

	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Geliş/Received</u> 14.11.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 02.04.2018	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.352785	

Bor oksit tozunun fren balatalarının tribolojik özelliklerine etkisi

Gülşah Akıncıoğlu¹, Sıtkı Akıncıoğlu¹, İlyas Uygur¹, Hasan Öktem²

ÖZ

Bu çalışmada, Renault Clio otomobilin fren balatası, bor oksit tozu katkısı ile sıcak presleme yöntemiyle üretilerek, bor oksit tozunun balatanın tribolojik özellikleri üzerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Son yıllarda çevre dostu malzemelerin kullanılmasının önem kazanmasından dolayı fren balatasının içeriğinde bor oksit kullanılmıştır. Ayrıca bu malzemenin seçilmesinde ülke ekonomisine fayda sağlamakta amaçlanmıştır. Karşılaştırma yapmak için ticari Clio balatası kullanılmıştır. Balata numunelerinin aşınma sürtünme deneyleri Chase tipi cihazda yapılmıştır. Bor oksit katkısının fren balatasının aşınma sürtünme performansına etkisi ticari fren balatasının sonuçlarıyla kıyaslanarak incelenmiştir. Sonuçta bor oksit katkısının sürtünme katsayısına olumlu etki yaptığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fren balatası, Chase tipi cihaz, Aşınma sürtünme testi

The effects of boron oxide powders on the tribological properties of brake pads

ABSTRACT

In this study, the Renault Clio car was produced by hot press method with boron oxide powder additive and the effect on the tribological properties of the boron oxide additive was experimentally investigated. In recent years, the use of environmentally friendly materials has become important, so boron oxide has been used in the brake pad. Also it aimed at providing benefits to the national economy in the selection of these materials. Clio commercial pads were used for comparison. Friction linings wear testing of samples are carried out Chase type device. The effect of the boron oxide additive brake wear on wear friction performance has been investigated in comparison with the results of commercial brake pad. As a result, it was observed that the boron oxide contribution has a positive effect on the friction coefficient.

Keywords: Brake pads, Chase type device, Wear and friction tests

*Corresponding Author

¹ Gülşah Akıncıoğlu, gulsahakincioglu@gmail.com

¹ Düzce Üniversitesi, Düzce /Türkiye

² Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli/Türkiye

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Fren balataları, sürtünme ile otomobillerdeki kinetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştüren önemli frenleme sistemi parçalarıdır [1]. Son yıllarda üretilen ticari fren balatalarında yüzlerce farklı toz malzemenin kullanılmaktadır. Balatayı oluşturan bileşenler; takviye edici elyaflar, bağlayıcılar, dolgu malzemeleri ve sürtünme düzenleyiciler olarak sınıflandırılır [2, 3]. Balata kompozitini oluşturan bu malzemelerdeki çeşitliliğin nedeni, sürtünme katsayısını kararlı tutmak, iyi bir aşınma direnci sağlamak ve her durumda güvenilir bir frenleme performansı elde etmektir [4, 5]. İyi bir frenleme performansının yanı sıra kullanılan malzemelerin çevre dostu olmasının da önemi artmaktadır [3, 6-8]. İçeriğinde çevre dostu malzemeler olan sürtünme malzemelerinin, tribolojik testlerinin yapıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur [8-10].

Fren balatalarını oluşturan toz malzemelerin bazıları yurt dışından ithal edilmektedir. Dışarıdan gelen bu toz malzemeler balata üretim maliyetini de artırmaktadır. Ülkemizde zengin maden yataklarına [11] sahip bir madde olan bor mineralinin fren balatası üretiminde doğal katkı olarak kullanılması hem çevre hem de ekonomimiz açısından faydalı olacaktır. WanNik ve arkadaşları çalışmalarında, bor katkılı fren balatalarının sürtünme performansını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda bor katkılı balatalar ile ticari balata arasında sürtünme katsayılarında, sertliklerinde ve fren feydi miktarlarında büyük bir fark gözlemlenmiştir [10]. Mutlu ve arkadaşları, takviye edici elyaflar kompozitlerin maliyetini arttırdığı için çalışmalarında elyaf yerine; bakır tozu, borik asit, barit, alümina, kaşhev ve grafit kullanarak kompozisyonu oluşturmuşlardır. Borik asit eklenmiş balataların frenleme üzerine olumlu etkiler yaptığını ortaya çıkarmışlardır [12]. Yi ve Yan çalışmalarında, bor nitrür kullanarak bir kompozit üretmişlerdir. Yaptıkları testlerin sonuçlarında bor nitrür malzemesinin, sürtünme katsayısını sabitlemeye ve aşınma oranını düşürmeye etki ettiğini görmüşlerdir [13].

