borlamada borür tabaka kalınlığı ve difüzyon bölgesi net bir şekilde gözükmemektedir. Süre ve sıcaklık artışına bağlı olarak tabaka kalınlığında da artışlar olmuştur. Buna rağmen difüzyon bölgelerinde bozulmalar görülmektedir. Tabaka kalınlıkları 900 °C'de 1,5 saat sürede 52 µm, 4,5 saat sürede ise 123 µm olarak ölçülmüştür. 1000 °C 1,5 saat sürede 89 µm, 4,5 saat sürede ise 194 µm tabaka kalınlıkları elde edilmiştir. Görüntüler incelendiğinde alaşım içerisinde Mg olması, sıcaklık ve sürenin artışı da difüzyon bölgelerinin bozulmasına neden olmuştur. Hem sıcaklık hem de sürenin artmasıyla birlikte borür tabaka kalınlıklarında artışlar görülmüştür.

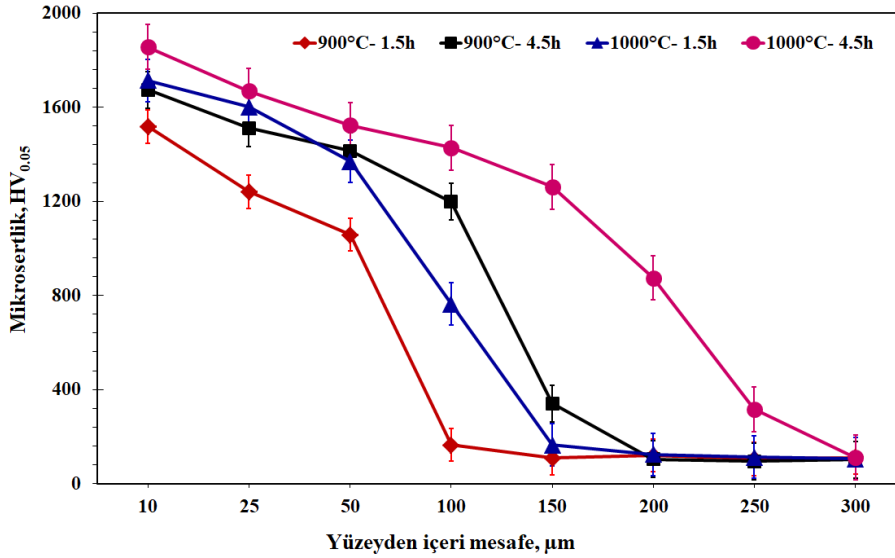


Şekil 5 Borlanmış % 97 Ni ile % 3 Mg alaşımının mikroyapı görüntüleri (a: 900 °C 1,5 saat, b: 900 °C 4,5 saat, c: 1000 °C 1,5 saat, d: 1000 °C 4,5 saat)

Şekil 5'te 900 ve 1000 °C'de borlanmış % 97 Ni ile % 3 Mg alaşımlarının mikroyapı görüntüleri görülmektedir. 900 °C'de 1,5 saat sürede yapılan borlamada borür tabaka kalınlığı ve difüzyon bölgesi net bir şekilde gözükmemektedir. Süre ve sıcaklık artışına bağlı olarak tabaka kalınlığında da artışlar olmuştur. Buna rağmen difüzyon bölgelerinde bozulmalar görülmektedir. Tabaka kalınlıkları 900 °C'de 1,5 saat sürede 52 µm, 4,5 saat sürede ise 123 µm olarak

ölçülmüştür. 1000 °C 1,5 saat sürede 89 µm, 4,5 saat sürede ise 194 µm tabaka kalınları elde edilmiştir. Görüntüler incelendiğinde alaşım içerisinde Mg olması, sıcaklık ve sürenin artışı da difüzyon bölgelerinin bozulmasına neden olmuştur. Hem sıcaklık hem de sürenin artmasıyla birlikte borür tabaka kalınlıklarında artışlar görülmüştür.

3.7 Mikrosertlik



Şekil 6 Borlanmış % 97 Ni ile % 3 Mg alaşımının mikrosertlik değerleri

Şekil 6'da görüldüğü gibi, gerçekleşen borlama sıcaklık ve süresinin artmasıyla birlikte sertlik değerlerinde artışlar olmuştur. En yüksek sertlik değeri 1000 °C'de 4.5 saat süre sonrasında elde edilirken, en düşük sertlik değeri 900 °C'de 1.5 saat süre sonrasında elde edilmiştir. Borlanmamış numunenin sertliği ise, 136 HV_{0,05} olarak tespit edilmiştir.

