



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 1A0012

ENGINEERING SCIENCES

Received: December 2008
Accepted: January 2009
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2009 www.newwsa.com

Serkan Özel
Ertuğrul Çelik
Hüseyin Turhan
University of Firat
sozel@firat.edu.tr
Elazığ-Türkiye

SICAK PRESLEME İLE ÜRETİLEN Cu-Al/B₄C KOMPOZİT MALZEMENİN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, Cu-Al/B₄C metal matrisli kompoziti (MMK), toz metalurjisi (TM) yöntemi kullanılarak sıcak presleme ile üretilmiştir. Cu-%5 Al toz karışımı içerisine ağırlıkça %5, %10 ve %20 oranında B₄C ilave edilerek toz karışımları hazırlanmıştır. Hazırlanan toz karışımları argon gazı atmosferinde, 30 MPa basınç altında, 600°C'de 4 dakika bekletilerek sıcak presleme işlemine tabi tutulmuştur. Preslenen numunelerin optik mikroyapı incelemeleri ile birlikte sertlik değerleri ölçülmüştür. Deneyler sonucunda, farklı oranlarda ilave edilen B₄C'nin mikroyapı ve sertliği etkilediği görülmüştür. Cu-Al/B₄C kompozitlerinde B₄C miktarındaki artış ile sertliğin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cu, Metal Matrisli Kompozit, B₄C,
Toz Metalurjisi, Sıcak Presleme

THE INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Cu-Al/B₄C COMPOSITES PRODUCED BY USING HOT PRESS

ABSTRACT

In this study, Cu-Al/B₄C metal matrix composite (MMC) material was produced by using hot pressing at powder metallurgy (PM) process. Powder samples were prepared in proportion as 5%, 10% and 20% B₄C was added in to Cu-%5 Al powder mixture. Prepared powder samples subject to hot pressing at 600°C, 4 minutes under argon inert gas atmosphere, 30 MPa pressure. Pressed specimens were investigated hardness and microstructure test methods. From the experimental results, the B₄C added at the different rates affected the hardness and microstructure of the materials. The hardness increased with the increase of B₄C content within Cu-Al/B₄C metal matrix composites.

Keywords: Cu, Metal Matrix Composite, B₄C, Powder Metallurgy,
Hot Pressing



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Toz metalurjisi (TM) imalat tekniğinin kullanımı gün geçtikçe mühendislik malzemelerinin üretiminde artmaktadır. Toz teknolojisindeki gelişmeler, farklı preslenme teknikleri ile kompleks şekilli makine parçalarının yüksek üretim hızında, yüksek kalitede, düşük boyutsal toleransta ve ekonomik olarak üretimine olanak sağlamaktadır. TM üretim tekniğinin temel avantajlarından birisi, diğer üretim yöntemleri ile üretilmesi zor olan malzemelerin üretilmesidir [1, 2, 3 ve 4]. TM yöntemi; bir kalıp içerisinde metal tozlarının preslenerek toz parçacıklarının birbirine bağlanması ve sinterleme basamaklarından oluşur. Bu yöntem aynı zamanda presleme-sinterleme veya sıcak presleme uygulanarak birçok metal matrisli kompozitin (MMK)de üretildiği büyük bir endüstridir. Toz metalurjisi yöntemi ile basit silindirik miller, yataklar üretilebileceği gibi, filtreler, dişli çarklar gibi karmaşık şekilli parçalar da kolaylıkla üretilmektedir [5, 6 ve 7].

TM yöntemi ile üretilen parçaların preslenmesi genellikle oda sıcaklığında yapılmaktadır. Son yıllarda oda sıcaklığı üzerindeki ortamlarda da sıcak presleme ile parça üretimi yapılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak daha az kalıp-metal tozu arayüzey sürtünmesi ile, daha düşük presleme basınçlarında daha yüksek yoğunluğun elde edildiği görülmüştür [8].

