



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZLARININ TAŞIT
FREN BALATALARINDA KULLANIMI VE
AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Esra KESKİN

YÜKSEK LİSANS

**Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim
Dalı**

Kasım-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Esra KESKİN tarafından hazırlanan “ Zeytin Çekirdeği Tozlarının Taşıt Fren Balatalarında Kullanımı ve Aşınma Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması 22/11/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Hasan AKYILDIZ

Danışman

Prof. Dr. Recai KUŞ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ALTINTAŞ YILDIRIM

İmza

.....
.....
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Esra KESKİN

Tarih: 22/11/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ZEYTİN ÇEKİRDEĞİ TOZLARININ TAŞIT FREN BALATALARINDA KULLANIMI VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Esra KESKİN

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recai KUŞ

2019, 47 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Recai KUŞ

Doç. Dr. Hasan AKYILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ALTINTAŞ YILDIRIM

Fren balatası üretiminde kullanılan asbestin insan sağlığını olumsuz etkilemesi sonucunda araştırmacılar asbeste alternatif yeni malzeme arayışına girmişlerdir. Bu çalışmada, fren balatalarında asbestin yerine ekolojik bir malzeme olan zeytin çekirdeği (ZÇ) tozu kullanımının, balatanın aşınma özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Zeytin çekirdeği tozları ağırlıkça %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında eklenerek 5 farklı kompozisyon oluşturulmuştur. Balataların üretiminde takviye malzemesi olarak zeytin çekirdeği, bağlayıcı olarak fenolik reçine, dolgu malzemesi olarak barit, sürtünme düzenleyici olarak bronz, katı yağlayıcı olarak grafit ve aşındırıcı olarak alümina kullanılmıştır. Numune üretimi için toz bileşenler 1000 d/dak.' da, 12 dak. karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar tek yönlü pres ile 10 MPa basınçta, 150 °C presleme sıcaklığında 15 dak. preslenmiştir. Üretilen deney numunelerinde düzgün bir yüzey elde etmek için önce zımparalama, ardından ultrasonik temizlik yapılmıştır. Numunelerin yoğunluk, sertlik, aşınma oranı ve sürtünme katsayısı değerleri belirlenmiş, SEM görüntüleri alınarak incelenmiştir. Ticari bir balatadan alınan örneklerle de yoğunluk, sertlik, pin-on disk aşınma testleri yapılmış ve çıkan sonuçlar mukayese edilmiştir. Pin on disk aşınma deneyi iki farklı hız ve basınçta çalışılmıştır. Böylece sürtünme katsayısı ve aşınma oranına hız ve basıncın etkisi incelenmiştir.

Çalışma sonunda, ZÇ oranı arttıkça sertlik ve yoğunluk değerlerinin azaldığı görülmüştür. Hızın artmasıyla birlikte aşınma oranı ve sürtünme katsayısının arttığı, basıncın artmasıyla birlikte aşınma oranı ve sürtünme katsayısının azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asbest, Aşınma, Ekolojik Malzeme, Fren Balatası, Sürtünme Katsayısı, Zeytin Çekirdeği Tozu

ABSTRACT

MSc THESIS

THE USE OF OLIVE SEED POWDERS IN VEHICLE BRAKE PADS AND INVESTIGATION OF WEAR PROPERTIES

Esra KESKİN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Metallurgical and Materials Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Recai KUŞ

2019, 47 Pages

**Jury
Prof. Dr. Recai KUŞ
Assoc. Prof. Dr. Hasan AKYILDIZ
Asst. Prof. Dr. Özlem ALTINTAŞ YILDIRIM**

Asbestos used in the production of brake lining has a negative impact on human health, researchers have been searching for new materials asbestos alternative. In this study, the effects of the use of olive seed (ZC) powder, an ecological material, on the wear properties of the brake pads were investigated. 5 different compositions were created by adding in ratios of 3%, 6%, 9%, 12% and 15% by weight of olive seed powder. In the production of linings, olive seed were used as reinforcement material, phenolic resin as binder, barite as filler material, bronze as friction regulator, graphite as solid lubricant and alumina as abrasive. The powder components were mixed at 1000 rpm for 12 minutes for sample production. The prepared mixtures were pressing by unidirectional press at 10 MPa pressure, 150 ° C pressing temperature for 15 min. In order to obtain a smooth surface, firstly sanding and then ultrasonic cleaning were performed. The density, hardness, abrasion rate and friction coefficient values of the samples were determined and examined by taking SEM images. Density, hardness, pin-on disk abrasion tests were performed on the samples taken from a commercial lining and the results were compared. Pin on Disk wear test was conducted at two different speeds and pressures. Thus, the effect of velocity and pressure on the coefficient of friction and the rate of wear were studied.

At the end of the study, it was observed that hardness and density values decreased as ZC ratio increased. It was determined that rate of wear and the coefficient of friction increased with the increase of speed, and the rate of wear and the coefficient of friction decreased with the increase of pressure.

Keywords: Asbestos, Coefficient of Friction, Ecological Material, The Brake Lining, , Olive Seed Powder, Wear

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Recai KUŞ' a, karşılaştığım sorunları hiçbir zaman çözümsüz bırakmayan Prof. Dr. Mustafa ACARER hocama, kıymetli yardımlarından dolayı Dr. Sait ARAS' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim- öğretim hayatım boyunca her koşulda yanımda olan ve beni destekleyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Esra KESKİN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Fren Sistemleri	1
1.1.1. Fren sistemlerinin çalışma prensibi	2
1.1.2. Fren sisteminin çeşitleri	3
1.1.3. Disk frenleme sistemi	4
1.2. Balatalar	5
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Üretim Planlaması.....	11
3.2. Materyal	11
3.2.1. Bağlayıcılar	12
3.2.2. Takviye Elemanı	13
3.2.3. Dolgu Malzemeleri	15
3.2.4. Sürtünme Ayarlayıcılar	16
3.2.5. Katı Yağlayıcı	17
3.2.6. Aşındırıcılar (Abrazifler)	18
3.3. Deney Numuneleri Formülünün Belirlenmesi	19
3.4. Deney Numunelerinin Üretilmesi	20
3.5. Numunelerin Test İçin Hazırlanması	22
3.5.1. Zımparalama işlemi	22
3.5.2. Ultrasonik temizlik	23
3.6. Yöntem.....	23
3.6.1. Yoğunluk ölçümü	23
3.6.2. Sertlik ölçümü	24
3.6.3. Yüzey pürüzlülüğü	25
3.6.4. Pin-on Disk aşındırma testi	26
3.6.5. Mikroskop ve SEM Görüntüleri	27
4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Yoğunluk	29
4.2. Sertlik	29
4.3. Yüzey Pürüzlülüğü	30
4.4. Sürtünme Katsayısı ve Aşınma Oranı	31
4.4.1. Hızın sürtünme katsayısı ve aşınma oranına etkisi	31

4.4.2. Basıncın sürtünme katsayısı ve aşınma oranına etkisi.....	33
4.5. Mikroskop ve SEM Görüntüleri	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
5.1. Sonuçlar	41
5.2. Öneriler	43
KAYNAKLAR	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	:	Derece Celsius
dak.	:	Dakika
MPa	:	Mega paskal
vb.	:	Ve benzeri
Max	:	Maksimum
g	:	Gram
cm ³	:	Santimetre küp
d	:	Yoğunluk (g/cm ³)
m ₁	:	Numunenin havadaki kütlesi
m ₂	:	Numunenin alkoldeki kütlesi
m	:	Metre
mm	:	Milimetre
N	:	Newton (kg.m.s ⁻²)
S	:	Kayma mesafesi (m)
W _a	:	Aşınma oranı (mm ³ .N ⁻¹ .m ⁻¹)
ΔG	:	Ağırlık kaybı (mg)

Kısaltmalar

TB	:	Ticari fren balatası
ZÇ	:	Zeytin çekirdeği
ZÇ3	:	Kütlece %3 zeytin çekirdeği içeriğine sahip numune
ZÇ6	:	Kütlece %6 zeytin çekirdeği içeriğine sahip numune
ZÇ9	:	Kütlece %9 zeytin çekirdeği içeriğine sahip numune
ZÇ12	:	Kütlece %12 zeytin çekirdeği içeriğine sahip numune
ZÇ15	:	Kütlece %15 zeytin çekirdeği içeriğine sahip numune

1. GİRİŞ

Motorlu taşıtlar, eski çağlardan beri insan ve yük taşımacılığında kullanılan karmaşık makinelerdir. Bu makineler gelişen teknolojiyle birlikte modern dünyanın vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Bu amaçla ortaya çıkan otomotiv sektörü hızla gelişmeye başlamıştır. Otomotiv sektöründeki bu gelişmeler güvenilir, ekonomik ve çevreci taşıtların üretilmesi, şehirlerin genişlemesi, okul, hastane, işyerleri ve alışveriş merkezlerinde geniş park yerlerinin yapılması gibi insanların yaşama şekillerini etkileyen birtakım değişikliğe yol açmıştır. Otomotiv sanayindeki bu pozitif gelişmeler birçok yan sanayinin de gelişmesini sağlamıştır (Çetinkaya, 2013).

Günümüzde taşıt sayısının hızla artmasıyla trafik kazaları da artmaya başlamış, buna bağlı olarak istenmeyen can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Sürücü hatası kaynaklı kazaların dışında, trafik kazalarının pek çoğu fren sisteminden kaynaklanmaktadır.

Taşıtların en önemli sistemlerinden biri fren sistemidir. Fren sistemleri basit bir mekanizmayla çalışarak çok iyi sonuçlar verebilen bir sistemdir. Sürücülerin araçlarını düzenli aralıklarla kontrol ettirmeleri aracın ömrünü uzatırken, olası kazaları önleyerek can ve mal kayıplarının yaşanmasına da engel olur.

1.1. Fren Sistemleri

Fren sistemi, hareket halindeki aracı durdurmaya veya yavaşlatmaya yarayan en önemli güvenlik sistemlerinden birisidir. Taşıtlarda emniyetli bir sürüş için fren sisteminden, her türlü yol ve iklim şartlarında hızlı ve güvenli bir şekilde durabilme yeteneğine sahip olması beklenir.

Fren sistemi, fren pedalı, diskler, kampana, balatalar, piston, kaliper, fren hidroliği, elektrik motoru, itme çubuğu, merkezi pompa, ABS, ASR ve FDR gibi birçok parçadan meydana gelmektedir. Balata ve disk frenleme olayını yerine getiren en önemli parçalardandır. Fren sisteminde balata ve diskin uyum içerisinde çalışması beklenir. Balata veya diskin hasar görmesini engellemek için ani frenlemelerden kaçınılmalıdır.

Fren sisteminde, fren balata malzemeleri kararlı ve yüksek sürtünme seviyesi, iyi aşınma direnci, düşük gürültü ve titreşim gibi bir takım ihtiyaçları karşılamalıdır. Fren balatasının aşınması olabildiğince en aza indirilmelidir (Sellami ve ark., 2018).

1.1.1. Fren sistemlerinin çalışma prensibi

Taıtlardaki fren sisteminin başlıca görevleri ŗunlardır:

- Aracın yavalamasını sağlamak
- Güvenli bir duruş gerçekleştirmek
- Duran aracın hareketini engellemek
- Yoku aşağı yollarda aracın hızını sabit tutmaktır.

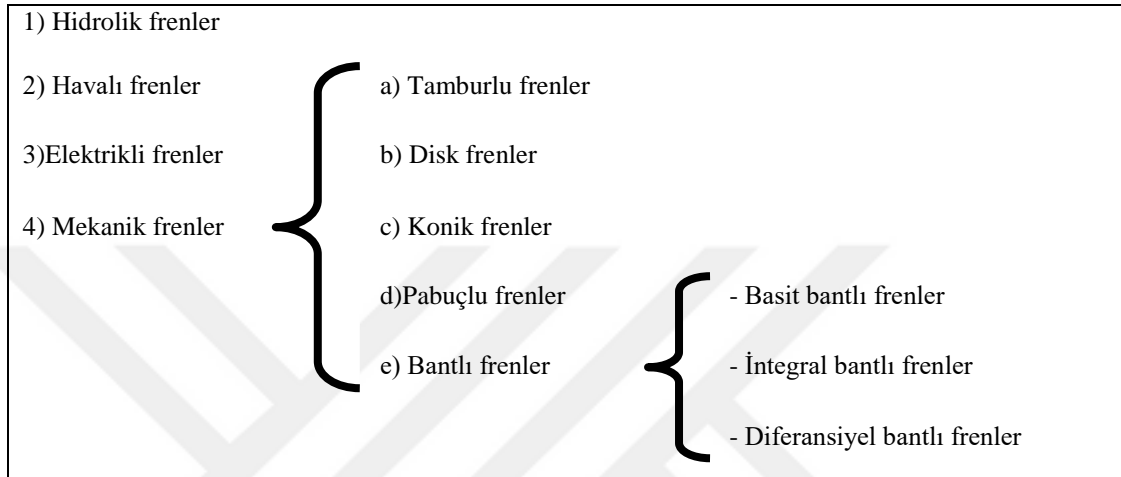
Fren sistemlerinin belli bir çalışma prensibi vardır. Fren pedalına basıldığında sistemde yer alan hidrolik sıvı pistonu hareket ettirir. Hareket eden pistonlar fren balatasına baskı uygular ve balata ile diskin temasını sağlar. Bu temas balata ve disk arasında bir sürtünme kuvveti meydana getirir. Oluşan sürtünme kuvvetinin etkisiyle tekerleklerin yavaşlaması sağlanır ve aracın hızı istenilen ŗekilde kontrol altına alınabilir. Fren pedalına uygulanan gc arttıkça aracın yavaşlaması da o kadar artar.

Bir taıtta motor aracı harekete geçirebilmek için ısı enerjisini kinetik enerjiye dönüştürürken, frenler de kinetik enerjiyi ısı enerjisine çevirerek aracın durmasını sağlar. Kinetik enerji hızın karesiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Aracın durabilmesi için fren mekanizmasının bu kinetik enerjiyi yenmesi gerekir. Bu nedenle fren gücünün motor gücüne göre daha fazla olması gerekir. Fren sistemlerinde sürtünme malzemeleri sağlam ve güvenilir sürtünme kuvveti oluşturabilmek için tasarlanmıştır (Jang ve Kim, 2000).

Fren sistemi hareket enerjisini absorbe ederek ısıya dönüştürmek ve açığa çıkan bu ısıyı atmosfere iletmektedir. Eėer frenlemede çıkabileceği maksimum ısının üzerine çıkılırsa balataların sürtünme katsayısında azalma görülür. Balata aşınması denilen bu azalma ile frenlerin durdurma kabiliyetinde d meydana gelir. Balatalar zamanla aşınma noktası sıcaklığına doğru soğudukça eski performanslarına geri dönerler (Boz ve Kurt, 2006).

1.1.2. Fren sisteminin çeşitleri

Taşıtlar üzerinde farklı yapılarda frenler kullanılmaktadır. Fren sistemleri kullanım yerlerine ve istenilen özelliklere göre genel olarak gruplara ayrılmıştır. Fren sistemi çeşitleri Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Fren sistemi çeşitleri

Taşıtlardaki fren tasarımı özellikle son yıllarda büyük değişim göstermiştir. Uzun yıllar ön tekerleklerde diskli frenler, arka tekerlerde kampanalı frenler kullanılırken diskli frenlerin kampanalı frenlere göre daha çabuk soğumasından dolayı günümüzde arka tekerlerde de diskli frenler kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sebebi diskli frenlerin havalandırma kanallarının olmasıdır. Bu gibi avantajlarından dolayı otomobiller için diskli frenler evrensel bir seçenek haline gelmiştir (Rashid, 2014).

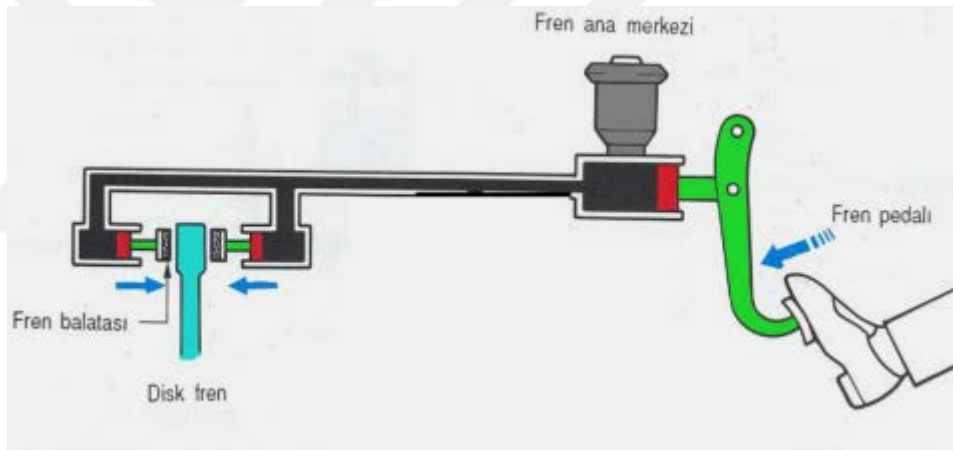
Frenleme esnasında araca etki eden bazı faktörler şunlardır:

- Balatayla disk/kampana arasındaki sürtünme kuvveti
- Tekerlek ile yol arasındaki sürtünme katsayısı
- Yolun özelliklerinden (taşlı, kumlu, ıslak, kaygan vs.) kaynaklanan kuvvet
- Yolun eğiminden kaynaklanan kuvvet
- Aracın hızı

Araçlarda taşıt türüne göre farklı fren sistemi kullanılmaktadır. Ülkemizde otomobillerin ön ve arka tekerleklerinde diskli fren kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaya başlamıştır.

