



**BAKIR ESASLI BRONZ VE PİRİNÇ YATAKLARIN TRİBOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

*(COMPARISON OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COPPER BASED BRONZE
AND BRASS BEARINGS)*

Bekir Sadık ÜNLÜ*, N. Sinan KÖKSAL*, Enver ATİK*

ÖZET/ABSTRACT

Kaymalı yatak malzemesi olarak bakır esaslı alaşımlardan pirinç ve özellikle bronz yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alaşımlar kaymalı yataklardan beklenen özellikleri sağlamaktadırlar. İyi bir tribolojik performansa sahip bu malzemeler, kaymalı yataklarda iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada; CuSn10 bronzu ile CuZn30 pirincinden üretilen kaymalı yatakların sürtünme ve aşınma özellikleri belirlenip, birbiriyle karşılaştırılmıştır. Karşı aşındırıcı olarak SAE 1050 çelik mil kullanılmıştır. Deneyler radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında 20 N yük, 1500 d/dak ve 2.5 saatte yapılmıştır. Sonuç olarak, kuru ortamda yapılan deneylerde yüksek sürtünme katsayısı ve ağırlık kaybı, yağlı ortamda ise çok daha düşük elde edilmiştir.

For copper based alloys brass and especially bronze are widely used as journal bearing material. These alloys ensure that expected properties for journal bearings. These materials that have tribological performance good conclusions give at journal bearings. In this study, CuSn10 bronze and CuZn30 brass that were manufactured journal bearings friction and wear properties has been determined and compared. SAE 1050 steel shaft has been used as counter abrader. Experiments have been carried out 20 N load, 1500 rpm and 2.5 h times by using radial journal bearing wear test rig. As a results, high friction coefficient and weigh loss have been obtained at dry condition more than lubricated condition.

ANAHTAR KELİMELER / KEY WORDS:

Tribolojik özellikler, Bakır esaslı yataklar, Aşınma
Tribological properties, Copper based bearings, Wear

* Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Bölümü, Muradiye, MANİSA.

1. GİRİŞ

Bakır esaslı alaşımlar iyi korozyon direnci, yüksek termal ve elektriksel iletkenlik, kendi kendini yağlayabilme ve iyi aşınma direnci gibi özelliklerinden dolayı uzun zamandan beri yatak malzemesi olarak kullanılmaktadırlar (Schmidt ve Schmidt, 1993). Bakır alaşımlarında kalayın etkisi aşınma dayanımında önemlidir. Kalay içeren bakır alaşımlarından kalay bronzları yüksek aşınma direncine sahip oldukları için yatak malzemesi olarak kullanılmaktadır (Parasad, 1997). İlave edilen kalay miktarı bronz malzemenin aşınma dayanımını artırmaktadır (Backensto, 1990). Yatak malzemesi olarak kalay bronzu, büyük ve darbeli yüklerde ve aynı zamanda korozyon tehlikesi olan yüksek sıcaklıklarda uygundur. En iyi yatak performansı gösteren ve en yaygın kullanılan %90 Cu ve %10 Sn içeren kalay bronzudur (Pratt, 1973). Ayrıca yiyecek maddesi ile irtibatlı yerlerde kullanılması da uygundur. Bunun yanında pirinç yataklar mili fazla aşındırdığı için kullanılması pek uygun değildir (Niemann, 1973).

Bakır alaşımlarından biri olan pirinç malzemeler ise yüksek mukavemet, iyi korozyon dayanımı, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, kolay şekillenebilme ve güzel görünüm nedeniyle endüstride çok kullanılan mühendislik malzemeleridir. Ayrıca alüminyum ve silisyum içerenleri yatak malzemesi olarak kullanılabilir (Meran vd., 1999).

Kaymalı yatak malzemelerinin düşük sürtünme katsayısı, yüksek aşınma direnci, yüksek yükleme kapasitesi, iyi korozyon dayanımı, iyi ısıl iletkenlik, düşük ısıl genleşme ve yabancı partikülleri gömme gibi özelliklere sahip olması gerekir (Akkurt, 1990; Schatt ve Wieters, 1997).

