

KOMPOZİT DEMİRYOLU FREN BALATALARININ SÜRTÜNME VE AŞINMA ÖZELLİKLERİ

Ahmet TOPUZ ,Ö.Ergin KORKMAZ ve Polat TOPUZ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
Davutpaşa Kampüsü, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Kompozit demiryolu fren balataları; hafif, korozyona dirençli, stabil sürtünme, düşük aşınma hızı, düşük ses, uzun ömre sahip ve performans karakteristiklerine uygun, kabul edilebilir maliyette olmalıdır.

Bu çalışmada üç farklı bileşimde demiryolu fren balatası üretilmiştir. Üretimde; karıştırma, sıcak kalıplama ve kür prosesleri kullanılmıştır.

Kompozit fren balatası örnekleri; aramid fiber, fenolik reçine, baryum sülfat, lastik tozu, grafit, demir tozu, alumina ve uçucu kül katkılarının değişik bileşimlerinden hazırlanmıştır.

Bu kompozisyonlar homojen olarak karıştırılmış, 35 MPa basınç ve 200°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile sıcak kalıplanmıştır. Örneklerin bir kısmı 200°C’ de 6 saat hava sirkülasyonlu bir etüvde kür edilmiştir.

Bu şekilde üretilen örneklerin sürtünme katsayıları, aşınma hızları, yoğunlukları, sertlikleri, basma elastisite modülleri, bulunmuş, mikro yapıları incelenmiştir. Örneklerin normal sürtünme katsayıları $0.35 \approx 0.37$, sıcak sürtünme katsayıları $0.33 \approx 0.36$, aşınma hızları kütle kaybı olarak $\%1.78 \approx \%3.58$ arasında bulunmuştur.

Bu test sonuçları, ticari kompozit demiryolu fren balatası örnekleriyle mukayese edildiğinde uygun olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit demiryolu fren balatası, sürtünme, aşınma

FRICION AND WEAR PROPERTIES OF COMPOSITE RAILWAY BRAKE LININGS

ABSTRACT

Composite brake linings must have, resistance to corrosion, light weight, long life, low noise, stable friction, low wear rate and acceptable cost versus performance characteristics.

In this study, three different composite brake lining were produced. In production mixing hot moulding and curing processes were used.

Friction materials studied in this work based on a formulation with eight ingredients comprising phenolic resin, aramid pulb, flyash, iron powder, aluminium oxide, Barium sulphate, rubber, graphite. Hardness, wear resistance, friction coefficient, compression elastic modules, density and microstructure of composite brake materials samples were tested.

This composition was mixed homogeny and composition was hot moulded under 35 Mpa pressure at 200°C in 10 minutes. The prepared sample is cured in an air circulated oven 6 hours at 200°C. Normal friction coefficient $0.35 \approx 0.37$, hot friction coefficient $0.33 \approx 0.36$ and wear rate $1.78 \approx 3.58$ were found for three different brake lining samples.

The test result are suitable for commercial composite railway brake linings.

Keywords: Composite Railway brake linings, friction, wear

1.GİRİŞ

Hızla gelişen demiryolu taşıtlarının fren sistemleri de gelişmektedir. Buna paralel geliştirilmiş kompozit fren balataları; daha hafif, daha uzun ömürlü, kararlı sürtünme katsayısına sahip, az gürültü açığa çıkartan, düşük aşınma oranına sahip, fiyatları performanslarıyla oranlandığında düşük olan tiplerdir.[1]

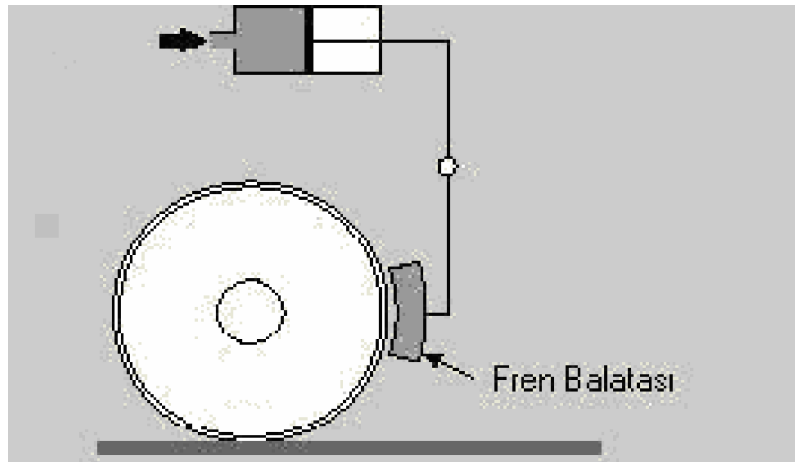
Fren balataları en az 10 bileşenden oluşur[2]. Mevcut durumda bu bileşenlerin sayısı 150'den fazladır[3,4,5]. Bu bileşenler; aşındırıcılar, sürtünme düzenleyiciler, dolgu malzemeleri ve güçlendiriciler ile bağlayıcı maddelerden oluşur. Kompozisyon kontrolü çok önemlidir. Bu bileşenlerden her birinin%2-3 oranında değişimi sürtünme özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir.[6]

