

İğde Çekirdeği Tozu ve Bronz Matrisli Fren Balatalarının Mikroyapı Analizleri

Mehmet Çakmakaya ^{*1}, İbrahim Mutlu¹, Gökmen Başoğlu¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Afonkarahisar

e-posta: cakmakaya@aku.edu.tr, ibrahimmutlu@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:30.07.2018 ; Kabul Tarihi:23.11.2018

Özet

Anahtar kelimeler

Balata üretimi;
İğde Çekirdeği tozu;
Mikroyapı analizi

Binek taşıtların fren sisteminde kullanılan balatalar, birçok malzemenin birleşimi sonucu meydana gelir. 2000 yılında kullanımı yasaklanan ve asbestten yapılan fren balatalarının insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve çevre kirliliği nedeniyle farklı malzeme arayışları sürmektedir. Bu çalışmada malzeme kompozisyonuna organik bir madde olan iğde çekirdeği tozu ilavesinin etkileri araştırılmıştır. Bunun için ilk olarak 75 MPa basınçta bağlayıcı madde kullanılmadan üretilen numuneler 650 °C'de sinterlenerek balataya farklı yüzde oranlarında iğde çekirdeği tozu eklenip, tane sınırlarındaki değişim gözlenmiştir. İkinci olarak bağlayıcı madde kullanılarak 15 MPa basınçta numuneler farklı yüzde oranlarında iğde çekirdeği tozu katılarak üretilmiştir. Üretilen numuneler daha sonra 200 °C'de sinterlenerek SEM mikro yapıları incelenmiştir. İki farklı üretim yöntemi ile üretilen balataların mikroyapıları incelendiğinde bağlayıcı madde kullanılan balatalarda iğde çekirdeği kullanım yüzde oranı arttıkça tane boyutları küçülerek, tane sınırları artmıştır.

Microstructure Analysis of Brake Pads with Bronze Matrix and Silverberry Seed Powder

Abstract

Keywords

Brake linings
production;
Silverberry seed
powder;
Examination of
microstructure

Brake linings using in automobile brake systems are generally composed of sort of abundant materials and an amount of asbestos. In this case, seeking of different materials continues naturally, because old types containing asbestos, harmful for humanity and cause environmental pollution have been prohibiting of use in 2000. In this study, effects of the addition of silverberry seeds into a common type lining are examined and compared with those in terms of strength. First of all, varied percentages of seeds are added into the composition of brake lining, which was produced without bonder under 75 MPa pressure, and the specimen is heated up to 650 °C, for each case. Secondly, another lining including an amount of bonder is manufactured under 15 MPa with addition of seeds in the same way. Then these samples are sintered under 200 °C and microstructures of those are examined with a scanning electron microscope (SEM). According to SEM analysis, size of grains decreased which brake linings of produced with two different production methods which caused an increment into the length of grain boundaries, with the increment in to the percentage amount of seeds.

1. Giriş

Araçların en önemli sistemlerinden birisi fren sistemleridir. Hareket halindeki araçlar kısa

mesafede durdurulamadığında telafisi mümkün olmayan problemlerle karşılaşmaktadır. Bu nedenle fren sistemi aracın güvenli bir şekilde kullanılması için gerekli en önemli donanımdır. Son

yıllarda fren sistemlerinin tasarımı büyük değişikliğe uğramıştır. Modern araçlarda kampanalı frenlerin yerine diskli frenler tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tercihteki en önemli etken diskli frenlerin performanslarının kampanalı frenlere göre daha iyi olmasıdır. Fren sistemlerine aşırı yüklenme sonucunda açığa çıkan ısı enerjisi göz ardı edilmeyecek ölçüde artmakta ve fren sistemi elemanlarına zarar vererek frenleme performansını aşağıya çekmektedir. Diskli frenlerin daha çabuk soğumaları, kampanalı frenlerin yerini almasında önemli bir etkidir (Mutlu 2010).

