

**MODİFİYE EDİLMİŞ KARAÇAM  
KOZALAKLARININ OTOMOTİV FREN  
BALATALARINDA KULLANIMININ  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GÖKSAN AKPINAR**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**NİSAN 2008**

Bu tez çalışması 106M006 numaralı proje ile Tübitak tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MODİFİYE EDİLMİŞ KARAÇAM KOZALAKLARININ  
OTOMOTİV FREN BALATALARINDA KULLANIMININ  
ARAŞTIRILMASI**

**GÖKSAN AKPINAR**

**DANIŞMAN**

**Yrd.Doç.Dr. İbrahim MUTLU**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AFYONKARAHİSAR**

**NİSAN 2008**

## ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU danışmanlığında,

Göksan AKPINAR tarafından hazırlanan

**“Modifiye Edilmiş Karaçam Kozalaklarının  
Otomotiv Fren Balatalarında Kullanımının Araştırılması”**

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri  
uyarınca

...../...../2008

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Makine Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Doç. Dr. Şükrü TAKTAK	
Üye	Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU	

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun  
...../...../2008 tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT  
Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

<b>ÖZET</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>TEŞEKKÜR</b>	v
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	vi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	vii
<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	viii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	ix
<b>1. GİRİŞ</b>	1
1.1 Genel Bilgiler	2
1.1.1 Fren Balataları ve Özellikleri	2
1.1.2 Balatalardan İstenen Özellikler	2
1.1.3 Balata Oluşumunda Kullanılan Malzeme ve Fonksiyonları	4
1.1.3.1 Elyaf (Takviye Malzemeleri)	4
1.1.3.2 Dolgu Maddeleri	7
1.1.3.3 Bağlayıcı Maddeler	8
1.1.3.4 Sürtünme Ayarlayıcı Maddeler	9
1.1.3.5 Temizleyiciler	9
1.1.3.6 Renklendiriciler	9
1.1.3.7 Madeni Dolgu Malzemeleri	9
1.1.4 Sürtünme Tozu (Friction Dust)	10
1.1.4.1 Cashew Fındığı	10
1.1.4.2 Cashew Sürtünme Tozunun Üretim Yöntemi	11
1.1.4.3 Cashew Sürtünme Tozu	13
1.1.5 Türkiye’de Orman Varlığı	14
1.1.5.1 Ormanların Türkiye Ekonomisindeki Yeri	14
1.1.5.2 Orman Tali Ürünleri	14
1.1.6 Literatür Özeti	17
1.1.7 Amaç ve Kapsam	22

<b>2. MATERYAL METOT</b>	24
2.1 Deneý Düzeneginin Tanıtılması	24
2.2 Deneý Numunelerinin Üretilmesi	25
2.3 Deneý Şartları	27
2.4 Deneý Numuneleri	29
<b>3. BULGULAR</b>	32
3.1 Sürtünme Katsayısı-Sıcaklık Değişimi	32
3.2 Aşınma Dayanımı, Sertlik ve Yoğunluk	36
<b>4. TARTIşMA VE SONUÇ</b>	39
4.1 Sürtünme Katsayısı ve Sıcaklık	39
4.2 Aşınma Davranışı	40
4.3 Sıcak Yağ İşleminin Etkisi	41
<b>5. KAYNAKLAR</b>	43
<b>6. ÖZGEÇMİş</b>	50

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## MODİFİYE EDİLMİŞ KARAÇAM KOZALAKLARININ OTOMOTİV FREN BALATALARINDA KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Göksan AKPINAR

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilimdalı

Danışman: Yrd. Doc. Dr. İbrahim MUTLU

Bir fren balatasından asgari sürtünme ve aşınma değerlerini sağlaması, insan sağlığı ve çevre için zararlı olmaması, aynı zamanda ekonomik olması beklenir. Son yıllarda otomotiv endüstrisinde asbestsiz fren balatası geliştirme çalışmaları hızla devam etmektedir. Ülkemiz ekonomisi için fren balatası komponentini oluşturan malzemelerin yurtiçinden temin edilebilen malzemelerden seçilerek yurtdışına bağımlılığın azaltılması daha uygundur.

Bu çalışmada Karaçam kozalağının bünyesinde yüksek miktarda reçine bulundurmasından dolayı sürtünme malzemesi olarak kullanılabilmesi düşünülmüştür. Ayrıca, Karaçam ülkemiz ormanlarında çok miktarda bulunmaktadır. Bu yüzden Karaçam kozalağı tabii olarak ve modifiye işlemler uygulanarak balata komponenti içerisine farklı oranlarda katılmıştır. Karaçam kozalağı katkılı otomotiv fren balatasının frenleme karakteristiği incelenmiştir. Karaçam kozalağının sürtünme malzemesi olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir ve otomotiv sektörüne yeni bir kazanım olmuştur.

**2008, 50 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Fren balatası, Sürtünme Malzemesi, Karaçam kozalağı

## **ABSTRACT**

**M.Sc.Thesis**

### **INVESTIGATION OF USING IN AUTOMOTIVE BRAKE LINING OF MODIFIED PINE NUTS**

Göksan AKPINAR

Afyonkarahisar Kocatepe University  
Institute for the Natural and Applied Sciences  
Machine Engineering Department

Advisor: Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU

As a brake lining, it is proposed that it has least friction and abrasion for expected a brake lining and it is not harmful for the human health and environment. Recently, non-asbestos brake lining studies are going on in the Automotive industry. Because of our country's economy, materials of composition is chosen in domestic materials, so, it is decreased dependence to the abroad and produced modified Black Pine Nut formulation is used to be friction materials in brake lining.

In this study, Because of lots of resin capacity of Black Pine Nuts is used to be friction materials in the brake lining. Besides, there is lots of Black Pine forest in our country. Because of finding optimum proportion, Black Pine Nuts is used to be natural and modified in component different proportion. Used Black Pine Nuts in the brake lining is investigated brake characteristic. It is described that Black Pine Nuts can be used friction materials and it is a new study in the automotives' industry.

**2008, 50 Page**

**Keywords:** Brake Lining, Friction Material, Black Pine Nuts

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőmesinde yapmış olduğu ok değerli katkı ve ynlendirmeler ile bana büyük destek veren ve elinden gelen yardımı esirgemeyen kıymetli hocam ve danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim MUTLU' ya ve Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölüm Baőkanı Sayın Prof. Dr. Süleyman TAŐGETİREN hocama en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca deneysel çalışmalarda emeiği geçen Öğr. Gör. İlker SUGÖZÜ, Prj. Asist. Osman KOÇ beylere ve bu çalışmanın yürütülmesinde A.K. Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv bölümü personeline teőekkürü bir borç bilirim. Bu güne gelmemde manevi desteğini esirgemeyen çok kıymetli aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

Göksan AKPINAR  
Afyonkarahisar, 2008



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$f_m$	Deneydeki Ortalama Sürtünme Kuvveti (N)
$V$	Özgül Aşınma ( $gr/mm^2$ )
$m_1$	Deneyden Önce Ölçülen Balata Kütlesi (gr)
$m_2$	Deneyden Sonra Ölçülen Balata Kütlesi (gr)
$\rho$	Balata Yoğunluğu ( $gr/cm^3$ )
$R_d$	Disk Yarıçapı (m)
$\mu$	Sürtünme Katsayısı
$n$	Toplam Devir Sayısı (devir)
$F$	Deney Yüğü (N)
$D$	Batıcı Bilye Çapı (mm)
$d$	Bilye İzi Ortalama Çapı (mm)
$s$	Saniye

### 2. Kısaltmalar

CNSL	Cashew Nut Shell Liquit
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
BS	Brinell Sertlik Değeri
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

		<b>Sayfa No</b>
Şekil 1.1	Cashew Meyvesi	11
Şekil 1.2	Açık Havada Kavurma Metodu	12
Şekil 2.1	Deney Düzenineğinin Genel Görünüşü	24
Şekil 3.1	C Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değışimi Grafiğı	33
Şekil 3.2	C Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sıcaklık-Zaman Değışimi Grafiğı	33
Şekil 3.3	K Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değışimi Grafiğı	34
Şekil 3.4	K Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sıcaklık-Zaman Değışimi Grafiğı	34
Şekil 3.5	M Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değışimi Grafiğı	35
Şekil 3.6	M Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sıcaklık-Zaman Değışimi Grafiğı	35

## RESİMLER DİZİNİ

		<b>Sayfa No</b>
Resim 2.1	Toz Karıştırma Mikseri	25
Resim 2.2A	I Profili Karıştırma Kabı	26
Resim 2.2B	V Profili Karıştırma Kabı	26
Resim 2.3	İmal Edilen Balatalardan Örnek Resimler	27
Resim 3.1	Deney Esnasında Fren Diskinin Görünüşü	32
Resim 3.2	Brinell Sertlik Ölçme Cihazı	37
Resim 3.3	Yoğunluk Ölçüm Cihazı	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>SayfaNo</b>	
Çizelge 1.1	Karaçamın Fiziksel Özellikleri	17
Çizelge 1.2	Karaçam'ın Mekanik Özellikleri	17
Çizelge 2.1	Karaçam Kozalağı 1 Kullanılan Numunelerin %'de Oranları	30
Çizelge 2.2	Karaçam Kozalağı 2 Kullanılan Numunelerin %'de Oranları	30
Çizelge 2.3	Cashew Kullanılan Numunenin %'de Oranları	30
Çizelge 3.1	Numunelerin Özgül Aşınma, Sertlik ve Yoğunluk Değerleri	38

## 1. GİRİŞ

Taşıtın sürüş esnasında emniyetini sağlamada frenleme performansına etki eden önemli parçalarından birisi balatadır. Fren balatalarında aranan en önemli özellikler; zor çevre şartları altında bile güvenli kullanım ve rahatlık için; yüksek mukavemet, sabit sürtünme katsayısı, düşük aşınma oranı, düşük ses ve anti-titreşim karakteristikleri gibi çok sayıdaki özelliklerdir (Milevski et al., 1987, Gopal et al., 1996, Robinson et al., 1992).

Fren performansının en önemli göstergesi, frenlemeden sonra sağlanan kısa durma mesafesidir. Bu maksimum yavaşlama ivmesi ile mümkündür. Yüksek frenleme kuvveti, sürtünen yüzeylerin önemli bir kısmını oluşturan balata kalitesi ile ilgilidir (Anderson,1987). Fren balatalarının sürekli veya uzun süreli olarak aşırı sıcaklıklara maruz kalmaları balataların zarar görmesine neden olacaktır. Otomotiv ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan balataların kompozisyonlarında 15–20 adet farklı malzeme mevcuttur. Kaliteli bir balata üretebilmek için bu malzemelerin hangi oranlarda kullanılacağını belirlemek oldukça zordur (Gopal et al., 1996).

Asbest esaslı sürtünme malzemelerinin zararlı etkileri ve yüksek sıcaklıklara çok duyarlı olmaları; bilim adamlarını yüksek sıcaklıklarda daha dayanıklı ve insan sağlığını tehdit etmeyen malzemeler araştırmaya yöneltmiştir. Bu yüzden fren balata içeriklerinde büyük değişiklikler olmuştur (McLellan, 1988). Bazı ülkeler asbesti kaldırarak yerine kullanılabilir başka mineral arama çabasına girmişlerdir. Yine bu ülkeler, non-asbestos adı altında yeni balata malzemeleri üreterek, yeni ürünlerini piyasaya sunmuşlardır. Fakat bu ürünlerin maliyeti, normal asbestli balatalara göre üç dört kat fazla olmaktadır. Yeni geliştirilen bu ürünler konusunda bu firmalar çok hassas davranarak bilgi vermekten kaçınmaktadırlar (Rhce et al., 1991).

Tüketimi oldukça yüksek olan balataların piyasası da hareketlidir dolayısıyla balata üreticileri kalite ve pazar açısından sürekli rekabet halindedir. Ülkemizde fren balata üreticisi olarak sadece birkaç firma mevcuttur. Bu firmalar kaliteli balata üretiminin gerçekleştirilmesinde gerekli mevcut bilgileri ve araştırma-geliştirme çalışmalarını son derece gizli tutmaktadırlar. Bu nedenle ülkemizde balatalarla ilgili araştırmaların sayısı

oldukça sınırlıdır (Witaker and Wirth, 1992). Bu firmalar ya kendi geliştirdikleri formülasyonu ya da yabancı marka tescili altındaki formülasyonu üretimlerinde kullanmaktadırlar.

Balatalarda bünyesinde kullanılan, yurtdışından ithal edilmekte olan malzemelere büyük miktarda döviz ödemektedir. Balata üretiminde kullanılan yeni malzemelerin Türkiye açısından önemi değerlendirilmiş, asbestsiz balata malzemelerinin polimerik kompozitler içerisinde, Türkiye ithalatında önemli bir yere sahip olduğu Devlet İstatistik Enstitüsü verilerinde görülmüştür (İnt.Kyn.5).

## **1.1 Genel Bilgiler**

### **1.1.1 Fren Balataları ve Özellikleri**

Balatalar, TS 555'e göre sürtünmeli frenler için uygulanan fren kuvvetinin, araçların tekerlekleri ile bağlantılı disk veya kampanalara sürtünme yolu ile aktarılmasını sağlayan elemanlar olarak tanımlanır (T.S.E. 1.baskı, 1992). Yüksek hızlarda taşıtın ani olarak durdurulmasında veya uzun süreli frenleme durumunda balata yüzeylerinde 700 °C'ye kadar sıcaklık yükselmeleri mümkündür. Ağır çalışma şartları, balatalardan istenen özellikleri arttırmaktadır. Çalışma şartları dikkate alınarak değişik balata malzemeleri geliştirilmektedir (Ayar, 1991).

### **1.1.2 Balatalardan İstenilen Özellikler**

Balata malzemelerinde istenilen özellikleri belirtmek için çalışma şartlarının çok iyi bilinmesi gerekir. Özellikle balata yüzeyine etki eden basınç, aracın hızı ve sürtünmeden dolayı balata yüzeylerinde oluşan sıcaklık yükselmelerinin önemli olduğu görülür. Balata deneylerinde basınç-hız-sıcaklık değerlerinin birbiriyle olan kombinasyonları göz önüne alınır ve basınç-hız değerleri birbiri ile paralel olarak arttırılır (Gemalman, 1986).

Fren elemanlarının, sürtünme ve aşınma karakteristiklerini fren tasarımı, malzemeye ve balataya etkileyen şartlar belirler. Balata ömrünü belirleyen şartlar; sıcaklık, sürtünme hızı

ve basınçtır. Fren sistemindeki sürtünme elemanları sürekli olmayan farklı büyüklükteki basınç ve sıcaklık etkisi altında çalışması nedeniyle aşınma ve sürtünme davranışları, şaşırtıcı derecede karmaşıktır. Temas halindeki yüzeyler 1 m/s'de 1000°C den 1100°C ye ulaşır ve diğer yüzeyler gibi aktif olarak soğur. Heterojen ve sürekli davranış özelliği olmayan termoelastik özelliğinden kurtulmak için yüksek kabiliyetli, anizotropik sürtünme malzemeleri geliştirilmiştir.