1.1.3. Disk frenleme sistemi

Diskli fren sistemleri; kaliper, piston, balata, disk ve diğer bağlantı elemanlarından oluşurlar. Fren pedalına basıldığında merkez silindirden gelen hidrolik sıvı harekete geçer. Sıvılar sıkıştırılmaz olduğundan içinde buldukları kabın şeklini alır ve kabın her noktasına aynı basıncı uygularlar. Sıvıların bu özelliğinden yararlanılarak, harekete geçen hidrolik sıvı dar kesitli bir geçitten kaliperlerin arasındaki pistonu iletir. Fren pedalına basıldığında uygulanan kuvvet, hidrolik sıvı dar bir geçitten pistonu iletirken çok daha fazla olacak şekilde basınç oluşturur. Uygulanan basınç her noktada eşit olduğundan piston yer değiştirmek zorunda kalır.



Şekil 1.2. Disk fren sisteminin çalışması (Üstün, 2011)

Aşırı frenleme altında fren sisteminde ısı enerjisinin artmasıyla birlikte sistem elemanları bu ısıdan olumsuz etkilenmektedir. Sistem elemanlarını, oluşan bu olumsuz etkiden korumak için çabuk soğuyan frenler kullanılmaya başlanmıştır. Diskli frenler kampanalı frenlere göre daha çabuk soğuduğundan taşıtlarda kullanımı artmıştır. Ayrıca diskli frenler daha iyi performans sergilediğinden tercih sebebi olmuştur (Sugözü ve ark., 2011).

Diskli frenler diğer frenlere göre daha verimlidir. Aşırı ısınmayla meydana gelen disk ile balata arasındaki sürtünme kayıplarına karşı oldukça dirençlidir. Diskli frenlerde daha küçük sürtünme yüzeyi olduğundan daha fazla frenleme kuvvetine

gereksinim duyulabilir. Fren disklerinin havalandırılmalı olmasının sebebi hızlı soğutma yapması istenmesindedir (Kuş, 2014).

Disk frenleme sisteminin avantajları şunlardır;

- Kolay soğuyabilme özelliği sayesinde, yüksek sıcaklıklarda frenleme kuvvetinde azalma olmaz
- Balataların değiştirilmesi oldukça kolaydır
- Balataların baskı kuvveti daha fazladır
- Fren boşluğu kendiliğinden ayarlanabilir

Disk frenleme sisteminin dezavantajları şunlardır;

- Balata aşınması kampanalı frenlere göre daha fazladır
- Disk aşırı ısınabilir

Fenolik esaslı kompozitlerden yapılan otomotiv uygulamalarında disk frenin temel bileşeni fren balatasıdır. Taşıtların fren yapması sonucu disk frenlerin sıcaklığı başlangıç sıcaklığından çok daha fazla olur. Fren diskleri ve balata malzemeleri titreşimi, aşınmayı ve fren gürültüsünü azaltmak için birbirleriyle uyumlu olmalıdır (Choosri ve ark., 2019).

1.2. Balatalar

Fren balataları disk ile donanımlı araç türleri için tüm fren sisteminin önemli bir parçasıdır (Yawas ve ark., 2016).

Balata malzemelerinin istenilen özelliklerde olabilmesi için balata yüzeyine uygulanan basınç, aracın hızı, balata ve disk arasındaki sürtünmeden kaynaklanan sıcaklık gibi çalışma şartlarının iyi bilinmesi gereklidir (Timur ve Kılıç, 2013). Fren balataları için organik sürtünme malzemeleri, frenleme ve yavaşlama sağlayan, araçları güvenli bir şekilde durduran karmaşık yapıdaki kompozitler olarak bilinirler (Baklouti ve ark., 2015).

Frenleme için balata malzemeleri çok sayıda bileşen içeren ve disk parlatma, gürültü azaltma ve sürtünme katsayısını dengede tutma gibi belirli işlevleri sağlayan polimer matris kompozitlerdir (Österle ve ark., 2007). Fren balatasından istenilen özellikler şunlardır;

- Yüksek aşınma mukavemeti
- Sıcaklık direnci ve ısı iletkenliğinin yüksek olması

- İyi korozyon direnci
- Değişen hava şartlarından etkilenmeme
- Sürtünme katsayısının fren basıncı, hız ve sıcaklıktan bağımsız olması
- Farklı çalışma şartlarında sabit sürtünme performansı
- Yüksek mekanik mukavemet
- Balata malzemesinin sağlığa zararsız olması

Taşıt fren balatalarında üstün özellikleri nedeniyle uzun yıllar asbest kullanılmıştır. Asbestli fren balatalarının sağlık açısından zararlı olması nedeniyle Avrupa ülkelerinde kullanımı yasaklanmasına rağmen ülkemizde asbestli fren balatası kullanımı halen devam etmektedir. Bu durum karşısında ülkemiz bilim adamları da asbeste alternatif, insan sağlığını tehdit etmeyen ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzemeleri araştırmaya başlamışlardır (Mutlu ve ark., 2006).

1.3. Asbest

Asbest, yeryüzünün toprak örtüsünde bulunan kömür, demir, altın vb. cevherler gibi doğal bir mineraldir. Lifli bir yapıda olup ısıya, aşınmaya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Esneklik ve bükülebilme özelliğine sahiptirler. Isıya ve ateşe dayanıklı bir malzemedir. Asbest bu gibi üstün özellikleri nedeniyle uzun yıllar taşıt fren balatalarında kullanılmıştır. Frenleme esnasında oluşan asbest tozlarının havaya karışarak solunum yoluyla alınması durumunda akciğer kanserine yol açtığından kullanımı yasaklanmıştır. Bu sebeple insan sağlığını tehdit etmeyecek ve asbeste alternatif malzeme arayışına girilmiştir.

İlk üretilen kompozitlerde takviye elemanı olarak asbest kullanılıyordu. Asbest takviyeli polimerik kompozitler fren balatalarında kullanılırken çevreye ve insan sağlığına zararlı olduğu bulunmuştur. Bu nedenle son yıllarda takviye malzemesi olarak asbest yerine kevlar, cam elyaf, grafit ve doğal lifler kullanılmaya başlanmıştır (Ilanko ve Vijayaraghvan, 2016)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Fren balatası üretiminde ekolojik malzemelerin kullanımı ve tribolojik özelliklerin etkisi hakkında yapılan kaynak araştırmasında tez çalışmamızla ilgili olanlar incelenmiştir.

Lawal ve ark. yapmış oldukları bu çalışmada fren balatası üretiminde takviye malzemesi olarak, asbest gibi zararlı özellikleri olmayan palmye çekirdeği kabuğu ve lifi, hindistan cevizi kabuğu, pirinç kabuğu, muz kabuğu, mısır kabuğu, kakao çekirdeği ve limon kabuğu tozu gibi ekolojik malzemeler kullanmışlardır. Üretilen fren balatalarının fiziksel, mekanik ve tribolojik özelliklerini ticari bir fren balatası ile mukayese etmişlerdir. Düşük maliyetli ve çevre dostu balata üretimi yapılabileceği sonucuna varmışlardır (Lawal ve ark., 2018).

Naghmouchi ve ark. bu çalışmalarında zeytin çekirdeği tozlarının PVC' ye ilavesi ile oluşan malzemenin çekme, eğilme ve termal özelliklerini, darbe dayanımı ve aşınma direncini incelemişlerdir. Zeytinyağı üretiminden sonra geriye kalan katı atıklar belirli oranlarda nem ve yağ içerirler. Bu çalışmada zeytin çekirdeklerinin nem ve yağ içerikleri en aza indirgendikten sonra toz haline getirilmiştir. Dolgu malzemesi olarak kullanılan zeytin çekirdekleri %50 oranına kadar PVC' ye ilave edilmiştir. Elde edilen PVC- zeytin çekirdeği kompozitlerinin, PVC' ye göre sertlik değerleri yükselmesine rağmen mekanik mukavemeti ve darbe özellikleri düşüş göstermiştir. Buna göre PVC- zeytin çekirdeği kompozitleri otomotiv endüstrisinde, inşaat yapımında ve çeşitli alanlarda kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Naghmouchi ve ark., 2014).

Abutu ve ark. yapmış oldukları çalışmada asbestin zararlı etkilerini önlemek amacıyla yerine takviye malzemesi olarak deniz kabuğu kullanmışlar ve yeni bir fren balatası tasarlamışlardır. Bunun için gri ilişkisel analiz yöntemini kullanmışlar ve 27 farklı örnek üretmişlerdir. Proses parametreleri değiştikçe malzemenin özelliklerinin de farklı performans değerleri sergilediği sonucuna varmışlardır (Abutu ve ark., 2018).

Onyeneke ve ark. yaptıkları bu çalışmada motorlu taşıt fren balatasının tasarım ve imalatını yapmışlar ve Audi 90 model aracın geometrik özelliklerinde bir taşıtta test etmişlerdir. Temel malzeme olarak hindistan cevizi kabuğu ve cezayir menekşesi tozları, bağlayıcı olarak araldit ve epoksi reçinesi, aşındırıcı olarak alüminyum, bakır ve çinko, dolgu malzemesi olarak da kauçuk tozu kullanmışlardır. Numunelerin dinamik

sürtünme katsayısı 0,4- 0,65 arasında çıkmış ve bu malzemenin Audi 90' da kullanılabilirliği olduğunu gözlemlemişlerdir (Onyeneke ve ark., 2014).

Unaldi ve Kus bu çalışmalarında, otomotiv fren balataları için takviye malzemesi olarak miscanthus tozunun kullanılabilir olduğunu araştırmışlardır. Kaju, fenolik reçine, kalsit, alümina ve takviye malzemesi olarak da miscanthus kullanarak yeni fren balata örnekleri üretmişlerdir. Miscanthus içeriği % 10, % 25 ve % 40 olan bir baz formül hazırlayıp, kalıp basıncı 50, 100, 200 ve 300 MPa olacak şekilde presleme yapmışlardır. Üretilen deneme numunelerinin sertliği, yoğunluğu ve elek analiz özelliklerini incelemişlerdir (Unaldi ve Kus, 2014a).

Kılıçaslan bu çalışmasında, ülkemizde bol miktarda bulunan ve zeytinyağı eldesinden artakalan zeytin pirinasının, polyester matrisli kompozit malzemelerde kullanımını araştırmıştır. Zeytin çekirdeği parçalarını öğütmeden ve herhangi kimyasal bir işlem uygulamadan %30, %40, %50 ve %60 oranlarında kullanarak kompozit malzemeler üretmiştir. Çekirdek oranının artmasıyla, akma gerinimi ve yoğunlaşma gerinimi artmış, malzeme esneklik kazanmıştır. Ayrıca zeytin çekirdeği oranı arttıkça malzemelerin mekanik dayanımlarında azalma olduğu sonucuna ulaşmıştır (Kılıçaslan, 2016).

Sugözü bu çalışmasında, % 5, % 10 ve % 15 oranlarında maun cevizi tozu kullanarak 3 farklı bileşim elde etmiş ve yaptığı deneysel çalışmalarla maun cevizi tozunun fren balatalarında sürtünme performansına etkisini araştırmıştır. En fazla aşınma % 10, en az aşınma % 15 maun cevizi tozu ilave edilen örnekte bulunurken en kararlı sürtünme katsayısı %10 maun cevizi tozu içeren örnekte elde edilmiştir. Sonuç olarak üretilen fren balatalarının TS 555 standartlarına göre uygunluğu tespit edilmiştir (Sugözü, 2015).

Dante ve ark. sürtünme malzemeleri için hafif aşınmadan sert aşınmaya geçişte belli tribolojik testler ile oluşan sürtünmeyle beraber dağılan gücün etkisini ve ilişki düzeyini incelemişlerdir. Harcanan güç yoğunluğu ya farklı türde sürtünme malzemeleri arasında karşılaştırma yapmak ya da sürtünme malzemelerinin kritik aşınma özelliklerini belirlemede önemli bir değişken olabileceği sonucuna varmışlardır (Dante ve ark., 2009).

Bijwe ve ark. balatanın tribolojik özelliklerine, sürtünme malzemelerinde nanometre ebatlarındaki aşındırıcıların etkilerini incelemişlerdir. Mikro ve nano aşındırıcı olarak Silisyum karbür (SiC), alümina (Al₂O₃) ve silika (SiO₂)

kullanmışlardır. Sonuç olarak silikanın en iyi aşınmayı sağladığı kanıtlanmıştır. SEM analizi ile aşınmış yüzeyler incelenerek aşınma mekanizmalarının büyük oranda değiştiği tespit edilmiştir (Bijwe ve ark., 2012).

Öztürk yapmış olduğu bu çalışmada, otomotiv fren balatalarında aşındırıcı cinsi ve tane boyutunun sürtünme-aşınma performansına olan etkisini incelemiştir. Farklı cins ve tane boyutuna sahip SiC, Al₂O₃ ve bor karbür (B₄C) seramik tozları numune üretiminde kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre aşındırıcı tane boyutunun sürtünme katsayısıyla doğru, özgül aşınma değeriyle ters orantılı olarak değiştiğini gözlemlemiştir. Numunelerin aşınma olayındaki davranışlarının ve mekanizmalarının belirlenmesi amacıyla aşınma parçacıkları ve numunelerin aşınma yüzeylerinin SEM görüntüsünü incelemiştir (Öztürk, 2018).

Handa ve Kato, bir aşınma cihazı kullanarak ve bileşenlerin içeriğini değiştirerek yüksek disk sıcaklığında (80 °C' nin üstünde), dökme demirden yapılmış bir diske karşı balatanın sürtünme katsayısı ve aşınma oranı özelliklerini araştırmışlardır. Aşınma testinin sonuçlarını incelemişler ve bileşenlerin etkilerini istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir (Handa ve Kato, 1996).

Kus ve Toros, fren balata malzemesi olarak demir yünü, kurşun, kalay ve bakır tozlarının yanı sıra değişken olarak karbon nanotüp ve grafit kullanarak bu değişkenlerin balatanın aşınma ve yoğunluk özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Karbon nanotüp % oranının artmasıyla aşınma miktarının düştüğü ve sertlik oranlarının arttığı sonucuna varmışlardır (Kus ve Toros, 2011).

Boz ve Kurt, bronz katkılı fren balata malzemelerine % 0,5- 1- 2 ve 4 oranlarında sepiyolit tozu ekleyerek sürtünme- aşınma davranışlarını incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre % 4 sepiyolit içeren malzeme en yüksek aşınma ve sürtünme katsayısı değerine sahipken, % 1 sepiyolit içeren malzeme ise en düşük aşınma ve en kararlı sürtünme katsayısına sahip olduğunu gözlemlemiştir (Boz ve Kurt, 2006).

Kumar ve Bijwe, bu çalışmalarında çeşitli metal tozlarının, sürtünme malzemesinin performansını olumlu etkileyeceğini savunmuşlardır. Deney aşamasında laboratuarda bakır, pirinç ve demir tozu içerikli sürtünme kompozitleri geliştirmişlerdir. Karşılaştırma amacıyla içerisinde metal ihtiva etmeyen bir bileşik daha geliştirmişlerdir. Çeşitli performans özelliklerini inceleyip fren dinamometre testi yapmışlardır. Metal içeriklerin bileşiğe dahil edilmesiyle çoğu performans özelliğinin iyileşme gösterdiği sonucuna varmışlardır (Kumar ve Bijwe, 2010).

Uyuru ve ark. karıştırılmış Al-Si/SiC_p kompozitlerinin taşıt fren balata malzemesine karşı tribolojik davranışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Pin-on disk cihazıyla yapılan testlerde aşınma oranı ve sürtünme katsayısının uygulanan yüke ve kayma hızına göre değişiklik gösterdiğini bulmuşlardır. Uygulanan yükteki artış ile sürtünme katsayısı azalır, aşınma oranı artar iken kayma hızının değişimiyle sürtünme katsayısı ve aşınma oranının doğru orantılı olduğunu gözlemlemişlerdir (Uyyuru ve ark., 2007).

