

Makale Gönderim Tarihi: 15.11.2021

Yayına Kabul Tarihi: 30.12.2021

Borlanmış Tungsten Alaşımının Yüzey Özellikleri

Surface Properties of Borided Tungsten Alloys

İbrahim GÜNEŞ¹, Atila Gürhan ÇELİK¹¹ Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 28200, Giresun/Türkiye Sorumlu yazar, e-mail: ibrahim.gunes@giresun.edu.tr; ORCID: 0000-0001-7595-0121

Özet

Bu çalışmada, borlanmış CuW(70) Tungsten-Bakır (TB) alaşımının yüzey özellikleri incelenmiştir. TB alaşımı 1000 K (Kelvin) sıcaklıkta 2 ve 4 saat süreyle Ekabor II bor tozu ile borlanmıştır. Borlanmış TB alaşımının yüzey özellikleri, optik mikroskop, XRD, mikrosertlik ve yüzey profilometrisi kullanılarak incelenmiştir. XRD analizi sonucunda TB alaşımı yüzeyindeki borür tabakalarında W_2B_5 , WB, WB_2 , WB_3 ve WB_4 borür fazları elde edilmiştir. TB alaşımının borlama süresine bağlı olarak, 23,98 μm ve 42,76 μm kalınlık elde edilmiştir. TB alaşımının yüzeyinde oluşan borür tabakalarının sertlikleri 1582 ve 1764 $HV_{0,05}$ arasında değişirken, herhangi bir işlem görmemiş TB alaşımının Vickers sertlik değeri 258 $HV_{0,05}$ 'tir. Borlama işlemi süresine bağlı olarak borür tabakasının kalınlığı, sertliği ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

Anahtar Kelimeler: CuW(70) alaşımı, Borlama, XRD, Mikro sertlik, Yüzey pürüzlülüğü

Abstract

In this study, the surface properties of boronized CuW(70) Tungsten-Copper (TB) alloy were investigated. TB alloy was boronized with Ekabor II boron powder at 1000 K temperature for 2 and 4 hours. The surface properties of the boronized TB alloy were investigated using optical microscope, XRD, microhardness and surface profilometry. As a result of XRD analysis, W_2B_5 , WB, WB_2 , WB_3 and WB_4 boride phases were obtained in the boride layers on the surface of the TB alloy. Depending on the boriding time, 23.98 μm and 42.76 μm boride layers were obtained in the TB alloy. The hardness of the boride layers formed on the surface of the TB alloy varies between 1582 and 1764 $HV_{0,05}$, while the Vickers hardness value of the untreated TB alloy is 258 $HV_{0,05}$. As a result of boriding of the TB alloy, the thickness, hardness and surface roughness of the boride layer increased depending on the boriding process time.

Keywords: CuW(70) alloy, Boronizing, XRD, Microhardness, Surface roughness.