Fren, balatalarının sürtünme ve aşınmasına bilimsel ve sınıfsal ayırım getirmek karmaşık bileşenler ve birbirleriyle etkileşimleri yüzünden mümkün değildir. Temel mekanizmaların etkileşimlerini oluşturan makul etkenler ile fren performans etkisi açıklanabilir. Farklı fren dizaynları ve tasarlanmış işlemler için balata malzeme seçimi de yapılabilir (Anderson, 1992). Sürtünme esnasında yüzeylerin pürüzlülüğü ve absorpsiyonu sonucu meydana gelen sıcaklık, sürtünme katsayısını önemli ölçüde etkiler, sıcaklığın artması malzemede sürtünme katsayısının düşmesine neden olur ve sistem görev yapmaz hale gelir (Uygur, 1996).

Tüm bu kabullerin ışığında balatalar bütün frenleme durumlarında sabit kalan bir sürtünme katsayısına ( $\mu$ ) sahip olmalıdır. Ancak uygulamada hız ve basıncın artmasıyla sıcaklığın yükselmesi sonucu sürtünme katsayısında düşme görülür. Araçların farklı hızlarında yapılan frenleme sırasında taşıtın kullanılma yeri, kullanım ve iklim şartları hiçbir zaman ve hiçbir şekilde fren kuvvetine negatif yönde tesir etmemelidir (Demirsoy, 1973). Balata özellikleri olumsuz şartlardan etkilenmemelidir. Literatürde balatalardan istenen özellikler aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

1. Her çalışma şartlarında sabit sürtünme performansı,
2. Sürtünme katsayısının sıcaklık, fren basıncı ve hızdan bağımsız olması veya sürtünme davranışındaki değişimin az olması,
3. Yüksek sıcaklık direnci,
4. Yüksek ısı iletkenliği,
5. İyi korozyon direnci,
6. Yüksek mekanik mukavemet,
7. Düşük gürültü seviyesi,

8. Hava koşullarından etkilenmeme,
9. Balata malzemesinin sağlığa zararsız olması,
10. Yüksek aşınma mukavemeti ve karşı malzemede düşük aşınma istenmektedir.

### **1.1.3 Balata Oluşumunda Kullanılan Malzemeler ve Fonksiyonları**

Endüstri ve otomotiv uygulamalarındaki sürtünme malzemeleri üç ana gruba ayrılır. Bunlar organik, yarı metalik ve asbestsiz balatalardır. Tüm bu çeşitlerde performans karakteristikleri dikkate alınırken onların içindeki maddelerin benzerlikleri ile gruplanırlar. Otomotiv endüstrisinde kullanılan sürtünme malzemelerini oluşturan maddeler benzer özellik ve kullanım amacına göre dört sınıfta kategorize edilebilir (Washabaugh, 1987). Bunlar;

1. Elyaf (takviye malzemeleri),
2. Dolgu maddeleri,
3. Bağlayıcı Maddeler,
4. Sürtünme ayarlayıcı maddelerdir.

İstenen özelliklerde bir balata üretilebilmesi için ana grup olarak bağlayıcılar, takviye malzemeleri, dolgu maddeleri ve sürtünme ayarlayıcılar kullanılır (Bijwe, 1997). Renklendiriciler, temizleyiciler gibi diğer katkı maddelerini dolgu malzemeleri arasında düşünebilir. Balata katkı maddeleri istenen fiziksel ve mekanik özellikleri sağlamak, sürtünme-aşınma ve diğer özellikleri iyileştirmek amacıyla kullanılır (Dönmez, 2000).

#### **1.1.3.1 Elyaf (Takviye Malzemeleri)**

Elyaf ana yapı oluşturabilmek için bir yandan diğer yana uzanan örülmüş veya üst üste bindirilmişlerdir. Bu işlemde fren balataları için gerekli güç, sağlamlık ve rijitlik sağlamak amaçlanır. Ek olarak eğilme gerilmelerini artırır. Elyaf sürtünme malzemelerini kuru karışım durumunda, ön şekillendirmede ve yüksek sıcaklıklarda termal dengede tutar (Washabaugh, 1987)



## **A- Asbest**

Asbest, doğal bir mineraldir. Ateşe karşı dayanıklılığı kadar önemli olan diğer özellikleri gerilme direnci, esnekliği ve bükülebilme özelliğidir. Asbestin teknolojik değeri başlıca üç özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ateşe dayanıklıdır, elektrik ve ısı yalıtımı yüksektir, lifli yapısından dolayı fenolik kompozitlerde çelik kafeslere benzer şekilde özel bağlayıcılık özelliği gösterir. Bu yüzden, başka malzemelere karıştırılan asbest ileri derecede dayanıklılık sağlayabilmektedir (Türk Sağlık Ajansı Yayınları 1,1991). Özgül ağırlığı 2,1-2,8 gr/cm<sup>3</sup> ve ergime noktası 1150-1550 ° C dir (Sophie and Mason, 2002).

Asbeste maruz kalmakla asbestos corns, asbestosis, mesolheiyama, mide, gırtlak ve akciğer kanseri gibi hastalıklar gelişebilir (Berry, 1992, Baker, 1994). Son 80 yıldır dünyada tartışma konusu olan asbest uluslararası sağlık örgütlerinin girişimleri ile son 10 yılda ulusal ve uluslar arası mahkemelerde kullanımı yasaklama kararları alınmıştır. Dolayısıyla asbestin özelliklerini karşılayacak malzeme araştırmaları hız kazanmıştır (Dönmez, 2000, Katalog,1993).

## **B- Cam Elyafı**

Cam elyafı, eritilmiş cam karışımının basınçlı hava ile sıkıştırılması sonucu özel olarak yapılmış bölmelerden aşağı akıtılarak elde edilir (Welch, P.A. and A.F.,1953). Bu işlem sırasında erimiş cama, dolomit ve alümina katılarak istenilen fiziksel özelliklerde üretilen liflerin yoğunluğu 2,5-2,54 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişir (Gemalmayan, 1984, Katalog, 1983).

## **C- Kevlar (Aramid)**

Kevlar, ticari olarak mevcut olan en mukavim ve rijit organik elyafıdır. Kevlar, tescilli marka olup para aramid elyaflara Du-Pont firmasının verdiği ticari addır. Sıcaklığın artması ile bu özellikler tedricen azalır fakat 425 °C sıcaklığa kadar, hatta kısa süre içinde 530 °C dereceye kadar faydalı takviye sağlar. Kevların doğal tokluğu, önemli

sayılabilecek kopma uzaması ve kolaylıkla eğilebilmesi diğer önemli özellikleri vardır. Bu özellikler ürünün sürtünme aşınmasında önemli özelliktir (Stocks et al., 1985).

Kevlar fiberler ticari olarak keklar 29 ve keklar 49 olarak iki şekilde temin edilebilir. Kevlar 29 orta derecede elastisite modülüne ve yüksek mukavemete sahiptir. Kevlar 49 yüksek elastisite modülü ve yüksek mukavemete sahiptir. Kevlar 49 özellikle yüksek performans gerektiren uygulamalarda tavsiye edilmektedir (Hull, 1987).

#### **D- Çelik Elyaf (Çelik Yünü)**

Çelik elyaf uygun takviye etme özelliği, iyi ısı ve sürtünme kararlılığı, ekonomik oluşu ve karıştırma esnasında parçalanmaya karşı direnci sayesinde en çok kabul gören alternatif malzemelerden biridir. Korozyon dezavantajına rağmen yumuşak çelik elyaf daha kolay işlenebilir ve ucuz olması sayesinde tercih edilmektedir (Baker, 1992).

#### **E- Taş Yünü**

Taş yünü İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. firması tarafından üretilmektedir. Taş yünü değişik boy elyaflardan oluşmakta, diğer malzemelerle birlikte karıştırıldığında parçalanarak içyapıya dağılmaktadır (Genel Ürün Kataloğu,1998).

#### **F- Basarit**

Basarit (tescilli ticari marka) Deutsche Basaltsteinwolle GmbH firması tarafından balata imali için üretildiği bildirilmektedir. Asit çözeltileriyle kimyasal reaksiyona dayanımı orta, alkali çözeltilerle kimyasal reaksiyona dayanımı iyi, çözücülerle kimyasal reaksiyona dayanımı çok iyidir. Kimyasal analizi: %42-48 SiO<sub>2</sub>, %9-14 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1-3 TiO<sub>2</sub>, %11-14 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %10-14 MgO, %10-14 CaO, %2-4 Na<sub>2</sub>O, %1-3 K<sub>2</sub>O dir (Dönmez, 2000, Katalog 1,1998).

#### **G- Fiberfrax**

Fiberfrax (\*tescilli ticari marka) Carborundum Resistant Materials GmbH firması tarafından üretilmektedir (Katalog 2, 1998). Saf alümine taneleri ve silika kumunun

1790°C'da bir elektrik ark ocağında ergitilmesi, ergimiş seramik karışım huzmesinin tabandan damlatılması ve basınçlı hava huzmesiyle damlacıkların elyaflara dönüştürülmesi yoluyla üretilir. Fiberfrax % 100 elyaf olmayıp belli oranda parçacık da içerir. Tipik kimyasal analizi: %52,8 SiO<sub>2</sub>, %47,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %1,15 Na<sub>2</sub>O, %0,04 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kalıntı elementler %0,01 dir.

## **H- Mika Grubu**

Mika, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip levhamsı, kompleks bileşimli hidroalüminyum silikat minerallerine verilen isimdir. Mineralojik olarak yerkabuğunun ağırlıkça %3,8'ini oluşturan mikalar özellikle asidik magmatik ve metamorfik kayalarda bol olarak bulunur. Mika grubu mineralleri arasında endüstriyel öneme sahip ana mineral muskovittir (DPT, 1975).

### **1.1.3.2 Dolgu Maddeleri**

Dolgu maddeleri istenen sürtünme özelliklerini bozmadan balatayı geliştirmek, hacim doldurmak ve maliyeti düşürmek amacıyla katılır. Isının homojen bir şekilde dağılması ve sürtünme katsayısının ayarlanması, mukavemetin ve korozyon direncinin artırılması ve balatanın renklendirilmesi dolgu maddelerinin yardımıyla sağlanmaktadır (Ayar. H. H.,1991). Genellikle sürtünmeye etkisiz kabul edilir fakat sürtünme ayarlayıcı bir maddede olabilirler. Dolgu maddesi olarak alçı, barit, kil veya kalsiyum karbonat gibi genellikle düşük fiyatlı mineraller kullanılmaktadır. Doğal barit (BaSO<sub>4</sub>) yaygın bir dolgu maddesidir ve genellikle sürtünme katsayısına etkisiz kabul edilmektedir (Dönmez, 2000, Tanaka, et. al., 1973). Aşağıda kullanılan bazı dolgu maddeleri verilmiştir.

- Alçı
- Talk
- Barit
- Kizelgur (Diatomit)
- Kil

### 1.1.3.3 Bağlayıcı Maddeler

Bağlayıcılar balata bileşenlerini kullanım öncesinde ve kullanım sırasında bir arada tutan yapıştırıcılardır. Bağlayıcı olarak birçok termoset reçineyi kullanmak mümkündür. Doğal veya sentetik kauçuk da bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bağlayıcılar tek tek kullanılabilir olmakla beraber birden fazla bağlayıcı birlikte de kullanılmaktadır (Vishwanath, et. al., 1993). Fakat bunlar arasında fenol formaldehit reçine adı verilen termoset reçineler otomotiv sektöründe kullanılan en yaygın bağlayıcıdır.

Bu reçinelerin en büyük özelliği sıcaklıkta sertleşmeleridir. Termoset malzemelerin özelliği erime derecesi yanma derecesinin üzerindedir. Fenol (Phenol) ( $C_6H_6O$ ) ve formaldehit (Formaldehyde) ( $CH_2O$ ) kalıp pudrası halinde kullanılır, polimerleştirme reaksiyonu, polimerin normal sıcaklıklarda katı olduğu fakat ısı ve basınç etkisi altında akabileceği bir basınç etkisi altında durdurulur. Karışım basınç altında kalıplanır, sürtünmenin azaltılabilmesi için bir miktar grafitte yer verilir. Fenol formaldehitler yüksek sıcaklıklarda kullanılırdırlar çünkü sürekli bir yapı kafesine sahip oldukları için moleküller arasında kayma olmaz. Böylece şekil değiştirme sıcaklığın yükselmesine bağlı değildir. Fenol formaldehit reçinenin içerisinde %40 fenol, %22 formaldehit, %4 kresol, %34 su, çözücü ve diğer dolgu maddeleri bulunmaktadır (Gemalmayan, 1984).

Reçinelerde polimerizasyonun tamamlanarak sertleşmesine kürleşme denir. Kürleşme termoset bir reçinenin özelliklerinin geri dönülmez bir şekilde kimyasal bir reaksiyonla değişmesidir (Othmer, K.,1966). Kürleşme, kürleştirici maddelerin katılması sıcaklık ve basınçla veya sıcaklık ve basınç olmadan meydana gelir. Fenolik reçinelerin kürleşme şartları 232 °C'ye kadar sıcaklıklarda birkaç dakikadan birkaç saate kadar olabilir. Yüksek sıcaklık dayanımının elde edilebilmesi için fenoliğin kalıpta başlayan kürleşmesinin tamamlanması gerekmektedir. Bunun için kalıplanmış parçalar 200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hacmine bağlı olarak belli bir süre fırında tutularak kürleşmenin tamamlanması sağlanır (Neiman, 1965). Son kürleme işlemleri ısıl işlem olarak da adlandırılır ve dayanım özelliklerini iyileştirmek için uygulanır (Dönmez, 2000, Hao and Sheng, 1998).

#### **1.1.3.4 Sürtünme Ayarlayıcı Maddeler**

Sürtünme ayarlayıcı katkı maddeleri sürtünme katsayısını değiştiren maddelerdir. Bunları abrasif olan ve olmayan şekilde ayırmak mümkündür. Toz halde alümina gibi abrasif özellikli malzemeler, sürtünme katsayısını artıran grafit gibi katı yağlayıcılar ise sürtünme katsayısını istenen düzeye getirmek için katılan bileşenlerdir. Bunlara aşınma özelliklerini ve mekanik özellikleri iyileştirmek için ilave edilen elastomerler, fenolik sürtünme parçacıkları, fenolik reçineler için kürleştiriciler ve diğer sürtünme artırıcı ve azaltıcı katkıları da dahildir.

Pirinç, çinko veya diğer metal tozları abrasif özellikleri kontrol etmek için katılmaktadır. Metalik tozlar ısı iletimini artırdığı gibi fren zayıflama dayanımının iyileşmesinde faydalı olduğu da ifade edilmiştir (Bijwe, 1997, Dönmez, 2000).

#### **1.1.3.5 Temizleyiciler**

Temizleyiciler; balata bileşimine karşı malzemeye yapışıp katılaşmış olan bağlayıcıların kazınıp sökülmesi amacıyla katılmaktadır. Temizleyiciye ihtiyaç duyulan bazı bileşim ve kullanım şartlarında pirinç tozu, bronz tozu, çinko tozu gibi metalik malzemeler kullanılmaktadır (Dong et al., 1996).