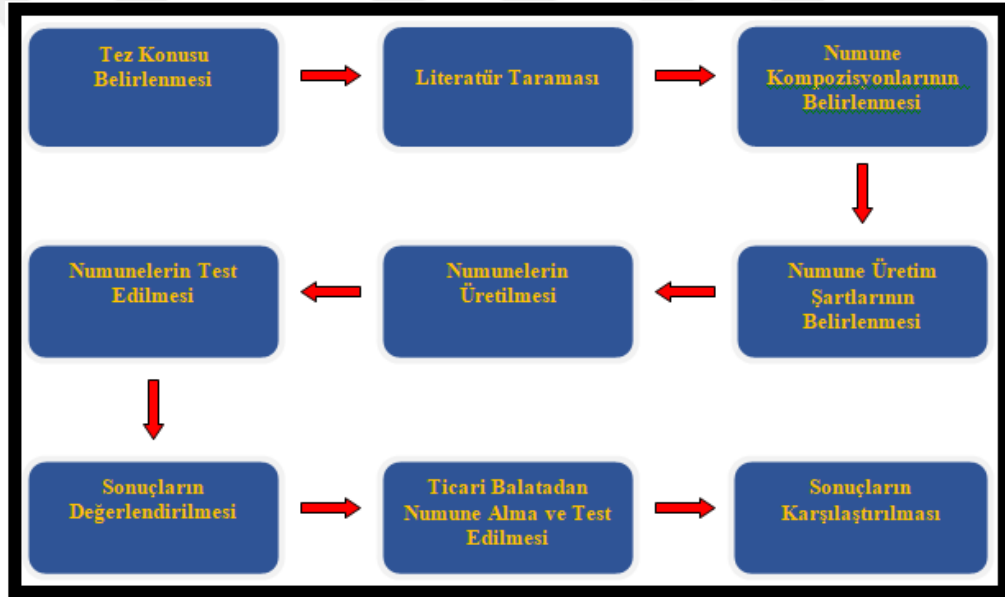
Kahya ve ark. çalışmalarında sıcak presleme basıncının, fren balatasına tribolojik açıdan etkisini incelemişlerdir. Kızılçam kozalağı tozu katkılı ve aynı oranlara sahip 3 adet numune sıcak presleme için 100, 125 ve 150 bar basınç kullanılarak üretilmiştir. Üretilen bu numunelerin sürtünme testi, özgül aşınma oranı, yoğunluk ve sertlik özellikleri karşılaştırılmıştır (Kahya ve ark., 2016).

Eriksson ve ark. otomotiv fren gıcırdaması oluşumu ve fren balatası yüzey topografyası arasındaki bağlantıya dikkat çekmişlerdir. İki grup fren balatasına fren testleri yapılmıştır. Önce sessiz, sonra gıcırdayan şartlar altında iken testin yarıda kesilmesi ile balata yüzeylerinin karakterizasyon analizini yapmışlar ve bu balataları karşılaştırarak ilişkilerini tetkik etmişlerdir (Eriksson ve ark., 1999).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Üretim Planlaması

Tez çalışmasına başlarken, çalışma için bir basamak oluşturması amacıyla konuyla ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda fren balatası üretimi için kullanılan malzemeler, kompozisyonları, deney prosedürleri ve üretim şartları ile ilgili ön bilgi sahibi olunmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda Şekil 3.1’de fren balatası üretim aşamalarını gösteren diyagram oluşturulmuş ve çalışmalar bu diyagrama göre yapılmıştır.



Şekil 3.1. Tez çalışması aşamalarını gösteren diyagram

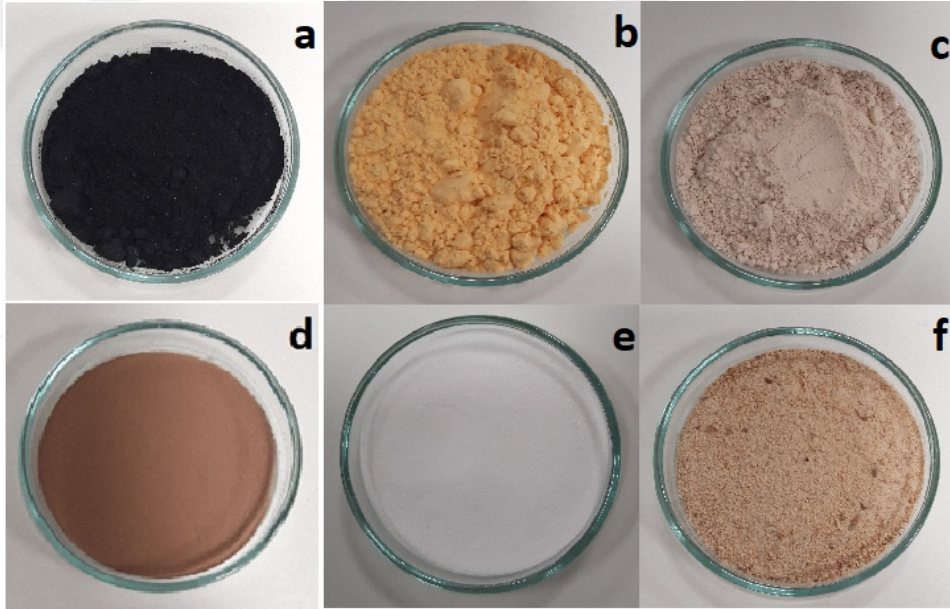
3.2. Materyal

Fren balatası üretiminde malzeme seçimi için:

- Düşük maliyet
- Kolay temin edilebilirlik
- Üretilbilirlik
- Yüksek performans
- İnsan sağlığına zararsız olması vb. esaslara uygunluk aranmıştır.

İstenilen özelliklerde fren balatası üretilebilmesi için esas olarak takviye malzemeleri, bağlayıcılar ve dolgu malzemeleri kullanılır. Bunların yanı sıra renklendiriciler, temizleyiciler, aşındırıcılar, yağlayıcılar ve sürtünme ayarlayıcılar da malzeme özelliklerini iyileştirmek için isteğe göre kullanılabilir (Bijwe, 1997).

Bu çalışmada zeytin çekirdeği tozlarının taşıt fren balatalarında kullanımı ve aşınma özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Balataların üretiminde takviye malzemesi olarak zeytin çekirdeği tozu, bağlayıcı olarak fenolik reçine, dolgu malzemesi olarak barit ($BaSO_4$), sürtünme düzenleyici olarak bronz tozu, katı yağlayıcı olarak grafit ve aşındırıcı olarak alümina (Al_2O_3) tercih edilmiştir. Şekil 3.2’de fren balatası üretiminde kullanılan malzemelerin fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 3.2. Kullanılan malzemelerin fotoğrafları a) Grafit b) Reçine c) Barit d) Bronz Tozu e) Alümina ve f) Zeytin çekirdeği tozu

3.2.1. Bağlayıcılar

Bağlayıcılar, balatayı oluşturan tüm bileşenleri bir arada tutmak ve kararlı bir matris oluşturmak amacıyla kullanılan yapıştırıcılardır. Bağlayıcı malzemeler polimer esaslı olduğundan yüksek sıcaklıklara dayanıksızdır ve genellikle kararsızdırlar. Bağlayıcı olarak birçok termoset reçineyi kullanmak mümkündür. Bunlar arasında otomotiv sektöründe en yaygın kullanılanı ise fenol formaldehitlerdir. Fenolik reçinelerin pek çoğu fenol (C_6H_5OH) ve formaldehitten (CH_2O) elde edilir. Bunun

yanında bağlayıcı olarak doğal ve sentetik kauçuk da kullanılmaktadır (Vishwanath ve ark., 1993).

Fenolik Reçine

Fenolik reçineler termoplastik ve termoset olarak ikiye ayrılırlar. Fenolik reçineler çeşitli katkı malzemeleriyle beraber, ısı ve basınç altında kalıplanırlar. İyi ısı ve kimyasal dirence sahip, neme ve korozyona karşı dirençleri yüksektir.

Fenolik reçinenin miktarı ve seçimi çok önemlidir. Bunun nedeni, frenleme ile oluşan yüksek sıcaklığın reçinenin ayrışmasına ve bağlayıcılık özelliğini kaybetmesine neden olmasıdır. Bağlayıcılık özelliğini kaybeden malzemenin sürtünme kuvvetlerinde de düşüş meydana getirir. Yüksek sıcaklıklara çıkınca frenlerin tutmaması bu sebeptendir. Bir balatadaki fiziksel özelliklerinin zayıf olması da reçine miktarının düşük olmasından kaynaklanır (Ertan ve Yavuz, 2010).

Çizelge 3.1’de fren balatası üretiminde kullanılan fenolik reçinenin bazı fiziksel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Fenolik reçinenin özellikleri

Özellik	Değer
Saflık	%90
Max Toz Boyutu	63 µm
Max Fenol Miktarı	%0,5 (Ağırlıkça)

3.2.2. Takviye Elemanı

Kompozit malzemeler genel olarak matris ve takviye elemanlarından oluşurlar. Takviye elemanları ve matrisin niteliği kompozit yapının mekanik özellikleri için oldukça önemlidir (Malak ve ark., 2016)

Takviye elemanları kompozit bir yapıda her tarafa dağılarak malzeme üzerine gelen yükün büyük bir kısmını taşımakla görevlidir. Takviye elemanı balataya gerekli bütünlüğü, rijitliği ve dayanımı kazandırmak için kullanılır. Ayrıca balatanın aşınma ve sürtünme özellikleri üzerinde de etkisi vardır.

Uzun yıllar takviye malzemesi olarak asbest kullanılmıştır. Ancak asbestin kanserojen bir madde olduğunun kanıtlanmasıyla Çevre Koruma Ajansı (EPA)

tarafından kullanımı yasaklanmıştır. Bunun üzerine birçok araştırmacı asbeste alternatif malzeme seçiminde, çevre dostu olma konusundaki sorunları da göz önünde bulundurarak doğal lifleri tercih etmişlerdir (Abdollah ve ark., 2015). Bunun için otomotiv fren balatalarında zeytin çekirdeği, fındık kabuğu, Hindistan cevizi kabuğu, deniz salyangozu kabuğu, muz kabuğu gibi çeşitli ekolojik malzemelerin yanı sıra kevlar (aramid), cam elyaf (çelik yünü), seramik yünü ve taş yünü gibi çeşitli malzemeler kullanılmaya başlanmıştır.

Zeytin Çekirdeği

Zeytin genellikle Akdeniz ülkelerinde yetiştirilen bir tarım ürünüdür. Yağ üretimi için zeytinlerin sıkılmasından sonra geriye katı ve sıvı atıklar çıkmaktadır. Çekirdek, posa ve kabuktan oluşan bu atıklar pirina denilen yan ürünü oluşturmaktadır. Oluşan pirinalar enerji üretmek amacıyla yakıt olarak kullanılsa da yarattığı hava kirliliği ve yaydığı koku açısından birtakım çevresel problemlere neden olduğu bilinmektedir. Bu sebeple ortaya çıkan atıklar endüstride farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Erol, 2011).

Pirinaların içerisinde fenolik bileşikler ve ham selüloz bulunur (Keser ve Bilal, 2010). Ayrıca lif ve lignin içeriği oldukça fazladır. İçerisinde yüksek organik madde ve yağ bulundurması bu yan ürünün çeşitli alanlarda kullanılarak ekonomiye geri döndürülebilir olduğunu gösterir (Yılmaz, 2015).

Zeytin pirinası, tüketilen zeytinlerin ağırlıkça % 80' ini oluşturur. Genellikle yüksek enerji içeriği nedeniyle yakıt olarak ve içerisinde yaklaşık % 5-8 oranlarında değişen yağ içeriği nedeniyle sabun yapımında hammadde olarak kullanılır. Ayrıca zeytin pirinasının yüksek kaliteli gübre ve hayvansal yem olarak kullanıldığı çalışmalarda bulunmaktadır (Akgun ve Doymaz, 2005).

Bir zeytin çekirdeği Fe, Zn, B, Ni, Pb, Cu ve Mg gibi elementlerden oluşur. Zeytin çekirdeğinde bulunan katkı madde bileşenlerinin içeriği Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Zeytindeki katkı madde bileşenlerinin içeriği (Kılıç, 2011)

Bileşenler	Etli Kısım (%)	Çekirdek (%)	Tohum (%)
Su	50-60	9,3	30
Yağ	15-30	0,7	27,3
Selüloz	3-6	38	1,9
Azotlu Bileşikler	2-3	3,4	10,2
Mineraller	1-2	4,1	1,5
Şeker	3-7,5	41	26,6
Diğer Bileşenler	-	3,4	2,4

Zeytinyağı üretiminde çeşitli yağ ayırma prosesleri kullanılmaktadır. Fakat pirina içerisinde kuru bazda ki yağ miktarını bu prosesler ile tamamen yok etmek mümkün değildir. Bu nedenle elde edilen zeytin çekirdeği tozları çok az miktarda da olsa yağ bulundurmaktadır.

3.2.3. Dolgu Malzemeleri

Dolgu malzemeleri maliyeti azaltmak, hacim doldurmak, istenilen sürtünme özelliklerini bozmadan balatayı iyileştirmek ve geliştirmek amacıyla kullanılırlar. Temizleyiciler, renklendiriciler, organik ve inorganik dolgu malzemeleri de bu gruba dahil edilebilir.

Barit, kil, kalsiyum karbonat, alçı, talk, ponza taşı (sürtünme katsayısını biraz artırır), baryum sülfat (genellikle sürtünme katsayısına etkisizdir), kizelgur (Diatomit) en yaygın kullanılan dolgu malzemeleridir. Temizleyici olarak kullanılan pirinç tozu, bronz tozu ve çinko tozu gibi metalik malzemeler de dolgu malzemelerine örnek verilebilir.

Barit

Barit, baryum elementinin en yaygın minerali olan baryum sülfattır ($BaSO_4$). Yoğunluğu $4.2-4.5 \text{ g/cm}^3$ dür. Yüksek sıcaklıklarda kararlı bir davranış gösterirler (Nicholson, 1995). Baritin yüksek yoğunluğu, az aşındırıcı olması, düşük yağ emme oranı, yüksek ısı ve basınç altında kimyasal sabitliğini koruması, manyetik özelliğinin bulunmaması ve uygun maliyetlerde temini onun farklı sektörlerde yaygın bir şekilde

kullanımını sağlamıştır. Baritin az aşındırıcı olması sürtünme ve aşınma özellikleri yönünden doğal bir katkı malzemesi olmasını sağlar. Yüksek sıcaklıklarda sürtünme kaybını en aza indirdiği ve bağlayıcı malzeme gereksinimini azalttığı için tane boyutunun orta veya iri incilikte (50-80 mikron arası) olması beklenir. Baritin en önemli kullanım alanı petrol endüstrisidir. Bunun yanı sıra otomotiv, kimya, cam ve boya endüstrilerinde de hammadde olarak kullanılmaktadır.

Üstün özellikleri sayesinde otomotiv sanayinde sürtünme elemanlarından biri olan fren balatası imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özellikler şunlardır;

- Hazırlan karışımın mukavemetini artırır
- Sürtünme elemanlarının aşınmasını azaltır
- Yüksek yoğunluğu sayesinde ses ve radyasyona karşı yalıtım sağlar
- Bağlayıcı gereksinimini azaltır
- Yüksek sıcaklıklarda sürtünme kaybını minimuma indirir
- Düşük maliyetlidir

Çizelge 3.3’de fren balatası üretiminde kullanılan baritin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.3. Baritin özellikleri

Özellik	Değer
Safılık	% 92
Kızdırma Kaybı	%2,5
Yoğunluk (g/ cm ³)	4,2 g/cm ³
Granül Boyutu	55 µm
Nem Miktarı	% 0,5

3.2.4. Sürtünme Ayarlayıcılar

Sürtünme ayarlayıcı malzemeler balatanın sürtünme katsayısını düzenlemek amacıyla kullanılan katkı maddeleridir. Fren balatalarında sürtünme katsayısı yüksek ve en önemlisi kararlı olmalıdır. Sürtünme ayarlayıcıların ilavesi ile sürtünme katsayısı istenilen değerlere getirilebilir. Kararlı bir sürtünme katsayısı elde edilerek hem balata hem de diskin aşınma oranları kontrol edilebilir (Eriksson ve ark., 2002). Bronz, bakır, çinko ve çelik gibi farklı metal tozları sürtünme ve aşınma özelliklerini değiştirmek amacıyla kullanılan malzemelerdendir.

Bronz Tozu

Bronz, kalay ve bakırın belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşan, kalıpla kolayca biçim verilebilen bir malzemedir. Bronz tozları yüksek fiziko-kimyasal özellikleri sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır. Bronz tozu içine katıldığı malzemenin sünme direncini, elastik modülünü, termal iletkenliğini ve elektromanyetik korumasını artırır (Sugözü ve Mutlu, 2008). Bronz saf bakıra nazaran dayanıklılığı, sertliği ve kolay döküm özellikleri ile tercih sebebi olmuştur. Sürtünme parçalarında, preslenmiş ve sinterlenmiş parçalarda, yatak ve burçlarda, kaynak ve lehimleme teknolojisinde, elmas kesici takımlarda ve daha birçok benzeri alanda bronz tozu kullanılmaktadır.

