

CuSn10 YATAKLARIN TRIBOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bekir Sadık ÜNLÜ*, **Enver ATİK**, **Cevdet MERİÇ**

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü

Özet: Kaymalı yatak malzemesi olarak bakır esaslı alaşımlardan bronzlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alaşımlar kaymalı yataklardan beklenen özellikleri sağlamaktadırlar. İyi bir tribolojik özelliğe sahip bu malzemeler, kaymalı yataklarda iyi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada; CuSn10 bronzundan üretilen kaymalı yatakların farklı yük ve hızlarda kuru ve yağlı ortamlardaki sürtünme ve aşınma özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Karşı aşındırıcı olarak SAE 1050 çelik mil kullanılmıştır. Deneyler radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında 10 N ve 20 N yükleme ve 750 d/dak ve 1500 d/dak da kuru ve yağlı ortamda toplam 2.5 saatte yapılmıştır. Sonuç olarak, kuru ortamda yapılan deneylerde yüksek, yağlı ortamda ise çok daha düşük sürtünme katsayısı ve aşınma kaybı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Triboloji, Aşınma, Bronz Yatak*

DETERMINATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF CuSn10 BEARINGS

Abstract: For copper based alloys bronzes are widely used as journal bearing material. These alloys ensure that expected properties for journal bearings. These materials that have tribological properties good conclusions give at journal bearings. In this study, CuSn10 bronze that were manufactured journal bearings friction and wear properties has been examined and compared. SAE 1050 steel shaft has been used as counter abrader. Experiments have been carried out 10 N and 20 N loading and 750 and 1500 rpm totally 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.

Keywords: *Tribology, Wear, Bronze Bearing*

* Sorumlu yazar
bekir.unlu@bayar.edu.tr

1. GİRİŞ

Kaymalı yatak malzemesi olarak, önceleri tahta, demir, deri v.b. malzemeler kullanılmıştır. Zamanla bunların yerini pirinç, bronz, beyaz metal almıştır. Son zamanlarda alüminyum ve çinko esaslı malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. İlerleyen teknoloji ile birlikte devamlı yağlama imkanı olmayan yerlerde kendinden yağlamalı sinter yataklar ve belirli kullanım alanları için polimer malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Kaymalı yatakların seçiminde ise kullanım yerlerine göre kendinden beklenen özellikleri sağlayan malzemeler seçilmelidir.

Kaymalı yataklardan beklenen en önemli özellik, aşınma direncinin iyi olmasıdır. Bu yönde birçok çalışmada kaymalı yatak malzemelerinin aşınma direncini geliştirme yönünde araştırmalar yapılmaktadır [1-4]. Kaymalı yatak malzemelerinin düşük sürtünme katsayısı, yüksek aşınma direnci, yüksek yüklenme kapasitesi, iyi korozyon dayanımı, iyi ısıl iletkenlik, düşük ısıl genleşme ve yabancı partikülleri gömme gibi özelliklere sahip olması gerekir [5, 6].

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 [7, 8]. Bakır alaşımlarında kalayın etkisi aşınma dayanımında önemlidir. Kalay içeren bakır alaşımlarından kalay bronzları yüksek aşınma direncine sahip oldukları için yatak malzemesi olarak kullanılmaktadır [9]. İlave edilen kalay miktarı bronz malzemenin aşınma dayanımını artırmaktadır [10]. 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 [11].

Kaymalı yataklardaki aşınma ve aşınma mekanizmaları da birçok faktörlere bağlıdır. Bu faktörler ve etkileri tribolojik sistem içinde

incelenebilir. Bunlar; temel sürtünme elemanı, karşı sürtünme elemanı, ara maddesi, çevre, yüklenme ve hareketten oluşur [12]. Yataklarda, bu mekanizmalardan adhezyon aşınmasını yüklenme önemli ölçüde etkiler. Yatakların uygun yüklenme durumunda aşınma miktarı azalmaktadır [13]. Ayrıca; yüklemenin yanısıra, çalışma ortamı da tribolojik özellikleri etkiler [14].

