

DEMİR ESASLI TM MALZEMELERE Cu VE Ni İLAVESİ İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİN DEĞİŞİMİ

N. Sinan KÖKSAL*¹, Filiz TAŞTAN¹

¹Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Bölümü, 45140, Manisa-TÜRKİYE

Özet: Demir esaslı toz metal malzemeler mukavemet, sertlik, aşınma direnci ve kendinden yağlama özellikleri nedeniyle otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu malzemelerin mekanik ve metalürjik özellikleri farklı elementler eklenerek geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, farklı miktarlarda grafit, Cu ve Ni eklenerek üretilmiş demir esaslı TM malzemelerin sertlik, mekanik özelliklerindeki değişimler ve kırılma yüzeyleri incelendi. Demir tozu içerisinde Cu, Ni ve grafit tozu ilavesi ile sertlik değerleri demirin yaklaşık iki katı artmıştır. Yine Ni ve Cu eklendiğinde çekme gerilmesi değerlerinde de artış görülmüştür. Üç nokta eğme deneyi sonuçlarında Ni ve Cu oranının artması eğilme dayanımını artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Toz metal, mekanik özellikler, mikrosertlik, kırılma yüzeyi.*

CHANGES IN MECHANICAL PROPERTIES OF FERROUS BASED PM MATERIALS WITH Cu AND Ni ADDITION

Abstract: Ferro based powder metal (PM) materials are widely used in the automotive industry due to their superior physical properties such as strength, hardness, wear resistance and self-lubrications. The mechanical and metallurgical properties of these materials may be improved by adding different elements such as Cu, Ni and graphite.

In this study, hardness, changes of mechanical properties and fracture behavior of Fe-based PM materials having varying amounts of Cu, Ni and graphite were investigated. The hardness of ferro based PM materials having Cu, Ni and graphite was twice as much as that of ferro based PM materials without any additives. Tensile strength also increased with Ni and Cu addition. Three point bending test values increased with Ni or Cu addition.

Keywords: *Powder metal, mechanical properties, microhardness, fracture surface*

*Sorumlu Yazar

sinan.koksal@bayar.edu.tr

GİRİŞ

Toz metal (TM) üretim, metal tozlarının preslenme sonrası oluşan parçalarının belirli sıcaklıklarda sinterlenmesiyle bağlanarak şekillenmesidir. Bu işlem basamaklarını izleyerek kaliteli ve karmaşık şekilli parçaların ekonomik olarak üretilmesi mümkün olmaktadır.

TM parçaların üretiminde çalışma koşullarına uygunluk, istenilen özellikte kimyasal bileşim ve mekanik özelliklerin sağlanması, ürünün boyut ve toleranslarında hassas bir şekilde üretilmesi, yüzey kalitesinin iyi olması bu yöntemi diğer üretimlere göre avantajlı duruma getirmektedir. Kullanım ortamına bağlı gözenekli parçaların da üretimi mümkündür.

TM ile ürünler %60 otomotiv endüstrisi, %16 büyük makine ve küçük el aletleri, %8 tarım aletleri, %7 madeni eşyalar ve %6 büro makineleri olarak kullanılmaktadır. Çok geniş bir kullanım alanı olan ve farklı özelliklerin bir arada olabilmesi gibi durumları isteğe bağlı oluşturulabilen bu yöntem aynı zamanda üretim parametrelerine de çok bağlı olarak özellik değişimleri göstermektedir.

Çalışma koşullarına göre (mukavemet, sertlik, aşınma, eğilme dayanımı vb.) ayarlanabilmesi ve isteğe bağlı bazı özelliklerinde (gözeneklilik, kimyasal bileşim, yüzey hassasiyeti vb.) belirlenebilmesi bu yöntemle üretimi esnek duruma getirmektedir. Bu nedenle TM ile üretilen parçalar daha da önemli olmaktadır [1–3].