Cu esaslı alaşımlardan bronz yataklar ve gözenekli bronzlar, 1930'lardan beri kullanılmaktadır. Bunlar birçok çalışma alanlarında yüksek aşınma dayanımı ve korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı istenirler. Cu ve alaşımlarından fren balataları, debriyaj, kaymalı yataklar, elektrik kontakları, amortisör, vites kutusu parçaları ve daha birçok parçalar TM yöntemiyle üretilmektedir [3 ve 9].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

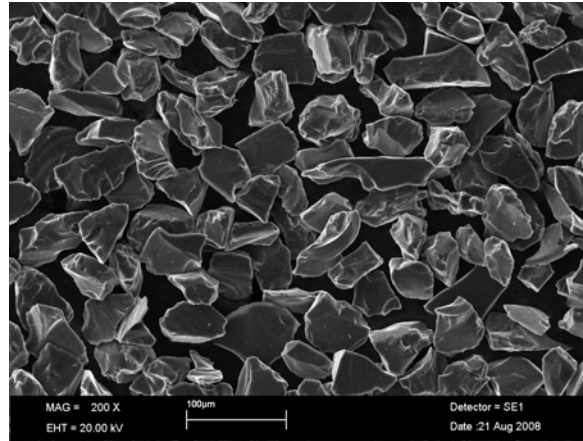
TM yöntemi ile üretilen parçaların performansına katkı sağlanması amacı ile metal matris içerisine alaşım elementleri veya çeşitli partiküller ilave edilerek, farklı yapılarda ve arzu edilen özelliklere sahip yeni malzemeler de elde edilebilmektedir. Böylece farklı uygulama alanlarına hitap eden yeni ürünlerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir [10]. B₄C seramik partikülü sert, dayanıklı ve düşük yoğunluğa sahip bir karbür bileşiğidir. Metal matris içerisine B₄C seramik partiküllerinin ilave edilmesi son yıllarda büyük ilgi uyandırmaktadır. Metal matris içerisine B₄C ilavesi ile yapılan çeşitli birçok çalışmalar mevcuttur [11, 12 ve 13]. Metal matris içerisine B₄C takviyesi ile malzemenin sertlik ve dayanımı arttırılabilmektedir.

Bu çalışmada Cu esaslı, Cu-Al toz karışımına farklı oranlarda B₄C tozu ilave edilerek elde edilen karışım sıcak presleme işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrasında, toz karışımına ilave edilen B₄C partiküllerinin parçaların mikroyapı, yoğunluk ve sertlik değerleri üzerine etkisi incelenmiştir.

3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada kullanılan parçalar toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiştir. Bu üretimi gerçekleştirmek için saf Cu tozu içerisine %5 saf Al tozu ilave edilmiş, bu toz karışımını içerisine de %5, 10 ve 20 gibi üç farklı oranda B₄C tozu ilave edilmiştir. Cu esaslı kompozit malzemeyi oluşturmak için ilave edilen B₄C tozu, Alfa Aesar firmasından temin edilmiştir. Bu toza ait SEM fotoğrafı Şekil 1'de verilmiştir. B₄C tozunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Mekanik toz karıştırıcı yardımı ile Cu tozu içerisine ilave edilen Al ve farklı oranlarda B₄C tozu karıştırılarak Cu-Al-B₄C toz karışımı elde edilmiştir. Karıştırma işlemi mekanik karıştırma aparatı ile 45 dev./dak hızında ve 45 dak. sürede gerçekleştirilmiştir.

