

# Fren Balatası Üretiminde Sıcak Presleme Süresinin Frenleme Karakteristiğine Etkisinin Araştırılması

İ. Sugözü<sup>1</sup>, İ. Mutlu<sup>2</sup> ve C. Öner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Mersin/Türkiye, ilkersugozu@gmail.com

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar/Türkiye, ibrahimmutlu@hotmail.com

<sup>3</sup>Firat Üniversitesi, Elazığ/Türkiye, mconer@firat.edu.tr

## Investigation of Effect of Hot Pressing Time on Braking Characteristic in Brake Lining Manufacture

**Abstract**—In this study, impact on performance of friction coefficient of hot pressing processing time from brake lining produce stages was investigated. Samples with the same content were produced in 18 MPa pressure, at 180°C temperature and in three different hot pressing time such as 5-10-15 minutes. The wear, hardness, density and friction characteristics of the produced lining were investigated.

**Keywords**—Brake Lining, Friction Materials, Friction, Wear.

### I. GİRİŞ

Fren sistemi araçlardaki en önemli sistemdir. Bu nedenle fren sistemi aracın güvenli bir şekilde kullanılması için gerekli en önemli donanımdır. Son yıllarda frenlerin tasarımı büyük değişikliğe uğramıştır. Modern araçlarda kampanalı frenlerin yerine diskli frenler, kullanılmaya başlanmıştır. Bundaki en önemli etken diskli frenlerin daha iyi performans sağlamalarıdır. Aşırı frenleme şartlarında fren sisteminde açığa çıkan ısı enerjisi artmakta ve sistem elemanları tehlikeli boyutlara gelebilecek şekilde ısınmaktadır. Diskli frenlerin daha çabuk soğumaları, diskli frenlerin kampanalı frenlerin yerlerini almasında önemli bir etkindir.

Taşıtın sürüş esnasında emniyetim sağlamada fren balatalarına önemli görev düşmektedir. Balatalar, gösterdiği performansı geniş bir hız, basınç ve sıcaklık aralığında tüm şartlarda ve tekrar kullanıma bağlı olmaksızın yineleyebilmelidir. Sürtünme sırasında oluşan sıcaklık artışından dolayı oksitlenmeye karşı dayanıklı, çatlama ve ısıl yorulmaya karşı dayanımı yüksek olmalıdır. Kullanım sırasında uygulanan basınç ve oluşan kesme gerilmesine karşı yeterli mukavemete sahip olmalı, üretimi kolay ve sürekli aynı kalitede üretime uygun olmalı ve ısı iletimi düşük olmalıdır (1, 2, 3, 4).

Balatanın tribolojik davranışı, uygulanan yüke, çevre şartlarına ve mikro yapı gibi parametrelere bağlıdır (5,6). Bazı durumlarda sürtünme kuvvetinin, fren ve balata ara yüzeylerinde eşit dağılmadığı bilinmektedir. Özellikle uzun süreli frenlemelerde sürtünme yüzeyindeki sıcaklık ve frenleme kuvveti periyodik olarak değişir. Bu değişim de sürtünme katsayısının azalan ve artan değerlerde olmasına sebep olur (7).

Fren balata malzeme özelliklerinin üretim parametrelerine bağlı olarak büyük ölçüde değiştiği yapılan çalışmalar ile

görülmüştür. Balata kompozisyonları aynı olsa bile farklı üretim parametreleri ile üretilen balatalar farklı özellikler sergileyebilmektedir. Bu yüzden bir balata malzemesi tasarımında kompozisyon, üretim ile birlikte bir bütün olarak incelenip araştırılmalıdır.

Bu çalışmada; balata üretim parametrelerinden olan sıcak presleme süresinin balata üzerindeki etkisini incelemek için aynı içerikli üç farklı sıcak presleme süresinde numuneler üretilmiş, numunelerin aşınma ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Belirlenen tozlar karıştırıcı ile karıştırılmış ve preslenmiştir. Sıcak presleme süresi olarak 5 (M-5), 10 (M-10) ve 15 (M15) dakika seçilmiştir. Daha sonra da üretilen numunelerin karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sürtünme karakteristiği, sertlik ölçümleri, yoğunluk ve aşınma deneyleri ile desteklenmiştir.

