

BORİK ASİTİN KATKI MADDESİ OLARAK YAĞLAMA YAĞINDA KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI

Ertuğrul DURAK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Mak. Müh. Böl. Isparta, Türkiye
E-mail: edurak@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda yağlayıcı katkı maddesi olarak kullanılan organik boratlar, büyük ilgi çekmektedir. Bunun nedeni, organik boratlar aşınma direnci, sürtünme azaltma kabiliyetleri, oksidasyonu önleme ve sürtünme yüzeyleri ile uygunluk gibi olumlu özelliklerine sahip olmasındandır. Makine ekipmanlarındaki sürtünme, aşınmayı gibi tribolojik özellikleri iyileştirmek için günümüzde ileri teknolojilerle üretilmiş yağlar kullanılmaktadır. Ayrıca, bu yağlara ilave özellikler kazandırmak ve/veya mevcut özellikleri geliştirmek için de farklı kimyasal ve fiziksel özellikteki katkı maddeleri yağlara ilave edilmektedir. Sunulan çalışmada, oda sıcaklığında sabit yüklü radyal kaymalı yataklarda meydana gelen sürtünme katsayısına hacimce % 2 konsantrasyon oranında borik asit (H_3BO_3) ilaveli yağ karışımının etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Baz yağa borik asit (H_3BO_3) ilave edilerek elde edilen yağ karışımı ile üç farklı yük büyüklüğünde ve beş farklı mil hızında, radyal kaymalı yatakta meydana gelen sürtünme katsayısının değişimi deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yağlama, katkı maddesi, sürtünme, borik asit

EXPERIMENTAL STUDY OF FRICTION COEFFICIENT OF THE JOURNAL BEARING SUPPLIED WITH BORIC ACID ADDITION LUBRICANT

ABSTRACT

Nowadays, Lubricating oil that manufactured with advanced technology in order to minimize friction and wear in the machine elements. Also, additives improve the lubricating ability of the base oils by either enhancing the desirable properties, which is already present, or obtaining new properties. In the present study, investigate of effect of boric acid addition to the base oil on the friction coefficient at room temperature is aimed in the journal bearing with steady loading. Experiments have been performed using base oil alone and mixture of

base oil and concentration ratio 2 % boric acid at 5 different speeds and 3 different loads. The study has shown clear evidence that the lubricating oil containing boric acid show a reduction in the coefficient of friction.

Keywords: Journal bearing, lubrication, additive, friction, boric acid

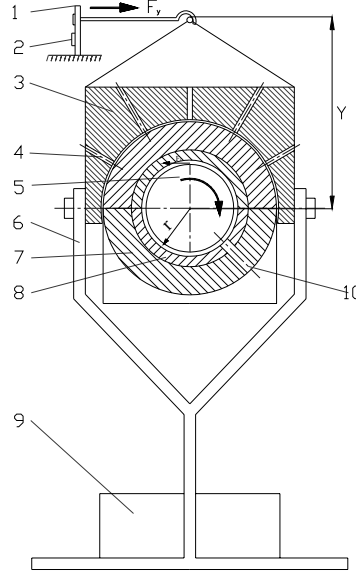
1.GİRİŞ

Yağlama yağlarının en önemli rolü her şeyden önce enerji kaybını azaltmak, aşınmayı minimum seviyeye indirmek ve yüzeylerin birbirine kaynamasını önlemek, dolayısı ile sürtünme karakteristiklerini geliştirmektir. Yağlama yağlarından, metallerde bozulmayı engelleme ve pas önleme direncini geliştirmek ikinci fonksiyon olarak istenmektedir. Bu nedenle baz yağın tek başına yetersiz olduğu pek çok fonksiyon, baz yağda çözülebilen özel katkı maddeleri tarafından sağlanmaktadır[1]. Genel olarak, yağlara istenen bazı yeni özellikleri kazandırmak, mevcut özellikleri geliştirmek, yağın istenmeyen bazı özelliklerini de yok etmek veya en aza indirmek amacıyla yağlama yağlarına sonradan ilave edilen maddelere katkı maddesi denilmektedir[2].

