



SİNERLENMİŞ BRONZ YATAKLARDA PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN SÜRTÜNME KATSAYISINA ETKİLERİ

Gültekin KARADERE

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Görükle/Bursa

Geliş Tarihi : 18.05.2000

ÖZET

Bu çalışmada kendinden yağlamalı yatak olarak da isimlendirilen sinterlenmiş bronzdan imal edilmiş kaymalı yatakların performans karakteristiklerinin sürtünme katsayısına etkileri bir deney sistemiyle incelenmiştir. Bu deney sisteminde farklı hızlar ve basınçlar için yatağa belirli bir debide ilave yağın gönderildiği ve gönderilmediği hallerde sürtünme katsayısının değişimi ve bundan başka diğer parametrelerin sabit tutulduğu hallerde hızın, basıncın ve sıcaklığın sürtünme katsayısına etkileri ayrı ayrı araştırılıp, sonuçlar diyagramlar şeklinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Sinterlenmiş bronz yataklar, Gözenekli kaymalı yataklar, Sürtünme katsayısı

THE EFFECTS OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS TO THE COEFFICIENT OF FRICTION IN SINTERED BRONZE BEARINGS

ABSTRACT

In this study, the effects of performance characteristics of self-lubricating, sintered bronze journal bearings to the coefficient of friction is investigated via an experimental test rig. In the experiments, the variation of the coefficient of friction for different velocities and pressures has been investigated for the cases in which an additional oil mass is fed and not fed into the bearing. Furthermore, in the cases where the other parameters are kept constant, the effects of velocity, pressure and temperature to the coefficient of friction are separately investigated, and the results are plotted.

Key Words : Sintered bronze bearings, Porous journal bearings, The coefficient of friction

1. GİRİŞ

Düşük maliyet, seri imalat ve kendinden yağlama özelliklerinden dolayı gözenekli kaymalı yataklar, endüstride geniş ölçüde kullanılmaktadır. Kendinden yağlamalı yataklar yağ içinde, ağırlıklarının % 16-35'ini absorbe edebilirler. Yağ, malzeme yapısında eşit olarak dağılmış olan, çok sayıdaki küçük gözenekler içinde depo edilir. Mil dönmeye başlamadan önce bile, ince bir yağ filmi muyluyu sarar. Mil hızının artmasıyla yatak sıcaklığı yükselir ve kapiler etkiyle yatağın gözeneklerinden yağ

gönderilir. Mil durduğunda yatak soğur ve yağ tekrar yatağın gözeneklerine absorbe edilir (Mantell, 1958).

En yaygın kullanılan ve genellikle en iyi yatak performansını gösteren kompozisyon yaklaşık % 90 Cu ve % 10 Sn içeren kalay bronzudur (Pratt, 1973). Kendinden yağlama özelliklerini geliştirmek için % 3.5'a kadar grafit katılır. Yağ filminin oluşmasının güç olduğu uygulamalarda (osilasyon hareketli yataklarda), genellikle yüksek grafit oranı ve düşük gözeneklilik

dereceleri kullanılır (O'Connor and Boyd, 1968).

Yağ emdirilmiş sinterlenmiş bronz yataklar, hafif/orta yüklerde ve yüksek hız (elektrik motorları) şartlarında belirli zaman aralıklarında uzun ömürlü olarak kullanılırlar.

İmalat tekniği, mekanik bir preste metal tozunun sıkıştırılması, indirgeyici bir atmosferde sinterlenmesi, gerekli boyutsal hassasiyet derecesini sağlamak için tekrar preslenmesi ve son olarak yağın vakumla emdirilmesinden oluşur.