Kompozit fren balatalarının üretimi, karıştırma, sıcak pres yada soğuk preste kalıplama ve kür işlemlerinden oluşur. Bu çalışmada 3 farklı bileşimde kompozit fren balatası üretilmiştir. Bu balataların aşınma ve sürtünme karakteristikleri, sertlik, yoğunluk, basma elastisite modülleri bulunmuş, mikro yapıları incelenmiştir. Bu değerler, ticari olarak kullanılan demiryolu fren balata değerleri ile karşılaştırılmıştır.

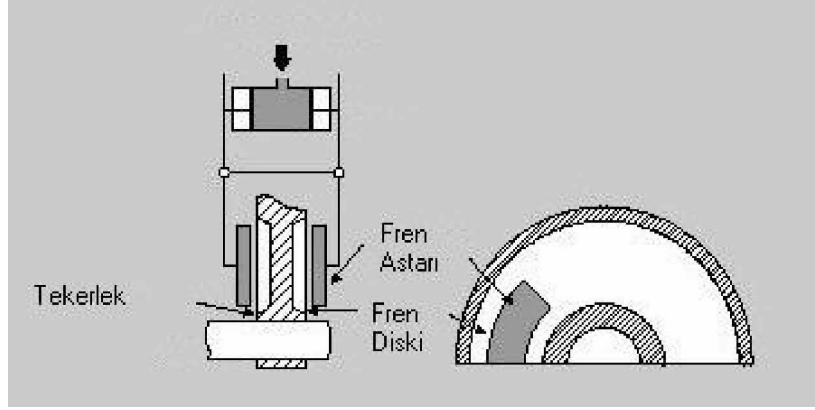
2. DEMİRYOLU FREN SİSTEMLERİ VE BALATA MALZEMELERİ

2.1.Tren Fren Sistemleri

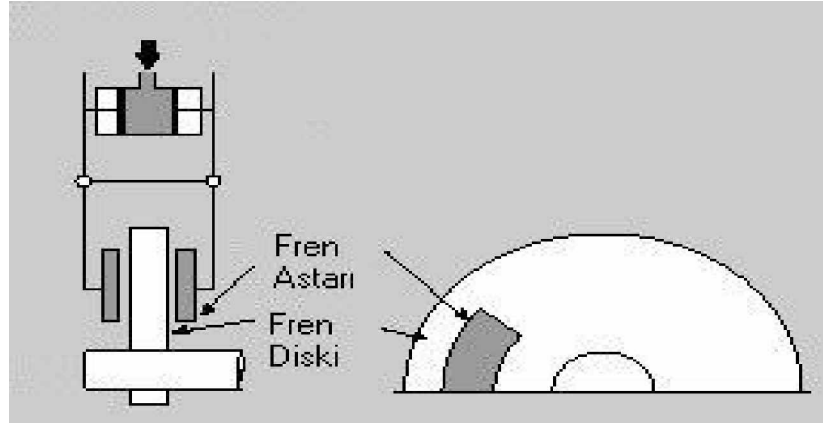
Trenlerde kullanılan fren sistemleri şekil 1 , 2 ve 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Tekerlek frenleri



Şekil 2. Akstan bağlı disk frenler



Şekil 3. Tekerlekten bağlı disk frenler

Tekerlek frenlerinde, fren balatası tekerlek yüzeyine sürtünme uygular, bu sistem hızlı trenlerde kullanılmaz. Akstan bağlı ve tekerlekten bağlı disk fren sistemlerinde, hidrolik yada pnömatik bir sistemle frenleme yapılır.[7]

2.2.Balata Malzemeleri

Balata malzemeleri; aşındırıcılar, sürtünme düzenleyiciler, dolgu ve takviye malzemeleri ile bağlayıcı malzemeler olarak 4 ana guruba ayrılır.