Mukavemet gerektiren ve yük taşıyan yataklar genel olarak demir esaslı bakır içeren tozlardan üretilmektedir. Toz metalden imal edilen burçlar kontrollü bir gözenek dağılımına sahip olan bir yağ deposu olarak görev yaparlar. Filtreler ise en fazla gözeneğe sahip olup, uygulama, gözenek ebadı ve basınç isteklerine bağlı olarak imal edilmektedirler [4–8].

Demir tozları içerisine bakır ve nikel katılarak elde edilen TM ürünler mukavemet gerektiren örneğin yağ pompa dişlileri ve yağ pompa rotorları gibi motor aksamlarında kullanılmaktadır (Şekil 1). Yağ pompa rotorları, yağ pompa dişlileri, volan dişlileri, kasnak dişlileri gibi motor aksamlarında bu parçalar kullanılmaktadır [9, 10].



a) Yağ Pompa Parçaları
b) Amortisör Parçaları
c) Mukavemet Gerektiren Parçalar
d) Kendinden Yağlamalı Burçlar

Şekil 1. Kullanım yeri özelliklerine göre üretilmiş toz metal ürünler [9].

Alaşım elementi olarak nikel; çeliğin sünekliğini düşürmeden dayanımı artırır. Demir tozuna eklenen nikel miktarı genelde % 2–5 arasında değişir. Nikel tozu pahalıdır fakat küçük komple parçaların üretiminde eğer hammadde maliyeti bu toza kıyasla önemsiz sayılabilecek kadar düşükse nikel karbonil kullanımı daha ekonomik olmaktadır. Nikelin miktarının artması sertleşme etkisini

azaltmaktadır. Çelik içerisinde % 0,2 den fazla bakır olması atmosferik korozyon direncini artırır. Bakır çeliğin yüzey işleme kalitesini ve sıcak şekillendirme ve sıcak dövme kaynağı özelliğini bozar. Sertleşmeye etkisi nikel ile aynıdır [10–11].

Sinterlenmiş malzemelerin özellikleri birçok faktöre bağlıdır ve özel talepleri karşılamak için optimize edilebilir. Belirli bir uygulama için bir malzeme seçiminde, kimyasal bileşim ve parçaların yoğunluğu dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Kimyasal bileşim ve mekanik özellikler sinterlenmiş makine parçalarının özelliklerini belirlemede yaygınca kullanılan faktörlerdendir. Fe-Cu; yoğunluk, Fe-Cu-C; çekme ve akma mukavemeti, Fe-Ni-Cu-Mo-C; eğilme mukavemeti gibi mekanik özellikleri sağlamak için örnekler olarak verilebilir [10].

Bu çalışmada, saf demir tozu içerisine değişik oranlarda eklenen grafit, Ni ve Cu tozlarının saf demirin özelliklerine göre etkisi incelenmiştir. Otomotiv parça üretimlerde kullanılan farklı oranlardaki Cu ve Ni ilaveli beş farklı TM numunelerin mekanik ve metalürjik özellikleri incelenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Malzeme

Otomotiv sanayinde yaygın olarak kullanılan demir esaslı TM ürünlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine uygun olarak piyasadan üretici firmadan temin edilen beş farklı numunenin kimyasal bileşimleri Tablo 1’de verilmiştir [9].

Numunelerin Üretimi

Numuneler preslendikten sonra üretici firmada 1120 °C’de parçalanmış metan (doğal gaz) atmosferinde 20 dakika sinterleme işlemi yapılmıştır. Üretim sırasında yağlayıcı olarak yüksek bakır alaşımında ve saf demirde kenolube, diğer numunelerde amide wax kullanılmıştır.

Mikro Sertlik Ölçümü

Future-tech mikro sertlik cihazında iz alanı temel alınarak ölçüm yapılan Vickers sertlik yöntemine göre numunelerden ölçümler alınmıştır. 2000 gf kuvvet 10 s sürecince uygulanarak yapılan sertlik ölçümleri ve ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri ile Tablo 2’de verilmiştir.