Bu çalışmada, bakır esaslı malzemelerden CuSn10 bronzu yeni geliştirilen radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında [15] aşındırılarak deney süresi sonundaki sürtünme katsayısı ve aşınma kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca; bu yatakların yüzeylerinde oluşan aşınma izlerinin mikroyapı görüntüleri değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Deney Malzemelerinin Hazırlanması

Deneylerde kullanılan yatağın iç çapı $d=10^{+0.005}$ mm, genişliği $B=10$ mm, dış çapı $D=15$ mm ve milin çapı $d=10$ mm'dir. Yatak malzemesi CuSn10 (% 10 Sn, % 90 Cu) bronzudur. Mil malzemesinin kimyasal bileşenleri Tablo 1' de verilmiştir. Deneyler toplam 2.5 saat sürdürülmüştür. Deney 10 N ve 20 N yükte, 750 d/dak. ve 1500 d/dak. da kuru ve yağlı olarak tekrarlanmıştır. Bu deney sonundaki süre; $n=750$ d/dak. da $v=0.392$ m/s hıza ve 3532.5 m kayma mesafesine; $n=1500$ d/dak. da $v=0.785$ m/s hıza ve 7065 m kayma mesafesine karşılık gelir. Tablo 2'de ise bronz yatak numunelerinin yüklenme ve hız durumları verilmiştir. Deneyler bu parametrelerde yapılmıştır. Bu işlemin amacı; tek bir malzeme grubu üzerinde yatakların farklı yük, hız ve Yağlama durumlarında tribolojik etkilerini belirlemektir.

Tablo1. SAE 1050 milin kimyasal bileşenleri (% Ağırlık)

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

Tablo 2. Bronz yatak numunelerinin yükleme ve hız değerleri.

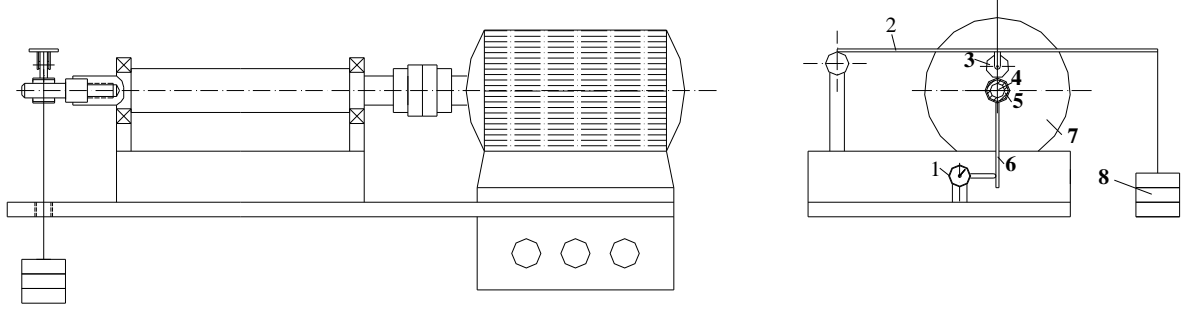
Deney Ortamı	No	F(N)	n(d/dak)
Kuru	1	10	750
	2	10	1500
	3	20	750
	4	20	1500
Yağlı	5	10	750
	6	10	1500
	7	20	750
	8	20	1500

2.2. Radyal Kaymalı Yatak Aşınma Test Cihazı

Kaymalı yataklarda genellikle yatak malzemesi, mil malzemesine göre daha düşük aşınma dayanımına sahip malzemelerden seçilir. Böylece milin aşınması büyük oranda azaltılmış olur. Bu nedenle kaymalı yatak aşınma cihazları, yatak malzemelerinin aşınmasını incelemek üzere tasarlanmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan kaymalı yatak aşınma cihazı ile yatak malzemelerinin aşınma davranışlarının incelenmesinin yanı sıra, kolaylıkla takılıp sökülebilen ve milin sadece kaymalı yatak içinde çalışan kısmından oluşan numune kullanılarak, milin aşınma davranışlarını incelemek de mümkün olmaktadır. Böylece farklı yatak malzemesi geliştirebilmenin yanında mil malzemesi ve bunlara yapılacak işlemlerin

de aşınmaya etkisi incelenebilmektedir. Ayrıca, yatakların doğrudan aşındırılması daha uygundur [4, 14].

