

**OTOMOTİV FREN BALATA MALZEMELERİNDE MAUN
CEVİZİ TOZUNUN SÜRTÜNME PERFORMANSINA
ETKİSİ**

**EFFECT OF CASHEW DUST COMPONENT ON FRICTION
PERFORMANCE OF AUTOMOTIVE BRAKE LINING
MATERIALS**

K. Banu SUGÖZÜ

Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, TÜRKİYE

Geliş Tarihi (Received): 09/03/2015 **Kabul Tarihi (Accepted):** 06/05/2015

ÖZET

Bu çalışmada, maun cevizi tozunun fren sürtünme malzemelerinin sürtünme özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bir deneysel formülasyonla %5, %10 ve %15 maun cevizi tozu içerikli 3 farklı sürtünme malzemesi üretilmiştir. Bir fren dinamometresi kullanılarak sürtünme malzemelerinin tribolojik özellikleri elde edilmiştir. %5 ve %10 Maun cevizi tozu içerikli sürtünme malzemeleri sürtünme ve kayma direncinde iyileşmeler göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Fren sürtünme malzemeleri, Maun cevizi tozu, Sürtünme, Aşınma

ABSTRACT

In this study, the effect of cashew dust in the brake friction material on various aspects of friction characteristics was investigated. Three friction material specimens were produced based on an experimental formulation, and they contained 5%, 10% and 15% cashew dust, respectively, fixing the composition of other ingredients. Tribological properties of the friction materials were obtained using a brake dynamometer. Results showed that the friction materials containing 5% and 10% cashew dust improved friction stability and fade resistance.

Key words: Brake friction materials, Cashew dust, Friction, Wear

GİRİŞ

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 (Kim and Jang, 2000).

Fren balataları birden fazla bileşenden oluşur (Cho et al., 2005). Mevcut durumda bu bileşenlerin sayıları 150'den fazladır (Morshed and Haseeb, 2004; Jang and Kim, 2000; Kim et al., 2001). Bu bileşenler; aşındırıcılar, sürtünme düzenleyiciler, dolgu malzemeleri ve güçlendiriciler ile bağlayıcı maddelerden oluşur.

Bir fren balatasının sert çevre ve sürüş şartları altında güvenli sürüş sağlayabilmesi için düzenli sürtünme katsayısı, düşük aşınma oranı, ısıl deformasyon direnci ve konfor şartları olarak düşük ses, titreşimsizlik gibi birçok özellikler istenir. Bu istenen özellikleri sağlamak için reçine, elyaf (fiber), katı yağlayıcı, aşındırıcı parçacıklar, metal talaşları ve dolgu maddeleri gibi malzemeler kullanılır (Handa and Kato, 1996). Balata üretiminde komponenti % 20-80 oranında mineral esaslı, % 10-60 oranında organik esaslı, % 20-40 oranında bağlayıcı elemanlar, % 10-20 oranında madeni esaslı malzemeler ve renk verici oksitler oluşturmaktadır (Gemalmayan, 1984).

Sürtünme tozu organik esaslı bir malzemedir ve genellikle yüksek sıcaklıklarda sürtünme dayanımını ve soğuk aşınmayı iyileştirmek için kullanılır. Bağlayıcı sistemin elastikiyetini artırır, kesikli sürtünme ve buna bağlı olarak oluşan gürültü ve vibrasyonu azaltır. Sürtünme tozu (maun cevizi), pirinç ve silikat sürtünme katsayısını arttırmalarına karşın uygun yağlayıcı ve yapısalların kullanılmaması durumunda disk aşınmasına sebep olur.

Sürtünme tozu genellikle kauçuk temelli maun cevizi reçinesine dayanmaktadır, bazı katkıları ile kendiliğinden tutuşmayı azaltır ve parçacık dağılımına yardımcı olur. Hafif, orta ve ağır araçlar için demir esaslı yarı metalik fren balataları, yüzey alanının ihtiyacına göre birçok farklı büyüklükteki partiküllerden oluşabilir.