Çekme Deneyi

Standartlara uygun olacak şekilde boyutları Şekil 2’de belirtilen ölçülerde hazırlanan numuneler, çekme hızı 1 mm/dk olacak şekilde Shimadzu 50 kN çekme cihazında çekme deneyi uygulanmıştır. Numunelerin maksimum kopma yükleri ve kopma sonrası uzunlukları elde edilmiştir. Çekme deneyi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen gerilme-şekil değişimi eğrileri incelendiğinde, tüm örnekler gevrek kırılma şeklinde bir kırılma davranışı gösterdiği elde edilmiştir.

Numunelerin çekme cihazında gerçekleştirilen çekme deneyi sonucunda elde edilen grafiklerinin orijinal şekli Şekil 4’te verilmiştir

Tablo 1. Numunelerin kimyasal bileşimleri [9].

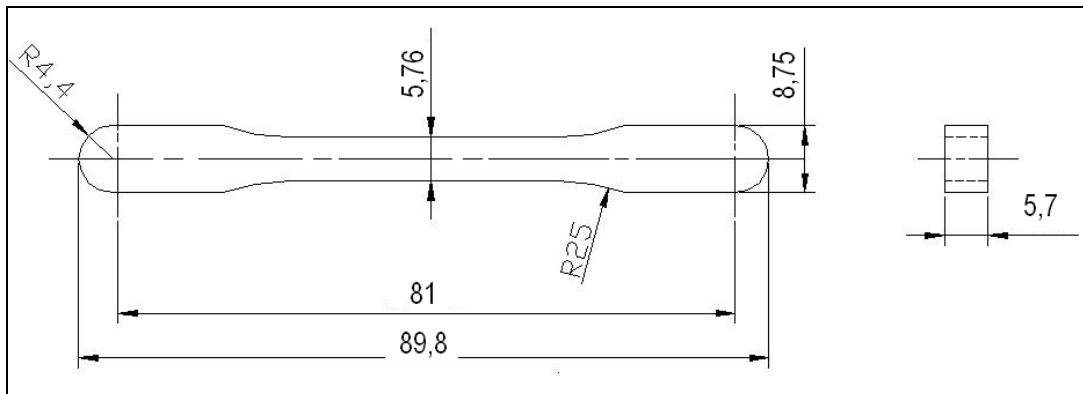
Örnek Bileşimi	Numune No	% C (Graphite)	% Ni	% Cu	% MnS	% Mo	% Fe
Ni - C	I	0,19	1,70	1,49	0,49	0,50	Kalan
	II	0,57	3,96	1,46	0,49	0,50	Kalan
Cu - C	III	0,57	-	1,50	-	-	Kalan
	IV	0,49	-	3,02	-	-	Kalan
Fe	V	-	-	-	-	-	Kalan