Yaptığımız bu çalışma da amaç, yerel kaynaklarımızdan elde ettiğimiz doğal katkı ile çevre dostu bir fren balatası üretebilmek hem de iyi bir frenleme performansı sağlayabilmektir. Deneylede %3 bor oksit katkılı fren balatası

numunesi kullanılarak, çıkan sonuçlar ticari balata ile kıyaslanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

2.1. Numune Hazırlama (*Sample Preparation*)

Deneylede kullanılan fren balatası numunelerinde 15 farklı toz malzeme kullanılmıştır. Alternatif katkı tozu olarak %3 oranında bor oksit tozu denenmiştir. Bor oksit katkılı fren balatasının kompozisyonu Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Fren Balatası Kompozisyonu (*Brake Pad Composition*)

Sıra no	Toz Malzeme Adı	Ağırlıkça Oran (%)
1	Çelik Yünü	15-20
2	Kaya Yünü	3-6
3	Kevlar	0,5-2
4	Grafit	5-7
5	Fenolik Reçine	6-8
6	Vermikülit	6-8
7	Pirinç Talaşı	4-6
8	Kalsiyum Hidroksit	7-9
9	Zirkonyum Silikat	3-5
10	Kükürt	0,5-1
11	Siyah Demir Oksit	1-3
12	Lastik Tozu	4-6
13	Barit	6-8
14	Kauçuk	2-4
15	Bor oksit	3

Balataların üretimi için toz malzemeler öncelikle sanayi tipi mikserde yaklaşık 15 dak. karıştırılmış ardından, tozlar balata kalıplarına dökülerek, 100 kg/cm² basınçta 180 °C'de 6 dak. boyunca preslenmiştir. Presleme esnasında 3 defa 10 sn. boyunca pres kalıptan geri çekilerek hava çıkışı sağlanmıştır. İmal edilen numune Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bor oksit katkılı fren balatası
(Boron oxide brake pad)

2.2. Sertlik Testi (Hardness Test)

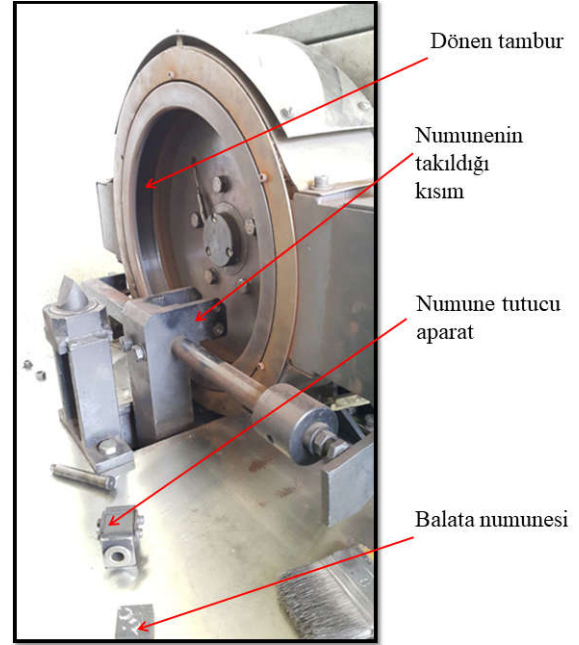
Numunelerin sertlik ölçümleri Shore D tipi test cihazı ile yapılmıştır. Sertlik ölçülürken numune üzerindeki 5 farklı noktadan değerler alınmış ve bu değerlerin ortalamasına göre sonuç elde edilmiştir.

2.3. Sıkıştırılabilirlik Testi (Compressibility Test)

Sıkıştırılabilirlik, katıların veya sıvıların tüm yüzeylerde basınç altındayken elastik özelliklerini tanımlayan, sayısal sabit bir değerdir [14]. Sıkıştırma testleri ISO 6310 standartlarına göre uygulanmaktadır. Malzemelere 1 sn. boyunca 160 bar basınç uygulanır ve bu süreç 3 defa tekrarlanır. Çıkan sonuçlara göre soğuk sıkıştırma oranı %2'den az olmalıdır.

2.4. Aşınma ve Sürtünme Testi (Wear and Friction Test)

Fren balatası numunelerine yapılan aşınma ve sürtünme testleri, Chase tipi cihazda ve SAE J661 standartlarına göre uygulanmıştır [15]. Aşınma sürtünme testi, dönen bir kampanaya karşı uygulanan 25,4x25,4x40 mm ebatlarında kesilmiş balata numunesiyle uygulanmaktadır. Kampana malzemesi DDL-20 (gri dökme demir) olup, kampananın maksimum dönme hızı 411 d/dak. ve maksimum uygulanan basınç 6,5 kg/cm²'dir. Sürtünme katsayısı soğuk (normal) ve sıcak sürtünme katsayısı olarak 2'ye ayrılır. Soğuk sürtünme katsayısında ölçümler 100 °C, 150 °C ve 200 °C'de yapılır. Sıcak sürtünme katsayısında ise, ölçümler 300 °C, 350 °C ve 400 °C'de yapılır. Yapılan deneylerde sürtünme katsayısı değeri beş defa tespit edilerek ortalaması alınır. Bulunan ortalama değer en az 0,25 μ olmalıdır. Şekil 2'de Chase tipi test cihazı ve cihaza uygun şekilde kesilen balata numunesi görülmektedir.



Şekil 2. Chase tipi cihaz ve balata numunesi (Chase type device and brake pads)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Sertlik Testi (Hardness Test)

Fren balatası numunelerine ait sertlik değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Bor oksit katkılı balata için "BO" sembolü ticari katkılı balata için ise "Tic" sembolü kullanılmıştır. Ölçülen sertlik değerlerine göre BO numunesinin sertliği daha fazladır. Bor oksit katkılı numunenin sertliğinin daha yüksek olması, bor elementinin sertliğinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Mutlu ve arkadaşları da bor katkısı kullanarak ürettikleri balata numunelerinin, içeriğinde bor olmayan numunelere göre yaklaşık %20-25 shore D daha

sert olduğunu gözlemlemişlerdir. Bor oksit katkılı numunenin sertliği 90 shore D iken katkısız numunenin sertliği 71 shore D olarak ölçülmüştür [2]. Bor oksit katkısının sertliği arttırdığı söylenebilir.

Tablo 2. Balata numunelerinin sertlik değerleri
(Hardness values of brake pads)

Sıra	Balata Kodları	Sertlik (Shore D)
1	BO	89
2	Tic	86

3.2. Sıkıştırılabilirlik Testi (*Compressibility Test*)

Sıkıştırılabilirlik balata numunelerine yapılması gereken önemli testlerdendir. Balataların sertliğine, gözenekliliğine dair fikir vermesi açısından önemlidir. ISO 6310 standartlarına göre uygulanan sıkıştırma testi sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Sıkıştırma testi için yük üç defa uygulanmış ve sonuç bu üç değerın ortalaması alınarak bulunmuştur.

Tablo 3. Fren balatalarının sıkıştırma testi sonuçları
(Compression test results of brake pads)

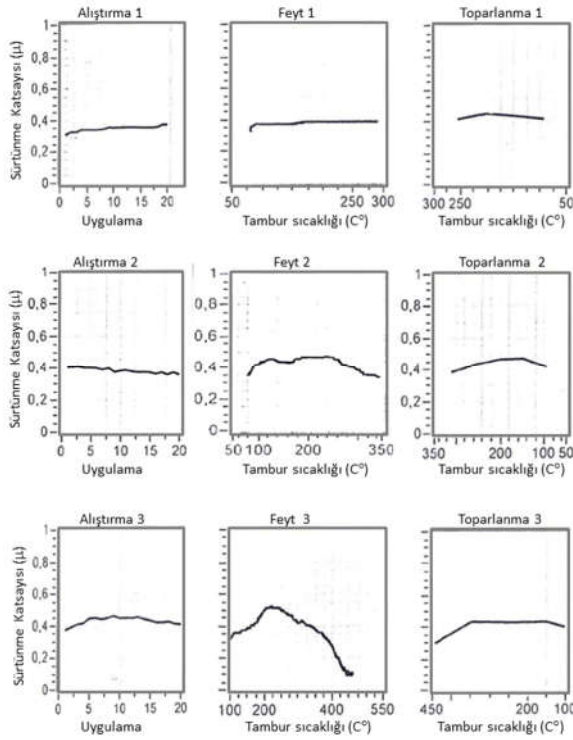
No	Numune	Sıkıştırma miktarı [μm]			
		1.yük	2.yük	3.yük	Ortalama
1	BO	207	348	358	304
2	Tic	187	282	290	253

Tic numunesinin sıkışma değeri bor oksit katkılı numuneye göre daha düşük çıkmıştır. Bor oksit katkılı numune daha sert olmasına rağmen daha fazla sıkıştırılabilmiştir. Bu durum bor elementinin gözenekli olması sebebiyle balatada boşluk oluşturmasıyla açıklanabilir. Gözenekler sebebiyle balatada oluşan boşluklar sıkışma miktarını arttırmıştır.

3.3. Aşınma ve Sürtünme Testi (*Wear and Friction Test*)

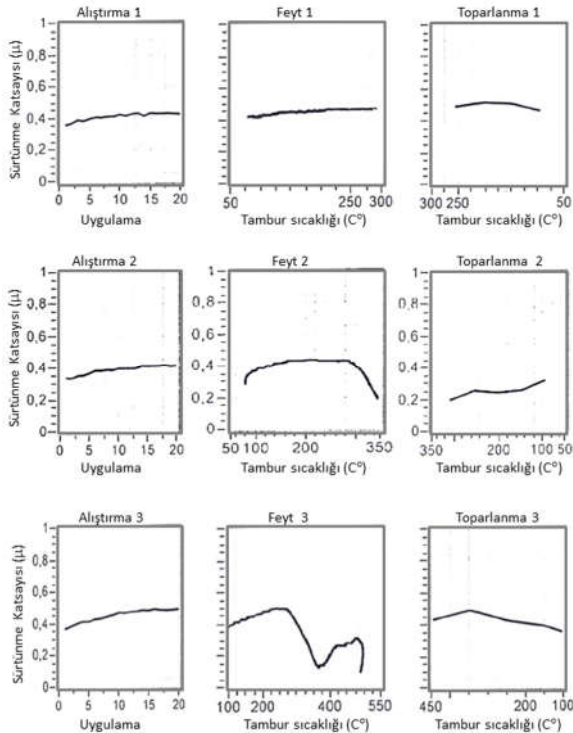
Balataların frenleme performanslarını belirlemek için aşınma sürtünme deneylerinin yapılması gereklidir. Yapılan deneylerin sonucunda elde edilen sürtünme katsayısı değerleri balatanın frenleme verimini tahmin etmede kullanılır. Frenleme esnasında oluşan yüksek sıcaklık; fren zayıflamasına, erken aşınmalara, fren sıvısının

buharlaşmasına, yatak arızalarına, termik çatlaklara ve titreşimlere sebep olmaktadır. Sıcaklık frenleme performansına etki eden en önemli faktörlerden birisidir[16]. Chase tipi cihazda yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen sürtünme katsayısı grafikleri Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Bor oksit katkılı BO numunesine ait grafiklerde, feyd 3'te sıcaklığın 400 °C'yi geçmesinden dolayı sürtünme katsayısında aşırı bir azalma meydana gelmiştir. Hatta sürtünme katsayısındaki azalma 300 °C'den itibaren başlamıştır. Bor oksit katkısının 300°C'den sonra sıcaklık artışı sebebiyle etkisini kaybettiği düşünülebilir. Mutlu ve ark. çalışmalarında bor oksit katkılı balata numunesinin 300 °C'ye kadar iyi bir frenleme performansı gösterdiğini sonrasında düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir [2, 12]. Balatanın toparlanma aşamasında sürtünme katsayısı bir süre artmış ve ardından kararlı hale gelerek, olması gereken değer aralığında frenleme yapmaya devam etmiştir. Ticari numuneye ait grafiklerde, feyd 3'te sıcaklığın 400 °C'ye yaklaşmasıyla beraber sürtünme katsayısında ciddi bir azalma meydana gelmiştir. Sıcaklık arttıkça azalma devam etmiştir ve sürtünme katsayısı ortalama olarak standartların çok altında kalmıştır. Genel olarak numunelerin aşınma sürtünme performansı değerlendirildiğinde; sürtünme katsayısı yüksektir ancak sıcaklığa çok dayanıklı değildir. Soğuk ve sıcak sürtünme katsayısı değerleri arasında çok fark vardır ve istenmeyen bir durumdur. Boz ve Kurt yaptıkları çalışmada, ürettikleri ZrSiO₄ katkılı numuneleri, chase tipi cihazda, SAE J661 standardına göre denemişlerdir. Numunelerin bazılarının sıcak ve soğuk sürtünme katsayılarının sonuçları arasında da fark gözlemlemişlerdir [17].



Şekil 3. Bor oksit katkılı numunenin aşınma sürtünme testi grafikleri

(Wear friction test graphics of boron oxide based sample)



Şekil 4. Ticari numunenin aşınma sürtünme testi grafikleri

(Wear friction test graphics for commercial sample)

Chase tipi cihazda SAE J661 standartlarına göre yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen ortalama sürtünme katsayısı değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. SAE J661 standartlarında sürtünme

katsayısı değerleri harf sembolleriyle sınıflandırılmıştır. Her iki numunede soğuk ve sıcak sürtünme katsayısı değeri "F" harf sembolüne göre elde edilmiştir. Buna göre deneylerin sonucunda bulunan sürtünme katsayısı değerleri standart aralıklardadır. Bor oksit katkılı numunenin sürtünme katsayısı değeri ticari balataya göre yaklaşık %18 fazla çıkmıştır.

Tablo 4. Fren balatalarının normal ve sıcak sürtünme katsayısı değerleri

(Normal and hot friction coefficient values of brake pads)

Numune	Soğuk Sürtünme Katsayısı (μ)	Sıcak Sürtünme katsayısı (μ)	Sınıfı
BO	0,437	0,425	FF
Tic	0,398	0,362	FF

Algan çalışmasında %5 oranında boraks kullanarak ürettiği balata numunesine chase tipi cihazda test yapmıştır. Elde edilen sürtünme katsayısı değerleri 0,3 μ - 0,4 μ aralığındadır [18].

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Fren balatası numunesi bor oksit katkısı yapılarak presleme yöntemiyle üretilebilmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda fren balatası numunelerinden elde edilen değerler standartlara uygun olarak bulunmuştur. Özellikle 200-250 °C sıcaklıklara kadar sürtünme katsayısı sonuçları kararlı bir şekilde ilerlemiştir. Artan sıcaklıkla birlikte sürtünme katsayıları düşüşe geçmiştir. Aşınma sürtünme deneyleri sonuçlarına göre sürtünme katsayısı değerleri, sertlik ve sıkıştırma testleri sonuçları standartlara uygundur.