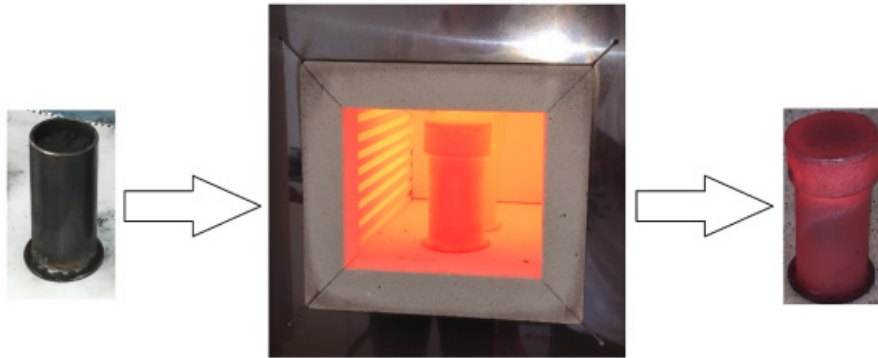
1. Giriş

Termo-kimyasal bir kaplama yöntemi olan borlama işlemi son 50 yıldır birçok araştırmacı tarafından çalışılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen ve termokimyasal bir yüzey işlemi olan borlama, çeliklerin yüzey özelliklerini geliştirmede kullanılan etkili kaplama yöntemlerinden birisidir. Borlama işlemi değişik yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Bunlar; katı, sıvı, gaz, plazma ve pasta yöntemleridir. Katı borlama çok yaygın bir borlama yöntemi olmasına rağmen kullanılan tozun nispeten pahalı olması bir dezavantaj olarak gözükmemektedir. Fakat borlama işlem sonrası ek bir yüzey temizleme masrafı içermemesinden ve uygulanabilirliğinin kolay ve basit olmasından dolayı günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [1-5]. Katı borlama B₄C, KBF₄, NaBF₄, SiC, NaF, Amorf bor ve bu tozların karışımları ile ticari Ekabor tozları kullanılarak yapılmaktadır. Bu yöntemde toz karışım sızdırmaz paslanmaz çelik bir kutuya doldurulur ve içine numune yerleştirilir. Kutu gerekli sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu sıcaklıkta gerektiği kadar tutulur ve soğutulur. Sıvı borlama işleminde, 850°C'nin üstünde susuz borik asit (B₂O₃), susuz boraks (Na₂B₄O₇), metaborik asit (HBO₂), boraks, bor karbür gibi bor bileşikleri ve redükleyici olarak silisyum karbür, ferrosilisyum, grafit, NaCl, Al kullanılır. Gaz borlama, Ar ve H₂ gazlarının ve gaz haline getirilmiş olan bir bor kaynağının (BF₃, BCl₃, B₂H₆) püskürtülmesiyle yapılmaktadır [6-11].

Günümüzde birçok metal ve alaşımlar farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bakır tungsten alaşımları da ısı emici termal hasarı önleyerek, bilgisayar çipleri ve entegre devrelerde ısıyı uzaklaştırırlar. Bakır tungsten alaşımları, yüksek ısıl direnci, düşük ısıl genleşme ve yüksek sıcaklıklarda iyi elektriksel ve ısıl iletkenlik istenildiği durumlarda kullanılmaktadırlar. Uygulama olarak da motorlarda, elektrikli cihazlarda, kaynak elektrotlarında, araba radyatör, soğutma ve klima sistemlerinde, roket parçalarında, havacılık ve uzay araçlarında bu alaşımlar kullanılmaktadır [12]. Bu çalışmada CuW(70) bakır tungsten alaşımı 1000K sıcaklıkta, 2 ve 4 saat süresince kutu ortamında ticari Ekabor tozuyla borlanmıştır. Bor kaplanmış numunelerin mikro yapı, borür tabaka kalınlıkları, yüzey pürüzlülükleri, XRD ve mikro sertlik özellikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada toz metalurjisi yöntemiyle elde edilmiş CuW(70) (%30 Cu - %70 W) Tungsten-bakır alaşımı kullanılmıştır. Kutu borlama işlemi 1000 K sıcaklıkta, 2 ve 4 saat süreyle ticari Ekabor-2 bor tozuyla çelik kutu içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