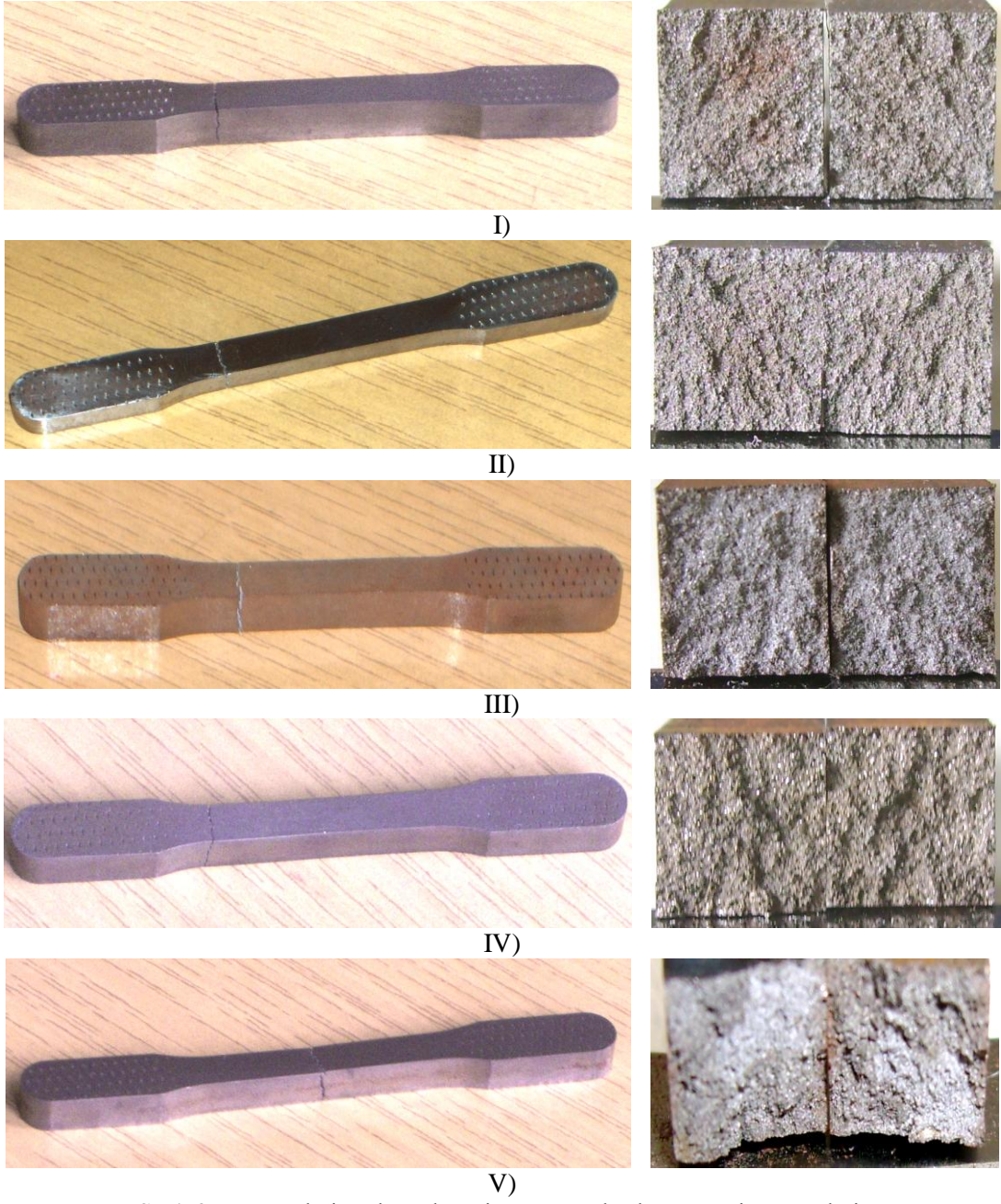
Tablo 2. Numunelerin ölçülen mikro sertlik değerleri (HV)

Ölçüm	I	II	III	IV	V
1	159,3	169,9	183,2	130,9	86,3
2	162,3	221,2	170	163,4	79
3	163,0	217,9	133,2	153,4	92,3
4	190,3	226,2	178,1	160,5	93,2
5	183,9	215,3	157,4	170,4	87,4
6	181,6	225,1	161,9	152	84,4
7	169,7	215,0	157,8	186,2	85,2
8	176,9	224,4	181,1	176,2	110,3
9	183,4	246,1	176,5	141,1	82,3
10	174,3	220,3	183,4	179,6	75,4
Ortalama	174,388	218,6	168,2	161,3	87,6

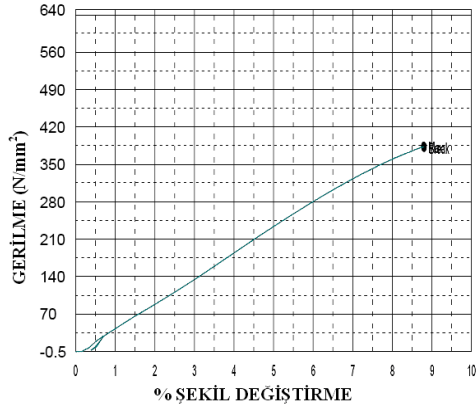
Tablo 3. Çekme deneyi sonucunda elde edilen değerler

