



Academic Research Journal of Technical Vocational Schools

artes@cumhuriyet.edu.tr

Founded: 2022

Available online, ISSN: 2822-5880

Publisher: Sivas Cumhuriyet University

Abrasion of Lamellar and Spheroidal Graphite Cast Iron Cams by Block-Ring Method

Ersin Arslanbulut^{1,a*}, Burhan Selçuk^{2,b}

¹ Department of Machinery and Metal Technologies, Sivas Vocational School of Technical Sciences, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

² Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 26/12/2024

Accepted: 04/01/2025

ABSTRACT

In this article, wear losses of lamellar and spheroidal graphite cast iron cam samples without any heat treatment were investigated. Lamellar graphite cast irons are the most economical cast iron type. Spheroidal graphite cast irons are more expensive due to the production method and are a higher quality cast iron group in terms of mechanical properties. Both are used in the automotive sector. Both lamellar and spheroidal graphite cast samples were abraded at 3 different rotational speeds and 3 different loads. The abrasion process was carried out on a cam profile measuring bench. In the wear tests carried out under the same rotational speed and load, lamellar graphite cast samples showed that they were abraded more than spheroidal graphite cast samples. It is thought that this difference can be explained by the effect of the graphite structure in lamellar graphite castings. Although lamellar graphites in lamellar graphite cast samples have lubricating properties, their fine structures break and increase wear.

Keywords: Lamellar graphite cast iron, spheroidal graphite cast iron, cam, wear

Lamel ve Küresel Grafitli Dökme Demir Kamların Blok-Bilezik Yöntemi ile Aşındırılması

Süreç

Geliş: 26/12/2024

Kabul: 04/01/2025

Öz

Bu makalede herhangi bir ısı işlem yapılmamış lamel ve küresel grafitli dökme demir kam numunelerinin aşınma kayıpları incelenmiştir. Lamel grafitli dökme demirler en ekonomik dökme demir türüdür. Küresel grafitli dökme demirler ise üretim yöntemi nedeniyle daha pahalı olup mekanik özellikler yönünden daha kaliteli bir dökme demir grubudur. Her ikisi de otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Hem lamel hem de küresel grafitli döküm numuneler 3 farklı dönme hızında ve 3 farklı yük altında aşındırılmışlardır. Aşındırma işlemi bir kam profil ölçme tezgahında yapılmıştır. Aynı dönme hızı ve yük altında yapılan aşınma deneylerinde lamel grafitli döküm numunelerin küresel grafitli döküm numunelerden daha fazla aşındığını göstermiştir. Bu farkın, lamel grafitli dökümdeki grafit yapısının etkisiyle açıklanabileceği düşünülmektedir. Lamel grafitli döküm numunelerinde bulunan lamel grafitler, yağlayıcı özellik gösterse de ince yapıları kırılmakta ve aşınmayı artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lamel grafitli dökme demir, küresel grafitli dökme demir, kam, aşınma

Copyright



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

^a arslanbulut@cumhuriyet.edu.tr ^b selcuk@cumhuriyet.edu.tr ^{id} https://orcid.org/0000-0002-0607-6159 | ^{id} https://orcid.org/0000-0001-5617-8674

How to Cite: Arslanbulut, E., Selçuk, B. (2024). Abrasion of Lamellar and Spheroidal Graphite Cast Iron Cams by Block-Ring Method, Academic Research Journal of Technical Vocational Schools, 3(2):12-16

Giriş

İçten yanmalı motorlarda kam mili külbütlerle temas halindedir. Bu nedenle kam mili kamları aşınmaya maruzdur. Aşınmanın olması demek supabların açılma ve kapanma ayarlarının bozulması ve dolayısıyla motorda güç kaybı demektir (Ansari ve ark.,2017; Bongale ve ark., 2016). Kam millerinin kolay aşınmaması için malzeme olarak lamel grafitli dökme demir, küresel grafitli dökme demir veya kaliteli çelik seçilir.

Makine parçalarının yüzey kalitesi oldukça önemlidir. Yüzey kalitesinin kolay kolay bozulmaması için kullanılan malzemenin çekme dayanımının ve sertliğinin yüksek, aşınmaya ve yorulmaya karşı dirençli olması gerekir (Saraçoğlu, 2007; Erdemir, 2006). Bu amaçla malzemelere bir takım ısıl işlemler uygulanır (Wang, 1994).