Aşındırıcılar, yüzeyin temizliğini ve sürtünen yüzeylerdeki film tabakasını kontrol ederler ve en az %5 aşındırıcı içermelidirler. En çok kullanılan aşındırıcı malzemeler: alüminyum oksit, demir oksitler, kuvars, silika, zirkonyum silikat ve demir tozlarıdır. Sürtünme düzenleyici katkı malzemeleri, sürtünmeyi düzenler ve sürtünme katsayısının istenilen bir seviyede kalmasını sağlarlar.[8]

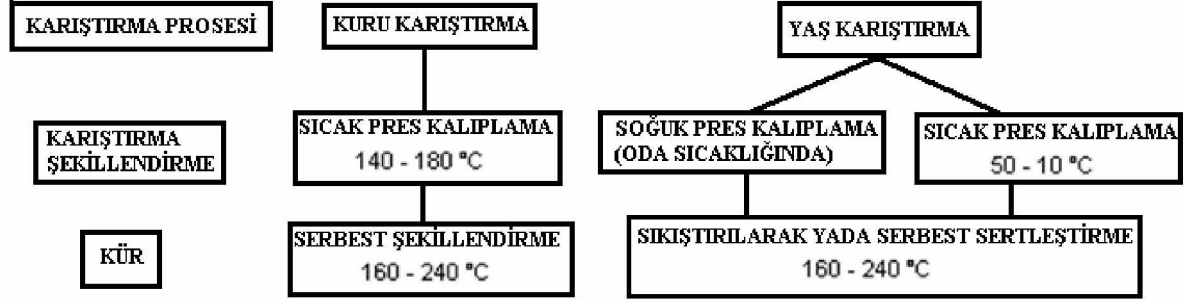
Fren balatalarında, antimuan trisülfat, pirinç, karbon, seramik, bakır, metal oksitler, metal sülfidler, petrol koku vemaun cevizi kullanılmaktadır.

Dolgu ve güçlendirici malzeme olarak, baryum sülfat, kalsiyum karbonat, pamuk ipliği, potasyum titanat, kauçuk, aramit fiberler, magnezyum ve çinko oksitler, kaya yünü, cam fiberler ve uçucu kül kullanılmaktadır.

Bağlayıcı malzeme olarak en sık kullanılan fenol-formaldehit reçinedir. Bunun yanında mahun cevizi ve kauçukta olabilir.

2.3. Balataların Üretimi

Balataların üretimi prosesi aşağıdaki şemada gösterilmiştir.[9]



Şekil 4. Üretim prosesi

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada 3 farklı kompozisyonda balata malzemesi örnekleri üretilmiştir. Çizelge1' de balata üretiminde kullanılan bileşenler ve yüzde miktarları görülebilir.

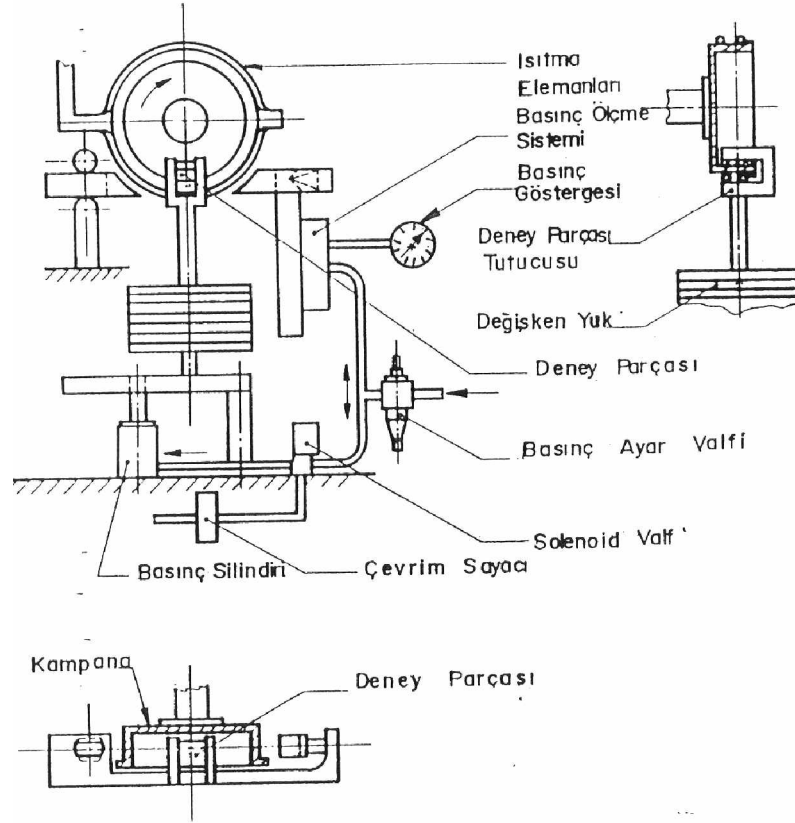
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan üç farklı balata malzemesinin bileşimleri (%)