#### **1.1.3.6 Renklendiriciler**

Sürtünme malzemelerinde, malzemenin dış görünüş rengini değiştirerek göze daha iyi görünebilmesi ve konstrüksiyonda uyum sağlaması açısından renk verici maddeler kullanılır (Yamashita et al., 1993). Siyah demir oksit ( $Fe_3O_4$ ), sarı demir oksit ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ), kırmızı demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) ve karbon siyahı sıkça kullanılan renk vericilerdir (Dong et al., 1996).

#### **1.1.3.7 Madeni Dolgu Malzemeleri**

Sürtünme malzemelerinde (balatalarda) yapıyı homojenleştiren, ısı iletim katsayısını düzenleyen, aşınma ile sürtünme katsayısının dağılımına etkisi olan bu malzemeleri, metal yünleri ve metal talaşları oluşturur. Genellikle metal yünü olarak demir ve

alüminyum yünleri, talaş için de pirinç, bakır ve alüminyum metallerinin talaşları kullanılır. Bu malzemelerin kompozit içerisindeki oranları ve sertlikleri iyi seçilerek karşı malzemeye zarar vermemesi gerekir (Anderson, 1992).

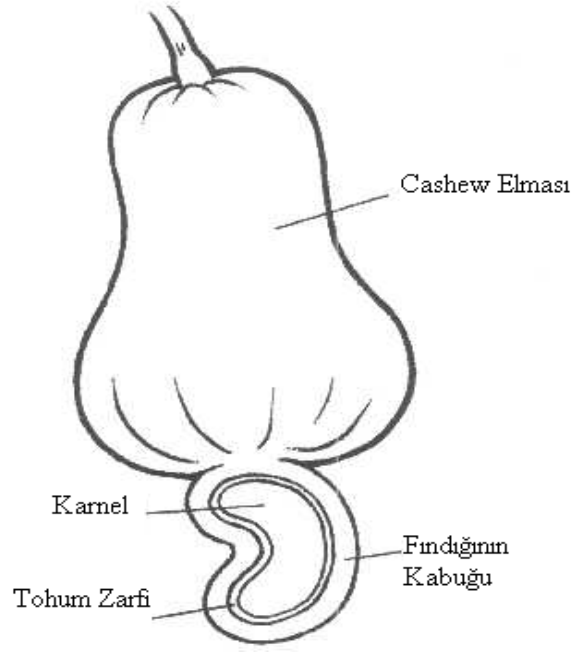
#### **1.1.4 Sürtünme Tozu (Friction Dust)**

Polimer esaslı sürtünme malzemelerinin arzu edilen sürtünme ve aşınma davranışlarını sağlaması ve frenleme performansını artırması amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Günümüzde taşıtlarda kullanılan yüksek oranlı seramiklerden, düşük oranlı metalik, polimerik, asbestsiz organik balata malzemelerine kadar değişen geniş bir yelpazede yaklaşık yüz farklı sürtünme formülü geliştirilmiştir (Peter, 2001). Sürtünme tozu organik esaslı bir malzemedir ve genellikle yüksek sıcaklıklarda sürtünme dayanımını ve soğuk aşınmayı iyileştirmek için kullanılır. Sürtünme tozu fren balatası bileşiminde yaklaşık olarak toplam bileşimin %18'ini teşkil eder (Ertan ve Yavuz, 2006).

##### **1.1.4.1 Cashew Fındığı**

Hindistan'ın ünlü maun ağacından elde edilen Cashew fındığı bir takım işlemlerden geçtikten sonra otomotiv fren balataların kullanılmaktadır. Cashew fındığı kabuğu ünlü, son derece aşındırıcı CNSL (Cashew Nut Shell Liquit) gibi yapışkan ve koyu bir sıvı içerir. CNSL çok yönlü endüstriyel ham malzeme olmasından dolayı öneme sahiptir. Endüstriyel uygulamalar için 200 den fazla patent almıştır.

Cashew özel olarak, fenol reçine için ham malzeme olarak ve otomotiv endüstrisi için sürtünme tozu olarak kullanılır (fren balatası ve debriyaj balatası için). Kampanalı fren balatasında Cashew reçinesi dolgu olarak kullanılmakta ve ayrıca bağlayıcı madde olarak ta kullanılmaktadır. Cashew meyvesi Şekil 1.1'de gösterilmiştir (İnt.Kyn.2).



**Şekil 1.1** Cashew Meyvesi

#### **1.1.4.2 Cashew Sürtünme Tozunun Üretim Yöntemi**

Maun ağacı ürünleri başlıca ham Cashew fındığı, Cashew Karnel ve CNSL olup uluslararası marketlerde satılmaktadır. Cashew fındığı genellikle yerel olarak işlenir ve tüketilir. Ham Cashew fındığı maun ağacının ana ticari ürünüdür. Ham Cashew fındığı işlem gördükten sonra CNSL ürünüyle endüstride ve tıbbi uygulamalarda kullanılır.

Cashew üretim metodları uzun yıllardan beri gelişmektedir. Isı uygulanarak Cashew fındığı CNSL' yi serbest bırakır ve kırılabilir bir kabuk oluşur böylece kabuğu kırıp açma esnasında karneli çıkarmak kolaylaşır. Cashew fındığına üç şekilde ısı uygulanır (Azam-Ali and Judge, 2001) :

- Açık Havada Kavurma Metodu
- Tambur Kavurma Metodu
- Sıcak Yağ Metodu

## A- Açık Havada Kavurma Metodu

Hindistan'daki Cashew endüstrisinin başlangıcından beri açık havada kavurma metodu kullanılır. Bu metodun tek avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Açık havada kavurma metodu Şekil 1.2'de gösterilmektedir (Azam-Ali and Judge, 2001).



Şekil 1.2 Açık Havada Kavurma Metodu

## B- Tambur Kavurma Metodu

Açık havada kavurma metodu geliştirilerek tambur kavurma metodu ortaya çıkmıştır. Belli bir açıda eğimli olan tambur kavurma esnasında dönerek Cashew fıncığının yanmasını önler. Bu metod orijinal metodun geliştirilmiş olmasına rağmen hatalıdır. Aşırı ısıtma ve yanma sonucu Cashew Karnael kaybedilir (Azam-Ali and Judge, 2001).

## C- Sıcak Yağ Metodu

1930'ların ortalarında Cashew Karnael artırılmak istenmiş ve sıcak yağ metodu geliştirilmiştir. Basit olarak sıcak yağ metodu Cashew fıncığının tank içerisindeki sıcak yağ ile kavrulmasıdır. Fındıklar sıcak yağ içerisinde 185°C de 1,5 dakika bekletilerek kavrulur. Kavrulmuş Cashew fıncığının kabuğu kırılabilir bir yapıya sahip olduğundan kabuk kolaylıkla fıncıktan ayrılır. Böylece CNSL endüstriyel ve tıbbi uygulamalar için ayrılırken, kavrulmuş Cashew fıncığı kabuğu ise fren balatalarında sürtünme malzemesi olarak kullanılmak üzere değirmende toz haline getirilir (Azam-Ali and Judge, 2001).



### 1.1.4.3 Cashew Sürtünme Tozu

Sürtünme tozu genellikle üretilen Cashew reçinesine dayanır. Cashew reçinesi, bazı katkı maddeleri de kullanılarak kendiliğinden tutuşmayı önler ve malzemenin komponent içerisinde homojen olarak dağılımına yardımcı olur.

Cashew katkılı sürtünme tozu, sürtünmeyle oluşan ısı oluşumunu absorbe ederek frenleme etkisini sabit tutmaktadır. Cashew reçinesinin sağladığı avantajlar sentetik fenol reçinesiyle karşılaştırıldığında daha ekonomik olması ve daha yumuşak malzeme üretimiyle daha sessiz fren etkisi vermesidir ayrıca düşük hızdaki araçlarda ısı oluşumunu alarak frenleme nispeten soğuk iken aşınmaya karşı daha dayanıklıdır. Cashew sürtünme tozu taneli yapıdadır ve CNSL polimer reçineden elde edilir. CNSL işlemindeki ana bileşen cardenoldür. Cardenol doğal olarak hidrofobiktir ve çok düşük sıcaklıklarda esnek ve sıvı olarak kalır (Peter, 2001).

Cardenol CNSL'den imal edilen fenol olarak bilinir. Cardenol'ün kendine özgü moleküler içeriği, özellikle doymamış uzun hidrokarbon zincirleri çapraz bağların kolayca polimerleşmesiyle esnekliğe katkıda bulunmasını, yüksek elektrik yalıtımı uygulamalarını ve termal stabilite sağlar. Ayrıca zincirler polimerin hidrofobik özelliğini açığa çıkarır. Cardenol bulunan reçineler mineral yağlarını yumuşatmada, anti mikrobik proseslerde, böcek ilacı olarak, boyama ve verniklemede, epoxy reçinesi ve yağ çözücü reçine olarak, elektriksel yalıtım malzemesi olarak da kullanılır. Cardenol asitlere ve alkalilere karşı yüksek direnç gösterir.

Cashew sürtünme parçacıkları stabilite sağlamak için fren balatası bileşiminde kullanılmaktadır. Doğal esnekliğe sahip olmasıyla yoğun etkileri absorblama ve tamponlama özeliği bileşime katılan Cashew sürtünme parçacıklarının etkileyici özelliklerindedir. Ayrıca fren yüzeyinde kolayca ayrışır çeşitli sıcaklıklarda geliştirilerek aşınma kontrol edilir. Aşırı sıcaklık artışını engelleyerek koruyucu organ olarak davranır. Aynı zamanda ısıyı kolayca absorbe eder ve ısıyı balatanın içerisinde her alana eşit olarak dağıtır. Bu özelliklerinden dolayı Cashew sürtünme tozu önceleri

ham malzeme olarak ağır taşıtlar için asbestli ve asbestsiz fren balatalarında kullanılmıştır (Peter, 2001, İnt.Kyn.2).

### **1.1.5 Türkiye’de Orman Varlığı**

Ülkemizin ormanlık alanı 20,7 milyon hektar olup yurdumuzun genel alanının yüzde 26,7’sini oluşturmaktadır. Ormanlarımızda yetişen asli ağaç türlerimiz; kestane, kayın, meşe, kızılâğaç, kavak, huş, ıhlamur, dişbudak, akçaağaç, karaağaç, çınar, söğüt, ceviz ve sığla gibi yapraklı ağaçlar ile çam, köknar, ladin, sedir, ardıç, servi ve porsuk gibi iğne yapraklı ağaçlardır (İnt.Kyn.4).

#### **1.1.5.1 Ormanların Türkiye Ekonomisindeki Yeri**

Ormancılık sektörünün ülke ekonomisine olan katkılarını para ile ölçülebilen ve para ile ölçülemeyen katkılar olarak ikiye ayırmak gerekir. Odun kökenli orman ürünleri üretimi, orman tali ürünleri üretimi, işlendirmeye katkısı, bölgeler arası gelişmişlik farkını azaltıcı etkisi, ödemeler dengesini olumlu yönde etkilemesi, mineral nitelikli katkıları, tarım, hayvancılık ve turizme olan katkıları para ile ölçülebilen katkılardır.

İlkim, toprak su gibi doğal kaynakların korunması ve dengede tutulması, rüzgar ve kumul hareketlerine karşı önleyici perde görevi görmesi, su akışını düzenlemesi, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının sürekliliğini sağlayarak çoraklaşmayı önlemesi, erozyonu önlemesi dolayısıyla tarım alanları ile barajların ekonomik ömrünü uzatması, çığ ve sel baskınlarını önlemesi halkın rekreasyon ihtiyaçlarını karşılaması, insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi ve iş verimliliğini artırması ise para ile ölçülemeyen katkılardır. Ülkemizde çok önemli bir sektör olan ormancılık ülke kalkınmasında teşvik edici ve stratejik bir rol oynar (İnt.Kyn.3, İnt. Kyn.4).

#### **1.1.5.2 Orman Tali Ürünleri**

Türkiye odun dışı orman ürünleri üretimi bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye bitki tür çeşitliliği, yaban hayatı kaynakları ve endemik türler bakımından

zengin kaynaklara sahiptir. Türkiye'de 10.500 bitki türü bulunmaktadır. Bunun %32'si (3.400) endemik türlerdir. Orman içi ve açıklıklarında yetişen, insanların ve diğer canlıların kendi ihtiyaçlarını karşılamak veya gelir sağlamak için yararlandıkları her türlü bitkisel veya hayvansal ürünler odun dışı orman ürünleri (ODOÜ) olarak tanımlanmaktadır (DPT, 2001).

Bitki örtüsü bakımından bu karmaşık özelliğin bulunması, coğrafi konuyla beraber, ülkemizin farklı flora bölgelerinin bir bileşim yerinde bulunmasından, ayrıca topoğrafik yapının ve iklim özelliklerinin çok farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre, dünyada çeşitli amaçlarla kullanılan bitki sayısı 20.000 civarındadır. Bunlardan 4.000'i bitkisel ilaç olarak yaygın bir şekilde kullanılırken, yaklaşık %10'unun ticareti yapılmaktadır.

Türkiye'de tıbbi olarak kullanılan bitkilerin sayısının 500 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak, yapılan bir araştırmada, doğadan toplanarak ticareti yapılan bitki türlerinin sayısının 346 olduğu ve bunların 98'inin ihraç edildiği, 24'ünün endemik olduğu ve endemik türlerin 7'sinin de halen ihraç edildiği belirtilmektedir. Örneğin adaçayı, kekik, çöven ve şalba'nın bazı türleri endemik olup ihraç edilen türlerdir. Yine; doğadan toplanan ve aktarlar, semt pazarları ve marketler aracılığıyla ticareti yapılan türlerin sayısının da 179 olduğu tespit edilmiştir (Yaltırık ve Efe, 1989).

## **A- Karaçam**

Çamlar içinde karaçam Anadolu da step içlerine en fazla giren bir türdür. İç Anadolu'nun step kenarlarında 900 m' ye kadar meşcere halinde ve 1400 m' ye kadarda münferit halde ortaya çıkar. Orta Anadolu da Ankara ve Eskişehir'in bazı mntıkalarında bulunur. Toroslar' da 1200 – 2100 m' ler arasında bulunmaktadır. Karaçam Anadolu da geniş bir varyasyona sahiptir. Bursa yakınlarında Uludağ eteklerinden (rutubetlice ılıman iklim), İç Anadolu'da Ankara'nın güneyine kadar (Beynam ormanı, kurak kontinental iklim ) çok çeşitli iklim karakteri gösteren yerlerde yaygın bulunması, bu noktayı doğrular.

Karaçam, hem yayılışı hem de ekonomik bakımdan taşıdığı önem sebebiyle bir çok araştırmaya konu olmuştur. Karaçamın yayılışı ile birlikte gövde odunu içindeki ham terapantin miktarı (Berkel ve Huş, 1951), tohumunun çimlenme özellikleri (Atay, 1959), çap artımı ile hacim artımı arasındaki ilişkileri (Gülen, 1965), doğal bünyesi ve verim gücü (Kalıpsız, 1963), odununun fiziksel, mekanik özellikleri ve kullanılış yerleri (Göker, 1977), silvikültürel özellikleri (Saatçioğlu, 1979) ve Türkiye'deki coğrafik varyasyonları (Alptekin, 1986) tarafından araştırılmıştır.