Bileşim	Numune No	Ortalama Max Gerilme (N/mm ²)
Ni - C	I	383
	II	482
Cu - C	III	384
	IV	367
Fe	V	221

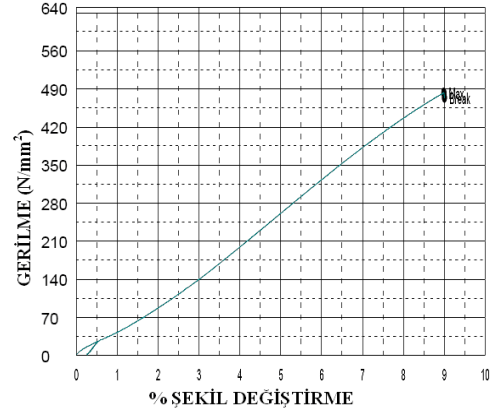
**Şekil 2.** Çekme deneyi için numunelerin boyutları.



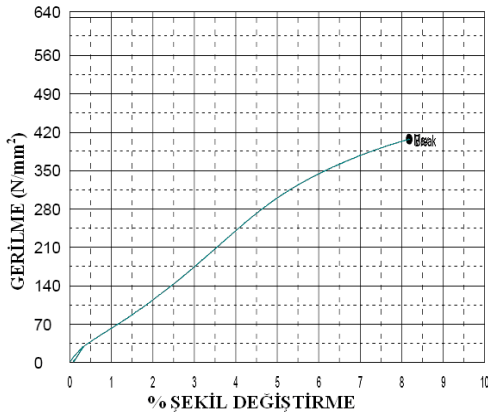
Şekil 3. Numunelerin çekme deneyi sonrası ve kırılma yüzeyi görüntüleri.



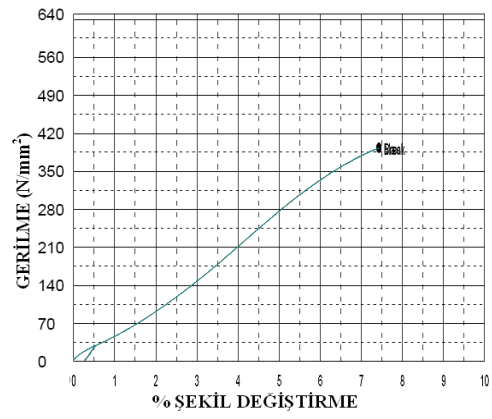
a)



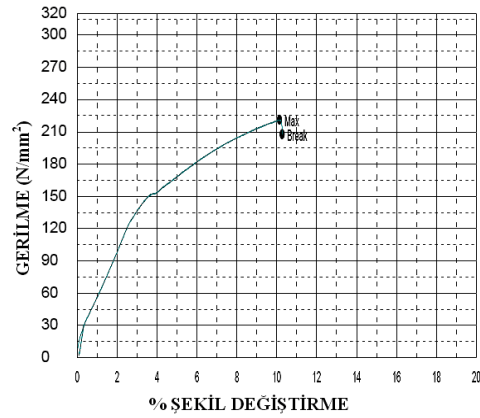
b)



c)



d)



e)

Şekil 4. a) I b) II c) III d) IV e) V numunelerin gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.

Üç Nokta Eğme Deneyi

Boyutları 5,7x5,7x5 mm olan numunelerin eğilme dayanımı değerlerini tespit etmek için tam orta noktasından 0,5 mm/dk basma hızıyla kuvvet uygulanmıştır. Destekler arası uzaklık 35 mm olarak ayarlanmıştır. Numune kırılana kadar deney devam ettirilmiş ve kırılma anındaki max. kuvvet değeri ölçülmüştür. Üç nokta eğme deneyi sonucunda elde edilen eğilme dayanımı değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Üç nokta eğme deneyinde elde edilen eğilme gerilmeleri.

