

%10 Co İçeren Cr-Co Alaşımının Borlama Özelliklerinin İncelenmesi

İsmail Yıldız^{1,*}, İbrahim Güneş²

Özet: Bu çalışmada, %90 Cr ve %10 Co içeren Cr-Co alaşımının borlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Toz metalurjisi yöntemiyle Cr ve Co metal tozları 24 saat süreyle homojen bir şekilde karıştırılarak dairesel şekle sahip olması için silindirik kalplara dökülmüş ve 300 bar basınç altında preslendikten sonra Argon gazı atmosferine sahip tüp fırın içerisinde 1000 °C sıcaklıkta ısıtılma işlemi tabii tutulmuştur. Bu işlem sonucunda üretilen alaşım malzemelere sertlik ve yoğunluk testleri uygulanmıştır. Sinterleme sonucunda malzemelerde 125 HV_{0,05} değeri elde edilirken yoğunluk değeri 4,76 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Elde edilen numunelere özel kapalı kutular içerisinde üzerlerine ticari Ekabor II tozu dökülerek fırın ortamında 850 ve 900 °C sıcaklıklarda 1.5 – 4.5 saat değişen sürelerde borlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Borlanan numunelere metalografik analiz olarak XRD analiz çalışması yapılmıştır. Bu Analiz sonucunda CrB, Cr₂B ve Cr₂Co fazları elde edilmiştir. Mikrosertlik ölçümü sonucunda en yüksek değer 900 °C sıcaklık 4.5 saat süre sonrasında yapılan borlamada 375 HV_{0,05} olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alaşım, toz, borlama

Abstract: In this study, boronization of Cr-Co alloy containing 90% Cr and 10% Co was performed. Cr and Co metal powders were poured into cylindrical molds and pressed under 300 bar pressure and then heat treated at 1000 °C in an oven with Argon gas atmosphere. As a result of this process, hardness and density tests were applied to the alloy materials produced. As a result of sintering, 125 HV_{0,05} values were obtained in the materials while the density value was measured as 4.76 gr/cm³. Commercial Ekabor II powder was poured in special closed boxes on the obtained samples and boronizing process was carried out in the oven environment at 850 and 900 °C temperatures for 1.5-4.5 hours. Boronized samples were analyzed by XRD analysis as metallographic analysis. CrB, Cr₂B and Cr₂Co phases were obtained as a result of this analysis. As a result of microhardness measurement, the highest value was measured as 375 HV_{0,05} in boriding after 900 °C temperature and 4.5 hours.

Keywords: Alloy, powder, boronizing

1 GİRİŞ

Borlama, yüksek sıcaklıklara sahip ortamlarda bor atomu içeren tozların ana malzeme yüzeyine difüzyonu şeklinde meydana gelen termokimyasal yüzey işlemidir [1-4]. Borlama, pek çok yöntem gibi yüzey işlemleri olarak kullanılmakta ve diğer yüzey işlemlerine göre avantajları bulunmaktadır. Borlamanın tek dezavantajı, borlanmış tabakanın kırılgan bir yapıya sahip olmasıdır [5-8].

Borlama yönteminde uygulanan sıcaklık malzemeye göre değişmektedir. Genelde 800-1100 °C sıcaklık ve 2-10 saat aralığında gerçekleşmektedir [9-11]. Borlama ortamı ise katı, sıvı, gaz ve plazma şeklinde olabilmektedir [12,13].

Krom ana malzemeleri kullanılarak yapılan borlamalarda CrB ve Cr₂B yapıları ortaya çıkmaktadır. Bu yapılar, krom malzesinin yüzey özelliklerinde önemli iyileştirmeler yapmaktadır.