Karaçam (*Pinus nigra*) doğal yayılışı esas olarak Güney Avrupa'dan başlamakta ve İspanyadan Türkiye'ye doğru uzanmaktadır. Bu doğal yayılış devamlılık göstermemekte, kesintili olarak seyretmektedir. Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subspecies *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) karaçamın Türkiye'de ve Kırım'da bulunan alt türüdür ve Toros, Batı Anadolu ve Kuzey Anadolu dağlarının orta yükseltilerinde geniş yayılış göstermektedir (Kaya ve Temerit, 1994).

Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold.) dünya üzerinde yayılış gösteren beş alttüründen ülkemizde yayılış gösteren Anadolu karaçamının *P. nigra* subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*, var. *pyramidata* (Ehrami karaçam), var. *şeneriana* (Ebe karaçamı), var. *yaltirikiana* (Büyük kozalaklı karaçam) olmak üzere dört varyetesi bulunmaktadır (Yaltırık, 1988).

Anadolu Karaçamı hem yakacak odun bakımından çok önemli, hem de Anadolu'nun yüksek steplerindeki ağaçlandırmalarda en çok tercih edilmektedir. Bu güne kadar 400.000 ha karaçam ağaçlandırması yapılmıştır (Velioğlu vd., 2003).

Karaçam (*Pinus nigra*), Pinaceae (çamgiller) familyasından bir çam türüdür. 35 – 40 m boy yapar. Yaşlı bireylerde gövde derin çatlaklıdır, kalın ve esmer kabukları vardır. Bol reçineli tomurcuklar büyük, silindirik ve uçları sivri, tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir. Sürgün ucunda bulunan yapraklar tomurcuğa doğru yönelmiş olduğundan "çanak" görünümünde bir boşluk oluşturur. 4 – 8 cm uzunluğundaki iğne yapraklar koyu yeşil ve serttir. Yumurtamsı konik görünümdeki kozalakları simetrik ve yok denecek kadar kısa saplıdır. Ayrıca tabii ömrü 500 – 600 yıl arasında değişir.

Karaçam'ın fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1.1 ve 1.2'de gösterilmiştir (İnt.Kyn.1).

**Çizelge 1.1** Karaçamın Fiziksel Özellikleri

Tam kuru yoğunluk	0.515	g/cm <sup>3</sup>
Hacim ağırlık değeri	0.47	g/cm <sup>3</sup>
Radyal daralma	3.62	%
Teğet daralma	6.54	%

**Çizelge 1.2** Karaçam'ın Mekanik Özellikleri

Basınç direnci	47	N/ mm <sup>2</sup>
Eğilme direnci	63	N/ mm <sup>2</sup>
Çekme direnci	69	N/ mm <sup>2</sup>
Makaslama direnci	7	N/ mm <sup>2</sup>
Brinel sertlik liflere paralel	(J)40,7	N/mm <sup>2</sup>
Brinel sertlik liflere dik	(J)29	N/ mm <sup>2</sup>

## **B- Kullanım Yeri ve Genel Değerlendirme**

Karaçam direk, travers, kaplama, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, mobilya, doğram, gemi-tekne yapımı, lif ve yonga levha, selüloz ve kâğıt, reçine, ağaç kabuğu olarak kullanılır. Karaçamın işlenme özelliği iyi, kurutulabilme özelliği kolay, dayanıklılık çok, emprenye edilebilme özelliği orta derecededir (İnt.Kyn 1).

### **1.1.6 Literatür Özeti**

Sürtünme malzemeleri son derece önemli malzemeler olduğu halde literatürde sürtünmeye dayanıklı malzemeler hakkında geniş bilgiye yer verilmekte ancak sürtünme malzemeleri konusunda çok az kaynak bulunmaktadır (Bijwe, 1997). Bunun nedeni kısmen çok bileşenli malzemelerin tribolojik mekanizmalarının karmaşık olmasına bağlanabilir. Araştırmalar mekanizmanın anlaşılmasından çok kompozit formülasyonu ve değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Balata üretimi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda genellikle balata bir kompozit malzeme olarak ele alınmış ve bütün katkıları içeren balata bileşimi yerine çok çeşitli elyaf matris bileşimleri incelenmiştir. Bir balatanın bileşiminde bulunması gereken bütün katkılarla yapılan çalışmaların sonuçları ticari önem taşıdığından genellikle yayınlanmayıp patent alma

yolu seçilmiştir (Dönmez, 2000). Bu konuda yapılan bazı çalışmalar ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Otomotiv frenlerinde, sürtünme üzerine yapılan bir çalışma, sürtünme sisteminin önemi ve sürtünme noktalarının modifikasyonu üzerine yapılacak çalışmalara ilham verir (Crolla and Long, 1991). Sürtünme malzemelerinde asbestin etkilerini sağlayacak yeni malzeme geliştirmek için büyük bir efor harcanmaktadır (Gobal et al., 1996). Sürtünme malzemelerinde frenlemenin farklı çalışma şartlarında düzgün sürtünme kuvvetini korumada kararlılık ve iyi aşınma direnci gibi etkenler dikkate alınır. Ayrıca sürtünme malzemesinin sürtünme iç yüzeyinde güvenilir sürtünme filmi şekillendirmesi ve gri dökme demir diskle iyi bir uyum içinde olması istenir (Witaker and Wirth,1992, Jacko et al.,1989, Rhee et al., 1991).

Bir otomotiv fren sistemi için sürtünme elemanı kompozit malzemelerin en önemlilerinden birisidir ve genel olarak 10'dan fazla malzemedен oluşur (McLellan, 1988, Anderson, 1992). Fren balatasının sürtünme katsayısının stabilitesi ve aşınma direnci için en iyi üretim parametrelerinin bulunması amacıyla 15 farklı malzeme içeren fren balatası üretilmiştir. Parametre düzenlemesine göre 16 farklı şartlarda üretilen fren balataları fiziksel ve tribolojik özellikler için test edilmiş ve bu çalışmanın sonucu fren balatasındaki sürtünme performansı ve fiziksel özellikleri arasında hiç bir ilgi olmadığını göstermiştir. Üstelik ağır araçlarda kullanılan dört ticari otomotiv balatasının fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Konu ile ilgili fiziksel özellikler, yoğunluk, su emme, kabarma gibi özellikler standart test metodu kullanılarak yapılmış ve sonuçlar karşılaştırıldığında dört farklı sürtünme malzemesinin de matris olarak fenol formaldehit reçine içerdiği belirlenmiştir (Morshed, 2004).

Ticari sürtünme malzemeleri hacimsel olarak %5–25 oranlarında fiber malzeme içermektedir ve fiberli fren balatalarındaki fiber miktarları fren başarısı ve aşınma ömrü gibi bir çok karakteristiği etkiler. Özellikle aramid pulp iyi fiber malzeme olarak çok dikkat çeker. Üretim aşamalarında ön şekillendirme için yeterli güç sağlamasına yardım eder (Kato and Magario, 1994). Fiber yönlerinde bir kovalent bağlayıcıyla kristal bir yapı sayesinde anizotropik bir işleme sahiptir ve bağ çaprazlama yönlerde yapıştırırken

lif yönünde zayıf bir hidrojen bağı ile rijid bir yapı meydana gelir (Chawla, 1998). Seramik fiberler grubunda potasyum titanate whiskers son on yılda yoğun olarak kullanılan bir içeriktir. Onun termal stabilitesi ve bağlayıcı reçineyle iyi uyuşabilirlik özelliği mevcuttur. Potasyum titanate whiskers genellikle onların erime noktasını yükselttiği için daha yüksek sıcaklıklarda termal stabilite sağlar (Milevski and Ketz, 1987).

Bazı araştırmacılar bakır tozu, Cashew dust, baryum sülfatın da içinde bulunduğu beş içerikten oluşan formülasyon kullanarak pin-on-disk tipi test cihazında performans ve sürtünme testi yaparak aşınma ve fren zayıflamasında, içeriği oluşturan malzemelerin miktarlarına bağlı sonuçları araştırmışlardır. Pin-on-disk tipi test cihazının kullanıldığı deneylerde temel formülden çıkan sonuçlar genellikle farklı sürtünme özelliklerine sahiptir. Alternatif olarak asbestsiz yeni fren malzemeleri geliştirilmiştir (Longley, 1988).

Hando ve Kato, otomotiv fren balatasında kullanılmak amacıyla bakır tozu, barit,  $Al_2O_3$ , Cashew dust ve grafitin kullanıldığı üç grup kompozit incelemiştir. Kompozitlerin tribolojik değerlendirilmesi pim-disk tipi deney düzeneği kullanılarak iki farklı şartta yapılmıştır. Birinci grup deneyler düz yolda hafif frenleme şartlarında, ikinci grup ise uzun bayır aşağı iniş şartlarında (ağır frenleme) şartlarında yapılmıştır. Her bileşenin etkisini incelemek için birinin oranını artırıp diğerini azaltarak yapılan deneylerde aşınma oranı ve fren zayıflama dayanımları incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) incelemeleri tekrarlı kaymaların sonucu aşınan yüzeylerden bir tabaka koparak ayrılmış, bu olay yüzey pürüzlülüğünü ve aşınmayı artırmıştır. Elde edilen değerlerle fenolik kompozitlerin sürtünme performansı önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Fiberler kompozitlerin maliyetini artırmaktadır. Bu yüzden çalışmada hiçbir fiber kullanılmamıştır (Handa and Kato, 1996).

Yamashita ve arkadaşları, disk fren balataları için yüksek performanslı asbestsiz sürtünme malzemesinde tane yapısı kontrolü üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda yeni geliştirilen sürtünme malzemelerinin temelde yeni bir kavramla

üretildiği belirtilmiştir. Bu üretilen malzemelerde balata ile disk sürtünme ara yüzeyinde balata gözeneklerinden gazlar geçirilerek deneyler yapılmıştır. Frenleme zayıflamasını azaltmak için taneler arasındaki gözenek büyüklüğü kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Bu yeni balatanın asbest gibi güçlendirici elyaf içermediği, frenleme sırasında termal stabilite sağlandığı hem aşınma direncinde hem de fren ses seviyesi ve fren zayıflama direncinde yüksek performans gösterdiği belirtilmiştir. (Yamashita et al., 1993).

Ayrıca birçok içeriğin sürtünme performansında önemli rol oynadığı bilinmektedir. İstisnai olarak sürtünme ayarlayıcısı, aşındırıcı, katı yağlayıcı ve diğer ilaveler sürtünme performansının şekillenmesinde temel rol ve davranışlarında bir dereceye kadar etkili olduğu bildirilmiştir (Wirth et al., 1990).

Washabaugh, Engelhard firmasının ürettiği Emcor 66 (tescilli ticari marka ismi) çok kısa elyafları diğer uzun elyaflarla birlikte kullanarak sürtünme malzemelerinin üretim ve sürtünme-aşınma özelliklerine olan etkilerini incelemiştir. Emcor 66'nın en önemli kısmını magnezyum silikat olan ( $Mg_5Si_8O_{26}H_{10} \cdot 4H_2O$ ) attapulgit oluşturmaktadır. Bunun sağlığa zararlı olduğu tespit edilmemiştir. Fenolik reçine ile birlikte cam elyaf, aramid elyaf, Emcor 66 karışımı kompozitler üretilmiştir. Bütün bu kompozitlerin tribolojik değerlendirilmesi soğuk ve sıcak sürtünme katsayılarının 0,35-0,45 arasında olduğu denenen bu elyafların üretim kolaylığı ve yüksek sıcaklıklarda sürtünme kararlılığı sağladığı görülmüştür (Washabaugh, 1987).

Kondoh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, sürtünme malzemesi kalın ve sert partikül içeren geleneksel sürtünme malzemelerinden daha yüksek sürtünme katsayısı ve daha az aşınma özelliği göstermiştir. Bakır esaslı alaşıma mekanik ve aşınma özelliklerini iyileştirmek için Ni, Fe, Zn yağlayıcı olarak grafit ve  $MoS_2$ , aşınma direncini iyileştirmek için sert partikül olarak  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  katılmıştır (Kondoh et al., 1997).

Loken, wollastonit,  $BaSO_4$ , maun cevizi tozu, toz fenolik reçine sabit bileşiminde değişik boyut ve şekillerde kevlar ile takviye edilmiş kompozit numuneler hazırlamıştır. Elyaf şekli ve üretim parametreleri mekanik özellikleri etkilemekle birlikte sürtünme ve



aşınma özelliklerini önemli ölçüde etkilememiştir. Karşılaştırmalı çalışmalar kevlar'ın asbestin yerini alacak çok iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir (Bijwe, 1997).

Rhee, demir tozu ve grafit dolgulu fenolik reçinenin sürtünme özelliklerinin yük, hız ve sıcaklığa bağımlılığını araştırmıştır. Fren zayıflamasında yük zayıflaması, hız zayıflaması ve sıcaklık zayıflaması olarak üç mekanizmanın etkili olduğunu görmüştür. Sabit kayma hızında balata basıncını artırmakla sürtünme kuvvetinin doğrusal olarak artmadığını, sabit basınçta kayma hızını artırmakla sürtünme kuvvetinin azaldığını tespit etmiştir. Bu nedenle sürtünme katsayısının sabit değil normal kuvvet, kayma hızı ve ara yüzey sıcaklığına bağlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Sürtünme katsayısının sabit olmadığını, sabit sıcaklık ve sabit kayma hızında artan basınçla azaldığı, sabit basınçta ise artan hızla azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca sürtünme katsayısının sıcaklığa bağlı olduğu sonucuna varmıştır ( Rhee, 1971).

Shibata ve arkadaşlarının hibrit kompozitler (iki farklı elyaf içeren) üzerine yaptığı araştırmalarda karbon-aramid elyaf kombinasyonu daha yüksek ve kararlı  $\mu$  değeri göstermiştir. Ayrıca asbestli kompozitlere göre daha az frenleme sesi ve daha iyi aşınma dayanımı göstermiştir. Bir grup araştırmacı Dharani, Blum ve Gopal asbestsiz fren balatalarının formülasyonunu araştırmışlardır (Gopal et al., 1994-95-96).

Dinamometre tipi deney cihazında, sürtünme aşınma, zayıflama dayanımını ve yeniden düzelleme karakteristiklerini değişik hız, basınç ve sıcaklıkta incelemiştir. Reçine olarak fenol formaldehit ve dolgu malzemesi olarak da barit ( $BaSO_4$ ) kullanılmıştır. Kompozitlerde sadece takviye elyafının tipi ve yapısı değişken olarak alınmıştır. Bileşimi ağırlıkça farklı oranlarda cam elyaf/reçine/dolgu ve sürtünme ayarlayıcılardan oluşan altı ayrı kompozit alınmıştır (Subramaniam et al., 1991).

Polimer matrisli kompozitlerde sürtünme olayının kompleksliği yüzünden sürtünme mekanizmaları tam olarak anlaşılamamıştır. Bu sebeple son zamanlarda polimer matrisli kompozit ailesinin sürtünme tabakasının özellikleri ve karakterizasyonunda gelişmeler olmuştur. Kompozit malzemelerin sürtünme performanslarını araştırmada sürtünme yüzeyi, sürtünme karakterini belirler. Sürtünme malzemesinin geri kalan kısmından

farklı olarak sürtünme yüzeyinin oluşumu kimyasal kompozisyon ve yapıya bağlıdır. Sürtünme işleminde oluşan mekanik ve kimyasal etkileşim olduğu, eş yük ve sıcaklıkların uygulandığı sürtünmeye maruz kalmamış bir başka kısım ile karşılaştırıldığında, sürtünme yüzeyinin geri kalan kısmının formülasyonu arasındaki ilişkinin aynı olmadığı belirtilmiştir. Sürtünen ve sürtünmemiş kısımların kinetik ve faz dengesinin önemli miktarda farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Filip et al., 2001).

