
Araştırma Makalesi / Research Article

Ağır Vasıta Fren Balatalarında Sarı Talaş Yerine Ultimate-Ts Kullanımının Frenleme Performansına Etkisinin İncelenmesi

Osman DALAR¹, İrem Yaren ÇAPKIN¹, Buse DEMİREL¹, Merve KALAYCI¹, Turgay YILDIRAN¹, İlker SUGÖZÜ^{2*}

¹ Beşer Balata, İzmir, TÜRKİYE

² Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin, TÜRKİYE
osman.dalar@beser.com.tr, yaren.capkin@beser.com.tr, buse.demirel@beser.com.tr, merve.kalayci@beser.com.tr, turgay.yildiran@beser.com.tr, ilkersugozu@mersin.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 07.03.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 26.06.2024

Özet: Balata üretiminde kullanılan hammaddeler özellik ve sınıfına göre dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar; bağlayıcı, sürtünme düzenleyici, destek malzemesi ve dolgu malzemesidir. Sarı talaş, içerisinde bakır bulunması nedeniyle balata üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sarı talaş ağır vasıta araçlarda balatanın frenleme sırasında oluşan ısıyı dağıtması, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen sürtünmeye karşı dayanıklı olması ve balatanın sürtünme katsayısını artırması nedeniyle önemli rol oynamaktadır. Fakat yüksek maliyet ve sürtünme esnasında oluşan frenleme tozu içerisindeki bakırın çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Canlılara ve çevreye olumsuz etkileri olan bakır, balata üretiminden kaldırılacak hammaddelerden biridir. Bu nedenle balatanın bakırsızlaştırma çalışmaları önem arz etmektedir. Bu çalışmada ağır vasıta fren balatalarında bakırsızlaştırma için sarı talaş yerine Ultimate TS malzemesi kullanılarak balata formülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan formülasyon toz metalürji yöntemi olan sıcak presleme yöntemi ile ağır vasıta araçlar için balata presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Balatalar fırınlama işlemi öncesi ve sonrasında kimyasal testleri gerçekleştirilmiştir. Fırınlama sonrası üretilen balataların performans özellikleri test edildi. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Ultimate TS malzemesi eklenen formülasyonun sürtünme katsayısı 0.49 bulunmuştur. Test edilen balata G sürtünme sınıfında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağır vasıta fren balataları, Aşınma, Dinamometre testi, Fren balata üretimi, Sürtünme

Investigation of The Effect of Using Ultimate-Ts Instead of Yellow Chips on Braking Performance of Heavy Vehicle Brake Pads

Abstract: The Raw materials used in lining production are divided into four groups according to their properties and class. These are binder, friction regulator, support material and filling material. Yellow sawdust is widely used in the production of brake pads due to the presence of copper in it. Yellow sawdust plays an important role in heavy vehicles because it dissipates the heat generated during braking, is resistant to high temperature friction and increases the friction coefficient of the lining. However, the high cost and the copper in the braking dust formed during friction have negative effects on the environment. Copper, which has negative effects on living things and the environment, is one of the raw materials to be removed from pad production. For this reason, decopperization studies of the pads are important. In our study, pad formulation study was carried out using Ultimate TS material instead of yellow sawdust for decopperization of heavy vehicle brake pads. The prepared formulation was pressed for heavy vehicles by hot pressing method, which is a powder metallurgy method. Chemical tests were performed on the pads before and after baking process. The performance properties of the pads produced after baking were tested. In line with the results obtained, the friction coefficient of the formulation to which Ultimate TS material was added was found to be 0.49. The pad tested is in friction class G.

