

ÇİNKO-ALÜMİNYUM ESASLI ALAŞIMLARDA İÇYAPI VE TRIBOLOJİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Hamdullah ÇUVALCI* Temel SAVAŞKAN**

*Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Değişik kimyasal bileşimlerde bir dizi üçlü çinko-alüminyum-bakır ve dördü çinko-alüminyum-bakır-silisyum alaşımı kokil döküm yöntemi ile üretildi. İntermetalik bileşik toz katkılarının Zn-Al alaşımlarının içyapı ve mekanik özelliklere etkisi belirlendi. Söz konusu alaşımların tribolojik özelliklerini incelemek için yeni bir aşınma deney düzeneği imal edildi ve bu düzenek yardımıyla söz konusu alaşımların sürtünme katsayıları ile aşınma miktarlarının basınç, hız ve yağ debisi gibi parametrelere göre değişimleri belirlendi.

İntermetalik bileşik toz katkılarının çinko-alüminyum esaslı alaşımların mukavemet değerlerini arttırdığı görüldü. Bazı çinko-alüminyum esaslı alaşımların geleneksel CuSn12 bronzundan daha üstün tribolojik özelliklere sahip oldukları gözlemlendi. İncelenen alaşımların sürtünme katsayılarının, malzeme özelliklerinden başka, basınç, hız ve yağ debisi gibi çalışma koşullarına da bağlı olduğu tespit edildi.

Yapılan çalışmalar sonucunda, düşük oranlarda silisyum içeren çinko-alüminyum-bakır alaşımlarının pek çok uygulamada bronzdan daha üstün özelliklere sahip oldukları kanıtlandı.

Anahtar Kelimeler :

Çinko-alüminyum alaşımı, içyapı, triboloji.

ABSTRACT

A series of ternary zinc-aluminum-copper and quaternary zinc-aluminum-copper-silicon alloys were produced by permanent mould casting. The effects of intermetallic compound powder additions on the microstructure and mechanical properties of zinc-aluminum alloys were also determined. Friction and wear behaviors of the alloys were investigated using a new wear test apparatus, which was built for this work. The coefficient of friction and wear rate of the alloys were investigated as a function of operating conditions including pressure, speed and oil flow rate.

It was observed that the addition of intermetallic powder (Cu₃₂Al₁₉) increased the mechanical properties of the zinc-aluminum based alloys. Some zinc-aluminum based alloys were found to be more wear resistant than the conventional bearing bronze (CuSn₁₂). The coefficients of friction of the alloys were found to be affected by operating conditions including pressure, speed and oil flow rate.

As a result of this work, it was concluded that zinc-aluminum-copper based alloys containing small amount of silicon, can substituted for bronze bearings successfully in a wide range of applications.

Keywords

Zinc-aluminum alloy, microstructure, tribology.

GİRİŞ

Kaymalı yatak malzemelerinin temel alaşım elementlerinden olan kalay ve bakırın pahalı ve kısıtlı miktarda bulunan metaller olması, araştırmacıları kalaysız veya çok az kalay ve/veya bakır içeren yatak malzemeleri geliştirmeye yöneltmiştir (Altorfer, 1982; Gervais, 1987; Lyon, 1985). Bu nedenle, günümüzde beyaz metal, bronz ve piring gibi geleneksel yatak malzemelerinin yerini almaları için, hem ekonomik, hem de üstün tribolojik ve mekanik özelliklere sahip yeni yatak malzemeleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Mihaichuk, 1981; Calayag and Ferres, 1983).

Yapılan araştırmalar, çinko-alüminyum esaslı yatak alaşımlarının, geleneksel yatak malzemelerine göre pek çok üstünlüklere sahip olduklarını göstermiştir (Calayag, 1983; Redden, 1986). Çinko-alüminyum esaslı alaşımlar, pek çok uygulamada beyaz metal, bronz, piring ve dökme demir gibi geleneksel yatak malzemelerinin yerini

almaktadır (Barnhurst and Farge, 1988; Barnhurst, 1989; Gervais and Loong, 1984).

Çinko-alüminyum esaslı alaşımların geliştirilmesi ve özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmaları günümüzde halen devam etmektedir (Calayag, 1986; Jian ve diğ., 1993). Bu çalışmada ötektoid esaslı çinko-alüminyum alaşımlarının sürtünme ve aşınma davranışları incelenmiş ve intermetalik toz katma yönteminin alaşımların içyapı ve mekanik özelliklerine etkisi belirlenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Alaşımların Üretimi ve Özelliklerinin İncelenmesi

Bu çalışmada, dört adet üçlü Zn-Al-Cu, üç adet dördü Zn-Al-Cu-Si alaşımı kokil döküm yöntemiyle üretildi. Alaşımların üretiminde, % 99.99 saflıkta çinko, % 99.99 saflıkta elektrolitik bakır, ticari saflıkta (% 99.7) alüminyum kullanıldı. Silisyum içeren alaşımların üretiminde Etial-140 (AlSi12) alaşımı, bakır içeren alaşımların üretiminde ise, intermetalik bakır-alüminyum alaşımı (AlCu50) kullanıldı. Ergitme işlemi, bir pota fırınında gerçekleştirildi. Ergitilen alaşımlar, bir kokil kalıba dökülerek katılaştırıldı.. Üçlü ZnAl27Cu1 ve dördü ZnAl27Cu5Si3 alaşımlarının üretimi, sıvı durumdaki Zn-Al alaşımlarına toz halindeki intermetalik Cu32Al19 bileşiği katılarak gerçekleştirildi. Bunun için, önceden hazırlanan intermetalik Cu32Al19 bileşiği öğütülerek toz haline getirildi ve tane boyutu 125 μm 'nin altında kalan tozlar sıvı durumdaki Zn-Al alaşımına katılıp, iyice karıştırıldıktan sonra kokile dökülerek katılaştırıldı. Üretilen alaşımların kimyasal bileşimleri atomik absorpsiyon ve enerji dispersif spektrometresi (EDS) yöntemleriyle belirlendi.

Numuneler, standart metalografi yöntemi ile hazırlandıktan sonra, % 25'lik Nital içerisinde dağlanarak, ışık mikroskobunda içyapıları gösteren fotoğraflar çekildi.

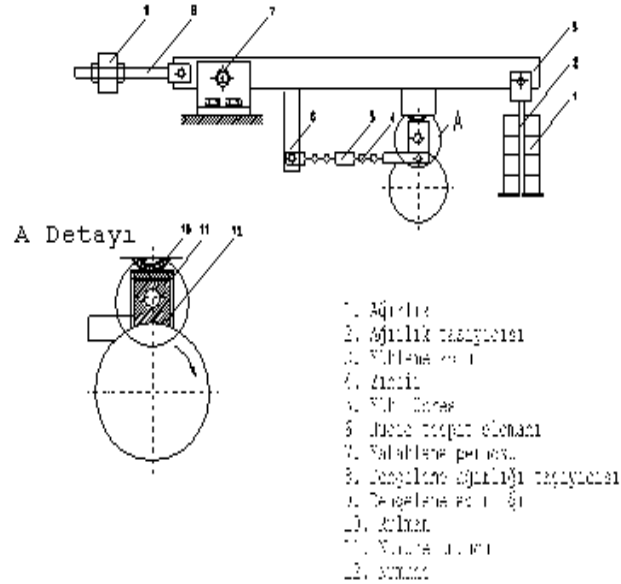
Sertlik ölçümleri Brinell sertlik ölçme yöntemi ile 31,25 kg \square lık yük altında ve 2,5 mm çapında uç kullanılarak gerçekleştirildi. Çekme deneyleri ise 13x10⁻² mm/s'lik sabit çekme hızında yapılarak, alaşımların çekme dayanımları ve kopma uzaması değerleri belirlendi.

