

Çinko-Alüminyum Esaslı Alaşımların ve Bu Alaşımlardan Üretilen Kaymalı Yatakların Aşınma Özellikleri

Temel SAVAŞKAN, Genççağ PÜRÇEK
*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 14.07.1998

Özet

Bu çalışmada, iki adet üçlü çinko-alüminyum-bakır, iki adet de dördü çinko-alüminyum-bakır-silisyum alaşımı kokil döküm yöntemiyle üretildi. Üretilen alaşımların aşınma özellikleri disk-çubuk esaslı bir aşınma deney düzeneği yardımıyla, bu alaşımlardan imal edilen kaymalı yatakların aşınma özellikleri ise bir yatak deney düzeneği yardımıyla incelendi. Çinko-alüminyum esaslı alaşımların genelde geleneksel bir yatak malzemesi olan CuSn12 bronzundan daha az aşındıkları gözlemlendi. Aynı şekilde, çinko-alüminyum esaslı alaşımlardan üretilen yatakların da CuSn12 bronzundan üretilen yataklardan daha üstün aşınma direncine sahip oldukları belirlendi. İncelenen alaşımlar içerisinde en az aşınmanın ZnAl40Cu2Si1 alaşımından, yataklar içerisinde en az aşınmanın ise bu alaşımdan üretilen yatakta meydana geldiği görüldü. Elde edilen sonuçların karşılaştırılması sonucunda, alaşımların aşınma özellikleri hakkında çubuk-disk esaslı düzenek yardımıyla elde edilen bulguların, bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma davranışları için de geçerli olduğu belirlendi.

Anahtar Sözcükler: Çinko-alüminyum alaşımları, kaymalı yataklar, aşınma.

Wear Behaviour of Zinc-Aluminium Alloys and the Bearings Produced from these Alloys

Abstract

In this study, two ternary zinc-aluminum-copper and two quaternary zinc-aluminum-copper-silicon alloys were produced by permanent mould casting. The wear behaviour of these alloys were investigated with a pin-on-disc machine. The wear behaviour of the journal bearings produced from these alloys was investigated with a bearing test rig. The wear resistance of zinc-aluminum based alloys was found to be higher than that of CuSn12 bronze. In addition, the bearings produced from the zinc-aluminum based alloys were found to be more wear resistant than the bearing produced from CuSn12 bronze. Of the alloys tested, the best wear performance was obtained with the ZnAl40CuSi1 alloy, while the bearing produced from this alloy had the highest wear resistance of the bearings tested. The wear results obtained from the alloys tested by a pin-on-disc machine were found to be in a good agreement with the wear results obtained from the bearings produced from these alloys.

Key Words: Zinc-aluminum alloys, journal bearings, wear.

Giriş

Üstün tribolojik özelliklere sahip olan çinko-alüminyum esaslı alaşımlar, pek çok uygulamada beyaz metal, bronz, pirinç ve dökme demir gibi geleneksel yatak malzemelerinin yerini almaktadır (Barnhurst, 1984; Murphy ve Savaşkan, 1984; Calayag ve Ferres, 1983). Söz konusu alaşımlardan üretilen yataklar; çeşitli iş makineleri, kablolu krenler ve hidrolik sistemler gibi değişik mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Barnhurst, 1984; Altorfer, 1982; Prasad, 1996).

Çinko-alüminyum esaslı alaşımların tribolojik özelliklerinin incelenmesinde daha çok bu alaşımlardan alınan aşınma örnekleri kullanılmış, ancak bu alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma özellikleri yeterince incelenmemiştir. Diğer taraftan, söz konusu alaşımların ve bu alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma özellikleri karşılaştırılarak, yatak tasarımına yönelik değerlendirme yapılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı; çinko-alüminyum esaslı alaşımların ve bu alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma özelliklerini inceleyip, bulunan sonuçları karşılaştırarak gerek alaşımların, gerekse

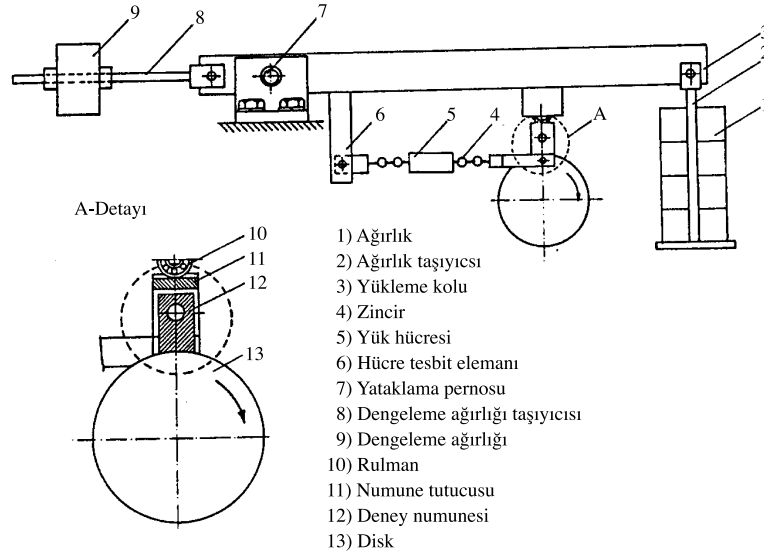
bu alaşımlardan üretilen yatakların tasarımına yönelik bilgiler elde etmektir.

Deneysel Çalışma

Alaşımların üretimi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi

Bu çalışmada, iki adet üçlü çinko-alüminyum-bakır (Zn-Al-Cu) ve iki adet dördü çinko-alüminyum-bakır-silisyum (Zn-Al-Cu-Si) alaşımı kokil döküm yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen alaşımların kimyasal bileşimleri atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) yardımıyla belirlendi. Alaşımlara ait örneklerin iç yapıları taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla incelendi.