Fren sistemlerinde sürtünme malzemeleri son derece önemli malzemelerdir. Literatürde sürtünmeye dayanıklı malzemeler hakkında geniş bilgiye yer verilmekle birlikte sürtünme malzemeleri konusunda çok az kaynak vardır (Bijwe 2003). Bunun nedeni kısmen çok bileşenli malzemelerin tribolojik mekanizmalarının karmaşık olmasına bağlanabilir. Araştırmalar, mekanizmanın anlaşılmasından çok Kompozit formülasyonu ve değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Dönmez 2000). Fren balataları yapımında elyaf malzeme olarak en çok asbest kullanılmaktadır. Ancak asbestin çevre kirliliği ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle günümüzde asbest özelliklerini sağlayan komponent malzemelerin araştırılması güncelliğini korumaktadır (Gemalmayan 1987).

Günümüzde yüksek sıcaklıklarda stabil olan ve insan sağlığına zararlı olan asbest esaslı balatalar yerine toz metalürjisi yöntemi esas alınarak üretilen, insan sağlığını tehdit etmeyen balatalar kullanılmaya çalışılmaktadır (Boz *et al.* 2005; Kurt *et al.* 2006). Yirmi yılı aşkın bir süredir, deneysel çalışmalarda, fren balatalarında asbest alternatifleri olarak birçok mineral ve lif kullanılmıştır (Ertan *et al.* 2010; Sugözü *et al.* 2015). Balataların içerisinde bağlayıcı maddeler, sürtünme ayarlayıcı malzemeler, dolgu malzemeleri kullanılmaktadır (Erikson *et al.* 2001). Genelde balata üreten firmalar bu malzemeleri paylaşmak yerine patent alma yolunu tercih etmektedirler. Otomotiv ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan balata kompozisyonlarında 15-20 adet farklı malzeme mevcuttur. Kaliteli bir balata üretebilmek için bu

malzemelerin hangi oranlarda kullanılacağını belirlemek oldukça zordur (Ertan *et al.* 2006). Yapılan bir çalışmada, iğde çekirdeği tozu aktif karbonun ağır metal ve boyarmadde giderme işleminde kullanılmasında çalışılmıştır (Baytar, 2015). Toz metalürjisi imalat teknikleri kullanılarak 40-75 µm boyut aralığındaki tozlar karıştırılıp, üretilen balatalar kalıplarda farklı basınçlarda sıkıştırılıp, farklı sıcaklıklarda sinterlenerek üretimleri sağlanmıştır. Bu çalışmada asbest içermeyen malzemeler belirlenerek işleme başlanmıştır. Bu kapsamda Afyonkarahisar bölgesinden elde edilen iğde çekirdekleri öğütülerek toz haline getirilmiştir. Bu iğde çekirdeği tozları balata üretiminde ilave malzeme olarak kullanılmıştır ve mikroyapı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 İğde Çekirdeği Tozunun Üretilmesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi kampüsünde bulunan iğde ağaçlarından iğdeler toplanmıştır. Daha sonra toplanan iğdeler el ile tek tek posalarından ayrılarak, tamamen temizlenmesi için suda yıkanmıştır. İğde çekirdeklerini toz haline getirmek için üç gün boyunca güneş görecektir yerde bekletilerek kurutulması sağlanmıştır. Ardından etüvde nemden tamamen arındırılmıştır. Kurutulmuş iğdeler havanda dövülmeden önce rijitliklerini arttırmak amacıyla ocakta bir saat boyunca kavrulması sağlanmıştır. Bu işlemin ardından ev mikseriyle parçalama işlemi denenmesine rağmen mikserin gücünün bu iş için uygun olmadığı saptanmıştır. Demir havan içinde dövülen iğdeler belirli boyutlara indirgenmiştir. Havanda dövülen iğdeler el değirmeninde iki saat boyunca işlenerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra 200 ve 500 µm boyutlarında sınıflandırılmıştır. İğde çekirdeğini toz haline getirmekte izlenen yollar sırasıyla Şekil 1 'de verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 1: İğdenin toz haline getirilmesindeki işlem basamakları.(a) İğde çekirdeği (b) Demir havan (c) Elekten geçirme

Toz halindeki iğde çekirdekleri belirli ölçülerde olmadığı için karışımın homojenliğini azaltacağından belirli ölçülerde sınıflandırılmıştır. Bu nedenle üretilen farklı boyutlardaki iğde çekirdeği tozunu önce 200 mikronluk elekten geçirilip boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra 200 mikrondan büyük olan iğde çekirdeği tozları için 500 µm elek kullanılarak boyutlandırma yapılmıştır.