Çizelge 3.4'de fren balatası üretiminde kullanılan bronz tozunun bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bronz tozunun özellikleri

Özellik	Değer
Bakır Oranı	% 90 (Ağırlıkça)
Kalay Oranı	%10 (Ağırlıkça)

3.2.5. Katı Yağlayıcı

Katı yağlayıcı malzemeler, özellikle dökme demir olan karşı yüzeyde ve sürtünen ara yüzeyinde üçüncü bir katman oluşumuna yardım ederler (Çiftçi, 2010). Yağlayıcılar sürtünme yüzeyinde koruyucu bir film oluşturarak sürtünme katsayısını azaltırlar. Ara yüzeyde belirli sıcaklıklara karşı sürtünme kararlılığı sağlayarak balataların aşınma oranını düşürürler. Ayrıca üretim sonrasında balataların kalıptan kolay çıkmasına da yardımcı olurlar.

Katı yağlayıcı olarak kompozisyona eklenen grafit ve çeşitli metal sülfürler çok düşük oranlarda kullanılmasına rağmen fren performans parametrelerini oldukça etkilemektedir (Hwan Park, 2010). Grafit, metal sülfürler, molibden ve petrol koku yağlayıcı olarak kullanılan malzemelerin başında gelir.

Grafit

Grafit yumuşak, parlak, kaygan, siyah, gri ve kül renginde olan karbon elementlerinden oluşan bir mineraldir. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı ve iyi bir elektrik iletkenidir. İnce levhalar halinde bükülebilirler. Grafitin sıcaklığı arttıkça dayanımı da artar (Sugözü ve Mutlu, 2008). Ayrıca iyi yağlama özelliği ve yüksek sönümlenme kapasitesine sahiptir (Prabhu, 2015). Grafit balata ile disk arasında yağlayıcı görevini üstlenerek sürtünme katsayısının istenilen düzeyde olmasını sağlar. Düşük maliyetli ve kolay temin edilebilir bir malzemedir.

Fren balatası üretiminde kullanılan grafitin bazı özellikleri Çizelge 3.5' de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Grafitin özellikleri

Özellik	Değer
Safılık	%85
Nem	% 1,5
Elek analizi	200 mesh

3.2.6. Aşındırıcılar (Abrazifler)

Aşındırıcılar, ara yüzeyde oluşan sürtünme filminin etkisini kaybetmesini engeller ve sürtünme yüzeyinin temiz kalmasını sağlar. Özellikle frenleme esnasında, yavaşlamanın başlama sürecinde sürtünme değişimini kontrol altına almak için kullanılırlar. Ayrıca diskten istenmeyen yüzey filmlerini kaldırarak daha iyi aşınma yüzeyi elde edilmesine yardımcı olurlar.

Sürtünme malzemesinde aşındırıcılar yüksek sıcaklığın etkisiyle sürtünme ara yüzeyinde oluşan sürtünme filmini yok etmesi bakımından oldukça önemlidir. Bu malzemelerin uygunsuz seçimi disk kalınlığında değişim ve frenlerde gürültü gibi pek çok probleme yol açabilir (Ertan ve Yavuz, 2010).

Alümina, silika, pirinç, $ZrSiO_4$ (zirkonyum silikat) vb. abrazif malzemeler sürtünme katsayısını ve disk aşınmasını artırır. Bu nedenle malzemeye istenilen özellikleri kazandırmak için birkaç aşındırıcı beraber kullanılabilir.

Alümina (Alüminyum oksit)

Alümina, alüminyum metalinin oksitlenmiş halidir. Düşük sıcaklıklarda kimyasal ve mekanik bozunmaya karşı dayanıklıdır. Fren balatalarında aşındırıcı olarak kullanılan alümina aşınma dayanımını ile sürtünme katsayısını arttırmak ve malzemeye daha kaliteli bir sürtünme yüzeyi sağlamak amacıyla katılırlar. Malzeme içerisinde alümina miktarı arttıkça sıcak mukavemette artar.

Fren balatası üretiminde aşındırıcı olarak kullanılan alüminanın özellikleri Çizelge 3.6'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Alüminanın özellikleri

Özellik	Değer
Safılık	%98,5
Yoğunluk	3,45 g/cm ³
Elek Analizi	250 mesh
1000 °C'deki Kızdırma Kaybı	%1

3.3. Deney Numuneleri Formülünün Belirlenmesi

Fren balataları ile ilgili akademik çalışmaların incelenmesi sonucunda kullanılacak en uygun malzemeler ve kütlece % miktarları belirlenmiştir. Çizelge 3.7.' da deney numunelerinin kompozisyonu verilmiştir.

Çizelge 3.7. Deney numuneleri kompozisyonları

Fonksiyon	Malzeme	Miktar (Ağırlıkça %)
Bağlayıcı	Fenolik reçine	10
Takviye elemanı	Zeytin çekirdeği	3-15
Dolgu malzemesi	Barit	45-57
Katı yağlayıcı	Grafit	5
Aşındırıcı	Alümina	5
Sürtünme düzenleyici	Bronz	20

Zeytin çekirdeğinin balata üzerindeki etkileri incelenmek istendiğinden zeytin çekirdeği ve dolgu malzemesi olan baritin oranları değiştirilmiş, diğer malzeme oranları sabit tutulmuştur. Numune grupları zeytin çekirdeği ağırlıkça % miktarına göre isimlendirilmiştir. Deney numunelerinde kullanılan malzemeler ve oranları (ağırlıkça %) Çizelge 3.8.' de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Kullanılan malzemeler ve oranları (Ağırlıkça %)

Malzemeler	Kompozisyonların (Ağırlıkça) oranları				
	ZÇ3	ZÇ6	ZÇ9	ZÇ12	ZÇ15
Fenolik reçine	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Zeytin çekirdeği	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
Barit	57,0	54,0	51,0	48,0	45,0
Grafit	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Alümina	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Bronz	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0

3.4. Deney Numunelerinin Üretilmesi

Fren balatası üretim parametreleri balatanın performansını büyük oranda etkilemektedir. Malzeme seçimi, toz karıştırma süresi, presleme esnasında uygulanan basınç, sıcaklık ve süre, presleme sonrasında sinterleme veya kürlenme işlemleri bu parametrelerin başında gelmektedir. Balata üretim parametreleri belirlenirken Çizelge 3.9’ da verilen örnekler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 3.9. Fren balatası üretiminde örnek üretim parametreleri (Aras ve Tarakçıoğlu, 2019)

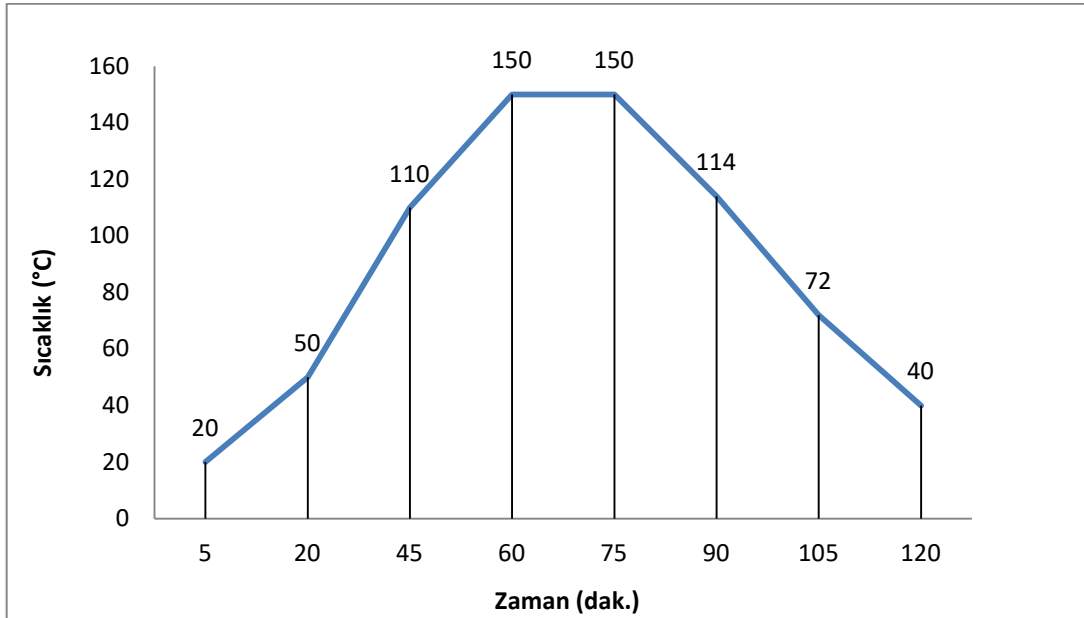
Presleme basıncı	Presleme sıcaklığı	Çalışmayı yapan
15 MPa	153 °C	(Kumar ve ark., 2011b)
15MPa	150 °C	(Öztürk ve ark., 2007)
8 MPa	150 °C	(Kumar ve ark., 2011a)
15 MPa	150 °C	(Satapathy ve Bijwe, 2004)
400 MPa	Oda sıcaklığı	(Stadler ve ark., 2008)
1000-400-4000-600 MPa	150-170 °C	(Dante ve ark., 2009)
5-7,5-10-12,5 MPa	125 °C	(Ertan, 2008)
10-15-25 MPa	180 °C	(Sugözü ve ark., 2009)
100 MPa	160 °C	(Demirhan ve Kus, 2017)
100 bar	150 °C	(Üstün, 2011)
50-100-200-300 MPa	150 °C	(Unaldi ve Kus, 2014b)

Deney numunelerinin üretiminde, balata içeriğini oluşturan toz halindeki malzemeler 0,001 g hassasiyetindeki terazi ile tartılmıştır. Hazırlanan toz karışımın homojenliğini sağlamak amacıyla 12 dak. elektrikli mikser yardımıyla karıştırılmıştır. Böylece farklı kompozisyonlara sahip 5 deney numunesi oluşturulmuştur.



Şekil 3.3. Tek yönlü presleme cihazı

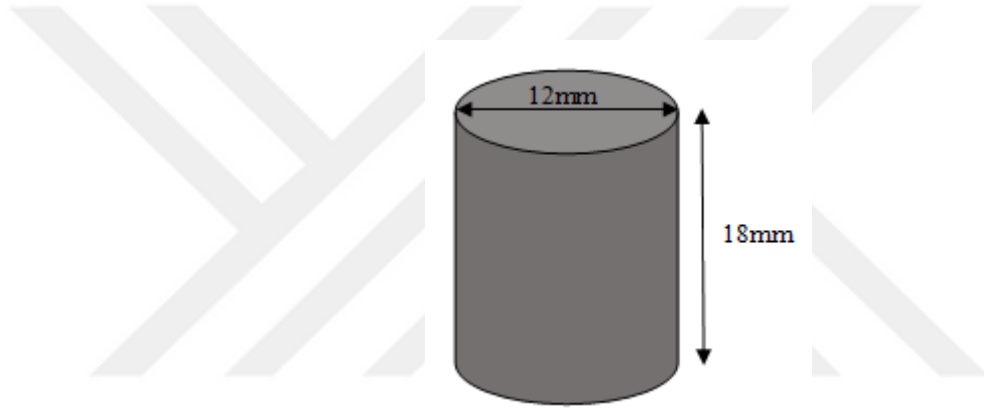
Presleme işlemi için Şekil 3.3’de verilen tek yönlü presleme cihazı kullanılmış ve sıcak presleme yöntemi uygulanmıştır. Birkaç üretim denemesinin ardından uygun presleme şartları belirlenmiştir. Buna göre presleme basıncı 10 MPa, presleme sıcaklığı 150 °C ve presleme süresi ise 15 dak. olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Kalıbın ısıtılması ve soğutulmasına ait grafik

Hazırlanan karışım, kalıbın her bir boşluğuna 7 g olacak şekilde tartılarak kalıba yerleştirilmiştir. Kalıbın etrafına ısıtıcı kelepçe yerleştirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.4’de kalıbın ısıtılması ve soğutulmasına ait sıcaklık-zaman grafiği verilmiştir. Kalıbın istenilen sıcaklığa ısıtılması esnasında, ani sıcaklık değişiminden kaynaklanabilecek birtakım istenmeyen deformasyonları engellemek amacıyla kontrollü ısıtma sağlanmıştır. 10 MPa basınç altında, 60 dak. boyunca yavaş yavaş ısıtılan kalıp 150 °C’ ye geldiğinde, sıcaklık ve basınç sabit kalacak şekilde 15 dak. boyunca preslemeye devam edilmiştir. Daha sonra çatlama ve gevrek kırılmaları önlemek amacıyla oda sıcaklığında soğumaya bırakılarak presleme işlemi sona ermiştir.

Şekil 3.5’de üretilen deney numunelerinin boyutları verilmiştir.



Şekil 3.5. Üretilen numunenin boyutları

3.5. Numunelerin Test İçin Hazırlanması

3.5.1. Zımparalama işlemi

Deney numunelerinin teste hazırlanmasında ilk basamak zımparalama işlemidir. Presleme işleminden sonra numune yüzeyindeki pürüzlü görüntüyü gidermek ve deneyler sırasında sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek amacıyla zımparalama işlemi yapılmıştır. Zımparalama cihazında 150 rpm’de, 1000 ve 1200’lük zımpara kâğıtları kullanılarak zımparalama yapılmıştır. Her numunede düzgün yüzeyler elde edilinceye kadar işlem devam etmiştir.

3.5.2. Ultrasonik temizlik

Zımparalama işleminde numune yüzeyine yapışan kalıntılar, testler sırasında bir takım sorunlara sebep olabilir. Numune yüzeyine yapışan bu kalıntıları gidermek amacıyla ultrasonik temizlik yapılmıştır. Numuneler beher içerisine alınarak üzerine saf alkol ilave edilmiştir. Beher cihaza yerleştirilerek cihazın içi saf su ile doldurulmuştur. Ardından 25 °C’ de, 10 dak. süre ile cihaz çalıştırılmıştır. Kullanılan ultrasonik temizlik cihazı Şekil 3.6’de verilmiştir.



Şekil 3.6. Ultrasonik temizlik cihazı

3.6. Yöntem

3.6.1. Yoğunluk ölçümü

Üretilen numunelerin yoğunlukları Arşimet prensibine göre belirlenmiştir. Yoğunluk ölçümü Şekil 3.7a’da gösterilen 0,001 g hassasiyetindeki Precisa XB-220A marka hassas terazi ile yapılmıştır. Üretilen numunelerin su emme özelliği olabileceğinden ölçümlerin saf alkol içerisinde yapılması uygun görülmüştür. Hassas terazinin kalibrasyonu yapıp aparatlar teraziye yerleştirilerek teste hazır hale getirilmiştir. Numunelerin önce havadaki kütlesi sonra saf alkol içerisindeki kütlesi belirlenir. Elde edilen değerler denklem (3.1) de yerine yazılarak numunelerin yoğunlukları hesaplanmıştır.

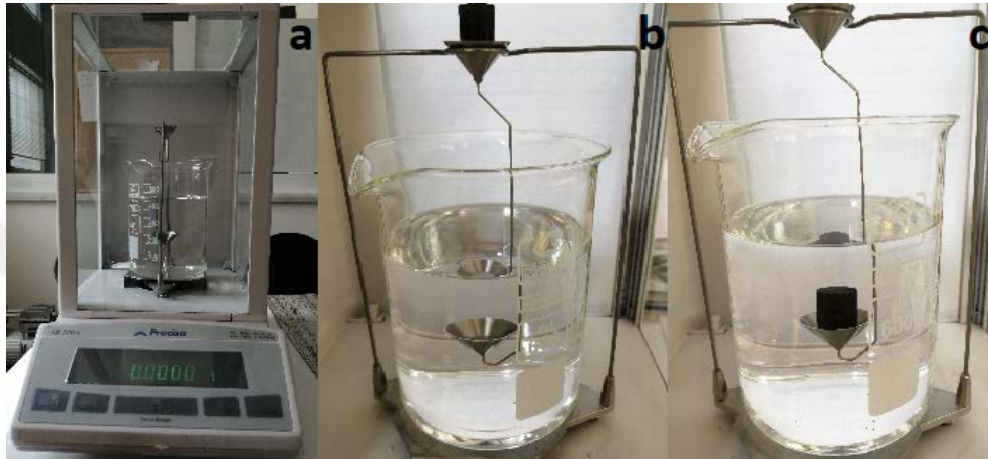
$$d = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho \quad (3.1)$$

d: Yoğunluk (g/ cm³)

m₁: Numunenin havadaki kütlesi (g)

m₂: Numunenin alkoldeki kütlesi (g)

p: Saf alkolün yoğunluğu (0,8 g/ cm³)



Şekil 3.7. Yoğunluk ölçümü a) Kullanılan test cihazı b) Numunenin havadaki kütlesinin ölçümü ve c) Numunenin alkol içerisindeki kütlesinin ölçümü

3.6.2. Sertlik ölçümü

Sertlik bir malzemenin çizilmeye, aşınmaya veya plastik deformasyona karşı gösterdiği dirençtir. Sertlik deneyi ile malzeme yüzeyine batırılan elmas koni, çelik bilye veya kesici bir takıma malzemenin gösterdiği direnç ölçülür. Batıcı uçların sertliği deney numunesinin sertliğinden yüksek olması gerekir. Sertlik deneyine başlamadan önce numune yüzeyinin ölçüm yapılacak yüzeye birbirine paralel olmasına dikkat edilir. Sertlik skalası seçilirken malzemenin yapısı, içeriği ve sertlik düzeyi göz önünde bulundurulmalıdır. Yumuşak malzemelerin sertlik ölçümünde daha doğru ve kesin sonuçlar elde edebilmek için genellikle büyük bilye kullanımı tercih edilir.