### II. MATERYAL VE METOT

#### A. Balata Üretimi

Balataların üretiminde asbest içermeyen takviye malzemeleri seçilmiştir. Üretim esnasında malzeme oranları belirlemede kütle oran esas alınmıştır. Tablo 1’de belirlenen oranlarda hazırlanan karışımların homojenliğini sağlamak için 90 d dak<sup>-1</sup> hızda 10 dakika mikserde karıştırılmıştır. Ön şekillendirme işlemi, 25,4mm×25,4mm’lik kalıpta 10 MPa basınçta sıkıştırma ile tamamlanmıştır.

Tablo 1: Karışımdaki malzeme oranları (% Kütleli)

| Numune Kodu                    | M-5  | M-10 | M-15 |
|--------------------------------|------|------|------|
| Reçine                         | 20   | 20   | 20   |
| Bakır                          | 15   | 15   | 15   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5    | 5    | 5    |
| Cashew                         | 10   | 10   | 10   |
| Grafit                         | 5    | 5    | 5    |
| Prinç Tozu                     | 2,5  | 2,5  | 2,5  |
| Barit                          | 42,5 | 42,5 | 42,5 |
| TOPLAM                         | 100  | 100  | 100  |

Ön şeklini almış balata numuneleri 18 MPa basınç, 180°C sıcaklıktaki pişirme kalıbında 60 saniye aralıklarla havalandırılması yapılarak 5, 10 ve 15 dakika farklı sürelerde pişirilmiştir. Böylece sıcaklık neticesinde balata bileşenlerinin oluşturduğu reaksiyonlar sonucu meydana gelen buharların ve gazların dışarı atılması sağlanmıştır. Balata üretim parametreleri Tablo 2’ de verilmiştir.

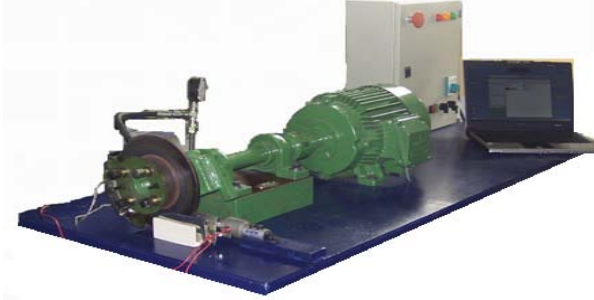
Hazırlanan numuneler aşınma, sürtünme, sertlik ve yoğunluk testlerine tabi tutulmuştur.

Tablo 2: Balata üretim parametreleri

| İşlemler            | Üretim Parametresi | M-5                    | M-10                   | M-15                   |
|---------------------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Karıştırma          | Zaman (dak)        | 10                     | 10                     | 10                     |
|                     | Yöntem             | Toz karıştırıcı mikser | Toz karıştırıcı mikser | Toz karıştırıcı mikser |
| Soğuk Şekillendirme | Zaman (dak)        | 2                      | 2                      | 2                      |
|                     | Sıcaklık (°C)      | Ortam sıcaklığı        | Ortam sıcaklığı        | Ortam Sıcaklığı        |
|                     | Basınç (MPa)       | 10                     | 10                     | 10                     |
| Sıcak Şekillendirme | Zaman (dak)        | 5                      | 10                     | 15                     |
|                     | Sıcaklık (°C)      | 180                    | 180                    | 180                    |
|                     | Basınç (MPa)       | 18                     | 18                     | 18                     |

### B. Deney Düzeneği

Numunelerin sürtünme katsayısı-zaman karakteristiklerinin belirlenmesinde Şekil 1'de verilen sürtünme katsayısı, fren kuvveti, hidrolik sistem basıncı, balata yüzey sıcaklığı değerlerini deney esnasında bilgisayar ortamına aktarabilen deney seti kullanılmıştır.



Şekil 1: Balata test cihazı

Deney düzeneğinde dönme sırasında balata ile fren diski arasındaki sürtünme kuvvetini ölçmek için loadcell kullanılmıştır. Böylece diskin dönmesi sırasında fren balatasına uygulanan basınçtan doğan sürtünme kuvvetinden dolayı balatanın da disk ile beraber dönme isteği dikkate alınarak, döndürme kuvveti elektronik olarak ölçülmüştür. Deney düzeneğindeki fren diskinin istenilen hız ve devirlerde kullanılabilmesi için invertör mevcuttur. Deneylerin standartlara uygun olarak yapılabilmesi için deney düzeneğine 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.