Deney Düzenegi ve Deneyler

Laboratuarda disk-çubuk (pin-on-disc) esaslı yeni bir aşınma deney düzeneğinin konstrüksiyon ve imalâtı gerçekleştirildi. Konstrüksiyon yapısı Şekil 1'de gösterilen aşınma deney düzeneği; 3 kW gücündeki bir elektrik motoru, mil, disk, numune tutucusu, yükleme kolu, yağlama sistemi ve sürtünme kuvveti ölçüm devresinden oluşmaktadır.

Sürtünme kuvvetini ölçmek için numune tutucusu ile sabit mesnet arasında K-25 tipi, 20 kg kapasiteli bir yük hücresi yerleştirilmiştir. Hücreden alınan sinyal bir strain indicator vasıtasıyla kuvvetlendirilerek, bir yazıcıya aktarılmakta ve sürtünme kuvvetinin çalışma zamanına göre değişimi sürekli olarak kaydedilmektedir.

SAE 4140 çeliğinden imal edilen 150 mm çapındaki disk, 55 RSD-C değerine kadar sertleştirildi. Sertleştirilen diskin yüzeyi taşlandıktan sonra, 600 numaralı zımpara ve 0.5 m m'lik alümina ile parlatıldı.

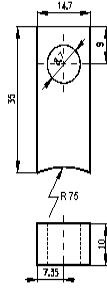


Şekil 1. Çubuk-disk esaslı aşınma deney düzeneğinin şematik resmi

Deneylerde SAE 20W/50 motor yağı kullanıldı ve yağlama işlemi, yağın disk üzerine damlatılması suretiyle gerçekleştirildi. Sürtünme deneyleri sırasında,

numunelerin sıcaklığı demir-konstantan'dan yapılmış bir termo eleman çifti (termokupl) yardımıyla ölçüldü.

Alaşımardan, talaşlı imalât yöntemi ile 10x15x35 mm boyutlarında sürtünme ve aşınma numuneleri hazırlandı. Numune yüzeyi ile disk yüzeyinin tam olarak birbiri ile temas etmesini sağlamak için; numune yüzeyi, kalıpta işlendi ve işlenen yüzey 600 numaralı zımpara ve 0.5 m m'lik alümina kullanılarak parlatıldı. Deneylere başlamadan önce, numuneler ultrasonik bir temizleyici yardımıyla karbontetraklorür ve aseton-alkol karışımından oluşan kimyasal çözücüler içerisinde temizlendi. Deneylerde kullanılan numunenin teknik resmi Şekil 2'de verilmiştir. Aşınma deneylerinden önce, kimyasal çözücüler içerisinde temizlenen numunelerin ağırlıkları, 0.01 mg hassasiyetindeki bir terazi yardımıyla ölçüldü. Aşınma miktarını belirlemek için; her 155 km'lik yola karşılık gelen süreler sonunda numuneler alınıp kimyasal çözücüler içerisinde yeniden temizlendikten sonra, tartılarak ağırlık kayıpları belirlendi. Bu işleme, her numune için alınan toplam yol 1240 km'ye ulaşıncaya kadar devam edildi. Yatak uygulamalarında mil ile yatak arasında, oluşan boşluk aşınmayı ifade etmektedir. Bu nedenle, ölçülen ağırlık kayıpları alaşımların yoğunluklarına bölünerek, aşınma ile meydana gelen hacim kayıpları belirlendi.



Şekil 2. Aşınma ve sürtünme deneylerinde kullanılan numunenin teknik resmi

Yüzey basıncının alaşımların aşınma davranışına etkisini belirlemek için; numuneler 2 ila 11 MPa arasındaki değişik basınçlarda, 2 saat süreli aşınma deneyine tabi tutuldu.

Alaşımların sürtünme katsayılarının zamana göre değişimini belirlemek için; her alaşıma ait numune, aşınma deney düzeneğinde yaklaşık olarak 20 saatlik bir süre sürtünme deneyine tabi tutuldu.

Yüzey basıncının, alaşımların sürtünme katsayılarına etkisini belirlemek için; sürtünme numuneleri 1-7 MPa arasındaki değişik basınç değerlerinde, 30 dakika süreli sürtünme deneyine tabi tutuldu. Benzer şekilde, ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımına ait numune, aşınma deney düzeneğinde değişik kayma hızlarında 30 dakika süreli deneylere tabi tutularak, kayma hızının sürtünme katsayısına etkisi belirlendi.

Yağ debisinin sürtünme katsayısına etkisini belirlemek için de, ZnAl₂₇Cu₂ ve ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımlarına ait numuneler, değişik debi değerlerinde 30 dakika süreli sürtünme deneyine tabi tutuldu.

BULGULAR

İçyapı ve Mekanik Özellikler İle İlgili Bulgular

Üretilen alaşımların ve piyasadan tedarik edilen CuSn₁₂ bronzunun analiz sonuçları Tablo 1.de verilmiştir. Analiz sonuçları, genelde döküm öncesi bileşimlere yakın çıkmıştır.

Tablo 1. İncelenen alaşımların kimyasal bileşimleri

Alaşım		Kimyasal Bileşim (% Ağırlık)			
No	Gösterim	Zn	Al	Cu	Si
1	ZnAl ₅ Cu ₁	93.5	5.53	0.97	-
2	ZnAl ₂₇ Cu ₁	71.2	27.35	1.45	-
3	ZnAl ₂₇ Cu ₂	70.8	27.19	2.01	-
4	ZnAl ₂₇ Cu ₂ Si ₂	68.3	27.84	1.92	1.94
5	ZnAl ₂₇ Cu ₃ Si ₃	65.6	28.65	2.9	2.85
6	ZnAl ₂₇ Cu ₅ Si ₃	63.5	27.85	5.73	2.92

7	ZnAl60Cu2	37.3	60.78	1.92	-
8	CuSn12	Cu, 11.5 % Sn, 0.9 % Pb, 0.7 % Ni , 0.3 % Sb.			
			60.78		
			1.92		
			-		

Not : 2 numaralı alaşıma % 2 oranında, 6 numaralı alaşıma da % 5 oranında intermetalik toz katılmıştır.

Yüksek oranda çinko içeren ZnAl5Cu1 alaşımının, dökülmüş durumda, çinkoca zengin h fazı ile (koyu siyah bölgeler), çinko ve alüminyumca zengin fazlardan oluşan lamelli bir yapıya sahip olduğu görüldü. Söz konusu yapı Şekil 3'de verilmiştir.

İntermetalik toz içeren ZnAl27Cu1 alaşımının dökülmüş durumdaki iç yapısı, Şekil 4'de görüldüğü gibi, alüminyumca zengin a dendritleri (beyaz bölgeler) ile bunların etrafını saran, çinkoca zengin h fazından oluşmaktadır. Dendritlerarası bölgelerde ayrıca, intermetalik toz parçacıklarının yer aldıkları görüldü. İntermetalik tozların yoğun olduğu bölgenin yüksek büyütmedeki fotoğrafı Şekil 5'de verilmiştir. Şekilden, tozların segregasyon yaparak bir araya toplandıkları ve homojen olarak dağılmadıkları görülmektedir.

Dörtlü ZnAl27Cu2Si2 alaşımının iç yapısı da, a dendritleri ile bunları çevreleyen çinkoca zengin h fazı ve primer silisyum parçacıklarından oluşmaktadır, Şekil 6.

Şekil 3. ZnAl5Cu1 alaşımının iç yapısı

Şekil 4. ZnAl27Cu1 alaşımının iç yapısı

Şekil 5. Şekil 4'de gösterilen yapı içerisindeki intermetalik tozların yüksek büyültmedeki görünümü.