Sertlik testleri Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi mekanik atölyesinde yer alan rockwell, brinell ve vikers ölçümleri yapabilen Bulut Makine Sertlik Ölçme Cihazı ile yapılmıştır. Numunelerin sertlik ölçümleri rockwell R (HRR) skalasında, ½” çelik bilye kullanılarak ön yük 10 kgf ve toplam yük 60 kgf olacak şekilde ölçülmüştür. Şekil 3.8’de kullanılan sertlik ölçüm cihazının resmi verilmiştir.

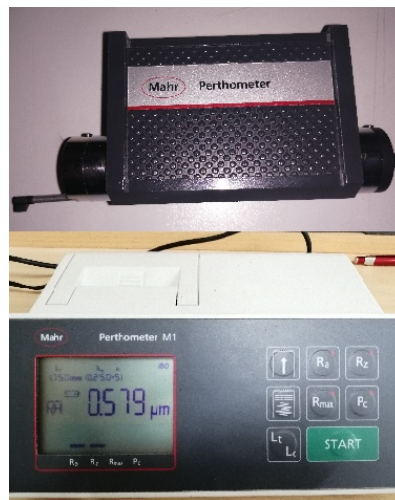


Şekil 3.8. Sertlik ölçüm cihazı

3.6.3 Yüzey pürüzlülüğü

Balata üretiminde fiziksel özellikleri belirlemek için yapılan mekanik testlerden birisi de yüzey pürüzlülüğü ölçümüdür. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde Şekil 3.9'de verilen Perthometer M1 (Mohr) marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Pürüzlülük değeri ince uçlu bir sensörün belirlenen bir doğru boyunca hareketiyle ölçülür.

Teste başlamadan önce disklerin yüzeyleri taşlanmış ve her bir yüzey numaralandırılmıştır. Her numune için farklı bir disk yüzeyi belirlenmiş ve 3 noktadan işaretlenmiştir. Aşınma öncesinde ve sonrasında olmak üzere işaretlenen bu 3 noktadan yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmıştır



Şekil 3.9. Pürüzlülük ölçüm cihazı

3.6.4. Pin-on Disk aşındırma testi

Numunelerin aşındırma testleri Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarında yer alan pin-on disk tribometre ile yapılmıştır.



Şekil 3.10. Pin on disk tribometre

Kullanılan diskin çapı, toplam çevrim süresini ve istenen motor devrini etkilemektedir. Bu yüzden hesaplamalar yapılırken cihazın kapasitesi ve diskin çapı göz önünde bulundurulmuştur. Aşınma testi 5000 m kayma mesafesinde, 17 cm çapında disk kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler iki farklı hız ve basınçta çalışılarak sürtünme katsayısı ve aşınma oranına hız ve basıncın etkisi incelenmiştir. Her bir gruptan 3'er adet numune aynı şartlar altında test edilmiştir. Elde edilen veriler grafik haline getirilerek yorumlanmıştır.

Numuneler aşındırma öncesinde ve sonrasında hassas terazi ile tartılmış denklem (3.2) kullanılarak aşınma oranları hesaplanmıştır.

$$W_a = \frac{\Delta G}{d.M.S} \text{ (mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}\text{)} \quad (3.2)$$

W_a : Aşınma oranı ($\text{mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)

ΔG : Kütle kaybı (mg)

d : Aşınan malzemenin yoğunluğu (mg / mm^3)

M : Yükleme ağırlığı (N)

S : Kayma mesafesi (m)

Sürtünme katsayısını belirlemek için deney numunesi, aşındırıcı disk üzerinde bulunan bağlama aparatına yerleştirilmiştir. Uygulanacak yük yerleştirilip toplam çevrim süresi ve motor devri bilgileri pin-on disk tribometre cihazına girildikten sonra cihaz çalıştırılmıştır. Oluşan sürtünme kuvveti cihaz üzerinde kuvvetleri hassas bir şekilde algılayan loadcell iletilmiş ve anlık olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler düzenlendikten sonra (3.3) de verilen denklem kullanılarak sürtünme katsayısı hesaplanmıştır.

$$S. K. = \frac{L_1 \cdot m_2}{L_0 \cdot m_1} \quad (3.3)$$

S.K. : Sürtünme Katsayısı

L_1 : Mafsal ile Loadcell arası uzaklık (mm)

L_0 : Mafsal ile uygulanan yük arası uzaklık (mm)

m_2 : Loadcell'den okunan yük (g)

m_1 : Uygulanan yük (g)

Üretilen deney numunelerinin sürtünme katsayısı değerleri Çizelge 3.10'da verilen standartlara göre yorumlanmıştır.

Çizelge 3.10. SAE- J661 ve TS 555 standartlarına göre balataların sınıflandırılması (Timur ve Kuşçu, 2014)

Sınıfı	Sürtünme Katsayısı
C	0,15'e kadar
D	0,15-0,25
E	0,25-0,35
F	0,35-0,45
G	0,45-,55
H	0,55' den yukarı

3.6.5. Mikroskop ve SEM Görüntüleri

Aşınma öncesinde numune bileşenlerinin dağılımını gözlemlemek için her bir gruptan birer numune parlatılarak ölçüm mikroskobu ile x50 büyütmede görüntülenmiştir. Aşınma sonrasında ise numunedeki çatlaklar, çizilmeler, aşınma çeşidi ve yönü gibi özelliklerin tayin edilebilmesi için aşınma yüzeyleri SEM ile görüntülenmiş ve x50 büyütmede optik mikroskop görüntüleri alınmıştır. Bu mikroskop

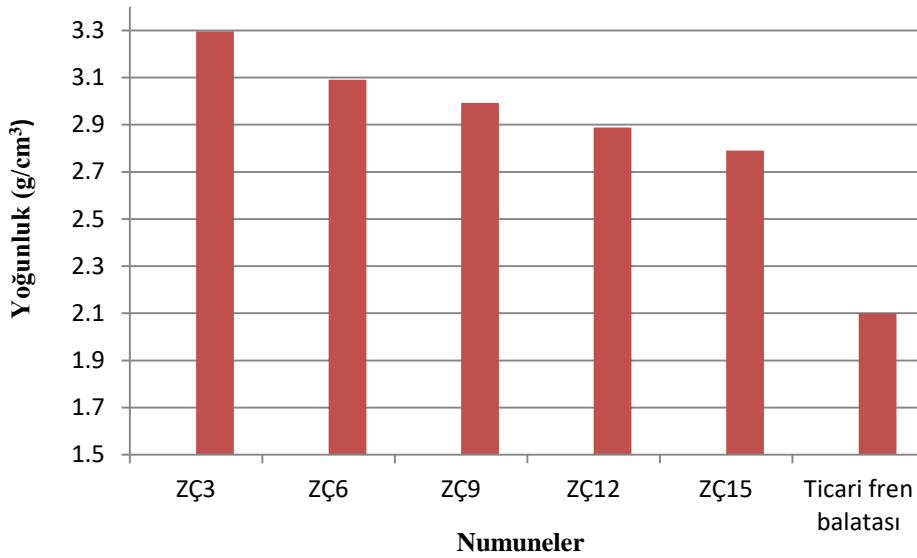
görüntüleri incelenerek yorumlanmaya çalışılmıştır. Alınan bu görüntüler araştırma sonuçları ve tartışma kısmında verilerek aşınma yüzeyleri yorumlanmıştır.



4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Yoğunluk

Deney numunelerinin yoğunluk ölçümü Arşimet prensibine göre yapılmıştır. Her bir malzeme grubundan 3' er adet numuneden ölçüm yapılmış ve aritmetik ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Deney numunelerinin yoğunlukları 2,79-3,296 g/cm³ arasında değişmektedir. Ticari fren balatasından alınan numunenin yoğunluğu ise 2,1 g/cm³'dür. Yoğunluk ölçüm sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.



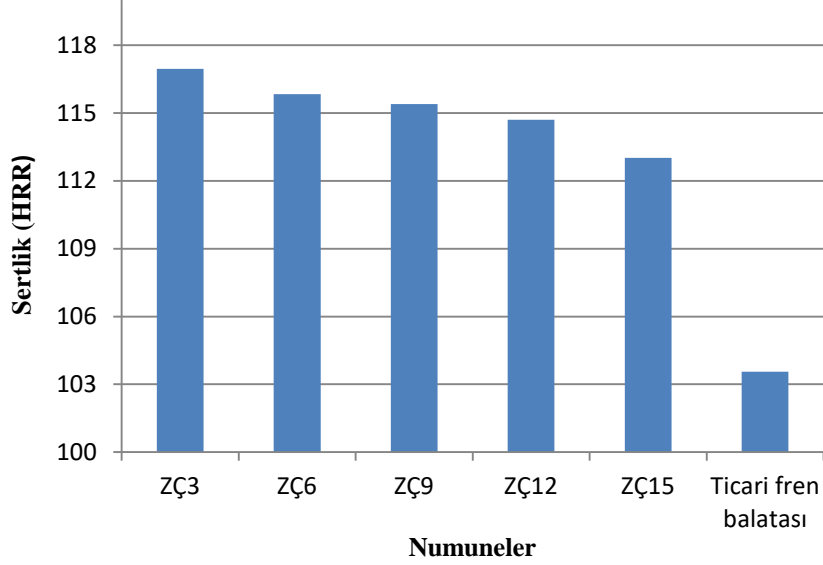
Şekil 4.1. Numunelerin yoğunluk ölçüm sonuçları

Numunelere yapılan yoğunluk ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek yoğunluk değerini ZÇ3 kodlu numune alırken en düşük yoğunluk değerini ZÇ15 kodlu numune almıştır. Kullanılan zeytin çekirdeği tozu oranı arttıkça numunelerin yoğunluklarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç zeytin çekirdeği tozu yoğunluğunun dolgu malzemesi olan baritin yoğunluğundan daha düşük olması ile açıklanabilir.

4.2. Sertlik

Sertlik ölçümü için farklı kompozisyonlara sahip deney numunelerinden, her bir gruptan 3'er adet olmak üzere toplam 15 adet numune kullanılmıştır. Her numunenin 3

farklı noktasından ölçüm yapılmış ve ortalama değerleri alınmıştır. HRR skalasına göre yapılan sertlik ölçüm sonuçları Şekil 4.2’de grafik şeklinde verilmiştir.



Şekil 4.2. Numunelerin sertlik testi sonuçları

Numunelerin sertlik değerleri 113,02- 116,03 HRR arasında değişmektedir. Sertlik testi sonuçlarına göre en yüksek sertlik değeri ZÇ3 kodlu numuneye, en düşük sertlik değeri ise ZÇ15 kodlu numuneye aittir. Test sonuçlarına göre numunelerde zeytin çekirdeği tozu oranı arttıkça sertlik değerlerinde çok az farkla azalma olduğu görülmüştür.

4.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Her bir deney numunesi için aynı kimyasal bileşime sahip aşındırıcı diskler kullanılmıştır. Disk yüzeyleri taşlandıktan sonra her yüzey ayrı ayrı numaralandırılmış ve belirlenen 3 noktadan aşındırma öncesi ve sonrasında pürüzlülük ölçümü yapılmıştır. Çizelge 4.1’de pürüzlülük ölçümünde elde edilen R_a değerlerinin ortalaması verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları

Disk No	Deneyden Önce	Deneyden Sonra	Fark
1	0,7796	0,523	-0,2566
2	0,7663	0,655	-0,1113
3	0,7326	0,735	-0,0024
4	0,8346	0,624	-0,2106
5	0,8873	0,832	-0,0553

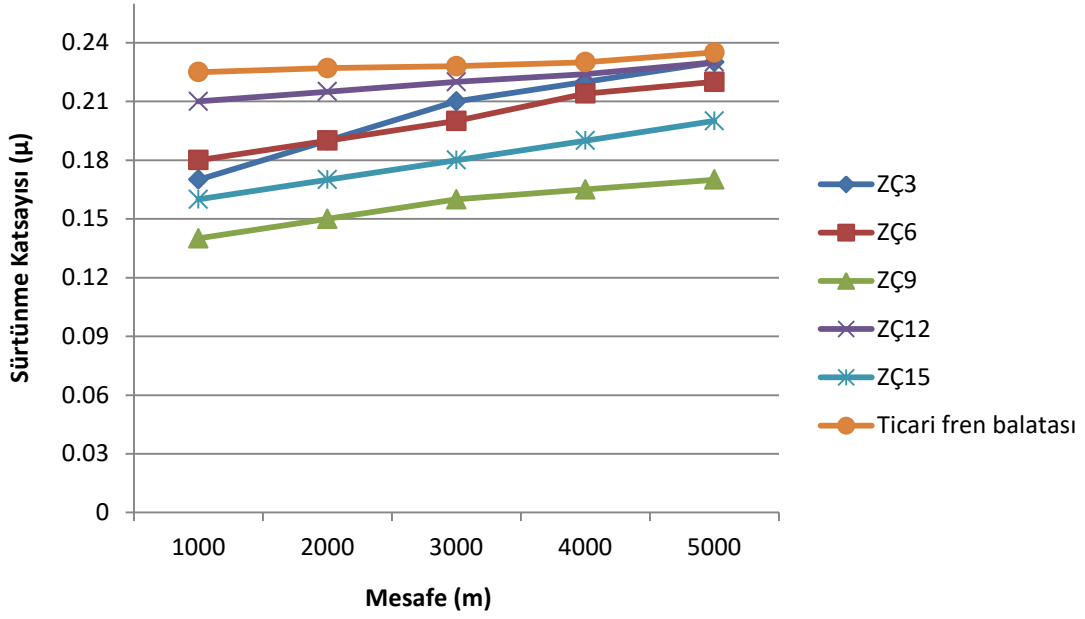
Aşınma deneyi sonrasında ölçülen R_a değerinden aşınma deneyi öncesinde bulunan R_a değerinin çıkarılması ile bir fark elde edilir. Bu farkın negatif çıkması disk pürüzlülüğünün azalması, pozitif çıkması ise disk pürüzlülüğünün artması demektir. Aşınma deneyi sonrası disklerin tamamında pürüzlülüğün azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi aşınma deneyi sırasında kopan parçacıkların disk yüzeyine yapışması veya aşınma deneyi esnasında numunelerin disk yüzeyine yağlayıcı etki yapması olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

4.4. Sürtünme Katsayısı ve Aşınma Oranı

Deney numunelerinin pin-on disk testleri 17 cm çapında disk kullanılarak, 5000 m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler, $V_1= 3$ m/s ve $V_2= 6$ m/s hızları ile $P_1= 0,6$ MPa ve $P_2= 1,2$ MPa basınçlarında yapılmıştır. Böylece hızın ve basıncın, sürtünme katsayısı ve aşınma oranlarına etkisi incelenmiştir. Deneyler farklı kompozisyona sahip her bir gruptan 3'er tane olmak üzere toplam 12 numune ile gerçekleştirilmiştir.

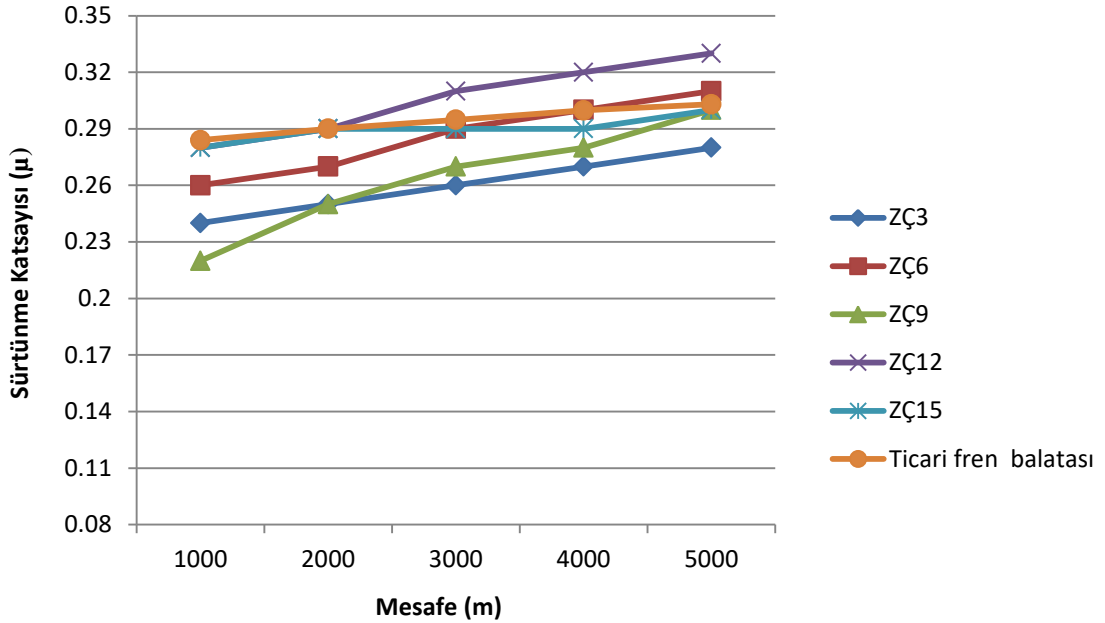
4.4.1. Hızın sürtünme katsayısı ve aşınma oranına etkisi

Zeytin çekirdeği katkılı deney numunelerinin 3 m/s hızında sürtünme katsayısı-mesafe değişimi grafiği Şekil 4.3'de verilmiştir. Grafiğe göre TB' dan alınan örneğin sürtünme katsayısı en yüksek değere sahiptir. Bu çalışma kapsamında ZÇ12 kodlu numunenin sürtünme katsayısı TB' ya en yakın değeri almıştır. ZÇ9 kodlu numune ise en düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Mesafenin artmasıyla sürtünme katsayısının arttığı görülmektedir.