Keywords: Brake pad production, Dynamometer test, Friction, Heavy vehicle brake pads, Wear

1. Giriş

Otomotiv endüstrisinin gelişiminde araç performansı ve sürücü güvenliği önemli etkenlerdir. Araçlardaki fren sistemi bu iki faktörü etkileyen temel unsurlardan biridir. Fren sistemi, aracı

kullanan kişinin araç üzerinde tam hakimiyeti sağlayarak aracı yavaşlatma ve durdurmak için çok önemlidir. Fren sisteminin en önemli parçalarından bir tanesi balatalardır. Balatalar fren sisteminin vazgeçilmez bir parçasıdır (Borawski, 2019; Gong vd., 2020; Borawski, 2022). Balata hammaddeleri özelliklerine göre 4 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; bağlayıcı, sürtünme düzenleyici, destek malzemesi ve dolgu malzemesidir. Bağlayıcı malzeme olarak genellikle fenolik reçineler kullanılmaktadır. Bu malzemeler balata bünyesinde bulunan hammaddeleri bir arada tutarak kararlı bir matris yapısı oluşturmaktadır. Sürtünme düzenleyici malzemeler grubunda yer alan aşındırıcı ve yağlayıcı malzemeler, balatanın sürtünme katsayısını artırma ve titreşim sönmüleme gibi özellikleri kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Destek malzemesi; balatanın mekanik özelliklerini ve termal dayanıklılığını arttırmak için kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi; maliyeti düşürmek için kullanılmaktadır (Österle vd., 2014; Yavuz ve Bayrakçeken, 2022; Yavuz, 2023)

Günümüzde teknolojideki gelişmelerle birlikte araçların ağırlık ve hız gibi parametreleri aktif değişim göstermektedir. Bu gelişim, fren sistemlerinin doğaya ve insanlara zarar vermeden, daha etkili ve dinamik çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda güncel fren sistemlerinin yeşil üretimle birlikte çevre ve insan sağlığına zarar vermeden daha etkili ve dinamik şekilde çalışma ihtiyacı doğmaktadır (Bashir vd., 2019; Bashir vd., 2021; Kholil vd., 2021; Pujari ve Srikanan 2019). Bu noktada balata üretim sektöründe kullanılan malzemelerin gelişmesi ve sağlığa zarar vermeyen organik malzemelerin kullanımı ile gerekli ihtiyaçlar karşılanmaktadır. Balata üretiminde kullanılan hammaddeler gerekli ihtiyaçlara göre değiştirilerek yeni kompozit balatalar üretilmektedir. Balataların özelliklerinin incelenmesi ve geliştirilmesi amacıyla balata üretiminde alternatif malzeme kullanımı ile ilgili birçok literatür çalışması bulunmaktadır (Kumar vd., 2019; Gawende vd., 2020; Rajan vd., 2021; Krishnan vd., 2019; Jang vd., 2004).

Bashir vd. (2019) balatanın termal stabilitesini arttırmak amacıyla oluşturdukları formüle 4 farklı oranda (%0, %7, %14 ve %21) muz lifi eklemiş ve balata üretimini gerçekleştirmişlerdir. Üretilen balatalar yüksek sıcaklık ve yüksek yüklemde test edilerek termal stabilitesini TGA (Termogravimetrik analiz) ve DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) ile kontrol etmişlerdir. Yapılan testler sonucunda %7 katkılı balatanın termal stabilitesinin önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir.

Pujari ve Srikanan (2019) sağlığa ve doğaya zararı bulunan asbest yerine hurma çekirdeği, sürtünme katsayısını arttırmak için nil gülü ve aşınma oranını azaltmak içinse buğday lifi kullanarak balata üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ürettikleri balatalara aşınma, yağ ve sertlik testi yaparak elyafların balata üretiminde alternatif olabileceğini belirlemişlerdir.

Kumar vd. (2019) kenevir lifi kullanarak balatanın fiziksel, mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Hazırladıkları formülasyona ağırlıkça %5, %10, %15, %20 oranlarında kenevir lifi ekleyerek 4 farklı formülasyona sahip balata üretimi gerçekleştirmişlerdir. Kenevir lifi oranının artışıyla sertlik, yoğunluk ve kül miktarının azaldığını, ancak sıkıştırılabilirlik, gözeneklilik ve su emme gibi özelliklerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca %5 ağırlıklı kompozitin en yüksek sürtünme performansını, en yüksek solma direncini ve en düşük aşınma sergilediğini saptamışlardır.