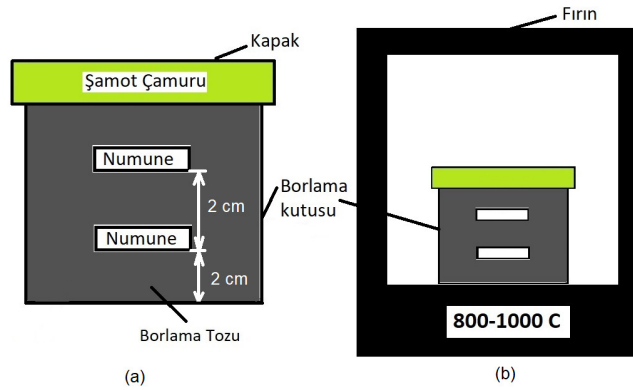
Gerçekleşen çalışmada, Cr içerikli malzemelerin ısıtılma işlemi yöntemiyle üretimi yapılmıştır. Elde edilen malzemelere 850 ile 900 °C sıcaklık, 1,5 ve 4,5 saat değişen sürelerde borlama işlemi uygulanmıştır. En son olarak yoğunluk ve mikrosertlik testlerinin yanı sıra XRD ve SEM gibi metalografik analizler gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar tartışılmış ve literatürle kıyaslanmıştır.

2 MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmada, % 90 Cr-% 10 Co kompozisyonuna sahip malzemelerini elde etmek için % 99 saflığa sahip Cr ve Co metal tozları kullanılmıştır. CrCo alaşım malzemelerin üretimi için Toz Metalurjisi (TM) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde, belirli ağırlıktaki Cr-Co metalik tozlar boş kaplar içerisine konularak homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Bu işlemi takiben tozlar şekillendirilmeleri için soğuk metal kalıba dökülmüş ve tek eksenli preste yaklaşık olarak 300 bar basınç altında

preslenmiştir. Ortaya çıkan malzemelerin dayanımlarını arttırmak için ısıtılma yöntemi uygulanmıştır. Bu işlem, koruyucu atmosferik gaz ortamına sahip tüp fırında içerisinde 10 °C/dk sıcaklık artacak şekilde 1000 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle gerçekleştirilmiştir.

Isıl işlem sonrasında numuneler borlama işlemine tabi tutulmuştur. Borlama işleminin amacı, ısıtılma işlem sonrasında malzemelerin dayanımıyla birlikte aşınma ve korozyon dirençlerini artırmaktır. Borlama işlemi, uygun kapalı kaplar içerisinde ticari Ekabor II tozu kullanılarak 850 ve 900 °C sıcaklıklarda 1,5 ve 4,5 saat süre aralığında gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). En son olarak borlanmış numuneler fırından çıkarılarak hava ile soğumaya bırakılmıştır.



Şekil 1. Borlama işleminin yapılışı (a: Numune kutusunun hazırlanması, b: Numunenin fırınlanması)

3 DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Yoğunluk

Sinterleme sonrasında yapılan hesaplama sonucunda yoğunluk değeri 4,76 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır.

3.2 XRD Analizi

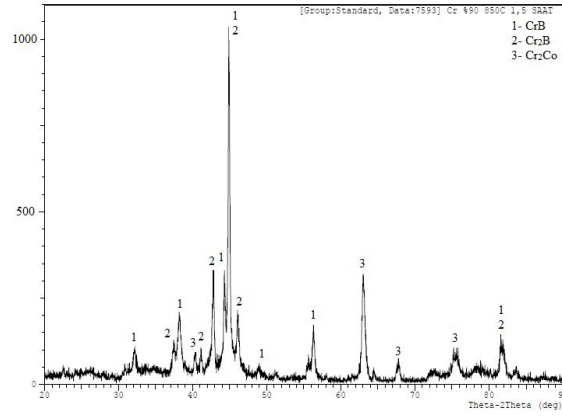
Şekil 1 ve 2'de 850 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede borlanmış %90 Cr-%10 Co

En son numunelere yoğunluk ve mikrosertlik testinin yanı sıra metalografik analiz olarak XRD ve SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Yapı içerisindeki fazlar ve mikroyapılar belirlenmiştir.

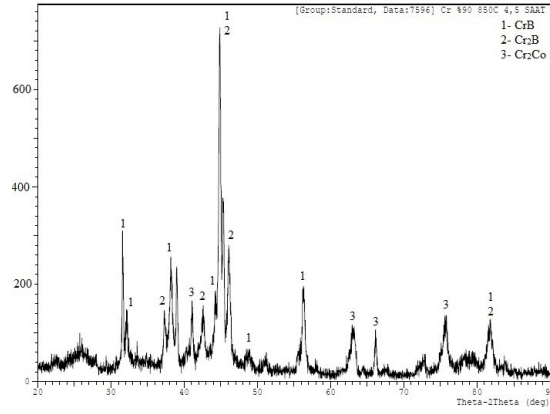
Yoğunluk $d=m/V$ formülüne göre hesaplanmıştır. Burada m, sinterlenmiş numunenin kütlesi; v, sinterlenmiş numunenin hacmi olarak hesaplanmıştır. Mikrosertlik testinde her bir numunede 5 farklı ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