Mutlu ve arkadaşları, borik asidin fren balata özelliklerine etkisi üzerine araştırma yapmıştır. Çalışmasında disk balataları üzerinde 50 °C den 400 °C ye kadar sıcaklıkta ve 1050–3000 kPa basınçlar altında aşınma ve sürtünme katsayısı testleri yapmış, disk malzemesi olarak dökme demir kullanmıştır. SEM çalışmasına ilave olarak balatanın su, tuzlu su, fren sıvısı ve motor yağına olan tepkilerini belirlemek için yapmıştır. Balata numuneleri imalat sırasında ısıtılardan geçirilmiştir. Bu nedenle balataların sertlikleri artmış, yoğunlukları azalmış, aşınmaya karşı dayanımları artmıştır. Aynı zamanda borik asit içeren balatalar çevre ortamlarından daha az etkilenmektedir. Borik asit içermeyen numunelerde ise ısıtılardan sonucunda aşınma direncine negatif yönde etki yapmış borik asit içeren numunelerde ise aşınma direnci artmaktadır (Mutlu ve Öner, 2005).

Otomotiv frenlerinde sürtünme temasına, yüksek hızda kuru sürtünme ve yüksek temas kuvveti dahildir. Genellikle organik bağlayıcılı fren balatası sürtünme malzemesi tipleri yeterli homojen değildir ve çok düşük hacimsel dayanıklılık sergiler. Düşük dayanıma rağmen özel temas yüzeylerinin kullanımı çok iyi aşınma ve sürtünme karakteristiği vermiştir. Dökme demir disklerle karşı organik bağlayıcılı sürtünme malzemelerinin temas şartları, temas yüzeyi çeşitliliği ve bir çok mekanizmadaki özellik ile sürtünme katsayısının çeşitliliği benzerdir (Erikson et al., 2002).

### **1.1.7 Amaç ve Kapsam**

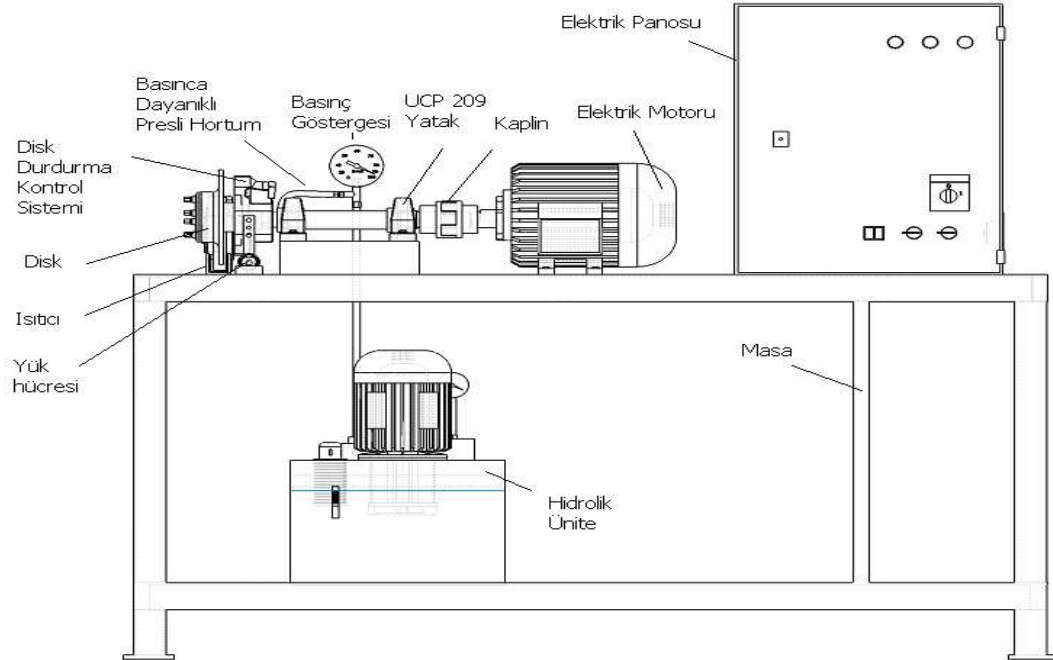
Bir balatadan asgari sürtünme ve aşınma değerlerini sağlaması, insan sağlığı ve çevre için zararlı olmaması, aynı zamanda ekonomik olması ve ülke ekonomisine katkıda bulunması beklenmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmada, balata komponentini oluşturan malzemelerden Cashew (friction dust) yerine yurtiçinden temin edilebilen

Karaçam kozalağı katkılı fren balatası üretilmiştir. Yurtdışına bağımlılığın azaltılmasının hedeflenerek ÷lke ekonomisine katkı sağlanacağı ve orman tali ürünlerinin sürtünme malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Balata özelliklerini iyileştirmek amacıyla Karaçam kozalağı gerekli fiziksel ve kimyasal işlemlere tabii tutulduktan sonra komponent içerisine katılarak kullanılmıştır. En elverişli oranın belirlenmesi amacıyla farklı oranlar belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Deney Düzeneginin Tanıtılması

Deneylerin TS 555 ve TS 9076’da belirtilen şartlara uygun olarak yapılabilmesi için tasarlanan deney setine bir takım aparatlar ve ölçü aletleri konulmuştur. Deneysel çalışmaya uygun olarak tasarlanmış deney düzeneginde motor devri kontrol edilebilmektedir. Farklı sıcaklık ve basınç şartlarında üretilen numunelerin frenleme verimlerini belirlemek amacıyla sıcaklık kontrolü elektrikli ısıtıcılar ile basınç kontrolü de çift etkili hidrolik silindir ile yapılmıştır. Hidrolik silindirin piston sapının ucuna numune balataları diske bastırmak için uygun şekilde yapılmış kalıp bağlanmıştır. Numune balatalar diske bastırılırken disk dairesel olarak dönecek ve kalıp ile teması sağlanacak olan yük hücreinden fren kuvveti alınmıştır. Alınan bu değerler saniyede belirli sayıda bilgi kütüğüne aktarılarak sürtünme katsayısı hesaplanmıştır. Daha sonra sürtünme katsayısı-sıcaklık-yük-zaman haritaları oluşturulmuştur. Şekil 2.1’de tasarlanan test cihazının şematik şekli görülmektedir.

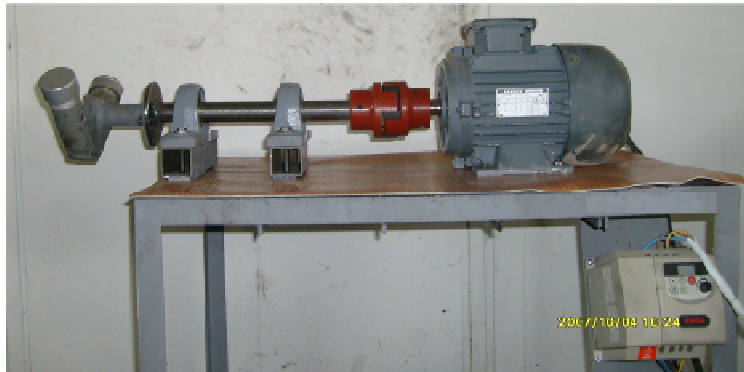


Şekil 2.1 Deney Düzeneginin Genel Görünüşü

Elektrik motorundan çıkan dairesel hareketin mil üzerinden diske istenilen devirlerde aktarılması invertör sayesinde gerçekleşmektedir. Bu devirler 0–1400 1/d arasındadır. Elektrik motorunun devir sayısını bilgisayar programında kolaylıkla kontrol edilebilmektedir. Hidrolik sistem belirli bir hızda dönmekte olan fren diskini 0–40 MPa basınç aralığında yavaşlatmaya çalışmaktadır. Diski durdurmak için disk dönme ekseninde kısmi olarak hareket edebilen kaliper frenleme sırasında fren kuvvetinin algılandığı Loadcell'e dayanmaktadır. Numune fren balatasını istenilen sıcaklığa ulaştırabilmek için diskin altına 0,5Kw'lık 2 adet rezistans diskin alt tarafına 0,5 cm kadar mesafe ile yerleştirilmiştir. Isıtılan diskin sıcaklığı infrared termometre ile saniyede bir değer ölçülerek RS232 veri aktarma yolu ile bilgisayara atılabilmektedir (Timur, 2007).

## 2.2 Deney Numunelerinin Üretilmesi

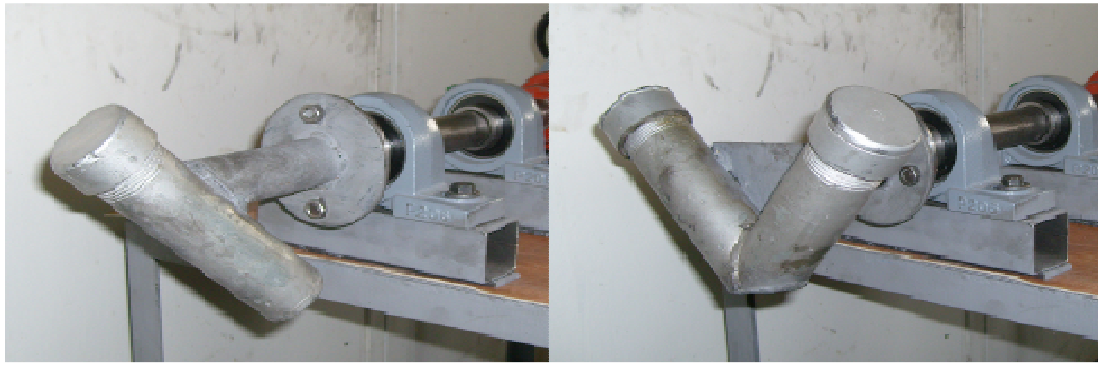
Farklı içeriğe sahip deney numunelerinin üretimi esnasında malzeme oranlarını belirlemede kütle oran esas alınmıştır. Her bir formüldeki balata içeriğini oluşturan bağlayıcı, sürtünme malzemesi ve diğer katkı malzemeleri 0,001g hassasiyetinde tartılmış, sonra bu karışımın homojenliğini sağlamak için numune içeriği özel olarak yapılmış mikserde uygun sürede karıştırılmıştır. Toz karıştırma mikseri Resim 2.1' de gösterilmiştir.



**Resim 2.1** Toz Karıştırma Mikseri

Komponenti oluşturan malzemeler özgül ağırlık bakımından çok fazla farklılıklar gösterdiklerinden normal mikser ile karışımında homojenlik sağlanamamaktadır. Bu

yüzden karıştırıcı cihaz özel olarak tasarlanmıştır. Toz malzemelerin homojen karışımı için literatür taraması yapılmış olup en homojen karışımı sağlayan I ve V profilli karıştırma haznesi seçilmiştir. Değiştirilebilir şekilde iki farklı karıştırma haznesi mevcut olup devir ayarlıdır. Resim 2.2’de ise karıştırma haznesi görülmektedir. Ayrıca toz malzemenin iç cidara yapışmaması için karıştırma haznesinin içi vernik ile kaplanmıştır. Hazne imalatında paslanmaz malzeme kullanılmıştır. Numuneler tartıldıktan ve mikserde homojen olarak karıştırıldıktan sonra preslenmek üzere kalıp içerisine doldurulur.



A

B

**Resim 2.2** Karıştırma Haznelerinin Görünüşü ve Cihaza Bağlılık Şekilleri  
A) I Profilli Karıştırma Kabı, B) V Profilli Karıştırma Kabı

Bu karışım, komprime (soğuk presleme -ön şekillendirme) kalıplarına balatanın üretimi tamamlandığındaki hacmi dikkate alınarak uygun miktarda doldurularak preslenir. Komprime aşamasında, numuneler kalıp tasarımından dolayı birer birer preslenmektedirler ve 9,810 MPa (100 kg/cm<sup>2</sup>) basınç uygulanmaktadır. Komprimesi yapılmış olan tablet balatalar pişirme (sıcak presleme) kalıplarına yerleştirilir. Numunelere pişirme sırasında 14,715 MPa (150 kg/cm<sup>2</sup>) basınç uygulanmıştır. Deney numuneleri 180°C sıcaklıkta numune kalınlığı dikkate alınarak belirlenecek sürede pişirilmiştir. Bu pişirme süresinin ilk %60’lık kısmında her 30 saniyede bir, pres kalıplar açılarak havalandırma işlemi yapılmıştır. Bu sayede malzeme bünyesinde bulunan suyun ve sıcaklık neticesinde balata bileşenlerinin oluşturduğu reaksiyonlar sonucu meydana gelen buharların komponentten dışarı atılması sağlanmıştır. Böylece söz konusu buharların balatada oluşturabileceği kılcal çatlamlar ve bir takım olumsuz deformasyonlar önlenmiştir.

Tüm numuneler deney düzeneğindeki numune balata için açılmış olan balata yuvası ölçülerine getirirken kesme ve taşlama yöntemleri kullanılmıştır. TS 9076’da deney numunelerinin boyutları en ve boy 25.4 mm x 25.4 mm, kalınlık 3 mm- 6 mm eşit kalınlıkta olacak şekilde hazırlanır ve sürtünen yüzeylerde hiçbir işaret bulunmamalıdır ifadesi bulunmaktadır. Numunelerin kalınlığı ise 3 mm’si numune yuvasına gireceği ve 6 mm’si dışarıda kalacağı dikkate alınarak toplam 9 mm olarak hazırlanmıştır. Daha sonra sıcaklık-sürtünme katsayısı değişimi ve aşınma değerlerini belirlemek deneysel çalışmalar yapılmıştır. Üretilen numunelerden örnek resimler Resim 2.3’de verilmiştir.



**Resim 2.3** İmal Edilen Balatalardan Örnek Resimler

### **2.3 Deney Şartları**

Sürtünme katsayısı deneyleri; Mart 1992 tarihli TS 555’te sürtünme katsayısı, ‘‘Disk veya kampana ile disk fren veya kampana fren arasındaki sürtünme kuvvetinin normal kuvvete oranıdır’’ şeklinde ifade edilmiştir (TS 555,1992). Nisan 1991 tarihli TS 9076’da, fren balataları için sürtünme katsayısının belirlenmesinde uygulanacak deney şartları açıklanmıştır (TS 9076, 1991). Bu standartlarda belirlenen şartlara uygun şekilde alıştırmaya aşamasında 0,7 MPa basınç altında, gerektiğinde soğutma yapılarak 200 °C ’de yüzey teması en az %95 oluncaya kadar sürekli olarak yapılmıştır. Sürtünme katsayısının sıcaklıkla değişimini belirleyebilmek için 10,5 MPa basınçta orta hız değeri olarak kabul edilen 6 m/s’de 500 s süre ile deneyler yapılmıştır. Deneyler 3 kez tekrar edilmiş olup sıcaklık ve sürtünme katsayısı değerlerinin aritmetik ortalamaları alınmıştır.