Sürtünme malzemelerinin kullanım sebepleri özellikle sürtünme katsayılarının yüksek ve kayma özelliklerinin iyi olmasındandır. Ancak sürtünme malzemelerinin fonksiyonlarını beklendiği gibi yapabilmeleri için, yalnız sürtünme katsayısının yüksek olması yetmez. Sürtünme katsayısının yüksek olmasından ziyade zorlanmalar altında ve özellikle yüksek sıcaklıklarda mümkün olduğu kadar sabit bir sürtünme katsayısı değerini muhafaza etmesi gerekir. Bundan başka aşınma miktarının az olması, karşı malzemenin çizilip hasara uğratılmaması, mekanik mukavemetin de

Otomotiv Fren Balata Malzemelerinde Maun Cevizi Tozunun Sürtünme

maruz kalınan zorlamalara dayanabilecek değerde olması gerekir (Reinsch, 1970; Gediktaş, 1968). Bu çalışmada, balatalarda sürtünme dayanımını ve aşınma direncini arttırmak için balata malzemesi olarak maun cevizi esaslı malzeme kullanılmıştır. Üretilen bu balataların aşınma ve sürtünme karakteristikleri, sertlik, yoğunluk yapıları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Balata Üretimi

Balataların üretiminde asbest içermeyen takviye malzemeleri ve yüksek sıcaklıkta termal bozulmayı önleyecek, balatanın mekanik ve tribolojik özelliklerini güçlendirecek şekilde belirlenen bileşenler seçilmiştir. Malzeme oranları belirlemede kütleli oran esas alınmıştır.

Tablo 1. Karışımdaki malzeme oranları (% kütleli)

Malzeme	M-5	M-10	M-15
Maun cevizi	5	10	15
Reçine	20	20	20
Bakır	15	15	15
Al ₂ O ₃	5	5	5
Grafit	5	5	5
Prinç tozu	2,5	2,5	2,5
Barit	47,5	42,5	37,5
TOPLAM	100	100	100

Tablo 1’de belirlenen oranlarda hazırlanan karışımların homojenliğini sağlamak için karışım 90 dev/dak hızda 10 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden sonra karışım 25,4mm×25,4mm’lik kalıpta 10000 kPa basınçta sıkıştırılarak balataya ön şekillendirme verilmiştir. Daha sonra karışım 150°C sıcaklıktaki pişirme kalıbında 18000 kPa basınç da 60 saniye aralıklarla havalandırılması yapılarak 10 dakika pişirilmiştir. Bu sayede malzeme bünyesinde bulunan suyun ve sıcaklık neticesinde balata bileşenlerinin oluşturduğu reaksiyonlar sonucu meydana gelen buharların dışarı atılması sağlanmıştır. Numunenin kalıp zımba yüzeyine yapışmasını önlemek için araya alüminyum folyo konulmuştur. Kalıptan çıkartılan numuneler ortam sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Her balata malzemesinden dört tane üretilmiştir. Balata üretim parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

