

HİDROSTATİK KARBONLU TEFLON KAYMALI YATAKTA TERMAL ETKİ VE AŞINMA

Hüseyin Yelgin

Özet - Bu çalışmada hidrostatik yatakta sıcaklık dağılımları ile ilgili temel denklemler incelenmiş ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalar, farklı çalışma hızlarında (300 d/d, 600d/d, 900d/d, 1200 d/d) ve farklı yüklerde (10 N, 50N, 100N, 250N, 500 N) plastik esaslı malzemeden oluşan yatak zarfına (Karbonlu Teflon-PTFE) uygulanmıştır. Akışkan film sıcaklığı, yatak zarf sıcaklığı, yatak gövde sıcaklığı, mil yüzey sıcaklığı ve basınç dağılımları grafikler halinde sunulmuştur. Ayrıca Karbonlu Teflon yatak zarf malzemesinin belli bir zaman dilimi içerisindeki sıcaklık etkisi de dikkate alınarak radyal aşınma değerleri teorik olarak hesaplanmış, ayrıca deneysel olarak da aşınma değerleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - Hidrostatik Kaymalı Yatak, PTFE esaslı Karbonlu Teflon, Sıcaklık Dağılımı, Aşınma

Abstract - In this study, Basic equations concerns with pressure-temperature were investigated and experimental studies were done. Bearing case, which was made of different five, materials (Carbon Teflon) were applied using different working speeds (300 rpm, 600 rpm, 900 rpm, 1200 rpm) and different loads (10N, 50N, 100N, 250N, 500N). Fluid film temperature, bearing case temperature, mile surface temperature, bearing body temperature and pressure distribution were presented using graphics. In addition, wearing of inside Carbon Teflon material was determined radial wearing value within a piece of time.

Key Words - Hydrostatics bearing made of PTFE, Temperature Distribution, Wearing

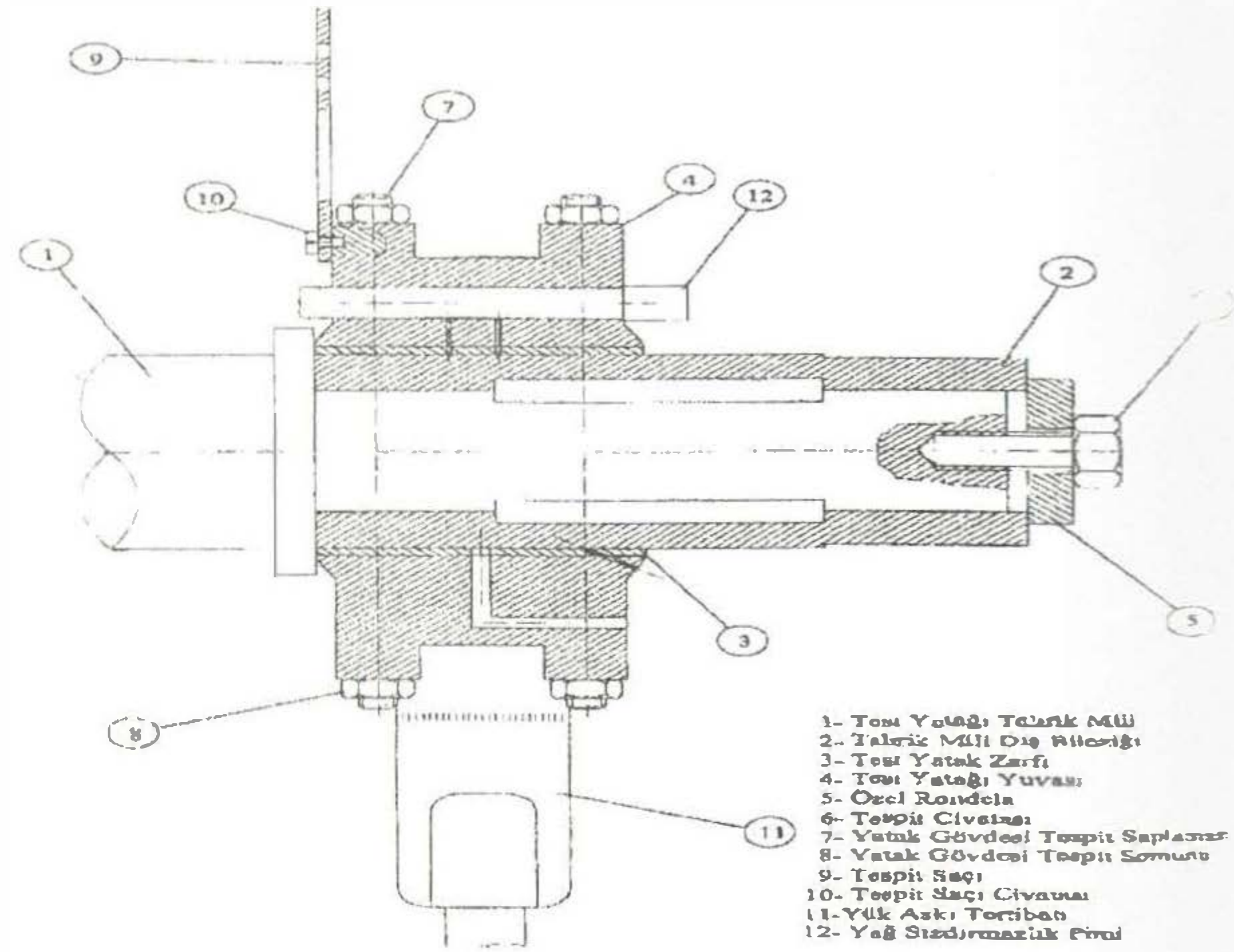
H.Yelgin, SA.Ü Sakarya Meslek Yüksekokulu, Makine programı, Adapazarı