Aşınma deneyleri; TS 555'te aksi belirtilmedikçe özgül aşınma deneyi mecburi değildir ifadesi yer almaktadır. Söz konusu standardın ilgili maddelerinde bahsedilen test cihazının kampanalı olması, bu çalışmada numune balataların deneylerinin yapılabilmesi için üretimi yapılan deney düzeneğinde ise aşındırıcı yüzey olarak disk kullanılmış olmasından dolayı standartta istenilen tüm şartlar sağlanamadığından özgül aşınma miktarını belirlemede bu çalışmada yapılan aşınma deneyinin değerleri dikkate alınmıştır. TS 555'te belirtilmiş olan kütleli kayıp metodu seçilmiş ve aşağıdaki hesaplama yöntemi kullanılarak özgül aşınma değerleri belirlenmiştir.

$$V = \frac{1}{2\pi R_d} \times \frac{(m_1 - m_2)}{n f_m \rho} \quad (2.1)$$

V = Özgül aşınma

$m_1$  = Deneyden önce ölçülen balata kütlesi (gr)

$m_2$  = Deneyden sonra ölçülen balata kütlesi (gr)

$\rho$  = Balata yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

$R_d$  = Disk yarıçapı (m)

$f_m$  = Deneydeki ortalama sürtünme kuvveti (N)

n = Toplam devir sayısı (devir)

Numunelerin deney şartları aşağıda verilmiştir,

1. Tüm deneylerde deney başlangıç sıcaklığı 40 °C olarak alınmıştır.
2. Bütün numuneler sürtünmeye tabi tutularak balata yüzeyinin %95'i fren diskine temas edinceye kadar alıştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlemler esnasında TS 9076'da belirtildiği gibi zımparalama, temizleme ve soğutma işlemleri gerçekleştirilmiştir.
3. Sürtünme katsayısı-sıcaklık değişimi 10,5 MPa basınç altında ve 40 °C'den 400 °C sıcaklığa kadar 500 saniye süresince her saniyedeki değerler bilgi kütüğüne kaydedilerek belirlenmiştir.
4. TS 555'te balataların aşınma dirençlerini belirlemek amacıyla özgül aşınma için aşınma deneyinde kütleli fark metodu seçilerek elde edilen değerler TS 555'te belirtilen hesaplama yolu ile hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge ile verilmiştir.



5. Balataların aşınma miktarının belirlenmesinde deneyler 10,5 MPa basınç altında 6 m/s hızda yapılmıştır. Bu deney sonunda her bir numune balata hassas terazide tartılarak kütle kaybı tespit edilmiştir.

Sertlik deneyleri; Balatalarda sertlik deneylerinin TS 139'da belirtilen şartlarda yapılmıştır. Yükleme derecesi; deney yükü kuvveti ile bilye çapının karesi arasındaki oranın 0,102 sabiti ile çarpımıdır, şeklinde ifade edilmektedir (TS 139,1992).

$$BS = 0,102 \times \frac{2F}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad (2.2)$$

F = Deney yükü (N)

D = Batıcı bilye çapı (mm)

d = Bilye izi ortalama çapı (mm) olarak alınmıştır.

Ayrıca ölçümlerin sağlıklı olabilmesi için "d" iz çapı 0,2D ile 0,7D arasında bulunmalıdır. Genellikle çelik ve dökme demirler için  $x = 30$ , bakır ve alüminyum alaşımları için  $x = 10$  veya 5, çok yumuşak metaller için 2,5 veya 1,25 alınır daha büyük veya küçük izler ve yükleme derecesi kullanılması halinde yanlış yada karşılaştırılabilir olmayan sertlik değerleri elde edilir (Güleç ve Aran, 1993).

#### 2.4 Deney Numuneleri

Numune balatalar üç farklı grupta üretilmiştir. Birinci grupta modifiye (sıcak yağ işlemleri görmüş) karaçam kozalaklarının kullanıldığı numuneler, ikinci grupta doğal karaçam kozalaklarının kullanıldığı numuneler ve üçüncü grupta ise Cashew (sürtünme tozu-friction dust) kullanılan numunelerdir. Bu malzemelerin optimum oranlarını belirlenmesi için beş farklı oran kullanılmıştır. Bu yüzden üç grupta farklı içeriklere sahip 15 adet numune üretilmiştir. Cashew'in maliyete yüksek etkisi ve yurtdışına bağımlılık getirdiği dikkate alındığında alternatif olarak karaçam kozalaklarının önemi artmaktadır. Balatanın özellikleri; balata içeriği, konsantrasyonu ve üretim şartlarına göre farklılıklar göstermektedir. Yapılan çalışmada balata formülasyonu değiştirilerek

üretilen balataların aşınma davranışları incelenmiş ve sürtünme katsayıları belirlenmiştir. Aşağıdaki çizelgede numunelerde kullanılan malzemelerin kütleli yüzde oranları verilmiştir.

**Çizelge 2.1** Modifiye Karaçam Kozalağı Kullanılan Numunelerin %'de Oranları (Kütleli)

	K5	K10	K15	K20	K25
Kozalak 1	5	10	15	20	25
Reçine	20	20	20	20	20
Bakır	15	15	15	15	15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5
Grafit	5	5	5	5	5
Pirinç Tozu	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Barit	47,5	42,5	37,5	32,5	27,5
TOPLAM	100	100	100	100	100

**Çizelge 2.2** Doğal Karaçam Kozalağı Kullanılan Numunelerin %'de Oranları (Kütleli)

	M5	M10	15	M20	M25
Kozalak 2	5	10	15	20	25
Reçine	20	20	20	20	20
Bakır	15	15	15	15	15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5
Grafit	5	5	5	5	5
Pirinç Tozu	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Barit	47,5	42,5	37,5	32,5	27,5
TOPLAM	100	100	100	100	100

**Çizelge 2.3** Cashew Kullanılan Numunenin %'de Oranları (Kütleli)

	C5	C10	C15	C20	C25
Cashew	5	10	15	20	25
Reçine	20	20	20	20	20
Bakır	15	15	15	15	15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	5	5	5	5
Grafit	5	5	5	5	5
Pirinç Tozu	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Barit	47,5	42,5	37,5	32,5	27,5
TOPLAM	100	100	100	100	100

Modifiye işleminde Cashew fıncığına uygulanan sıcak yağ metodu kullanılmıştır. Karaçam kozalağı sıcak yağ içerisinde 185 °C de 1,5 dakika bekletilerek kavrulur. Bu işlemde kozalak içerisindeki reçinenin yapısında kısmi olarak kürlenme gerçekleşir ve kozalağın kendisi de gevrekleşir. Kavrulan kozalak kırılabilir bir yapıya sahip olduğundan kolaylıkla parçalara ayrılır. Daha sonra kurutma ve öğütme işlemi yapılır. Boyutlandırılması için eleme işleminden sonra içyapısı değişmiş olan karaçam kozalak tozu balata bünyesinde sürtünme tozu olarak kullanılmak üzere hazır duruma gelmiştir.

Balata bünyesinde kullanılan bakır, ısı iletim katsayısının yüksek olması sayesinde frenleme sırasında balata sürtünme yüzeyinde oluşan ısının bölgeden uzaklaştırılması ve homojen dağılım ile sürtünme katsayısını artırması hedeflenmiştir. Bakır partikül oranının %20 civarında olması durumunda sürtünme katsayısının lineerlik kazandığı literatür verilerinde belirtilmektedir.

### 3. BULGULAR

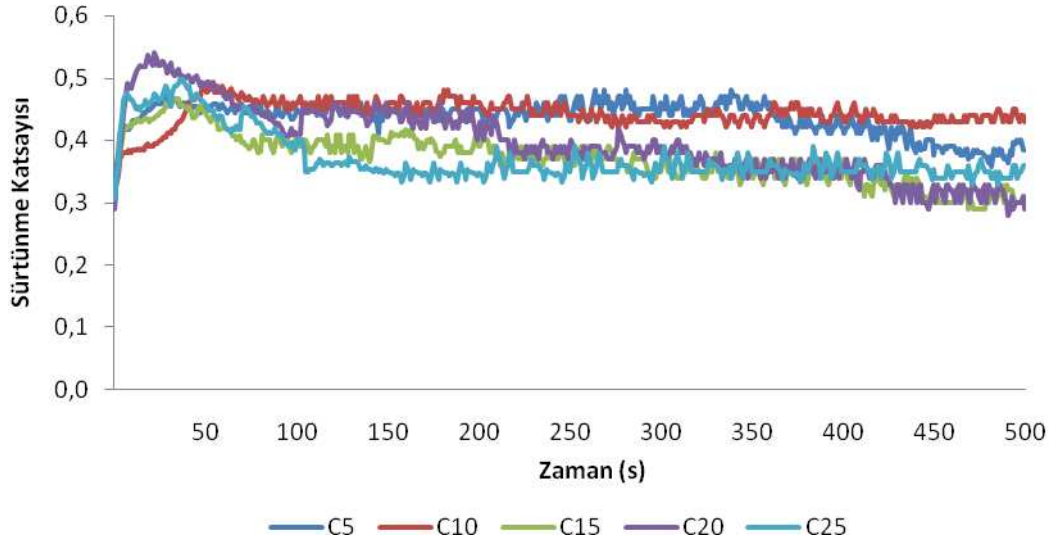
Bu çalışmada her içerik için deneyler üç kez tekrarlanmıştır ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Frenleme karakteristiğinin belirlenmesinde sürtünme katsayısı-sıcaklık değişimi, aşınma direnci ve sertlik için uygulanmıştır. Resim 3.1’de deney esnasında diskin görünüşü verilmiştir.



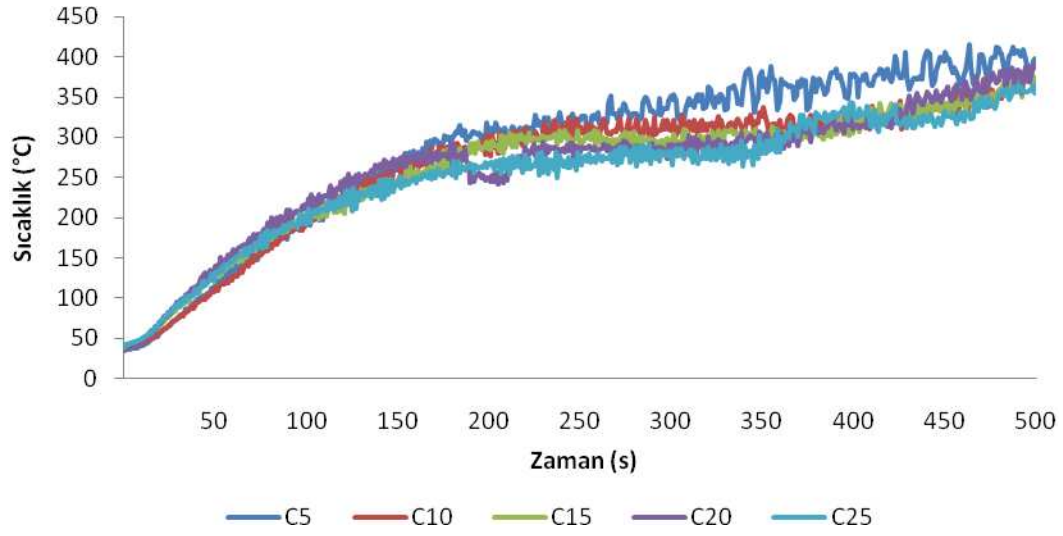
**Resim 3.1** Üretilen Fren Balatası Numunelerinin Deney Esnasındaki Sürtünmeden Dolayı Oluşan Isının Fren Diskinde Meydana Getirdiği Durum

#### 3.1 Sürtünme Katsayısı-Sıcaklık Değişimi

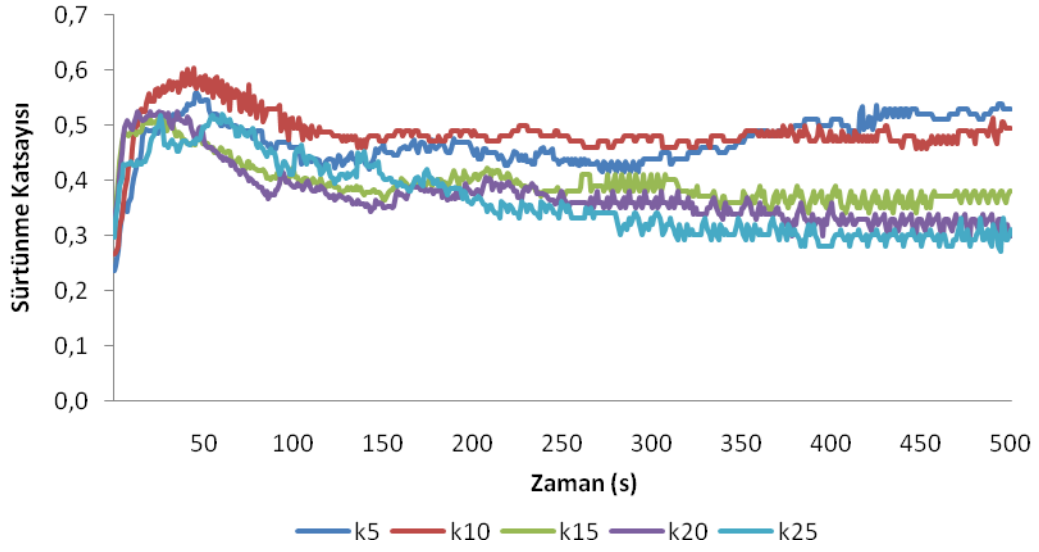
Üç grupta üretimi yapılan numunelerin Sürtünme Katsayısı-Zaman ve Sıcaklık-Zaman grafikleri aşağıda verilmiş ve bu grafikler üzerinden birbirleri arasında kıyaslamalar yapılmıştır.