Suğözü

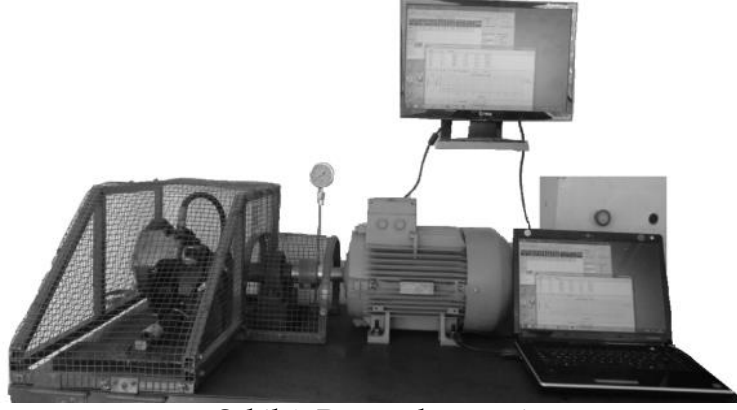
Tablo 2. Numune üretim parametreleri

İşlemler	Üretim Parametresi	M-5	M-10	M-15
Karıştırma	Zaman (dk)	10	10	10
	Zaman (dk)	3	3	3
Soğuk Şekillendirme	Sıcaklık (°C)	Ortam sıcaklığı	Ortam sıcaklığı	Ortam Sıcaklığı
	Basınç (kPa)	10000	10000	10000
	Zaman (dk)	10	10	10
Sıcak Şekillendirme	Sıcaklık (°C)	180	180	180
	Basınç (kPa)	18000	18000	18000
	Zaman (dk)	10	10	10

2.2. Deney Düzenegi

Üretilen balataların aşınma, sürtünme katsayısı gibi özelliklerini belirlemek amacıyla Şekil 1’de gösterilen deney seti kullanılmıştır. Deney düzeneginde dönme sırasında balata ile fren diski arasındaki sürtünme kuvvetini ölçmek için yük hücresi kullanılmıştır. Böylece döndürme kuvveti, diskin dönmesi sırasında fren balatasına uygulanan basınçtan doğan sürtünme kuvvetinden dolayı balatanın disk ile beraber dönme isteği dikkate alınarak, elektronik olarak ölçülmüştür. Deney düzenegindeki fren diskinin istenilen hız ve devirlerde kullanılabilmesi için güç çevirici (invertör) mevcuttur.

Deneylerin standartlara uygun olarak yapılabilmesi için deney düzenegine disk yüzey sıcaklığını belirlemek için her saniyede bir veri alabilen, -50 ile 1000°C aralıklarında çalışabilen infrared termometre konulmuştur. Deney işlemlerinde 116 HB (41.86 HRA) sertlikte ve 280 mm çapında gri dökme demirden üretilmiş fren diski kullanılmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneği

2.3. Deney Şartları

Üretilen balatalar, sürtünme yüzeylerinin örtüşmesini sağlamak amacıyla numune yüzeyinin %95'i disk yüzeyine temas edinceye kadar 250 kPa basınç altında 3 m/s hızda çalıştırılmıştır. Deneyler 1050 kPa balata yüzey basıncında ve 6 m/s hızda yapılmıştır. Deneylerde başlangıç sıcaklığı 40°C'dir. Deneyler esnasında alınan sürtünme katsayısı ve zaman değerleri, aynı karışım ve özelliklerine sahip üretilen üç numuneden alınan değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Her numune için sürtünme katsayısı, 6 m/s hızda 1050 kPa basınç altında 1 saniye aralıklarla kaydedilmiştir. Aşınma deneylerinde balata numuneleri 1050 kPa basınç altında yaklaşık 3000 m (3 km) yol yaptırılarak hesaplanmıştır. Bu değerler sürtünme katsayısı-zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Deneyler sonunda her bir balata numunesinin kütle kaybı hassas terazide tartılarak bulunmuştur. Bulunan kütle kaybı TS 9076'da verilen kütle kaybını esas alan formül ile hesaplanarak özgül aşınma değerleri tespit edilmiştir (Sugözü, 2009; TS 9076, 1991). Hazırlanan numuneler aşınma, sürtünme, sertlik ve yoğunluk testlerine tabi tutulmuştur.