Bileşen	Aramid fiber	Fenolik reçine	Grafit	BaSO ₄	Lastik tozu	Demir tozu	Uçucu kül	Alumina (Al ₂ O ₃)
1	5	20	12	30	20	13	-	-
2	5	20	12	30	20	-	-	13
3	5	20	12	-	20	-	30	13

Balata malzemesi çizelge 1'de verilen bileşimlerde karıştırılmıştır. Bunu takiben sıcak preste 35 MPa basınç ve 200°C' de 10 dakika kalıplanmıştır. Numuneler 30 mm çap ve 10 mm kalınlıkta hazırlanmıştır. Bu numunelerden bir kısmı 200°C' de 6 saat bir etüvde kür işlemine tabi tutulmuştur.

Yukarda anlatıldığı gibi hazırlanan örnekler ve ticari tren fren balatasından çıkartılan numuneler aşınma ve sürtünme, sertlik, yoğunluk ve basma elastisite modülü testlerine tabi tutulmuştur.

Aşınma ve sürtünme testleri SAE J 661 standardına[10] göre yapılmıştır. Deneyde kullanılan dinamometrenin görüntüsü şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5. Deneyde kullanılan dinamometre

Deney yapım aşamaları Çizelge 2' deki gibidir.

Çizelge 2. Sürtünme ve aşınma testi uygulama aşamaları

Test aşamaları	Kampana devir sayısı (dev/dk)	Basınç (KPa)	Kampana sıcaklığı (°C)	Test şartları
1. Alıştırma	420	1050	100	10 sn. yük uygulaması 20 sn. yüksüz 20 uygulama
2. Birinci yorma	420	1050	100 - 350	100°C' de başlama, her biri 10 dk. Yüklenerek 350 °C' ye ulaşma
3. Birinci dinlendirme	420	1050	350 - 100	50°C aralıklarla 10 sn'lik frenlemelerden sonra 350°C'den 100°C'ye inme.
4. Aşınma	420	1050	200	20 sn. yük uygulaması 20 sn. yüksüz 100 uygulama
5. İkinci yorma	420	1050	100 - 350	2. aşınmaya benzer yapılır.
6. İkinci dinlendirme	420	1050	350 - 100	3. aşamaya benzer yapılır.
7. Son alıştırma	420	1050	100	1. aşınmaya benzer yapılır.

Dinamometre test sonuçları Çizelge 3 ve 4' te verilmiştir. Çizelge 4' te ayrıca balata örneklerine ait yoğunluk, sertlik, basma elastisite modülü ve iç kesme dayanım değerleri de görülebilir.