Yatak yüzeyinin gözenekli yapısından dolayı, hidrodinamik basıncın düşük olduğu bölgelerde yağ, yatak cidarından yatak boşluğuna doğru gönderilir, hidrodinamik basıncın yüksek olduğu bölgelerde ise cidar içine doğru zorlanır. Böylece yatak içinde bir yağ sirkülasyonu vardır. Maksimum yük taşıma kapasitesi, toplam gözeneklilik oranını (yatağın yağ kapasitesini) muhafaza ederek birbirleriyle bağlantılı mümkün olduğunca küçük gözenekler sağlamakla başarılıdır. Ancak, delik bölgesi gözenekliliğinin aşınmayla azalması tehlikesi nedeniyle gözenek boyutu için bir sınırlama vardır. Yağ emdirilmiş gözenekli bronz yatağın en uygun çalışma şartları, hidrodinamik filmin oluşabildiği nispeten yüksek hızlardaki sürekli dönme şartlarıdır. Düşük hız, büyük yük, titreşimli şartlar veya sık çalışma/durma şartları altında yağ emdirilmiş gözenekli bronz yataklar diğer yataklara göre daha az kullanılırlar. Gözenekli bronz yatakların tasarımında kullanılan bir genel yaklaşım, işletme basıncı ile hız çarpımının $1.75 (N/mm^2 \cdot m/s)$ değerini aşmaması gerektiğidir.

Kendinden yağlamalı yataklarda, yatağın gözeneklerinde önemli ölçüde yağ bulunmasına rağmen, çoğunlukla ilave yağlama sistemleri kullanılır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hidrodinamik yağlama şartlarında teorik araştırma ilk kez Morgan ve Cameron (1957) tarafından başlatılmıştır. Samerski (1974) çalışmasında, yağ toplama yuvaları, damlalıklı yağdanlıklar ve yağlama keçesi gibi ilave yağlama sistemleriyle sinterlenmiş yatakların uzun süreli çalışma karakteristiklerinin önemli ölçüde geliştirildiğini belirtmiştir.

Braun (1982) yük taşıma kapasitesi açısından yağ filmi dağılımının, gözenekli yatağın toplam çevresinin yaklaşık $1/7$ 'sini kapladığını belirtmiştir. Kaneko ve Obara (1990) deneysel çalışmalarında gözenekli matris içinde yağ dolaşımının varlığını göstermişler ve yağlama

şartlarının etkilerini incelemişlerdir. Kaneko et al. (1994b) teorik çalışmalarında elde ettikleri nümerik sonuçlarla, hidrodinamik yağlama şartlarındaki gözenekli kaymalı yataklarda boyutsuz yağ besleme basıncının, yatağın karakteristiklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir.

Kaneko et al. (1994a) gözenekli kaymalı yataklarda yatak boşluğunda oluşan yağ filmini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada yağ filminin yatağın tüm genişliği boyunca yayıldığı uzunluk olan yağ filmi oluşum uzunluğunun, statik yükten ve yağ besleme basıncından önemli ölçüde etkilendiğini; küçük statik yükler ve yüksek yağ besleme basınçları için yağ filmi açılma uzunluğunun yüksek değerler aldığı; statik yüklerin küçük değerlerinde hidrodinamik yağlama, büyük değerlerinde ise sınır yağlama halinin söz konusu olduğunu; mil hızının yağ filmi oluşum uzunluğu üzerindeki kantitatif etkisinin, statik yükün ve yağ besleme basıncının etkisinden çok daha küçük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca hidrodinamik yağlama şartlarındaki yağ filminin, sınır yağlama şartlarındakinden daha geniş bir saha boyunca yayıldığı, ancak hidrodinamik yağlama şartlarında bile gözenekli yatağın açılma uzunluğunun, gözeneksiz kaymalı yataklarınki ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde küçük olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Kaneko ve Hashimoto (1995) gözenekli bronz yatağın sürtünme karakteristiklerini inceledikleri deneysel çalışmalarında, yağ besleme basıncının artmasıyla, hidrodinamik rejim ile karışık rejim arasındaki geçiş devir sayısına karşılık gelen Sommerfeld sayısının önemli ölçüde etkilendiğini ve daha küçük devirlerde sıvı sürtünmeye geçildiğini belirtmişlerdir.

