

Organik Bazlı Kompozit Fren Balataların Üretimi Ve Frenleme Performanslarının İncelemesi

Gökhan Başoğlu¹

¹Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 42250 Konya, Türkiye

e-posta: engineer-gkhn@hotmail.com.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0862-4163>

Geliş Tarihi:24.07.2019;

Kabul Tarihi: 21.10.2019

Anahtar kelimeler

“Organik”;
“Fren Balatası”;
“Fren Sistemleri”;
“Frenleme Performansı”;
“Güvenlik Sistemleri”.

Özet

Bu çalışmada taşıtlarda bulunan fren sistemlerindeki ticari balataların maliyet ve çevreye verdikleri zarar düşünülerek; miskantus (%5), kaju (%25) ve alümina (%10) organik malzemeleri kullanılarak üretilen fren balataları, deney için kurulan frenleme mekanizmasında yüksek frenleme kuvvetlerinde (125 N) oluşan sürtünme katsayıları, aşınma oranları ve sıcaklık değişimleri bilgisayar ortamında kaydedilerek nicel olarak değerlendirilmeler yapılmış, mikroskop görüntüleriyle aşınma türleri irdelenmiştir. Deneyler sonucunda TS 555 normları dikkate alınarak organik fren balatalarının standartlar çerçevesinde müspet sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Production Of Organic Based Composite Brake Lining and Investigation Of Braking Performance

Keywords

“Organic”;
“Brake Linings”;
“Brake Systems”;
“Brake Performance”;
“Safety Systems”.

Abstract

In this study, considering the cost and the environment damage to of brakelinings of commercial in vehicles; Brake pads produced using miskantus (5%), cashew (25%) and alumina (10%) organic materials, friction coefficients at high braking forces, wear rates and temperature changes were recorded in computer environment and the types of wear were examined by microscopic images. As a result of the tests, it was observed that organic brake pads give positive results with in the framework of TS 555 norms.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak amaçlı karayolları taşımacılığında büyük öneme sahip olan araçlar, taşıma kütleleri için gerekli enerji hareketlerini içten yanmalı ve elektrikli motorlardan sağlarlar. Motorlu araçlar sürekli gelişim içinde olduğundan geçmişten günümüze sürekli gelişim içindedir. Buna bağlı olarak araçlar taşıma için gerekli olan hızlanma ve yavaşlama şartları güne uygun olarak tasarlanmıştır. Taşıtlar hızlanma aktivitesi için yukarıda belirtilen motorlardan güç alırken, yavaşlama için ise frenleme sistemleri

geliştirilmiştir. Taşıtlar günlük hayatımızın vazgeçilmezleridir ki oldukça farklı yapıda olmalarına rağmen fren sistemleri her taşıtta kullanılmaktadır. Taşıtlarda hızlanma önemli olmakla birlikte güvenli yavaşlatmak da çok önemlidir. Bu yüzden taşıtlarda kullanılan fren sistemleri hayati bir önem taşımaktadır. Fren sistemlerindeki en önemli ana eleman fren balatalarıdır. Fren balataları için üretilecek numunelerde, balata çalışma koşullarının önceden bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir.

Balata yüzeyinde oluşacak olan basınç sonucunda, disklerdeki hız ve sürtünmelere bağlı olarak hem disklerde hem de balataların sıcaklığında artış olacaktır (Mavi, 2014).

Bu çalışma da bir fren sisteminde frenleme görevinde kullanılan bazı balataların deneysel testlerine yer verilmiştir.

2. Sürtünme Ve Aşınma

Temas halindeki malzemelerin sürtünmesi ve sonucunda oluşan aşınma oluşumları gerek tasarımda gerekse makine elemanlarının kullanımında göz önüne alınması gereken elzem problemlerin başında gelir. Birbirine temaslı yüzeylerde oluşan sürtünme etkisi güçte kayıplara yol açarken, aşınma sonucunda istenilen toleransların dışına çıkılmasına sebep olur.

2.1 Sürtünme

Sürtünme, birbirleriyle temas halinde olan katı cisimlerin birbirlerine karşı göstermiş oldukları direnç olarak tanımlanabilir. Sürtünme kuvveti ise hareket doğrultusunda veya zıt yönde oluşan direnç olarak tanımlanabilir. Temasta olan katı cisimlerden birinin diğeri üzerinde kayma hareketine başlaması için gerekli olan kuvvete statik sürtünme kuvveti, kayma hareketini devam ettirmek için gerekli kuvvete de kinetik (dinamik) sürtünme kuvveti denir (Akkurt 1982). Dinamik sürtünme kuvveti, statik sürtünme kuvvetinden daha küçüktür. Sürtünme temaslı katı yüzeylerin birbiri üzerindeki kayma, yuvarlanma veya bu iki hareketin bileşimi şeklindedir (Bowden and Tabor 1950). Sürtünme kuvvetine, temas eden yüzeylerin pürüzlülüğü, yüzey sıcaklığı etki eden faktörlerdendir.