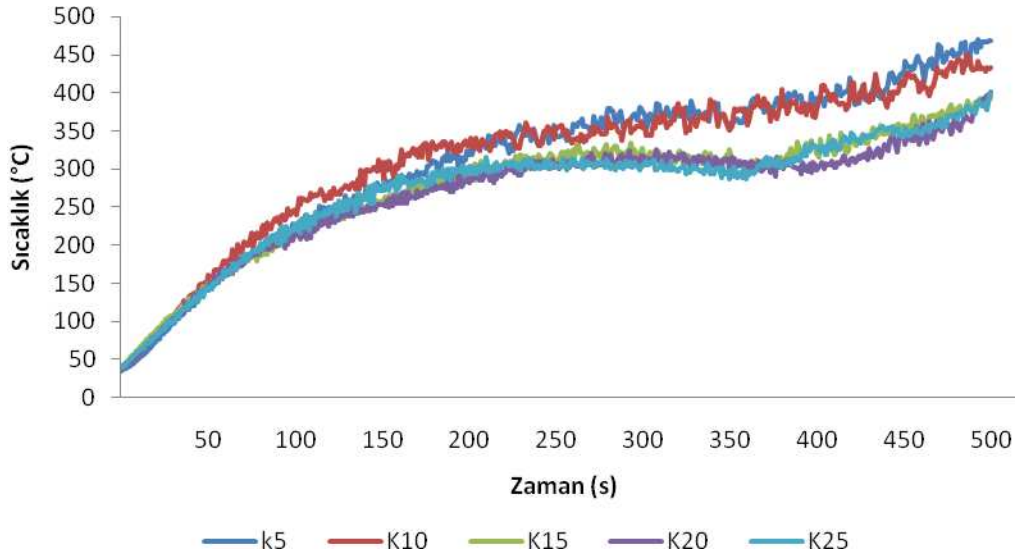
**Şekil 3.1** C Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basıncıta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değişimi Grafiği



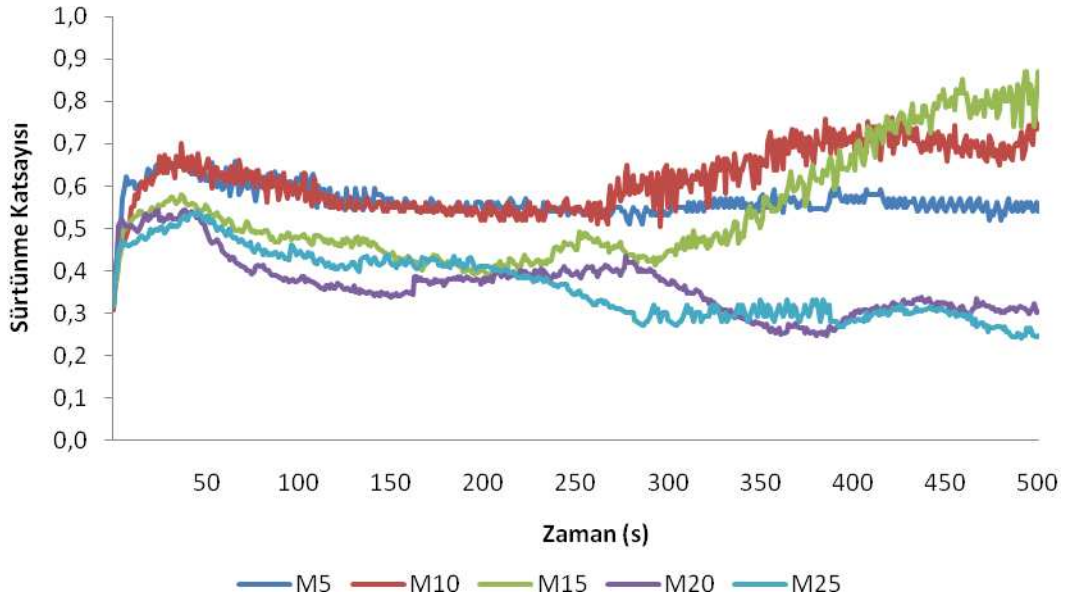
**Şekil 3.2** C Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basıncıta Sıcaklık-Zaman Değişimi Grafiği



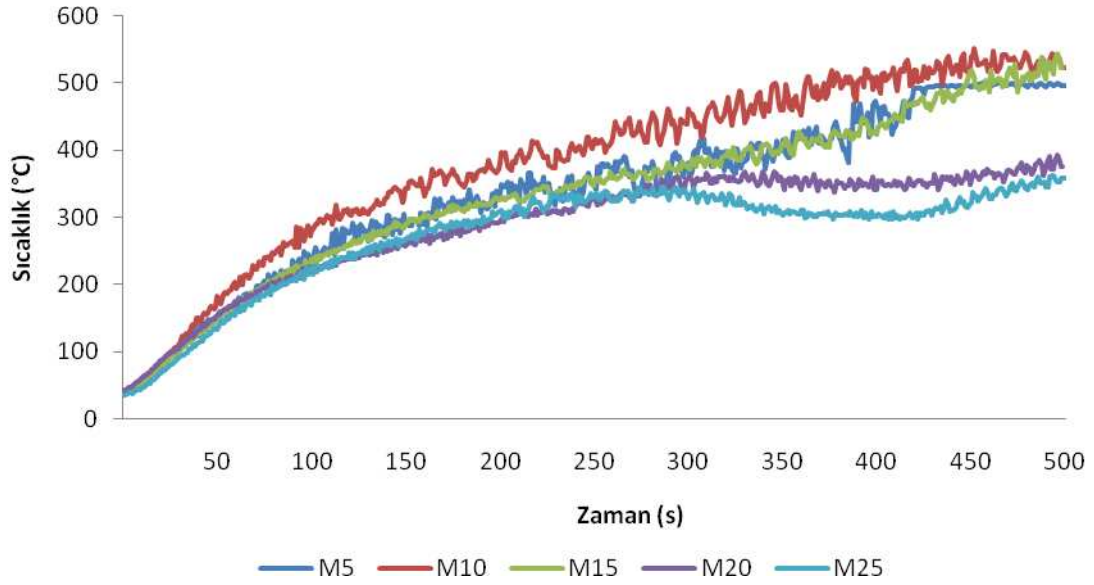
**Şekil 3.3** K Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basıncıta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değişimi Grafiği



**Şekil 3.4** K Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basıncıta Sıcaklık-Zaman Değişimi Grafiği



**Şekil 3.5** M Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sürtünme Katsayısı-Zaman Değişimi Grafiği



**Şekil 3.6** M Kod Adlı Numunenin 10,5 MPa Basınçta Sıcaklık-Zaman Değişimi Grafiği

### 3.2 Aşınma Dayanımı, Sertlik ve Yoğunluk

Deneyleer için farklı oranlarda toplam on çeşit Karaçam kozalağı takviyeli numune üretilmiştir. Bu numunelerin Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 de görüldüğü gibi oranları aynı olup toz üretim aşamasında K kodlu olanlar sıcak yağ işlemine tabii tutulmuştur. Modifiye işlemi olarak Cashew'e uygulanan sıcak yağ metodu uygulanmıştır. Sürtünme malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 5 farklı oranda sıcak yağ işlemi uygulanmış ve uygulanmamış Karaçam kozalağı katkılı 10 numune ve 5 adet Cashew katkılı numune üretilmiştir. Aynı içeriğe sahip her numuneden üçer defa deney yapılarak bu üç değer sonucunun aritmetik ortalama değerleri alınmıştır. Numuneler deneye başlamadan önce ve sonra hassas terazide ölçülmüş ve deney sırasında ne kadar kütle kaybettiği hesaplanarak aşınma miktarları bulunmuştur. Özgül aşınma miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Numune balataların sertliklerinin belirlenmesinde TS139'da belirtilen işlemler uygulanmıştır. Bu aşamada yapılan çalışmalarda statik sertlik ölçme yöntemlerinden olan Brinell sertlik ölçme yönteminin, söz konusu balataların sertliğini belirlemede uygun yöntem olduğu belirlenmiştir.

Sertlik ölçme işlemlerinde 'Mettest' marka üniversal sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Yukarıda verilen bilgiler dikkate alınarak batıcı uç olarak çapı 5mm olan çelik bilye uç kullanılmıştır. Uygulanan yük 62,5 kgf (612,9 N) olarak alınmıştır. Yükleme sırasında 8 s uygulama, 15 s sabit yükleme süresi olarak uygulanmıştır. Bu değerler çalışmış yüzeye sahip üçer numune üzerinden alınmıştır. Bu numunelerin yüzey boyutları 12,7mm x 12,7mm olduğu için yüzey köşegenlerinin çakıştığı orta noktalarından değerler alınmıştır. Deney sırasında kullanılan disk'te numune balataların sürtüdüğü yüzeyden üçer farklı noktadan sertlik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Ayrıca yukarıda bahsedilen ölçme yöntemi kullanılarak, deneysel çalışmalarda kullanılan diskin sertliği belirlenmiştir. 5 mm çapında bilye kullanılarak 1471 N (150 kg) yük uygulanmıştır. Bu değerler demir döküm malzemeler için ilgili kaynaklarda



öngörülen değerlerdir. Diskin Brinell sertlik değeri 191,13 olarak bulunmuştur. Brinell sertlik ölçüm cihazı Resim 3.2’de verilmiştir.



**Resim 3.2** Brinell ‘Mattest’ Sertlik Ölçme Cihazı

Numunelerin yoğunluğunun belirlenmesinde aynı içerikli üç adet numune 1/1000 hassasiyetinde terazide tartılmıştır. Bu numuneler saf su ile doldurulmuş dereceli silindir (mezür)’e daldırılmıştır. Saf suyun hacmindeki değişim numunenin hacmini verdiği için dereceli silindirdeki fark miktar belirlenmiş ve cismin kütlesi cismin hacim farkına bölünmüş, üç numuneden çıkan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak cismin yoğunluğu belirlenmiştir. Bu deneylerden elde edilen değerler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Yoğunluk ölçüm cihazı Resim 3.3’de verilmiştir.



**Resim 3.3** Yoğunluk Ölçüm Cihazı

**Çizelge 3.1** Üretilen Numunelerin Brinell Sertlik, Yoğunluk ve Özgül Aşınma Değerleri

Numune Kod Adı	Brinell Sertlik Değeri	Yoğunluk Değeri (gr/cm <sup>3</sup> )	Özgül Aşınma Miktarı (g/mm <sup>2</sup> )
C 5	23.3	2.00	1,55x10 <sup>-7</sup>
C 10	27.5	2.09	0,91x10 <sup>-7</sup>
C 15	20.1	1.53	0,97x10 <sup>-7</sup>
C 20	22.4	1.68	0,62x10 <sup>-7</sup>
C 25	23.8	1.44	0,53x10 <sup>-7</sup>
K 5	27.5	2.18	1,66x10 <sup>-7</sup>
K 10	24.5	2.16	4,19x10 <sup>-7</sup>
K 15	45.6	2.00	1,68x10 <sup>-7</sup>
K 20	25.7	2.16	1,44x10 <sup>-7</sup>
K 25	26.8	1.51	2,78x10 <sup>-7</sup>
M 5	26.3	2.73	6,51x10 <sup>-7</sup>
M 10	17.2	2.15	4,25x10 <sup>-7</sup>
M 15	24.9	2.53	6,28x10 <sup>-7</sup>
M 20	19.8	2.38	3,23x10 <sup>-7</sup>
M 25	21.4	1.83	5,40x10 <sup>-7</sup>

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Farklı formüllerde ve farklı üretim işlemine tabi tutulmuş 15 adet numunenin frenleme karakteristiğini belirlemek için yapılan deneylerde, sürtünme katsayısı-sıcaklık-zaman grafikleri oluşturulmuş ve aşınma direnci, sertlik, yoğunluk özelliklerini belirlemek amacıyla bir dizi testler yapılmıştır. Bu testlerin yapıldığı numuneler, modifiye işlemi yapılmış ve yapılmamış Karaçam kozalaklarının kullanıldığı numuneler ile Cashew'in kullanıldığı numunelerdir.

##### 4.1 Sürtünme Katsayısı ve Sıcaklık

Bu çalışmada Cashew sürtünme malzemesine alternatif olarak Karaçam kozalağı katkılı otomotiv fren balatası üretilmiştir. Üretilen balatalar, içerisine Cashew katkılı, Karaçam kozalağı tozu katkılı ve Sıcak yağ işlemi gören Karaçam kozalağı tozu katkılı olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Yapılan deneylerde üretilen fren balatalarının, standartlarda öngörülen sürtünme katsayısı ve aşınma değerleri arasında kaldığı görülmüştür.

Deneyler sonucu elde edilen sürtünme katsayısı-sıcaklık-zaman değişimini gösteren grafikler incelendiğinde, literatürde verilen grafiklere benzer grafikler elde edilmiştir. Elde edilen sürtünme katsayısı değerleri TS 555'te verilen değerlere uygundur. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi, diğer numunelere göre Sıcak yağ işlemi görmemiş numuneler daha çok aşınmasına karşın sürtünme katsayısı daha yüksek çıkmıştır. Ancak yüzde miktarı arttıkça sürtünme katsayısı dengeli bir şekilde ilerleme kaydedememiştir. Sürtünme katsayısı M10 ve M15 kodlu numunelerde 0,8–0,9 arasında olup, en yüksek değeri almış ve nispeten kararlılık göstermiştir. Ayrıca sıcak yağ işlemi görmemiş olan Karaçam kozalağı katkılı bu numuneler de sıcaklık artışı diğer numunelere göre daha kısa zamanda ve daha fazla olmuştur. Bunun sebebi numunelerin sıcak yağ işlemine tabi tutulmadığı için nispeten daha yumuşak bir yapıda olması ve disk ile balata sürtünmesinde yüzeylerin çok iyi öpüşmesine bağlanmaktadır. Bu öpüşme sonucu aşınma miktarı artmış ve yine sürtünmeden dolayı yüzey sıcaklığı yükselmiş, yaklaşık 600°C'ye ulaşmıştır. Bu malzeme herhangi bir işlem görmediği için doğal sertliği

sonucunda gri dökme demir malzemedeki yapılmış diske karşı aşınmaya maruz kalmıştır.

Cashew katkılı numunelerin sürtünme katsayısı-sıcaklık-zaman grafikleri incelendiğinde sürtünme katsayısının daha kararlı ilerleme kaydettiği gözlenmektedir. Sürtünme katsayısının en yüksek değeri yaklaşık 0,5 olup, bu değeri C5 ve C10 kodlu numunelerde almıştır. Ayrıca sıcaklık artışı lineere yakın bir artış göstermiş ve 500 saniye süresince 400°C'ye ulaşmıştır. Cashew miktarının artışı sıcaklığı düşürdüğü görülmektedir.

Sıcak yağ işlemi görmüş Karaçam kozalağı katkılı numunelerin grafikleri incelendiğinde, Cashew katkılı numunelere benzer bir grafik olduğu görülmektedir. Karaçam kozalağı yüzde miktarının artışı ile sürtünme katsayısının daha kararlı bir hale gelmesine rağmen bir miktar düşme olmuştur. Sürtünme katsayısının en yüksek değeri yaklaşık 0,57 olup, bu değeri K5 ve K10 kodlu numunelerde göstermiştir. Sıcaklık artışı diğerlerine nazaran daha yumuşak bir eğimle yükselerek 450°C'ye ulaştığı söylenebilir. Sıcak yağ işleminin numuneye termal stabilite kazandırdığı düşünülmüştür. Bu çalışmada, Cashew'e alternatif olarak modifiye edilmiş Karaçam kozalağının otomotiv fren balatalarında sürtünme tozu olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Ayrıca, piyasadan veya üretici firmalardan temin edilen fren balatası numunelerinin aynı deney şartlarında ve deney cihazında önceden yapılmış olan deney sonuçları incelendiğinde, sürtünme katsayısı önce sıcaklık artışı ile yükselmekte sonra belirli miktarda düşüş göstererek birbirine yakın değerler içeren ortalama 0,4-0,5 arasında sabit aralıklı salınım periyoduna girmektedir. Bu fren balatalarının sürtünme katsayılarına bağlı olarak sıcaklık artışı daha hızlı veya daha yavaş artış göstermektedir. Yine balataların sürtünme yüzey sıcaklığı 300°C civarına kadar çıkmakta ve sıcaklık değişiminde salınım başlamaktadır. Böylece üretilen Karaçam kozalağı katkılı fren balatalarının piyasadan veya üretici firmalardan temin edilen fren balatalarıyla karşılaştırıldığında, sürtünme katsayısı ve sıcaklık değerlerinin çok fark göstermediği ve kullanıma uygun olabileceği anlaşılmıştır.