İlerleyen süreçte balata içeriğindeki bor oksit miktarının artırılmasıyla deneyler tekrar edilebilir. Çalışmada %3 olarak kullanılan bor oksit miktarı sürtünme katsayısını yaklaşık %18 arttırmıştır. Bor oksit miktarı %6, %9, %12 ve %15 oranlarında kullanılarak aşınma sürtünme performansı ve tribolojik özellikler tekrar değerlendirilebilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Yaptığımız çalışmada desteklerini esirgemeyen Balataçılar Balataçılık Sanayi ve Ticaret AŞ'ye ve başta Kimya Mühendisi Simge Uzun olmak üzere bütün çalışanlarına teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] M. Jacko and S. Rhee, "Brake linings and clutch facings," *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*, 1992.
- [2] I. Mutlu, O. Eldogan, and F. Findik, "Production of ceramic additive automotive brake lining and investigation of its braking characterisation," *Industrial Lubrication and Tribology*, vol. 57, pp. 84-92, 2005.
- [3] P. W. Lee and P. Filip, "Friction and wear of Cu-free and Sb-free environmental friendly automotive brake materials," *Wear*, vol. 302, pp. 1404-1413, 2013.
- [4] N. Aranganathan and J. Bijwe, "Development of copper-free eco-friendly brake-friction material using novel ingredients," *Wear*, vol. 352, pp. 79-91, 2016.
- [5] W. Österle, C. Prietzel, H. Kloß, and A. Dmitriev, "On the role of copper in brake friction materials," *Tribology International*, vol. 43, pp. 2317-2326, 2010.
- [6] R. Yun, P. Filip, and Y. Lu, "Performance and evaluation of eco-friendly brake friction materials," *Tribology International*, vol. 43, 2010.
- [7] E. Omrani, P. L. Menezes, and P. K. Rohatgi, "State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 19, pp. 717-736, 2016.
- [8] L. Barros, P. Neis, N. Ferreira, R. Pavlak, D. Masotti, L. Matozo, *et al.*, "Morphological analysis of pad-disc system during braking operations," *Wear*, vol. 352, pp. 112-121, 2016.
- [9] H. Öktem, İ. Uygur, G. Akıncıoğlu, D. Kır, and H. Karakaş, "Evaluation of non-asbestos high performance brake pads produced with organic dusts," ed: Metal, 2015.
- [10] W. Wannik, A. Ayob, S. Syahrullail, H. Masjuki, and M. Ahmad, "The effect of boron friction modifier on the performance of brake pads," *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, vol. 7, pp. 31-35, 2012.
- [11] E. M. İ. G. Müdürlüğü, "Bor Sektör Raporu," 2009.
- [12] I. Mutlu, C. Oner, and F. Findik, "Boric acid effect in phenolic composites on tribological properties in brake linings," *Materials & design*, vol. 28, pp. 480-487, 2007.
- [13] G. Yi and F. Yan, "Effect of hexagonal boron nitride and calcined petroleum coke on friction and wear behavior of phenolic resin-based friction composites," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 425, pp. 330-338, 2006.
- [14] R. Steege and F. Marx, "A new approach to material compressibility of brake pads," SAE Technical Paper 0148-7191, 2008.
- [15] A. Spencer, W. M. Spurgeon, and J. Winge, "Four tests for consistency of automotive brake linings," SAE Technical Paper 0148-7191, 1966.
- [16] S. Anoop, S. Natarajan, and S. K. Babu, "Analysis of factors influencing dry sliding wear behaviour of Al/SiCp-brake pad tribosystem," *Materials & Design*, vol. 30, pp. 3831-3838, 2009.
- [17] M. Boz and A. Kurt, "Effect of ZrSiO₄ on the friction performance of automotive brake friction materials," *Journal of materials science & technology*, vol. 23, p. 843, 2007.
- [18] İ. B. Algan and A. Kurt, "The Effect of Metal Fibres and Borax Powders on the Wear and Friction Performances of the Organic Based Brake Pads," *Металлофизика и новейшие технологии*, 2017.