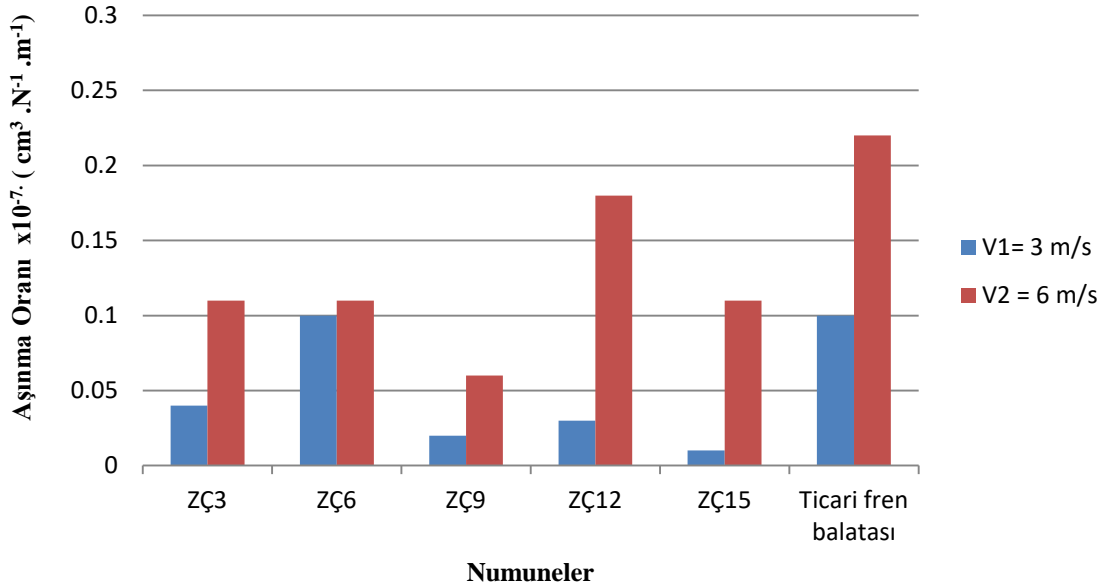
Şekil 4.3. Numunelerin $V_1 = 3$ m/s hızında sürtünme katsayısı- mesafe değişimi

Zeytin çekirdeği katkılı deney numunelerinin 6 m/s hızında sürtünme katsayısı- mesafe değişimi grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde ticari balatadan alınan numunenin sürtünme katsayısı ZÇ15 kodlu numune ile benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. ZÇ12 kodlu numunenin sürtünme katsayısı en yüksek değeri alırken ZÇ3 kodlu numune en düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Alınan yol arttıkça sürtünme katsayısının arttığı görülmektedir.



Şekil 4.4. Numunelerin $V_2 = 6$ m/s hızında sürtünme katsayısı- mesafe değişimi

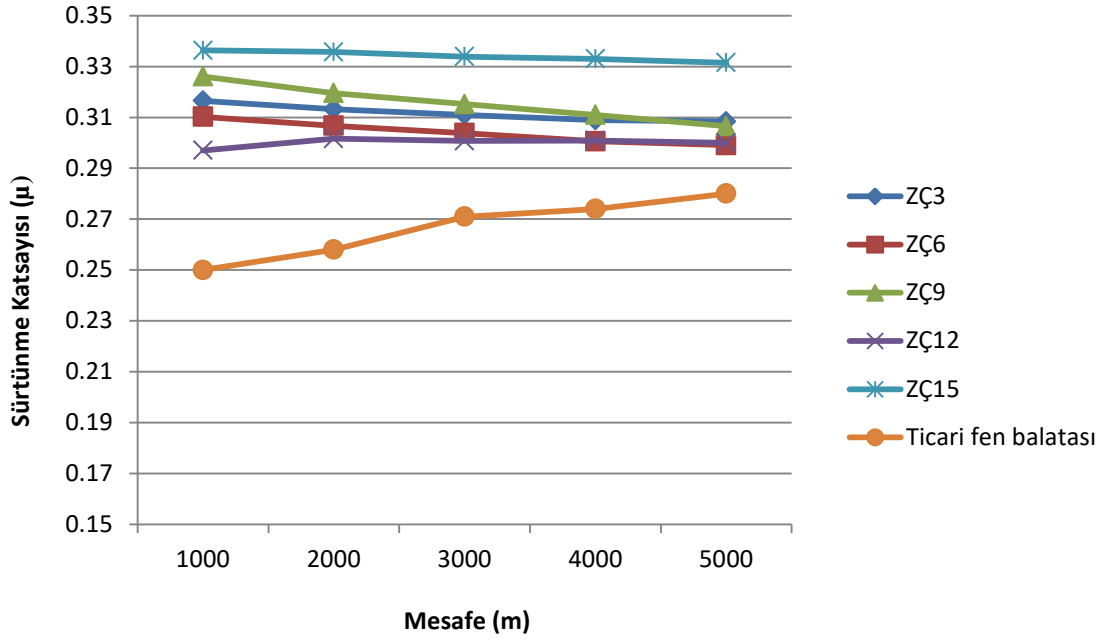
Pin on disk aşındırma deneyi verilerinden yararlanılarak hızın aşınma oranına etkisini inceleyen grafik Şekil 4.5’de verilmiştir. Grafığe göre 3 m/s hız ile çalışıldığında en yüksek değeri ZÇ6 numunesi almıştır. ZÇ15-ZÇ9-ZÇ12 kodlu numuneler ise sırasıyla 0,01-0,02-0,03 *10⁻⁷ (cm³.N⁻¹.m⁻¹) değerlerini alarak en düşük aşınma değerine sahiptirler. 6 m/s hız ile çalışıldığında, ZÇ12 numunesi en yüksek aşınma değerini alırken ZÇ9 numunesi en düşük aşınma değerini aldığı görülmüştür. Grafik incelendiğinde uygulanan hızın artmasıyla birlikte aşınma oranlarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Ticari fren balatasından alınan örnek incelendiğinde bu durumun benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5. Hız-aşınma oranı değişimi

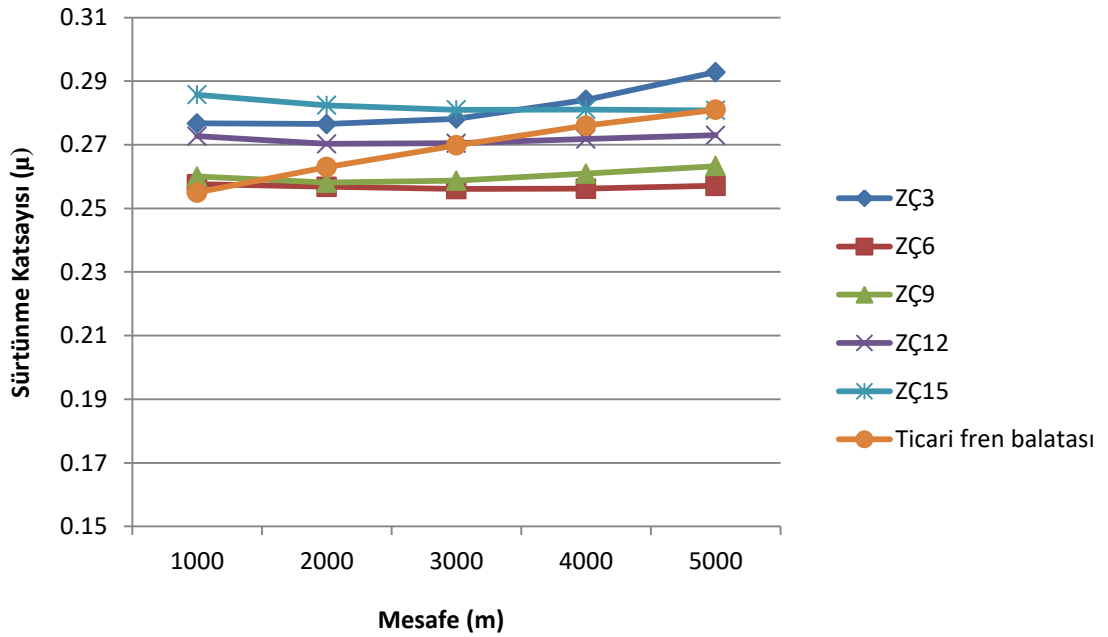
4.4.2. Basıncın sürtünme katsayısı ve aşınma oranına etkisi

Zeytin çekirdeği katkılı deney numunelerinin 0,6 MPa basınçta sürtünme katsayısı-mesafe değişimi grafığı Şekil 4.6’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde uzun mesafede ZÇ15 kodlu numunenin en iyi performansı sergilediği görülmektedir. Ticari fren balatasından alınan numunenin sürtünme katsayısı, deney numunelerine göre en düşük değeri almıştır. Mesafenin artmasıyla sürtünme katsayısında meydana gelen değişime bakıldığında TB’ ya göre en uyumlu sonuç ZÇ12 kodlu numuneye aittir. Ayrıca ZÇ3, ZÇ6, ZÇ9 ve ZÇ12 kodlu deney numuneleri uzun mesafede stabil bir sürtünme katsayısına sahiptir.



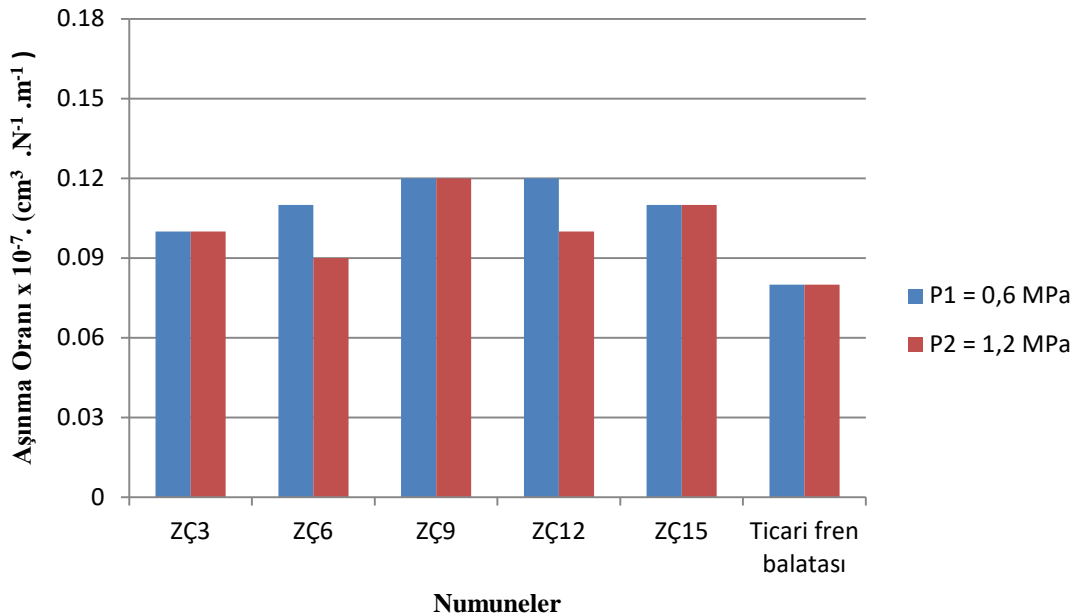
Şekil 4.6. 0,6 MPa basınçta, numunelerin sürtünme katsayısı- mesafe değişimi

Zeytin çekirdeği katkılı deney numunelerinin 1,2 MPa basınçta sürtünme katsayısı-mesafe değişimi grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir. Grafiğe göre ZÇ15 kodlu numunenin sürtünme katsayısı en yüksek değere sahipken, ZÇ6 kodlu numune en düşük değeri almıştır. Ticari fren balatasından alınan numunede ise alınan yol arttıkça sürtünme katsayısında ciddi bir artış olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. 1,2 MPa basınçta, numunelerin sürtünme katsayısı-mesafe değişimi

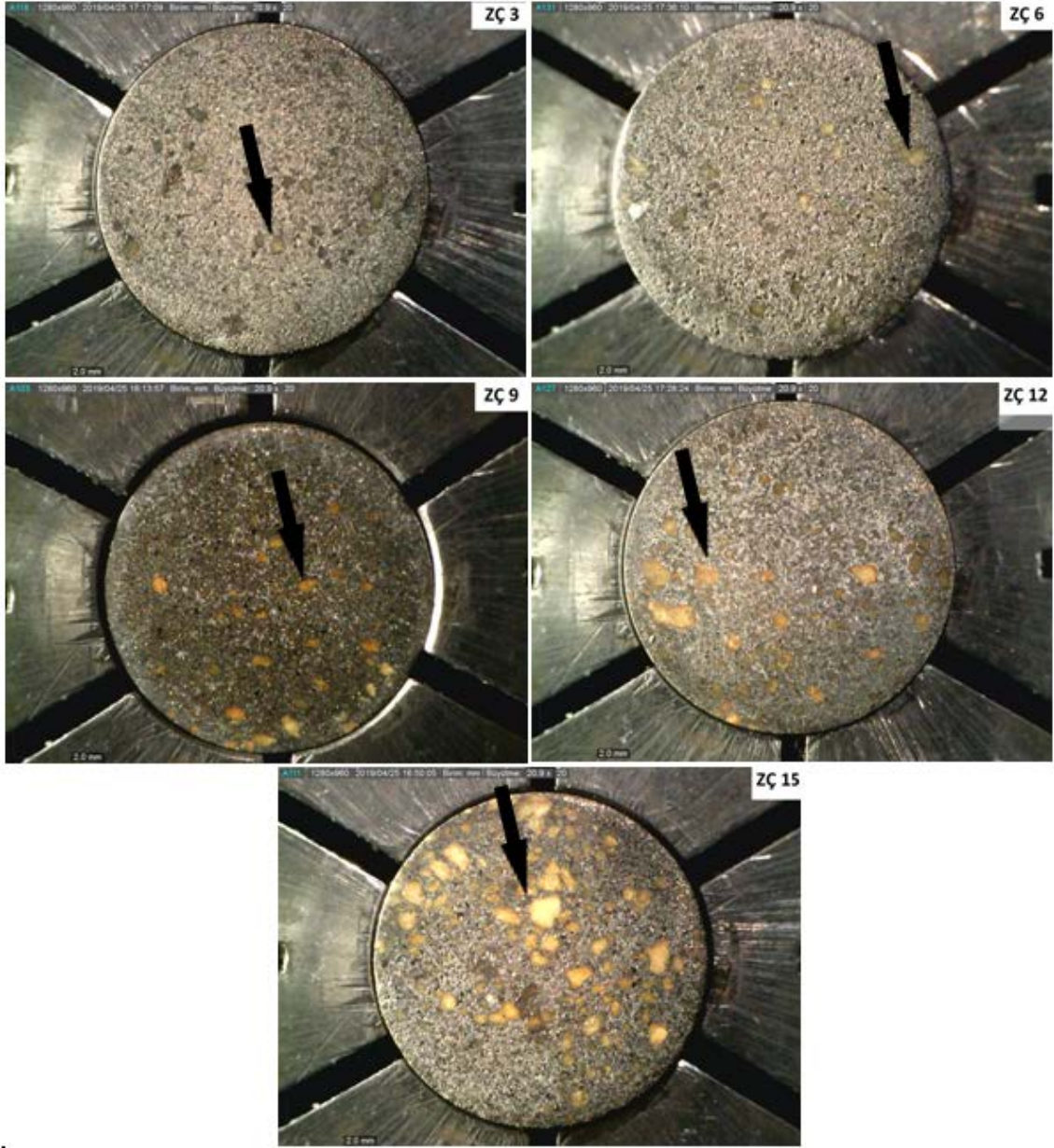
Pin on disk aşındırma deneyi verilerinden yararlanılarak basıncın aşınma oranına etkisini inceleyen grafik Şekil 4.8’de verilmiştir. Grafiğe göre 0,6 MPa basınç ile çalışıldığında, ZÇ12 kodlu numune en yüksek aşınma değerini alırken ZÇ3 numunesi en düşük aşınma değeri almıştır. 1,2 MPa basınç ile çalışıldığında ise ZÇ9 numunesi en yüksek aşınma oranı değerini alırken, ZÇ6 numunesi en düşük aşınma değerini almıştır. Ticari fren balatasından alınan numunelerde ki aşınma değerlerinin, zeytin çekirdeği katkılı numunelerden daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Grafiğe bakıldığında uygulanan basıncın artmasıyla aşınma oranlarında ciddi bir değişimin olmadığı ve değerlerin birbirine yakın çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8. Basınç-aşınma oranı değişimi