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

denklem (1)'de;

V = Özgül aşınma (cm³/N.m)

m₁ = Deneyden önce ölçülen balata kütlesi (g)

m_2 = Deneyden sonra ölçülen balata kütlesi (g)

ρ = Balata yoğunluğu (g/cm³)

R_d = Disk yarıçapı (m)

f_m = Deneydeki ortalama sürtünme kuvveti (N)

n = Toplam devir sayısı (dev/dak)

Numunelerin sertlik ölçümleri "Mettes" marka ölçüm cihazında Brinell sertlik yöntemi ile 2,5 mm çapında çelik bilye ve 62.5 kgf yük uygulanarak yapılmıştır. Sertlik ölçümleri için aşınan yüzeyden üç değişik yerden sertlik ölçümü yapılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır. Numunelerin yoğunluk ölçümleri Arşimet terazisinde yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışmada aynı malzeme içeriğine sahip ancak farklı oranlarda sürtünme tozu olarak maun cevizi katkıli fren balatası üretilmiş ve otomotiv fren balatası sürtünme malzemesi olarak kullanılabileceği araştırılmıştır. Optimum oranın belirlenebilmesi için % 5 ile % 15 arasında değişen 3 farklı oran kullanılmıştır. Maun cevizi tozunun artışı kütle içerisinde sürtünme katsayısına etkisi bulunmayan baritin azaltılmasıyla dengelenmiştir (Tablo 1).

Balatada kullanılan bakır ile ısı iletim katsayısının yüksek olması sayesinde frenleme sırasında balata sürtünme yüzeyinde oluşan ısının bölgeden uzaklaştırılması ve homojen dağılımı sağlanarak sürtünme katsayısının artırılması hedeflenmiştir. Bakır partikül oranının %15-20 civarında olması durumunda sürtünme katsayısının lineerlik kazandığı literatür verilerinde belirtilmektedir (Yiqun et al., 2006).

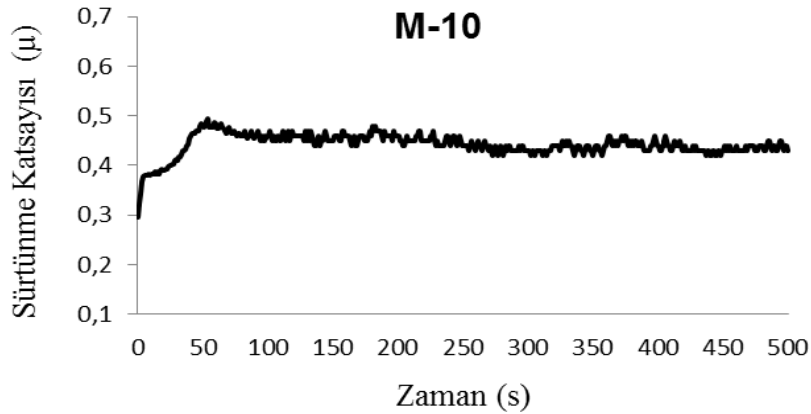
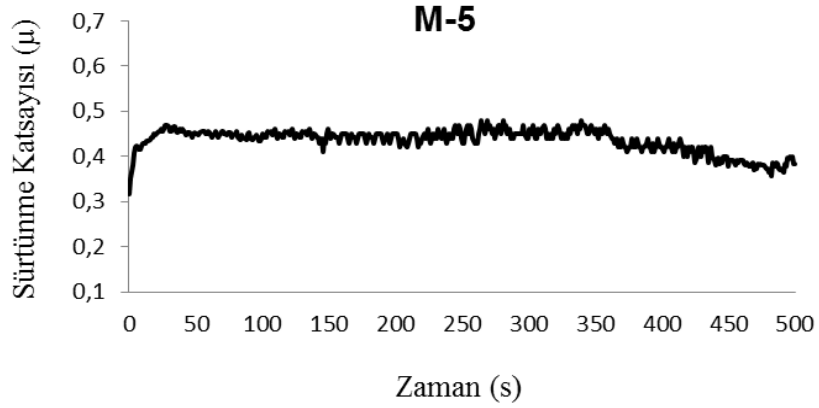
Maun cevizi tozu katkıli örneklerde sürtünme tabakası gelişim süreci, deneyin 50. saniyesinden sonra sürtünme tabakasını oluşturan içeriklerin özelliğine göre sürtünme karakteristiği şekillenmiştir. Fren balatalarından istenen en önemli özellik, frenleme esnasında sürtünmeden dolayı açığa çıkan ara yüzey sıcaklığındaki artışa bağlı olarak sürtünme katsayısındaki değişimin minimum seviyede olmasıdır (Persson, 1994; Tabor, 1996). Şekil 2'de M kodlu numunelerinin zamana bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimleri incelendiğinde 0-500 s aralığında en düşük sürtünme katsayısı