Bileşim	Numune No	Ortalama Max. Eğilme Dayanımı (N/mm ²)
Ni - C	I	659
	II	965
Cu - C	III	681
	IV	745

Metalografik İnceleme

Tüm numuneler Metkon Grino parlatma cihazıyla parlatıldıktan sonra uygun dağlayıcı olan nital ile dağlanarak yüzeyleri mikroskopta incelenmiştir. Elde edilen metalografik görüntüleri Şekil 5 - Şekil 7’de verilmiştir.

SONUÇLAR

TM yöntemi ile demir tozu esaslı Ni ve Cu tozu ilaveli üretilmiş TM numunelerin standartlara uygun olarak yapılan çekme, üç nokta eğme deneyleri ve sertlik ölçümleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Saf demir tozu içerisine Ni ve Cu tozu eklenmiş numunelerin ölçülen mikrosertlik

değerleri, saf demir tozundan üretilen numunelere göre daha yüksek değerler vermiştir. Kimyasal bileşimindeki eklenen Ni oranının artması numunelerin ölçülen mikrosertlik değerlerini artırmıştır. Grafit tozu eklenmiş numunelerde ise Cu oranına bağlı olarak sertlik değerleri azalmaktadır. Ancak bu değerlerin farkı Ni kadar çok açık olarak elde edilmemiştir.

Çekme deneyi sonrası numunelerin kırılma yüzeyleri incelendiğinde Cu eklenmiş numunelerin kırılma yüzeylerinin diğer örneklere oranla daha pürüzlü (bölgesel sünek) olduğu görülmektedir.

Saf demir tozları ile üretilmiş numunelerin mikroyapıları incelendiğinde, tanelerin büyüklüğünün birbirine yakın olduğu, yapı içerisinde üretim ve malzeme özelliğinden ortaya çıkan gözeneklerin şekillerinin düzgün yuvarlak olmadığı ve simetrik dağılmadığı da görülmektedir. Saf demir tozları ve Ni tozu eklenmiş numunelere göre, Cu katkılı numunelerin gözenekli oluşu ve bunların yapı içerisinde homojen dağılımı dikkat çekmektedir.

Numunelerin çekme gerilmesi değerleri, saf demirin içerisine Ni ve grafit tozu ilavesi ile yükselmiştir. Bileşimindeki Cu tozu oranına bağlı olarak saf demir tozuna göre bu değer artmış olsa da kendi grubunda Cu tozu artışına bağlı olarak azalmıştır. Bakırın toz tane sınırlarında bulunması bunun sebebidir.

Üç nokta eğme deneyleri sonuçlarında; ilave toz numunelerin grafikleri incelendiğinde kırılma türünün gevrek kırılma olduğu görülmüştür. Element ilavesi yapıyı daha da gevrekleştirmiştir.

