mühendislikdergisi
Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Cilt: 8, Sayı: 4, 797-803
Eylül 2017

Farklı oranlarda Cr partikül takviyesinin Cu matrislikompozitlerin mekanik özelliklerine ve mikroyapısna etkisi

Mahir UZUN[*,1], Üsame Ali USCA[2]

[1] *Bingöl Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl*
[2] *Bingöl Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl*

Makale Gönderme Tarihi: 25.11.2016 Makale Kabul Tarihi: 01.03.2017

Öz

Bu çalışmada toz metalürjisi (T/M) yöntemi kullanılarak farklı oranlarda Cr partikülleri, Cu matrisi içerisinde kullanılarak Cu matrislikompozit malzeme üretilmiştir. Saf Cu tozu içerisine Cr partikülleri ağırlıkça %5, %10 ve %15 olmak üzere farklı oranlarda katılmıştır. Hazırlanan karşımlar 400 MPa basınç altında şekillendirilmiştir. Şekillendirilen parçalar 900 ^{0}C'de 30 dakika boyunca sinterlenmiştir. Sinterleme işleminin başarısı yoğunluğun ve SEM görüntülerinin incelenmesi ile değerlendirilmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Mikroskop incelemeleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yapılmıştır. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde ise sertlik ölçüm metodu kullanılmıştır. Yapılan SEM incelenmesinde, eş eksenli tanelerden oluşan Cu matrisi içerisinde Cr fazının dengeli dağıldığı gözlenmiştir. Ayrıca artan Cr oranına bağlı olarak sertliğin artığı da gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bakır; krom; kompozit; sinterleme; sertlik; SEM*

[*]Yazışmaların yapılacağı yazar: Mahir UZUN. muzun@*bingol.edu.tr*; Tel: (4126) 216 00 12 (1974)

Giriş

Günümüzde teknoloji çok hızlı gelişmekte ve yeni üretim metotları ile farklı malzemeler geliştirilmektedir. Bu malzemeler günümüz şartlarına daha uygun olmakta ve kullanımları da yaygınlaşmaktadır. Metal matrislikompozit malzemeler bu amaca uygun olarak son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta ve geliştirilmektedir.

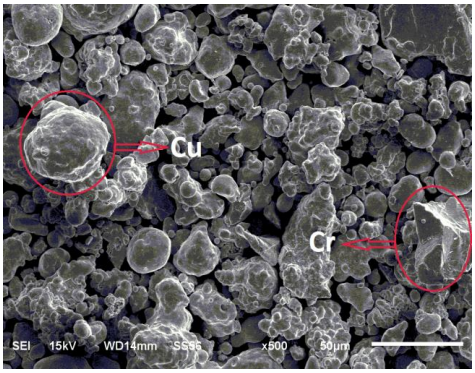
Metal matrislikompozitler yüksek elastik modülü, yüksek mukavemet ve tekrar üretilebilme gibi birçok pozitif özelliklere sahiplerdir (Muratoğlu vd., 2009). Ayrıca bu malzemeler partikül takviyelerinden dolayı çok iyi aşınma direcine de sahiptirler (Alpas vd., 1992; Chen vd., 1997). Bakır matrislikompozitler de yaygın olarak araştırılmaktadır (Liang vd., 2014). Cu alaşımları kimya endüstrisi ve elektro teknolojilerde kullanılırlar (Tandon vd., 1996; Bargel vd., 1980; Yamamato vd.,1994). İyi ısıl direncine ve elektriksel direncine ilaveten yüksek korozyon ve oksidasyon direncine de sahiptirler (Barmouz vd., 2011). Ayrıca bakır, iyi birsünekliğe ve tokluğa sahiptir (Barmouz vd., 2011). Cu matrislikompozitlerin termal iletkenliği ve elektriksel iletkenliği yüksektir. Ayrıca bu kompozitlerin mekanik özellikleri ve tribolojik özellikleri de iyidir (Funkenbusch vd., 1984; Chen vd., 1996; Saka vd., 1985; Nath vd., 1997). Bakır matrisine, Ni_3Al partikülleri katılarak aşınma dayanımı geliştirilmiştir (Muratoğlu vd., 2009). Cu-Cr SiCkompozit malzemesi üretilerek sertlik özellikleri geliştirilmiştir (Yönetken vd., 2015). Ayrıca, Cu matrise $FeMn_p$ ve $FeCr_p$ katılarak mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir (Turhan vd., 2007) Cu matrisine takviye yapılabilir; sertliği, mukavemeti, aşınma direnci ve iletkenliği geliştirilebilir (Callister, 2007)