Alaşımlardan, talaşlı işleme 8X40 TS138 A standardına uygun olarak hazırlanan örnekler çekme deneyine tabi tutuldu. Çekme deneyi sonucunda, alaşımların çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri belirlendi. Alaşımların sertlikleri, Brinell sertlik ölçme yöntemi ile 31.5 kg'lık yük altında 5 mm çapında uç kullanılarak ölçüldü.



Şekil 1. Disk-çubuk esaslı aşınma deney düzeneğinin şematik resmi

Alaşımın ve bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma özelliklerinin incelenmesi.

Aşınma Deney Düzenekleri

Disk-çubuk esaslı aşınma deney düzeniği: Bu çalışma için üretilen alaşımların sürtünme ve aşınma özellikleri disk-çubuk (pin-on-disc) esaslı bir deney düzeniği yardımı ile incelendi. Şematik resmi Şekil 1'de gösterilen aşınma deney düzeniği; 3 kW gücünde bir elektrik motoru, mil, disk, numune tutucu, yüklem kolu, yağlama sistemi ve sürtünme kuvveti ölçüm devresinden oluşmaktadır.

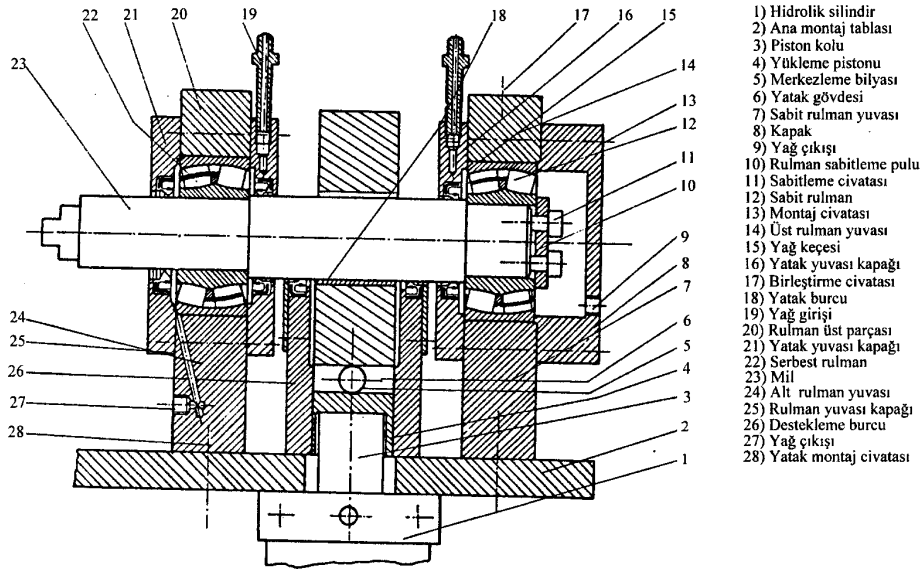
Düzenekte kullanılan disk, bir kaymalı yatak ünitesindeki mili, örnek ise yatağı temsil etmektedir. Yüklem işlemi, örnek tutucusunun bağlı olduğu yüklem kolunun ucuna ağırlık asmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Fe 70 çeliğinden üretilen 150 mm çapındaki disk ısıtma işlemi ile 40 RSD-C değerine kadar sertleştirildi.

Kaymalı yatak deney düzeniği: Bu çalışma için üretilen alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların

aşınma özellikleri, mil eksenine paralel kesiti Şekil 2'de verilen bir deney düzeniğinde incelendi. Bu deney düzeniği, 3 kW gücünde bir elektrik motoru, milin çapı 44.48 mm olan bir adet deney mili, deney yatağı ve yatak gövdesi, mili yataklayan iki adet rulman, hidrolik yüklem ünitesi, kayış kasnak sistemi, tahrik mili, yağ pompaları ve yağlama sistemlerinden oluşmaktadır. Hidrolik bir devre ile tahrik edilen piston kolu aracılığı ile uygulanan kuvvet bir bilya yardımıyla deney yatağının gövdesine dik doğrultuda iletilmektedir.

Aşınma Deneyleri

Çinko-alüminyum esaslı alaşımların aşınma deneyleri: Üretilen Zn-Al esaslı alaşımlar ve DIN-1705 normuna uygun CuSn12 bronzundan talaşlı işleme hazırlanan 9.7X14.7X32 mm boyutlarındaki deney örneklerinin aşınma yüzeyleri iç çapı 149.6 ± 0.05 mm olan bir kalıpta işlendi. Sözü edilen deney örnekleri Şekil 3'deki fotoğrafta görülmektedir.



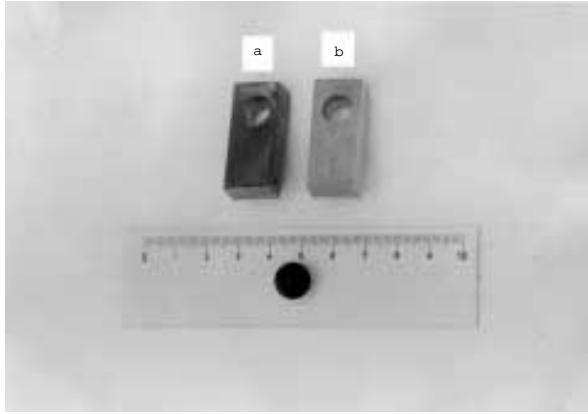
Şekil 2. Yatak deneyinde kullanılan düzeniğin mil eksenine paralel kesiti

Söz konusu örneklerin bir kısmı aşınma deney düzeniğinde yaklaşık olarak 20 saatlik bir süre sürtünme deneyine tabi tutuldu. Bir yük hücresi yardımıyla ölçülen sürtünme kuvveti, normal yük bölünerek sürtünme katsayısının değeri bulundu. Deney örneğinin sıcaklığı, çalışma sırasında bir demir-konstantan termoeleman çifti yardımı ile

ölçüldü ve zamana göre değişimi bir yazıcı ile çizdirildi. Bu deneyler; 2m/s'lik kayma hızı, 5.2 MPa'lık yüzey basıncı ve 1.5 cm³/saat'lik yağ akış hızında gerçekleştirildi.