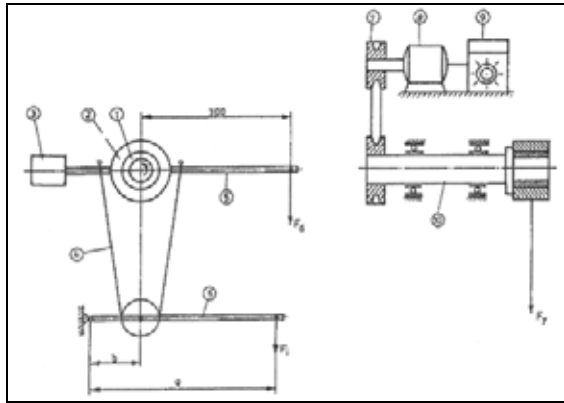
Cieslicki ve Krzeminski (1995) gözenekli yatak burçlarının eksenel, radyal ve çevresel yöndeki geçirgenliklerinin non-üniform dağılımlara sahip olduğunu deneysel olarak göstermişlerdir. İki taraflı preslemeden kaynaklanan non-üniform eksenel geçirgenlik dağılımının, gözenekli yatağın performansı için avantaj olduğunu; burcun merkez kısmındaki yüksek geçirgenliğin yağlama deliği ile gözenekli yatak arasındaki yağ dolaşımını kolaylaştırarak yatağın yağlanması iyileştirdiğini, diğer taraftan eksenel yönde merkezden burcun uçlarına doğru akış direncinin artmasının da yağ sızıntısını önlediğini vurgulamışlardır. Yatağın montaj sonrası ilk çalışma (rodaj) dönemi hariç, geçirgenliğin çevresel yönde önemli bir değişme göstermediğini belirtmişlerdir. Yatağın toleranslı boyutlarını gerçekleştirmek için gerekli olan talaşlı şekillendirmenin radyal yönde non-üniform bir geçirgenlik dağılımı verdiğini ve talaşlı

şekillendirme yapılmamış burçlara göre global geçirgenliğin yaklaşık 1.5 kat azaldığını belirtmişlerdir. Ancak geçirgenliği azaltması yanında, iç çapın talaşlı şekillendirilmesinin yatağın fonksiyonel özellikleri açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Cieslicki ve Krzeminski (1996) farklı gözeneklilik ve boyutlardaki yatak burçları için hava ve yağ geçirgenlik değerleri arasındaki bağıntıları belirlemişlerdir. Deneysel sonuçlarına göre hava geçirgenliğinin, basınç farkının lineer fonksiyonu olarak; gözenekliliğin ise üstel fonksiyonu olarak arttığını belirtmişlerdir. Yağ içindeki partiküllerin (kirleticilerin) filtrasyonu ve ara yüzeyde oluşan fiziko-kimyasal etkiler nedeniyle, yağın debisinin (dolayısıyla geçirgenliğin) kademeli olarak azaldığını göstermişlerdir. Gözenekliliğin ve burç boyunun artırılmasıyla hava/yağ geçirgenlik oranının asimptotik olarak 1'e yaklaştığını (1.20'den 1.01'e düşüğünü) belirlemişlerdir.

3. DENEY SİSTEMİ

Deneysel sistem Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir. Hız kontrol sistemiyle çıkış hızı değiştirilebilen bir doğru akım elektrik motoruna (0.37 kW, 3000 d/dk) bir ucundan kayış kasnak mekanizmasıyla bağlı olan ve rulmanlı yataklarla desteklenen bir çelik mil, diğer ucunda içinde deney burcunun bulunduğu bir gövdeyi taşımaktadır. Mıyıl çapı 40 h7 (0/-0.025) mm'dir.