Şekil 6. ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımının içyapısı

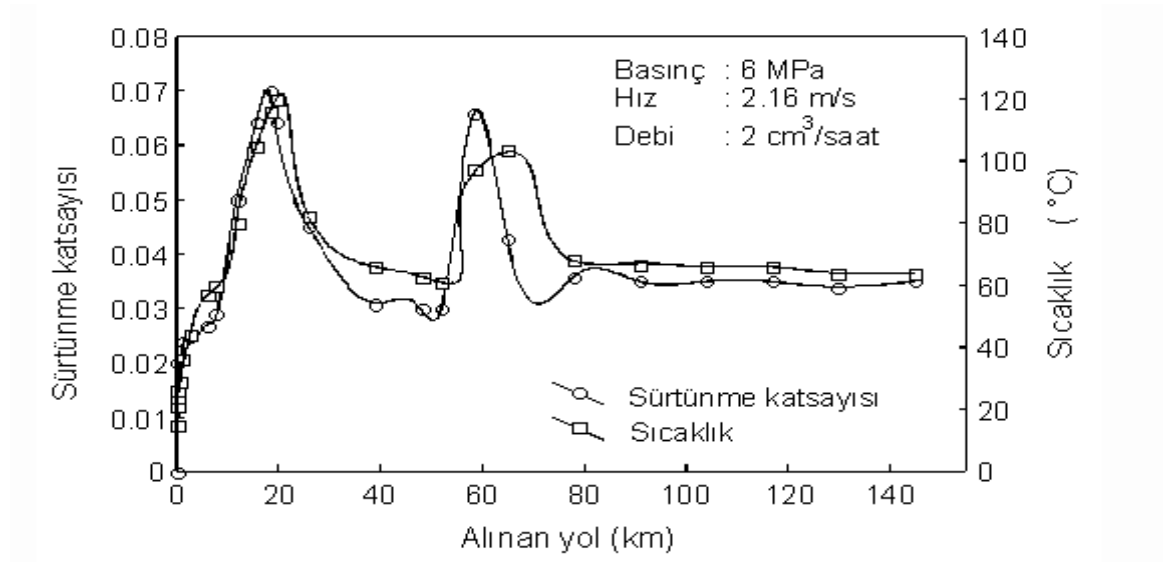
Çekme deneyi ve sertlik ölçümleri sonucunda, söz konusu alaşımlardan elde edilen çekme mukavemeti, kopma uzaması ve sertlik değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Aynı tabloda, ayrıca alaşımların yoğunluk değerleri de yer almaktadır. Alüminyum oranı arttıkça alaşımların yoğunluk değerleri düşmektedir. Kopma uzaması değerleri alaşım bileşimine göre 0.8-2.2 arasında değişim göstermektedir. Düşük kopma uzaması alaşımların gevrek olarak koptuklarını göstermektedir. Tablodan, bakır ve silisyum katkılarının çinko-alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerini iyileştirdiği görülmektedir.

Tablo 2. İncelenen alaşımların bazı mekanik ve fiziksel özellikleri

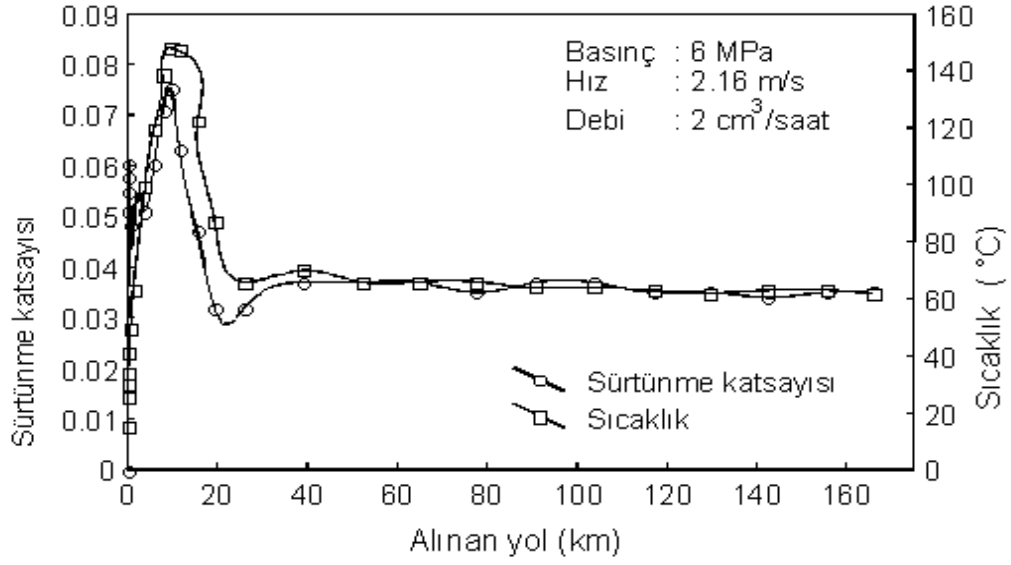
Alaşım no	Gösterim	Çekme mukavemeti (MPa)	Kopma uzaması (%)	Sertlik (BSD)	Yoğunluk (kg/m ³)
1	ZnAl ₅ Cu ₁	206	2,2	97	6640
2	ZnAl ₂₇ Cu ₁	338	1,2	139	4870
3	ZnAl ₂₇ Cu ₂	314	1,0	117	4850
4	ZnAl ₂₇ Cu ₂ Si ₂	325	0,8	125	4800
5	ZnAl ₂₇ Cu ₃ Si ₃	338	0,85	140	4760
6	ZnAl ₂₇ Cu ₅ Si ₃	373	1,2	131	4100
7	ZnAl ₆₀ Cu ₂	262	1,5	114	3590
8	CuSn ₁₂ Bronzu	174	2	84	8620

Ötektoid esaslı, dörütlü $ZnAl_{27}Cu_3Si_3$ ve $ZnAl_{27}Cu_5Si_3$ alaşımlarının, üçlü $ZnAl_{27}Cu_2$ ve $ZnAl_{27}Cu_1$ alaşımlarından daha yüksek mukavemet değerlerine sahip oldukları belirlendi. Nitekim, bakır içeren, üçlü $ZnAl_{27}Cu_2$ alaşımının çekme dayanımı 314 N/mm^2 iken, silisyum içeren dörütlü $ZnAl_{27}Cu_3Si_3$ alaşımının çekme mukavemetinin 338 N/mm^2 olduğu görüldü. Diğer taraftan, intermetalik toz katma yönteminin de çinko-alüminyum esaslı alaşımların mekanik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği görüldü. Nitekim, çekme dayanımı 338 N/mm^2 olan dörütlü $ZnAl_{27}Cu_3Si_3$ alaşımına, % 5 oranında intermetalik $Cu_{32}Al_{19}$ tozu katıldığında, çekme dayanımının % 10 oranında artarak 373 N/mm^2 değerine yükseldiği gözlemlendi.