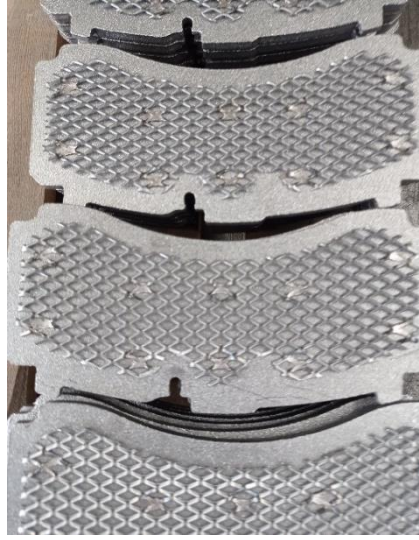
Rajan vd. (2021) hindistan cevizi ve cüruf atıkları ile ürettikleri farklı kombinasyonlardaki balataların tribolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırdılar. Yapılan analizler sonucunda yoğunluk, sertlik, kayma mukavemeti ve kül miktarının azaldığını saptamışlardır. Ayrıca hindistan cevizi lifinin artmasıyla aşınmanın da arttığını gözlemlemişlerdir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda balata üretiminde kullanılan hammaddelerin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı alternatif hammadde arayışlarına yönelim artmıştır. Balata içerisinde bulunan sarı talaş her ne kadar yüksek ısı iletkenliği, ısı dağılımı ve yüksek sıcaklıklarda yağlama özelliği olsa da hem maliyetli olması hem de içinde bakır olması nedeniyle başta deniz

canlıları olmak üzere çevreye büyük zarar vermektedir (Jang vd., 2004; Kalel vd., 2021). Bu nedenle çalışmamızda Beşer Balataçılık San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde ağır vasıta fren balataları için sarı talaş yerine maliyet düşürmek ve daha çevreci kompleks metal sülfid malzemesi olan Ultimate TS eklenerek yeni formülasyon çalışması yapıldı. Hazırlanan bu formülasyon baz alınarak toz metalürji yöntemi ile Ultimate TS içerikli balata üretimi gerçekleştirildi.

2. Materyal ve Metot

Ağır vasıta araçlar için balata sacının pres ile kesimi gerçekleştirildi. Üretilen saclar hazırlanan harman ile yapışma yüzey alanını arttırmak için balata yapışma yüzeyine perfore; punto kaynak ile birleştirildi ve basıldı. Perforeli saclar Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Perforeli sac

Balata üretimi için hazırlanan karışım formülasyonu Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Balata içeriğini oluşturan malzeme ve oranları

Hammadde Adı	Ağırlık (%)
Aramid	0.5-2
Reçine	3-6
Alüminyum Oksit	0.5-2
Çinko Tozu	5-15
Çelik Yünü	30-45
Kükürt	0.5-1
Zirkon Kumu	3-8
Grafit	7-15
Barit	3-5
İnce Petrol Koku	5-10
Antimontrisülfid	2-5
Ultimate TS	2-4

Hazırlanan formülasyonda sarı talaş yerine ağırlık oranı değiştirilmeden Ultimate TS eklenmiştir. Karışım hazırlama işlemi sırasında aramid elyafın hacminin yüksek olması nedeniyle tek başına helezon tipi karıştırıcıda 60 RPM’de 2 dakika karıştırılarak elyafın açılması sağlandı. Ardından diğer hammaddeler eklenerek 6 dakika daha karıştırılarak balata karışımı hazırlandı. Hazırlanan karışımın bulk yoğunluğu, aseton ve kül testleri gerçekleştirilerek karışımın kimyasal özellikleri incelendi.