2.2 Numunelerin Üretimi

Balata için numune üretiminde ilk olarak bağlayıcı kullanılmadankarışım reçetesi belirlenmiştir. Birinci seri numunelerde bronz, grafit tozu ve demir tozu karışımlarına ilave olarak kütlece yüzde %6 uçucu kül ve %1,%2,%4,%6 iğde tozu ilave edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bağlayıcı madde kullanılmadan oluşturulan balata malzemelerinin kütle oranları.

Kullanılan Tozlar	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5
Bronz Tozu	80	79	78	76	74
Demir Tozu	11	11	11	11	11
Grafit Tozu	3	3	3	3	3

Uçucu Kül	6	6	6	6	6
İğde Tozu	-	1	2	4	6
Toplam	100	100	100	100	100

İkinci seri numunelerin içeriğinde ise ilave olarak bağlayıcı madde kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak fenolik reçine eklenerek karışım oranları yeniden düzenlenmiştir. Bağlayıcı madde ve iğde tozu takviyeli karışım Çizelge 2’de verilmiştir. Her iki karışım da fren balata üretiminde kullanılan tozların boyutları mikron cinsinden Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Bağlayıcı madde kullanılarak oluşturulan balata malzemelerinin kütle oranları.

Kullanılan Tozlar	L-1	L-2	L-3
Bronz Tozu	70	60	50
Demir Tozu	5	5	5
Grafit Tozu	3	3	3
Uçucu Kül	2	2	2
İğde Tozu	-	10	20
Fenolik Reçine	20	20	20
Toplam	100	100	100

Çizelge 3. Fren balata malzemesi üretiminde kullanılan tozların boyut analizi

Kullanılan Tozlar	Tane Boyutu
Bronz Tozu	40-60 µm
Demir Tozu	75µm
Grafit Tozu	50 µm
Uçucu Kül	50µm
İğde Tozu	200 µm

İğde katkılı deney numunelerinin üretiminde malzeme oranlarını belirlemede kütle oran esas

alınmıştır. Her bir karışımdaki balata içeriğini oluşturan bağlayıcı, sürtünme malzemesi ve diğer katkı malzemeleri 0,001g hassasiyetinde tartılmıştır. Daha sonra bu karışımın homojenliğini sağlamak için hazırlanan numuneler şişelere doldurulup düşük devirde 5 saat boyunca homojen bir karışım elde etmek için karıştırılmıştır. Toz karışımlar 1 inç²lik kalıpta sıkıştırılarak tablet haline getirilmiştir. Çalışmada ilk olarak iğde tozu oranları belirlendikten sonra soğuk presleme ile tabletler üretilmiştir. Soğuk presleme işlemi için Çizelge 1’de kütleli olarak yüzde oranları verilen numunelerin üretilmesinde presleme basıncı 75 MPa kullanılmıştır. Kalıp boşluğuna doldurulan karışım tozlar uygulanan basıncın etkisi ile oluşan yapının yoğunluğu artmış, gözenekler azalmıştır. Numunelerin üretimi soğuk ve sıcak şekillendirme olmak üzere iki aşmada gerçekleştirilen bir süreçtir (Keskin, 2011). İkinci olarak Çizelge 2’ye göre hazırlanan karışımlar 15 MPa basınç uygulanarak numuneler üretilmiştir.

2.3 Soğuk Preslenmiş Tabletlerin Sinterlenmesi

Presleme işleminin ardından elde edilen bağlayıcı madde katkılı ve katkısız numuneler fırında sinterlenmiştir. Bağlayıcı madde katkısız Çizelge 1’e göre hazırlanmış numuneler 650 °C’de ve bağlayıcı madde katkılı (Çizelge 2) hazırlanmış numuneler 200 °C’de sinterleme yapılmıştır. Sinterleme sırasında soğuk sıkıştırılmış tabletler yüksek sıcaklıklarda yeşil yoğunluktan (soğuk presleme sonucunda oluşan yapının yoğunluğu) sinterlenerek gerçek yoğunluğa yakın değerler elde edilecektir (Çakmakaya, 2012). Sinterleme sıcaklığı bağlayıcı olarak kullanılan reçinenin akıcılığının numunenin gözenekliliğini ciddi oranda değiştirdiği için reçinenin ergime sıcaklıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Sinterleme işleminde oluşan gözeneklerin en önemli avantajı sürtünme esnasında oluşacak ses ve vibrasyon gibi özellikleri sönmüleme etkisidir (Kurt, et al. 2006).