XRD analizinde, X-Işını olarak Cu K (alpha) tercih edilmiştir. Analizde tarama hızı 0,02 °/dk ve tarama açısı ise 2 Theta olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

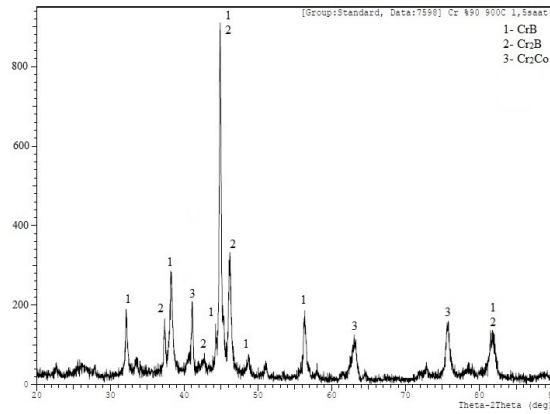
kompozisyonuna ait XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sonuçlarda en yüksek faz değerlerine CrB ve Cr₂B pikleri sahiptir. Bu faz değerlerini takiben Cr₂Co değeri ortaya çıkmıştır. Mu vd. ve Silva vd. [14,15], 950 °C'de 8 saat ile 950 ve 1000 °C sıcaklık aralıklarında borlama işlemi yaparak CrB ve Co₂B fazlarını elde etmişlerdir. Bu fazları 1000 ile 1200 yoğunluk arası bulmuşlardır. Yapılan çalışmada da CrB ve Cr₂B faz değerlerinin 1000 yoğunlukta ortaya çıkması çalışmanın gerçekleştiğini göstermektedir.



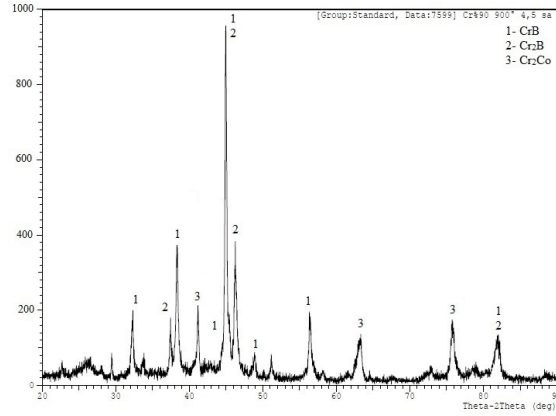
Şekil 1 %90 Cr-%10 Co kompozisyonuna 850 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleştirilen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



Şekil 2 %90 Cr-%10 Co kompozisyonuna 850 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu



Şekil 3 %90 Cr-%10 Co kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

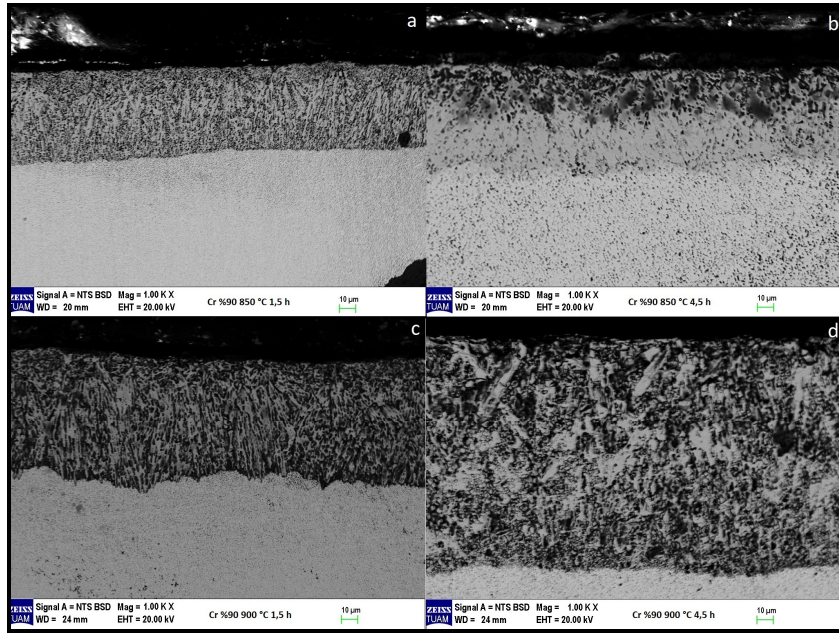


Şekil 4 %90 Cr-%10 Co kompozisyonuna 900 °C sıcaklıkta 4,5 saat sürede gerçekleşen borlama işlemi sonrası yapılan XRD analiz sonucu