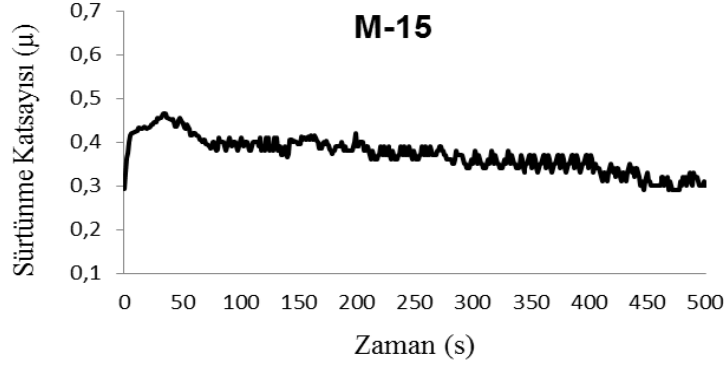
Otomotiv Fren Balata Malzemelerinde Maun Cevizi Tozunun Sürtünme

değerini ortalama % 38 sürtünme katsayısı ile M-15 ilaveli sürtünme malzemesi verirken, en yüksek sürtünme katsayısı değerini ortalama % 45 sürtünme katsayısı ile M-10 sürtünme malzemesi vermiştir. Ostermeyer (2003), sürtünme katsayısının dinamiği üzerine yapmış olduğu çalışmada sürtünme katsayısının ara yüzey sıcaklığındaki artışa bağlı olarak azalacağını belirtmiştir. Maun cevizi ilaveli sürtünme malzemelerinde, ara yüzey sıcaklığındaki artışa bağlı olarak sürtünme katsayısı 50. saniyeye kadar artmış sıcaklığın artışıyla birlikte 50. saniyeden sonra şekillenmiştir. Genellikle sürtünme katsayısı (μ) 0.3 ila 0.7 arasında, sürtünme kuvveti ve disk-balata ara yüzey sıcaklığına bağlı olarak değiştiği literatürde vurgulanmıştır (Moore, 1975). Şekiller incelendiğinde sürtünme tabakası gelişim sürecinin devamında sürtünme katsayısında inişli çıkışlı sürekli bir değişim görülmektedir. Anderson (1992a ve b) bunun sebebini, sürtünme süresince disk yüzeyindeki temas bölgelerinin içine doğru ısının periyodik olarak sürekli değişmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu etkiden dolayı sürtünme katsayısında sürekli bir değişim meydana gelir. Ayrıca bu durumu Stachowiak ve Batchelor (2001) sürtünme çiftlerinin yüzeyindeki pürüzlerde birleşme olması ve büyümesi ile açıklar. Bu durumda bir yapışma ve bir bırakma hali sürekli tekrarlanır, bu da sürtünme katsayısında sürekli artma ve azalmaya neden olur. Şekillerden görüldüğü gibi %10 oranına kadar maun cevizi miktarının artmasına bağlı olarak sürtünme ortalamalarında artış meydana gelmiştir. Oluşturulan bu içerik için balata komponenti içerisinde %10'dan daha fazla maun cevizi kullanılması, sürtünme performansını olumsuz etkilemektedir.