Deneylerde kullanılan aşınma test cihazı; kaymalı yatak üzerine rijit bir çubukla basılı bir ağırlık ve yatağa bağlı bir çubuk ve bir komparatörden ibarettir (Şekil 1). Yatağın dönme yönünde oluşan sürtünme kuvveti ve buna bağlı çubuğun oluşturduğu yer değiştirmenin ölçülmesiyle sürtünme katsayısı belirlenir. Yağlı ortamda yapılan deneylerde sürtünme az, komparatörün yay katsayısı fazla olduğundan çok az miktarda deplasman oluşmuştur. Bunun yerine komparatörün yerine $k=0.004$ N/mm olan bir çeki yayı bağlanmıştır. Sürtünme kuvvetinin etkisiyle yeterli miktarda oluşan deplasmanlar bu yolla ölçülmüştür.



Şekil 1. Radyal Kaymalı Yatak Aşınma Test Cihazı: 1. Komparatör , 2. Rijit Çubuk, 3. Yük Temas Noktası (Rulman), 4. Mil numunesi, 5. Kaymalı yatak numunesi, 6. Levha Çubuk, 7. Motor, 8. Yükler.

3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Kaymalı yatak numuneleri 10 N ve 20 N yük, 750 d/dak ve 1500 d/dak dönme hızında, toplam 2.5 saat kuru ve yağlı ortamda aşındırılmıştır. Tablo 3’ te bronz yatak numunelerinin aşınma öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü değerleri verilmiştir. Bütün numunelerin yüzey pürüzlülüğü değerleri Mitutoyo-CE marka cihazda ölçülmüştür. Buradan da görüldüğü gibi, kuru ortamda aşındırılan numunelerin pürüzlülük değerleri aşınma sonrası daha da artmıştır. Yağlı ortamda aşındırılan numunelerin pürüzlülük değerleri aşınma sonrası azalmıştır.

Bu kaymalı yatak malzemesinde kuru ortamda yapılan deneylerde sürtünme katsayısı, yağlı ortamda elde edilen sürtünme katsayısından daha yüksek elde edilmiş olup fazla miktarda aşınma gözlenmiştir. Yağlı ortamda yapılan deneylerde ise oldukça düşük sürtünme katsayısı değerleri elde edilmiş ve çok az miktarda aşınma gözlenmiştir. Sürtünme

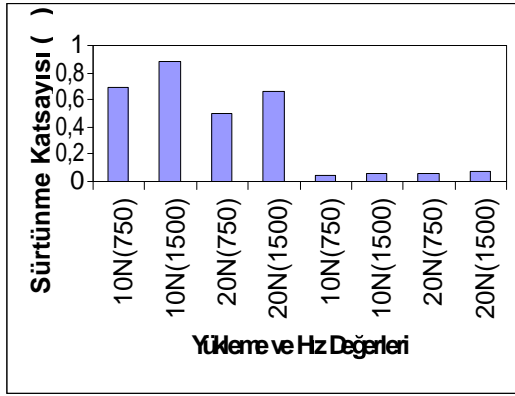
kuvveti artan yüklerle ve hızla artmakta ve sürtünme katsayısını etkilemektedir. Kuru ortamdakilere göre, yağlı ortamdaki sürtünme katsayısı yaklaşık 10 kat daha az olduğu belirlenmiştir. Yatak ağırlık kayıpları yaklaşık 50 kat daha az ve mil ağırlık kayıpları ise yaklaşık 5 kat daha az olarak gerçekleşmiştir. CuSn10 bronzunda, kuru ortamda yapılan deneylerde sürtünme katsayısı 0.6 ile 0.8 arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar Tablo 2. de belirtilen yüklemeler ve hız değerlerine göre Şekil 2-4 arasında verilmiştir.