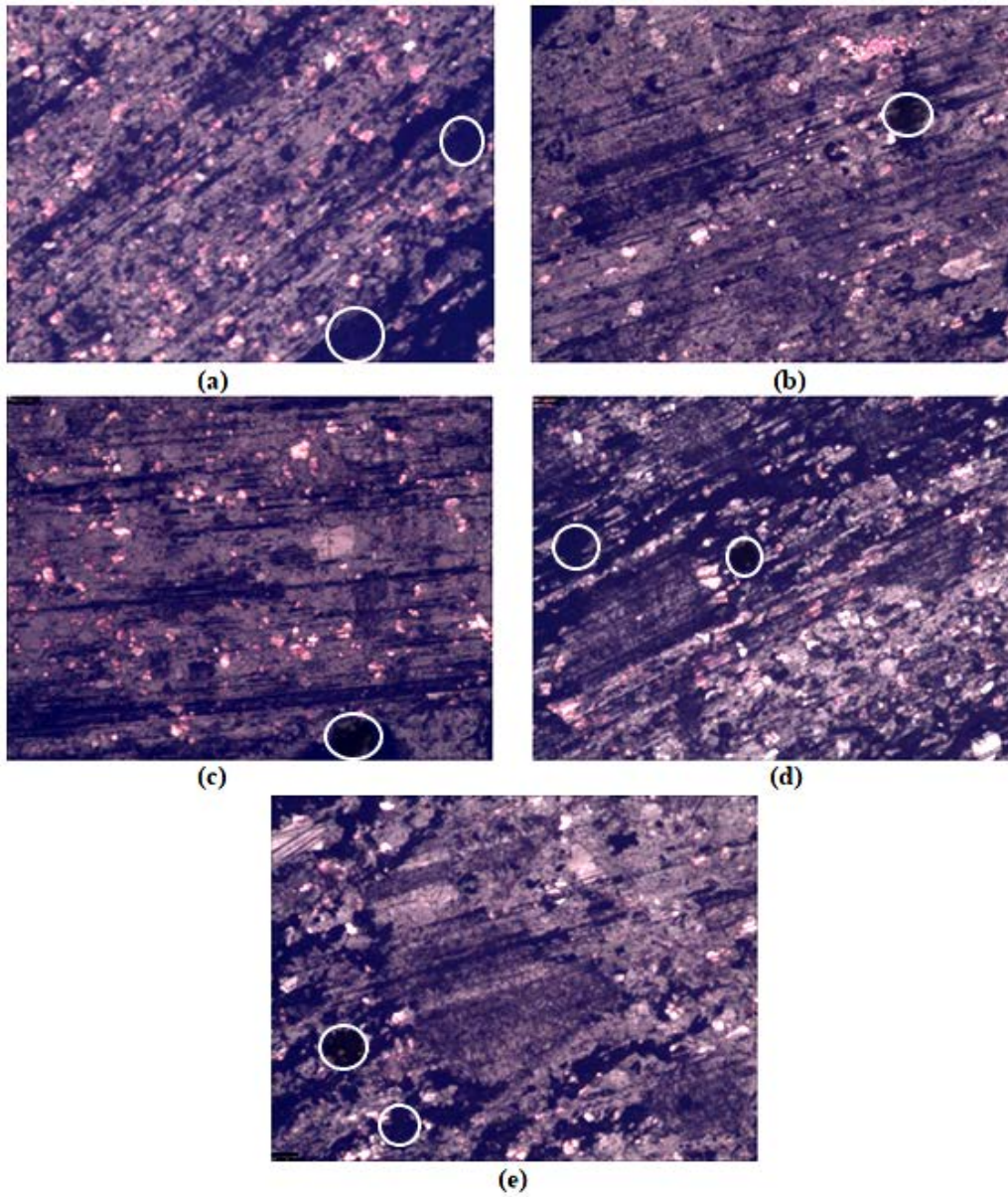
4.5. Mikroskop ve SEM Görüntüleri

Aşınma öncesinde ölçüm mikroskobu ile alınan görüntüler Şekil 4.9’da verilmiştir. Görüntülere bakıldığında numune içerisindeki ZÇ oranı artışı net bir şekilde görülmektedir. Buna göre numune içerisinde ZÇ oranı arttıkça karışım homojenliğinin azalma gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu duruma numune hazırlanırken uygun karıştırma sağlanamamasının neden olduğu düşünülmektedir.



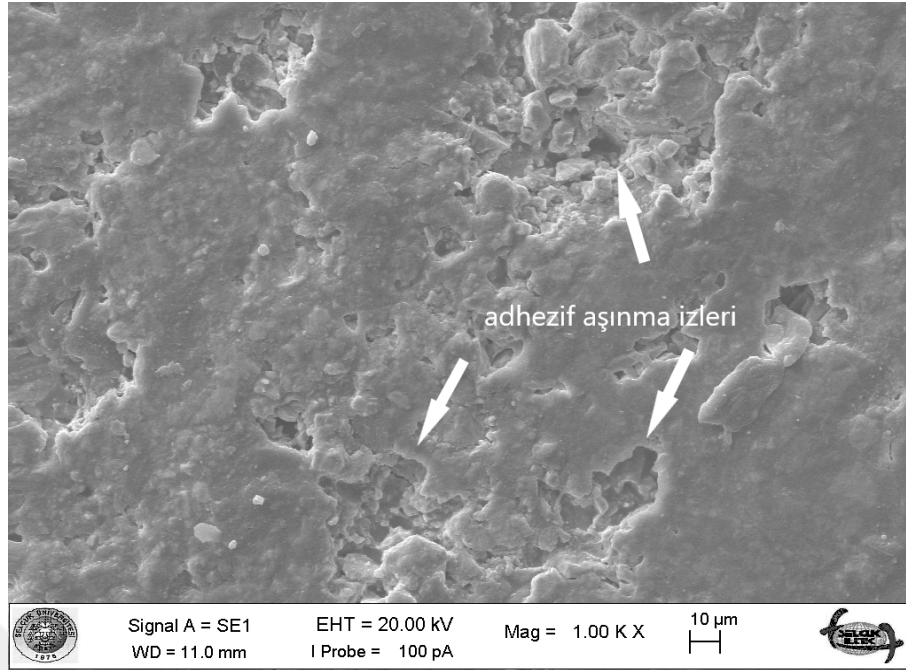
Şekil 4.9. Numunelerin aşınma öncesi ölçüm mikroskop görüntüsü

Aşınma sonrasında numunelerin x50 büyütmede optik mikroskop ile alınan görüntüleri Şekil 4.10' da verilmiştir. Optik mikroskoptan alınan görüntüler incelendiğinde numune yüzeylerinde kısmi deformasyonların olduğu anlaşılmaktadır. Numune yüzeylerinde görülen çizilmeler abrasif aşınma olduğunun göstergesidir. Bu görüntülerde işaretlenen alanlar ise adhezif aşınma sonucu yüzeyden kopan parçaların oluşturduğu boşlukları göstermektedir.

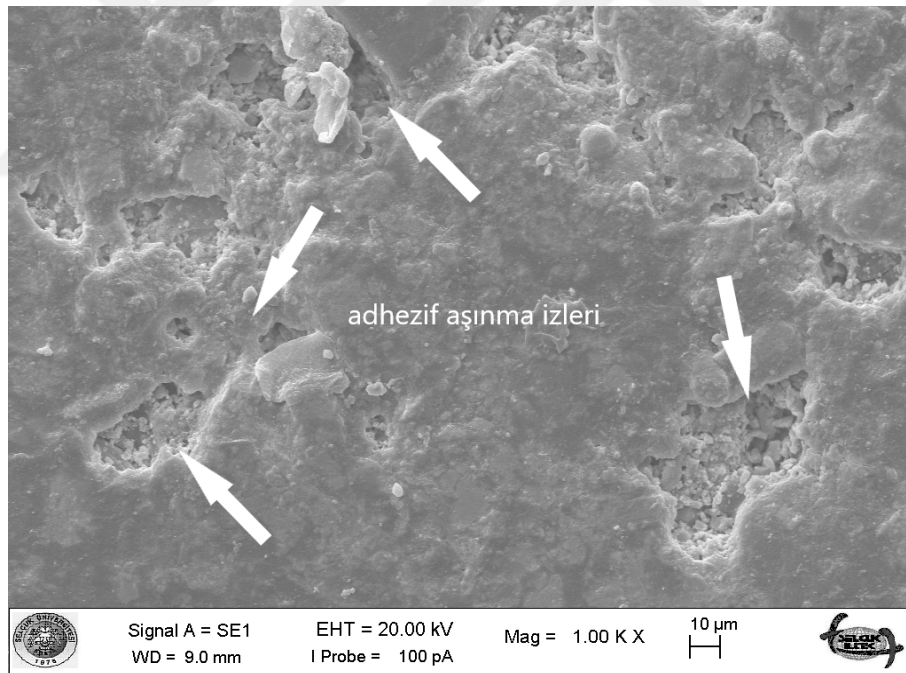


Şekil 4.10. Numunelerin aşınma sonrası x50 büyütmede optik mikroskop görüntüleri **a)** ZÇ3 kodlu numune **b)** ZÇ6 kodlu numune **c)** ZÇ9 kodlu numune **d)** ZÇ12 kodlu numune ve **e)** ZÇ15 kodlu numune

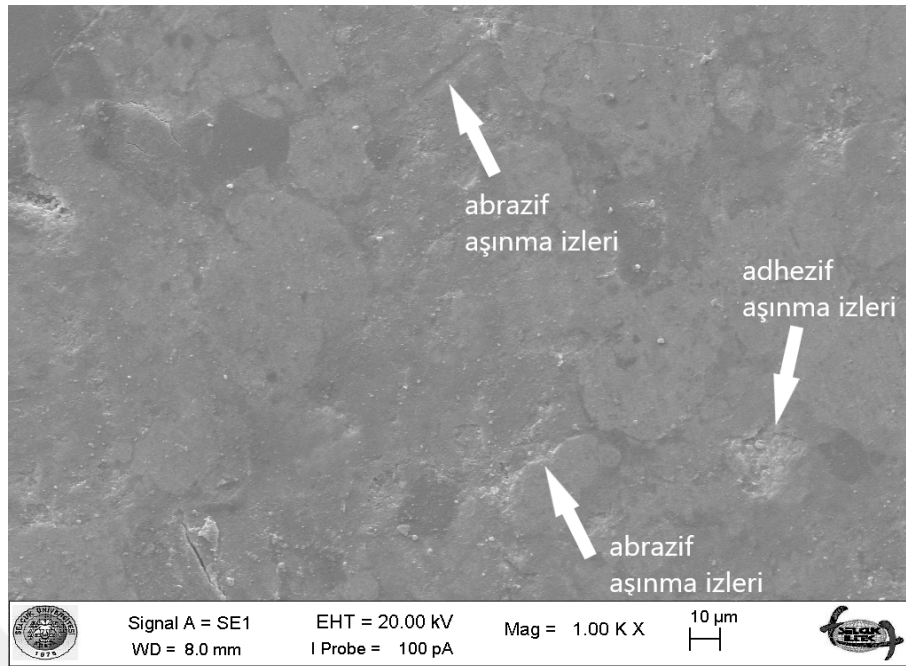
Deney numunelerinin sürtünme testi sonrası aşınma yüzeylerinden alınan SEM görüntüleri Şekil 4.11’ de verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde aşınma yüzeylerinde oluşan çukurlaşmalar adhezif türü aşınmanın meydana geldiğini göstermektedir. Adhezif aşınma genellikle yüksek hız ve yüksek yüklerde meydana gelen bir aşınma türüdür. Numunelerde ki ZÇ oranı arttıkça adhezif aşınmanın azaldığı, abrazif aşınmanın arttığı gözlemlenmektedir. Buradan ZÇ oranı arttıkça mekanik mukavemetin de arttığı sonucuna ulaşılabilir.



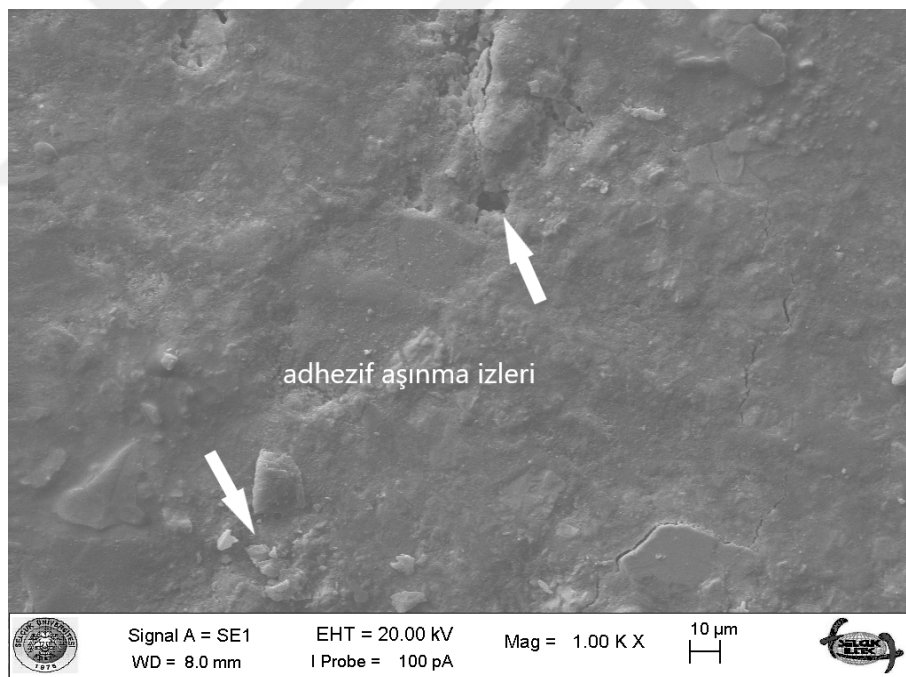
(a)



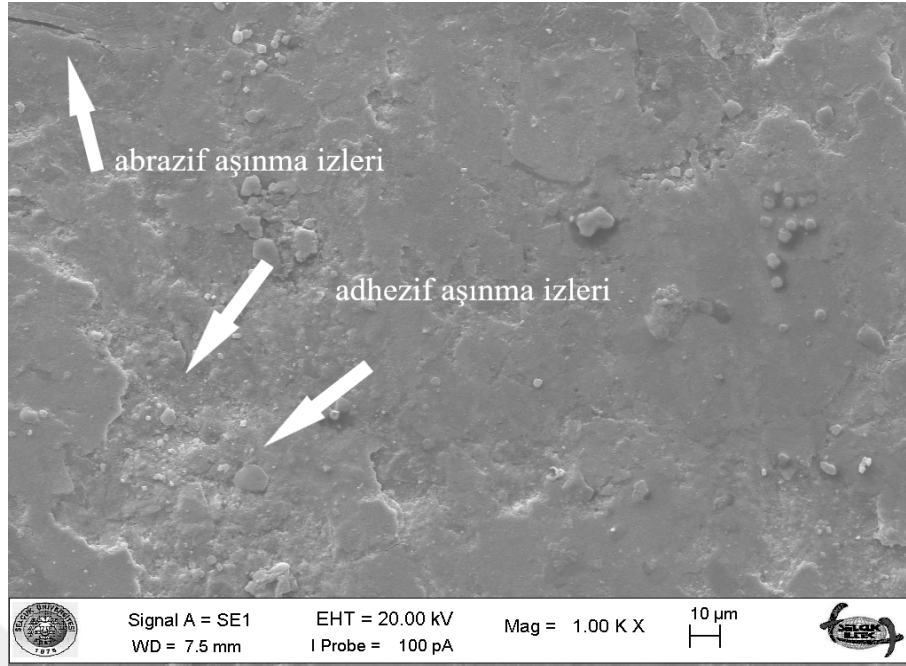
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4.11. Numunelerin aşınma sonrası SEM görüntüleri **a)** ZÇ3 kodlu numune **b)** ZÇ6 kodlu numune **c)** ZÇ9 kodlu numune **d)** ZÇ12 kodlu numune ve **e)** ZÇ15 kodlu numune

Deney numunelerinin aşınma yüzeyi görüntüleri incelendiğinde, optik mikroskop görüntülerinde abrazif aşınma net bir şekilde görülürken SEM görüntülerinde ise adhezif aşınma izleri yoğun bir şekilde görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, ekolojik bir malzeme olan zeytin çekirdeği tozlarının taşıt fren balatalarında kullanılabilirliği ve aşınma özelliklerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Ağırlıkça %3, %6, %9, %12 ve %15 oranlarında zeytin çekirdeği tozu kullanarak 5 farklı kompozisyon oluşturulmuştur. Üretim sonrası deney numuneleri yoğunluk, sertlik ve pin-on disk testine tabi tutulmuş ve numunelerin yüzeyleri aşınma öncesinde ölçüm mikroskobu, aşınma sonrasında ise optik mikroskop ve SEM ile görüntülenerek incelenmiştir. Ticari fren balatasından alınan örneklerle de yoğunluk, sertlik ve pin-on disk testleri uygulanmış ve çıkan sonuçlar üretilen deney numuneleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Yapılan deneyler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Deney numunelerinde;