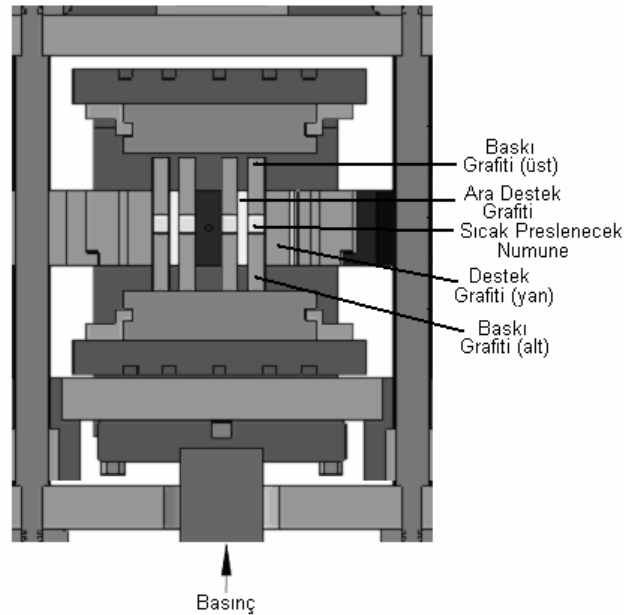
Sıcak presleme işlemi, özel olarak tasarlanan ve üretilen 25 KW gücüne sahip sıcak presleme cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Hazırlanan toz karışımları, grafit kalıplara döküldükten sonra Ar gaz atmosferi altında kademeli olarak basınç ve sıcaklık arttırılmıştır. Daha sonra basınç 30 MPa değerinde gelince 600°C'de 4 dakika bekletilerek numunelerin sinterlenmesi sağlanmıştır. Numuneler kalıp içerisinde 30 MPa basınç altında oda sıcaklığına soğuyuncaya kadar beklendikten sonra kalıptan çıkarılmıştır. Sıcak presleme işlem parametreleri Tablo 2'de verildiği gibidir.



Şekil 1. B₄C tozuna ait SEM görüntüsü
(Figure 1. SEM micrograph of B₄C powder)

Tablo 1. B₄C tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Table 1. Physical and chemical properties of B₄C powder)

Formülü	B ₄ C
Yoğunluğu	2.52 g/cm ³
Toz tane boyutu	22-59 µm
Ergime Sıcaklığı	2350 °C
Kaynama Sıcaklığı	>2500 °C
Sertlik	4000 VHN



Şekil 2. Sıcak presleme ünitesinin şematik görünüşü
(Figure 2. The schematic illustration of the hot pressing unit)

Tablo 2. Cu-Al/B₄C toz karışımına uygulanan sıcak presleme parametreleri

(Table 2. Hot pressing parameters of Cu-Al/B₄C powder mixture)

Numune No	% B ₄ C Miktarı	Presleme Basıncı (MPa)	Sinterleme Süresi (dakika)	Presleme Sıcaklığı (°C)
C0	0	30	4	600
C1	5	30	4	600
C2	10	30	4	600
C3	20	30	4	600