### C. Deney Şartları

Üretilen balatalar, 0,7 MPa basınç altında 3 m s<sup>-1</sup> hızda numune yüzeyinin % 95'i disk yüzeyine temas edinceye

kadar sürtünme yüzeylerinin örtüşmesini sağlamak amacıyla çalıştırılmıştır. Deneyler 1,05 MPa balata yüzey basıncında ve 6 m s<sup>-1</sup> hızda yapılmıştır. Deneyler esnasında alınan sürtünme katsayısı ve zaman değerleri, aynı karışım ve özelliklere sahip üretilen üç numuneden alınan değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Her numune için sürtünme katsayısı, 6 m s<sup>-1</sup> hızda 1,05 MPa basınç altında, 1 saniye aralıklarla 90 dakika kaydedilmiştir. Aşınma deneylerinde balata numuneleri 1,05 MPa basınç altında yaklaşık 32,4 km yol yaptırılarak hesaplanmıştır.

Test sırasında her saniye kaydedilen sürtünme katsayısı değerleri sürtünme katsayısı-zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Böylece TS 9076'da fren balatalarının sürtünme katsayısının belirlenmesinde uygulanan basınç, sabit olarak uygulanmış olup hiçbir dış etkiye maruz kalmadan sürtünme katsayısı ve zaman değişimi incelenmiştir. Her balata numunesine ait deney sonunda balata hassas terazide tartılarak kütle kaybı bulunmuştur. Bulunan kütle kaybı TS 9076'da verilen kütle kaybını esas alan formül ile hesaplanarak özgül aşınma değerleri tespit edilmiştir (8,9).

### III. BULGULAR

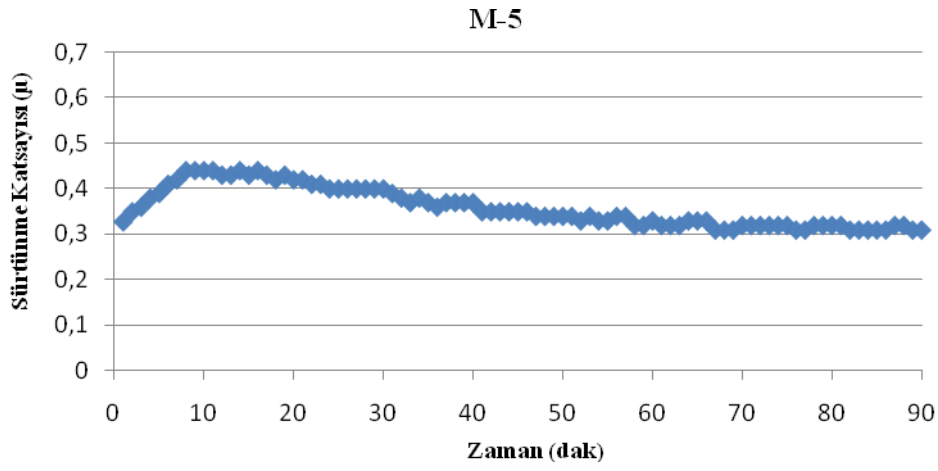
Bu çalışmada farklı sıcak presleme sürelerinde üretilen balataların sürtünme katsayısı-zaman arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tablo 3: Numunelerin Sertlik, Yoğunluk ve Özgül Aşınma değerleri