Karışımın, toz metalürji yöntemi ile sıcak pres cihazı kullanılarak presleme gerçekleştirildi. Pres parametreleri Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Balata presleme parametreleri

Gösterge Basıncı (bar)	150
Deney Basıncı (bar)	495
Sıcaklık (°C)	150

Preslemesi gerçekleştirilen balatalar fırınlama işlemi için 125°C’den kademe kademe 25°C arttırılarak 200°C’ye kadar sıcaklık artışı gerçekleştirilmiş ve 6 saat boyunca fırınlanmıştır. Fırınlama sonrası balataların kimyasal testleri (aseton, kül, yoğunluk ve kalınlık değerleri) ve fiziksel testleri (sürtünme ve aşınma değerleri) gerçekleştirildi. Chase sürtünme cihazı kullanılarak SAE J661 ve TSE 555 standartlarına uygun olarak test edilmiştir (TSE 555, 2019; SAE J661, 2021). Sürtünme ve Aşınma test cihazları Şekil 2 ve 3’te yer almaktadır.



Şekil 2. Sürtünme test cihazı ve numune görseli



Şekil 3. Aşınma test cihazı ve numune görseli

Sürtünme testi için fırın sonrası balata kare şeklinde kesilerek test numunesi hazırlandı. Numune balatanın aşınma oranlarının belirlenebilmesi için test öncesi ağırlığı ölçüldü. Sürtünme testi öncesi balata numunesine zımpara yardımıyla yüzey alıştırma yapıldı. Numune aşınma test cihazına takıldı ve SAE J661 standardına uygun test yapıldı.

Kalınlaşma testi için balatanın disk ile temas etme yüzeyi zımparalandı ve ortam sıcaklığında balatanın 5 farklı noktasından kumpas ile kalınlık ölçümü yapıldı. Kalınlaşma testi için balata 300°C’de 10 dakika boyunca fırında bekletildi ve deney sonrası belirlenen 5 noktadan tekrar ölçülerek kalınlık farkı elde edilmiş ve kalınlaşma oranı bulunmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Fren Balatasının Kimyasal Özellikleri

Balatanın kimyasal özellikleri, içinde bulunan hammadde bileşiklerine ve üretim parametrelerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu durum aracın performansını, aşınma direncini ve sürtünme katsayısı gibi özelliklerini etkilemektedir. Tablo 3’te balatanın fırınlama öncesi ve sonrası yapılan kimyasal test sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 3. Karışımın kimyasal özellikleri

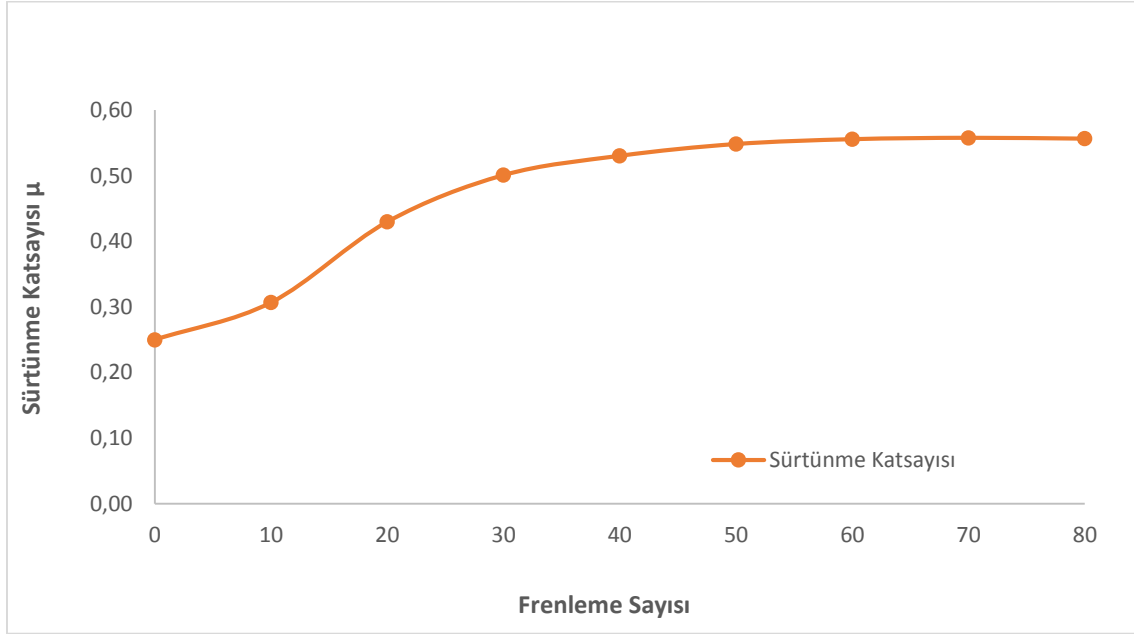
Yapılan Analiz	Fırın Öncesi	Fırın Sonrası
Yoğunluk (g/cm ³)	2.85	2.78
Aseton Ext. (%)	7.80	1.74
Kül miktarı (%)	86.11	87.57
Kalınlaşma (%)	-	0.32