Aşınma deneylerine başlamadan önce, ultrasonik temizleyici yardımı ile temizlenen örneklerin kütleleri, 0.01 mg hassasiyetindeki bir terazi

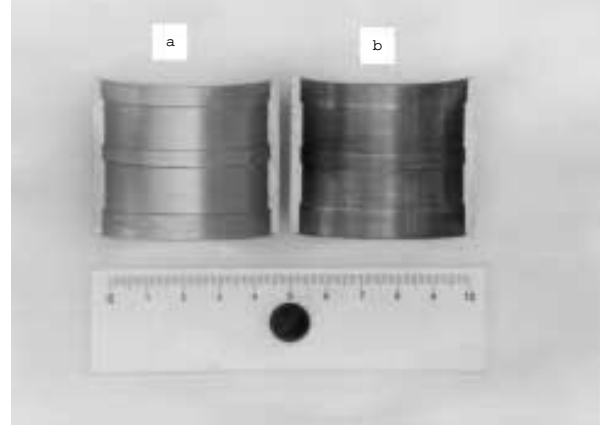
ile ölçüldü. Deney örnekleri, 93 km'lik yola karşılık gelen her 20 saatlik çalışma süresi sonunda sökülüp, temizlendikten sonra aşınma ile meydana gelen kütle kayıpları belirlendi. Deneyler, 650 km'lik yola karşılık gelen 140 saat süre sonunda tamamlandı. Yataklardaki aşınma miktarı, genelde hacim kaybı olarak gösterildiğinden, belirlenen kütle kayıpları alaşımların yoğunluklarına bölünerek hacim kayıpları bulundu. Aşınma deneyleri, 6.5 MPa'lık yüzey basıncı, 1.5 m/s'lik hız ve 2.5 cm³/saat'lik yağ akış hızında gerçekleştirildi. Deneylerde SAE 20 W/50 normuna uygun dört mevsim motor yağı kullanıldı.



Şekil 3. Sürtünme ve aşınma deneylerinde kullanılan örnekler: a) CuSn12 bronzu, b) Zn-Al esash alaşım

Çinko-alüminyum esash alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma deneyleri: Çinko-alüminyum esash alaşımlardan üretilen yataklar için en uygun izafi yatak boşluğunun 0.0027 civarında olduğu belirtilmektedir (Barnurst, 1988). Bu değeri elde etmek için, gerek çinko-alüminyum esash alaşımlardan, gerekse CuSn12 bronzundan, çapı 44.60 mm olan yataklar üretildi. Yine aynı kaynaktan yer alan bilgilerden yararlanarak, yatakların boyu 45 mm ve et kalınlığı 3 mm olarak seçildi. Yarım yatak şeklinde üretilen bu yataklara ait örnekler Şekil 4'deki fotoğrafta görülmektedir. Deneyler, 20 MPa'lık yüzey basıncı, 1.3m/s'lik kayma hızı ve 240 cm³/saat'lik yağ akış hızında gerçekleştirildi. Yatak deneylerinde de, alaşımlara ait aşınma örnekleri ile yapılan deneylerde olduğu gibi SAE 20W/50 normuna uygun yağ kullanıldı. Her yirmi saatlik çalışma süresi sonunda yataklar temizlenip, tartıldıktan

sonra aşınma ile meydana gelen kütle kayıpları belirlendi. Bulunan kütle kayıpları alaşımların yoğunluklarına bölünerek, aşınmayla meydana gelen hacim kayıpları hesaplandı. Deneylere, 600 km'lik yola karşılık gelen 140 saatlik bir süre devam edildi. Deney sırasında yatakların sıcaklığı, demir-konstantan termoeleman çifti ile algılanıp, bir kaydedici yardımı ile sürekli kaydedildi.



Şekil 4. Aşınma deneylerinde kullanılan yarım yataklar: a) Zn-Al esash alaşımdan üretilen yatak, b) CuSn12 bronzundan üretilen yatak

Aşınma yüzeylerinin incelenmesi: İncelenen bütün alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen yataklardaki aşınma mekanizmalarını belirlemek amacıyla, deneye tabi tutulan bütün aşınma örneklerinin ve yatakların yüzeyleri SEM ikincil elektron görüntü yöntemi ve enerji dispersif analiz yöntemi ile incelendi.

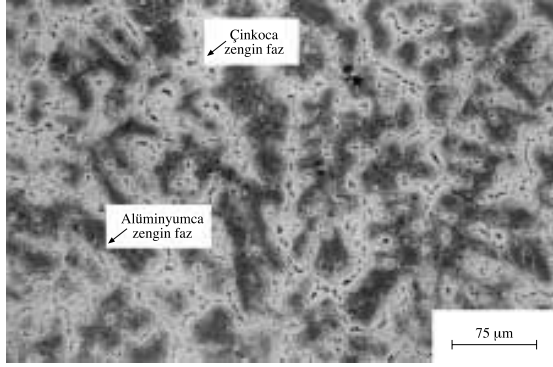
Bulgular

Alaşımların yapısal ve mekanik özellikleri

Üretilen alaşımların kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir. SEM ile yapılan incelemeler sonucunda, çinko-alüminyum esash alaşımların genelde göbekli dendritik yapıya sahip oldukları görüldü. ZnAl₂₇Cu₂ ve ZnAl₄₀Cu₂ alaşımlarının alüminyumca zengin α dendritleri ile bunları çevreleyen çinkoca zengin η ve bakırca zengin ϵ fazlarından oluşan iç yapıları sırasıyla, Şekil 5 ve 6'de verilmiştir. Dörtlü ZnAl₂₇Cu₂Si₁ ve ZnAl₄₀Cu₂Si₁ alaşımlarının iç yapılarının ise, ZnAl₂₇Cu₂ ve ZnAl₄₀Cu₂ alaşımlarının iç yapılarına benzemekle

birlikte, silisyum parçacıkları içerdikleri gözlemlendi. Bu alaşımların iç yapıları ise Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.