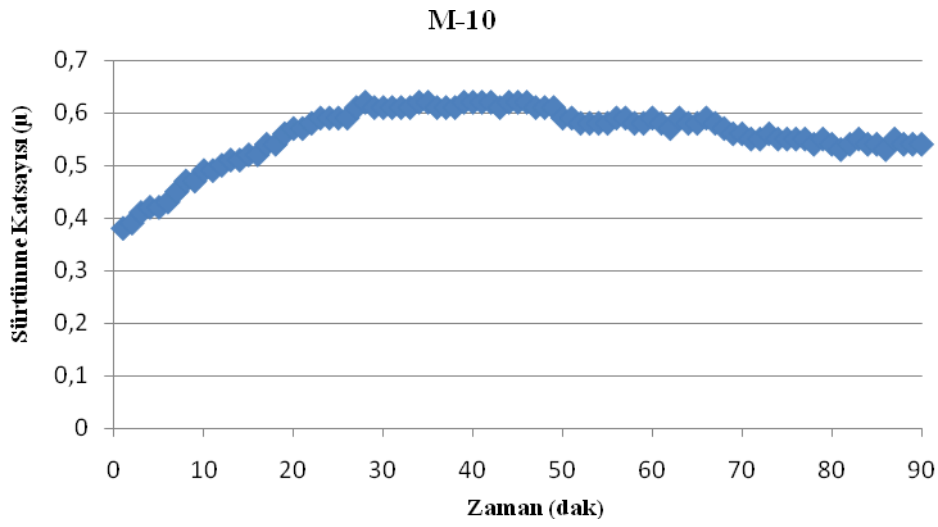
| Numuneler | Sertlik | Yoğunluk (gr cm <sup>-3</sup> ) | Özgül aşınma (gr mm <sup>-2</sup> ) |
|-----------|---------|---------------------------------|-------------------------------------|
| M-5       | 21,1    | 2,097678                        | 0,29 x10 <sup>-6</sup>              |
| M-10      | 30,4    | 2,088138                        | 0,35 x10 <sup>-6</sup>              |
| M-15      | 34,5    | 2,084567                        | 0,33x10 <sup>-6</sup>               |

Tablo 2'de görüldüğü gibi birim alana düşen aşınma miktarında M-5 kodlu numune daha az aşınma göstermiştir. Yani 5 dakika sıcak presleme işlemine tabi tutulan numunede aşınma daha az olmuştur. M-10 kodlu numunenin aşınmasının diğerlerinden oldukça yüksek çıktığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda sürtünme katsayısının aşınma miktarı ile orantılı olduğu belirtilmektedir. Yani sürtünme katsayısı yüksek olan numunelerin aşınmasının daha yüksek veya sürtünme katsayısı düşük olan numunelerin aşınma miktarının daha düşük olduğu ifade edilmektedir (8, 10, 11). % 35 sürtünme katsayısı ortalaması sergileyen M-5 kodlu numunenin aşınma miktarı 0,29x10<sup>-6</sup> iken aynı özelliklere sahip sadece 5 dakika daha fazla sıcak preste bekletilen % 55 sürtünme katsayısı ortalaması sergileyen M-10 kodlu numunenin aşınma miktarı 0,35x10<sup>-6</sup> ve M-5 kodlu balata numunesinden 10 dakika daha fazla sıcak preste bekletilen % 44 sürtünme katsayısı ortalaması sergileyen M-15 kodlu numunenin aşınma miktarı 0,33x10<sup>-6</sup> olarak ölçülmüştür.

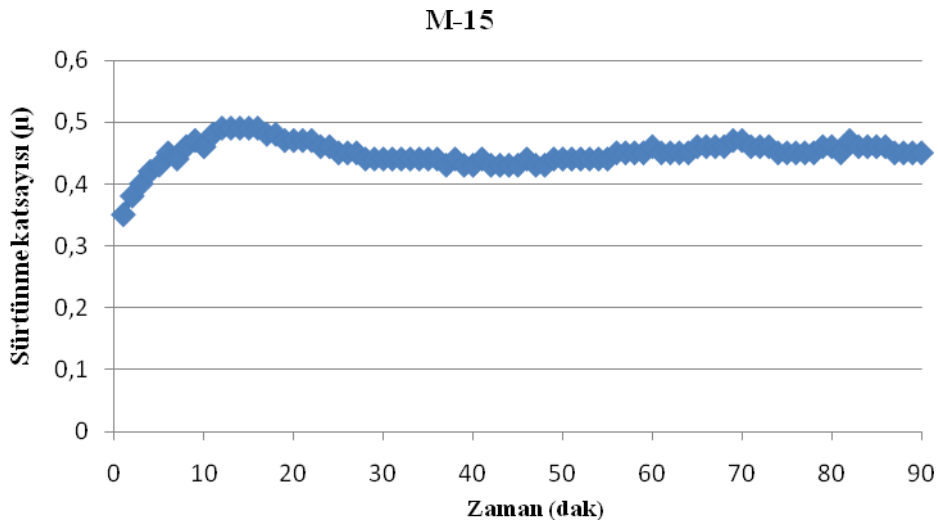
Yapılan bu çalışma ile sıcak presleme süresinin balatayı oluşturan kompozit karışımlarının sürtünme performansı ve aşınma miktarında etkili olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2: M-5 numunesinin sürtünme katsayısı-zaman grafiği