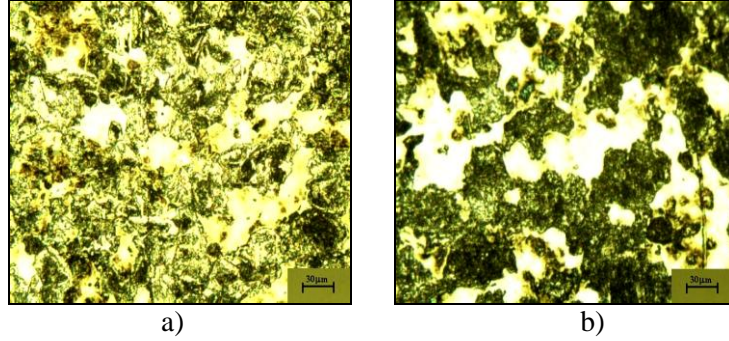
Teşekkür

Numunelerin temini ve hazırlanması aşamasında yardımlarını gördüğümüz

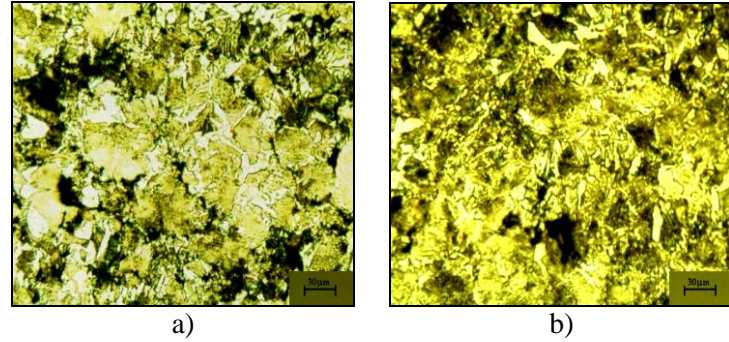
Tozmetal A.Ş. ve Yük. Müh. Aytaç Ataş'a

teşekkür

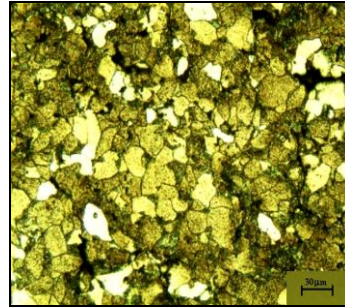
ederiz.



Şekil 5. a) I ve b) II nolu numunelerin içyapısı.



Şekil 6. a) III ve b) IV nolu numunelerin içyapısı.



Şekil 7. V nolu numunenin içyapısı.

Kaynaklar

[1] Bocchini, G.F., Lindskog, P.F., "Applications and Developments of Sintered Ferrous Materials" Powder Metallurgy-An Overview, The Institute of Metals Series on Powder Metallurgy, ed: I.Jenkins and J.V. Wood, pp.287-295, 1991.

[2] Ünlü B. S., Yılmaz S. S., Kurgan N., "Toz Metalürjisi ve Kullanım Alanları", MakineTek, Sayı 99, s. 108-112, 2006.

[3] Yılmaz S. S., Ünlü B. S., "Demir Esaslı FeCu-Grafit Malzemenin Aşınma ve Mekanik Özellikleri", Metal Dünyası, Sayı. 147, Sayfa 132–135, 2005.

[4] Varol R., Selver R., Boylu K.S., "Demir Esaslı T/M Yatak Malzemelerinde Alaşım Elemanlarının Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi". Sakarya

Üniversitesi 4.Uluslararası Toz Sempozyumu, s. 926–936, 2005.

[5] Ölmez, C.O., Top, Y., Toz Metalürjisi Kopmaklarında Bakır Miktarının ve Isıl İşleminin Sertliğe Etkisi”, Metal Dünyası, sayı 124, s. 95-98, 2003.

[6] Narasimhan, K.S. “Sintering of Powder Mixtures and Growth of Ferrous Powder Metallurgy”, Materials Chemistry and Physics 67, pp. 56–65, 2001.

[7] Yılmaz R. “Fe-Cu-C Kompaktlarda Presleme Basıncı ve Toz Karışım Oranlarının Sertliğe ve Çekme Mukavemetine Etkisi”, Sakarya Üniversitesi 4. Uluslararası Toz Sempozyumu, pp. 795–806, 2005.

[8] Simons C., Buchkremer H.P., Stöver D., “Green and Sinter Compaction Studies of Cu and Fe Based Friction Materials”, Birmingham, EURO PM 95, Proceeding, pp. 93–99, 1995.

[9] <http://www.tozmetal.com/turkish/urun.htm>

[10] <http://www.turktoz.gazi.edu.tr/makale.htm>

[11] Can Ç. A., ‘Tasarımcı Mühendisler İçin Malzeme Bilgisi’, Denizli, 2006.

Geliş Tarihi: 13/11/2007

Kabul Tarihi: 31/12/2007