I.GİRİŞ

Günümüzde kaymalı yatak malzemesi olarak metal esaslı Kalay ve Kurşun karışımları, Bakır ve Kurşun karışımları ve Bronz yataklar kullanılmaktadır. Belli devirlerde ve hafif yük şartlarında özellikle, gıda ve tekstil endüstri 'sinde plastik esaslı yatak malzemeleri tercih edilmektedir. Bu çalışma Karbonlu Teflon yatak malzemesinin basınç ve sıcaklık dağılımları ile aşınma değerlerini kapsamaktadır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMA

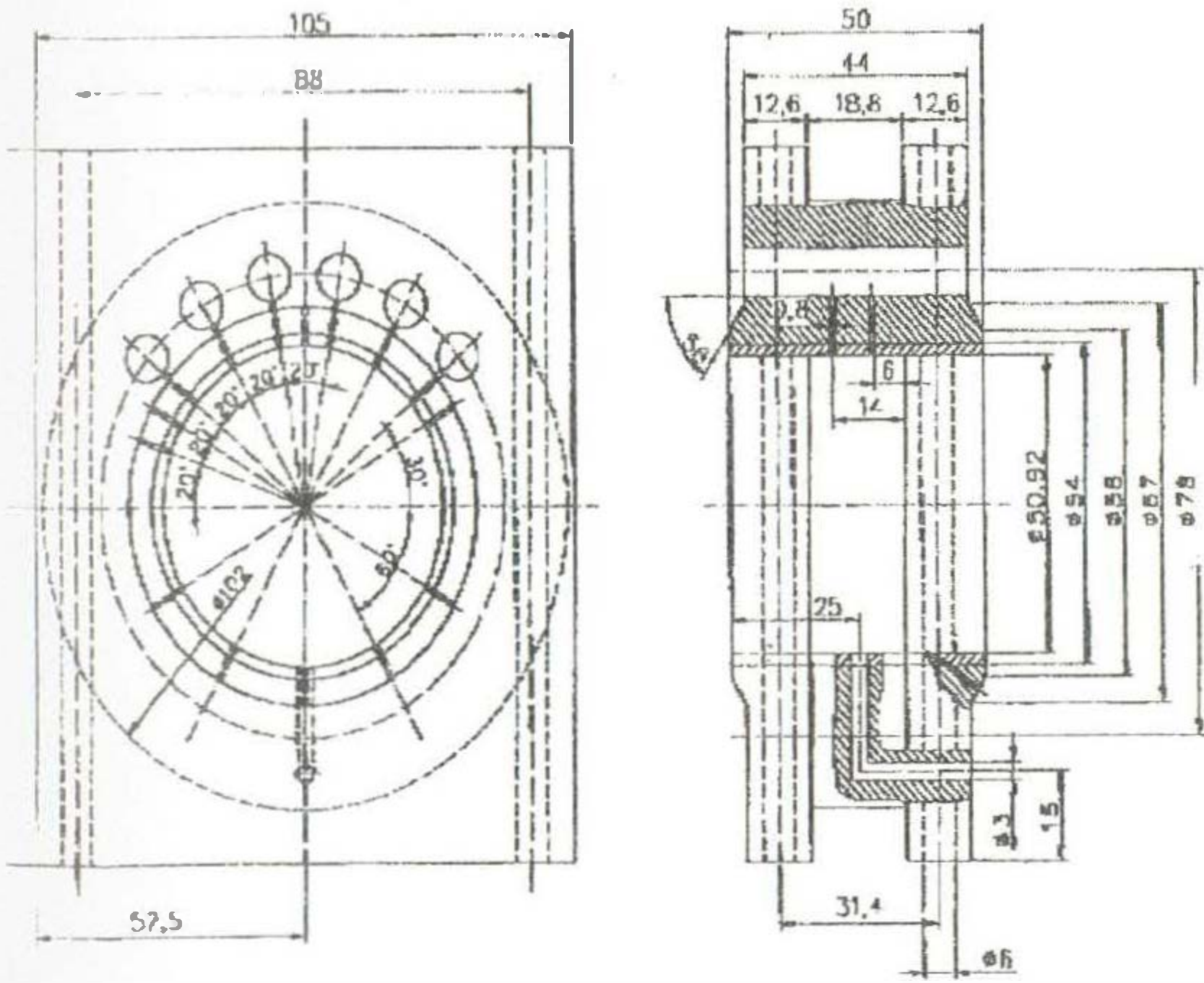
Deneylerde kullanılmak üzere yatak gövdesi dizayn edilmiştir. Yatak gövdesi içine PTFE esaslı malzemeden yatak burcu monte edilerek, değişik devir ve statik yükler altında basınç ve sıcaklık dağılımları incelenmiştir. Ayrıca sıcaklık dağılımının yatak aşınma değerleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Yatak aşınma değerleri hem deneysel hem de teorik olarak tespit edilmiş ve birbirleri ile olan sapma miktarları ortaya konulmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Deney Düzenekinin Mil Eksenine Boyunca Kesiti

Deney düzeneğinin mil eksenini boyunca alınmış kesiti şekilli. de görülmektedir. Deney düzeneğinin tahrik sistemi 0.75 kW güce ve 2850 d/d nominal dönme sayısına sahip bir alternatif akım motoru ile gerçekleştirilmiştir. Devir hız ayarı invertör yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Elektrik motoru çıkış miline bağlı kayış kasa mekanizması ile hareket deney düzeneğindeki mile aktarılmaktadır. Mil 50.75 mm çapında hassas işlenmiş ve sementasyon yolu ile sertleştirilmiştir. Yatak gövdesi ise C1040 çeliğinden iki parça halinde imal edilmiştir. Dört adet saplama yardımıyla değişik malzeme burçlarının montaj ve demontajı sağlanmıştır.

Ayrıca yatak içindeki yağ film basıncının ölçülebilmesi için yatağın pozitif basınç bölgesinde 40,60,80,100,120 ve 140 derece açılarda 8 mm çapında delikler açılmıştır. Yağ basınç ölçülmesinde basınç kaybının önlenmesi için yüzeyi taşlanmış pimler yerleştirilmiştir. Ayrıca her bir delikte 0.8 mm çapında radyal ve aksel doğrultuda delikler açılarak basınç dağılımları ölçülmüştür. Yine yatak gövdesinde 45,105,145,220,275 ve 310 derece açılarda 0.8 mm çapında yağ film sıcaklığının ölçülmesi için delikler açılmıştır. Ayrıca yatak zarfı içindeki sıcaklık değişiminin belirlenmesi için delik açılmıştır. Bu deliklere K- tipi nikel- krom esaslı 0.2 mm çapında termo elemanlar yerleştirilmiştir. Termo elemanların yapıştırılmasında Loctite 577 ticari isimli yapıştırıcı kullanılmıştır. Ayrıca özel problarla mil yüzey sıcaklığı ve yatak gövde sıcaklıkları ölçülmüştür. Yatak gövdesi içine 4 bar basıncındaki basıncı sürekli olarak iletmek için 3 mm çapında delik açılmıştır (Şekil2.).