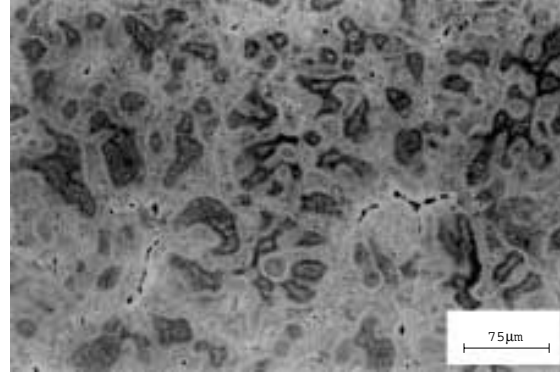
Alaşımların sertlik, mukavemet, kopma uzaması ve yoğunluk değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablodan, ZnAl27Cu2 alaışımının, diğer alaşımlardan daha yüksek mukavemet değerine sahip olduğu görülmektedir. Alaşımlar içerisinde en düşük mukavemet değeri ise, dörtdü ZnAl40Cu2Si1 alaışımından elde edildi. Söz konusu alaşımlar içerisinde en yüksek sertlik değeri, çekme mukavemeti en yüksek olan ZnAl27Cu2 alaışımından elde edildi. Alaşımlar, dökülmüş durumda olmaları nedeniyle oldukça düşük değerlerde (%1-2) kopma uzaması sergilediler.



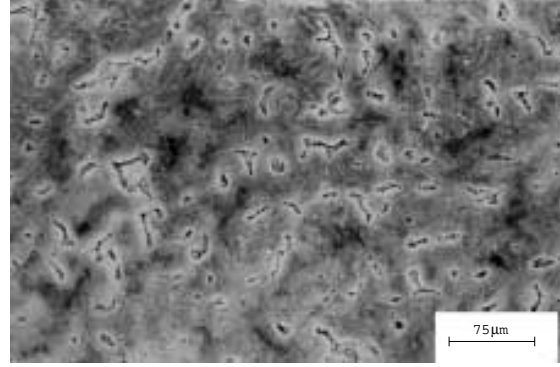
Şekil 5. ZnAl27Cu2 alaışımının iç yapısı

Tablo 1. Alaşımların kimyasal bileşimi

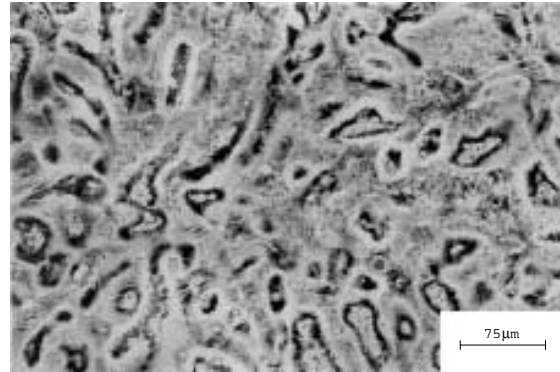
Alaışım no	Gösterim	Kimyasal bileşim (%)			
		Zn	Al	Cu	Si
1	ZnAl27Cu2	71.2	26.6	2.2	—
2	ZnAl27Cu2Si1	69.4	27.3	2.2	1.1
3	ZnAl40Cu2	57.6	40.3	2.1	—
4	ZnAl40Cu2Si1	57.1	39.9	2.1	0.9



Şekil 6. ZnAl40Cu2 alaışımının iç yapısı



Şekil 7. ZnAl27Cu2Si1 alaışımının iç yapısı



Şekil 8. ZnAl40Cu2Si1 alaışımının iç yapısı

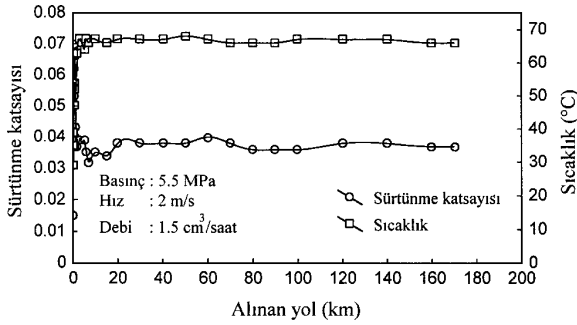
Tablo 2. Alaşımın bazı mekaniksel ve fiziksel özellikleri

Alaşım no	Gösterim	Yoğunluk (kg/m ³)	Çekme dayanımı (MPa)	Sertlik (BSD)	Kopma uzaması (%)
1	ZnAl27Cu2	4850	330	112	2.0
2	ZnAl27Cu2Si1	4810	324	106	2.0
3	ZnAl40Cu2	4160	290	105	1.3
4	ZnAl40Cu2Si1	4110	280	103	1.1

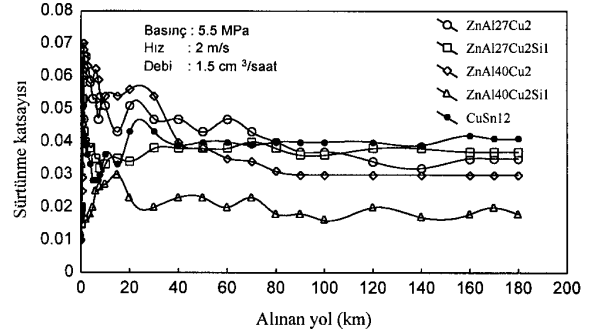
Aşınma deneylerinden elde edilen bulgular

Disk-Çubuk Esaslı Aşınma Deney Düzeninde Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Söz konusu alaşımlardan yalnız ZnAl27Cu2 alaşımının sürtünme katsayısı ile çalışma sıcaklığının alınan yola göre değişimlerini gösteren eğriler, şekil 9'da verilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi; sürtünme katsayısı başlangıç devresinde aniden yükselip en yüksek düzeye eriştikten sonra, hızlı bir şekilde azalarak kararlı bir değere ulaşmaktadır. Sıcaklık eğrisi de sürtünme katsayısı eğrisine benzer değişimler göstermektedir. Diğer alaşımlar için de benzer durumlar gözlenmiştir. Alaşımların sürtünme katsayılarının alınan yola göre değişimlerini gösteren eğriler ise Şekil 10'da verilmiştir. Kararlı çalışma devresinde en düşük sürtünme katsayısı dördü ZnAl40Cu2Si1 alaşımından, en yüksek sürtünme katsayısı ise CuSn12 bronzundan elde edildi. Zn-Al esaslı alaşımlar içerisinde ise en yüksek sürtünme katsayısını ZnAl27Cu2Si1 alaşımı sergiledi.