Bu konuda, D.Coupar et all. Pim-disk deney cihazında CuSn12 bronzuna karşın AISI 54100 çeliğinde kuru ortamda 5 N yükte, 235 mm/s hızda ve 30 dakikada yaptığı deneylerde sürtünme katsayısını yaklaşık olarak 0.6 ve 2 N yükte, ise sürtünme katsayısını 0,7 olarak belirlemişlerdir [16]. Bulunan sürtünme katsayısı değerleri bu çalışmaya paralellik göstermektedir

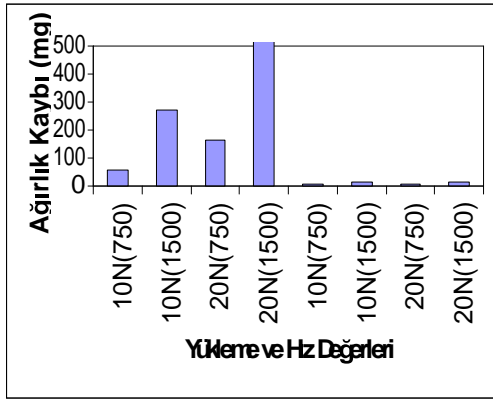
Tablo 3. Numunelerin yüzey pürüzlülüğü değerleri.

Pürüzlülük	SAE 1050	1	2	3	4	5	6	7	8
Ra (µm) (Aşınma Öncesi)	0.5	1.61	1.60	1.62	1.64	1.63	1.62	1.60	1.61
Ra (µm) (Aşınma Sonrası)	0.8-0.3	1.69	2.11	1.86	1.74	1.45	1.37	1.14	1.03
	(kuru-yağlı)								

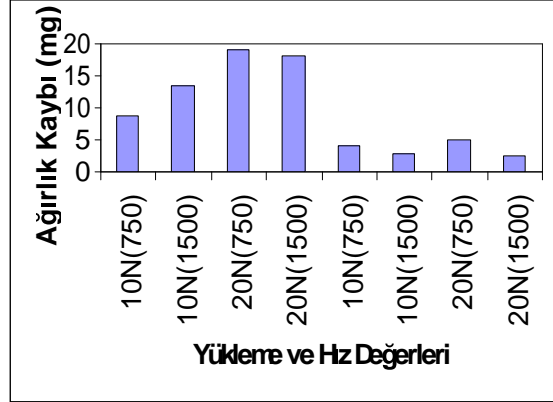
Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde; kuru ortamdaki bronz yatakların aşınma yüzeylerinde bölgesel çizikler oluşarak aşınma olmuştur. Yatakların yüklenme ve hız değerleri arttığında aşınma yüzeylerinde çizik ve pürüzlülük artmıştır (Şekil 5-8). Yağlı ortamdaki yatak yüzeylerinin aşınma yüzeylerinde ise çizik oluşumu ve aşınma izleri az, küçük ve sürtünme doğrultusunda olmuştur (Şekil 9-12).



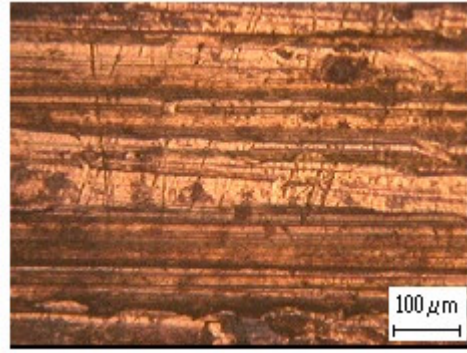
Şekil 2. CuSn10 yatağın yüklenme ve hız değerlerine göre sürtünme katsayıları