Şekil 3: M-10 numunesinin sürtünme katsayısı-zaman grafiği



Şekil 4: M-15 numunesinin sürtünme katsayısı-zaman grafiği

Farklı sıcak presleme sürelerinde üretilen balataların sürtünme katsayısı değişimi için Şekil 2-3-4'de verilen grafikler incelendiğinde, sürtünme tabakası gelişimi deney süresinin 10. dakikasına kadar devam etmiş ve bu dakikadan sonra sürtünme performansı, üretilen balataların içeriklerinin özelliğine göre şekillenmiştir. M-5 kodlu numunenin 90

dakikalık deney süresi boyunca sürtünme performansı ( $\mu$ ) 0,4 ve 0,3 değerleri arasında inişli çıkışlı bir performans sergilemiştir. Deneyin 10. dakikasına kadar yükselme performansı gösteren M-5 kodlu balata numunesi 10. dakikadan sonra düşme eğilimi göstermiştir. Bu düşüş deneyin 70. dakikasına kadar inişli çıkışlı bir şekilde

oluşmuş ve 70. dakikadan sonra sürtünme performansı sabit bir şekilde deney sonuna kadar devam etmiştir. Jang (12) yüksek ara yüzey sıcaklıklarında sürtünme katsayısının bu derece artmasının ve azalmasının sebebini, dökme demirden yapılan diskin mikro yapısının homojen olmadığından kaynaklandığını belirtmiştir. M-5 kodlu balata numunesi % 35 sürtünme katsayısı ile en düşük sürtünme performansını göstermiştir. Sürtünme performansından da anlaşıldığı gibi düşük sıcak presleme süresinde üretilen balata numunesinin sürtünme performansı da düşük çıkmıştır. Sıcak presleme süresinin düşük olması balata kompozisyonunu oluşturan tozların daha homojen bir karışım oluşturamadığı ve balata numunesi içerisinde su ve gaz gibi kimyasalların sıcaklık süresinin az olmasından dolayı tamamen giderilemediği şeklinde açıklanabilir.

Şekil 3’de 10 dakika sıcak presleme süresinde üretilen balata numunesinin sürtünme performansı görülmektedir. M-10 kodlu numunenin sürtünme performansı için sürtünme tabakası oluşumu deneyin 30. dakikasından sonra şekillenmeye başlamıştır. İnişli çıkışlı bir sürtünme performansı gösteren M-10 kodlu balata numunesinin ortalama sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) 0,55 olarak ölçülmüştür. M-5 kodlu balata numunesinden daha iyi sürtünme performansı sergileyen M-10 kodlu balata numunesi 90 dakikalık deney süresince M-5 balata numunesine göre daha sabit bir sürtünme performansı sergilemiştir. Fren balatalarından istenen en önemli özelliklerden bir tanesi frenleme süresince stabil bir sürtünme performansı sergilemesidir. Şekillerde sürtünme katsayısında az miktarda düşme şeklinde inişli çıkışlı sürekli bir değişim görülmektedir. Anderson (13) bunun sebebini, sürtünme süresince disk yüzeyindeki temas bölgelerinin içine doğru ısıdaki periyodik olarak sürekli değişmesinden kaynaklandığını belirtmiştir.

15 dakika sıcaklığına tabi tutulan M-15 kodlu numunenin zamana bağlı olarak elde edilen sürtünme performansı Şekil 4’de görülmektedir. M-5 balata numunesinde olduğu gibi M-15 kodlu balata numunesinin de sürtünme performansı gelişimi 10. dakikaya kadar devam etmiştir. Bu dakikadan sonra deney süresinin 70. dakikasına kadar inişli çıkışlı bir sürtünme performansı sergilemiştir. Üretilen balata numuneleri içerisinde bulunan ve bağlayıcılık özelliği gösteren reçinenin sıcaklığın etkisiyle gevşemesi sonucu 0,44 sürtünme ortalaması gösteren M-15 kodlu balata numunesinin sürtünme performansında olumsuz bir sonuç ortaya çıkarmış olacağı düşünülmektedir.