4 SONUÇLAR

- Sinterleme sonrasında üretilen numunelerin yoğunluk değeri 4,93 gr/cm³ olarak bulunmuştur.
- Sinterleme sonucunda malzemelerde 136 HV_{0,05} değeri elde edilmiştir.
- Borlama sonrasında borlanan numunelere XRD analiz çalışması yapılmıştır. Analiz sonucunda Ni₂B, Ni₃B, NiB ve Ni₄B₃ faz değerleri ortaya çıkmıştır.
- Gerçekleştirilen borlama işlemi neticesinde borür tabaka kalınlıkları ve difüzyon bölgeleri oluşmuştur. Oluşan tabaka kalınlıkları, 900 °C'de 1,5 saat sürede 52 µm, 4,5 saat sürede ise 123 µm, 1000 °C 1,5 saat sürede 89 µm, 4,5 saat sürede ise 194 µm olarak ölçülmüştür.
- Borlama sonrasında yapılan mikrosertlik sonucunda 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 borlanmamış numunede elde edilmiştir.

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. Yılmaz, S.O., Karatas, S., (2013). Effect of mechanical activation on jell boronizing treatment of the AISI 4140, *Applied Surface Science*, vol. 275, pp. 148-155.
2. Keddani, M., (2011). Simulation of the growth kinetics of the (FeB/Fe₂B) bilayer obtained on a borided stainless steel, *Applied Surface Science*, vol. 257, pp. 2004-2010.
3. İbrahim GÜNEŞ, (2010). AISI 8620 Çeliğinin Değişik Pasta Karışımlarında Plazma Pasta Borlanması ve Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Çağdaş DEMİREL, (2013). AISI 8640 Ve GS 60 Çelik Malzemelerin Abrasif Aşınma ve Korozyon Davranışına Borlama İşleminin Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

5. Hasan Ali UZUN, (2002). Borlama ile Yüzeyleri Sertleştirilen Çeliklerin Aşınma ve Korozyona Karşı Dayanımları, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

6. Kartal, G., Eryılmaz, O.L., Krumdick, G., Erdemir, A., Timura, S., (2011). Kinetics of Electrochemical Boriding of Low Carbon Steel, *Applied Surface Science*, vol. 257, pp. 6928–6934.

7. Mithat ŞİMŞEK, (2005). İçten Yanmalı Motorlarda Borlama İle Mukavemet Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

8. Polat TOPUZ, (2009). Akışkan Yataklı Fırında Farklı Çeliklerin Borlanması ve Borlama Parametrelerinin Geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

9. Gunes, I., Yıldız I., (2016). Investigation of adhesion and tribological behavior of borided AISI 310 stainless Steel, *Revista Materia/Materia-Rio De Janeiro*, vol. 21, pp. 61-71.

10. Sefa ÖZBAY, (2009). Atık Borlama Tozlarının Sinterlenebilirlik Özelliklerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

11. Karaca Sinan ÖNER, (2010). Volfram Metalinin Borlanması ve Borlama Kinetiğinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

12. Mehmet ÖZER, (2011). Üç Farklı Çeliğe Katı Borlama İşlemi Yapılmasının İyiyapı ve Sertlik Üzerine Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

13. Mahmut ÇARKÇI, (2012). Saf Nikelin Borlama Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

14. Rıfat YILMAZ, (2014). Karbür Kesici Takımların Süper Alaşım Talaşlı İmalat Performanslarına Borlama İşleminin Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

15. Murat SAYGIN,(2006). AISI 1020 Çeliklerinde Borlamanın Yorulma Dayanımına Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

16. Acosta, D., Ramırez, N., Erdmann, E., Deste fanis, H., Gonzo, E., (2008). Transition Metals As Dopants On Nickel Borides: Their Catalytic Activity Effect On Hydrogenation Reactions, *Catalysis Today*, vol. 133-135, pp. 49-55.

17. Mirsalehi, S.E., Hadian, A.M., (2010). Study of Interface Interactions in B₄C/Ni–Cr–Si System, *Applied Surface Science*, vol. 257, pp. 628-634.

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*