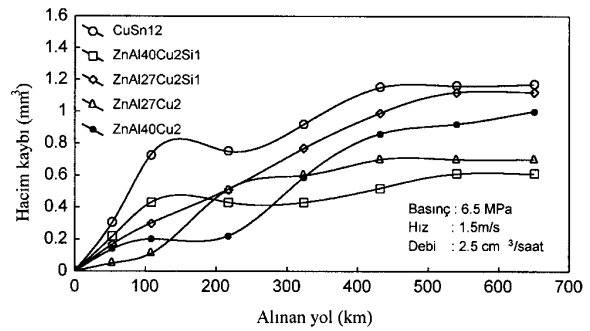


Şekil 9. ZnAl27Cu2Si1 alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler



Şekil 10. Alaşımların sürtünme katsayısı değerlerinin alınan yola göre değişimini gösteren eğriler

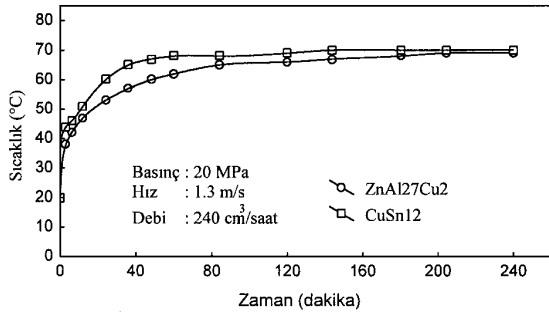
Aşınma nedeniyle alaşımlarda meydana gelen hacim kaybının, alınan yola göre değişimini gösteren eğriler Şekil 11'de verilmiştir. Bu eğrilerden, alaşımların aşınma veya rodaj olarak bilinen devrede yüksek olan aşınma hızlarının, artarak çalışma süresi veya yol uzunluğu ile azalarak, genelde sabit değerlere ulaştığı görülmektedir. İncelenen alaşımlar içerisinde en düşük aşınmanın ZnAl40Cu2Si1 alaşımında, en büyük aşınmanın ise CuSn12 bronzunda meydana geldiği görüldü. Zn-Al esaslı alaşımlar içerisinde ise en büyük miktardaki aşınmanın ZnAl27Cu2Si1 alaşımında meydana geldiği gözlemlendi.



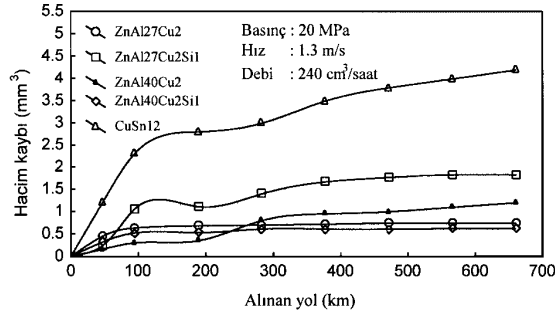
Şekil 11. Alaşımların aşınma davranışını gösteren eğriler

Kaymalı Yatak Düzeninde Yapılan Deneylerden Elde Edilen Bulgular

Üretilen yatakların sıcaklıklarının artan çalışma süresiyle artarak 70°C civarında rejime ulaştıkları görüldü. Ancak, CuSn12 bronzundan üretilen yatağın sıcaklığının, çalışma sırasında hızlı bir şekilde artarak nispeten daha kısa sürede rejime ulaştığı belirlendi. ZnAl27Cu2 alaşımı ve CuSn12 bronzundan üretilen yatakların sıcaklıklarının çalışma süresine göre değişimini gösteren eğriler Şekil 12'de verilmiştir.



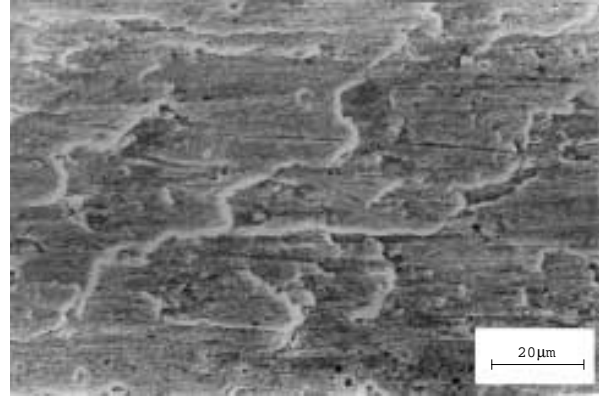
Şekil 12. Yatak sıcaklığının zamana göre değişimi



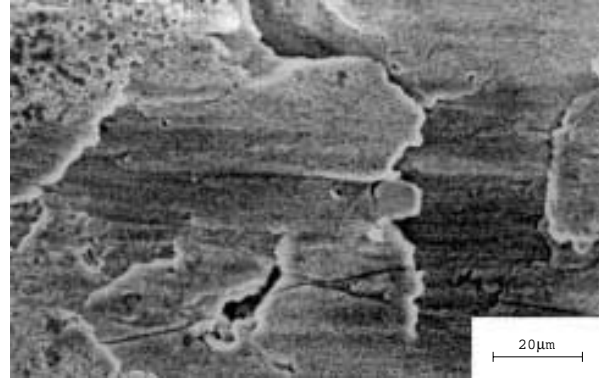
Şekil 13. Alaşımlardan üretilen yataklarda meydana gelen aşınmanın alınan yola göre değişimini gösteren eğriler