M-15 numunesinin sürtünme performansı incelendiğinde stabil bir performans sergilemediği görülmektedir. Bu durum maun cevizi oranının fazla olması ve balata içeriğini oluşturan komponentin homojen bir şekilde karışmamasından kaynaklanabilir. 350. saniyeye kadar sürtünme performansında artış görülen M-5 kodlu numune disk sıcaklığının artmasıyla 350. saniyeden sonra sürtünme performansında düşüş meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalarda sürtünmeden dolayı sıcaklık artışıyla birlikte balata disk yüzeyinde kayma (fade) oluşumunu meydana getirmiş ve sürtünme değerini düşürmüştür (Stachowiak and Batchelor, 2001). Bu durum M-15 kodlu balata numunesinde 150.saniyeden sonra meydana gelmekte ve sürtünme performansı 150.saniyeden sonra düşme eğilimi

göstermektedir. M-10 kodlu numunenin sürtünme performansı için sürtünme tabakası oluşumu deneyin 50. saniyesinden sonra şekillenmeye başlamıştır. Stabil bir sürtünme performansı gösteren M-10 kodlu balata numunesinin ortalama sürtünme katsayısı (μ) 0.45 olarak ölçülmüştür. Tüm numuneler içerisinde en yüksek sürtünme katsayısı ortalamasını 0.45 ile M-10 kodlu numune vermektedir. Aynı içeriklere sahip diğer numuneler ile yapılan deneylerde M-5, 0.40 ve M-15, 0.38 sürtünme katsayısı ortalaması vermektedir. M-5 kodlu numunenin sürtünme katsayısı M-10 kodlu numuneye yakın değerde olmasına rağmen M-10 kodlu balata numunesi daha stabil bir sürtünme performansı sergileyerek balatalardan istenilen stabil sürtünme performansını sağlamaktadır.





Şekil 2. M kodlu balata numunelerinin zamana bağlı olarak sürtünme katsayısı değişimleri

Frenleme esnasında balatalarda meydana gelecek aşınmanın sıfır olması düşünülemez. Çünkü yüksek aşınma direncine sahip sürtünme malzemeleri, karşı malzemenin aşınmasına sebep olur. Balata malzemelerinde sürtünme katsayısının sıcaklık karşısındaki değişimi, aşınma direncinden daha önemli görülür. Sürtünme malzemesi olarak kullanılan M-5 kodlu numunenin aşınma miktarı $0,21 \times 10^{-6}$ g/mm², M-10 kodlu numunenin $0,24 \times 10^{-6}$ g/mm² ve M-15 kodlu numunenin aşınma miktarı $0,19 \times 10^{-6}$ g/mm² bulunmuştur. Tablo 3'de sürtünme malzemelerindeki aşınma miktarı görülmektedir. Tablo incelendiğinde %10 maun cevizi içerikli M-10 kodlu numunede aşınma daha fazla, %15 maun cevizi içeriğine sahip M-15 kodlu numunede aşınma daha azdır. Frenleme sırasında yüksek sürtünme performansına sahip numuneler daha fazla aşınmaya maruz kaldıklarından aşınma miktarlarında farklılıklar olmaktadır (Jang et al., 2004).

Tablo 3. Farklı karışımlarda üretilen balata numunelerinin özellikleri

Numune Kodu	Özgül aşınma (cm ³ /N.m) $\times 10^{-6}$	Yoğunlu k (g/cm ³)	Sertlik (HB)	Ortalama sürtünme katsayısı (μ)
M-5	0,21	1,73	21,4	0,40
M-10	0,24	2,01	22,5	0,45
M-15	0,19	2,19	25,3	0,38

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, değişik oranlarda maun cevizi tozu ilave edilerek toz metalürjisi yöntemi ile balatalar üretilmiş ve üretilen balataların sürtünme-aşınma özellikleri incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sürtünme ile ara yüzey sıcaklığının artmasına bağlı olarak en kararlı sürtünme katsayısını 0,48 ile % 10 maun cevizi ilave edilmiş M-10 balata malzemesi vermiştir.
2. Aşınma açısından en fazla aşınma, kütle bazında M-10 numaralı örnekte, en az ise M-15 numaralı örnekte elde edilmiştir.
3. Sabit hız da yapılan deneylerde asbestsiz maun cevizi tozunun sürtünme malzemelerinin özelliklerini elde edilebilir şekilde düzelttiğini göstermiştir.
4. Balataların yoğunlukları, katkı maddelerinin miktar ve yoğunluklarından etkilenmiştir.
5. Üretilen balataların TS 555 standardına göre fren balatası olarak kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Özellikle M-5 ve M-10 balata örneklerinden iyi sonuç alınması, balata üretiminde %5 ile % 10 arasında maun cevizi tozu ilavesinin kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Anderson, A. E., 1992, Friction, *Lubrication and Wear Technology ASM Handbook*, Vol. 8, 569-577.