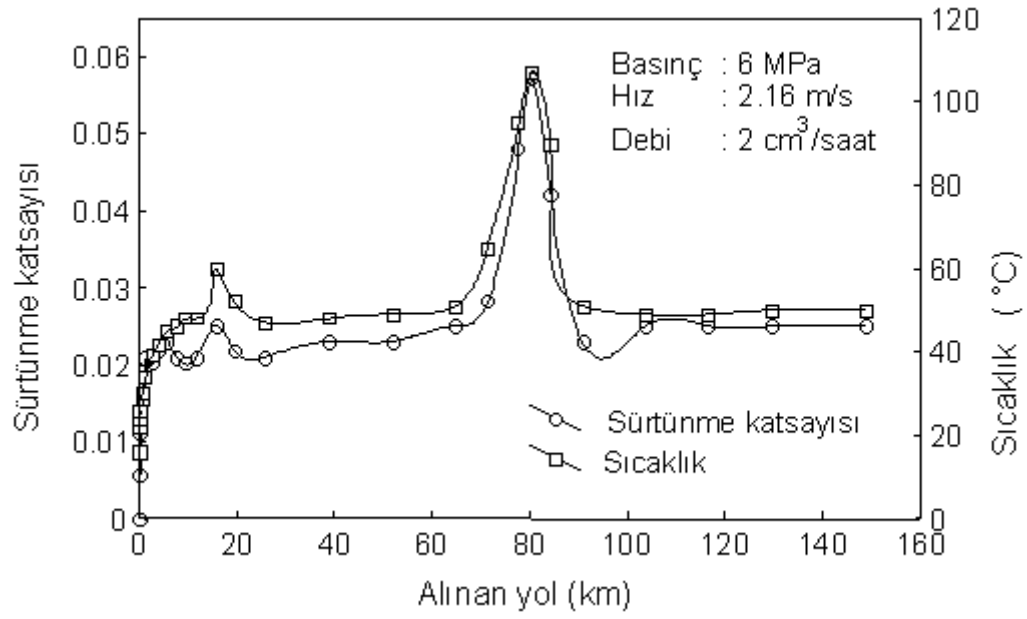
Sürtünme ve Aşınma Özellikleri İle İlgili Bulgular



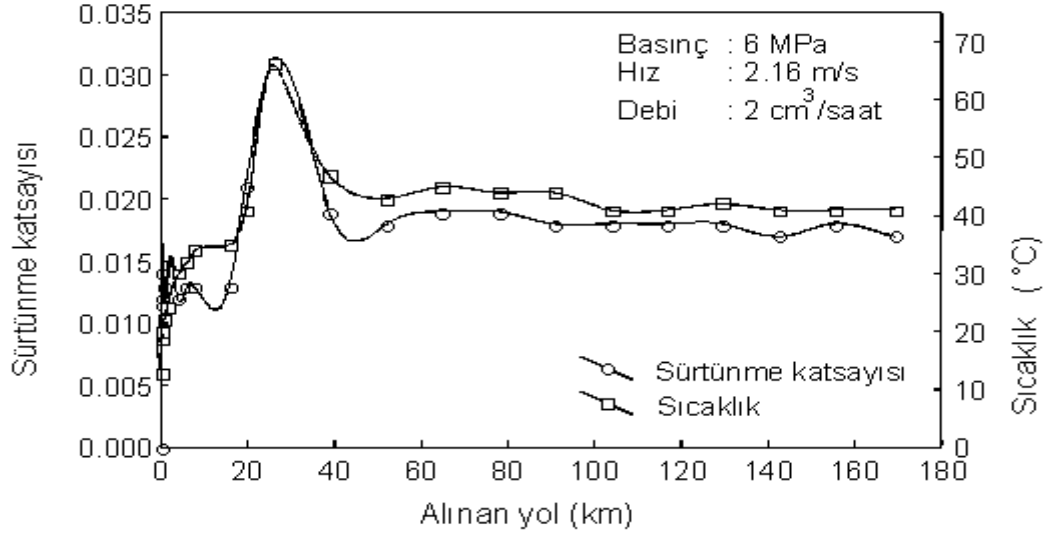
Şekil 7. $ZnAl_5Cu_1$ alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



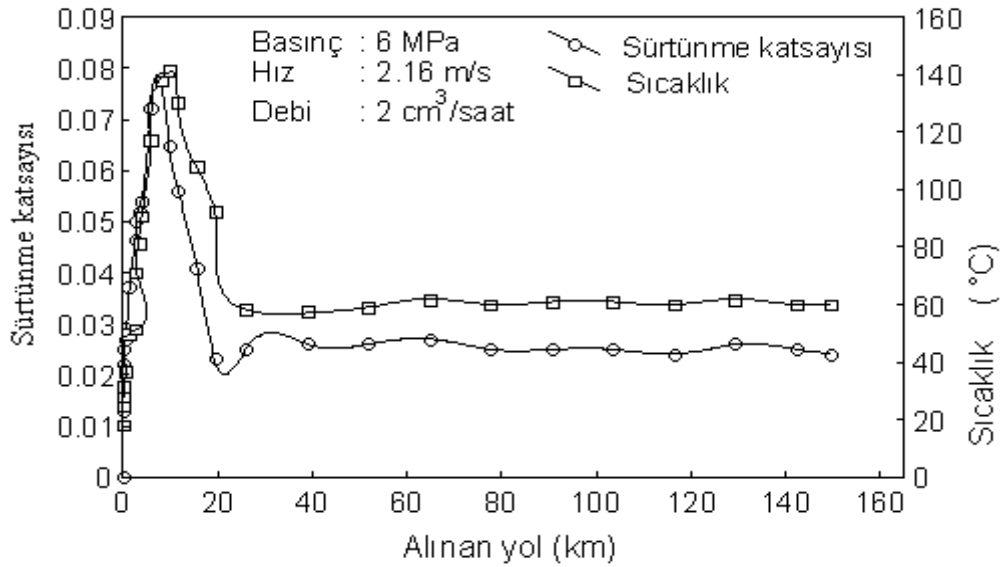
Şekil 8. ZnAl27Cu1 alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



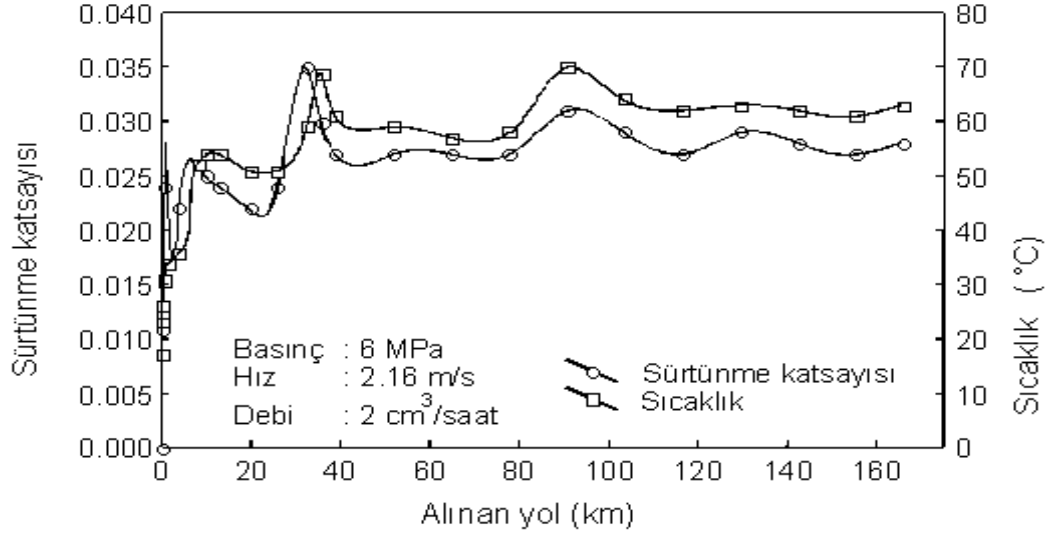
Şekil 9. ZnAl27Cu2 alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



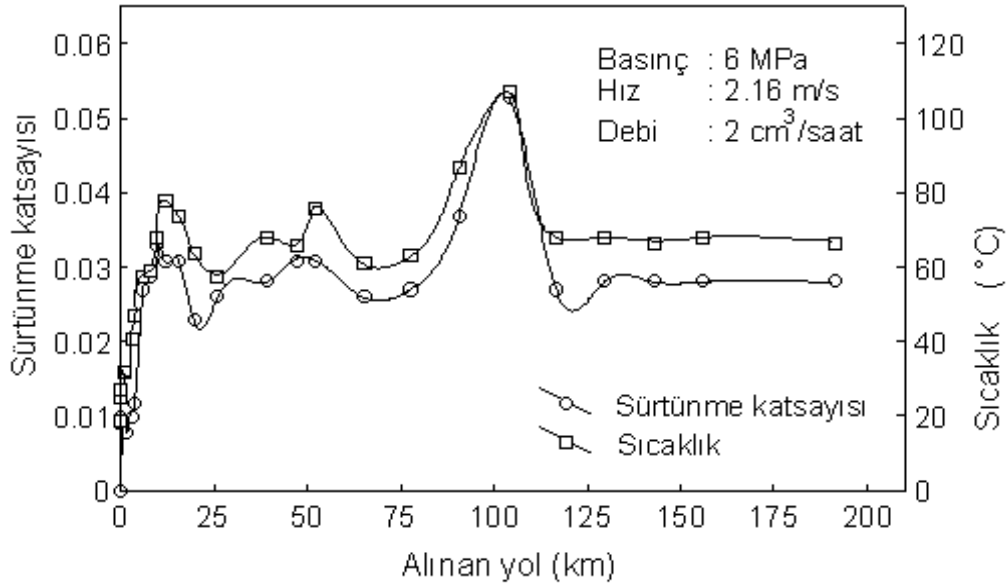
Şekil 10. ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



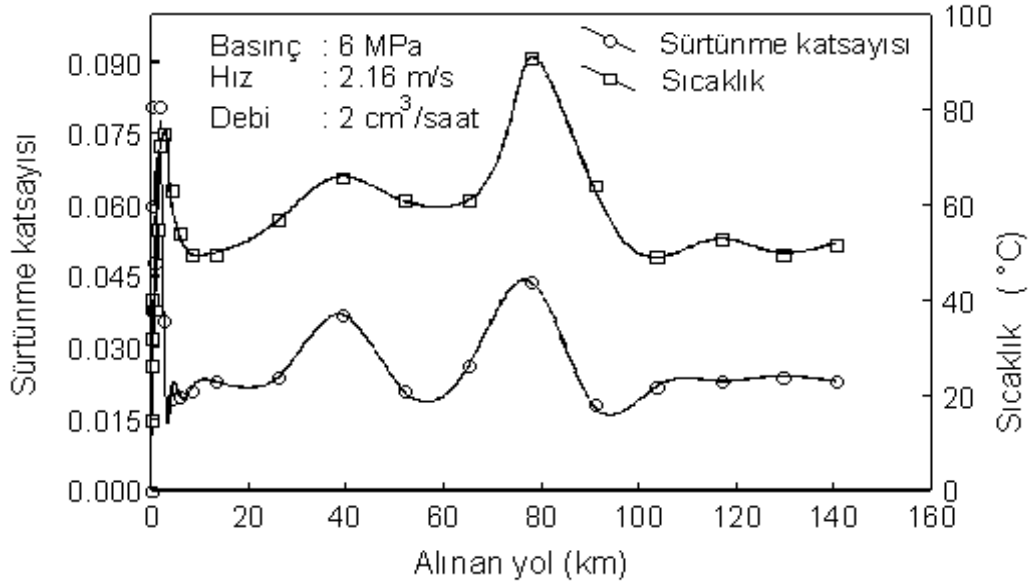
Şekil 11. ZnAl₂₇Cu₃Si₃ alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



Şekil 12. ZnAl₂₇Cu₅Si₃ alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



Şekil 13. ZnAl₆₀Cu₂ alaşımının sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.



Şekil 14. CuSn12 bronzunun sürtünme katsayısı ve sıcaklığının alınan yola göre değişimini gösteren eğriler.

Üretilen çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile CuSn12 bronzunun sürtünme katsayıları ile çalışma sıcaklıklarının alınan yola göre değişimlerini gösteren eğriler, aynı diyagram üzerinde çizilerek, sırası ile Şekil 7, 8, 9, 10, 11,12,13 ve 14'de verilmiştir. Bu eğrilerden görüldüğü gibi; genel olarak başlangıçta düşük olan sürtünme katsayısı değerleri, belirli süreler sonunda, aniden yükselip maksimum bir seviyelere (tepe) ulaştıktan sonra, hızlı bir şekilde düşerek kararlı değerlere erişmektedir. Sıcaklık eğrileri de, sürtünme katsayılarındaki değişimlere benzer davranışlar sergilemektedir. Başka bir deyişle alaşımların sürtünme katsayısı arttıkça çalışma sıcaklığı artmakta, sürtünme katsayısı azaldıkça çalışma sıcaklığı düşmektedir.

Kararlı çalışma devresinde en düşük sürtünme katsayısı (0.017) dörtlü ZnAl27Cu2Si2 alaşımından, en yüksek sürtünme katsayısı (0.038) ise, intermetalik toz içeren üçlü ZnAl27Cu1 alaşımından elde edildi. Diğer taraftan, alaşımların çalışma sırasındaki rejim sıcaklığının, kararlı devredeki sürtünme katsayısı ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlemlendi. Nitekim; en düşük rejim sıcaklığı, sürtünme katsayısı en düşük olan ZnAl27Cu2Si2 (40 °C) alaşımından, en yüksek rejim sıcaklığı ise (64 °C), sürtünme katsayısı en yüksek olan ZnAl27Cu1 alaşımından elde edildi.

Ötektoid esaslı ZnAl27Cu2Si2 alaşımının sürtünme katsayısının kayma hızına göre değişimini gösteren eğri Şekil 15'de verilmiştir. Elde edilen verilerin büyük

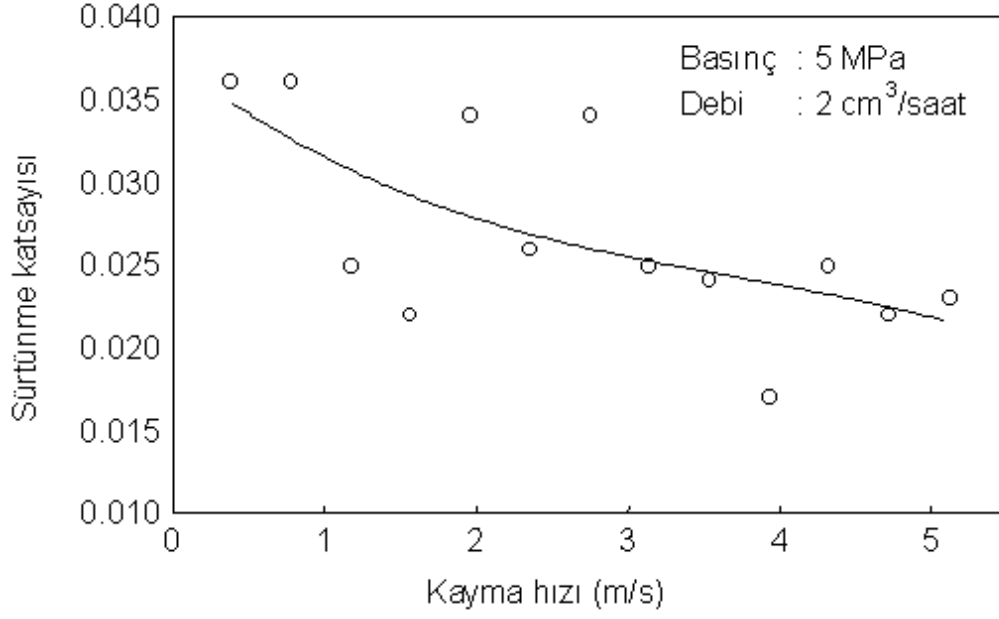
ölçüde dağılım göstermelerine rağmen, bu eğri, dönme hızı arttıkça, söz konusu alaşımın sürtünme katsayısının düştüğünü göstermektedir.