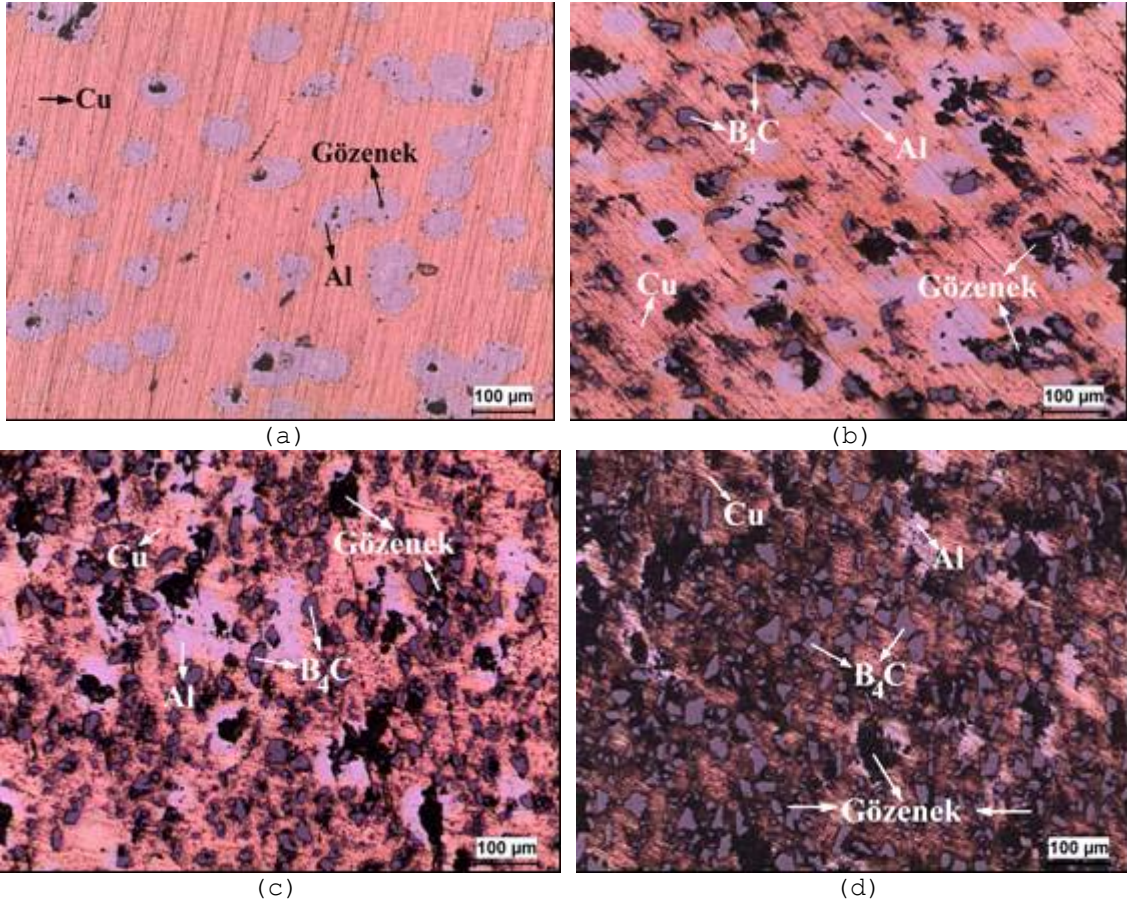
Metalografik inceleme amacıyla numuneler 220, 600, 800 ve 1200 mesh'lik su zımparaları ile yüzeyleri temizlenmiş, çuha ve 3 µm'lik elmas pasta kullanılarak parlatılmıştır. Parlatılan numunelerde gözenek ve B₄C dağılımını görmek amacıyla Nikon Eclipse MA100 marka optik mikroskopta optik resimleri çekilmiştir. Numunelerin sertlik değerleri 2,5 mm çapında çelik bilye ile 62,5 kg yük altında HB₁₀ cinsinden ölçülmüştür. Sıcak preslenen numunelerin B₄C ilavesi ile değişen yoğunluk değerleri ASTM B-311 standardına göre tespit edilmiştir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

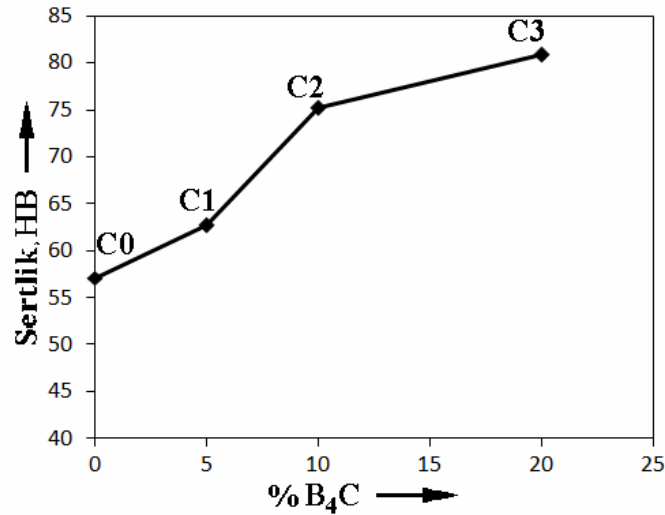
Toz metalurjisi yöntemi ile üretilen Cu esaslı Cu-Al/B₄C kompozitlerinin optik mikroyapı resimleri Şekil 3'de verilmiştir. Bu resimler incelendiğinde Cu matris içerisine ilave edilen Al ve B₄C tozlarının homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir. Şekil 3-a'da verilen C0 numunesine ait optik mikroyapı fotoğrafında sıcak presleme sonrası Cu matrise ilave edilen Al tozunun bazı bölgelerde boyun vererek toz tanelerinin birbiri ile birleştiği görülmektedir. Al'nin ergime derecesinin düşük ve mekanik özelliklerinin Cu'a nazaran daha düşük olması sebebiyle, Cu-Al matriste sıcak presleme sonrasında gözeneklerin Al toz partikülleri içerisinde toplandığı görülmektedir.