Çizelge 3. Dinamometre test sonuçları

Test aşamaları	Uygulama sayısı	Sıcaklık (°C)	Sürtünme Katsayısı (μ)			
			1	2	2 (kürlü)	3
1. alıştırma	1	100	0,440	0,489	0,449	0,520
	5		0,383	0,464	0,442	0,561
	10		0,388	0,485	0,411	0,570
	15		0,393	0,499	0,400	0,560
	20		0,395	0,488	0,394	0,549
1. yorma		93	0,401	0,486	0,396	0,539
		121	0,407	0,482	0,382	0,535
		149	0,418	0,462	0,379	0,509
		177	0,432	0,387	0,377	0,452
		205	0,422	0,354	0,372	0,414
		233	0,386	0,338	0,366	0,383
		261	0,366	0,326	0,363	0,358
		289	0,361	0,316	0,353	0,346
1. dinlendirme		261	0,367	0,329	0,358	0,379
		205	0,370	0,343	0,359	0,379
		149	0,361	0,351	0,369	0,378
		93	0,357	0,379	0,382	0,396
Aşınma	1	200	0,377	0,348	0,370	0,360
	10		0,458	0,362	0,332	0,315
	20		0,459	0,362	0,356	0,329
	30		0,457	0,380	0,361	0,335
	40		0,445	0,372	0,367	0,350
	50		0,446	0,378	0,370	0,348
	60		0,437	0,372	0,361	0,351
	70		0,448	0,379	0,370	0,357
	80		0,436	0,374	0,363	0,354
	90		0,423	0,360	0,372	0,350
	100		0,423	0,371	0,367	0,349
2. yorma		93	0,292	0,367	0,373	0,355
		121	0,328	0,365	0,381	0,354
		149	0,349	0,372	0,375	0,353
		177	0,391	0,367	0,351	0,349
		205	0,430	0,353	0,348	0,343
		233	0,435	0,356	0,344	0,338
		261	0,446	0,356	0,341	0,333
		289	0,453	0,352	0,336	0,331
		317	0,452	0,332	0,328	0,317
		345	-	0,305	0,315	0,291
2. dinlendirme		317	0,149	0,311	0,307	0,292
		261	0,193	0,327	0,309	0,305
		205	0,242	0,346	0,323	0,323
		149	0,291	0,348	0,337	0,334
		93	0,323	0,378	0,391	0,349
Son alıştırma	1		0,328	0,373	0,379	0,363
	5		0,334	0,372	0,354	0,346
	10		0,318	0,369	0,360	0,345
	15		0,307	0,350	0,356	0,341
	20		0,316	0,346	0,353	0,338

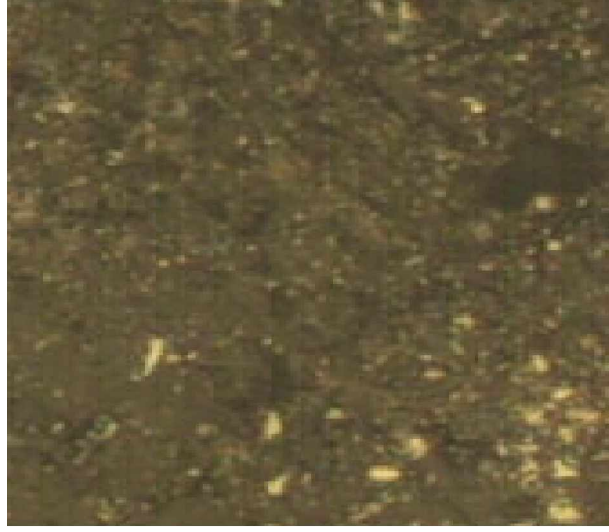
Çizelge 4. İncelenen balatalara ait test sonuçları

	1	2	2 (kürlü)	3	Ticari demiryolu fren balatası	
Normal sürtünme katsayısı	0,35	0,36	0,37	0,35	0,38	
Sıcak sürtünme katsayısı	0,36	0,34	0,34	0,33	0,35	
Aşınma değeri	gr (%)	0,29 (3,58)	0,24 (2,91)	0,13 (1,78)	0,21 (2,70)	0,225 (3)
	mm (%)	0,09 (1,21)	0,16 (2,20)	0,16 (2,33)	0,11 (1,60)	0,028 (0,4)
Yoğunluk (gr/cm³)	2,00	1,92	1,77	1,76	1,826	
Sertlik (HRM)	60	62	58	65	55 – 65	
Basma elastisite modülü (N/mm²)	258,08	243,15	294,15	255	169	

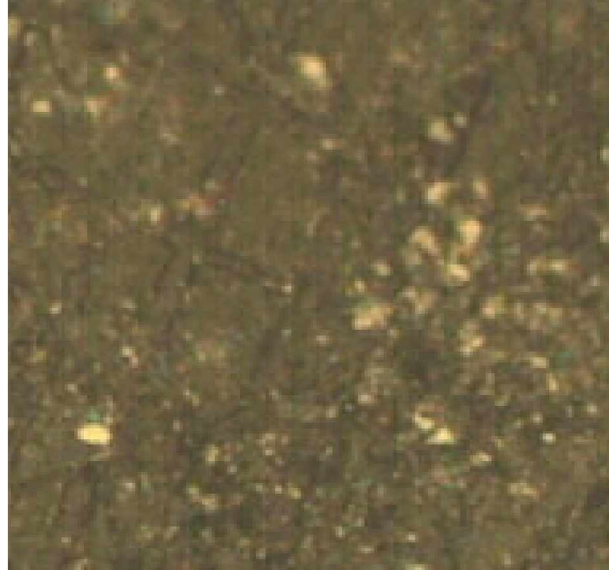
Örneklere ait mikro yapı fotoğrafları şekil 6 , 7 ve 8’de verilmiştir. Mikro yapılarda herhangi bir gözeneğe rastlanmamıştır.