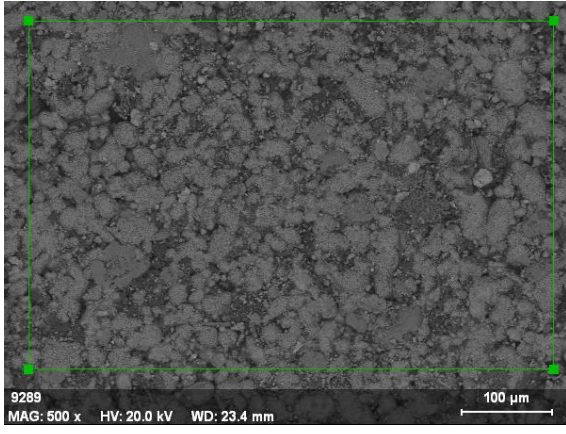
Numunelerin üretilmesinde bağlayıcı reçineye göre farklı basınç ve sıcaklıklar belirlenmiştir. Belirlenen parametreler Çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelge 4. Fren balata malzemesi üretiminde kullanılan üretim parametreleri.

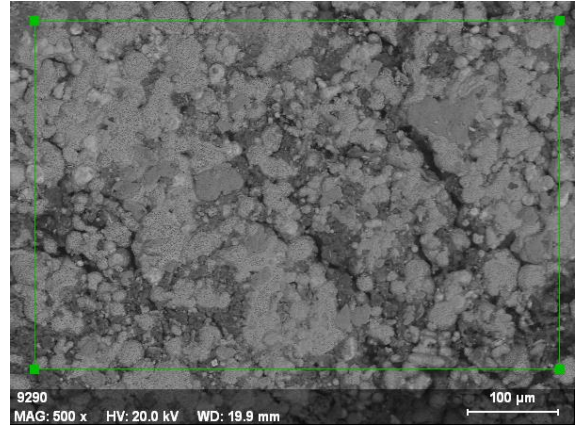
İşlemler	Üretim	Bağlayıcı	Bağlayıcı
		Madde İlaveli	Madde İlavesiz
Karıştırma	Zaman (dk)	5 saat (düşük devir aralığı dv/dk)	5 saat (düşük devir aralığı dv/dk)
	Yöntem	Kuru	Kuru
	Zaman (dk)	10	10
Soğuk Şekillendirme	Sıcaklık (°C)	Oda sıcaklığı	Oda sıcaklığı
	Basınç (MPa)	75 MPa	15MPa
Sinterleme	Zaman (dk)	30	30
	Sıcaklık (°C)	650 °C	200 °C

2.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

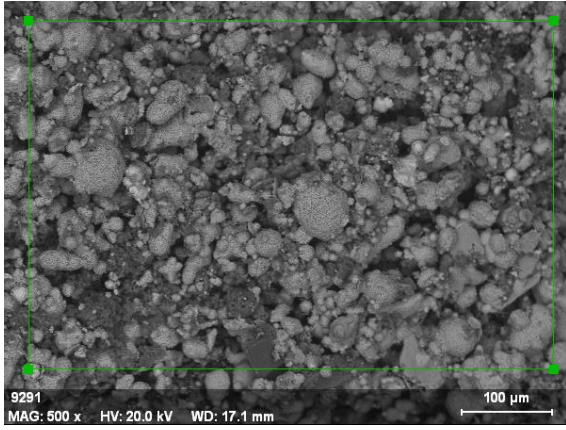
Çizelge 1 ve Çizelge 2’ ye göre hazırlanmış numuneler 1 cm³lük parçalar şeklinde kesilerek Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUAM) Laboratuvarın da bulunan Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) analizleri yapılmıştır. Numunelerden düzgün bir görüntü alabilmek için numunelerin elektriksel açıdan iletken olması gerekir. Bu nedenle numunelere çok ince bir metalik kaplama uygulanmıştır. İncelenecek olan numunelerin yüzeyi bir elektron demeti ile taranır, yansıyan elektron ışınları toplanır ve tarama hızı ile aynı hızda katot ışınım tüpü üzerinde gösterilir. Daha sonra veriler bir fotoğraf olarak kaydedilerek incelenebilir (William, 2013). SEM sonuçları, homojen bir mikroyapının elde edilmesinde sinterleme sıcaklığının etkili olduğunu ortaya koymuştur. Yapı içerisindeki farklı elementlerin bulunmasına bağlı olarak farklı sinterleme sıcaklıklarında porozite oranları değişebilmektedir (Düzen et al. 2017).