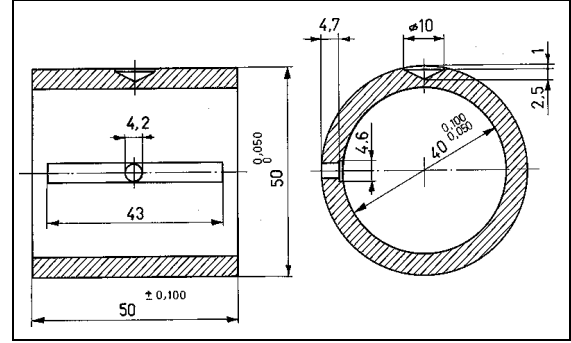


1. Yatak burcu, 2. Gövde, 3. Sabit karşı ağırlık, 4. Tel halat
5. Moment kolu, 6. Yatak yük kolu, 7. Kayış-kasnak mekanizması, 8. Elektrik motoru, 9. Hız kontrolü 10. Mil

Şekil 1. Deneysel sistemi

Şekil 2'de boyutları verilen deney burcu (kaymalı yatak) kompozisyonunda % 88.2 Cu, % 11 Sn ve % 0.2 C bulunan bir kalay bronzudur. Yağ emdirilmiş sinterlenmiş bronz yatağın yoğunluğu 6.144 g/cm³ ve gözenekliliği % 30'dur. Yağ olarak

yüksek performanslı otomobil motor yağı (Mobil SAE 20 W-50) kullanılmıştır. İlave yağın yatağa sürekli olarak gönderildiği deneylerde, mil 1000 d/dk' da çalışırken, damla beslemeli yağlayıcının vidalı valfi saniyede yaklaşık 1 damla geçirecek şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 2. Yatak burcunun boyutları

Burç gövdeye üst taraftan içi boşaltılmış bir civatayla bağlanarak sabitlenmiştir. Bu civatanın içinden geçirilerek sürtünme yüzeyine 1.5 mm uzaklıkta yatak içindeki bir noktaya temas eden bir termokupl (NiCr-Ni) vasıtasıyla, mıyıl ve yatak arasındaki izafi harekette yükselen sıcaklık değerleri dijital olarak okunmaktadır.

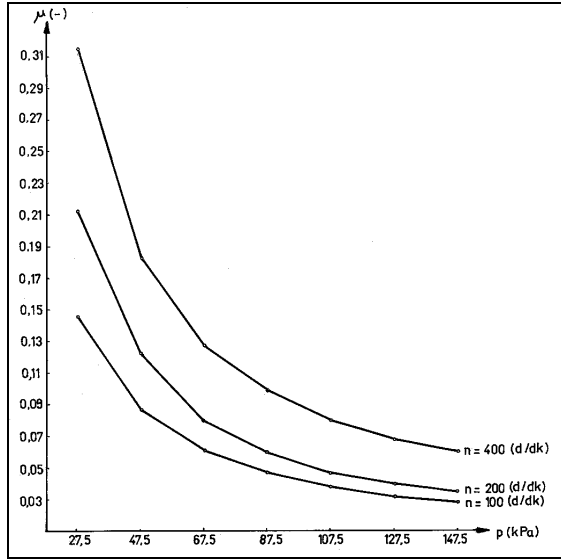
Gövdeye her iki tarafından kaynaklanmış çubuklardan birinin ucuna sabit bir karşı ağırlık, diğerinin (moment kolu) ucuna ise bir yük (F_d denge ağırlıkları) askısı yerleştirilmiştir. Mil duruyorken yatay konumda olan moment kolu, mil dönerken sürtünme momentinin etkisiyle yatay konumundan ayrılır. Yük askısına ağırlıklar konularak yatay denge sağlanır. Bu denge ağırlıkları moment kol uzaklığı (300 mm) ile çarpılarak M_s sürtünme momenti hesaplanır.