Son yıllarda yağlayıcı katkı maddesi olarak kullanılan organik boratlar, büyük ilgi çekmektedir. Bunun nedeni, organik boratlar aşınma direnci, sürtünme azaltma kabiliyetleri, oksidasyonu önleme ve sürtünme yüzeyleri ile uygunluk gibi olumlu özelliklerine sahip olmasındandır[3]. Son çalışmalarda borik asit ve bor içerikli bileşiklerin MoS₂, grafit gibi kendi kendini yağlama özelliğinin olduğu ve bunların katı yağlayıcı olarak pratikte kullanılabilecekleri belirtilmektedir. Ayrıca nemli ortamlarda MoS₂'den daha iyi yağlama özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir[4,5,6]. Bu çalışmada, sınır yağlama şartlarında sürtünme katsayılarında düşüşler sağlayan borik asitin [4-6] sıvı madeni yağlarda katkı maddesi olarak kullanılması araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, baz yağ ve baz yağa hacimce % 2 konsantrasyon oranında borik asit (H₃BO₃) ilave edilerek elde edilen yağ karışımı ile 260 N, 360 N ve 460 N sabit yüklerde, 50, 100, 300, 600 ve 1200 devir/dakika mil hızlarında, radyal kaymalı yatakta meydana gelen sürtünme katsayısının değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Kullanılan deney düzeneğinin şematik resmi Şekil 1.'de verilmiştir.



1 -Sürtünme Momenti Ölçüm Levhası, 2-Strain-Gauge, 3- Yük Yastığı, 4-Basınçlı Yağ Deliği, 5-Mil, 6- Yük Askısı, 7-Yatak Yuvası, 8-Kaymalı Yatak, 9 Askı Ağırlığı, 10- Yatak Yağ Deliği

Şekil 1. Deney Düzenegi

Söz konusu deney düzeneginin özellikleri [2,7,8] nolu referanslarda detaylı olarak tanıtılmıştır. Deney milleri, SAE 1030 çeliğinden imal edilerek, 200 HB değerine kadar sertleştirilmiştir. Deney milinin çapı 50.730 mm' dir. Rölatif yatak boşluğu (ψ) $1.00 \cdot 10^{-3}$ ' dir. Taşlanmış olan mil 2 μm (N4), yatak ise 3 μm (N4) ortalama yüzey pürüzlüğüne sahiptir. Deney mili iki adet yuvarlanmalı yatakla desteklenmiştir. Test milinin devir sayısı, alternatif akım hız kontrol ünitesi vasıtası ile 30 - 1200 d/d aralığında ayarlanabilmektedir. Bu düzenekteki test yatağının yağlama işlemi, yatak zarfının alt kısmındaki delikten düşük basınçla (0.1 bar) gönderilen yağ vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Kaymalı yatak ve yükün asıldığı hidrostatik yastıktan sızan yağ, toplama tablası vasıtasıyla toplama tankına gönderilmekte ve toplanan yağ tekrar bir pompa vasıtasıyla sisteme verilerek, yağın sürekli sirkülasyonu sağlanmaktadır.

2.1. Test Yatağının Özellikleri

Deneylerde kullanılan kaymalı yataklar ticari olarak satılmakta olan beyaz metal yatak alaşımıdır. Test yatak iç çapı 50.780 mm, test yatağının orta kısmında yağın iyice dağılmasını sağlayan 5 mm genişliğinde çevresel bir yağ kanalı ve dört adet 6 mm çapında yağ giriş deliği bulunmaktadır. Yatak genişliği 25 mm 'tir.

2.2. Deneylerde Kullanılan Baz Yağ ve Borik Asitin Özellikleri

Deneylerde kullanılan madeni baz yağa (SAE 20W50) ait özellikler Çizelge 1.'de verilmiştir. Bor doğada az bulunan bir elementtir. Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır. Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanıldığı sanayi dallarını aşağıdaki gruplarda toplamak mümkündür;

- Cam sanayii
- Seramik sanayii
- Temizleme ve beyazlatma sanayii
- Yanmayı önleyici (geciktirici) maddeler
- Tarım
- Metalurji
- Nükleer uygulamalar
- Diğer kullanım alanları [9].