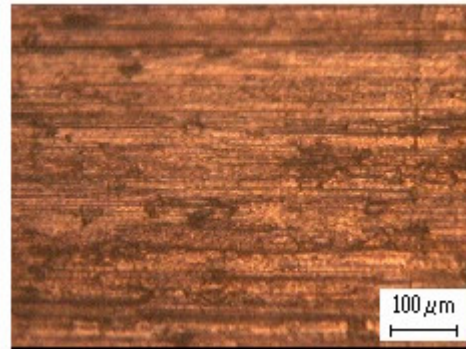
Şekil 3. CuSn10 yatağın yüklenme ve hız değerlerine göre yatak ağırlık kayıpları



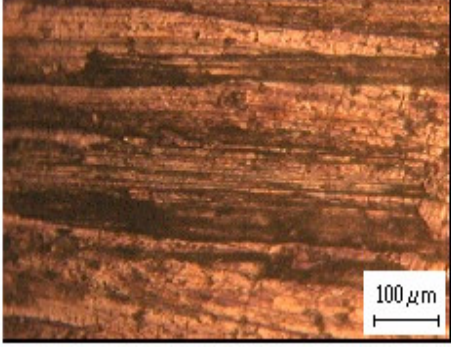
Şekil 4. CuSn10 yatağın yüklenme ve hız değerlerine göre mil ağırlık kayıpları



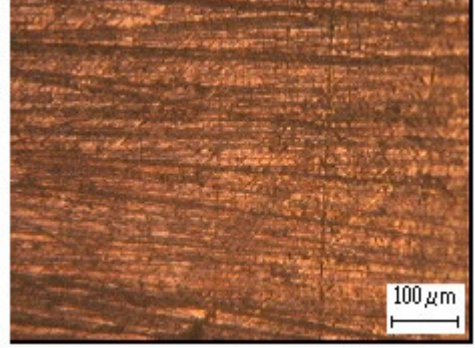
Şekil 5. Kuru ortamdaki 10 N, 750 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



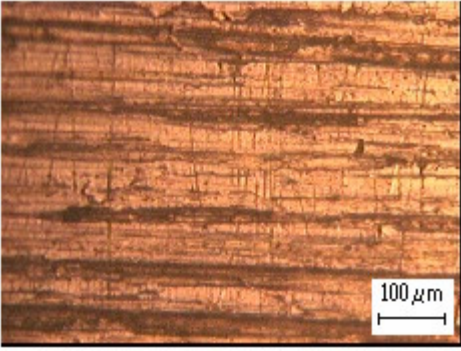
Şekil 6. Kuru ortamdaki 10 N, 1500 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



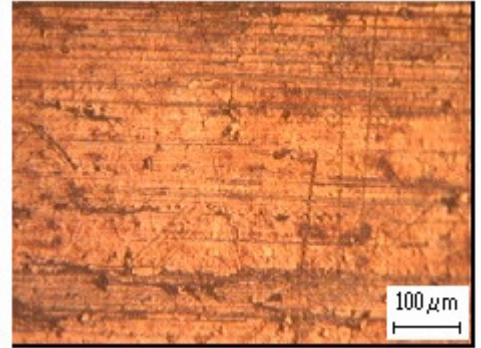
Şekil 7. Kuru ortamdaki 20 N, 750 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü.



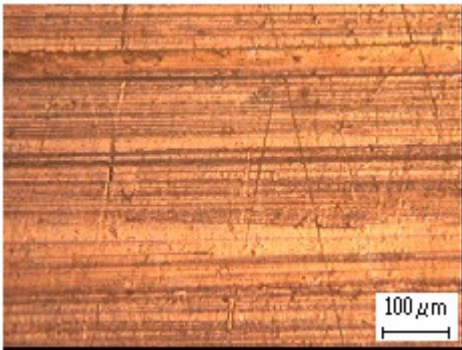
Şekil 10. Yağlı ortamdaki 10 N, 1500 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