2.2 Aşınma

Birbirlerine göre hareket halinde olan eş yüzeylerden birinde veya ikisinde meydana gelen malzeme kaybına aşınma denir.

Aşınmanın olması için; mekanik bir etkinin yani sürtünmenin olması ve istenmediği halde malzeme yüzeyinde değişime yol açması gerekir. Aşınma mekanizmalarına göre aşınma türleri;

1- Adhesiv Aşınma

2- Tabaka Aşınması

3- Yorulma Aşınması

4- Ablativ Aşınma

5- Abrasiv Aşınmadır.

2.2.1 Adhesiv Aşınma

Kaynaklaşma, yapışma ve yenme şeklinde tarif edilen bu tür aşınma birbirleriyle kayma sürtünmesi yapan malzeme çiftinde meydana gelen kaynaklaşmanın bir sonucudur. Bu tür aşınma genellikle iki safhada oluşur. İlk safhada temas yerindeki parçacık, yerinde deformasyona uğrar. İkinci safhada yerinden kopar ve malzeme yüzeyinden ayrılır.

2.2.2 Tabaka Aşınması

Tabaka aşınması, malzemelerin sürtünme yüzeyinde, izafi hareketi esnasında sürtünme ve bunun bir sonucu olarak da titreşim hareketlerinin sebep olduğu bir oksit filmi ve bu oksit tabakası ana malzemenin aşınmaya karşı olan direncini önemli ölçüde değiştirmesiyle cereyan eden bir aşınma türüdür.

2.2.3 Yorulma Aşınması

Bu tip aşınmalar, titreşimli zorlanmalarda yorulmaya bağlı kırılma hasarı olarak özellikle malzemenin yüzeyine yakın kısımlarında, sürekli sabit veya değişken dinamik zorlamalar sonucunda değme yüzeyinin altında veya yüzeye yakın bölgelerin yorulması sonucu yüzeyden parçacıkların ayrılması şeklinde görülmektedir.

2.2.4 Ablativ Aşınma

Ablativ aşınma tamamen sürtünme ve başkaca oluşan reaksiyon ısılarına bağlıdır. Ablativ aşınmaya fiziksel zorlanma veya kimyasal reaksiyon nedeni ile ısınan yerlerde görülür. Fren balatalarında ve uzay araçlarının sıcaklığa dayanıklı kabuğunda görülen aşınma ablativ aşınmaya verilebilecek en mükemmel örneklerdir (Gemalmayan 1984).

2.2.5 Abrasiv Aşınma

Abrasiv Aşınma endüstriyel ürünlerde sıkça görülen, en basit tarifıyla yumuşak olan malzemeye sürtünen daha sert malzemenin kesme etkisi şeklinde tarif edilebilir.

3. Materyal ve Metot

3.1 Organik Balatalar

Organik esaslı sürtünme malzemelerinde ana yapıyı, dolgu maddeleri, bağlayıcı malzemeler ve özel katkı maddeleri oluşturmaktadır. Sürtünme malzemesinin çalışacağı yere göre bu maddelerin cinsi ve oranları değişebilir(Kocabaş 2012).

3.2 Malzeme Seçimi

Fren balatası çalışma koşullarına uygun olması düşünülerek miskantus, kaju, alümina, fenolik reçine ve filler malzemelerinden elde edilen karışımlar kullanılmıştır. Malzeme seçimi; maliyet, kolay temin edilebilirlik, üretilebilirlik ve çevrecilik parametreleri dikkate alınarak yapılmıştır(Raymond1968).

3.3 Numunelerin Bileşiminin Hazırlanması ve Üretilmesi

3.3.1 Bileşimin hazırlanması ve karıştırılması

Numunelerin üretimi sırasında bileşim oranları kütle oran esas alınarak hesaplanmış ve numune karışımları elde edilirken 0,001 gr hassasiyetli elektronik terazi kullanılmıştır.

Malzeme bileşimi oranı %5 Miskantus, %25 Kaju, %10 Alumina, %15 Fenolik Reçine ve %45 Dolgu Maddesi kütle oranı esas alınarak hassas terazi aracılığı ile ölçümlenerek; 10 dk süre ile homojenlik sağlanması için mikser aracılığıyla karıştırılmıştır.

Karıştırma işleminden sonra yeniden hassas teraziyle tartım işlemi yapılmış ve küçük kalıbın (12,5 mm) her bir boşluğuna 4 gram, büyük kalıbın (29 mm) her bir boşluğuna 15 gr olacak şekilde presleme işlemi için kalıba alınmıştır.