## 4.2 Aşınma Davranışı

Üretilen balataların aşınma dirençlerini belirlemek için numuneler 10,5 MPa basınç altında 500 s süre ile frenlemeye tabi tutulmuş ve her bir numunenin kütle kaybı 1/1000 hassasiyetindeki terazide ölçülmüştür. Özgül aşınma miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Doğal Karaçam kozalağı ihtiva eden numuneler diğerlerine nazaran daha çok aşınmışlardır. Bu numuneler sıcak yağ işlemi görmediklerinden dolayı sertliklerinde bir değişme olmamıştır. Bunun sonucunda beklenildiği gibi sürtünme esnasında daha çok aşınma davranışı göstermişlerdir. Sıcak yağ işlemi görmüş Karaçam kozalağı katkılı numuneler ise Cashew katkılı numunelerle karşılaştırıldığında nispeten daha çok aşınmaya uğradığı görülmüştür. Bunun sebebi Cashew sürtünme tozunun, doğal esnekliğe sahip olması ile basınç etkilerini absorblama ve aynı zamanda ısı iletiminin iyi olmasından dolayı ısıyı balatanın içerisinde her alana eşit olarak ileterek aşınmanın daha az olmasını sağlamasıdır (Peter, 2001). Ancak Cashew katkılı numunelerin aşınma değeri iyi olmasına rağmen ekonomik açıdan bakıldığında hem maliyeti artırdığı hem de yurtdışına bağımlılık getirdiği bilinmektedir.

Sürtünmeden dolayı balata bünyesindeki sıcaklık artışıyla sürtünme direnci düşer aşınma artar. Sürtünme elemanlarının cins ve oranının aşınma direnci üzerinde oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Cashew katkılı numunelerde Cashew oranı arttıkça aşınma miktarının düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca sıcak yağ işlemi görmüş ve görmemiş Karaçam kozalağı katkılı numunelerin yüzde miktarları artığında aşınma miktarının da arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin ise kullanılan Karaçam kozalak tozunun tabii sertliği veya modifiye işleminden sonraki sertliğinin etkili olabileceği düşünülmüştür.

## 4.3 Sıcak Yağ İşleminin Etkisi

Deney verileri incelendiğinde sıcak yağ işlemi yapılmış bütün numunelerde sürtünme katsayılarının daha kararlı olduğu anlaşılmaktadır. Sıcak yağ işleminin Karaçam kozalağını sertleştirdiği ve daha kararlı hale getirdiği, bu sayede frenleme sırasında balatanın ısınması neticesinde yapıda olabilecek değişikliklerin azaltıldığı söylenebilir. Sıcak yağ işlemine tabi tutulmamış numunelerin sürtünme katsayılarında sıcaklık

değişimleri ile beraber hızlı yükselme ve dalgalanma veya hızlı düşmeler gözlenmiştir. Sonuç olarak sıcak yağ işleminin Karaçam kozalağının sürtünme tozu olarak kullanımında faydalı olduğu söylenebilir.

Numunelerin yapılan deneysel çalışmalarda tespit edilen sertlik değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde aşınma direnci ile sertlik arasında doğrudan bir bağlantı kurmak mümkün değildir. Balatalarda, sertliği yüksek olan balatanın aşınma direnci de yüksek olmalı sonucuna gidilemez. Komponenti oluşturan malzemeler sert yapıya sahip olabilir, bunun sonucu sertlik değeri yüksek çıkabilir. Ancak komponenti oluşturan malzemelerin üretim metodu da etkilidir. Komponenti oluşturan parçacıklar sürtünme sırasında küçük zorlamalarda ana yapıdan çabucak ayrılması aşınma oranını beklenenden yüksek çıkabilir. Genelde sıcak yağ işleminin numunenin yapısında etkili olduğu buna bağlı olarak da sertliğin arttığı görülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Anderson, A.E., 1987, “ Proceeding of the symposium on fibers in friction materials”, SAE, Atlantic City, NJ.
- Anderson, A.E., 1992, ASM handbook, “Friction, Lubrication, and Wear Technology vol.”18 ASM International, pp.569-577.
- Ayar, H. H., 1991, “Disk Fren Balatalarında Bileşimin Performansa Etkilerinin Deneysel İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Azam-Ali S. H., 2001, “Judge Schumacher Centre for Technology and Development Bourton on Dunsmore”, Rugby, Warwickshire, UK.
- Baker R., 1992 “Changes Caused By Legislation Against Asbestos”, Powder Metallurgy, 35, 4, 255-256.
- Berry, G., 1994 “Mortality and Cancer Incidence of Workers Exposed To Chrysotile Asbestos In The Friction Product Industry”, Ann. Occup. Hyg., 38, 4, 539-546.
- Bijwe, J., 1997, “Composites As A Friction Material: Recent Developments In Non-Asbestos Fiber Reinforced Friction Materials-A Review”, Polymer Composites, 18, 3, 378-396.
- Briscoe, B.J.,1998, Ramirez I., Tweedale P.J., “Friction of aramid fibre composites”, Proceedings of the International Conference on Disk Brakes for Commercial Vehicles, IMechE, London,1-2 November, p.15.
- Chawla, K.K., 1998, “Composite Materials: Science and Engineering”, 2nd Edition, Springer, NY.

- Crolla, D.A., A.M. Long, 1991, "Brake noise and vibrations – the state of the art", Proceedings of the Leeds-Lyon Symposium on Tribology 17.
- Demirsoy, M., 1973 , "Balatalar", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 17, 194.157-170, Ankara.
- Dharani, L. R., Gopal, P., Blumb, F. D., 1995, "Load, Speed And Temperature Sensitivities of A Carbon-Fiber-Reinforced Phenolic Friction Material", Wear, 181-183, 913-921.
- Dharani, L. R., Gopal, P. F., Blum, D., , 1996, "Hybrid Phenolic Friction Composites Containing Kevlar" Pulp: Part I. Enhancement Of Friction And Wear Performance", Wear, 193, pp. 199-206.
- Dönmez, A.G., 2000, "Asbest Dışı Elyafarla Üretilen Balata Malzemelerinin Özelliklerinin İncelenmesi", Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- DPT, 1975, "6. Beş Yıllık Kalkınma Planı", ÖİK Raporu. Mica: Mineral Research Consultative Comitte, London, 22 p 2 Turner, D.C.
- Dong, F., Blum, F. D., Drahani, L. R., 1996, "Polimer-Polimer Composites", 4, pp. 155-159.
- Erikson, M., Bergman, F., Jacobson, S., 2002, "On The Nature of Tribological Contact in Automotive Brakes", Wear 252, pp. 26-36.
- Filip, P., Weiss, Z., Rafaja, D., 2001, "On Friction Layer Formation in Polymer Matrix Composite Materials for Brake Applications", Wear 9028, 1-10.
- Gemalmayan, N., 1986 , "Asbestsiz Sürtünme Malzemelerinin (Balataların) Yapımı ve Uygulanması", 2. Ulusal Makine Tasarımı ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara.



Gemalmayan, N., 1984, "Sürtünme malzemelerinin özelliklerinin deneysel incelenmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Müh. Mimar. Fak., Ankara.

Genel Ürün Kataloğu, 1998, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş., Dilovası Mevkii, 41810 Gebze/Kocaeli.

Gopal P., L. R. Dharani, F. D. Blum, 1996, "Hybrid phenolic friction composites containing Kevlar pulp. Part I. Enhancement of friction and wear performance", Wear 193 199-206.

Gopal, P., Dharani, L. R., Blum, F. D., 1994, "Fade And Wear Characteristics of A Glass-Fiber-Reinforced Phenolic Friction Material", Wear, 174, pp. 119-127.

Güleç, Ş., Aran, A, 1993, "Malzeme Bilgisi", İTÜ Makine Fakültesi, s.153, İstanbul.

Handa Y., Kato T., 1996, Trib.Trans. 39 346-353.

Hao Ko, T., Sheng Ma, T, 1998, "Effect of Post Curing on The Mechanical Properties of Carbonized Phenolic Resins", Polimer Composites, 19, 4, pp. 456-462.

Hull, D., 1887, "An Introduction to Composite Materials", Cambridge University Press, New York.

Jacko M.G., Tsang P.H.S., Rhee S.K., 1989, Wear 133 23-38.

Katalog, , 1993, "Basarit Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri", Deutsche Basaltsteinwolle GmbH, Rodetal 40 D-3406 Bovenden, I, Germany.

Katalog, 1983 "ABEX", Friction Products Division, Michigan USA.

Katalog 1, 1998 “Basarit fiziksel ve kimyasal özellikleri”, Deutsche Basaltsteinwolle Gmbh, Rodetal 40 D-3406 Boveden, 1, Germany.

Katalog 2, 1998, “Carborundum Resistant Materials” Gmbh, Postfach 160260, Deutschland.

Kato T., A.Magario, 1994, Tribol. Trans. 37 559-565.

Kondoh, K., Takano, Y., Takeda, Y., 1997, “Friction and Wear Properties of Integrated Composite Copper-Based Friction Materials”, SAE 970979.

Longley J.W., Gardner R., 1988, IMechE C453 (88) 31-38.

Little E., T., P Kato, T Ferdani,.Hodges,1998, SAE Paper 982252.

McLellan R.G., 1988, IMechE C451 (88) 9-13.

Milevski J.V., Ketz H.S., , 1987, Handbook of Reinforcements for Plastics, Van Nostrend Reinhold, NY.

Morshed M. M., Haseeb A. S. M. A., 2004, “Physical and chemical characteristics of commercially available brake shoe lining materials: a comparative study”, Journal of Materials Processing Technology, 155-156, 1422-1427.

Mutlu İ., Oner C., Fındık F., 2006, “Boric Acid Effect In Phenolic Composites On Tribological Properties in Brake Linings”, Materials & Design, 39, 317-325.

Neiman, M. B., 1965, “Aging And Stabilization of Polimers”, 1st Ed., Consultant Bureau, New York.

Othmer, K., 1966, “Phenolic Resin, Encyclopaedia of Chemical Technology”, Vol. 15, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley And Sons Inc., New York.

Peter J. Blau, 2001, "Compositions, Functions, and Testing of Friction Materials and Their Additives", August.

Rhee, S. K., 1971, "Wear of Metal Reinforced Phenolic Resin", *Wear*, 18, pp. 471-477.

Robinson J.W., Mogensen G.E., Pakard K.D, Herman J., 1992, SAE Paper 901700.

Rukiye E., Nurettin Y., 2006, "Polimer Matriksli Fren Balata Malzemelerinin Kompozisyon Ve Üretim Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi", Uludağ Üniv. Müh. Fak. Makine Müh. Bölümü.

Sophie, K. T. and Mason, E., 2002, "Asbestos: Mineral and Fibers", Division of Chemical Health and Safety of the American Chemical Society.

Stocks, A. I., Gezendanner, H., Van-Der-Hurk, H., , 1985, "Asbestos-Free Clutches and Brakes Reinforced with Kevlar-Aramid Fibres", *Int. J. of Vehicle Design*, 6, 4/5, 483-487.

Subramaniam, N., Sinha, B. R., Blum, F. D., Chen, Y. R., Dharani, L. R., , 1991, "Glass Fiber Based Friction Materials", *International Journal of Polymer Materials*, 15, pp. 93-102.

Tanaka, K., Ueda, S., Noguchi, N., 1973, "Fundamental Studies On The Brake Friction of Resin-Based Friction Materials", *Wear*, 23, 349-365.

Türk Sağlık Ajansı Yayınları, 1991 "Toplum ve Çevre Sağlığı Açısından Soru Cevaplarla Asbest", 1, Ankara.

Timur M., 2007 "Otomotivde Kullanılan Sürtünme Malzemelerinin Sürtünme Katsayısını tesbit eden Test Cihazı Tasarımı ve İmalatı", Y. Lisans Tezi.

TS 555, 1992, “Karayolu Taşıtları-Fren Sistemleri-Balatalar-Sürtünmeli Frenler” İçin, T.S.E., 1. Baskı, Ankara.

TS 9076, 1991, “Fren Balataları-Malzeme Sürtünme Özelliklerinin Küçük Deney Parçaları İle Değerlendirilmesi”, T.S.E., 1. Baskı, Ankara, Nisan.

TS 12464, 1998 “Demiryolu Taşıtları-Fren pabucu-Kompozit Malzemeli-Asbest ihtiva etmeyen”, T.S.E., 1. Baskı, Ankara.

TS 139, 1992, “Metalik Malzemelerin Brinell Sertlik Deneyi”, T.S.E., 1. Baskı, Ankara.

Uygur, M, E., 1996, “Balata Üretim Teknolojisi”, 1. Ulusal Toz Metalurjisi Kongresi, Bildiriler Kitapçığı, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Velioğlu E., Çengel B., Kaya Z., 2003, “Kaz dağları’ndaki doğal karaçam (*pinus nigra* arnold subsp.*pallasiana* (lamb.) holmboe) populasyonlarında genetik çeşitliliğin yapılanması”, Orman Bakanlığı Yayın No: 72.

Vishwanath, B., Verma, A. P., Kameswaro Rao, C. V. S., 1993, “Effect of Reinforcement on Friction and Wear of Fabric Reinforced Polymer Composites”, Wear, 167, pp. 93-99.

Washabaugh, F.J., 1987 “EMCOR 66 Ultra-Short Fibers for Asbestos-Free Friction Materials”, SAE 860630.

Welch, P.A. and A.F., 1953, “The Development of Mineral Wool From Florida Minerals”, Greaves-Walker, Fla. Eng. and Ind. Exp. Sta. Bull. 59.

Witaker R., Wirth A., 1987, J.Appl.Phys D 38-43.

Wirth A., Stone K., Whitaker R., 1990, SAE Paper 92254.

Yaltırık, F., Efe, A., 1989, “Otsu Bitkiler Sistematiđi”, İ.Ü. Orman Fakóltesi Yayınları, İstanbul, 45-53.

Yamashita, Y., Hiroshi, A., Kawase, M., Iwata, K., 1993 , ‘‘High Performance Asbestos Free Friction Material for Disk Brake Pads with The Controlled Grain Structure’’, Sumitomo Electric Industries, Ltd., SAE 890861.

Youssef, H., Comte, C., 1989, ‘‘Consolidation of High Performance Friction Materials’’, Alliage Frittes Metafram, Beauchamp, France, MPR.

### **İnternet Kaynakları**

### **Erişim Tarihi**

1. <http://tr.wikipedia.org/Karaçam> 04.10.2006
2. <http://goldenproducts.org/html/dust.html> 18.10.2006
3. <http://ağağlar.net> 14.10.2006
4. [http://www.cevreorman.gov.tr/80\\_02.htm](http://www.cevreorman.gov.tr/80_02.htm) 13.11.2006
5. <http://www.tuik.gov.tr> 10.06.2007

## 6. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Göksan AKPINAR
Doğum Yeri	İzmir
Doğum Tarihi	10.10.1983
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce
	Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise	Fatih Anadolu Lisesi (1998–2002)
Lisans	Celal Bayar Üniv. Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü (2002–2006)
Yüksek Lisans	Afyon Kocatepe Üniv. Makine Mühendisliği (2006–2008)
	Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı
Tübitak Projesi	2006–2007