Sanayide çelikler oldukça fazla kullanılmaktadır. Ancak zaman geçtikçe döküm teknolojisinde yapılan gelişmelerle dökme demirler ekonomik olmasından dolayı bazı alanlarda çeliğe rakip olmuştur.

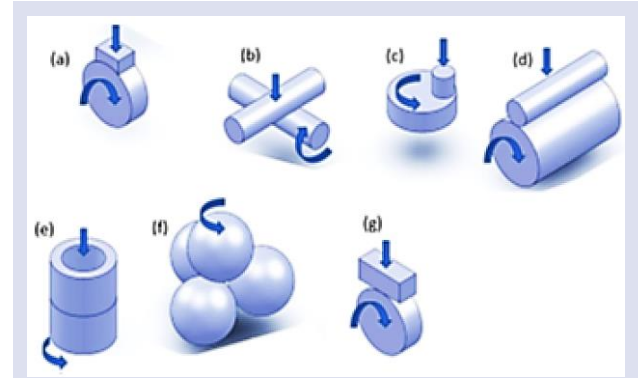
Lamel grafitli dökme demirler en çok kullanılan dökme demir türüdür. Gri dökme demir de denir. İçerisindeki karbonun çoğu serbest grafit lamelleri şeklindedir. Bunlar genellikle ötektik üstü dökme demirlerdir ve bünyesinde %2,5-4 karbon bulunur. Lamel grafitli dökme demirlerin özellikleri döküm yapısına ve grafit şekline doğrudan bağlıdır. Karbon oranı arttıkça malzemenin dayanımı ve sertliği artar. Ucuz olması, akışkan olması, iyi işlenebilmesi ve titreşim söndürmesi en önemli özellikleridir.

Küresel grafitli dökme demirlerde grafitlerin şekli küreseldir. Sfero dökme demir ve nodüler dökme demir olarak da isimlendirilir. Grafitin küresel olması malzemenin sünek olmasını sağlar ve mukavemetini artırır. Bu nedenle grafitlerin küresel katılaşmasını sağlamak için dökümden önce aşılama işlemi yapılır. Lamel grafitli dökme demirlere kıyasla daha mukavemetli, daha sünek ve daha tok özelliklere sahiptir (Erdoğan, 2000; Ersümer, 1971; Davis, 1996; Bilici, 2004).

Aşınma, ciddi bir problem olarak karşımıza çıkar. Aşınma mekanizması, birbirine göre izafi hareket eden ve temas halindeki iki yüzey arasında çok yavaş bir şekilde gerçekleşen bir olgudur. Makine parçalarının aşınması, verim kaybına neden olur ve bu nedenle bu parçaların değiştirilmesi gerekir. Aşınma, makine elemanlarının kullanım ömrünü önemli ölçüde etkiler,

azaltılabilir ama tamamen ortadan kaldırılamaz. Aşınma, çok sayıda değişkene sahip bir fonksiyon olup, sürekli olarak izlenmesi gereken bir durumdur (Kragelskii,1965; Hutchings, 1992; Blau, 1997).

Tribolojik deneylerin yapılabilmesi için birçok farklı deney düzeneği geliştirilmiştir. Bu düzeneklere tribometri adı verilir ve genellikle basit geometrik şekillerde deney numuneleri kullanılır. American Society of Lubrication Engineers (ASLE) araştırmaları çerçevesinde ele alınan yaklaşık 250 laboratuvar tribometrisi bulunmaktadır. Şekil 1'de en çok görülen temas durumları verilmiştir (Czichos ve Habig, 1992).



Şekil 1. En sık rastlanan temas şekilleri (a)pim-bilezik, (b) çapraz silindir, (c) pim-disk, (d) silindir-silindir, (e) bilezik-bilezik, (f) küre-küre, (g) blok-bilezik [18].

Figure 1. The most common contact shapes, (a) pin-ring, (b) cross cylinder, (c) pin-disc, (d) cylinder-cylinder, (e) ring-ring, (f) sphere-sphere, (g) block-ring

Malzeme ve Yöntem

Kam malzemesi olarak ferritik-perlitik yapıya sahip GG25 lamel ve GGG60 küresel dökme demir kullanılmıştır. Karşı eleman için torna kalemi olarak bilinen yüksek hız çeliği HS10.4-3-10 kullanılmıştır. Kam numuneler kam mili üretimi yapan Estaş A.Ş.'den temin edilmiştir. Kamlar kam milinden kesilerek aşınma tezgahında kullanılabilmeleri için ortası delinmiştir. SEM görüntüleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Uygulama Laboratuvarında mevcut olan taramalı elektron mikroskopundan elde edilmiştir (Şekil 2). Numunelerin mekanik özellikleri, kimyasal bileşimleri, ortalama sertlik değerleri ve yüzey pürüzlülükleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