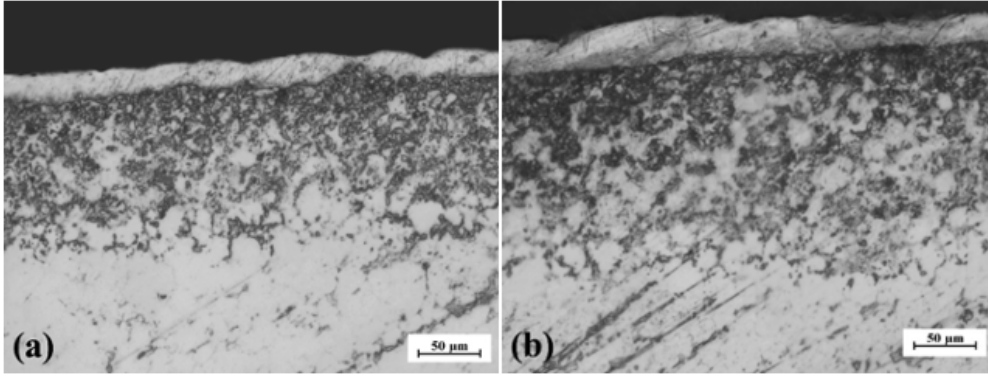
Şekil 1. Borlama işlemi

Borlanan numuneler, ortadan kesilerek reçine ile kalıplanmış ve 240-1000 grid'lik zımparalama kademesinden geçirilerek, 1 µm'luk alümina süspansiyon ile parlatılarak mikro yapıları Nikon SMZ1000 marka optik mikroskopta incelenmiştir. Kaplama sonrası numune yüzeylerinde oluşan borür tabaka kalınlıkları ölçülmüştür. İşlem sonrasında numunelerin yüzey pürüzlülüğü, XRD, mikro sertlik ve mikro yapı özellikleri incelenmiştir. Mikroyapı analizleri Nikon SMZ1000 marka optik mikroskopta, oluşan fazların analizi Agilent Supernova X-ışınları cihazıyla, mikro sertlikleri 50 gr. yük altında HV-1000 marka mikro sertlik cihazıyla ve yüzey pürüzlülük değerleri SRT 6210 marka profilometre yardımıyla ölçülmüştür

3. Bulgular

3.1. Mikroyapı, Borür Tabaka Kalınlığı, Yüzey Pürüzlülüğü

1000K sıcaklıkta 2 ve 4 saat süresince borlanmış numunelerin mikro yapıları Şekil 2'de, borür tabaka kalınlıkları ve yüzey pürüzlükleri Çizelge 1'de verilmiştir. 2 saat borlanmış numunede 23,98 µm, 4 saat borlanmış numunede ise 42,76 µm ortalama borür tabakası kalınlığı elde edilmiştir. Borlama süresinin artmasıyla birlikte borür tabaka kalınlığında artış meydana gelmiştir. Borlama tabakasının düz bir morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Borlanmış Tungsten alaşımının yüzeyinin, 8 farklı noktasından yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek ortalamaları alınmıştır (Çizelge 1).



Şekil 2. Borlanmış TB alaşımının optik mikro yapıları a) 1000K - 2 saat, b) 1000K - 4 saat