3.3.2 Presleme İşlemi

Yapılan çalışma sonucunda, birkaç üretim denemesinden sonra 150 OC 'de, 100 MPa basınçta ve 35 dk. süre ile presleme işleminin uygun olduğu görülmüş ve presleme işlemi sırasında kalıp ısıtılıp, sıcaklığın homojen şekilde ısıtıcıdan kalıba dağılması için bir süre beklenmiştir.

3.4 Uygulanan Testler

3.4.1 Yoğunluk

Herhangi bir maddenin özelliği olan yoğunluk ρ (rho) birim hacimde bulunan madde miktarı olarak tanımlanır. Numune yoğunlukları Pericisa XB220A cihazı ile ölçülmüştür.

3.4.2 Sertlik Testi

Sertlik, bir metalin kalıcı (yoğruk) biçim değiştirmeye veya plastik deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür. Deney LAC-J Shore A tipi sertlik cihazı ile ölçülerek yapılmıştır.

3.4.3 Pürüzlülük

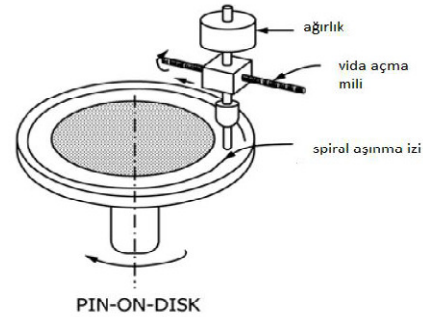
Pürüzlülük değerleri Mahr M400 markalı yüzey pürüzlülük cihazı ile gerek numunelerden gerekse aşınma deneyi kullanılan pin-on-disk cihazının diskinden sürtünme yüzeylerinden ve sürtünmemiş bölgelerden değerler ölçülmüştür.

3.4.4 Parlatma ve Ultrasonik Temizlik

Numunelerin yüzey parlatması Metkon marka Forcipol 2V model Zımparalama ve Parlatma Cihazı (Disk Sayısı: 2, Hız: 50-600 rpm, Disk Çapı: 200-250 mm) ile yapılmış ve ultrasonik temizleme işlemi üçer defa tekrar edilmiştir.

3.4.5 Pin- on Disk Sürtünme Testi

Pin on Disk aşınma testi ASTM nin ilgili standartları olan ASTM G99-95 baz alınarak Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarında yer alan Pin-on Disk test cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: Pin-on Disk Aşınma Testinin Şematik Gösterimi

F= P.A formülü kullanılarak,

TS 9076'ya göre P = 1050 kPa olarak görülür.

12,5 mm numunede $A = \pi \cdot d^2 / 4 = 12,272.10^{-5}$

Buradan F kuvveti 128,9 N bulunur. Bu kuvvetin yerçekimine oranı bize kg kuvvet cinsini verecektir ki bu da $128,9 (N) / 9,80665 (N/kg) = 13 \text{ kg}'\text{dir}$.

Aşınma cihazı redüktör oranı 3.9 ve maksimum dönme devri 3000rpm'dir. 3m/s ve 6 m/s'de aşınma testlerinin yapılması için uygun devirler sırasıyla 3000 ve 1500 rpm olarak hesaplanmıştır.

Cihazın ne kadar süre ile çalıştırılması gerektiği ise, n.2.π.d formülü kullanılarak 3 m/s ve 6 m/s için sırasıyla 26 ve 13 dk olarak hesaplanmıştır(Aras 2019).

Aşınma deneyi TS 9076'da yer alan P=1050 kPa için 13 kg yük ile sabit 3m/s ve 6 m/s hızda ve 5000m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir.

3.4.6 SEM ve Stereo Işık Mikroskop Görüntüleri

Mikroskopik görüntüleri Ertürk Oto Servisi Ar-ge Laboratuvarındaki stereo ışık mikroskop ile alınırken SEM görüntüleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji araştırma ve uygulama merkezinde numunelerin aşınan yüzeylerinin farklı yakınlaştırma aralığında alınmıştır.

3.4.7 Fren test cihazı

Fren balata performans test cihazı; disk ve balata üzerinde oluşan gerçek frenleme performanslarının belirlenmesinde kullanılır.Frenleme performansının belirlenmesi amacıyla üretilen organik bileşimli numuneler test edilmek üzere konu üzerine yapılan çalışma literatürleri incelenerek bir deney cihazı tasarlanmıştır.