Aşınma deneyi sırasında yataklarda meydana gelen hacim kaybının, alınan yola göre değişimini gösteren eğriler Şekil 13'de verilmiştir. Bu eğrilerden, alıştırma devresi olarak adlandırılan başlangıç döneminde yüksek olan aşınma hızının, zamanla azalarak nispeten kararlı duruma ulaştığı görülmektedir. Bu durum, alaşımların gösterdiği değişik aşınma devrelerinin, bu alaşımlardan üretilen

yataklar için de geçerli olduğunu göstermektedir. İncelenen yataklar içerisinde, en çok CuSn12 bronzundan üretilen yatağın, en az da ZnAl40Cu2Si1 alaşımından üretilen yatağın aşındığı belirlendi. Çinko-alüminyum esaslı alaşımlardan üretilen yataklar içerisinde ise en büyük aşınmanın, ZnAl27Cu2Si1 alaşımından üretilen yatakta meydana geldiği gözlemlendi.



Şekil 14. ZnAl27Cu2Si1 alaşımının aşınma yüzeyinin SEM görüntüsü



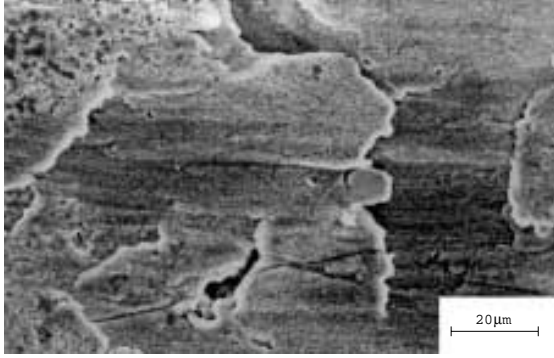
Şekil 15. CuSn12 bronzunun aşınma yüzeyinin SEM görüntüsü

Aşınma Yüzeylerinin İncelenmesinden Elde Edilen Bulgular

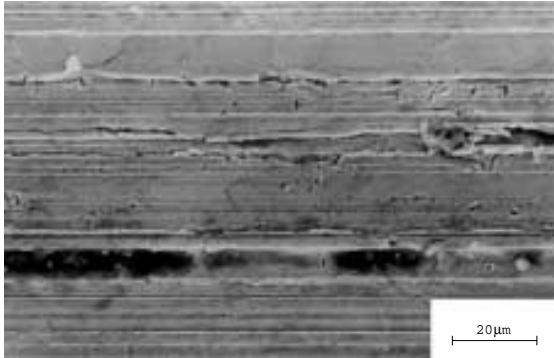
Çinko-alüminyum esaslı alaşımlara ait örneklerin aşınma yüzeylerinin birbirine çok benzedikleri görüldü. Bu nedenle burada, söz konusu alaşımlardan yalnız ZnAl27Cu2Si1 alaşımının aşınma yüzeyinden elde edilen SEM görüntüsü verilmiştir, Şekil 14. Bu fotoğraf, yüzeye sıvanmış durumda bulunan sürtünme tabakası ile hafif aşınma

çiziklerini göstermektedir. Aynı çalışma koşullarında deneye tabi tutulan CuSn12 bronzunun aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü ise Şekil 15'de verilmiştir. Bu fotoğraf, bronz örneğinin aşınma yüzeyinde çok sayıda derin aşınma çizikleri ile çukurcukların oluştuğunu göstermektedir.

Zn-Al esaslı alaşımlardan üretilen yatakların aşınma yüzeylerini temsil etmesi bakımından, burada yalnız ZnAl27Cu2Si1 alaşımından üretilen yatağın aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü verilmiştir, Şekil 16. Bu fotoğraf, ZnAl27Cu2Si1 alaşımından üretilen yatağın yüzeyinde, aşınma deneyine tabi tutulan alaşım örneklerinin yüzeylerinde olduğu gibi, hafif çizikler ile yüzeye sıvanmış durumda bulunan sürtünme tabakasını göstermektedir. Bronzdan üretilen yatağın aşınma yüzeyinde ise yine bu alaşıma ait aşınma örneğinin yüzeyinde olduğu gibi, derin çizikler ile çukurcukların bulunduğu gözlemlendi, Şekil 17.



Şekil 16. ZnAl27Cu2Si1 alaşımından üretilen yatağın aşınma yüzeyinin SEM görüntüsü



Şekil 17. CuSn12 bronzundan üretilen yatağın aşınma yüzeyinin SEM görüntüsü

İrdeleme

Çubuk-disk esaslı aşınma düzeneğinde yapılan sürtünme deneylerinden elde edilen bulgular, söz konusu alaşımların sürtünme katsayısı ve çalışma sıcaklığının, çalışmanın başlangıcında hızlı bir şekilde artarak tepe değerlerine eriştiklerini ve sonradan azalarak kararlı değerlere ulaştıklarını göstermektedir. Alıştırma veya rodaj devresi olarak adlandırılan aşamada, karşılıklı çalışan metal çiftlerinin sıcaklık ve sürtünme katsayısında görülen artış, yüzeylerde yeterli kalınlıkta yağ filminin oluşmaması nedeniyle meydana gelen metal-metal sürtünmesinden kaynaklanmaktadır (Halling, 1989). Ayrıca, alaşımların sürtünme katsayılarının alıştırma devresinde zaman zaman yükselip alçaldığı görüldü. Bu durum, söz konusu devrede yüzeylerde oluşan yağ filminin yeterli kalınlıkta olmamasından başka, oluşan yağ filminin de zaman zaman yırtılmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim, sıcaklık ile sürtünme katsayısının birbirine paralel olarak değişerek aynı anda tepe noktalarına ulaşmaları, bu devrede metal-metal temasının meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum, alıştırma devresinde sürtünme katsayısının kararlı olmayıp, dalgalanma gösterdiğini ileri süren Blau'nun (1989) gözlemleri ile uyusmaktadır.

Elde edilen aşınma eğrilerinden, alaşımların alıştırma devresinde yüksek olan aşınma hızlarının zamanla azalarak, genelde sabit değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma eğrilerinde de benzer durumu sergilemiştir. Alıştırma devresinde, aşınma yüzeylerdeki pürüzleri örtecek kalınlıkta yağ filminin oluşmaması nedeniyle metal-metal teması meydana gelmektedir. Aynı durum, kararlı aşınma devresinde bile söz konusudur. Çünkü, aşınma örnekleri ve yatakların yüzeylerinde oluşan yağ filmi her ölçümden önce yapılan temizleme işlemi sırasında ortadan kaldırılmaktadır. Yüzeylerdeki yağ filminin sürekli olmaması, örnek ve yatakların aşınmasında malzeme özelliklerini ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, bu koşullar altındaki aşınma davranışının daha çok sertlik ve mukavemet gibi malzeme özelliklerine bağlı olduğu söylenebilir. Bu durum literatürde verilen bulgularla uyum içerisindedir (Lee ve Savaşkan, 1987; Apelian, 1981; Savaşkan ve Murphy, 1987). Sertlik ve mukavemeti yüksek olan ZnAl27Cu2 alaşımında meydana gelen aşınma miktarının, sertlik ve mukavemeti daha düşük olan ZnAl27Cu2Si1 alaşımında meydana gelen aşınma miktarından daha az olması bu sonucu doğrulamaktadır. Ancak,

silisyum içeren ZnAl40Cu2Si1 alaşımlarının, sertlik ve mukavemeti daha yüksek olan ZnAl27Cu2 alaşımından daha az aşındığı görüldü. Bu durum ise, alaşımların aşınma davranışlarının her zaman sertlik ve mukavemete bağlı olmadığını göstermektedir. Nitekim, alaşımların aşınma davranışı bunların mekanik özelliklerinden başka, iç yapılarına ve aşınma yüzeylerinde oluşan oksit ve yağ tabakalarına da bağlıdır (Yoshiro, 1996; Calayag, 1986). Yatak malzemeleri genelde biri sert, diğeri yumuşak olmak üzere iki fazlı bir yapıya sahiptir. Sert faz yük taşıma görevi yaparken, yumuşak faz hem kaymayı kolaylaştırmakta, hem de aşınma sonucunda oluşan sert parçacıkların malzeme bünyesine gömülmesini sağlamaktadır (Murphy ve Savaşkan, 1984). Çinko-alüminyum esaslı alaşımların üstün tribolojik özellikleri, söz konusu alaşımların ideal iç yapıları ile aşınma yüzeyinde oluşan çinko ve alüminyum oksit tabakalarına dayandırılarak açıklanmaktadır (Marczak ve Ciach, 1973). Sert olan alüminyum oksit tabakası uygulanan yükü taşıırken, daha yumuşak olan çinko oksit tabakası ise yağlayıcı özelliğinden dolayı kaymayı kolaylaştırmaktadır. Silisyum içeren alaşımların gösterdikleri üstün aşınma davranışları ise, bunların iç yapılarında bulunan ve homojen dağılım gösteren sert silisyum parçacıklarına dayandırılarak açıklanmaktadır (Calayag ve Ferres, 1983). Şekil 11 ve 13'deki aşınma eğrilerinden, bazı çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen yataklarda meydana gelen aşınmanın zamanla merteye değiştirdiği görülmektedir. Bu durum, çalışma sırasında söz konusu alaşımların yapı ve özelliklerinde meydana gelen değişimlerden kaynaklanmış olabilir. Nitekim, dökülmüş durumdaki Zn-Al esaslı alaşımlar kararsız dengeli (metastabil) bir yapıya sahiptir (Savaşkan ve Murphy, 1990). Çalışma sırasında sıcaklık ve basıncın etkisiyle söz konusu alaşımlarda meydana gelen faz dönüşümleri yapısal değişimlere yol açmaktadır (Savaşkan ve Murphy, 1990; Murphy ve Savaşkan, 1984). Bu dönüşümler sırasında alaşımların sertlik ve mukavemetinden başka, hacimleri de önemli ölçüde değişmektedir (Savaşkan ve Murphy, 1986). Söz konusu değişimler de çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma davranışını etkileyerek aşınma hızının değişmesine neden olabilir.

Gerek çinko-alüminyum esaslı alaşımların, gerekse bu alaşımlardan üretilen yatakların CuSn 12 bronz ve bu bronzdan üretilen yataktan daha az aşındıkları belirlendi. Öte yandan, be-

lirli çalışma süreleri sonunda çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ve bu alaşımlardan üretilen yataklarda belirgin bir hacim kaybı meydana gelmezken, bronz örneği ve bronzdan üretilen yataktaki hacim kaybının az da olsa devam ettiği gözlemlendi. Önceki araştırmacılar (Prasad, 1997; Murphy ve Savaşkan, 1984) tarafından da gözlenen bu durum, söz konusu alaşımlardaki etkin aşınma mekanizmalarına dayandırılarak açıklanabilir. Şöyle ki; çinko-alüminyum esaslı alaşımların ve bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma yüzeylerinde sıvama veya yapışma şeklinde sürtünme tabakalarının oluştuğu gözlemlendi. CuSn12 bronzunun aşınma yüzeyinde ise kesilme izleri ile derin çizikler görüldü. Bu bulgular, çinko-alüminyum esaslı alaşımlarda adhezif aşınma mekanizmasının, bronzda ise abrazyon aşınma mekanizmasının etkin olduğunu göstermektedir (Zum Ghar, K. H., 1987). Bu nedenle, bronz örneği ve bronzdan üretilen yataktaki kesme mekanizmasıyla aşınan malzeme yüzeyden ayrılma, çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ve bu alaşımlardan üretilen yataklardan aşınma sonucunda kopan malzeme ise tekrar yüzeye sıvanmaktadır. Böylece, bronz ve bronzdan üretilen yataktaki sürekli bir aşınma gözlenirken, Zn-Al esaslı alaşımlar ve bu alaşımlardan üretilen yataklarda belirli çalışma süreleri sonunda belirgin bir aşınma meydana gelmemektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma davranışlarının birbirine çok benzedikleri görüldü. Bu nedenle, alaşımların aşınma davranışı hakkında çubuk-disk esaslı aşınma deney düzeneği yardımıyla elde edilen bulguların, bu alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların aşınma davranışı için de büyük ölçüde geçerli olduğu söylenebilir.