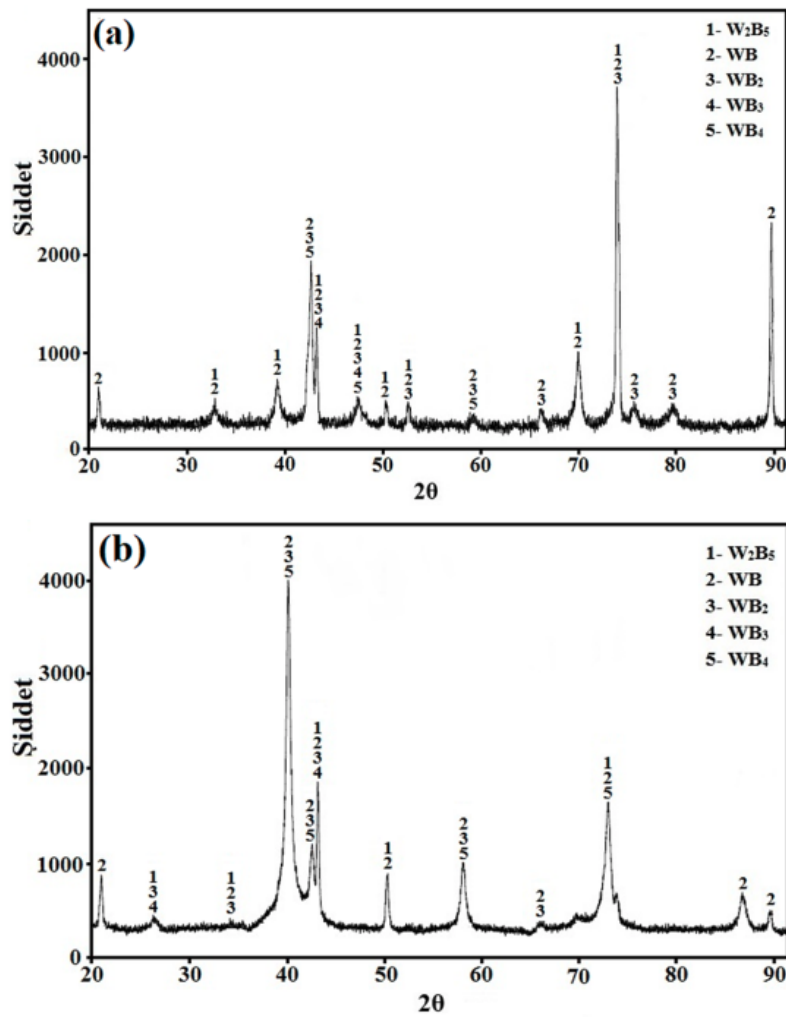
İşlemsiz numunenin yüzey pürüzlülük değeri (Ra) 0,08 µm, 2 saat ve 4 saat borlanmış numunede sırasıyla 0,19 µm ve 0,32 µm olarak ölçülmüştür. Borlama işlemi numunelerin yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır. Gunes (2014) AISI 420 ve AISI 52100 çeliklerini 1223 K'de 5 saat süreyle Ekabor-2 bor tozuyla borlamıştır. Borlanan numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığını tespit etmiştir [3]. Literatürde yapılan çalışmalarda borlama işleminin çelik ve çelik dışı metallerin yüzey pürüzlülük değerlerini; numunelerin ilk yüzey pürüzlülük değerleri düşük ise arttırdığını, fakat ilk pürüzlülük değerleri yüksek ise numunelerin pürüzlülük değerlerini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Yüksek pürüzlülük yerlerini bor tabakası doldurarak pürüzlülük değerlerinde düşüşlerin olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur [13-17].

Çizelge 1. TB alaşımının borür tabaka kalınlıkları ve yüzey pürüzlülük değerleri

Borlama süresi, (saat)	Borür tabaka kalınlığı, (μm)	Yüzey pürüzlülüğü, Ra (μm)
0	0	0,08
2	23,98	0,19
4	42,76	0,32