Kaymalı yataklardaki aşınma ve aşınma mekanizmaları birçok faktörlere bağlıdır. Bu faktörler ve etkileri tribolojik sistem içinde incelenebilir. Bunlar; temel sürtünme elemanı, karşı sürtünme elemanı, ara maddesi, çevre, yükleme ve hareketten oluşur (Ünlü vd., 2002). Bu mekanizmalardan adhezyon aşınması yükleme ve hareketle ilgili, yataklarda özgül yatak yükü (p) ve yatak çevresel hızı (v) büyüklüklerinden önemli şekilde etkilenmektedir. Aşınmanın zamana bağlı olarak geliştiği göz önüne alındığında p - v değeri aşınma miktarı analizinde dikkate alınan bir büyüklüktür. Yatakların uygun p - v değerlerinde kullanılması durumunda aşınma miktarı azalmaktadır (Varol, 2001).

Bu çalışmada, bakır esaslı malzemelerden Cu Sn10 bronzu ile CuZn30 pirinci yeni geliştirilen radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında (Atik vd., 2001) aşındırılarak sürtünme katsayısı ve aşınma kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca bu malzemelerin içindeki elementlerin etkileri de belirtilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında yapılmıştır. Bu cihaz kaymalı yatak aşınmasının yanında mil malzemesinin de aşınmasını inceleyebilecek şekilde tasarlanmıştır. Deneysel malzemeleri olarak; Makine Kimya Endüstrisinin ürettiği mil numunesi için SAE 1050 çelik mil, yatak numunesi olarak CuSn10 bronzu (DIN 1705) ve CuZn30 pirinci (DIN 1755), yükleme için 20 N kuvvet, devir sayısı için 1500 d/dak (785 m/s), yağlama şartları ise kuru ve SAE 90 yağı seçilmiştir. Deneyler bu değişik parametreler altında tekrarlanmıştır. Aşınma ve sürtünme değerleri belirlenip kaydedilmiştir.

Deneylerde kullanılan yatağın iç çapı $d=10$, genişliği $B=10$, dış çapı $D=15$ mm, milin ise çapı $d=10$ mm'dir. Bu malzemelerin kimyasal kompozisyonları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Deneyler her 30 dakikada bir tekrarlanarak 2.5 saat sürdürülmüştür. Deneysel 20 N yükte 1500 d/dak da kuru ve yağlı olarak tekrarlanmıştır. Bu deney sonundaki süre; $n=1500$ devir sayısında $v=785$ m/s hıza ve 7065 m kayma mesafesine karşılık gelir. Pirinç yatağın kuru

çalışma ortamında mille kaynadığı görülmüştür. Bu nedenle pirinç yatak sadece yağlı ortamda aşındırılmıştır.

Çizelge 1-a. SAE 1050 çelik milin kimyasal bileşenleri (% Ağırlık)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Fe
1050	0.51	0.25	0.75	0.040	0.050	Balance

Çizelge 1-b. CuSn12 bronzu ve CuZn30 pirincinin kimyasal bileşenleri (% Ağırlık)

Malzeme	Cu	Sn	Zn
CuSn10	90	10	-
CuZn30	70	-	30

CuSn10 bronzunun yüzey pürüzlülüğü yaklaşık olarak $Ra=1.5 \mu\text{m}$, CuZn30 pirincinin $Ra=2.5 \mu\text{m}$ ve 1050 çelik milin ise $Ra=0.5 \mu\text{m}$ ' dir. Numuneler test cihazına bağlanarak toplam 2.5 saat olmak üzere her 30 dakikada bir sürtünme kuvveti ve buradan da sürtünme katsayısı hesaplanmıştır. Çizelge 2'de ise bronz numunelerin yükleme ve hız durumları gösterilmiştir. Karşılaştırma için pirinç numune 20 N, 1500 d/dak ve yağlı ortamda yapılmıştır.