Bu çalışmada T/M yöntemi ile Cu matrislerine Cr partikülleri takviye edilerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Ağırlıkça %5-15 aralığında farklı oranlarda Cr takviyesiyle üretilen malzemelerin mikroyapı incelemeleri SEM kullanılarak yapılmıştır. Mekanik özelliklerinin belirlenmesinde ise sertlik ölçüm metodu kullanılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kullanılan malzemeler ve üretim yöntemi

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere Cu partikül boyutu 60µm'nin altında kullanılmıştır. Kullanılan Cr tozunun partikül boyutu ≤ 50 µm olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 1'de Cu-Cr tozunun SEM görüntüsü ve Tablo 1'de EDS analiz raporu verilmiştir.

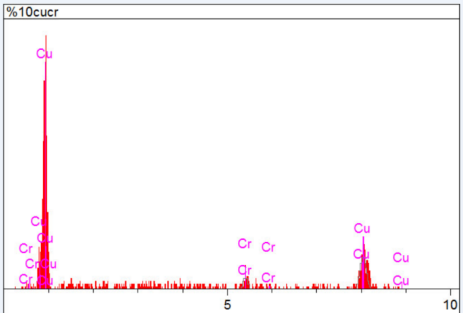


Şekil 1. Ağırlıkça %10 Cr içeren Cu-Cr tozunun SEM görüntüsü

Tablo 1. Ağırlıkça %10 Cu-Cr tozunun EDS analiz raporu

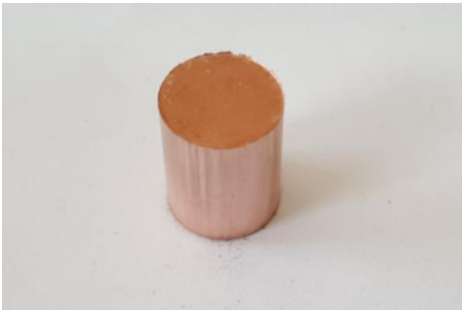
Element	Yoğunluk (c/s)	Hata 2-sig	Sonuç	Birim
Cr	3.49	1.182	10.651	WT.%
Cu	11.82	2.174	89.349	WT.%

Metal matrislikompozit malzemeler, toz metalürjisi yöntemi ile üretilmiştir. Metal matris içerisine ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranında Cr takviyesi yapılarak homojen bir karışım sağlanması ile turbula karıştırıcı kullanılarak 24 saat karıştırılmıştır. Karışımın homojen dağılımı SEM'de yapılan EDS analizi ile doğrulanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. EDS analizi grafiği

Daha sonra karıştırılan tozlar hidrolik pres kullanılarak 400 MPa basınç altında şekillendirilmiştir. Şekillendirilmede kullanılan kalıp Ç1040 çelik malzemeden, silindirik şekilli olup 12 mm çapında ve 25 mm derinliğindedir (Şekil 3).



Şekil 3. Presleme sonrası elde edilen %5 Cr partikül katkılı Cu-Cr kompoziti

Presleme sonrası elde edilen numuneler 900^0C'de 30 dakikaboyunca koruyucu atmosfer altında sinterlenmiştir. Bu işlem Protherm GSL-1500X marka tüp fırında alümina altlık kullanılarak yapılmıştır. Sinterlenen numunelerin kütleleri A&D HR-250AZ marka hassas terazi kullanılarak belirlenmiştir.

Kütleleri belirlenen numunelerin çapları ve boyları ölçüldükten sonra hacimleri bulunmuştur.

$$Dg = \frac{m}{v} \quad (1)$$

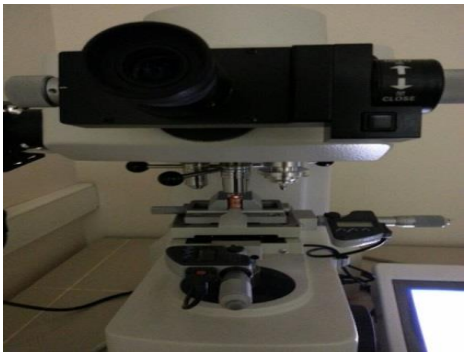
Dg: Numunenin gerçek yoğunluğu (gr/cm^3),
m: Numune kütlesi (gr),
v: Numune hacmi(cm^3)

$$Dt = [(\%Wcu * Dcu) + (\%Wcr * Dcr)] \quad (2)$$

Dt: Numunenin teorik yoğunluğu (gr/cm^3),
Dcu: Bakır numunesinin yoğunluğu (gr/cm^3),
Dcr: Krom numunesinin yoğunluğu (gr/cm^3),
%Wcu: Ağırlıkça Cu yüzde oranı,
%Wcr: Ağırlıkça Cr yüzde oranı