- ❖ Yoğunluk değerleri 2,79- 3,29 g/cm³ arasında değişmektedir. ZÇ3 kodlu numune en yüksek yoğunluk değerine sahip iken ZÇ15 kodlu numune en düşük yoğunluk değerine sahiptir. TB' nin yoğunluğu ise 2,1 g/cm³ ölçülmüştür. %20 oranında kullanılan bronz tozu yoğunluğunun (~8,56 g/cm³) yüksek olması, deneme numunesi yoğunluğunun TB' ya göre yüksek çıkmasında etkili olduğu görülmüştür.
- ❖ Sertlik değerleri 113,02- 116,95 HRR arasında değişmektedir. Sonuçlara bakıldığında ZÇ oranı arttıkça sertlik değerinde düşüş olduğu görülmektedir. ZÇ3 kodlu numune en yüksek sertlik değerini alırken ZÇ15 kodlu numune en düşük sertlik değerini almıştır. TB' nin sertliği ise 103,56 HRR olarak ölçülmüş ve ZÇ katkılı deneme numunelerinden daha düşük sertliğe sahip olduğu görülmüştür. Numunelerin sertlik ve yoğunluk değerlerinin doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir.
- ❖ Sürtünme katsayısı değerleri incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır:
- Hızın sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi incelendiğinde, her iki hızda da en yüksek sürtünme katsayısını ZÇ12 numunesinin aldığı görülmüştür. $V_1 = 3$ m/s hız ile çalışıldığında sürtünme katsayısı 0,165-0,22 arasında değişirken $V_2 = 6$

m/s hız ile çalışıldığında sürtünme katsayısı 0,26-0,306 arasında değişmektedir. Hızın artmasıyla birlikte sürtünme katsayısının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

- Basıncın sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi incelendiğinde en yüksek sürtünme katsayısını ZÇ15 numunesinin aldığı görülmüştür. $P_1 = 0,6$ MPa basınç ile çalışıldığında sürtünme katsayısı 0,301-0,334 arasında değişirken $P_2 = 1,2$ MPa basınç ile çalışıldığında ise sürtünme katsayısının 0,257-0,28 arasında değişmektedir. Basınç arttıkça sürtünme katsayısının azaldığı görülmüştür.
- ZÇ12 ve ZÇ15 numunelerinin sürtünme katsayısı değerlerinin ticari fren balatasının değerlerine benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.
- Sertlik ve yoğunluk değerleri azaldıkça sürtünme katsayısının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- ❖ Aşınma oranı değerleri incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır:
 - Hızın aşınma oranı değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, $V_1 = 3$ m/s hız ile çalışıldığında aşınma oranları $0,01-0,15 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$ arasında bulunurken, $V_2 = 6$ m/s hız ile çalışıldığında ise $0,06-0,18 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$ arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre hızın artmasıyla aşınma oranlarında da artış olduğu gözlemlenmiştir.
 - Basıncın aşınma oranı değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde $P_1 = 0,6$ MPa basınçta aşınma oranları $0,1-0,21 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$ arasında değişirken, $P_2 = 1,2$ MPa basınçta $0,09-0,12 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1})$ arasında değiştiği görülmüştür. Genel olarak basıncın artmasıyla aşınma oranlarının büyük bir fark göstermediği anlaşılmıştır. Zeytin çekirdeği tozu içeren numunelerin aşınma oranı, ticari fren balatasının aşınma oranından daha yüksek çıktığı görülmüştür.
- ❖ Diskin yüzey pürüzlülüğü ölçümünde de anlaşıldığı gibi sürtünme katsayısı ve aşınma oranları incelendiğinde ZÇ' nin yağlayıcı etkisi olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
- ❖ Üretilen numunelerin sürtünme katsayılarına bakılarak SAE-J661 ve TS 555 standartlarına göre 0,25-0,35 aralığında olan E sınıfı balata grubuna girdiği, bu sebeple fren balatası üretiminde takviye malzemesi olarak ZÇ' nin kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

5.2. Öneriler

- ZÇ takviyeli fren balatası üretimi için numuneler farklı testlere tabi tutulabilir.
- Aynı numuneler farklı aşınma cihazlarında denenerek aşınma oranları ve sürtünme katsayıları karşılaştırılabilir.
- Gerçek balata boyutlarında üretim yaparak test edilebilir.
- Frenleme esnasında açığa çıkan ısının balata ve diske etkisi araştırılabilir.
- ZÇ oranları değiştirilerek yeni çalışmalar yapılabilir.
- ZÇ farklı eleklerde elenip tane boyutu belirlenerek yeni çalışmalar yapılabilir.
- EDS analizi ile ZÇ' ndeki farklı katkı bileşenleri belirlenerek sürtünme katsayısına etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Abdollah, M. F. B., Shuhimi, F. F., Ismail, N., Amiruddin, H. ve Umehara, N., 2015, Selection and verification of kenaf fibres as an alternative friction material using Weighted Decision Matrix method, *Materials & Design*, 67, 577-582.
- Abutu, J., Lawal, S. A., Ndaliman, M. B., Lafia-Araga, R. A., Adedipe, O. ve Choudhury, I. A., 2018, Effects of process parameters on the properties of brake pad developed from seashell as reinforcement material using grey relational analysis, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 21 (4), 787-797.
- Akgun, N. A. ve Doymaz, I., 2005, Modelling of olive cake thin-layer drying process, *Journal of food engineering*, 68 (4), 455-461.
- Aras, S. ve Tarakçioğlu, N., 2019, Experimental investigation of the effect of compression pressure on mechanical properties in glass fiber reinforced organic material-based brake pads production, *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 3 (2), 111-115.
- Baklouti, M., Cristol, A. L., Desplanques, Y. ve Elleuch, R., 2015, Impact of the glass fibers addition on tribological behavior and braking performances of organic matrix composites for brake lining, *Wear*, 330-331, 507-514.
- Bijwe, J., 1997, Composites as friction materials: Recent developments in non-asbestos fiber reinforced friction materials—a review, *Polymer composites*, 18 (3), 378-396.
- Bijwe, J., Aranganathan, N., Sharma, S., Dureja, N. ve Kumar, R., 2012, Nano-abrasives in friction materials-influence on tribological properties, *Wear*, 296 (1), 693-701.
- Boz, M. ve Kurt, A., 2006, Bronz Esaslı Fren Balata Malzemelerinin Sürtünme-Aşınma Özelliklerine Sepiyolit'in Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 9 (4).
- Choosri, S., Sombatsompop, N., Wimolmala, E. ve Thongsang, S., 2019, Potential use of fly ash and bagasse ash as secondary abrasives in phenolic composites for eco-friendly brake pads applications, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 233 (5).
- Çetinkaya, S., 2013, Taşıt mekaniği, Nobel, p.
- Çiftçi, B., 2010, Fren balatalarında cam elyaf kullanımının sürtünme özelliklerine etkisinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Dante, R. C., Vannucci, F., Durando, P., Galetto, E. ve Kajdas, C. K., 2009, Relationship between wear of friction materials and dissipated power density, *Tribology International*, 42 (6), 958-963.
- Demirhan, Y. Z. ve Kus, R., 2017, Investigation of Friction Coefficient for Twaron-Reinforced Brake Shoe Materials, *Materials Science Forum*, 106-110.
- Eriksson, M., Bergman, F. ve Jacobson, S., 1999, Surface characterisation of brake pads after running under silent and squealing conditions, *Wear*, 232 (2), 163-167.
- Eriksson, M., Bergman, F. ve Jacobson, S., 2002, On the nature of tribological contact in automotive brakes, *Wear*, 252 (1), 26-36.
- Erol, F., 2011, Zeytin karasularının membran proseslerle nihai artırımının incelenmesi.
- Ertan, R., 2008, Fren Balata Malzemelerinin Optimizasyonu ve Üretim Parametrelerinin Analizi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Bursa*.

- Ertan, R. ve Yavuz, N., 2010, An experimental study on the effects of manufacturing parameters on the tribological properties of brake lining materials, *Wear*, 268 (11), 1524-1532.
- Handa, Y. ve Kato, T., 1996, Effects of Cu Powder, BaSO₄ and Cashew Dust on the Wear and Friction Characteristics of Automotive Brake Pads, *Tribology Transactions*, 39 (2), 346-353.
- Hwan Park, J., 2010, Friction characteristics of brake pads with aramid fiber and acrylic fiber, *Industrial Lubrication and Tribology*, 62 (2), 91-98.
- Ilanko, A. K. ve Vijayaraghvan, S., 2016, Wear behavior of asbestos-free eco-friendly composites for automobile brake materials, *Friction*, 4 (2), 144-152.
- Jang, H. ve Kim, S. J., 2000, The effects of antimony trisulfide (Sb₂S₃) and zirconium silicate (ZrSiO₄) in the automotive brake friction material on friction characteristics, *Wear*, 239 (2), 229-236.
- Kahya, K., Sugözü, İ. ve Şevik, H., 2016, Kızılçam kozalağı tozu içeren fren balatası üretiminde sıcak presleme basıncının tribolojik özelliklere etkisi".
- Keser, O. ve Bilal, T., 2010, Zeytin sanayi yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanım olanakları, *Hayvansal Üretim*, 51 (1).
- Kılıç, M., 2011, Zeytin Karasuyunun İleri Arıtma Yöntemleri ile Ekonomik Arıtılabilirliğinin Araştırılması, *Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa*.
- Kılıçaslan, C., 2016, Zeytin Pirinası/Polyester Kompozitin Basma Yüğü Altındaki Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Engineer & the Machinery Magazine*, 57 (676).
- Kumar, M. ve Bijwe, J., 2010, NAO friction materials with various metal powders: Tribological evaluation on full-scale inertia dynamometer, *Wear*, 269 (11), 826-837.
- Kumar, M., Boidin, X., Desplanques, Y. ve Bijwe, J., 2011a, Influence of various metallic fillers in friction materials on hot-spot appearance during stop braking, *Wear*, 270 (5-6), 371-381.
- Kumar, M., Satapathy, B. K., Patnaik, A., Kolluri, D. K. ve Tomar, B. S., 2011b, Hybrid composite friction materials reinforced with combination of potassium titanate whiskers and aramid fibre: assessment of fade and recovery performance, *Tribology International*, 44 (4), 359-367.
- Kus, R. ve Toros, M., 2011, The Effects Of Carbon Nanotube Or Graphite Powder On Wear And Density Properties Of Brake Pad Samples, *Electronic Journal of Vehicle Technologies*, 3, 29-39.
- Kuş, H., 2014, Bronz Esaslı Seramik Takviyeli Fren Balatalarının Performansının Geliştirilmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Lawal, S., Ndaliman, M. ve A, L.-A., 2018, An Overview Of Brake Pad Production Using Non-Hazardous Reinforcement Materials. .
- Malak, İ. M. A., Aysal, H. B. F. E. ve Yavuz, İ., 2016, The Investigation of Brake Linings Reinforced With Carbon Fiber, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 13 (4), 45-52.
- Mutlu, İ., Öner, C., Özdin, K., Yıldız, E., Bölümü–Afyon, T. E. F. M. ve Bölümü–Elazığ, M. E., 2006, Elyaf Katkılı Asbestsiz Disk Fren Balatalarında Sürekli Frenleme Veriminin İncelenmesi, *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 98-102.

- Naghmouchi, I., Mutjé, P. ve Boufi, S., 2014, Polyvinyl chloride composites filled with olive stone flour: mechanical, thermal, and water absorption properties, *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (22).
- Nicholson, G., 1995, Facts about friction: a friction material manual almost all you need to know about manufacturing; 100 years of brake linings & clutch facings, P & W Price Enterprises, Incorporated, p.
- Onyeneke, F., Anaele, J. ve Ugwuegbu, C., 2014, Production of motor vehicle brake pad using local materials (perriwinkle and coconut shell), *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 9, 17-24.
- Österle, W., Kloß, H., Urban, I. ve Dmitriev, A. I., 2007, Towards a better understanding of brake friction materials, *Wear*, 263 (7), 1189-1201.
- Öztürk, B., Arslan, F. ve Öztürk, S., 2007, Hot wear properties of ceramic and basalt fiber reinforced hybrid friction materials, *Tribology International*, 40 (1), 37-48.
- Öztürk, B., 2018, Aşındırıcı Türü ve Boyutunun Otomotiv Fren Balatalarının Sürtünme-Aşınma Performansına Etkisi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Prabhu, T. R., 2015, Effects of solid lubricants, load, and sliding speed on the tribological behavior of silica reinforced composites using design of experiments, *Materials & Design*, 77, 149-160.
- Rashid, A., 2014, Overview of disc brakes and related phenomena—a review, *International journal of vehicle noise and vibration*, 10 (4), 257-301.
- Satapathy, B. ve Bijwe, J., 2004, Performance of friction materials based on variation in nature of organic fibres: Part I. Fade and recovery behaviour, *Wear*, 257 (5-6), 573-584.
- Sellami, A., Hentati, N., Kchaou, M., Kus, R., Elleuch, R. ve Chowdhury, M. A., 2018, Wear mechanisms of different engineering systems under higher solicitations: Overview and case studies, *Engineering Failure Analysis*, 94, 165-181.
- Stadler, Z., Krnel, K. ve Kosmač, T., 2008, Friction and wear of sintered metallic brake linings on a C/C-SiC composite brake disc, *Wear*, 265 (3-4), 278-285.
- Sugözü, B., 2015, Otomotiv Fren Balata Malzemelerinde Maun Cevizi Tozunun Sürtünme Performansına Etkisi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8, 166.
- Sugözü, İ. ve Mutlu, İ., 2008, Fren balata malzemelerinin sürtünme ve aşınmaya etkisinin incelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 33-40.
- Sugözü, İ., Yavuz, İ. ve Mutlu, İ., 2009, Polimerik kompozit sürtünme malzemelerinde üretim basıncının performansa etkisinin araştırılması", 5, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu IATS*, 9, 1140-1143.
- Sugözü, İ., Mutlu, İ. ve Öner, C., 2011, Fren Balatası Üretiminde Sıcak Presleme Süresinin Frenleme Karakteristiğine Etkisinin Araştırılması, *Proceedings of 6th International Advanced Technologies Symposium (Iats' 11)*, 88-91.
- Timur, M. ve Kılıç, H., 2013, Marble Waste Using Produced of Automotive Brake Pad of Friction Coefficient Different Pad Brake Pads With Comprasion, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 19 (1), 10-14.
- Timur, M. ve Kuşçu, H., 2014, Computer Controlled Brake Pads Used In Tester Mechanic And Electronic Equipment.
- Unaldı, M. ve Kus, R., 2014a, Effect of Pressing Pressure on Density and Hardness of Powder Miscanthus Reinforced Brake Pads, *Applied Mechanics and Materials*, 680, 237-240.

- Unaldi, M. ve Kus, R., 2014b, Effect of Pressing Pressure on Density and Hardness of Powder Miscanthus Reinforced Brake Pads, *Applied Mechanics and Materials*, 237-240.
- Uyyuru, R. K., Surappa, M. K. ve Brusethaug, S., 2007, Tribological behavior of Al-Si-SiCp composites/automobile brake pad system under dry sliding conditions, *Tribology International*, 40 (2), 365-373.
- Üstün, N. S., 2011, Otomotiv endüstrisi için bir disk fren balatası üretimi ve performansının incelenmesi, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Vishwanath, B., Verma, A. P. ve Rao, C. V. S. K., 1993, Effect of reinforcement on friction and wear of fabric reinforced polymer composites, *Wear*, 167 (2), 93-99.
- Yawas, D. S., Aku, S. Y. ve Amaren, S. G., 2016, Morphology and properties of periwinkle shell asbestos-free brake pad, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 28 (1), 103-109.
- Yılmaz, C., 2015, Zeytin ve zeytin ürünlerinin bazı makro ve mikro inorganik bileşenlerinin analizi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra KESKİN
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Çorum- 28.02.1992
Telefon : 05417690629
E-mail : esra_kskin@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	İbni Sina Lisesi, Sincan/ANKARA	2010
Üniversite	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu/KONYA	2015
Yüksek Lisans	Konya Teknik Üniversitesi, Selçuklu/KONYA	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2016	Toprak Ticaret	Metalurji Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Kompozit Malzemeler

BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı

YAYINLAR

Uluslararası Sempozyumda Sunulan ve Özeti Yayınlanan

- Keskin, E., Kuş R. 2019, Zeytin Çekirdeği Katkılı Kompozit Malzemelerin Tribolojik Özellikleri, 3. International Scientific and Vocational Studies Congress- Engineering, Nevşehir, TURKEY