Çizelge 2. Numunelerin yükleme ve hız durumları

Deney	Malzeme	F(N)	n (d/dak)
1)Kuru	CuSn10	20	1500
2)Yağlı	CuSn10	20	1500
3)Yağlı	CuZn30	20	1500

3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Kaymalı yatak numuneleri 20 N yük ve 1500 d/dak hızla, 30 dakikada bir ölçülmek üzere toplam 150 dak. kuru ve yağlı ortamda aşındırılmıştır. Kuru ortamda mille kaynadığı için pirinç numune yağlı ortamda aşındırılmıştır. Mil dönmeye başladığı anda yatakta oluşan sürtünme kuvveti deney cihazına yerleştirilen komparatörde belirli bir deplasman oluşturmuştur. Bu deplasman sürtünme katsayısı bağıntılarında yerine konularak sürtünme kuvveti elde edilmiştir. Sürtünme katsayısı, bu sürtünme kuvveti ve uygulanan yükün fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu sürtünme katsayısı değerleri Çizelge 3' te gösterilmiştir. Şekil 1'de 20 N yükleme altındaki, 1500 d/dak devirde sürtünme katsayısı, zamanın fonksiyonu olarak verilmiştir.

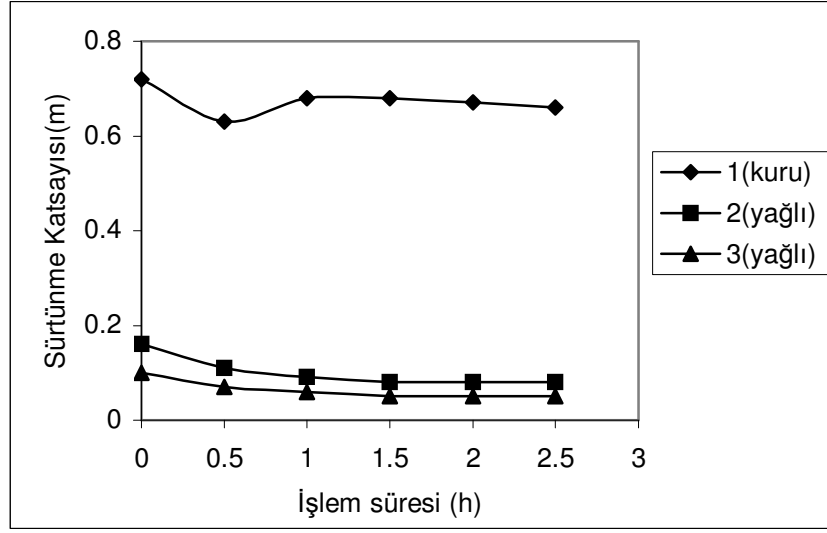
Coupard vd., 1997 pin-on-diskte CuSn12 Bronzuna karşı AISI-54100 çeliğinde kuru ortamda 5 N yükte, 235 mm/s hızda ve 30 dakikada yaptığı testlerde sürtünme katsayısını yaklaşık olarak 0.7 ve 30 N yükte, 100 mm/s hızda ve 30 dakikada yaptığı testlerde ağırlık kaybını 0.05 g olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada yapılan ölçümlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Paulo Davim, 2000 pin-on-diskte CuZn30 pirincine karşın (Ck45-DIN) çeliğinde kuru ortamda 50 N yükte, 1 m/s hızda 500 m kayma mesafesinde yaptığı testlerde sürtünme katsayısını 0.2 ve aşınma kaybını ise 270 μm olarak belirlemiştir. Pin-on-disk teki testlerde kaynama olayı olmamaktadır. Bu çalışmada pirinç malzemeyi doğrudan yatak üzerinde kuru olarak aşındırığımızda kaynama oluşmaktadır. Bu nedenle testler yağlı ortamda yapılmıştır. Yatak ve milin aşınma sonuçları da Çizelge 5 ve Şekil 3 – 4' de verilmiştir. Kuru ortamda

yapılan testlerde oldukça yüksek sürtünme katsayısı değerleri (0.6-0.9) elde edilmiştir. Bunun neticesi olarak numunelerde çok fazla aşınma gözlenmiştir.