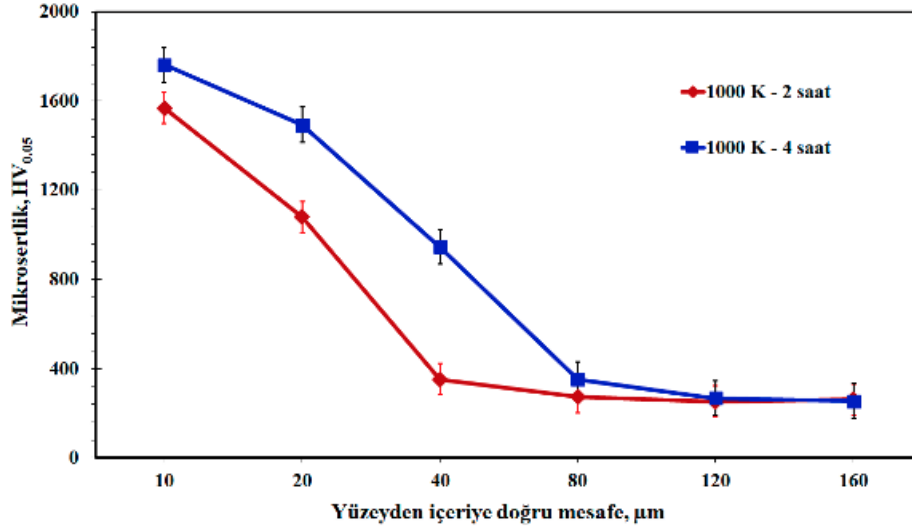
3.2. XRD Analizi

Borlanmış numunelerin XRD analizleri Şekil 3'te verilmiştir. Analiz sonucunda numunelerde W_2B_5 , WB, WB₂, WB₃ ve WB₄ borür fazları elde edilmiştir. Borlama süresinin artmasıyla birlikte daha yüksek şiddete sahip tungsten borür fazları elde edilmiştir (Şekil 3a ve 3b). Ayrıca XRD analizlerinde borür tabaka kalınlığının artmasıyla WB ve WB₂ fazının diğer W_2B_5 , WB₃, WB₄ fazlarına göre daha baskın hale geldiği görülmektedir. Yukio Shikada and Mitsunori Yoshimoto (1973) elektrokimyasal olarak tungsten metalini 900°C'de 30 dakika süresince B_2O_3 ile borlamışlardır. Borlama sonucunda W_2B_5 borür fazını elde etmişlerdir [18]. Ingole vd. (2005) tungsten metalini 940 °C'de 2, 4, 6 ve 8 saat süresince Ekabor tozuyla borlamışlar ve sadece WB fazını elde etmişlerdir. Elde ettikleri Tungsten borür fazının sertliğini 2500 HV olarak bulmuşlardır [19].



Şekil 3. Borlanmış TB alaşımının XRD analizi, a) 1000K - 2 saat, b) 1000K - 4 saat

Şekil 4'te Ekabor II tozuyla kutu borlanmış tungsten alaşımının yüzeyden iç kısımlara doğru sertlik değerlerinin dağılımlarını gösteren grafik verilmiştir. 1000K'de 2 ve 4 saat süreyle borlanmış tungsten alaşımının mikro sertlik değerleri 1582 ve 1764 HV_{0,05} olarak tespit edilmiştir. Borlama sıcaklık ve süresinin artmasıyla birlikte bor tabakalarının sertlik değerleri artmıştır. Ekabor II tozu kullanılarak yapılan kutu borlama sonucunda oluşan WB, W₂B₅, WB₂, WB₃ ve WB₄ fazlarından dolayı yüzey sertliklerinin yüksek olduğu görülmektedir. WB, W₂B₅, WB₂, WB₃ ve WB₄ fazlarının, FeB ve Fe₂B fazlarına göre daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu bilinmektedir [20, 21].



Şekil 4. Borlanmış TB alaşımının yüzeyden matrise mikrosertlik değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada tungsten bakır alaşımı 1000K'de 2 ve 4 saat süreyle Ekabor II bor tozuyla borlanmıştır. Borlama işlemi sonucunda numune yüzeylerinde oluşan borür tabakalarının mikroyapı, tabaka kalınlıkları, XRD ve mikro sertlikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Metalografik incelemeler sonucunda, kaplama/matris ara yüzeyi ve matrisin belirgin olarak birbirinden ayrılmadığı ve borür tabakasının düzgün bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Borlama süresinin artmasıyla birlikte borür tabaka kalınlıklarında artışlar tespit edilmiştir.
- 2 saat borlanmış numunede 23,98 µm ve 4 saat borlanmış numunede 42,76 µm borür tabakası kalınlığı elde edilmiştir.
- İşlemsiz numunenin yüzey pürüzlülük değeri (Ra) 0,08 µm olarak elde edilirken, 2 ve 4 saat borlanmış numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0,19 µm ve 0,32 µm olarak elde edilmiştir.
- Borlama sonucunda numunelerde W₂B₅, WB, WB₂, WB₃ ve WB₄ borür fazları elde edilmiştir. Borlama süresinin artmasıyla birlikte WB, W₂B₅ ve WB₂ faz şiddetlerinde artışlar görülmüştür.
- 1000K'de 2 ve 4 saat süreyle borlanmış tungsten alaşımının mikro sertlik değerleri sırasıyla 1582 ve 1764 HV_{0,05} olarak tespit edilmiştir.