Gövdenin iki tarafındaki kollara, yaslanma noktaları çizgisel temaslı ve simetrik olarak asılmış ve bir makara üzerinden dolaşan tel halat çevrimiyle ve $a/b = 4$ 'lük bir kol sistemiyle yatak yükü uygulanmaktadır. Gövde, kollar, halat, makara ve askılardan oluşan sistemin kendi ağırlığı (55 N), yatağa uygulanan minimum yüküdür. Dolayısıyla F_i ilave kuvveti cinsinden yatağa gelen normal kuvvet $F_n = 4.F_i + 55$ (N) olup, bu kuvvetin yatak projeksiyon alanına bölünmesiyle p ortalama yüzey basıncı bulunmaktadır. M_s sürtünme momentinin, $r = 20$ mm'lik sürtünme yarıçapına ve F_n normal kuvvetine bölünmesiyle de μ sürtünme katsayısı hesaplanmaktadır. Milin devir sayısı, bir optik dijital takometreyle kontrol edilerek, hız kontrol sisteminden ayarlanmaktadır.

Hız ve basıncın sürtünme katsayısı üzerindeki etkisinin tayin edildiği deneylerde, F_d denge kuvvetleri sistemdeki moment kolu dengeye gelmez okunduğundan, ΔT sıcaklık artışları 1-1.7 °C arasında gerçekleşmiş ve sıcaklık artışlarının sürtünme katsayısına etkisi en aza indirilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI

Yüzeylerin çalışma öncesi bir defa yağlandığı, çalışma esnasında yatağa ilave yağ gönderilmediği halde (az yağlama halinde), sürtünme katsayısının basınçla ilişkisi, üç farklı hız ($n = 100, 200$ ve 400 d/dk) için yapılan yedi deney grubunun ortalama sonuçlarıyla Şekil 3'te çizilmiştir.



Şekil 3. Az yağlama halinde basınç etkisi

Burada, basınç artışıyla sürtünme katsayısının regresif olarak azaldığı görülmektedir. Sabit hızda yapılan deneylerde, diyagramlarda gösterilen peşpeşe noktalar için, $\mu_i \cdot p_i \approx \text{sabit}$ ($i = 1, 2, \dots$) yani $\varphi_{\mu} = \mu_2 / \mu_1 \approx \varphi_p^{-1} = p_2 / p_1$ sonucu ortaya çıkmıştır. Diyagramlarda $\varphi_{\mu} \cdot \varphi_p$ çarpımlarının aritmetik ortalaması 0.997; standart sapması % 2.3'tür. Hız % 50 düşürüldüğünde sürtünme katsayısı / basınç gradyeninde de % 8'lik standart sapmayla ortalama % 30'luk bir düşme görülmüştür.

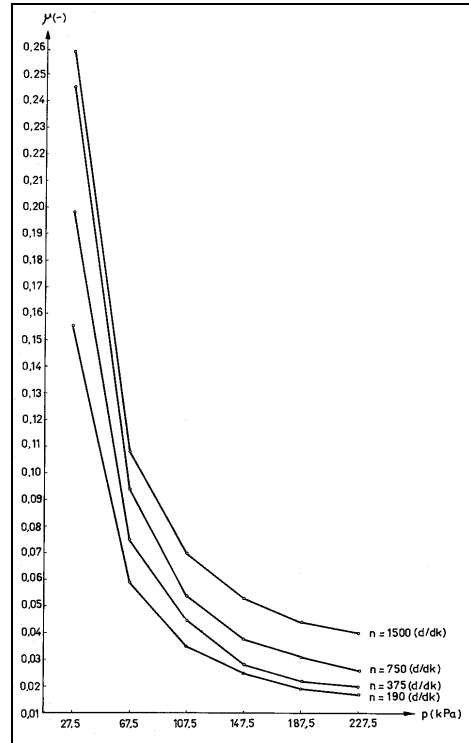
Çalışma esnasında yatağa ilave yağın gönderildiği halde (çok yağlama halinde) sürtünme katsayısının basınçla ilişkisi, dört farklı hız için yapılan altı deney grubunun ortalama sonuçlarıyla Şekil 4'te çizilmiştir.

$n = 190, 375, 750$ ve 1500 d/dk için yapılan deneylerde $\varphi_{\mu} \cdot \varphi_p$ çarpımlarının aritmetik ortalaması

% 6.7'lik standart sapmayla 0.994 olarak bulunmuştur. Yani $\varphi_{\mu} \cdot \varphi_p \approx 1$ veya $\mu_i \cdot p_i \approx \text{sabit}$ yazılabilir.

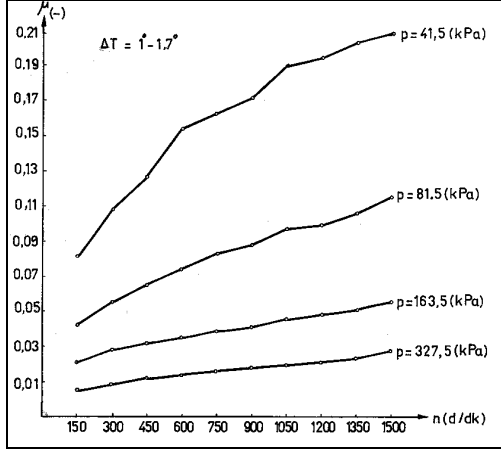
Hızın % 50 oranında azaltılmasıyla $\Delta \mu / \Delta p$ (sürtünme katsayısı / basınç) gradyeninde, genelde yaklaşık % 13'lük bir azalma görülmüştür. Çok yağlama halinde hızdaki değişimin, sürtünme katsayısı/basınç gradyeninde, az yağlama halindeki göre, yaklaşık 2-2.5 kat daha küçük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 3 ve 4'deki diyagramlar, $p = 27.5; 67.5; 107.5; 147.5$ (kPa) değerleri için karşılaştırıldığında, çok yağlama ($n = 190$ d/dk) halindeki sürtünme katsayısının, az yağlama ($n = 200$ d/dk) halindeki göre yaklaşık % 25-29 daha küçük olduğu görülmüştür. Hız yaklaşık 2 kat artırıldığında, çok yağlama ($n = 375$ d/dk) halindeki sürtünme katsayısı, az yağlama ($n = 400$ d/dk) halindeki göre yaklaşık % 37-53 arasında daha düşük bulunmuştur. Bu halde, basınç arttıkça sürtünme katsayısının daha fazla azaldığı, örneğin, basınç 5 kat artırıldığında sürtünme katsayısındaki düşmenin % 40 daha fazla olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, az yağlama yerine çok yağlama halinde çalışıldığında, sürtünme katsayısındaki düşme miktarında basıncın etkisi, yüksek hızlarda önemli olduğu halde, düşük hızlarda çok küçük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4. Çok yağlama halinde basınç etkisi

Çok yağlama halinde sabit $p = 41.5; 81.5; 163.5; 327.5$ (kPa) basınçları için sürtünme katsayısının $n = 150-1500$ d / dk hız sahasındaki değişimi deney sonuçlarına göre Şekil 5'te çizilmiştir.



Şekil 5. Çok yağlama halinde hız etkisi

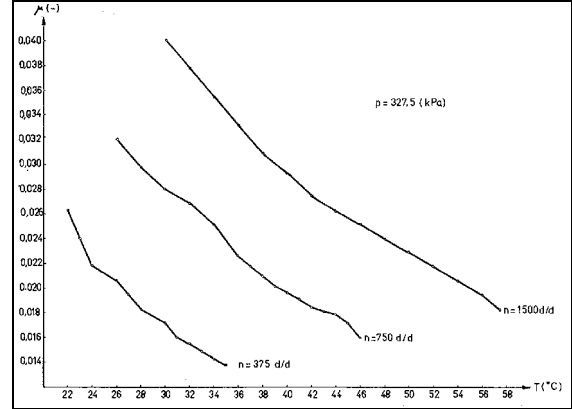
Bu diyagramlarda, örneğin $n = 300, 600$ ve 1200 d/dk değerleri arasında hız 2 kat artırıldığında, sürtünme katsayısı ortalama değerler olarak % 35-40 mertebesinde bir artış göstermiştir. Sabit hızda basınç 2 kat artırıldığında; $p = 41.5-163.5$ kPa değerleri arasında sürtünme katsayısında ortalama % 50.7 azalma ; daha yüksek basınçlarda ($p = 163.5-327.5$ kPa arasında) ise ortalama % 61.3 azalma görülmüştür.