B₄C ilavesinin artmasıyla C1 numunesinden C3 numunesine gidildikçe gözenek miktarı kısmen artmıştır. En düşük gözenek miktarı B₄C ilavesiz olan C0 numunesinde görülmüştür. B₄C partiküllerinin ilavesi ile Cu matriste sıcak presleme sonrasında B₄C partikülleri gözeneklerin presleme esnasında Al partiküllere doğru ilerlemesini engellemiştir. Bu nedenle B₄C partiküllerinin etrafında gözeneklerin toplanması söz konusu olmuştur.

Cu matris içerisine ilave edilen B₄C oranına bağlı olarak sertlik miktarındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4'te verilmiştir. Grafiğin incelenmesi ile partikül ilave edilmeden sıcak preslenen C0 numunesinde en düşük sertlik değerinin ölçüldüğü görülmektedir. Matris içerisine B₄C partikül takviyesi ile numunenin sertlik değeri artmıştır. %5 B₄C partikül takviyeli C1 numunesinden %20 B₄C takviyeli C3 numunesine gidildikçe, partikül takviyesinin artmasıyla sertlik değerinin arttığı görülmüştür. %20 B₄C ilaveli C3 numunesinde en yüksek sertlik değerine ulaşıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. Cu-Al/B₄C metal matrisli kompozitinde a) C0, b) C1, c) C2, d) C3 numunelerinin optik mikroyapı resimleri
(Figure 3. Optical micrographs of Cu-Al/B₄C metal matrix composites (a) C0, b) C1, c) C2, d) C3))



Şekil 4. B₄C ilave oranına göre sertlik değişimi
(Figure 4. Hardness changes depending as B₄C addition rate)

Sıcak presleme sonrası ASTM B-311 standardına göre ölçülen numunelerin yoğunlukları Tablo 3'te verilmiştir. C0 numunesinde en yüksek yoğunluk miktarı, C3 numunesinde ise en düşük yoğunluk miktarı tespit edilmiştir. Metal matris içerisine ilave edilen B₄C partiküllerinin yoğunluğunun düşük olması (2,52 g/cm³) Cu esaslı MMK'lerde partikül takviye oranının artmasıyla oluşturulan yeni kompozitin yoğunluğunun düşmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, mikroyapı incelemesinde gözenek miktarının ilave edilen B₄C miktarının artması ile kısmen arttığı söylenmişti. Gözenek miktarındaki bu artış da yoğunluk miktarının düşmesine sebep olmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Sıcak preslenen numunelerin yoğunluk değerleri
(Table 3. Densities of hot pressed specimens)

Yoğunluk	Numune No			
	C0	C1	C2	C3
Gerçek Yoğunluk (g/cm ³)	6,56	6,15	5,87	4,82
Teorik Yoğunluk (g/cm ³)	8,61	8,29	7,97	7,33