Gerçek yoğunluk formül 1'e göre hesaplanarak bulunmuştur. Numunelerin teorik yoğunluğu ise; formül 2'ye göre hesaplanmıştır. Gerçek yoğunluğun teorik yoğunluğa oranlanmasıyla bağıl yoğunluk elde edilmiştir (Şekil 7).

Numunelerin sertlik ölçümleri ise her bir numunenin beş farklı noktasından ölçüm alınarak Mitutoyo Sertlik Ölçüm cihazında 10 sn boyunca 200 gr yük altında Vickers sertlik metodu yöntemi ile ölçülmüştür (Şekil 4).

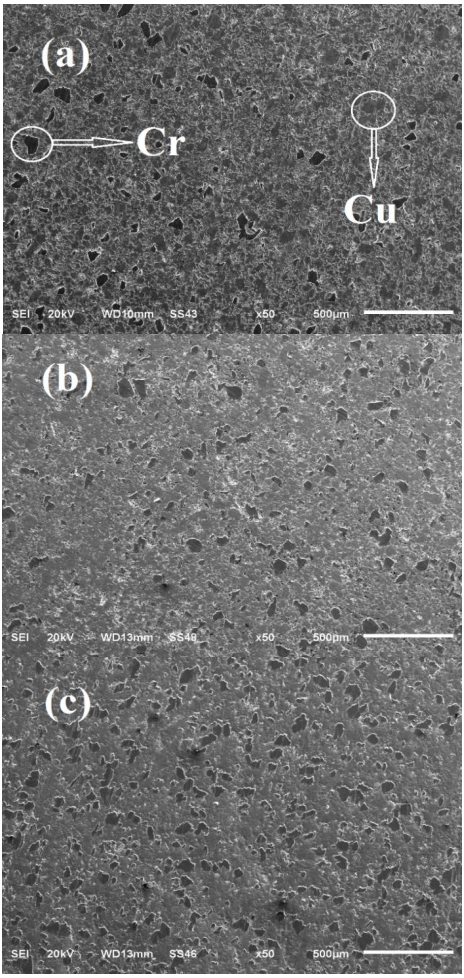


Şekil 4. Mitutoyo sertlik ölçüm test cihazı

Sonuçlar ve Tartışma

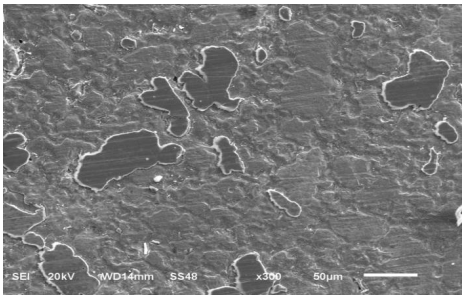
Bu çalışmada Cu metal matrisli tozlara farklı oranlarda Cr partikülleri katılarak toz metalurjisi tekniği ile Cu matrislikompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen malzemelerin mikroyapıları ve malzemelerin sertlik değerleri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sinterleme sonucunda, yüzey dağlanmış ve kompozit malzemelerin ağırlıkça %5-%15 arasındaki numunelerin SEM görüntüsü alınmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. (a) %5, (b) %10, (c)%15 Cr partikülü içeren Cu-Cr kompozitinin SEM görüntüleri

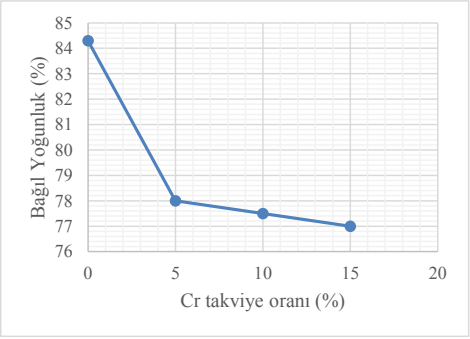
- SEM görüntülerinden sinterleme sonrası taneler arasında sağlıklı ikizlenmelerin oluştuğu ve gözenek yapının azaldığı, ayrıca tane sınırlarının net bir şekilde görülebildiği tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. %10 Cr partikülü içeren Cu-Cr kompozitinin SEM görüntüsü