Kalınlaşma testi sonucu %0.32 bulunmuştur. Referans alınan standartta maksimum kalınlaşma %1 olarak verilmiştir. Balata kalınlaşmasının elde edilen test sonucu standart değer aralığında olduğu saptanmıştır (TS 555, 2019).

3.2. Fren Balatasının Performans Testleri

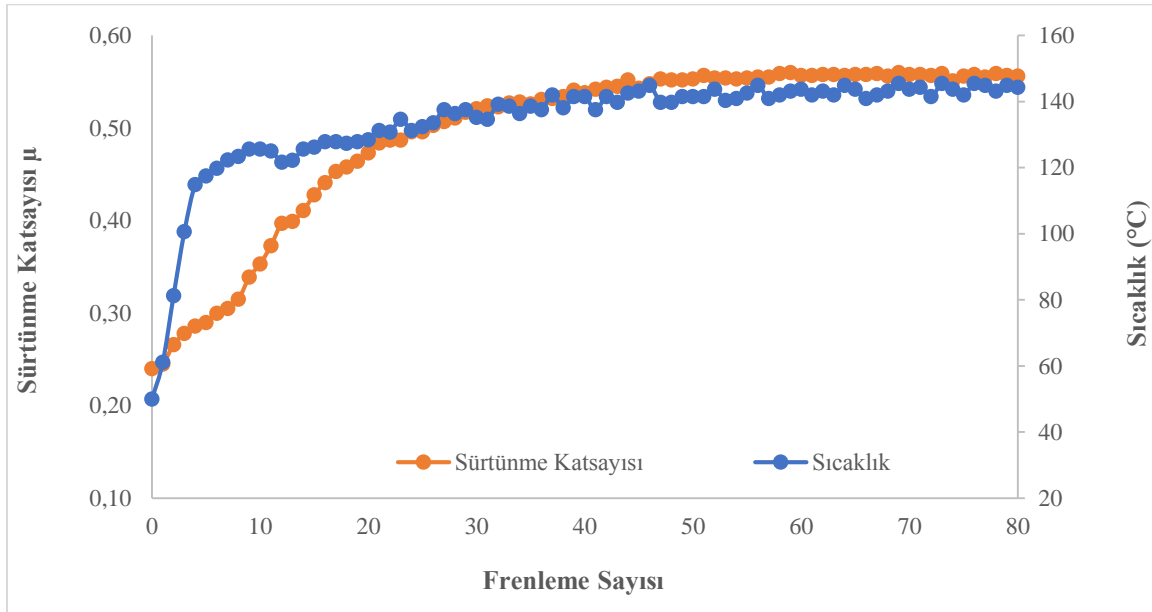
Sarı talaş yüksek ısı iletkenliği ve yüksek mukavemet özelliklerine sahip olması nedeniyle balatanın sürtünme ve aşınma değerleri için önemli rol oynamaktadır. Fakat yüksek maliyetli ve sağlık açısından tehlike arz etmesi nedeniyle ağır vasıta fren balata içeriğinde ilerleyen süreçte çıkarılacağı düşünülen malzemedir (Barros vd., 2019). Yapılan çalışmada sarı talaş malzemesine alternatif olarak TS Ultimate malzemesi kullanılmıştır. Şekil 4’te üretilen balatanın frenleme sayısına bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimi yer almaktadır.