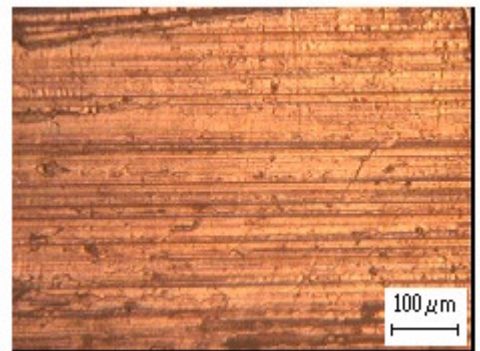
Şekil 8. Kuru ortamdaki 20 N, 1500 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



Şekil 11. Yağlı ortamdaki 20 N, 750 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



Şekil 9. Yağlı ortamdaki 10 N, 750 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü



Şekil 12. Yağlı ortamdaki 20 N, 1500 d/dak, CuSn10 yatağın aşınma yüzeyi görüntüsü.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CuSn10 bronz radyal kaymalı yatak aşınma test cihazında aşındırılarak deney süresi sonundaki sürtünme katsayısı, aşınma kayıpları ve bu yatakların aşınma yüzeylerinde oluşan aşınma izlerinin mikroyapı görüntüleri belirlenmiştir. Aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Aşınma sonrası yüzey pürüzlülüğü değerleri, kuru ortamda artmış ve yağlı ortamda ise azalmıştır.
2. Sürtünme katsayısı artan yük ve hızla artmıştır.
3. Yağlı ortamda sürtünme katsayısı, yatak ve mil ağırlık kayıplarının kuru ortama göre çok daha az gerçekleştiği belirlenmiştir.
4. Yağlı ortamdaki aşınma izlerinin daha az, daha küçük ve sürtünme doğrultusunda oluştuğu gözlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Schatt, W., Wieters K. P., "Powder Metallurgy", Processing and Materials, EPMA, Shrewsbury, U.K., pp. 492, 1997
- [2]. Enomoto, Y., Yamamoto, T., "New Materials in Automotive Tribology", Tribology Letters, 5, pp.13-24, 1998
- [3]. Eyre, T. S., "Friction and Wear Control in Industry", Surface Engineering, Vol. 7, 143-148, 1991
- [4]. Ünlü, B. S., "Kaymalı Yataklarda Tribolojik Özelliklerin ve Borlanmış Demir Esaslı Malzemelerin Yatak Olarak Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, C. B. Ü. Fen Bil. Enst., Manisa, 2004
- [5]. Paulo Davim, J., "An Experimental Study of the Tribological Behaviour of the Brass/Steel Pair", Materials Processing Technology, pp: 273-277, 2000
- [6]. Schmidt, R. F., Schmidt, D.G., "Selection and Application of Copper Alloy Castings", ASM Handbook (II), pp. 346-357, 1993
- [7]. Prasad, B.K., "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, 1997
- [8]. 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
- [9]. Pratt, G.C. (1973): "Materials for Plain Bearings", International Metallurgical Reviews, Vol. 18, Review 174, pp. 23-25
- [10]. Akkurt M., "Makine Elemanları Cilt I", Birsan Yayınevi, İstanbul, 1990, s.440
- [11]. Schatt, W., Wieters, K.P., "Powder Metallurgy", Processing and Materials, EPMA, 1997, Shrewsbury, U.K., pp.492

[12]. Ünlü, B. S., Atik, E., Meriç, C., "Kaymalı Yataklarda Aşınma Mekanizmaları", Makine & Metal Teknolojisi, Sayı127, 2002, S. 45-50

[13]. Varol, R., "Cu ve Fe Esaslı T/M Yatak Malzemelerinin Aşınma Özellikleri", DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi Cilt 3, Sayı 1, S. 81-90, Ocak 2001

[14]. Atik, E., Ünlü, B., S., Meriç, C., "Radyal Kaymalı Yatak Aşınması Deney Cihazı Tasarımı", Makine Malzemeleri ve Teknolojisi (MAMTEK) Sempozyumu , 2001, Manisa,98-103

[15]. Coupard, D., Castro, M.C., Coletto, J., Garcia, A., Goni, J., Palacios, J.K., "Wear Behaviour of Copper Matrix Composites", Key Engineering Materials Vols. 127-131, pp:1009-1016, 1997