Teşekkür

Gerçekleştirilen bu çalışma, Giresun Üniversitesi, FEN-BAP-A-250221-17 no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Giresun Üniversitesi'ne ve Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Gunes, I., 2010. AISI 8620 Çeliğinin değişik pasta karışımlarında plazma pasta borlanması ve yüzey özelliklerinin incelenmesi, Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 237s.
- [2] Gunes, I., 2013. Wear behavior of plasma paste boronized of AISI 8620 steel with borax and B₂O₃ paste mixtures, J. Mater. Sci. Technol., 29, 662–668.
- [3] Gunes, I., 2012. Investigation of tribological properties and characterization of borided AISI 420 and AISI 5120 steels, Transactions of the Indian Institute of Metals, 67 (3), 359-365.
- [4] Ozbek, .I, Bindal, C., 2011. Kinetics of borided AISI M2 highspeed steel, Vacuum, 86(4), 391-397.
- [5] Gunes, I., 2013. Kinetics of borided gear steels, SADHANA-Academy Proceedings in Engineering Science, 38 (3), 527-541, 2013
- [6] Gunes, I., 2015. Boride layer growth kinetics of the borided high alloyed cold work tool steel, Oxidation Communications, 38, 157-165.
- [7] Gunes, I., Yıldız, I., 2016. Investigation of adhesion and tribological behavior of borided AISI 310 stainless steel, Revista Materia, 21, 61-71
- [8] Uluköy, A., Can, A. Ç., 2006. Çeliklerin borlanması, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri De gisi,b 2006 12, 189-198.
- [9] Gunes, I., 2014. Tribological properties and characterisation of plasma paste borided AISI 5120 steel, Journal of the Balkan Tribological Association, 20, 351-361.
- [10] Gunes, I., 2011. Ulker, S. and Taktak, S. Plasma paste boronizing of AISI 8620, 52100 and 440C steels. Mater. and Des., 32, 2380-2386.
- [11] Gunes, I., Dalar, A., 2013. Effect of sliding speed on friction and wear behavior of borided gear steels, Journal of the Balkan Tribological Association, 19 (3), 325-339.
- [12] <http://www.tungsten-alloy.com/Turkish/what-is-tungsten-copper.html>
- [13] Gunes, I., 2014. Tribological behavior and characterization of borided cold-work tool steel, Materials and Technology, 48 (5), 765–769.
- [14] Gunes, I., 2015. Effect of sliding speed on frictional behavior and wear performans of borided and plasma nitrided W9Mo3Cr4V steel, Materials and Technology, 49,111-116.

- [15] Gunes, I., Ozcatal, M., 2016. Investigation of the adhesion and wear properties of borided AISI H10 steel, *Materials and Technology*, 50, 269-274.
- [16] Gunes I., Kanat, S., 2016, Investigation of wear behavior of borided AISI D6 steel, *Materiali in Tehnologije*, 50, 505-510.
- [17] Gunes, I., Ulker, Ş., 2016. Investigation of tribological properties of boride layers formed on 99.0% purity Nickel, *Journal of the Balkan Tribological Association*, 4, 3703-3713.
- [18] Shikada, Y., Yoshimoto, M., 1973. Electrolytic boriding of tungsten, *Journal of the Metal Finishing Society of Japan*, 24, 254-259.
- [19] Ingole, S., Liang, H., Usta, M., Bindal C. and Ucisik A.H., 2005. Multi-scale wear of a boride coating on tungsten, *Wear*, 259, 849-860.
- [20] Yildiz, I., Çelik, A.G., Gunes, I., 2020. Characterization and diffusion kinetics of borided Ni-Mg alloys, *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 56, 1015-1022.
- [21] Chrzanowska-Gizynska, J., Denis, P., Hoffman, J., Gizynski, M., Moscicki, T., Garbiec, D., Zygmunt, S., (2018). Tungsten borides layers deposited by a nano second laser pulse. *Surface and Coatings Technology*, 335:181-187.