#### IV. SONUÇLAR

Sıcak pres yöntemiyle hazırlanan, üç farklı sıcak presleme süresinde üretilen balata örneklerinde;

- M-5, M-10 ve M-15 numunelerinin sürtünme katsayıları arasında M-10 numunesinin sürtünme katsayısı değeri M-5 ve M-15 numunelerine göre daha iyi çıkmıştır.
- Üretilen balata numuneleri için en iyi sıcak presleme süresi 10 dakika olarak tespit edilmiştir. Sıcak presleme süresi belirlenirken balata komponentini oluşturan toz malzemelerinin özellikleri dikkate alınmalıdır.
- Sıcak presleme süresi arttıkça sürtünme performansı daha stabil bir durum almaktadır.
- Aşınma açısından en fazla aşınma, kütle bazında M-10 numunesinde, en az ise M-5 numunesinde elde edilmiştir.

- Balataların yoğunlukları, katkı maddelerinin miktar ve yoğunluklarından etkilenmektedir.
- Kompozit fren balatalarına ait diğer mekanik özellikler birbiri ile uyumludur.
- Balata örneklerinin TS 9076 standardına göre balata malzemesi olarak kullanılabileceği söylenebilir. Özellikle M-10 ve M-15 balata örneklerinden iyi sonuç alınması, sıcak presleme süresinin balata üretiminde etkili olacağını göstermektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Bijwe, J., Composites as a Friction Material: Recent Developments in Non-Asbestos Fiber Reinforced Friction Materials-A Review, Polymer Composites, 18, 3, 378-396, 1997.
- [2] Stocks, A. I., Giezendanner, H. R., Van-Der-Hurk, H., Asbestos-Free Clutches and Brakes Reinforced with Kevlar-Aramid Fibers, Int. J. of Vehicle Design, 6, 4/5, 483-487, 1985.
- [3] Fazan, P., Giezendanner, H. R., Van-Den-Hurk, H., Engineering Products of Kevlar Para-Aramid Pulp for High Performance Brake Linings, 6th SAE Annual Colloquium, 1-25, 1988.
- [4] Yamaguchi, Y., Tribology of Plastic Materials, Tribology Series, Vol.16, 1st ed. Elsevier, Netherlands, 1990.
- [5] Habig, K.H. and Woydt, M., “Sliding Friction and Wear of  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$   $Si_3N_4$ ”, Proc. 5th International Cong. on Tribology, Finland, Cilt 3, sayfa 106-113, 1989.
- [6] Habig, K.H., “Sliding Wear of Ceramic-Ceramic, Ceramic-Steel and Steel-Steel Pairs in Lubricated and Unlubricated Contact”, Wear, Cilt 133, sayfa 1-22, 1989.
- [7] Lee, K. and Barber, J.R., “An Experimental Investigation of Frictionally Excited Thermoelastic Instability in Automotive Disc Brakes under a Drag Brake Application”, Trans. ASME J. Tribology, Cilt 116, sayfa 409- 414, 1993.
- [8] Mutlu, İ., “Seramik Katkılı Asbestsiz Otomotiv Fren Balatası Üretimi Ve Frenleme Karakteristiğinin Deneysel İncelenmesi”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Kasım 2002.
- [9] TS 9076, “Fren Balataları-Malzeme Sürtünme Özelliklerinin Küçük Deney Parçaları İle Değerlendirilmesi”, T.S.E., 1. Baskı, Ankara, Nisan, 1991.
- [10] Sugözü, İ. “Bor Katkılı Asbestsiz Otomotiv Fren Balatası Üretimi ve Frenleme Karakteristiğinin İncelenmesi” Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2010.
- [11] Jang, H., Kim, S.J., “The Effects Of Antimony Trisulfide ( $Sb_2S_3$ ) And Zirconiumsilicate ( $ZrSiO_4$ ) In The Automotive Brake Friction Material On Friction Characteristics, Wear 239, Pp. 229-236, 2000.
- [12] Jang, H., KO, K., Kim, S.J., Basch, R.H., and Fash, J.W., “The effect of metal fibers on the friction performance of automotive brake friction materials”, Wear 256 (3/4), pp. 406-414, 2004.
- [13] Anderson, A.E., ASM Handbook, Friction, Lubrication, and Wear Technology, ASM International, Materials Park, OH, Vol. 15 pp.569-77, 1992.