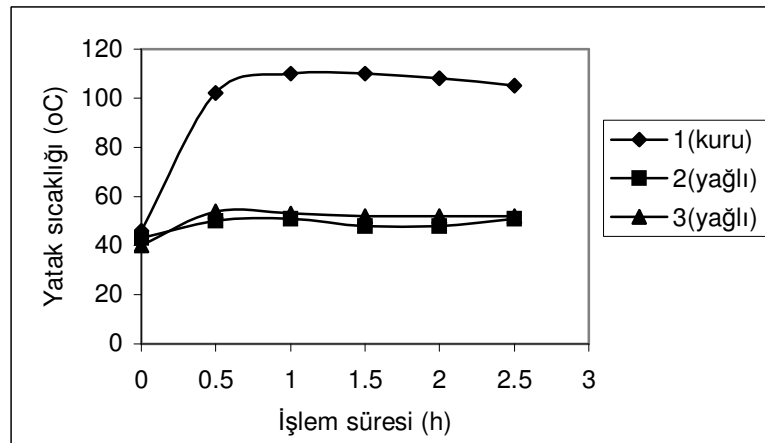
Çizelge 3. Sürtünme katsayısı değerleri

No	İlk	0.5	1	1.5	2	2.5
1) Kuru	0.72	0.63	0.68	0.68	0.67	0.66
2) Yağlı	0.16	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08
3) Yağlı	0.1	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05



Şekil 1. 1500 d/dak, 20 N yükte sürtünme katsayısı-işlem süresi değişimi

Yağlama SAE 90 dişli yağı ile yapıldı. Şekilden de görüldüğü gibi yağlı ortamda yapılan testlerde sürtünme katsayısının oldukça azaldığı görülmektedir. Bunun sonucu olarak numunelerde çok az miktarda aşınma gözlenmiştir. Deneylerde her 30 dakikada bir yatak sıcaklığı dijital termometre ile ölçülüp kaydedilmiştir. Ayrıca sıcaklık değerleri Çizelge 4'te, sürtünme katsayısı yatak sıcaklığının fonksiyonu olarak ise Şekil 2'de verilmiştir.



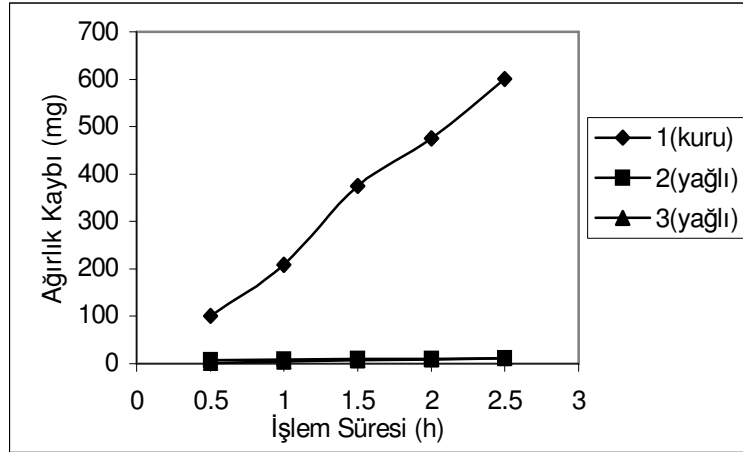
Şekil 2. 1500 d/dak, 20 N yükte yatak sıcaklığı-işlem süresi değişimi

Çizelge 4. Yatak sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$)

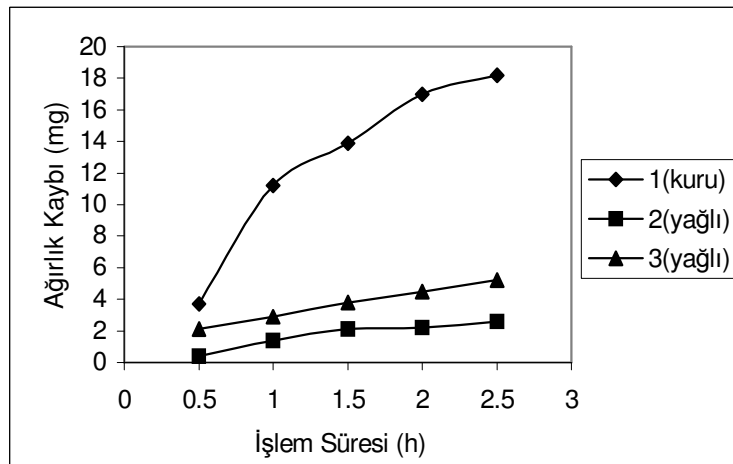
No	İlk	0.5	1	1.5	2	2.5
1) Kuru	46	102	110	110	108	105
2) Yağlı	43	50	51	48	48	51
3) Yağlı	40	54	53	52	52	52