Şekil 3 ve 4'de 900 °C sıcaklıkta 1,5 ve 4,5 saat sürede borlanmış %90 Cr-%10 Co kompozisyonuna gerçekleştirilen XRD analiz sonuçları görülmektedir. Sıcaklık artışına bağlı olarak CrB ve Cr₂B pik değerlerinde artışlar olmuştur. Bindal vd. [16] 900 °C'de 5-7 saat aralıklarında borlama çalışması

gerçekleştirmiş, CrB ve Cr₂B pik değerlerini elde etmiştir. Kulka vd. [17] 930 ve 950 °C'de 3-5 saat süre aralıklarında borlama çalışması yaparak CrB ve Cr₂B faz değerlerini bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre borlama işlemi gerçekleşmiştir.

3.3 Mikroyapı



Şekil 5. Borlanmış % 90 Cr ile % 10 Co alaşımının mikroyapı görüntüleri (a: 850 °C 1,5 saat, b: 850 °C 4,5 saat, c: 900 °C 1,5 saat, d: 900 °C 4,5 saat)

Şekil 5'de Ekabor II tozu kullanılarak borlanmış % 90 Cr ile % 10 Co alaşımlarının mikroyapı görüntüleri görülmektedir. Sıcaklık ve süre artışı tabaka kalınlıklarını da etkilemiş ve tabakalar belirgin bir şekilde oluşmuştur. En iyi tabaka kalınlığı 900 °C 4,5 saat süre sonrasında gerçekleşen borlama

sonucu oluşmuştur. Tabaka kalınlıkları ise 850 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede 55 µm, 4,5 saat sürede ise 72 µm olarak ölçülmüştür. 900 °C sıcaklıkta 1,5 saat sürede yapılmış borlama sonucunda ise, 86 µm, 4,5 saat sürede ise 140 µm olarak bulunmuştur. Bor

tabakalarında ve difüzyon bölgelerinde kısmende olsa bozulmalar oluşmuştur.

Borlama işlemi sonrasında uygulanan sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak sertlik değerlerinde de artışlar olmuştur. En yüksek sertlik değeri 900 °C **4 SONUÇLAR**

- Sinterleme sonrasında üretilen numunelerin yoğunluk değeri 4,76 gr/cm³ olarak bulunmuştur.
- Sinterleme sonucunda malzemelerde 125 HV_{0,05} sertlik değeri elde edilmiştir.
- Borlama sonrasında metalografik analiz olarak XRD analiz çalışması yapılmıştır. Analiz sonucunda CrB, Cr₂B ve Cr₂Co faz değerleri ortaya çıkmıştır.
- Gerçekleştirilen borlama işlemi neticesinde tabaka kalınlıkları ve difüzyon bölgeleri belirgin bir şekilde oluşmuştur. Oluşan tabaka kalınlıkları, 850 °C'de 1,5 saat sürede 55 µm, 4,5 saat sürede ise 72 µm, 900 °C 1,5 saat sürede 86 µm, 4,5 saat sürede ise 140 µm olarak ölçülmüştür.
- Borlama sonrasında yapılan mikrosertlik sonucunda en yüksek sertlik değeri 900 °C'de 4.5 saat süre sonrasında 375 HV_{0,05} olarak ölçülmüştür.

TEŞEKKÜR

Gerçekleştirilen bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK 18.KARİYER.35 no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna çok teşekkürler.