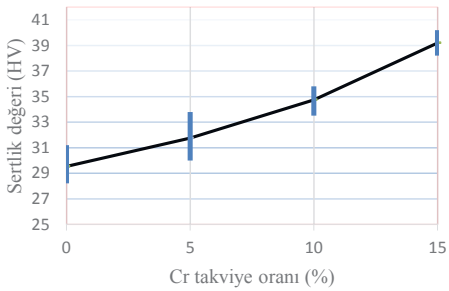
- Ayrıca takviye edilen Cr partiküllerinin homojen dağıldığı ve herhangi bir bölgede kümelenmediği anlaşılmıştır. SEM görüntülerinden tane boyutlarının 50 µm altında olduğu, dolayısı ile tane irileşmesinin olmadığı tespit edilmiştir.

- Üretilen Cu-SiCkompozit malzemesinde bazı Cu-SiC ara yüzeylerinde gözenekler olduğu bu nedenle bağıl yoğunluğun artan SiC oranı ile düşüş sergilemesinde Cu matrisin SiC partiküllerini ıslatma kabiliyetinin de etkili olduğu belirtilmiştir (Özgün vd., 2016). Bunun yanında sinterleme sonucu bağıl yoğunluk değerlerinin azaldığı tespit edilmekle beraber, Cr oranının da arttıkça bağıl yoğunluğun azaldığının gözlenmesi bu kanıyı desteklemektedir. (Şekil 7).



Şekil 7. Cr partikülü takviye oranı – bağıl yoğunluk grafiği

- Yapılan mikro sertlik ölçümlerinde ağırlıkça % Cr partikül oranı artışına paralel olarak sertlik değerlerinde artış olduğu belirtilmektedir (Yönetken vd., 2015). Beş farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalamalarının alınmasıyla oluşturulan Şekil 8'de verilen sertlik ölçüm değerlerinde artışın görülmesi bu çalışmayı desteklemektedir.



Şekil 8. Sertlik Ölçümleri

- Yapılan incelemede en yüksek sertlik değeri 40 HV değeri ile ağırlıkça %15 Cr partikül takviyeli numunelerde görülmüştür. Sertlik değerlerindeki bu artış oranı, Cr takviye oranına paralel olarak artış göstermektedir. Sertlikteki bu değer artışı, Cr takviye oranının artışı ile birlikte diğer mekanik özelliklere de olumlu yansıyacağını göstermektedir. Bu sebepten ötürü, bu çalışma yapılacak çekme dayanımı tespiti ile desteklenebilir.

- Yine farklı Cr takviyeleri sonucunda malzemede aşınma dayanımının tespit edilmesi ile birlikte, üretilen bu kompozit malzemenin endüstride kullanımı desteklenebilir.

Kaynaklar

Alpas, A.T.veZhang, J., (1992). Effect of SiC particulate reinforcement on the drysliding wear of aluminium-silicon alloys*, Wear,* **155**, 1, 83-104.

Bargel, H.J. ve Schulze, G., (1980).*Werkstoffkunde*, 113-118,VDI-Verlag, Düsseldorf.

Barmouz, M.,Basharati, G. M. K. ve Seyfi, J., (2011). On the of processing parameters in producing Cu/SiC metal matrixcomposites via friction stir processing: Investigating microstructure, microhardness, wearand tensile behavior, *Materials Characterization*, **62**, 1, 108-117.

Barmouz, M.,Asadi, P., Basharati G.M.K. ve Taherishargh, M., (2011). Investigation of mechanical properties of Cu/SiC composite fabricated by FSP: Effect of SiCparticles' size and volume fraction, *Materials Science and Engineering: A*, **528**, 3, 1740-1749.

Callister, W. D. ve Rethwisch, D.G., (2007). *Materials Science and Engineering*, John Wiley&Sons.

Chen, R., Iwabuchi, A., Shimizu, T., Shin, S.H., ve Mifune, H., (1997). The sliding wear resistance behavior of NiAl and SiC particles reinforced aluminiumalloy matrixcomposites,*Wear*, **213**, 1-2, 175-184.

Chen, Z., Lui, P., Verhoeven, D.J. ve Gibson, E. D., (1996).The sliding wear resistance behavior of deformation-processed Cu-15vol.%Cr in situ composites,*Wear*, **195**, 1-2, 214-222.