Ötektoid esaslı $ZnAl_{27}Cu_2Si_2$ ve $ZnAl_{27}Cu_3Si_3$ alaşımları ile $CuSn_{12}$ bronzunun sürtünme katsayılarının, basınca göre değişimlerini gösteren eğriler ise Şekil 16'da verilmiştir. Bu eğrilerden görüldüğü gibi; sürtünme katsayısı, başlangıçta artan basınçla azalmakta, belirli bir basınç değerinden sonra ise, yükselmektedir.

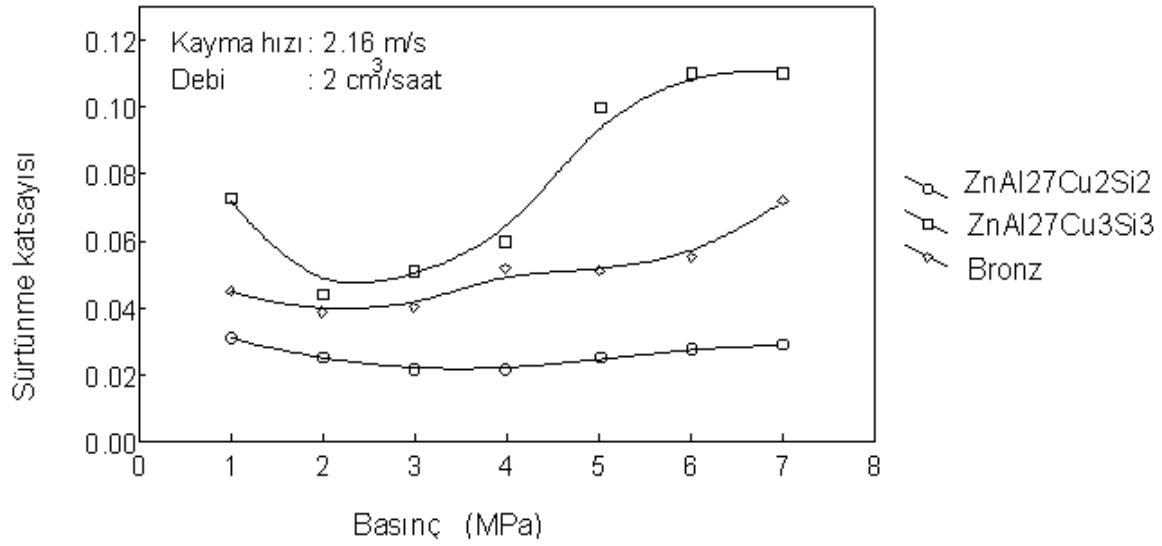
Ötektoid esaslı, üçlü $ZnAl_{27}Cu_2$ ile dörtlü $ZnAl_{27}Cu_2Si_2$ alaşımlarının sürtünme katsayılarının yağ debisine göre değişimini gösteren eğriler Şekil 17'de verilmiştir. Şekildeki eğrilerden, yağ debisinin sıfır olması durumunda, yani kuru sürtünme durumunda, alaşımlar yüksek sürtünme katsayısı değerleri (0.1-0.12) sergilerken, yüzeyler arasına $2 \text{ cm}^3/\text{saat}$ gibi düşük bir debide yağ gönderildiğinde, söz konusu alaşımların sürtünme katsayılarının hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Öte yandan, yağ debisi $2 \text{ cm}^3/\text{saat}$ değerinin üzerine çıkarıldığında, alaşımların sürtünme katsayılarının fazla değişmediği görüldü.

Aşınma deneyleri sonucunda, alaşımların aşınma miktarının, alınan yola göre değişimlerini gösteren eğriler belirlenerek Şekil 18'da verilmiştir. Alaşımların, ilk alıştırma devresinde yüksek olan aşınma hızlarının, zamanla azalarak, genelde sabit değerlere ulaştığı görüldü. Söz konusu deneyler sonucunda, intermetalik toz katılan $ZnAl_{27}Cu_5Si_3$ alaşımı toplam 0.41 mm^3 lük aşınma ile en düşük, $ZnAl_{60}Cu_2$ alaşımının ise 2.2 mm^3 lük aşınma ile en yüksek aşınma miktarı sergilemişlerdir.

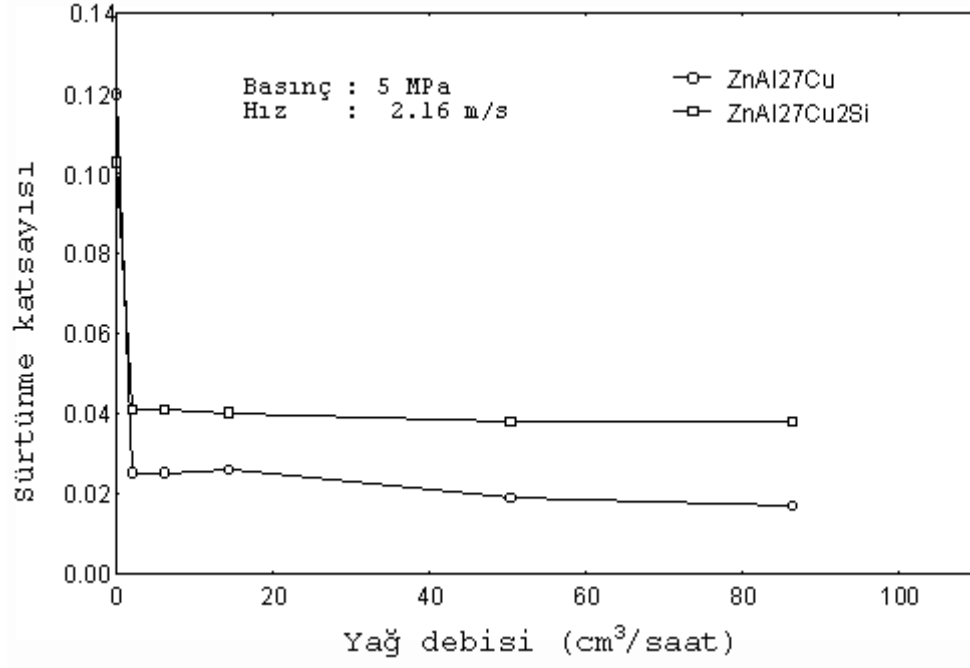
Yüzey basıncının, alaşımların aşınma miktarına etkisini gösteren eğriler ise, Şekil 19'da verilmiştir. Bu eğrilerden görüldüğü gibi, basınç değeri arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Alaşımların aşınma miktarının, belirli bir basınç aralığında (8-11 MPa) önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Ötektik esaslı $ZnAl_{15}Cu_1$ alaşımı, 8 MPa'lık basınç değerine kadar, toplam 0.2 cm^3 değerinde bir aşınma miktarı sergilerken, 11 MPa'lık basınç altında, aşınma miktarı 1.15 cm^3 değerine yükselmektedir. Basınç deneyleri sonucunda, en düşük aşınma miktarı, ötektoid esaslı $ZnAl_{27}Cu_3Si_3$ alaşımından, en yüksek aşınma miktarı ise ötektik esaslı $ZnAl_{15}Cu_1$ alaşımından elde edildi.