KAYNAKLAR

- [1] Dilektaşlı E, (2014). Bazı Alaşımli Çeliklerin Yüksek Sıcaklık Aşınma Davranışına Borlama İşleminin Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 90s, İstanbul.
- [2] Genel, K. (2006). Boriding Kinetics of H13 Steel. *Vacuum*, vol. 80, <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2005.07.013>, p. 451-457.
- [3] Gunes, I., Yıldız, I. (2015). Rate of Growth of Boride Layers on Stainless Steels. *Oxidation Communication*, vol. 38(4/A), ISSN 02094541, p. 2189-2198.
- [4] Kulka, M., Makuch, N., Pertek, A., Piasecki, A., An alternative method of gas boriding applied to the formation of borocarbonized layer, *Materials Characterization*, vol. 72, pp. 59-67, 2012.
- [5] Makuch, N., Kulka, M., Microstructural characterization and some mechanical properties

3.4. Mikrosertlik

sıcaklık 4.5 saat süre sonrasında gerçekleşen borlama sonrasında 375 HV_{0,05} olarak ölçülmüştür.

- of gas-borided Inconel 600-alloy, *Applied Surface Science*, vol. 314, pp. 1007-1018, 2014.
- [6] Gunes, I., Yıldız, I., (2016). Investigation of Adhesion and Tribological Behavior of Borided AISI 310 Stainless Steel. *Revista Materia*, vol. 21, ISSN 1517-7076, p. 61-71.
- [7] Demirel Ç. (2013). AISI 8640 ve GS 60 Çelik Malzemelerin Abrasif Aşınma ve Korozyon Davranışına Borlama İşleminin Etkisi Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 117s, Karabük.
- [8] Ozbek, I., Akbulut, H., Zeytin, S., Bindal, C., Ucisik, A. H. (2000). The Characterization of Borided 99.5% Purity Nickel. *Surface and Coatings Technology*, vol. 126, [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(99\)00667-2](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(99)00667-2), p. 166-170.
- [9] Bekteş, M. (2010). Fe-Mn İkili Alaşımalarının Mekanik Özellikleri Üzerine Borlamanın Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, 79 s. Isparta.
- [10] Çarkçı, M. (2012). Saf Nikelin Borlama Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 66 s. Isparta.
- [11] Campos-Silva, I., Bravo-Bárceñas, D., Cimenoglu, H., Figueroa-López, U., Flores-Jiménez, M., Meydanoglu, O. (2014). The boriding process in CoCrMo alloy: Fracture toughness in cobalt boride coatings. *Surface and Coating Technology*, vol. 260, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.07.092>, p. 362-368.
- [12] Demirel Ç. (2013). AISI 8640 ve GS 60 Çelik Malzemelerin Abrasif Aşınma ve Korozyon Davranışına Borlama İşleminin Etkisi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 117s, Karabük.
- [13] Uslu, I., Comert, H., Ipek, M., Ozdemir, O., Bindal, C. (2007). Evaluation of Borides Formed on AISI P20 Steel. *Materials and Design*, vol. 28, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.06.013>, p. 55-61.
- [14] Mu, D., Shen, B. (2010). Oxidation resistance of boronized CoCrMo alloy. *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, vol. 28, doi:10.1016/j.ijrmhm.2010.01.003, p. 424-428.
- [15] Campos-Silva, I., Bravo-Bárceñas, D., Cimenoglu, H., Figueroa-López, U., Flores-Jiménez, M., Meydanoglu, O. (2014). The boriding process in CoCrMo alloy: Fracture toughness in cobalt boride coatings. *Surface and Coating Technology*, vol. 260, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.07.092>, p. 362-368.

- [16] Bindal, C., Üçışık, A. H. (1999). Characterization of borides formed on impurity-controlled chromium-based low alloy steels. *Surface and Coatings Technology*, vol. 122, PII: S0257-8972(99)00294-7, p. 208-213.
- [17] Kulka, M., Makuch, N., Dziarski, P., Piasecki, A. (2014). A study of nanoindentation for mechanical characterization of chromium and nickel borides' mixtures formed by laser boriding. *Ceramics International*, vol. 40, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.11.059>, p. 6083-6094.

Yazar Adresleri

¹İsmail YILDIZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 03750, Afyonkarahisar, Türkiye

e-mail: iyildiz@aku.edu.tr
Telefon: 0(272)218 37 07

²İbrahim GÜNEŞ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye,
e-mail: igunes@aku.edu.tr
Telefon:0(272)218 25 10

Sorumlu Yazar

*İsmail YILDIZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 03750, Afyonkarahisar, Türkiye
e-mail: iyildiz@aku.edu.tr
Telefon: 0(272)218 37 07