Çizelge 1. Baz yağın özellikleri

Kinematik Viskozitesi @40°C (cSt) ASTM D 445-97	179.88
Kinematik Viskozitesi @100°C (cSt) ASTM D 445-97	19.37
Viskozite indeksi ASTM D 2270-93	123.021
Özgül yoğunluğu ASTM D 4052-96	0.8867
Alevlenme sıcaklığı (°C) ASTM D 92-97	260

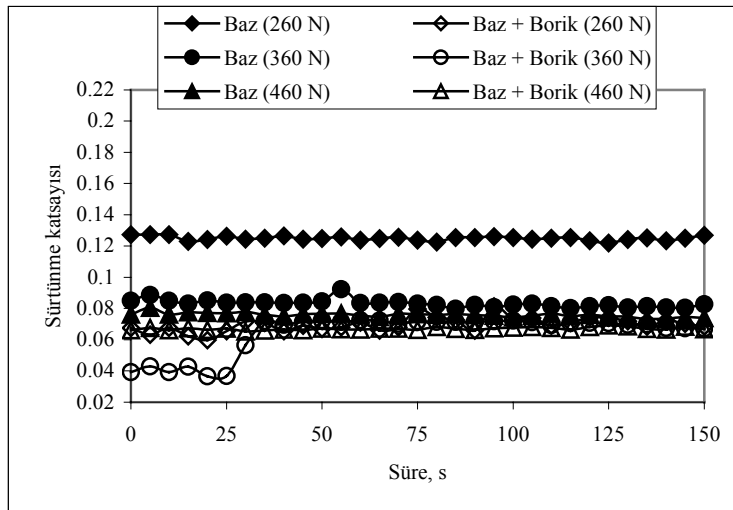
Borun bileşikleri içerisinde en yaygın kullanılanı borik asittir (H_3BO_3). Borik asitte, oksijenler bir eşkenar üçgenin köşelerinde bor atomu ise üçgenin köşesinde bulunur. Bu eşkenar üçgenler katı halde hidrojen köprüleriyle birbirine sıkıca bağlıdırlar. Borik asit 171 °C'de eriyen beyaz bir katıdır. Molekül ağırlığı 61.83 g/mol, yoğunluğu $1.435 \div 2.6 \text{ g/cm}^3$, erime noktası 300 ÷ 400 °C, kaynama noktası 1860 °C 'dir. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlarda ve fluoborik asitler ise; kalay kursun, bakır, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır. Alaşımlarda, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır[9].

2.3. Deneylerin Yapılışı

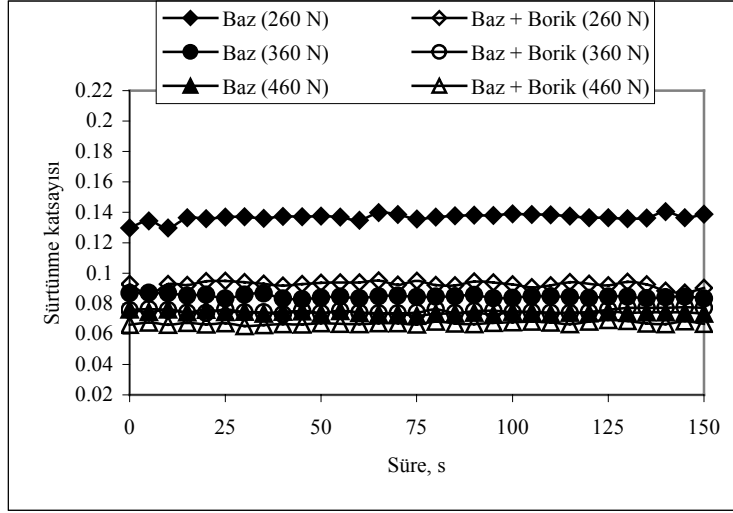
Testlerin tümünde deneylere başlarken mil tahrik edilmeden önce test yatağına ve yükü taşıyan yük yastığına yağ gönderilmektedir. Böylece yatak yuvası ile yük yastığı arasındaki metalik temas önlenmektedir. Ayrıca mil ile yatak yüzeyi arasında da bir yağ filmi oluşturulmaktadır. Böylece tahrik başlangıcındaki ve /veya bitimindeki büyük aşınmalar önlenmektedir. Deneylere önce referans sade baz yağı ile başlanılmıştır. Her üç yük örneği için belirlenen hız aralıklarında sürtünme katsayıları ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra % 2 borik asit ilaveli yağ karışımı ile deneyler tekrar edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

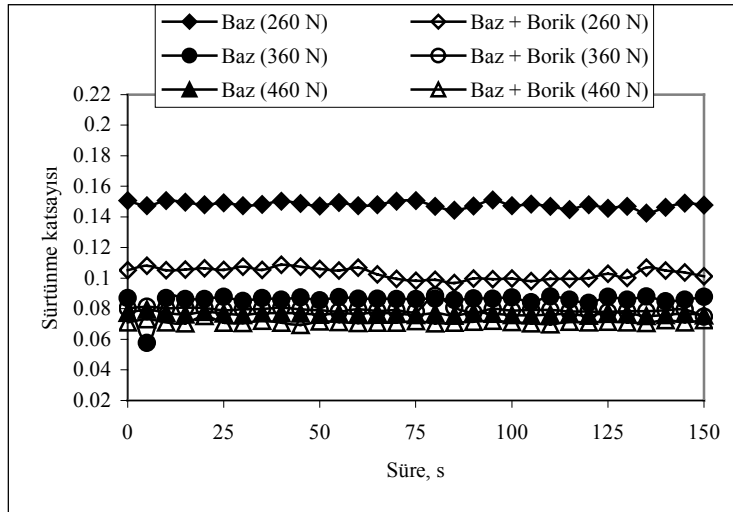
Bu çalışmada sade baz yağ ve hacimce % 2 konsantrasyon oranlı borik asit ilaveli yağ karışımı ile 260, 360 ve 460 N sabit yüklerde ve 50, 100, 300, 600 ve 1200 d/d hızlarda 2.5 dakika 'lık test süreleri boyunca sürtünme katsayıları ölçülmüştür. Testler 25°C (± 2) ortam sıcaklığında yapılmıştır. Deney sonuçları şekillerde her bir hız için 3 yük büyüklüğü sade baz yağ ve % 2 borik asit ilaveli karışım için birlikte verilmiştir. Test sonuçları 50 d/d için Şekil 2., 100 d/d için Şekil 3., 300 d/d için Şekil 4., 600 d/d için Şekil 5. ve 1200 d/d için Şekil 6.'da verilmiştir. 25°C' de yapılan deneylerden elde edilen grafiklerdeki (Şekil 2.-Şekil 6.) maksimum sürtünme katsayıları, minimum sürtünme katsayıları ve test süresince ölçülen sürtünme katsayılarının ortalamaları Çizelge 2., 3., 4.'de verilmiştir. Borik asit ilaveli yağ karışımıyla yapılan deneylerde elde edilen test sonuçlarının tümünde sürtünme katsayıları daha küçük veya yakın değerlerde çıktığı görülmektedir (Şekil 2-6, Çizelge 2-4.). Yüksek hızlarda daha büyük sürtünme katsayıları tespit edilmiştir. Yapılan deneylerin sınır yağlamadan ziyade karışık ve hidrodinamik yağlama bölgesinde olduğunu göstermektedir.



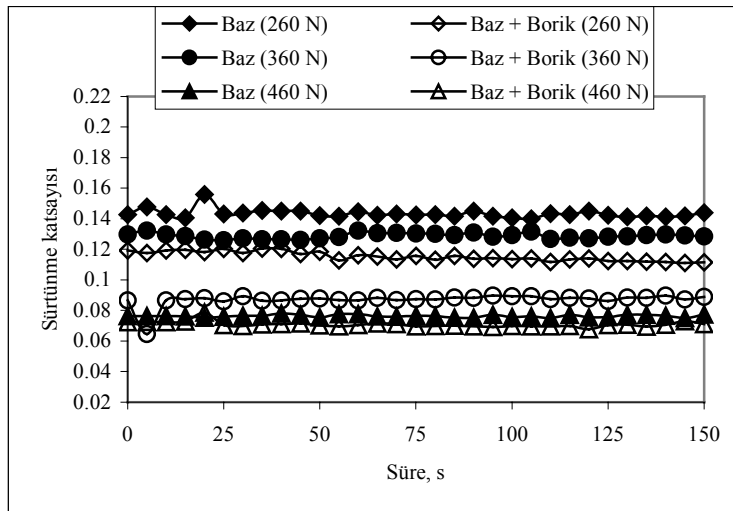
Şekil 2. $n_1 = 50$ d/d hızda sürtünme katsayısının değişimi

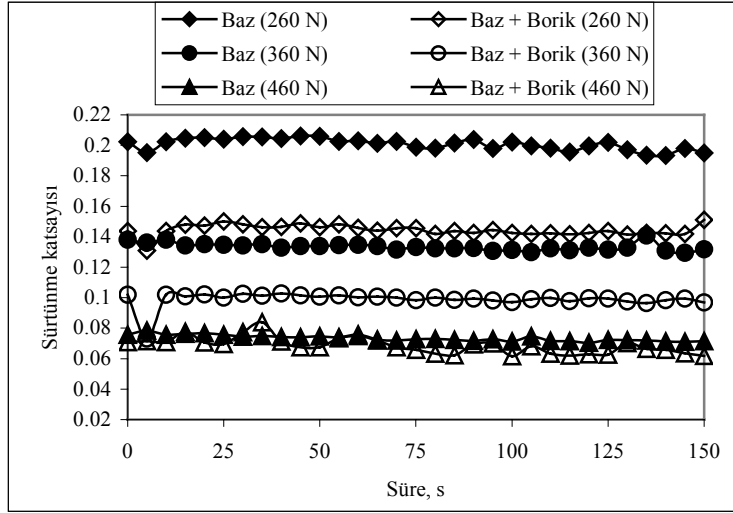


Şekil 3. $n_2 = 100$ d/d hızda sürtünme katsayısının değişimi



Şekil 4. $n_3 = 300$ d/d hızda sürtünme katsayısının değişimi



Şekil 5. $n_4 = 600$ d/d hızda sürtünme katsayısının değişimiŞekil 6. $n_5 = 1200$ d/d hızda sürtünme katsayısının değişimi

Sürtünme katsayılarının ortalaması dikkate alındığına en küçük yük olan 260 N 'da borik asit ilavesiyle sürtünme katsayısındaki azalma miktarı düşük hızlarda (50d/d) daha fazla olmaktadır(% 44.13). 360 N yatak yükünde ise 900 d/d 'da % 32.43 , 1200 d/d hızda ise % 25.88 bir düşüş tespit edilmiştir. 460 N yatak yükünde ise diğer yüklere göre daha az bir düşüş olup, genelde düşük hızlarda (en fazla 50 d/d 'da % 11.63 bir düşüş) daha fazla düşüşler tespit edilmiştir. Bu çalışmada borik asit ilavesiyle düşük yük ve düşük hızlarda sürtünme katsayısını daha fazla etkilemiştir.

Çizelge 2. $F_1 = 260$ N yükte test süresince yatakta meydana gelen sürtünme katsayılarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri

	μ_{min}		μ_{max}		μ_{ort}	
	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit
$n_1 = 50$ d/d	0.1219	0.0597	0.1273	0.0812	0.1249	0.0698
$n_2 = 100$ d/d	0.1297	0.0861	0.1404	0.0951	0.1366	0.0925
$n_3 = 300$ d/d	0.1424	0.0968	0.1510	0.1088	0.1479	0.1031
$n_4 = 600$ d/d	0.1400	0.1111	0.1559	0.1204	0.1433	0.1153
$n_5 = 1200$ d/d	0.1934	0.1308	0.2062	0.1510	0.2008	0.1443

Çizelge 3. $F_1=360$ N yükte test süresince yatakta meydana gelen sürtünme katsayılarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri

	μ_{min}		μ_{max}		μ_{ort}	
	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit
$n_1=50$ d/d	0.0798	0.0365	0.0923	0.0725	0.0832	0.0642
$n_2=100$ d/d	0.0830	0.0731	0.0871	0.0776	0.0847	0.0751
$n_3=300$ d/d	0.0576	0.0748	0.0881	0.0884	0.0855	0.0794
$n_4=600$ d/d	0.1259	0.0646	0.1322	0.0897	0.1288	0.0870
$n_5=1200$ d/d	0.1295	0.0730	0.1408	0.1026	0.1334	0.0989

Çizelge 4. $F_1=460$ N yükte test süresince yatakta meydana gelen sürtünme katsayılarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri

	μ_{min}		μ_{max}		μ_{ort}	
	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit	Baz Yağ	Baz Yağ + Borik Asit
$n_1=50$ d/d	0.0733	0.0653	0.08043	0.0693	0.0759	0.0670
$n_2=100$ d/d	0.0719	0.0653	0.0762	0.0693	0.0741	0.0670
$n_3=300$ d/d	0.0753	0.0694	0.0795	0.0752	0.0767	0.0713
$n_4=600$ d/d	0.0749	0.0677	0.0779	0.0787	0.0763	0.0708
$n_5=1200$ d/d	0.0704	0.0615	0.0784	0.0839	0.0734	0.0685

4. SONUÇLAR

Borik asit ilavesiyle pratikte oldukça yaygın kullanılan radyal kaymalı yataklardaki sürtünme ve diğer tribolojik özellikleri iyileştirmenin mümkün olabileceği görülmektedir. Sunulan çalışmada sürtünme katsayılarında oldukça önemli mertebede düşüşler tespit edilmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, borik asit ilavesiyle yağlanan yatak numunelerinin yüzey incelemeleri yapıp sürtünme ve aşınma durumları gibi tribolojik özellikleri hakkında daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. I. Minami, “ New Researches in Additives (2): Research and Development Toward Novel Lubricity Additives”, Japanese Journal of Tribology, 40-4, 277-283, 1995.
2. E. Durak, “ Farklı Yükleme Şekillerinde Yağ ve Yağ Katkı Maddelerinin Yatak Performansına Etkileri”, S.D.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, 1998.

3. Y. Junbin,“ Antiwear Function and Mechanism of Borate Containing Nitrogen”, Tribology International, 30-6, 387-389, 1997.
4. A. Erdemir, “ Tribological Properties of Boric Acid and Boric-Acid-Forming Surfaces. Part I: Crystal Chemistry and Mechanism of Self-Lubrication of Boric Acid”, J. of the STLE, Lubrication Engineering, 47-3, 168-173, 1991.
5. A. Erdemir, G.R. Fenske, R.A. Erck, F.A. Nichols, D.E. Busch, “ Tribological Properties of Boric Acid and Boric-Acid-Forming Surfaces. Part II: Mechanisms of Formation and Self-Lubrication of Boric Acid Films on Boron-and Boric oxide-Containing Surfaces”, J. of the STLE, Lubrication Engineering, 47-3, 179-184, 1991.
6. A. Erdemir, G.R. Fenske, F.A. Nichols, R.A. Erck, D.E. Busch, “ Self-Lubricating Boric Acid Films for Tribological Applications”, Proceedings of the Japan International Tribology Conference, 1797-1802, Nagoya,1990.
7. H. Kaleli, E. Durak,“ Effect of Friction, wear, and Layer Protection of Oil Fortifier Added into Crankcase Oils internal Combustion Engine’s Journal Bearings”, 4th International Conference on Tribology, Kayseri, Türkiye, June 12-14 2002.
8. E. Durak, C. Kurbanoğlu, R.F. Tunay,“Yağ Katkı Maddelerinin Yatakdaki sürtünme Katsayısına Etkilerinin Sıcaklıkla Değişiminin Deneysel İncelenmesi”, TMMOB, Makina Mühendis Dergisi, (İnceleme Aşamasında).
9. <http://www.mta.gov.tr/turmaden/bor.html>