Anderson, A E, 1992, Friction And Wear Of Automotive Brakes, *Friction, Lubrication And Wear Technology ASM Handbook*, Vol 18, USA.

Cho M. H., Kim S. J., Kim D., Jang H., 2005, Effects of ingredients on tribological characteristics of brake lining and experimental case study, *Wear*, Volume 258, Issues 11-12, Pages 1682-1687.

Gediktaş, M., 1968, Sürtünme malzemelerinin deneysel tayini, *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası*, Gümüşsuyu, İstanbul.

Gemalmayan, N, 1984, Sürtünme Malzemelerinin Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi F.B.E*, Ankara.

Handa, Y. Kato, T, 1996, Effects of Cu Powder, BaSO₄ and Cashew Dust on the Wear and Friction Characteristic of Automotive Brake Pads, *Tribology Transactions*, Volume 39, Issue 2.

Jang H., Kim S. J., 2000, The effects of antimony trisulfide (Sb₂S₃) and zirconium silicate (ZrSiO₄) in the automotive brake friction material on friction charecteristics, *Wear*, Volume 239, Issue 2, Pages 229-236.

Jang, H., Ko, K., Kim, S. J., Basch, R. H., and Fash, J. W., 2004, The effect of metal fibers on the friction performance of automotive brake friction materials, *Wear*, Volume 256, Issues 3-4, Pages 406-414.

Kim S. J., Jang H., 2000, Friction and wear of friction materials containing two different phenolic resins reinforced with aramid pulp, *Tribology International*, Volume 33, Issue 7, Pages 477-484.

Kim S. J., Cho M. H., Lim D. S., Jang H., 2001, Synergistic effects of aramid pulp and potassium titanate whiskers in the automotive friction materials, *Wear*, Volume 251, Issues 1-12, Pages 1484-1491.

Moore, D. F., 1975, *Principles and Application of Tribology*, Pergamon Press, Oxford.

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*, Volumes 155-156, Pages 1422-1427.

Ostermeyer, G. P., 2003, On the Dynamics of the Friction Coefficient, *Wear*, Volume 254, Issue 9, Pages 852-858.

Persson, B. N. J., 1994, Theory of Friction, *The American Physical Society*, Phys. Rev. B 50, 4771-4786.

Reinsch, E. W., 1970, Sintered metal brake linings for automotive applications, *Delco-Moraine division*, General motors corp, Dayton, Ohio, cilt 2 sayfa 9-21.

Stachowiak, G.W., Batchelor, A.W., 2001, *Engineering Tribology*, Heineman, Boston, Vol. 1.

Sugözü, İ., 2009, Bor katkılı otomotiv fren balatası üretimi ve frenleme karakteristiğinin deneysel incelenmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.

Tabor, D., 1996, Friction as a Dissipated Process. Friction of Organic Polymers in Fundamentals of Friction, *Macroscopic and Microscopic Processes*, Cilt 220, Pages 3-5.

TS 9076, 1991, Fren Balataları-Malzeme Sürtünme Özelliklerinin Küçük Deney Parçaları ile Değerlendirilmesi, *T.S.E.*, 1. Baskı, Ankara.

Yiqun, L., Zhongqing, F., Hengyi, M., Yigang, T., Jinliang, Q., 2006, Application of nano powdered rubber in friction materials, *Wear*, Volume 261, Issue 2, 31 July 2006, Pages 225-229.