Deneyler için kullanılan deney cihazında TS 555 ve TS 9076 incelenerek uygun ölçüm aletleri ve bir takım aparatlar kullanılmıştır. Mekanik tasarımda elektrik motoru(4 kW, 1500dev/dak), kumanda elemanları, fren merkezi, disk, balata, kaliper, hidrolik hortum, balata tutucu pabuç kullanılmıştır.

Diğer deney ve ölçü aletleri ise; veri depolama bilgisayarı, kuvvet ölçer, hidrolik basınç ölçer, termokupl ve dönüştürücü, loadcell (Yük hücresi), loadcell sayısal çevirici, temperature logger dönüştürücü, invertör ve kontrol paneli, hassas kütle ölçerdir.

4. Deney Sonuçları

4.1 Yoğunluk Testi Sonuçları

Yoğunluk sonuçları 1.1.1 numunesi için 1,705 gr/cm³, 1.1.2 numunesi için 1,722 gr/cm³, 1.1B numunesi için 1,710 gr/cm³'dur.

4.2 Sertlik Testi Sonuçları

Shoremetre ile ölçülen sertlik değerleri 1.1.1 numunesi için 92, 1.1.2 numunesi için 88, 1.1B numunesi için 93'tür.

4.3 Pürüzlülük Testi Sonuçları

Pürüzlülük değerleri 12,5 mm numuneler için Ra 0,41 ; Rz 2,43 ve 29 mm numune için Ra 0,46 ; Rz 4,49 ve Pin on diski için Ra 0,42 ; Rz 3,08'dir.

4.4 Pin - on- Disk Sürtünme Test Sonuçları

Deney TS 555 ve TS 9076 esas alınarak 5000m sabit kayma mesafesinde P=1050 kPa basınç için hesaplanmış 13 kg yük altında 3 m/s ve 6 m/s sabit hızlarında ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Deney düzeneğine bağlı bir bilgisayar yardımıyla veriler kaydedilerek sürtünme katsayıları hesaplanmış sürtünme katsayılarının 0,28 ile 0,31 aralığında olduğu ve aşınma oranlarının % 0,21 ile % 0,24 arasında olduğu görülmüştür.

4.5 Fren Testi

Deneylerin yapılması için Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Laboratuvarı kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Aşındırıcı testler için gri dökme demir bazlı 220 mm çapında üretimi yapılmış disk kullanılmıştır. Elektrik motoru fren diskindeki hareketi sağlamakta kullanılmış olup, frenlemedeki pedal kuvveti test cihazında frenleme için tasarımı yapılmış olan fren pedal elemanının döndürülmesiyle sağlanmaktadır.

Döndürme hareketi sayesinde, itme çubuğu merkez pompa pistonunda sabit bir kuvvetin uygulanmasını sağlamaktadır.

TS 9076 incelenmesi sonucunda 220 mm iç çaplı kampana için 310 ve 420 rpm kampana devirlerinde oluşan çevresel hızlar;

$$\omega = (n \cdot 2 \cdot \pi \cdot r) / 60 \text{ (m/s)} \quad (1. \text{Denklem})$$

“ ω ” kampanadaki çevresel hız (m/s), “n” kampanadaki devir (rpm), “r” kampananın yarı çap (m) ölçüsüdür (Toros 2011).

Kampananın devri 310 rpm ve kampananın yarıçapı 0,10 m değerleri (1) numaralı denklemde yazıldığında;

$$\omega_{310}=(310*2*\pi*0,10)/60 =3,57 \text{ m/s}$$

Kampananın devri 420 rpm ve kampananın yarıçapı 0,10 m değerleri (1) numaralı denklemde yazıldığında;

$$\omega_{420} =(420*2*\pi*0,10)/60 =4,83 \text{ m/s} \text{ olarak bulunur.}$$

Buna göre (2) numaralı denklemde “ ω ” ile diskin temas ettiği yarıçap 0,10 m olarak yazılırsa deney için kullanılacak disk devirleri;

$$n = (\omega * 60) / (2 * \pi * r) \quad (2. \text{Denklem})$$

$$n_1 = (3,57 * 60) / (2 * \pi * 0,10) = 340 \text{ rpm}$$

$$n_2 = (4,83 * 60) / (2 * \pi * 0,10) = 461 \text{ rpm} \text{ olacaktır.}$$

29 mm çaplı numunelerde temas alanını;

$$A = (\pi * D^2) / 4 \text{ (mm}^2\text{)} \quad A = (\pi * 28^2) / 4 = 616 \text{ mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Frenleme deneyleri 4,8 m/sn hızda, 125 N kuvvet altında yapılmıştır.

Deney cihazı çalışmasında pedal kuvvetleri artırılarak uygulanmış olup 125 N pedal kuvveti sonrasında frenleme etkisi ile motorun durduğu gözlemlenmiştir.