Alaşımların ve bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma özellikleri karşılaştırıldığında, çinko-alüminyum esaslı alaşımlardan üretilen kaymalı yatakların, bronz yatakların yerine başarılı bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılabilir.

Sonuçlar

a) Çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen kaymalı yataklarda, çalışmanın başlangıcında yüksek hızlı aşınma meydana gelmekte, ancak aşınma hızı zamanla azalarak rodaj devresinin sonunda genelde kararlı duruma erişmektedir.

b) Çinko-alüminyum esaslı bazı alaşımlar, geleneksel bir yatak malzemesi olan CuSn12 bronzun-

dan daha üstün aşınma direnci sergilerken, çinko-alüminyum esaslı alaşımlardan üretilen yataklar da bu bronzdan üretilen yataklardan daha az aşınma sergilemektedir.

c) Çinko-alüminyum esaslı alaşımların ve bu alaşımlardan üretilen yatakların aşınma davranışları, bu malzemelerin sertlik ve mukavemetinden başka iç yapı ve yüzeyde oluşan sürtünme tabakalarına da bağlıdır.

d) Çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile bu alaşımlardan üretilen yataklarda adhezif aşınma mekanizması, CuSn12 bronz ve bu alaşımdan üretilen yataklarda ise abrazif aşınma mekanizması etkin olmaktadır.

e) Çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile CuSn12 bronzunun aşınma davranışı hakkında çubuk-disk esaslı aşınma deney düzeneği yardımıyla elde edilen bulgular, bu malzemelerden üretilen yatakların aşınma davranışı hakkında yatak deney düzeneği yardımıyla elde edilen bulgular ile uyum içerisinde dir.

Teşekkür

Bu çalışma K.T.Ü. Araştırma Fonu Saymanlığı tarafından desteklenmiştir. Yardımlarından dolayı Dr. Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Altorfer, K.J., "Zinc Alloys Compete with Bronze in Bearings and Bushings", Metal Progress, 29-31, 1982.
- Apelian, D., Paliwal, M. ve Hertschaft, D.C., "Casting with Zinc Alloys", Journal of Metals, 12-19, 1981.
- Barnhurst, R. J., "Guidelines for Designing Zinc Alloy Bearings - A Technical Manual, Society of Automotive Engineers, paper no 88028, 151-161, 1984.
- Barnhurst, R.J., "Zinc-aluminum Alloy Design Manual for Continuous Rotating Bearings, Noranda Sales Corporation Ltd., Toroto, January 1988.
- Blau, P. J., "Frictions and Wear Technology", Noyes Publications, 1989.
- Calayag, T. S., "The Practicality of Using Zinc-Aluminum Alloys for Friction-Type Bearings", 25th. CIM. Conf. of Metallurgists, Toronto, mtnl. Symp. on Zinc-Aluminum (ZA) Casting Alloys, 305-312, 1986.
- Calayag T. ve Ferres D., "High Performance, High Aluminium Zinc Alloys for Low Speed Bearings and Bushings, SAE Annual Conference, paper no 820643, 2242-2251, 1983.
- Halling, J., Principles of Tribology, Macmillan Education Ltd., Great Britain, 1989.
- Lee, P.P., Savaşkan, T. ve Laufer, E., "Wear Resistance and Microstructure of Zn-Al-Si and Zn-Al-Cu Alloys", Wear, 117, 79-89, 1987.
- Marczak, R.J. ve Ciach, R., "Tribological Properties of the Concentrated Al-Zn Alloys", Proc. 1th. Europ. Tribology Congress, London, inst. Mech. Eng., 223-227, 1973.
- Murphy, S. ve Savaşkan, T., "Comparative Wear Behavior of Zn-Al-Based Alloys in An Automotive Engine Application", Wear, 98, 151-161, 1984.
- Prasad, B. K., "Effect of Silicon Addition and Test Parameters on Sliding Wear Characteristics of Zinc - Based Alloy Containing 37.5 % Aluminium", Materials Taransactions, JIM, 38, 701-706, 1997.
- Prasad, B. K., Patwardhan, A. K. ve Yegneswaran, A. H., "Dry Sliding Wear Response of a Modified Zinc-Based Alloy", Materials Transactions, JIM, 38, 197-204, 1997.
- Prasad, B. K., "influence of Heat Treatment on the Physical, Mechanical and Tribological Properties of a Zinc-based Alloy", Z. Metallkunde., 87, 226-232, 1996.
- Savaşkan, T., ve Murphy, S., "Decomposition of Zn-Al Alloys on quench-aging", Materials Science and Technology, 6, 695-703
- Savaşkan, T. ve Murphy, S., "Mechanical Properties and Lubricated Wear of Zn-25Al-Based Alloys", Wear, 116, 211-224, 1987.
- Savaşkan, T. ve Murphy, S., "Zn-Al Esaslı Yatak Alaşımlarındaki Faz Dönüşümleri", 4. Ulusal Metalurji Kongresi, Ankara, 532-555, 1986
- Yoshiro, I., Weiya, H., Tomomi, H. ve Hidetomo, Y., "Wear Behaviour of High Tensile Strength Aliminium Alloys Under Dry and Lubricated Conditions", Wear, 196, 46-53, 1996.
- Zum Gahr, K. H., Microstructure and Wear of Materials, Elsevier Science Publishers B. V., The Netherlands, 1987.