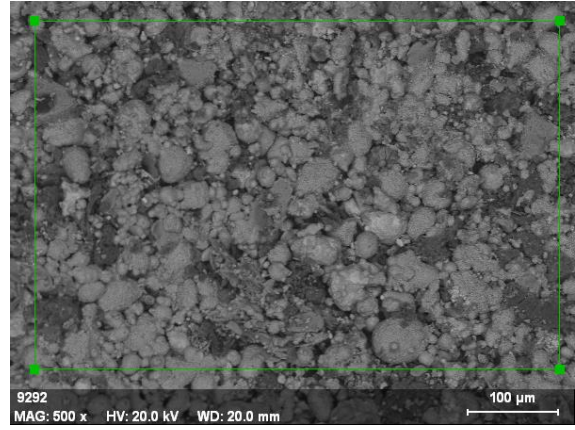
a) İğde tozu katkısız



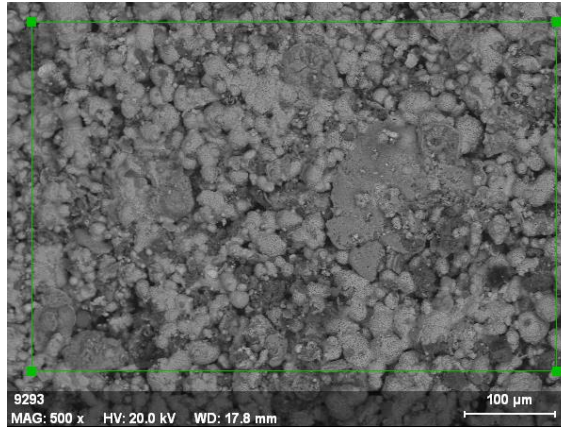
b) %1 İğde tozu katkılı



c) %2 İğde tozu katkılı

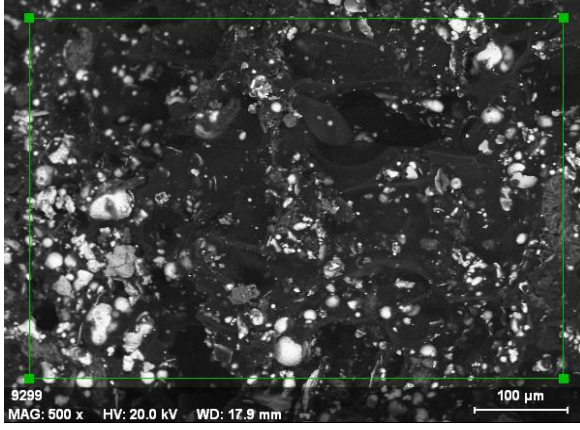


d) %3 İğde tozu katkılı

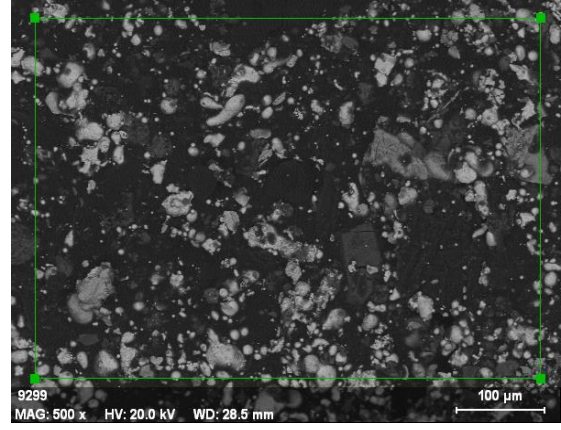


e) %4 İğde tozu katkılı

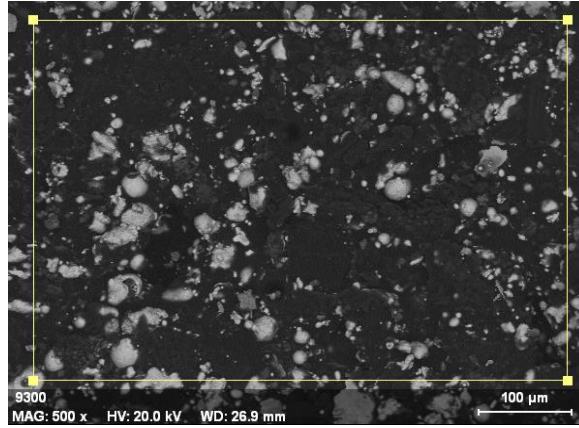
Şekil 2. 500x büyütme Çizelge 1’de verilen oranlarda üretilen numunelerin SEM görüntüleri



a) İğde tozu katkısız



b) %10 İğde tozu katkılı



c) %20 İğde tozu katkılı

Şekil 3. 500x büyütme Çizelge 2’de verilen oranlarda üretilen numunelerin SEM görüntüleri

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

3.1 Mikro Yapı Analizi

Taramalı Elektron Mikroskopunda incelenen numunelerin(SEM) görüntüleri Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde iğde çekirdeği tozu matris fazı içerisinde homojen dağılım göstermektedir. İlave edilen iğde tozunun yüzdelik oranıyla doğru orantılı olarak matris fazın tane boyutları büyüyerek, tane sınırları azalmıştır. Tane sınırları azalan numunelerde dislokasyonlar daha kolay hareket edebilmektedirler. Burada ilave edilen iğde tozları arayer elamanı gibi davranmaktadır. Bu numunelerde tane boyutu küçülürken orantılı olarak tane sınırları da artmıştır. Bu nedenle tane sınırı arttıkça, dislokasyonların karşılaştığı engel miktarı da artar ve daha yüksek mukavemet sağlanmış olur. Tane boyutunun küçülmesi neticesinde tane sınırları yoğunluğunun artması ve bu tane sınırlarının da dislokasyon