Çizelge 5. CuSn10 ve SAE 1050 milin aşınma kaybı (mg) a) Mil, b) Yatak

No	0.5	1	1.5	2	2.5
1) Kuru a)	3.7	11.2	13.9	17	18.2
b)	100.1	208.2	374.4	475.4	601.5
2) Yağlı a)	0.4	1.4	2.1	2.2	2.6
b)	7.3	8.9	9.7	10.4	12.3
3) Yağlı a)	2.1	2.9	3.8	4.5	5.2
b)	1.9	5.1	6.7	8.7	12.1



Şekil 3. 1500 d/dak, 20 N yükte yatak aşınma kaybı – işlem süresi



Şekil 4. 1500 d/dak, 20 N yükte mil aşınma kaybı - işlem süresi

4. SONUÇLAR

Bakır esaslı bronz ve pirinç yatakların aşınma deneylerinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kuru ortamda yapılan testlerde oldukça yüksek sürtünme katsayısı değerleri elde edilmiştir. Bunun sonucu olarak numunelerde çok fazla aşınma gözlenmiştir. Ayrıca yatak sıcaklığında da yüksek değerler elde edilmiştir.

Yağlı ortamda yapılan testlerde sürtünme katsayısının oldukça azaldığı görülmektedir. Bunun sonucu olarak numunelerde çok az miktarda aşınma gözlenmiştir. Yatak sıcaklığı değerleri de düşük elde edilmiştir.

Yağlı ortamda pirinç yatakların sürtünme katsayısı ve aşınma kayıpları bronz yataklara göre daha düşük elde edilmiştir. Buna karşı pirinç yatakların mili daha fazla aşındırdığı gözlenmiştir.

5. KAYNAKLAR:

- Akkurt M., (1990): "Makine Elemanları Cilt I", Birsen Yayınevi, İstanbul, s.440.
- Atik E., Ünlü B.S., Meriç C. (2001): "Radyal Kaymalı Yatak Aşınması Deney Cihazı Tasarımı", Makine Malzemeleri ve Teknolojisi (MAMTEK) Sempozyumu, Manisa, 98-103.
- Backensto A.B. (1990): "Effects of Lubricants on the Properties of Copper-Tin Powders and Compacts", N. Jersey, Advances in P/M, Proc. of PM Conf., APMI, PP.303-314.
- Coupard D., Castro M.C., Coletto J., Garcia A., Goni J., Palacios J.K. (1997): "Wear Behaviour of Copper Matrix Composites", Key Engineering Materials Vols. 127-131, pp:1009-1016.
- Meran C., Yüksel M., König R. (1999): "Pirinç Malzemelerin Kaynak Edilebilirliği ve Uygun Kaynak Parametrelerinin Tesbiti", MMO Bildiriler Kitabı Yayın No: 221, s. 206-214.
- Niemann G. (1973): "Makine Elemanları", Cilt-II, s.43.
- Paulo Davim J. (2000): "An Experimental Study of the Tribological Behaviour of the Brass/Steel Pair", Materials Processing Technology, pp: 273-277.
- Prasad B.K. (1997): "Dry Sliding Wear Response of Some Bearing Alloys as Influenced by the Nature of Microconstituents and Sliding Conditions", Metall Trans. (A-28), pp.809-815.
- Pratt, G.C. (1973): "Materials for Plain Bearings", International Metallurgical Reviews, Vol. 18, Review 174, pp. 23-25.
- Schatt W., Wieters K.P. (1997): "Powder Metallurgy", Processing and Materials, EPMA, Shrewsbury, U.K., pp.492.
- Schmidt R. F., Schmidt D.G. (1993): "Selection and Application of Copper Alloy Castings", ASM Handbook (II), pp. 346-355.
- Ünlü B.S., Atik E., Meriç C. (2002): "Kaymalı Yataklarda Aşınma Mekanizmaları", Makine Metal Teknolojisi, Sayı. 127, s. 45-50.
- Varol R. (2001): "Cu ve Fe Esaslı T/M Yatak Malzemelerinin Aşınma Özellikleri", DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi Cilt 3, Sayı 1, S. 81-90.