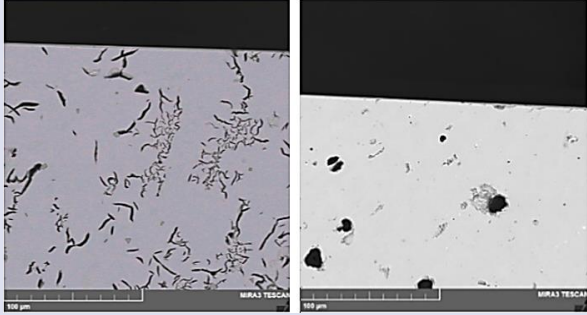
Çizelge 1. Dökme demir numunelerin ve aşındırıcı karşı elemanın kimyasal yapıları ve mekanik özellikleri

Table 1. Chemical structures and mechanical properties of cast iron samples and abrasive counter element

Malzeme	Kimyasal bileşim									Mekanik özellikler			
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	V	W	Co	σ_c	σ_a	E	Sertlik
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	(MPa)	(MPa)	(MPa)	HV
GG25	3,3	2,3	0,6	-	-	-	-	-	-	250	160	120	220
GGG60	3,7	2,8	0,3	0,4	0,45	-	-	-	-	600	370	170	260
DIN 1327 HS10.4-3-10	1,28	0,45	0,40	4,15	-	3,90	3,25	9,50	10,0	617	445	630	950

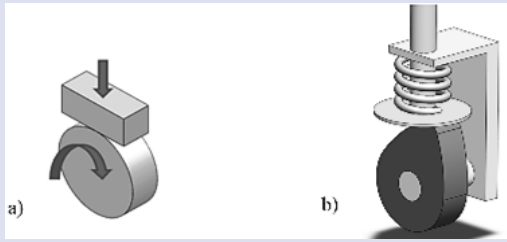
Çizelge 2. Malzemelerin testlerden önceki sertliklerinin ve yüzey kalitelerinin ortalama değerleri
Table 2. Average values of hardness and surface quality of materials before the tests

	GG25	GGG60
Sertlik (HV)	220	260
Yüzey Pürüzlülüğü (μm)	0,5	0,38

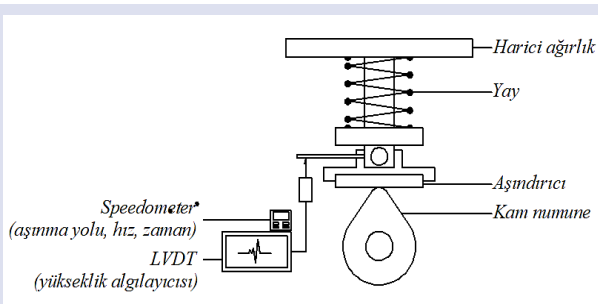


Şekil 2. Lamel ve küresel grafitli dökme demir numunelerin SEM görüntüleri
Figure 2. SEM images of cast iron samples with lamellar and spherical graphite

Bu çalışmada kam-itici mekanizmasına benzediği için blok-bilezik temas çifti tercih edilmiştir (Şekil 3.a ve Şekil 3.b). Blok-bilezik aşınma deney düzeneğinin şematik resmi Şekil 4'te verilmiştir. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünün bir laboratuvarında bulunan kam profil ölçme tezgâhı aşınma tezgâhı olarak kullanılmıştır (Şekil 5). Deneyde kam numunesine 3 ayrı yükün toplamı etki etmektedir. Bunlar mekanizmanın ağırlığı, yay kuvveti ve harici yük şeklindedir.

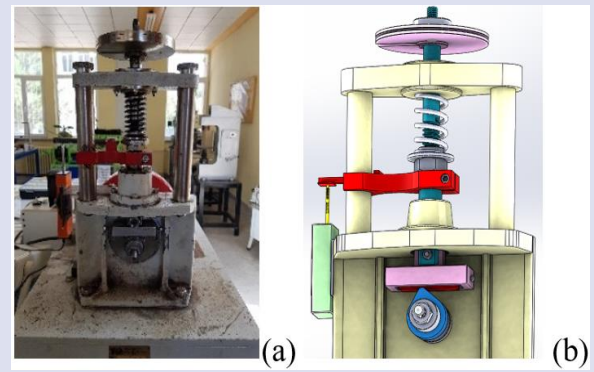


Şekil 3. Blok-bilezik teması (a) ve kam itici mekanizması (b)
Figure 3. Block-ring contact (a) and cam follower mechanism (b)



Şekil 4. Blok-bilezik deney düzeneğinin şematik görüntüsü
Figure 4. Schematic view of the block-ring experimental setup

Mekanizmanın ağırlığı ve yay kuvveti bütün numuneler için aynı değerdedir. Harici ağırlıklar olarak 4N, 8N ve 12N kullanılmıştır. Deneyler yapılmadan önce kam numune ve aşındırıcı elemanın ağırlıkları, hassasiyeti 0,1mg olan hassas terazide ölçülmüştür. Harici ağırlık ayarlanmıştır. Deney öncesi yükseklik algılayıcısı (LVDT) kullanarak aynı tezgâh üzerinde kam profili ölçümü yapılmıştır. Dönme hızı ayarı yapıp sabitlenerek deney başlatılmış olur. Bir saat sonra tezgâh durdurulmuş, numune ve aşındırıcı eleman sökölerek hassas terazide tartılmıştır. Bu işlem 2. ve 3. saat sonunda da tekrarlanmıştır. Toplam 3 saat sonunda kam numunenin profili yükseklik algılayıcısı yardımıyla tekrar ölçülmüştür.



Şekil 5. Aşınma deney tezgâhının fotoğrafı (a), bilgisayarda 3 boyutlu çizimi (b)
Figure 5. Photograph of the wear test bench (a), 3D drawing on the computer (b)

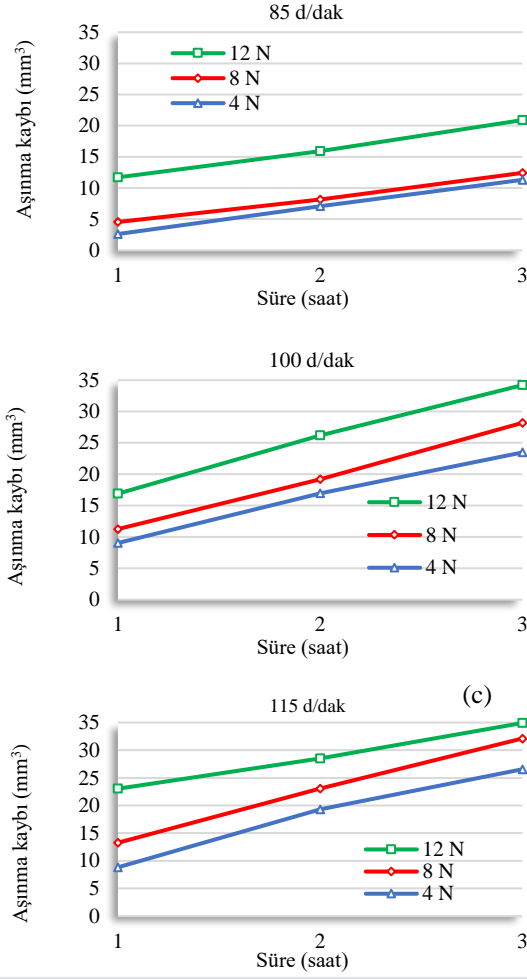
Deney Verileri

Lamel grafitli dökme demir numunelerin 85, 100 ve 115 d/dk dönme hızlarında ve 4, 8 ve 12 N harici ağırlık altında yapılan aşınma deneylerinde birer saat arayla elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te ve Şekil 6'da verilmiştir.

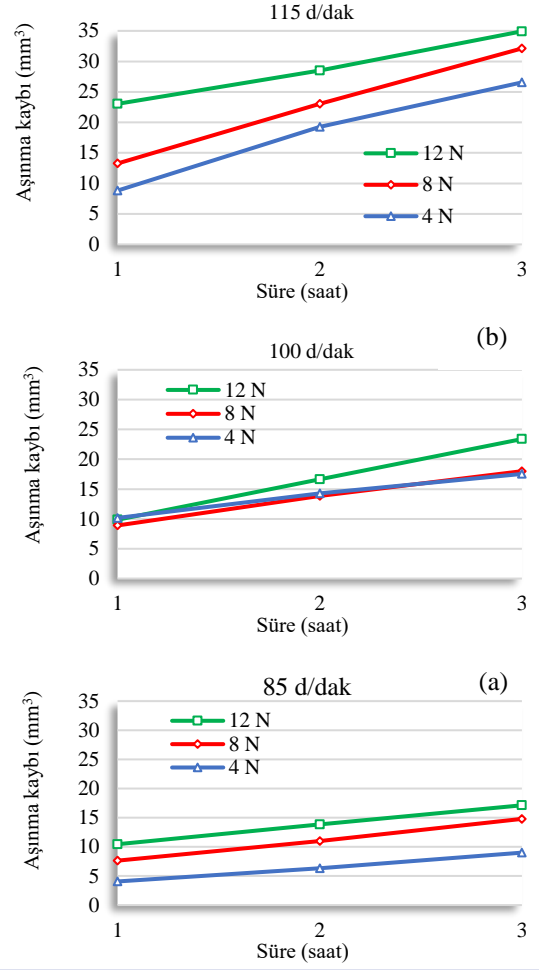
Çizelge 3. Lamel grafitli dökme demir numunelerin aşınma kayıpları

Table 3. Wear losses of cast iron samples with lamellar graphite

Lamel grafitli dökme demir numuneler		Aşınma kaybı (mm^3)		
Hız (d/dk)	Yük (N)	1 saat	2 saat	3 saat
85	4	2,6	7,1	11,3
85	8	4,5	8,1	12,4
85	12	11,7	15,9	20,9
100	4	9,0	16,9	23,5
100	8	11,3	19,2	28,2
100	12	16,9	26,2	34,2
115	4	8,8	19,3	26,6
115	8	13,3	23,1	32,1
115	12	23,0	28,5	34,9



Şekil 6. Lamel grafitli dökme demir numunelerin aşınma grafikleri
Figure 6. Wear graphs of cast iron samples with lamellar graphite



Şekil 7. Küresel grafitli dökme demir numunelerin aşınma grafikleri
Figure 7. Wear graphs of cast iron samples with spheroidal graphite

Küresel grafitli dökme demir numunelerin aynı dönme hızlarında ve aynı harici ağırlık altında yapılan deneylerde ise birer saat arayla elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te ve Şekil 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. Küresel grafitli dökme demir numunelerin aşınma kayıpları

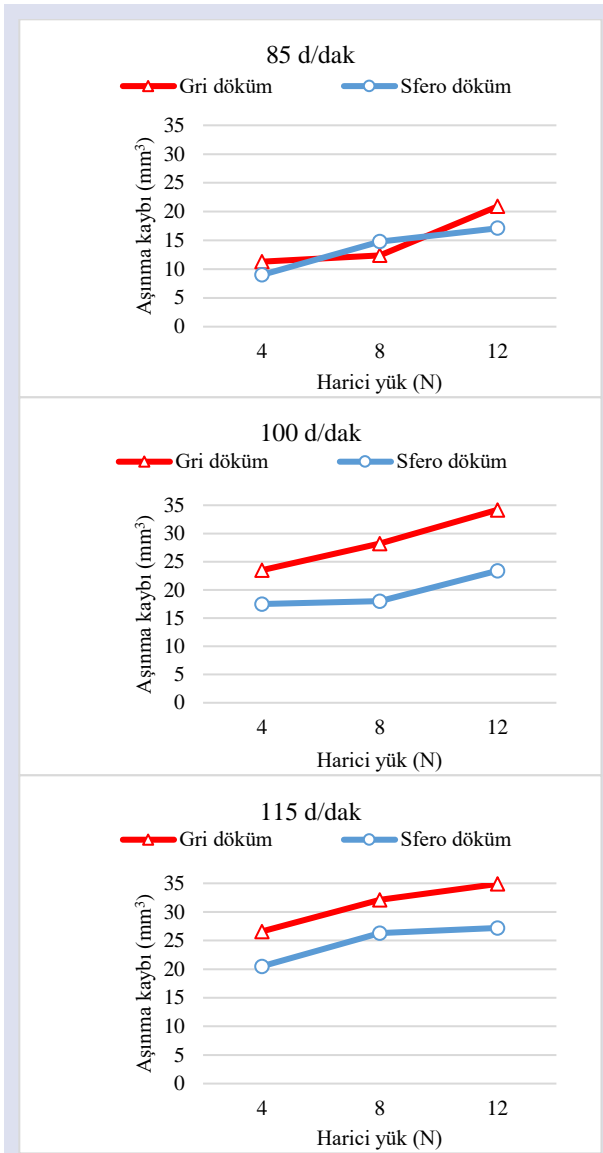
Table 4. Wear losses of cast iron samples with spheroidal graphite