hareketlerini engellemesine bağlıdır (Mahmutoğlu *et al.* 2003). Sinterleme sonrasında numunelerin boyutlarında gözle görülür derecede bir artış meydana gelmiştir. Daha uzun süredeki sinterleme sürelerinde gözeneklilik giderek azalmıştır (Gökmeşe *et al.* 2014).

3.2 Değerlendirme

Bağlayıcı maddesiz ve bağlayıcı maddeli üretilen balataların SEM analizleri incelendiğinde iki sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan birincisi bağlayıcı madde kullanılmadan üretilen balatada iğde çekirdeği tozu ilave yüzdesine bağlı olarak yapının tane boyutu büyümekte ve tane sınırlarını azaltmaktadır. Bağlayıcı madde kullanılarak üretilen balatalarda ise iğde çekirdeği tozu ilavesi arttıkça numunelerin daha yoğun yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Bu numunelerde tane boyutları küçülerek tane sınırları artmıştır. Dislokasyonların

karşılaştığı engel miktarı da artmıştır. Bir diğer sonuç ise bağlayıcı madde kullanılarak üretilen numunelerde tane boyutu küçüldükçe tane sınırı yakınlarına biriken dislokasyon yığınları küçük oldukları için malzemenin şekil değiştirebilme yeteneğini olumsuz yönde etkilemiştir. Bağlayıcı madde kullanılmadan üretilen balatalarda ise tam tersi şekilde gözlemlenmiştir. Dislokasyonlar tane sınırlarına birikerek daha fazla kuvvet uygulayarak tane sınırlarını daha kolay aşabilmişlerdir. Bu durum malzemenin şekil değiştirme yeteneğini olumlu yönde etkilemiştir. Bundan sonraki çalışmalarda üretilen numunelerin sürtünme katsayıları ve aşınma değerleri çalışılabilir.