Deney aşağıdaki ortam ve şartlarda gerçekleştirilmiştir.

1. Deneyde ortam ve başlangıç sıcaklığı 35 °C olarak ölçülmüştür.

2. Numunelerin yüzeyleri 340 dev/dak ve 125 N fren pedal kuvveti altında, fren diskinin çevresel hızı 3,5 m/s iken ve 30 dakika boyunca sürekli sürtünme uygulanarak fren diskine %95 alanın teması sağlanıncaya kadar alıştırma ve aşınma işlemi yapılmıştır.

3. 125 N pedal kuvveti altında, 460 dev/dak’da, fren diski çevresel hızı 4,8 m/s ve 10 dakika boyunca sürekli frenleme esnasında oluşan balata

ve disk sıcaklık değişimleri ile pedal kuvveti değerleri belirli sürelerle bilgisayar ortamında kaydedilmiştir.

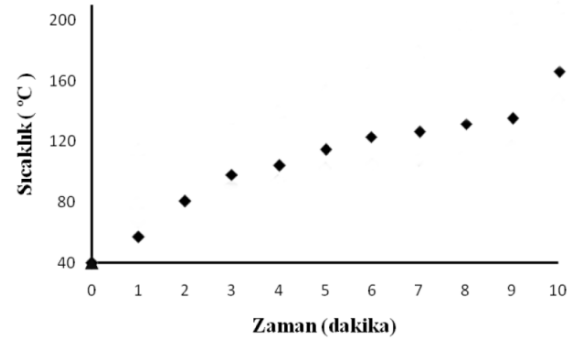
4. Numunelerin frenleme pedal kuvvetinde sürtünmeleri gözlenerek tüm deneylerin sonunda numuneler elektronik terazide tartılarak kütle kaybı tespit edilmiş ve aşınma miktarları belirlenmiştir.

5. Disklerde oluşan sıcaklık farklı parametrelerin denenmesi amaçlanarak kendiliğinden soğumaya veya basınçlı hava ile soğutulması işlemi yapılmıştır.

4.5.1 Frenleme Esnasındaki Numune Sıcaklık-Zaman Değişimi

Üretilen numunelerin tamamı 125 N sürekli frenleme ile teste tabi tutulmuştur. Sıcaklık termokupul ile ölçülmüş ve dönüştürücü ile saniyede bir veri alınarak 10 dakikalık periyotlar halinde bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

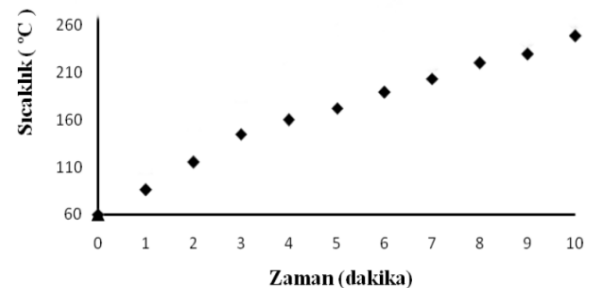
Organik olarak üretilmiş numunelerin 125 N pedal kuvveti altında 10 dakika sonunda, sıcaklığı 161 °C sıcaklığa ulaşmıştır. (Şekil 2)



Şekil 2: 125 N Kuvvet altındaki organik bileşimli numunenin sıcaklık grafiği

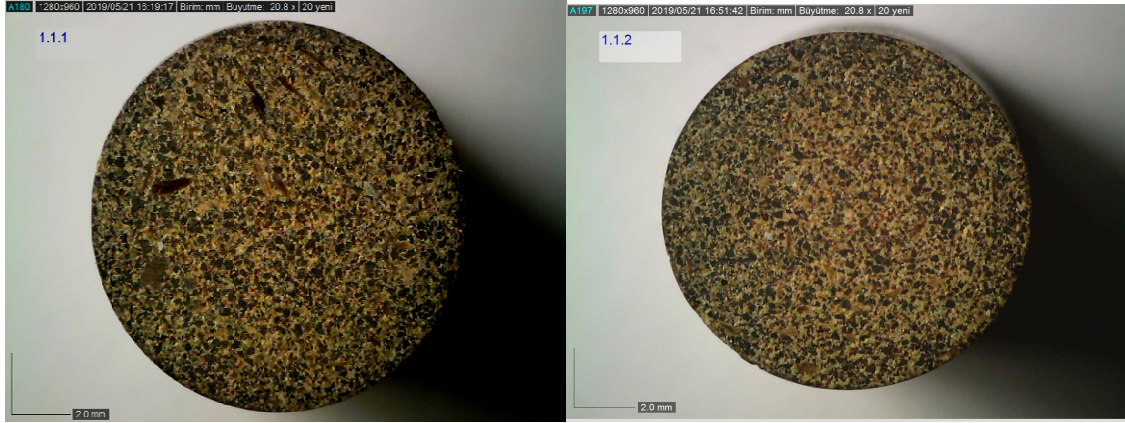
4.5.2 Diskte Oluşan Sıcaklık-Zaman Değişimi