Balatanın sürtünme katsayısını belirlemek için 80 frenleme yapılmıştır. Sürtünme katsayısının frenleme sayısına karşılık gelen değerler incelendiğinde (Şekil 4) 60 frenlemeye kadar sürtünme katsayısında artış gözlenmektedir. 60 frenlemeden sonra balatanın sürtünme katsayı değeri 80 frenlemeye yaklaştıkça stabil hale gelmiş ve 80 frenleme sonucu sürtünme katsayısı ortalama 0.49 olarak bulunmuştur. Balatanın 0.49 sürtünme katsayısı ortalaması ile G sürtünme sınıfında olduğu belirlenmiştir (SAE J661, 2021).



Şekil 4. Balata sürtünme katsayısı

Frenleme ile birlikte balatanın diske temas etmesiyle disk sıcaklığı artmakta ve sürtünme katsayısının stabil değerlere ulaşması ile birlikte diskte oluşan sıcaklıkta stabil hale gelmektedir. Şekil 5'te sürtünme katsayısının diskte oluşan sıcaklık ile karşılaştırılması yer almaktadır.



Şekil 5. Sürtünme katsayısı-sıcaklık karşılaştırılması

Şekil 5 incelendiğinde; frenleme işlemi gerçekleştirildiğinde sürtünmeden kaynaklı sıcaklıkta ani artış gözlemlenmiştir. Balatanın disk yüzeyine alışması ve sürtünme katsayısının stabil değere ulaşması ile sıcaklık değeri ortalama 133°C olarak ölçülmüştür. Sürtünme katsayısında gerçekleşen dalgalanmalar, frenleme anında kalınlık nedeniyle sıcaklığın sürekli değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bu etki, elde edilen değerlerin sürekli olarak azalmasına ve artmasına neden olmaktadır (Sugözü, 2018). Aşınma testi öncesi ve sonrasında balatanın kalınlığı ve ağırlığı ölçülmüş ve aşınma miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Balatanın aşınma testi öncesi ve sonrası ağırlık ve kalınlık değerleri

	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)
Aşınma öncesi	78.47	10.06
Aşınma sonrası	77.40	9.94
Fark	1.07	0.12

Gerçekleştirilen deney sonrası balatanın ağırlığında %1.13, kalınlığında ise %1.19 azalma gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, maliyeti yüksek olan ve içerisinde bakır bulunması nedeniyle doğaya zararı bulunan sarı talaşın balatada kullanımının kaldırılması ve yerine alternatif malzeme olarak düşünölen Ultimate TS malzemesinin kullanımı gerçekleştirilmiştir. Ultimate TS içerikli balata üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen balatanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için testler gerçekleştirilmiş ve sürtünme sınıfı belirlenmiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Ultimate TS malzemesinin yoğunluğu 4.4 g/cm^3 'tür. Bakır'ın yoğunluğundan az olması nedeniyle balata yoğunluğunda azalma meydana gelmiştir. Fakat elde edilen balata yoğunluğu standart değerlerdedir.
- Kalınlaşma testi %0.32 olarak bulunmuştur. Balata kalınlaşma değeri %1'in altında olduğu için standart değerler içerisinde yer almaktadır.
- Performans testleri sonucunda balatanın sürtünme katsayısının belirli bir frenleme sayısından sonra sabit kaldığı belirlenmiştir.
- Sürtünme testi sonucunda ağırlığın %1.13, kalınlığın ise %1.19 azaldığı gözlemlenmiştir.
- Ağır vasıta fren balatalarında binek balatalara kıyasla sürtünme kuvvetinin daha yüksek olması beklenmektedir. Performans testleri sonucunda ortalama sürtünme katsayısı 0.49 olarak bulunmuştur ve G sürtünme sınıfında yer almaktadır.
- Ağır vasıta fren balatalarında Ultimate TS malzemesinin kullanılması frenleme performansını olumlu etkilemiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Barros, B.R., Poletto, J.C., Neis, P.D., Ferreira, N.F. & Pereira C.H.S. (2019). Influence of Copper on Automotive Brake Performance. *Wear* 426-427, 741-749.