Şekil 6. (1) numaralı balatanın mikro yapısı



Şekil 7. (2) numaralı balatanın mikro yapısı



Şekil 8. (3) numaralı balatanın mikro yapısı

4. SONUÇLAR

Üç farklı kompozisyonda hazırlanan, sıcak pres yöntemiyle üretilen balata örneklerinde, normal ve sıcak sürtünme katsayıları birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Kür işlemi uygulanmış ve uygulanmamış numuneler arasında da sürtünme katsayıları açısından önemli bir fark yoktur. Ticari olarak kullanılan demiryolu tren tekerlek balatasına ait sürtünme katsayısı değerleri de üretilen örneklerle benzerdir. Normal ve sıcak sürtünme katsayısı arasındaki fark standartlara uygundur.

Aşınma açısından en fazla aşınma , kütle bazında 1 numaralı örnekte , en az ise 2 numaralı kürlü örnekte elde edilmiştir. Kür işleminin aşınma dayanımına olumlu etkisi olduğu söylenebilir. Kütle açısından aşınma değerleri ticari demiryolu balatasına eşdeğer yada düşüktür.

Kalınlıktaki değişim en az 1 numaralı örnekte ve ticari demiryolu balatasında bulunmuştur. Ağırlık kaybı olmasına rağmen, kalınlıktaki azalmanın az olması balata örneklerinin şişme yaptığı anlamına gelir, bu da istenilen bir durum değildir.

Balataların yoğunlukları, katkı maddelerinin miktar ve yoğunluklarından etkilenmektedir. Karışımlar, kuralına göre hesaplanan teorik yoğunluklarla uygunluk içerisinde. Kompozit fren balatalarına ait diğer mekanik özellikler birbiri ile uyumludur.

Balata örneklerinin TS 12464 standardına göre K tipi yüksek sürtünme katsayılı balata malzemesi olarak kullanılabilmesi söylenebilir. Özellikle uçucu kül dolgululu balata örneklerinden iyi sonuç alınması, bu atık malzemenin balata üretiminde kullanılabilmesini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Se ong Jin Kim, Ho Jang. “Friction and wear of friction materials containing two different phenolic resins reinforced with aramid pulp” **Tribology**, 477-484/2000.
2. M.Hyung Cho, S Jin Kim, D.Kim, Ho Jang. “Effects of ingredients on tribological characteristics of brake lining and experimental case study”. **WEAR**, DTD5/2005.
3. M.M Morshed, A.S.M.A Haseeb. “ Physical and chemical characteristics of commercially available brake shoe lining materials: a comparative study”. **Journal of Materials Processing Technology**, 1422-1427/2004.
4. Ho Jang, Se ong Jin Kim. “The effects of antimony trisulfide (Sb_2S_3) and zirconium silicate ($ZrSiO_4$) in the automotive brake friction material on friction characteristics”. **WEAR**, 229-236/2000.
5. S.J.Kim, M H Cho, D S Lim, Ho Jang. “Synergistic effects of aramid pulp and potassium titanate whiskers in the automotive friction materials” **WEAR**, 1484-1491/2001.
6. W Österle, M Griepentrog, Th. Gross, I.Urban. “Chemical and microstructural changes induced by friction and wear of brakes”. **WEAR**, 1469-1476/2001
7. Hasegawa I, Uchida S. “Braking system”. **Railway Technology Today** 7. Japan 2-7/1999
8. Blau J.P. “Compositions functions and testing of friction brake materials and their additives” **Oakridge National Laboratory**, 2001
9. Orkun Subaşı “ Demiryolu taşıtlarında kullanılan sürtünmeli fren balatalarının üretimi” **Y.T.Ü. Yüksek lisans tezi**, 2005
10. **SAE J 661** Brake lining quality control test procedure. 1991