Funkenbusch, P. D., Courtney, T. H. veKubisch, D.G., (1984). Fabricability of and microstructural development in cold worked metal matrix composites, *Scripta Metallurgica*, **18**, 10, 1099-1104.

Liang, Y., Zhao, Q., Zhang, Z., Li, X. ve Ren, L., (2014).Effect of B4C particle size on the reaction behavior of self-propagationhigh-temperature synthesis of TiC–TiB2 ceramic/Cu composites from a Cu–Ti–B4C system,*International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, **46**,71-79.

Muratoğlu, M. ve Demirel, M., (2009).Cu/Ni_3Al Metal MatrisliKompozitin Kuru Kayma Aşınma Davranışlarının Araştırılması, Influence of Non-Standart Geometry of Plastic Gear on SlidingVelocities, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu,* 759-764, Karabük.

Nath, D., Biswas, S. K. ve Rohatgi, P. K., (1997).Wear characteristics and bearing performance of aluminum-mica particulate composite materials, *The International Conference on Wear of Materials*, 161-167, Canada.

Özgün, Ö., Balalan, Z. ve Ekinci, Ö., (2016).Farklı oranlarda SiC partikül takviyesi yapılmış Cu matrislikompozitlerin mikroyapı ve mekanik özellikleri, *Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı,* 229-233, Nevşehir.

Saka, N. ve Karalekas, D. P., (1985). Friction and wear of particle-reinforced metal ceramic composites, *The International Conferance on Wear of Materials*, 784-793, Canada.

Tandon, K. N.veTian, R. Z., (1993).Effectpf Sb on the wear behavior of a CuPb alloy, *Scripta Metallurgica et Materialia*, **29**, 6, 857-861.

Turhan, H., Yıldız, T. ve Gülenç, B., (2007). Toz metalürjisi ile üretilen Cu/FeMn$_p$ ve Cu/FeCr$_p$ matrislikompozitlerin mikroyapı ve mekanik özellikleri, *Fırat Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **19**, 4, 569-574.

Yamamto, K., Sakai, K. ve Sakamoto, M., (1994). Properties of the new Cu-Sn-P-Pb-Graphite bearing material with steel backing, *Journal of the Japan Society of Powderand Powder Metallurgy*, **41**, 3, 335-.

Yönetken, A., Erol, A. ve Kaplan, H., (2015). Microwave sintering and characterization of Cu-Cr-SiC compositematerials, *Metal 2015*,Brno.

Effect of Cr particle reinforcements at different ratios on the mechanical properties and microstructure of Cu matrix composites

Extended abstract

Today, the technology is developing very fast and different materials are being developed with new production methods. These materials are better suited to today's conditions and their usage is becoming widespread. Metal matrix composite materials are widely used and developed in recent years in accordance with this aim.

In this study, Cr particles were used in Cu matrix at different ratios by using the powder metallurgy method and Cu matrix composite material was produced. Cr particles in pure Cu dust were added at different ratios of 5%, %10 and %15 by weight. The article size of the Cr powder used was chosen to be under 50 µm. The prepared blends were shaped into a mold produced from the C40 material under a pressure of 400 MPa. The shaped parts were sintered at 900 ° C for 30 minutes. The sintering process was carried out under a protective atmosphere and an alumina base was used.

The success rate of the sintering process was evaluated by examining the intensity and SEM images. Microstructure and mechanical properties of the produced composite materials were investigated. Microscope studies were performed using scanning electron microscopy (SEM). In the SEM study, it was observed that the Cr phase was uniformly distributed in the Cu matrix composed of coaxial grains. After sintering, it has been found that the granules are formed in a healthy twinning and the pore structure is decreased, and the grain boundaries can be clearly seen. In addition, it was determined that the relative density value of the sintering end the relative density decreased as the Cr ratio increased.

When the mechanical properties are determined, the hardness measurement method is used, in which the measurement is taken from five different points of a sample. The highest hardness value of 40 HV was observed in specimens reinforced with 15% Cr particles by weight. In addition, an increase in hardness was observed depending on the increased Cr ratio.
Finally, this work can be supported by the tensile strength test. Again, as a result of different Cr reinforcements, the use of this composite material industry can be supported by determining the wear resistance.

Keywords: *copper, chromium, sintering, hardness, SEM*

ühendislikdergi

mühendislikdergisi
Dicle Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi