3. ULUSAL MAKİNA TASARIM VE İMALAT KONGRESİ

bildiri kitabı

21-23 EYLÜL 1988

editörler:

METİN AKKÖK
TUNA BALKAN
CAN ÇOĞUN
MUSTAFA İ. GÖKLER
AHMET C. KAYA
Y. SAMİM ÜNLÜSOY

MATİMAREN-MATİM
Makina Tasarım ve İmalat Araştırma Merkezi
Makina Tasarım ve İmalat Derneği
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ANKARA

TREN FREN PAPUÇLARINDA AŞINMA DAVRANIŞININ ETÜDÜ

M.Baki KARAMIŞ , Durmuş ODABAŞ
Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
KAYSERİ

Rasim İPEK
Cumhuriyet Üniversitesi Sivas
Meslek Yüksek Okulu, SİVAS

ÖZET

Bu çalışmada TÜDEMSAŞ fabrikalarında kır dökme demirden üretilen ve ülkemizde tren fren papucu olarak kullanılan "sabo" ların aşınma davranışı araştırılmıştır.

Halen kullanılmakta olan sabolarla birlikte bakır ve kalay ile alaşımlandırılmış sabo numunelerinin aşınma direncine, basınç, sürtünme yolu ve alaşım elementlerinin etkisi gözlenerek mukayese yapılmıştır. Bileşimdeki % Cu miktarının artmasıyla aşınma direncinin çok az iyileştiği, ancak % Sn miktarının aşınma direncini önemli oranda arttırdığı tesbit edilmiştir. Bütün numunelerin aşınma miktarı, sürtünme yolu ve basınçla artmaktadır.

1. GİRİŞ

Sürtünerek çalışan bütün makina elemanlarında kaçınılmaz olan ve kompleks bir sistem özelliği gösteren aşınma günümüzde önemini gittikçe arttırmaktadır. Sanayi sektörünün hammadde kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle aşınma ile meydana gelen malzeme kayıplarının azaltılması doğrultusunda yapılan çalışmaların arttırılması ve teşvik edilmesi gerekmektedir.

Memleketimizde aşınma kayıpları milyarlar ile ifade edilebilir seviyededir. Sivas'taki TÜDEMSAŞ fabrikalarında yılda döküm usulü ile kır dökme demirden üretilen 900 bin adet tren fren papuçlarının, normal ömürleri 80 saat olduğu halde 40 saatlik çalışmadan sonra 450000 tanesi atılmaktadır. Bu kaybın malzeme olarak karşılığı 12500 ton kır dökme demirdir [1] .

Günümüzde hızları 80 - 300 km/h arasında değişen modern trenlerde frenleme önemli bir problem teşkil etmektedir. Misal olarak 120 km/h hız ile giden bir trenin frenleme esnasında fren papucu ile tekerlek arasında birim temas alanda meydana gelen sürtünme ısısı 4.3×10^6 W/m^2 olduğu hesaplanmıştır [2] . Bu yüksek ısı tesiriyle papuç yüzeylerinde bölgesel ergimeler olmakta ve kor halinde parçacıklar koparak yüzeyler hızla aşınmaktadır. Ayrıca ani frenleme esnasında yüzey sıcaklığının yükselmesi sonucu meydana gelen yapı dönüşümleri de ısıl çatlamalara sebep olmaktadır.

Bir papuç malzemesinde bulunması gereken özellikler şunlar olmalıdır;

1. Isı iletkenliği yüksek olmalı,
2. İyi bir sürtünme özelliği göstermeli,
3. Isıl genleşme katsayısı düşük olmalı,
4. Yapı dönüşümlerinden ileri gelen hacimsel büyümenin sebep olduğu yüzey şişmesine karşı basınç direnci yüksek olmalı.

Yukarıda sayılan özellikleri taşıması sebebi ile papuç malzemesi olarak kır dökme demir kullanılmaktadır. Papuç malzemesinin aşınma direncinin arttırılmasına yönelik bugüne kadar yapılan çalışmalara bir ilave olarak bu tebliğde papuç malzemesi olarak kullanılan kır dökme demirin bakır ve kalay elementleri ile değişik oranlarda alaşımlandırılması ile aşınma özelliklerinin nasıl değiştiği anlatılmaktadır.

2. DENEYLERİN YÜRÜTÜLMESİ

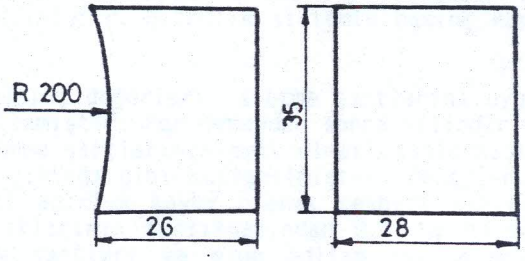
2.1. Malzeme ve Metod

Deneylerde tribolojik sistemi oluşturan unsurlardan esas sürtünme elemanı, papuç malzemesi olan kır dökme demirdir. Bu malzeme TÜDEMSAŞ fabrikalarından temin edilmiş olup kimyasal analizi yapılarak deney tesisatına uygun Şekil-1'de görülen numuneler dökülmüştür. Numuneler dökümden çıktığı gibi hiçbir işlem görmeden kullanılmıştır. Tablo 1 de deney malzemele-

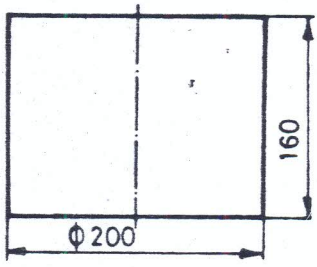
Tablo 1. Deneyde kullanılan numune malzemelerinin kimyasal analizi ve teknik özellikleri.

	Numune no	Kimyasal bileşim (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Sn	V	Ni	Mo
Esas Sürtünme Elemanı	1	3.69	1.56	1.33	.68	.13					
	2	2.99	1.91	.70	.66	.06	.57				
	3	3.17	1.75	.75	.65	.04	1.20				
	4	3.26	1.83	.60	.80	.06	1.73				
	5	3.17	1.80	.75	.70	.07		.30			
	6	3.26	1.87	.65	.75	.11		.60			
Karşı Sürtünme Elemanı		.05 .09	.50	1.20	.05	.05	.30		.05	.30	.05
		Çekme mukaveti = 60 - 84 kg / mm^2 İslah edilmiş (yağda sertleştirilmiş, menevişlenmiş)									

rının kimyasal analizi ve teknik özellikleri verilmiştir.



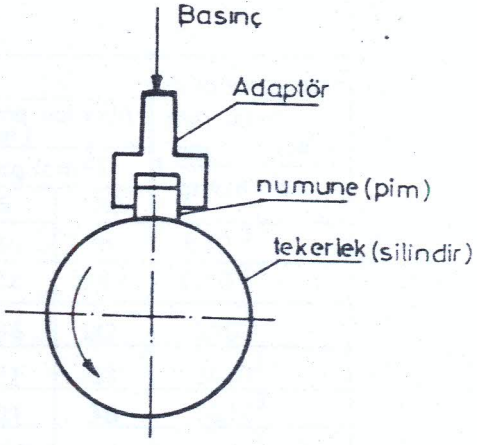
Şekil 1. Esas sürtünme elemanı



Şekil 2. Karşı sürtünme elemanı

Aşınma sisteminin ikinci elemanı olan aşındırıcı bandaj imalinde kullanılan malzeme alaşımlı çeliktir. Yukarıdaki tabloda kimyasal analizi verilen bu malzemeden Şekil 2'de görülen karşı sürtünme eleman numunesi hazırlanmıştır.

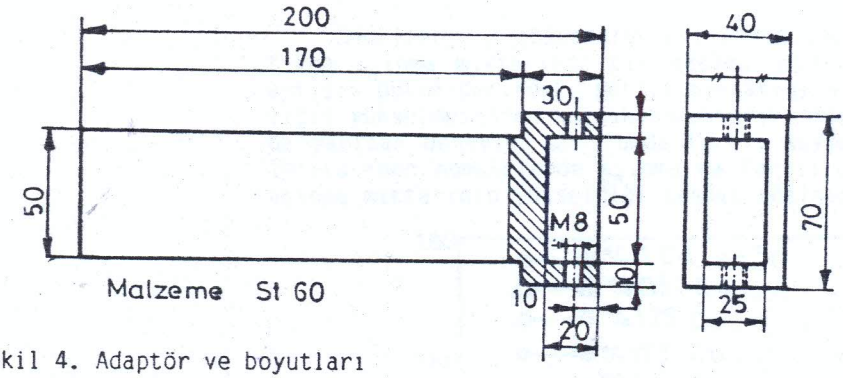
Deney tesisatı olarak işletme şartlarına uygun "Pim-Silindir" kayma sistemine göre düzenlenen Üniversal kopya torna tezgahı kullanılmıştır. Deney çalışmaları atmosfere açık ortamda yapılması ve ara maddenin (aşınma partikülü) meydana gelmesi sebebiyle tribolojik sistem dört unsuruda ihtiva etmiştir. Şekil 3'de görülen kayma sistemine göre silindir dönme hareketi yaparken papuç numunesi belli basınçlarla silindir yüzeyine bastırılır.



Şekil 3. Pim - silindir kayma sistemi

Ayna ve punta arasına bağlanan silindir dönme hareketini fener milinden almaktadır. Numune ise adaptör adı verilen ve hıdrolik pompanın takip ucuna yerleştirilen bir elemanla silindir üzerine bastırılır. Boyutları Şekil 4'de verilen adaptör bir ucundan hidrolik pompa basıncının etki ettiği pistona rijit olarak bağlanmış, diğer ucuna ise civatalar vasıtası ile papuç numunesi tesbit edilmiştir. Hidrolik sistemin basınç kapasitesi 0 - 20 kg/cm^2 dir.

Deneylerde uygulanan basınç değerleri işletme şartlarına uygun olarak (10, 15 ve 20 kg/cm^2) alınmıştır. Her deneyden sonra silindir yüzeyinden talaş kaldırılarak sürtünme şartlarının aynı olması sağlanmıştır. Numune yüzeyleri ise dökümden çıktığı gibi kullanılmıştır. Deneylerde aşınmanın birim temas alanındaki ağırlık kaybı olarak tesbiti yapıldığından numunenin ilk ve son ağırlıklarının tartılmasından 0.1 mg hassasiyetli terazi kullanılmıştır. Deney şartları ve elde edilen aşınma miktarları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Adaptör ve boyutları

Tablo 2. Deney şartları ve elde edilen aşınma miktarları

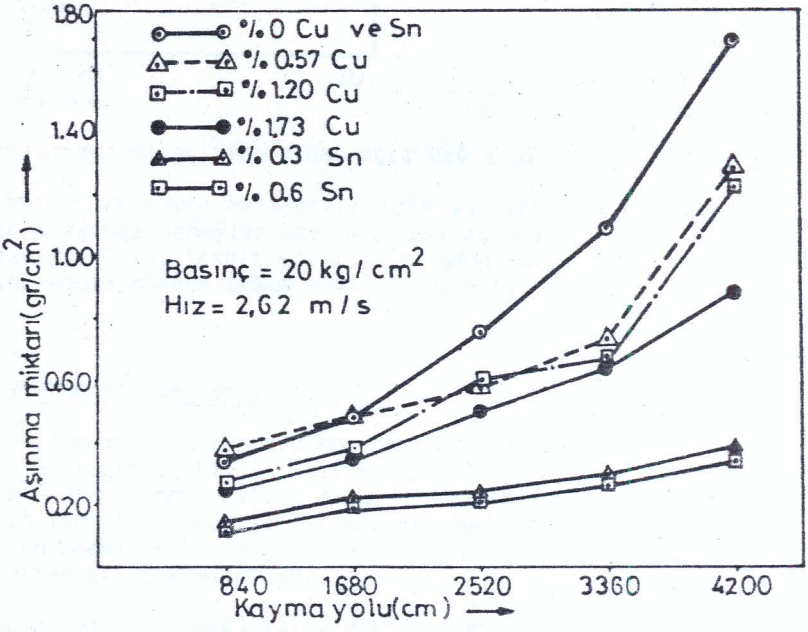
Numune no	Aşınma miktarı (gr/cm^2)							Ortalama aşınma direnci ($\frac{cm}{gr/cm^2} = \frac{cm^3}{gr}$)
	Sabit basınçda (20kg/cm^2)				Sabit kayma yolunda (4200 cm)			
	Kayma yolu (cm)				Basınç (kg/cm^2)			
	840	1680	2520	3360	10	15	20	
1	.34	.48	.75	1.09	.74	1.64	1.79	5.10^3
2	.37	.48	.58	.73	.44	.92	1.28	6.10^3
3	.27	.38	.60	.65	.24	.86	1.22	9.10^3
4	.25	.35	.50	.64	.26	.71	.89	$9.4.10^3$
5	.14	.22	.23	.29	.17	.31	.38	16.10^3
6	.12	.19	.22	.27	.16	.28	.34	19.10^3

3. BULGULAR

3.1. Aşınma Miktarının Bakır Oranı İle Değişimi

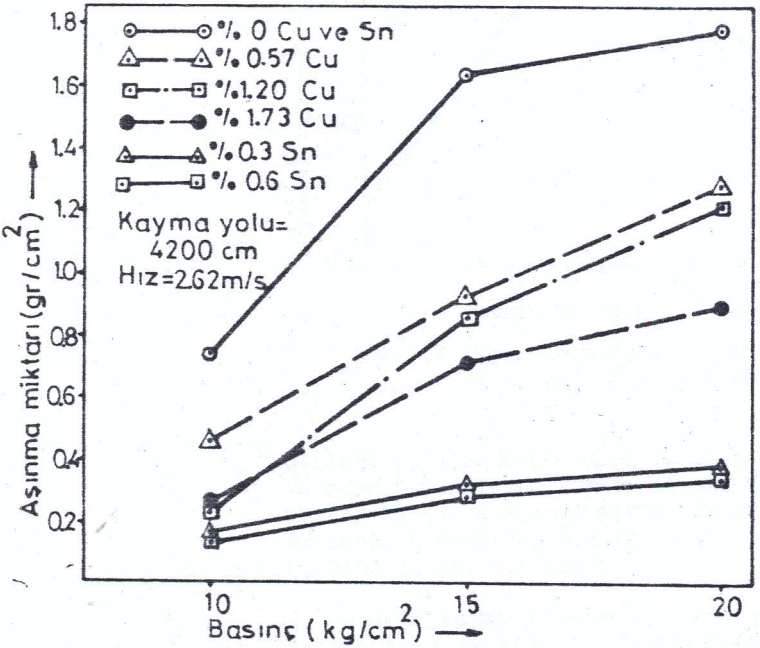
Kır dökme demirlerin sertliği ve aşınma direnci perlitik ana yapı ve bu yapı içinde dağılmış halde bulunan stedit ile artar. Kır dökme demirdeki perlit miktarı soğuma hızının artması ve krom, molibden, vanadyum gibi karbür yapıcı elementlerin tesiriyle yükselir [3] . Stedit % 0.1 den fazla fosfor ihtiva eden dökme demirlerden meydana gelen ve sertliği 400 - 800 Hv sertliği olan bir fosfor ötektiğidir [4] . Fosforun % 0.2 olduğu iç yapıda tamamen stedit ağı meydana gelir. Kır dökme demirlerin aşınma direnci fosfor miktarının arttırılmasıyla yükselir [5] . Düşük fosforlu kır dökme demirlere % 0.3 - 0.5 krom katılmasıyla tam perlitik yapı elde edilir. Kromun perlit oluşturma etkisini arttırmak için % 1 - 2 oranında bakır kullanılır [6] . Bakır perlitin kararlılığını arttırarak aşınma direncini yükseltir [7] .

Deneylerimiz göstermiştirki dökme demir içinde % bakır miktarı arttıkça aşınma miktarında bir azalma gözlenmektedir. Bu azalma bakırdaki artışın dökme demirdeki perlit miktarını arttırmasından dolayısıyla sertliğin yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Sabit kayma hızı ve basınç altında yapılan deneyler sonucunda farklı kayma mesafelerinde farklı % bakır ihtiva eden numunelerde aşınma da farklı olmaktadır. Kayma yolu arttıkça aşınma miktarının yükseldiği tesbit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Farklı % Cu ve Sn miktarlarında aşınmanın kayma yoluyla değişimi.

Kayma yolu ve hızı sabit tutularak farklı basınçlarda yapılan deneylerde farklı bakır ihtiva eden numunelerin aşınma miktarları basınçtaki artışla yükselmektedir (Şekil 6). Ancak bakır miktarı yükseldikçe aşınma miktarı azalmaktadır. Bunun sebebi basıncın yükselmesiyle temas alanı arttığında yüzeylerden daha fazla malzeme kaybı olmasından ileri gelir.



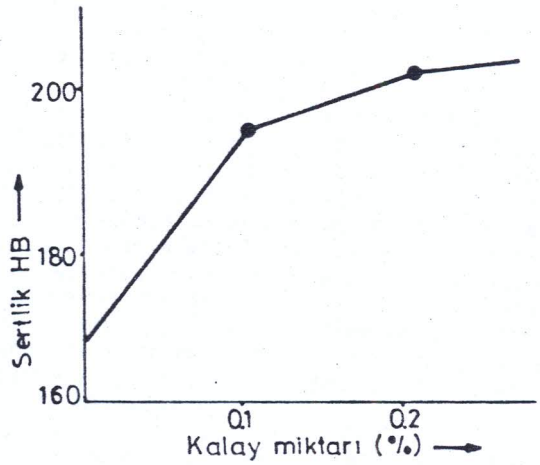
Şekil 6. Farklı % Cu ve Sn miktarlarında aşınmanın basınçla değişimi

Sabit kayma hızında değişik basınç ve kayma mesafeleri için yapılan farklı bakır ihtiva eden numunelerin aşınma deneylerinde ortalama aşınma direnci bakır miktarının artmasıyla yükseldiği tesbit edilmiştir (Şekil 9). Bu artış % bakır miktarının artışına bağlı olarak dökme demirin sertliğinin yükselmesinden meydana gelir.

3.2. Aşınma Miktarının Kalay Oranıyla Değişmesi

Kalay dökme demirdeki perlit oluşumunu arttırarak dökme demirin sertliğini dolayısıyla aşınma direncini arttırır (Şekil 7). Kalayın % 0.1 miktarından sonra sertlikte fazla bir artış olmamaktadır. Kalay miktarının % 0.5 olması durumunda dökme demirin yapısı tamamen perlitik olur (Şekil 8). Kalayın dökme demir içinde yaptığı en önemli etki perlit miktarını arttırarak sertliği dolayısıyla aşınma direncini yükseltmesidir.

Yapılan deneyler sonucunda dökme demir içindeki kalay miktarı arttıkça aşınma miktarının azaldığı gözlenmiştir. Bu azalmanın nedeni yukarıda da izah edildiği gibi % kalay miktarının artmasıyla dökme demirin sertliğinin yükselmesinden ileri gelir. Sabit kayma yolu ve yükleme basıncı



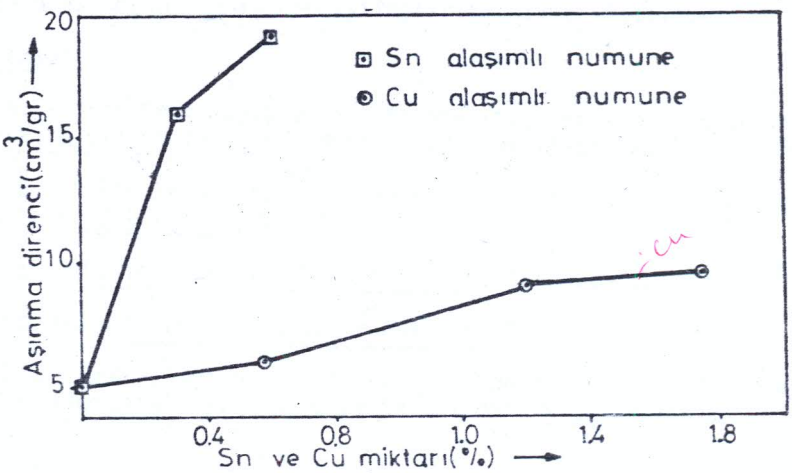
Şekil 7. Dökme demirdeki sertliğin % kalay miktarıyla değişimi [1].



Şekil 8. % 0.5 Sn ihtiva eden dökme demirin iç yapısı [1].

altında yapılan deneylerde değişik kayma mesafelerinde farklı kalay ihtiva eden numunelerde farklı aşınma meydana gelmektedir. Kayma yolunun artmasına karşılık aşınma miktarıda artmaktadır (Şekil 5). Bu şekildende görüleceği gibi kalay alaşımlı numuneler bakır alaşımlı numunelerden oldukça daha az aşınmaktadır.

Sabit kayma yolu ve hızında yapılan deneylerde ise yükleme basıncı arttıkça kalay alaşımlı numunelerin aşınmasıda artar (Şekil 6). Değişik kayma yolu ve basınç altında sabit kayma hızında yapılan aşınma deneylerinde dökme demirin aşınma direnci kalay miktarının artışıyla oldukça yükselmektedir (Şekil 9). Bakır alaşımlı numunelerin aşınma direnci kalay



Şekil 9. Kır dökme demirin aşınma direncinin Cu ve Sn ile değişimi

alaşımlı numunelerin aşınma direncinden daha düşük olup % bakır miktarının artışına bağlı olarak çok az artmaktadır. Kalay alaşımlı numunelerin aşınma direnci ise kalay miktarındaki artışa bağlı olarak oldukça yükselmekte olduğu tesbit edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Aşınma deneyleri işletme şartlarına yakın şartlarda gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada dökme demirden imal edilen tren fren papuçlarının aşınma davranışının % bakır ve kalay miktarları ile değişimi incelenmiştir. Aynı deney şartlarında bakır alaşımlı dökme demirden numuneler kalay alaşımlı nununelerden daha fazla aşındığı tesbit edilmiştir. Bunun sebebi bakır alaşımlı numunelerin daha az karbon ihtiva etmesine ve bakırın kalaydan daha az perlit oluşumu sağlamasına bağlanabilir. Kalay alaşımlı numunelerde ise bakır alaşımlı numunelere nisbetle çok daha az aşınma olmuştur. Zira kalay dökme demir içinde daha etkili bir perlit oluşumu sağlayarak dökme demirin sertliğini arttırmaktadır. Aynı zamanda kalay alaşımlı numunelerin aşınma direnci bakır alaşımlı numunelerden çok daha yüksek olmaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınarak fren papuç malzemesinin aşınma direncini arttırmak için şu öneriler yapılabilir : Papuç malzemesi olarak kullanılan dökme demirdeki karbon miktarının % 2.8 - 3.2 arasında olması ve perlit olarak bulunması gerekir. Maksimum ferrit miktarı % 10 u aşmamalı, fosfor miktarı ise % 0.8 - 1.3 arasında olmalıdır. % 0.1 kalay ihtivası yeterli perlit oluşumunu sağlamaktadır. Bakır ise tek başına fazla bir etkisi olmamakla beraber perlitin kararlılığını arttırdığından, kalay ve fosforla beraber % 0.5 - 1.2 oranında kullanıldığında dökme demirin aşınma direncini oldukça arttırmaktadır[1]

Yukarıdaki izah edilen şartlar sağlandığında papuç malzemesinin aşınma direnci artacaktır. En uygun papuç malzemesi seçimi işletme şartlarına uygun yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilir. Böyle bir seçimi gerçekleştirmek için sürtünme çiftini meydana getiren her iki elemanında aşınma karakteristiklerinin belirlenmesi gerekir. Yukarıdaki öneriler karşı eleman dikkate alınmadan sadece kır dökme demirden imal edilen papuç malzemesinin aşınma davranışının iyileştirilmesiyle ilgilidir.

Kaynaklar

1. İpek, R., "Tren Fren Papuçlarının Aşınmasının Deneysel İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, E.Ü.Mühendislik Fakültesi, Kayseri, 1987.

2. Tekin, E., "Fren Papuçlarının İçyapıları ve Aşınma Direncine Etkisi", Metalurji Dergisi, ODTÜ, 1985

3. Güleç, Ş., "Malzeme Bilgisi Ders Notları", İ.T.Ü., İstanbul

4. Wolfgang, W., "Malzeme Bilgisi ve Muayenesi", İstanbul, 1967.

5. Eyre, T.S., and Williams, P., "Effect of Phosphorus on the Friction and Wear Characteristics of Gray Cast Iron", Wear 24, (1973) 337-349

6. Eyre, T.S., "Wear Characteristics of Flake and Nodular Graphite Cast Iron", Wear 13, 1969.

7. Sarkar, A.D., Wear of Cast Iron , Pergamon Stress, Oxford, 1976.