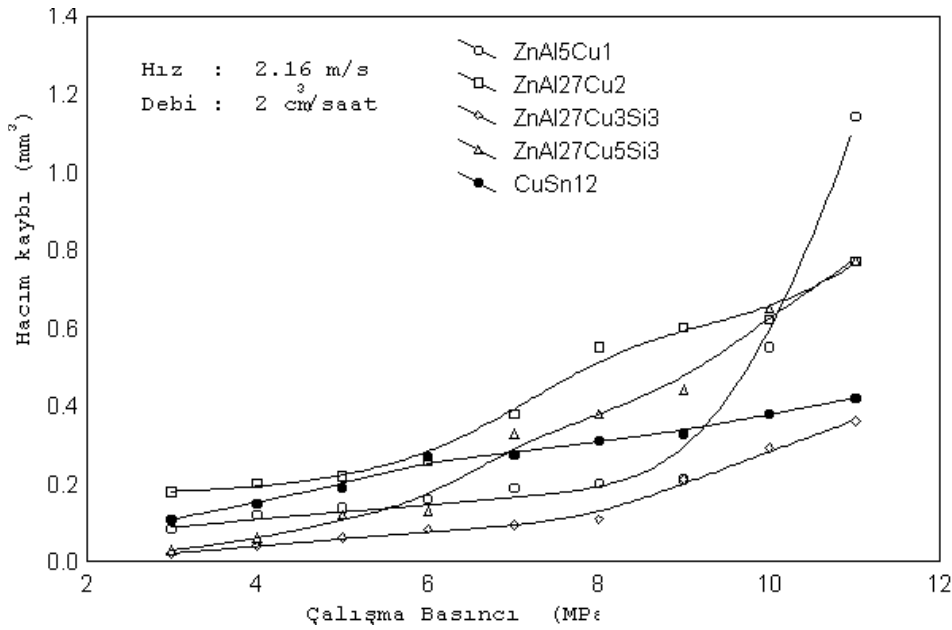
Şekil 15. ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımının sürtünme katsayısının kayma hızına göre değişimi.



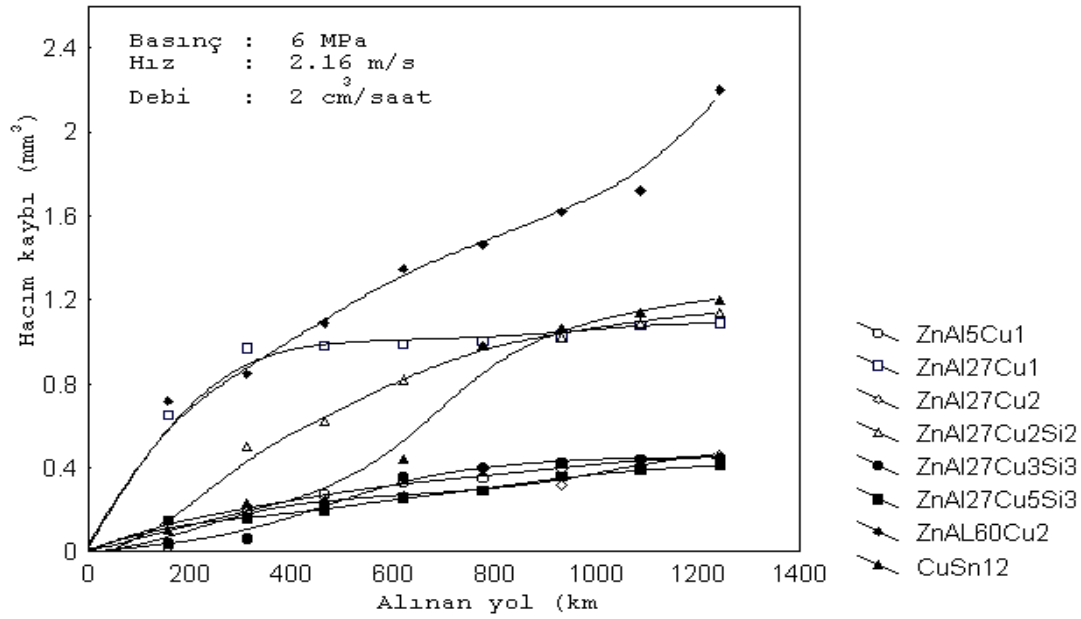
Şekil 16. Çinko-alüminyum esaslı alaşımlar ile CuSn₁₂ bronzunun sürtünme katsayılarının basınca göre değişimini gösteren eğriler



Şekil 17. ZnAl27Cu2 ve ZnAl27Cu2Si2 alaşımlarının sürtünme katsayılarının yağ debisine göre değişimi



Şekil 18. Çinko-alüminyum esaslı alaşımların ve CuSn12 bronzunun aşınma miktarının basınca göre değişimini gösteren eğriler



Şekil 19. Çinko-alüminyum esaslı alaşımların ve CuSn12 bronzunun aşınma miktarının zamana göre değişimini gösteren eğriler

İRDELEME

Malzemelerin mekanik özellikleri, kimyasal bileşimleriyle içyapılarına bağlıdır. Bu çalışmada, ötektoid esaslı üçlü alaşımların (ZnAl27Cu2 ve ZnAl27Cu1), ötektik esaslı ZnAl5Cu1 alaşımından daha üstün mekanik özelliklere sahip oldukları görüldü. Bu durum, ötektoid esaslı alaşımların alüminyum oranlarının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim, çinko-alüminyum esaslı alaşımların mukavemet değerlerinin, artan alüminyum oranı ile arttığı bilinmektedir (Çuvalcı, 1989). Ancak, alüminyum oranının belirli bir değerin üzerine çıkması durumunda, söz konusu alaşımların mukavemet değerleri düşmektedir. Bu çalışma için üretilen malzemelerden ZnAl27Cu2 alaşımının çekme mukavemetinin 314 MPa, ZnAl60Cu2 alaşımının çekme mukavemetinin ise 274 MPa olması bu gözlemi doğrulamaktadır.

Söz konusu alaşımlara intermetalik toz katıldığında, mukavemet değerlerinin belirgin şekilde arttığı gözlemlendi. Örneğin, dörtlü ZnAl27Cu3Si3 alaşımına % 5 oranında intermetalik Cu32Al19 tozu katıldığında, çekme dayanımının 338 MPa'dan 373 MPa değerine yükseldiği görüldü. Ayrıca daha önce başka bir çalışmada (Çuvalcı, 1989) üretilen ikili ZnAl27 alaşımının çekme dayanımı 260 MPa iken bu çalışmada söz konusu alaşıma % 2 oranında intermetalik toz katılması çekme dayanımını % 30 oranında arttırarak 338 MPa'ya çıkmasına neden olmaktadır. İkili alaşıma (ZnAl27) intermetalik toz katma çekme mukavemetini dörtlü alaşımdan (ZnAl27Cu3Si3) daha fazla arttırmaktadır. Mukavemet

değerlerinde gözlenen bu artışlar, alaşımlara katılan intermetalik tozların, ikinci bir faz oluşturarak dislokasyon hareketini engellemesinden kaynaklanmaktadır. Nitekim, dislokasyon hareketinin engellenmesinin veya zorlaştırılmasının malzemenin sertlik ve mukavemetini arttırdığı bilinmektedir (Avner, 1986; Cottrel, 1975).

Çubuk-disk esaslı aşınma düzeneğinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, söz konusu alaşımların sürtünme katsayısı ve çalışma sıcaklığı değerlerinin, çalışmanın başlangıcında hızlı bir şekilde artarak belirli tepe değerlerine eriştiklerini ve daha sonradan düşmeye başlayarak, kararlı değerlere ulaştıklarını göstermiştir. Alıştırma devresi olarak adlandırılan, çalışmanın başlangıç safhasında, sürtünme katsayısı ve sıcaklıktaki artışlar, yüzeylerde yeterli kalınlıkta yağ filmi oluşmaması nedeniyle meydana gelen metal-metal sürtünmesinden kaynaklanmaktadır (Neale, 1973)]. Bazı alaşımların, sürtünme katsayılarının, alıştırma devresi içerisindeki değişik zamanlarda bir kaç kez tepe noktalarına (peak) ulaştıkları görüldü. Söz konusu durum, yüzeylerde oluşan yağ filminin, belirli süreler sonunda yırtılması sonucunda meydana gelen metal-metal temasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim, sıcaklık ile sürtünme katsayısının bu devrede birbirine paralel olarak değişerek aynı anda tepe noktalarına ulaşmaları, bu devrede metal-metal temasının meydana geldiğini göstermektedir. Alaşımların bazılarında görülen bu durum, alıştırma devresinde sürtünme katsayısının kararlı olmayıp, dalgalanma gösterdiğini ifade eden Blau'nun (Blau, 1989) gözlemleriyle uyusmaktadır.