Kaynaklar

- Baytar, O., 2015. İğde çekirdeği ve kayın ağacından üretilen aktif karbonun ağır metal ve boyarmadde gideriminde kullanılması. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 288.
- Bijwe, J., 2003. Composites As a friction material: recent development on- asbestos fiber reinforced friction materials a review, *Polymer Composites*, **18**, **3**, 378-396.
- Boz, M., Kurt, A., 2005. Wear behavior of organic asbestos based and bronze based powder metal brake lining, *Materials and design*, Volume 25, Issue **4**, Pages 343-347.
- Çakmakkaya, M., Talaş, Ş., 2012. Mikrodalga ile sinterlenmiş Fe-26Al, Fe-30Al, Fe-26Al-14Ti ve Fe-30Al-14Ti toz karışımlarının Cu aratabakalı difüzyon kaynağı ile birleştirilmesi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Vol **27**, No **1**, 91-98.
- Düzen O., Kalem V., 2017. PMN-PT-PMS seramiklerinde sinterleme sıcaklığı etkisiyle yapısal ve elektriksel özelliklerin optimizasyonu, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2147-9364.
- Dönmez, A.G., 2000. Asbest dışı elyaflarla üretilen balata malzemelerinin özelliklerinin incelenmesi, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 107.
- Düzen, O., Kalem, V., 2017. PMN-PT-PMS seramiklerinde sinterleme sıcaklığı etkisiyle yapısal ve elektriksel özelliklerin optimizasyonu, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2147-9364.
- Gemalmayan, N., 1987. Ankara'da pilot bölge seçilen Kızılay kavşağında taşıtların fren sistemlerinden atılan tozlarda asbest analizi ve sonuçları, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 79-88.
- Gökmeşe, H., Bostan, B., AA 2014. Alaşımında presleme ve sinterlemenin gözenek morfolojisi ve mikroyapısal özelliklere etkileri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 1(1):1-8.
- Erikson, M., Lord, J., Jacobson S., 2001. Wear and contact conditions of brakepads: dynamical in sit studies of pad on glass, *Wear*, **249**, 272–279.
- Ertan, R., ve Yavuz, N., 2006. Polimer matrisli fren balata malzemelerinin kompozisyon ve üretim parametreleri açısından değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makine*, **47(553)**: 24-30.
- Ertan, R., and Yavuz, N., 2010. Experimental study on the effects of manufacturing parameters on the tribological properties of brake lining materials, *Wear*, 268, p 1524-1532.
- Keskin, A., 2011. Investigation of using naturalizeolit in brake pad. Scientific Research hand Essays 6.23, 4893-4904.
- Kurt, A., Boz, M., 2006. Bronz esaslı fren balata malzemelerinin sürtünme-aşınma özelliklerine çinko'nun etkisi, *Gazi Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 21, No **1**, 115-121.
- Mahmutoğlu, M. Z., Çimenoglu, H., 2003. % 0.03 Nb ve % 0.05 V'lu bir boru hattı çeliğinde mikroyapı-mekanik özellik ilişkisi, *İTÜ dergisi/d mühendislik* Cilt:2, Sayı:6, 68-72.
- Mutlu, İ., 2010. Elyaf katkılı asbestsiz disk fren balatalarında sürekli frenleme veriminin incelenmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 175.
- Mutlu, İ., Sugözü, İ., And Keskin, A., 2015. The effects of porosity in friction performance of brakepad using waste tire dust. *Polimeros* 25.5: 440-446.
- Sugözü, İ., Mutlu İ., and Keskin, A., 2016. Effect of ulexite and cashew on the wear and friction characteristics of automotive brakepad. *Journal of the Balkan Tribological Association* 22.1 A: 566-578.
- Sugözü, İ., Mutlu, İ., And Keskin, A., 2015. The effect of using heat treated ulexite and cashew in automotive friction materials. *Materials Testing* 57.9 744-749.
- Sugözü, İ., Mutlu, İ., And Keskin, A., 2015. Friction and wear behavior of ulexite and cashew in automotive brakepads. *Materials and Technology*, 49(5): 751–758,
- William, D., 2013. *Materials Science and Engineering*, Prof. Dr Kenan Genel (çeviri editörü), Nobel Yayıncılık 110-113.