Bashir, M., Qayoum, A. & Saleem, S.S. (2019). Influence of Lignocellulosic Banana Fiber on The Thermal Stability of Brake Pad Material. *Materials Research Express* 6(11), 115551.

Bashir, M., Qayoum, A. & Saleem, S.S. (2021). Experimental Investigation of Thermal and Tribological Characteristics of Brake Pad Developed from Eco- Friendly Materials. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion* 7(66), 13.

Borawski, A. (2019). Common Methods in Analysing The Tribological Properties of Brake Pads and Discs- A Review. *Acta Mechanica et Automatica* 13(3), 189-199.

- Borawski, A. (2022). Testing Passenger Car Brake Pad Exploitation Time's Impact on The Values of The Coefficient of Friction and Abrasive Wear Rate Using a Pin-on-Disc Method. *Materials* 15(6), 1991.
- Gawende, S.H., Raibhole, V.N. & Banait A.S. (2020). Study on Tribological Investigations of Alternative Automotive Brake Pad Materials. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion* 6(93), 10.
- Gong, X., Ge, W., Yan, J., Zhang, Y. & Gongye, X. (2020). Review on The Development, Control Method and Application Prospect of Brake-by-Wire Actuator. *Actuators* 9(1), 15.
- Jang, H., Ko, K., Kim, S.J., Basch, R.H. & Fash, J.W. (2004). The Effect of Metal Fibers on The Friction Performance of Automotive Brake Friction Materials. *Wear* 256(3-4), 406-414.
- Kalel, N., Bhatt, B., Darpe, A. & Bijwe, J. (2021). Copper-Free Brake-Pads: A Break-Through by Selection of The Right Kind of Stainless Steel Particles. *Wear* 464-465, 11.
- Kholil, A., Dwiayati, S.T., Wirawan, R. & Elvin, M. (2021). Brake Pad Characteristics of Natural Fiber Composites from Coconut Fibre and Wood Powder. *Journal of Physics: Conference Series* 2019, 7.
- Krishnan, G.S., Babu L.G., Pradhan, R. & Kumar, S. (2019). Study on Tribological Properties of Palm Kernel Fiber for Brake Pad Applications. *Materials Research Express* 7(1), 7.
- Kumar, N., Singh, T., Grewal, J.S., Patnaik, A. & Fekete, G. (2019). Experimental Investigation on The Physical, Mechanical and Tribological Properties of Hemp Fiber-Based Non-Asbestos Organic Brake Friction Composites. *Materials Research Express* 6(8), 11.
- Österle, W., Deutsch, C., Gradt, T., Orts-Gil, G., Schneider, T. & Dmitriev, A.I. (2014). Tribological Screening Tests for The Selection of Raw Materials for Automotive Brake Pad Formulations. *Tribology International* 73, 148-155.
- Rajan, R., Tyagi, Y.K. & Singh, S. (2021). Waste and Natural Fiber Based Automotive Brake Composite Materials: Influence of Slag and Coir on Tribological Performance. *Polymer Composites* 43(3), 1508-1517.
- SAE J661, (2021), Brake Lining Quality Test Procedure, SAE International, Warrendale, USA.
- Pujari, S. & Srikanan, S. (2019). Experimental Investigations on Wear Properties of Palm Kernel Reinforced Composites for Brake Pad Applications. *Defence Technology* 15, 295-299.
- Sugözü, B. (2018). Investigation of Ulexite Usage in Automotive Brake Friction Materials. *Turkish Journal of Engineering* 2(3), 125-129.
- TS 555, (2019), Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Balatalar- Sürtünmeli Frenler için Balatalar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yavuz, H. & Bayrakçeken, H. (2022). Investigation of Friction and Wear Behavior of Composite Brake Pads Produced with Huntite Mineral. *International Journal of Automotive Science and Technology* 6(1), 9-16.
- Yavuz, H. (2023). An Experimental Case Study on The Comparison of The Use of Micronized Quartz and Alumina in Brake Pads. *Turkish Journal of Nature and Science* 12(3), 9-14. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1291333>.