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Toz metalurjisi yöntemi ve sıcak presleme tekniği ile üretilen Cu-Al-B₄C numunelerinin incelenmesinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Cu-Al matrisli partikül ilavesi olmayan C0 numunesinde en düşük gözenek miktarı tespit edilmiştir.
- B₄C ilavesinin artması ile gözenek miktarı kısmen artmıştır. En yüksek gözenek miktarı %20 B₄C içeren C3 numunesinde tespit edilmiştir.
- Gözenek miktarındaki kısmi artışa nazaran, B₄C ilavesinin artması ile sertlik değeri de artmıştır. En yüksek sertlik değeri %20 B₄C içeren C3 numunesinde tespit edilmiştir.
- Cu matrisli MMK içerisine ilave edilen B₄C ile yoğunluk miktarı düşmüştür. En yüksek yoğunluk miktarı C0 numunesinde, en düşük yoğunluk miktarı ise %20 B₄C ilaveli C3 numunesinde elde edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Schneider, L.C.R., Hainsworth, S.V., Cocks, A.C.F., Fitzpatrick, M.E., (2005). Neutron diffraction measurements of residual stress in a powder metallurgy component, Scripta Materialia, Cilt:52, ss:917-921.
2. Çetinkaya, Ş., Oktay, E., (2006). Karbon katkılı ön alaşımlı demir tozlarından üretilen malzemelerin elastik özellikleri. 13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi. İstanbul, ss:876-881.
3. Turhan, H., Yıldız, T., Gülenç, B., (2007). Toz Metalurjisi ile Üretilen Cu/FeMn_p ve Cu/FeCr_p Metal Matrisli Kompozitlerin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, Cilt:19, Sayı:4, ss:569-574.
4. Somunkıran, İ., Özel, S., Kurt, B., (2005). Fe Esaslı Mo, Ni, Cu Toz Alaşımına İlave Edilen Cu Miktarının Aşınma Direncine Etkisi. 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu. Konya, Cilt:2, ss:903-907.
5. Eroğlu, M. ve Mahmutçuoğlu, S.H., (2006). Yüzeyi alaşımlandırılmış düşük karbonlu çeliklerin toz metalurjisi Yöntemiyle üretilmesi. 13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi. İstanbul, ss:832-839.



6. Narayanasamy, R., Ramesh, T., and Pandey, K.S., (2006). Workability studies on cold upsetting of Al-Al₂O₃ composite material, *Materials and Design*, Cilt:27, Sayı:7, ss:566-575.
7. Kinet, A., (2008). Tabakalı kompozit malzemelerin serbest titreşim analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Müh., Araştırma Projesi*.
8. Ekşi, A.K., Bircan, D.A. ve Sonsino, C.M., (2007). Alumix 431 tozunun (Al7XXX) soğuk ve ılık preslenmesi üzerine bir çalışma, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt:22, No:2, ss:337-345.
9. Yaşar, M. and Altunpak, Y., (2009). The effect of aging heat treatment on the sliding wear behaviour of Cu-Al-Fe alloys, *Materials and Design*, Cilt:30, Sayı:3, ss:878-884.
10. Yılmaz, R. ve Gökçe, A., (2006). Toz Metalurjisi ile Üretilen düşük alaşımlı çeliklerde Ferro-Titanyum ilavesinin darbe ve kırılma tokluğuna etkisi. 13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi. İstanbul, ss:903-909.
11. Jiang, Q.C., Wang, H.Y., Ma, B.X., Wang, Y., and Zhao, F., (2005). Fabrication of B₄C particulate reinforced magnesium matrix composite by powder metallurgy, *Journal of Alloys and Compounds*, Cilt:386, ss:177-181.
12. Bedir, F., (2007). Characteristic properties of Al-Cu-SiC_p and Al-Cu-B₄C_p composites produced by hot pressing method under nitrogen atmosphere, *Materials and Design*, Cilt:28, Sayı:4, ss:1238-1244.
13. Aydın, M. ve Yetgin S.H., (2006). MMK Üretiminde Farklı Tasarımlardaki Karıştırıcıların Etkisinin Araştırılması, *Teknoloji*, Cilt:9, Sayı:1, ss:39-46.