Alaşımların sürtünme katsayılarının, başlangıçta artan basınç ile düştüğü, daha sonra ise, arttığı görüldü. Bu durum, özellikle dörtlü $ZnAl_{12}Cu_3Si_3$ alaşımında belirgin olarak kendini gösterdi. Sürtünme katsayısının artan basınçla artması, yüksek basınç uygulanan yüzeyler arasındaki gerçek temas alanının artmasından ve yüzey pürüzleri arasında adhezyonla kuvvetli kaynak bağlarının oluşmasından kaynaklanmaktadır (Bowden and Tabor 1967). Diğer taraftan, kayma hızı arttıkça, alaşımların sürtünme katsayılarının düştüğü görüldü. Bu durum, yüksek devir sayılarında yüzeyler arasında yağ filmi oluşumunun kolaylaşmasından kaynaklanmış olabilir.

Yağlama işlemi sonucunda, çinko-alüminyum alaşımlarının kuru (yağsız) çalışma şartlarındaki sürtünme katsayılarının önemli ölçüde düştüğü gözlemlendi. Bu durum, beklenildiği gibi yağlanan yüzeyler arasındaki metal-metal temasının azalmasından kaynaklanmaktadır .

Çinko-alüminyum esaslı alaşımların, ilk 150 km'lik yola karşılık gelen devredeki sürtünme katsayılarının 0,017-0,038 değerleri arasında değiştiği ve söz konusu alaşımların bu devredeki sürtünme katsayıları arttıkça aşınma miktarlarının

arttığı gözlemlendi. Bu devrede, en düşük aşınma miktarı, sürtünme katsayısı en düşük (0,017) olan ZnAl₂₇Cu₂Si₂ alaşımından elde edildi. En yüksek aşınma miktarı ise, sürtünme katsayısı değeri 0,038 olan ZnAl₆₀Cu₂ alaşımından elde edildi. Bu sonuçlardan, diğer araştırmacılar (Gahr, 1987))tarafından da ifade edildiği gibi, malzemelerin sürtünme katsayıları azaldıkça aşınma dayanımlarının arttığı ortaya çıkmaktadır.

Çekme mukavemeti ve sertliği en yüksek olan ZnAl₂₇Cu₅Si₃ alaşımı 6 MPa'lık basınç, 2.16 m/s'lik çevre hızı ve toplam 1240 km.lik alınan yol sonucunda, en üstün aşınma direnci sergilemiştir. Ancak, basınç-aşınma grafiğinde görüleceği gibi, bu alaşımda özellikle 6 MPa'dan sonra basınç arttıkça aşınma miktarının da arttığı görülmektedir. Bu sebeple, malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi her zaman aşınmanın düşmesi anlamına gelmemektedir. Yatak malzemelerinde mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ile birlikte eş çalışan yüzeyler arasında kuvvetli adezyon bağları meydana gelmekte ve bu durum ise aşınmanın artmasına neden olabilmektedir. (Freeman, 1962)

SONUÇLAR

1. Çinko-alüminyum esaslı alaşımların sertlik ve mukavemet değerleri intermetalik toz katma yöntemi ile önemli ölçüde iyileştirilebilir. Toz katma yöntemi ikili alaşımlarda daha etkili olmaktadır.
2. İncelenen çinko-alüminyum esaslı alaşımların yağlanmış durumdaki sürtünme katsayıları 0,017-0,038 değerleri arasında olup, bu değerler basınca göre değişmektedir.
3. Kayma hızı arttıkça, alaşımların sürtünme katsayıları düşmektedir.
4. Yağlı çalışma koşullarında, yağ debisi alaşımların sürtünme katsayıları üzerinde çok fazla etkili değildir.
5. Silisyum içeren alaşımlar, diğer alaşımlara göre daha üstün tribolojik özelliklere sahiptirler.
6. Sertlik ve mukavemet değerleri, çinko-alüminyum esaslı alaşımların aşınma dayanımlarının belirlenmesinde her zaman yeterli ölçü değildir. Bu değerler daha çok yetersiz yağlama durumundaki aşınma davranışı üzerinde etkili olmaktadır.
7. Sürtünme ve aşınma performansı bakımından ZnAl₂₇Cu₃Si₃ ve ZnAl₂₇Cu₅Si₃ gibi alaşımlar CuSn₁₂ bronzunun yerine rahatlıkla kullanılabilir.

Kaynaklar

1. Altorfer K.J., Zinc Alloys Compete with Bronze in Bearings and Bushings Metall Progress, November, 122, 6 (1982) 29-31
2. Gervais E., ZA Alloys-A Challenge to the Metals Industry , CIM Bulletin, 80, 900 (1987) 67-92.
3. Lyon, R., Engineering Applications of ZA Alloys, Proc. Second Conference on Material Engineering, 1985, London, 221-227.
4. Mihaichuk, W., Zinc-Alloy Bearings Challenge the Bronzes , Machine Design, 53, 28 (1981) 133-137.
5. Calayag T., ve Ferres D., High Performance, High Aluminium Zinc Alloys for Low Speed Bearings and Bushings , SAE Annual Conference, paper no 820643 1983, 2241-2251.
6. Calayag T.S., Zinc Alloys Replace Bronze in Mining Equipment Bushings and Bearings, Mining Engineering, (1983) 727-728.
7. Redden, T., Zinc Alloy Bearing Down on Bronze Territory, Canadian Mining Journal, (1986) 58-59.
8. Barnhurst, R.J., ve Farge, J.C., A Study of the Bearing Characteristics of Zinc-Aluminum (ZA) Alloys, Canadian Metallurgical Quarterly, 27, 3 (1988) 225-233.
9. Barnhurst, R.J., Guidelines for Designing Zinc Alloy Bearings - A Technical Manual, Society of Automotive Engineers, paper no 88028 (1989) 2164-2170.
10. Gervais, E., ve Loong, C.A., New ZA Alloys in Die Castings , 11th International Pressure Die Casting Conference , 19-22 June 1984, Lyon-France, 1-25.
11. Calayag, T.S., The Practicality of Using ZincAluminium Alloys for Friction Type Bearings , 25th Annual Conference of Metallurgists, Aug. 1986, Toronto, Ontario, 305-313.
12. Jian, L., Laufer, E.E., ve Masounave J., Wear in Zn-Al-Si Alloys , Wear, 165 (1993) 51-56.

- 13.Çuvalcı, H., Çinko-Alüminyum Esaslı Yatak Alaşımlarının İy yapı ve Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.
- 14.Avner, S.H., Introduction to Physical Metallurgy, Second Edition, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 1986.
15. Cottrell, A., An Introduction to Metallurgy, Second Edition, Edward Arnold Publishers Ltd., London, 1975.
16. Neale, M.J., Tribology Handbook, Butterworths and Co Publishers Ltd., London, 1973.
17. Blau, P.J., Friction and Wear Transitions of Materials, Noyes Publications, 1989.
18. Bowden, F.P., ve Tabor, D., Friction and Lubrication, Methuen and Co. Ltd., London, 1967.
19. Gahr, K.H., Microstructure and Wear of Materials, Elsevier Science Publishers B.V., Netherlands, 1987.
20. Freeman, P., Lubrication and Friction, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., London, 1962.