Küresel grafitli dökme demir numuneler		Aşınma kaybı (mm ³)		
Hız (d/dk)	Yük (N)	1 saat	2 saat	3 saat
85	4	4,1	6,3	9,0
85	8	7,6	11,0	14,8
85	12	10,4	13,9	17,1
100	4	10,2	14,3	17,5
100	8	8,9	13,8	18,0
100	12	9,9	16,6	23,4
115	4	10,8	15,6	20,5
115	8	11,9	23,6	26,3
115	12	15,9	21,4	27,2

Çizelge 5. . Lamel ve küresel grafitli dökme demir numunelerin 3 saat sonunda aşınma kayıpları

Table 5. Wear losses of lamellar and spheroidal graphite cast iron samples after 3 hours

Aşınma Kayıpları (mm ³)			
Hız (d/dk)	Yük (N)	GG25	G60
85	4	11,3	9
85	8	12,4	14,8
85	12	20,9	17,1
100	4	23,5	17,5
100	8	28,2	18
100	12	34,2	23,4
115	4	26,6	20,5
115	8	32,1	26,3
115	12	34,9	27,2



Şekil 8. Lamel grafitli (gri dökme demir) ve küresel grafitli (sfero dökme demir) numunelerin 3 saat sonundaki aşınma kaybı grafikleri

Figure 8. Wear loss graphs of samples with lamellar graphite (grey cast iron) and spheroidal graphite after 3 hours

Sonuçlar

Aynı şartlar altında aşındırılan ısılsız lamel ve küresel dökme demir numunelerin 3 saat sonundaki aşınma kayıpları Çizelge 5 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Üç saat sonunda, yalnızca 85d/dak, 8N harici yük altında aşındırılan lamel grafitli dökme demir numunesinin aşınmasının küresel grafitli dökme demir

numunesine göre daha az olduğu görülmüştür. Diğer tüm numunelerde ise küresel grafitli numuneler, lamel grafitli numunelerden daha az aşınmıştır. Lamel grafitli dökme demir numunelerde bazı boşluklar ve yüzeyden iç kısımlara doğru sıralanan lamel grafitler bulunur. Grafitlerin yağlayıcı özelliği, aşınmayı azaltmaya yardımcı olur; ancak grafitlerin sıralanması, o bölgenin zayıflamasına ve kırılmasına yol açar. Kırılan parçacıklar ise abrazyon aşınmaya neden olur. Bu durum, lamel grafitli dökme demir numunelerin küresel grafitli numunelere göre daha fazla aşınmasına yol açmaktadır.

References

- Ansari, Z., M. Anwar, M., Ahmed, M. Y., (2017). Finite Element Structural Analysis of Automobile Camshaft. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, Vol. 5, pp. 466-468.
- Bilici, M.K., (2004). "Alaşımız Dökme Demirlerin Aşınma Özelliği", M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Blau, P., (1997). Fifty Years of Research on The Wear of Metals. Tribology International Volume 30 Number 5, 321-331.
- Bongale, V., Kapilan, N., (2016). Static and Rotor Dynamic Analysis of Camshaft using Finite Element Analysis. International Journal for Ignited Minds, 3(6), 102-109.
- Czichos, H., Habig, K.,(1992). Tribologie Handbuch - Reibung und Verschleiss. Germany.
- Davis, J.R., (1996). ASM Specialty Handbook: Cast Irons, ASM International.
- Erdemir Y., (2006). Çelik yüzeylerin kaplanması, Erdemir Bilim ve Teknoloji Serisi, 1-8s, Karabük.
- Erdoğan, M., (2000) "Mühendislik Alaşımalarının Yapı ve Özelliği", Nobeli Yayın Dağıtım, Cilt. 1, Ankara.
- Ersümer, A., Uzunova, T., (1971). Demir Döküm, İTÜ Matbaası", İstanbul.
- Hutchings, I., (1992). Tribology: Friction and Wear Engineering Materials. London: Butterworth-Heinemann.
- Kragelskii, I., (1965). Frictioned Wear. Butterworths, (s. 346). Washington.
- Saraçoğlu, M.H., (2007). D2 çeliğinden üretilmiş ve değişik şartlarda plazma nitrülenmiş zımbaların aşınma davranışının incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi). 71s, Bursa.
- Wang, C.C., Hwang, J.R., (1994). Surface hardening of AISI 4340 steel by electron beam treatment, Surface and Coatings Tech., Vol. 64, 29-33.