Disk 125 N pedal kuvveti altında 10 dakika sonunda 248 °C sıcaklığa ulaşmıştır. (Şekil 3)

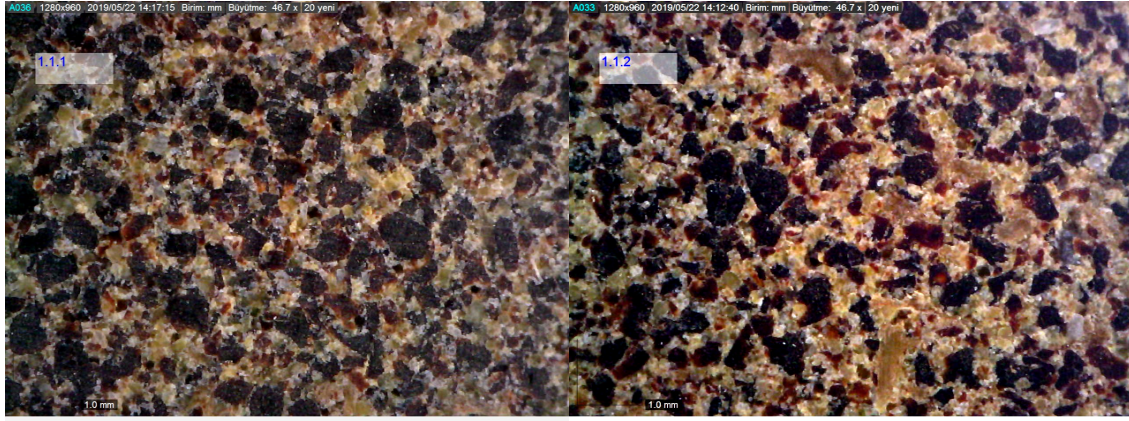


Şekil 3: 125 N Kuvvet altındaki disk sıcaklık grafiği

4.6 Stereo Işık Mikroskop Görüntüleri



Resim 1:12,5 mm çaplı, Solda 1.1.1; Sağda 1.1.2 numunesinin x20 büyütmede stereo ışık mikroskop görüntüsü

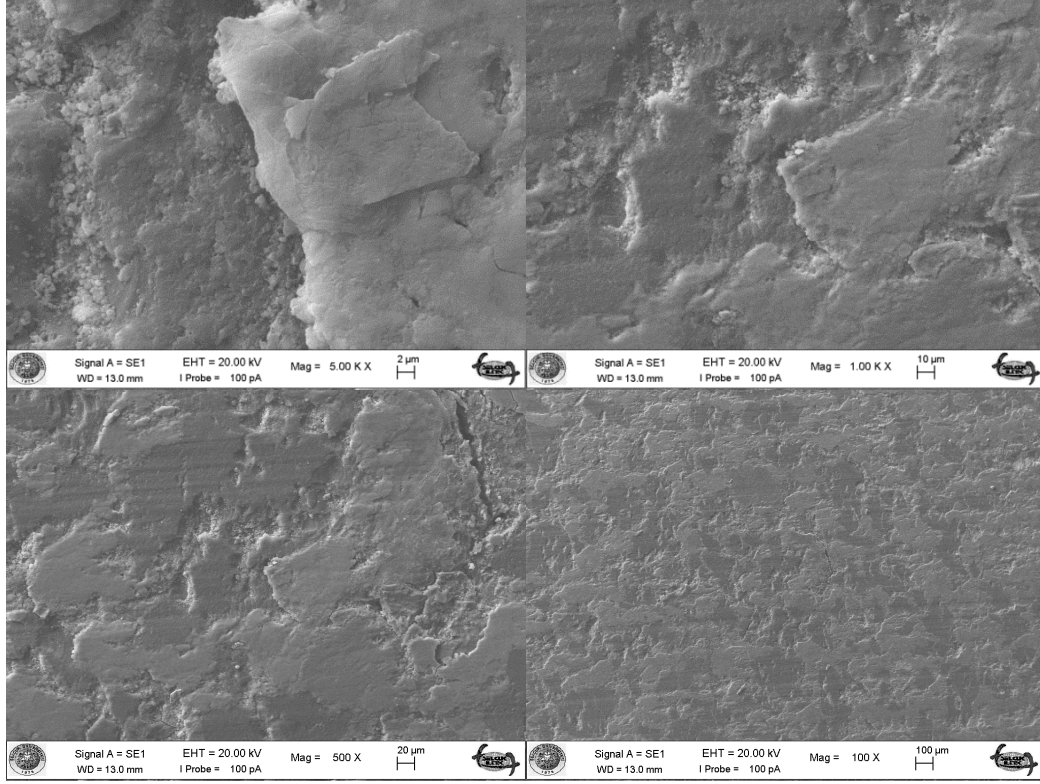


Resim 2:12,5 mm çaplı, Solda 1.1.1; Sağda 1.1.2 numunesinin x46,7 büyütmede stereo ışık mikroskop görüntüsü

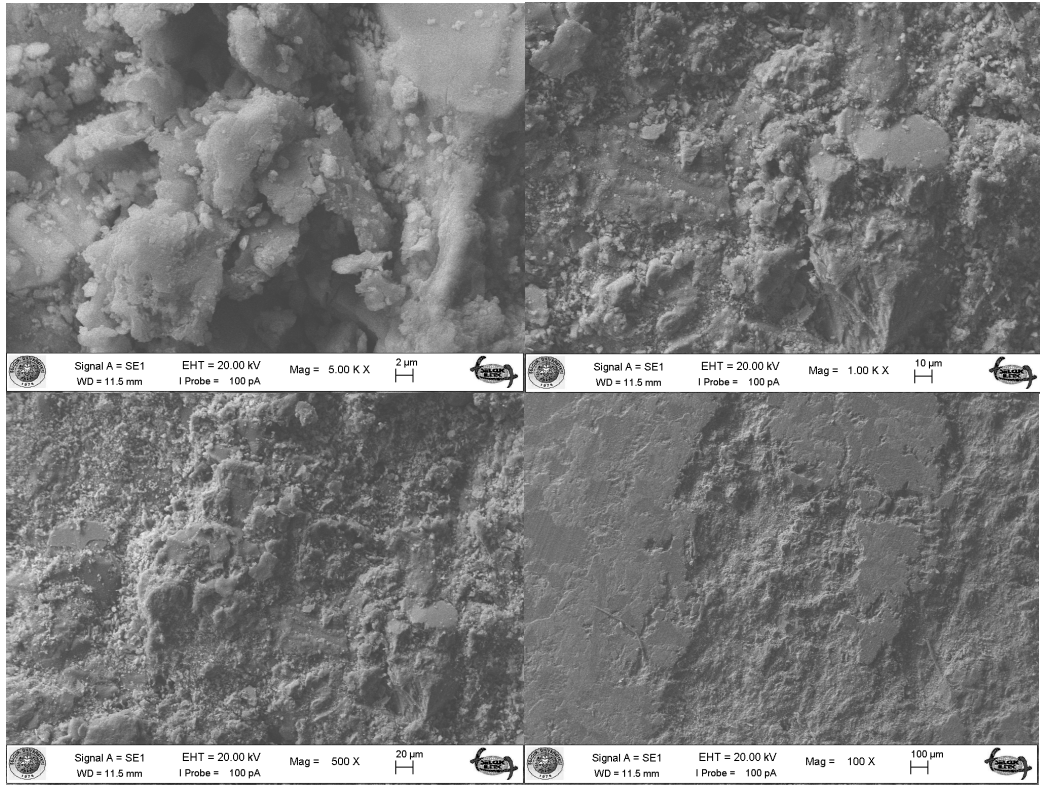


Resim 3:29 mm çaplı, Solda ve Sağda 1.1.B numunesinin x46,7 büyütmede stereo ışık mikroskop görüntüsü

4.7 SEM Görüntüleri



Resim 4:1.1.1 numunesinin 20.00 kV'da 5KX, 1 KX, 500X, 100X büyütmede SEM görüntüsü



Resim 5:1.1.2 numunesinin 20.00 kV'da 5KX, 1 KX, 500X, 100X büyütmede SEM görüntüsü

5.Sonuçlar Ve Değerlendirme

Bu çalışmada yoğunluk, sertlik, pürüzlülük, sürtünme katsayısı ve aşınma oranı testleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda yoğunluklar 1,700-1,1725 g/cm³ arasında değişmektedir. Shore sertlikleri 85 ile 95 aralığında değişmektedir. Sürtünme katsayısı 0,28 ile 0,31 arasında değişmektedir. Aşınma oranları %0,21 ile 0,24 aralığında değişmektedir. Frenleme karakteristiğinin belirlenmesinde organik olarak üretilmiş numuneler 125 N pedal kuvveti altında test edilmiş ve deney sırasında balata ve disklerde oluşan sıcaklıklar bilgisayar ortamında kaydedilmiş ve numunelerdeki aşınma oranları deneysel olarak irdelenmiştir.

- TS 555 standartlarına bakıldığında yoğunluk, sertlik, sürtünme katsayıları normal aralıkta kabul edilebilirken aşınma oranlarının tartışılabilir durumda olduğu görülmüştür.
- Fren testi deneyi esnasında sıcaklığın sürekli artması sonucunda; yüksek sıcaklık değerlerinde frenleme kuvvetinde azalmalar olduğu görülmüştür. 125 N yük altında yapılan deneylerden elde edilen grafikler incelendiğinde bazı sıcaklık aralıklarında sisteme etki eden sıcaklığın periyodik olarak sürekli olarak değişiminden sistemin olumsuz etkilendiği düşünülmektedir (Akkök, Erden ve Eskicioğlu 1986)
- Stereo Işık Mikroskop Görüntüleri başlığında bulunan 20x büyütmede 12,5 mm çaplı 1.1.1 ve 1.1.2 numune görüntüleri (Resim 1) incelendiğinde malzemelerin homojen bir dağılım gösterdiği, 1.1.1 numunesinde yer yer miskantus parçacıklarının gözle görülebilecek boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir. 46,7x büyütmede 12,5 mm çaplı 1.1.1 ve 1.1.2 numune görüntülerinde (Resim 2) ise numune de kullanılan malzemelerin homojen dağılımda ve istenildiği gibi olduğu, 46,7x büyütmede 29 mm çaplı 1.1.B numunesinde (Resim 3) de aynı şekilde malzemelerin homojen bir dağılımda olduğu tanelerin düzenli dağılımı gözlemlenmiştir.
- SEM Görüntüleri başlığında bulunan 1.1.1 numunesinin 20.00 kV'da 5KX, 1KX, 500X, 100X büyütme görüntüleri (Resim 4) incelendiğinde dairesel aşınma yüzeyleri 100X ve 500X büyütmede gözlemlenirken, 1KX ve 5KX büyütme de sürtünme ve reaksiyon ısısına bağlı olarak gelişen ablativ aşınma ve yumuşak malzemeye sürten sert malzemenin kesme etkisiyle abrasiv aşınma olduğu gözlemlenmiştir.
- 1.1.2 numunesinin 20.00 kV'da 5KX, 1KX, 500X, 100X görüntüleri (Resim 5) incelendiğinde ise birbirleriyle kayma sürtünmesi yapan malzeme çiftinde meydana gelen kaynaklaşma sonucunda bazı bölgelerde adhesiv aşınma görüldüğü, bazı bölgelerde ise yumuşak malzemeye sürten sert malzemenin kesme etkisiyle abrasiv aşınmanın olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle 5KX büyütmede abrasiv aşınma açıkça görülmüştür.
- SEM görüntüleri dikkate alındığında genellikle abrasiv ve ablativ aşınmaların görüldüğü gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak ticari balatalardaki maliyet ve çevresel etkiler göz önüne alındığında bu çalışmada kullanılan organik malzemelerin TS 555 normları doğrultusunda olumlu sonuçlar elde edilmesinin bir örneği olmakla beraber, bileşim oranları değiştirilerek, farklı dolgu malzemeleri kullanılarak ya da dolgu malzemesi başkaca eleklere elenip tane boyutları değiştirilerek aşınma oranları azaltılabilir sonraki çalışmalarda kullanılabilir ve kıyaslamalar yapılabilir.

6. Kaynaklar

- Akkök M., Erden A., Eskicioğlu H., 1986, 2. Ulusal Makine Tasarımı ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı, ODTÜ Matimaren Kitapları, Ankara, 77-362.
- Akkurt, M., (1982), Makine Elemanları, II. Cilt. Birsen Yayınevi, 18-85.
- Aras, S., (2019), Organik Malzeme Esaslı Hibrit Sürtünme Kompozitlerinin Balata Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 116.

Bowden, F.P., Tabor, (1950), Frictional Lubrication of Solid. Part-I Oxford Un. Pres, 114-269.

Gemalmayan, N., (1984). Sürtünme malzemelerinin (balataların) özelliklerinin deneysel incelenmesi asbetsiz balata malzemelerinin yapımı ve uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 261.

Kocabaş, İ., (2012), Kompozit Malzemelerin Fren Balatalarında Kullanılabilirliğinin Ve Frenleme Performansının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 158.

Mavi, A., 2014. Taşıt Frenlerinde Sıcaklık Etkisine Bağlı Olarak Fren Kuvveti Değişiminin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 79.

Raymond, A., H., (1968), The Intermetallic Compound. Engineering Metallurgy, 270- 278

Toros, M., 2011, Fren Balatalarında Nano Malzemelerin Kullanımının Frenleme Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 113.