Basıncın 2 kat artışıyla birlikte, hızın da iki kat artışı halinde, sürtünme katsayısındaki azalma miktarı yine yaklaşık % 50 mertebesinde. Ortalama değerlere göre, hız iki kat artırıldığında (450 d/dk'dan 900 d/dk'ya) hız değişiminin yol açtığı sürtünme katsayısı değişme miktarı % 2, hız 3 kat artırıldığında (450 d/dk'dan 1350 d/dk'ya) bu değer % 5 mertebesinde bulunmuştur. Dolayısıyla basınç değişimi, sürtünme katsayısı değişimini çok fazla etkilediği halde; yağ filminde yırtılma olmadığı sürece, hız değişiminin sürtünme katsayısı değişimini hemen hemen etkilemediği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bu diyagramlarda, basınç artışıyla $\Delta\mu/\Delta n$ sürtünme katsayısı/hız gradyeninin azaldığı görülmektedir. Basınç 2 kat artırıldığında, ortalama değerler cinsinden $\Delta\mu$ 'nün yaklaşık yarı yarıya azaldığı bulunmuştur.

Sabit bir basınç (327.5 kPa) ve hız ($375, 750$ ve 1500 d/dk) için yapılan deneylerde, sıcaklık artışıyla sürtünme katsayısının azaldığı ve sürtünme katsayısı

/sıcaklık gradyeninin yaklaşık $-0.8.10^{-3}$ ($-/^{\circ}\text{C}$) olduğu bulunmuştur (Şekil 6).

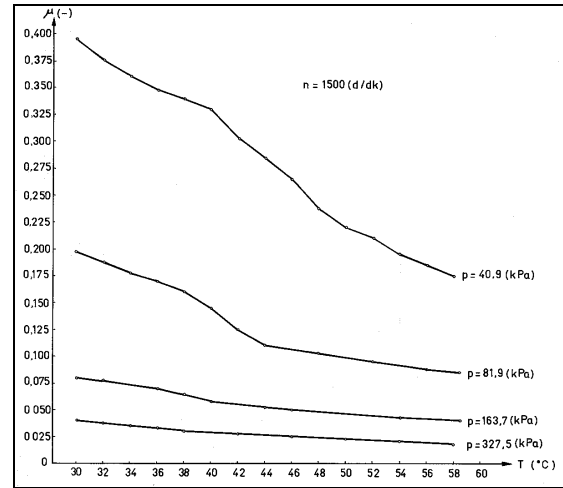


Şekil 6. Çok yağlama halinde hız ve sıcaklık etkileri

$\Delta T = 2$ °C'lik artışlarda, sürtünme katsayısındaki düşme; 375 d/dk için yaklaşık % 9; 750 d/dk için yaklaşık % 7; 1500 d/dk için yaklaşık % 5 olarak bulunmuştur.

1500 d/dk için sıcaklık yaklaşık 2 kat artırıldığında sürtünme katsayısı yaklaşık % 58 azalmıştır.

Sabit bir hızda (1500 d/dk) ve sabit bir basınçta ($40.9-327.5$ kPa sahasında) yapılan deneylerde, sıcaklık yaklaşık 2 kat artırıldığında (30 °C'den 58 °C'ye) sürtünme katsayısı % 50-56 değerleri arasında azalma göstermiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Çok yağlama halinde basınç ve sıcaklık etkileri

1500 d/dk ve $30-58$ °C sahasında herhangi bir sıcaklık için, basınç 2 kat artırıldığında sürtünme katsayısının % 50-60 değerleri arasında azaldığı görülmektedir.

Sabit bir hız ve basınç halinde, $\Delta T = 2$ °C'lik artışlar, sürtünme katsayısında yaklaşık % 5'lik bir azalmaya yol açmaktadır.

5. SONUÇ

Yağ emdirilmiş, sinterlenmiş bronzdan kaymalı yataklar üzerine yapılan deneylerde az ve çok yağlama hallerinde sabit hız için sürtünme katsayısı ve ortalama yatak basıncı parametrelerinin çarpımının büyük bir yaklaşıklıkla sabit olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışma esnasında yatağa ilave yağ gönderilmesinin, özellikle yüksek hızlarda ve basınçlarda, sürtünme katsayısını önemli ölçüde azalttığı görülmüştür.

Genel olarak çok yağlama halinde, diğer parametrelerin sabit tutulduğu deneyler sonucunda, basıncın 2 kat artırılması halinde sürtünme katsayısının ortalama değerler cinsinden % 50 azaldığı, hızın 2 kat artırılması halinde sürtünme katsayısının % 35-40 arttığı ve sıcaklığın 2 kat artması halinde ise sürtünme katsayısının % 55 azaldığı bulunmuştur.

6. KAYNAKLAR

Braun, A. L. 1982. Porous Bearings. Tribol. Int., Vol. 15, No. 5, p. 235.

Cieslicki, K. M. and Krzeminski, K. 1995. Spatial Anisotropy of Permeability in Sleeve Bearings. Int. J. Powder Metall., Vol. 31, No. 3, pp. 221-229.

Cieslicki, K. M. and Krzeminski, K. 1996. Porous Sleeve Bearings : Air and Oil Permeability. Int. J. Powder Metall., Vol. 32, No. 2, pp. 175-183.

Kaneko, S. and Hashimoto, Y. 1995. A Study of the Mechanism of Lubrication in Porous Journal Bearings-Effects of Dimensionless Oil-Feed Pressure

on Frictional Characteristics. Trans. ASME, J. Tribol., Vol. 117, No. 2, pp. 291-296.

Kaneko, S. and Obara 1990. Experimental Investigation of Mechanism of Lubrication in Porous Journal Bearings : Part 1 - Observation of Oil Flow in Porous Matrix. Trans. ASME, J. Tribol., Vol. 112, No. 4, p. 618.

Kaneko, S., Inoue, H. and Ushio, K. 1994a. Experimental Study on Mechanism of Lubrication in Porous Journal Bearings-Oil Film Formed in Bearing Clearance. JSME Int. J., Ser. C, Vol. 37, No. 1, pp. 185-192.

Kaneko, S., Ohkawa, Y. and Hashimoto, Y. 1994b. A Study of the Mechanism of Lubrication in Porous Journal Bearings - Effects of Dimensionless Oil-Feed Pressure on Static Characteristics Under Hydrodynamic Lubrication Conditions. Trans ASME, J. Tribol., Vol. 116, No. 3, pp. 606-611.

Mantell, C. L. 1958. Engineering Materials Handbook, McGraw-Hill, NewYork, p. 22-10.

Morgan, V. T. and Cameron, A. 1957. "Mechanism of Lubrication in Porous Metal Bearings" **Proc. Conf. on Lubr. and Wear**, Inst. Mech. Eng., London, p.151.

O'Connor, J. J. and Boyd, J. 1968. Standard Handbook of Lubrication Engineering, McGraw-Hill, New York, p. 9-15.

Pratt, G. C. 1973. Materials for Plain Bearings. International Metallurgical Reviews, Vol. 18, Review 174, pp. 23-25.

Samerski, L. 1974. Belastbarkeit und Lebensdauer Von Sinterlagern. Bosch Techn. Berichte, Band 4, Heft 6, s. 263-272.