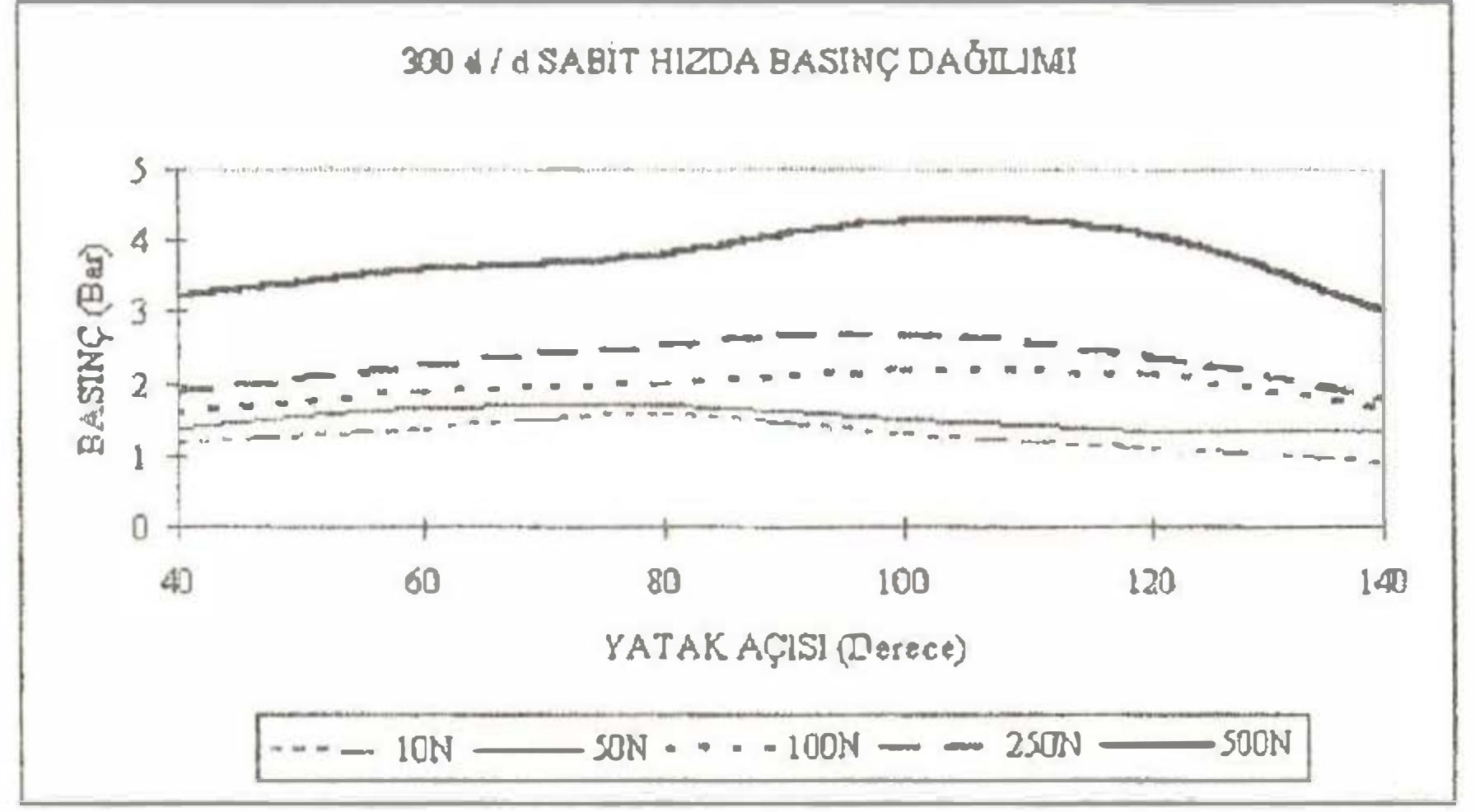
Şekil 2. Yatak Gövdesi

Deney düzeneğinde basınçlı yağ sistemi ; bir yağ silindiri basınçlı hava ile çalışan ileri geri çalıştırıcı çift etkili bir silindirden oluşmaktadır. Devrede hidrolik elemanlar ile silindirlerin her iki strokta

pompalanmasına olanak vermektedir. Devrede bulunan 8 barlık hidrolik besleyici pompalama stroku değişirken sistemin basıncının değişmeden sabit kalmasını sağlamaktadır.

Deneylerde yağlama yağı olarak Shell Tellus 46 nolu madeni sıvı yağı kullanılmıştır.

II.1. Basınç Dağılımı



Şekil 3. Karbonlu Teflon Yatakta Basınç Dağılımı

II.2. Sıcaklık Dağılımı

10 N yük, 300 d / d sabit hızda depo sıcaklığı 21,3⁰ C iken bir saatlik çalışma sonunda sistemin maksimum sıcaklığı 25,2⁰ C ve minimum sıcaklığı 24,8⁰ C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağ film sıcaklığı 24,9⁰ C , sıcaklık artışı ise 3,6⁰ C olarak tespit edilmiştir. Yatak zarf sıcaklığı 25,1⁰ C, mil yüzey sıcaklığı 25,5⁰ C ve yatak gövde sıcaklığı da 23,9⁰ C olarak ölçülmüştür.

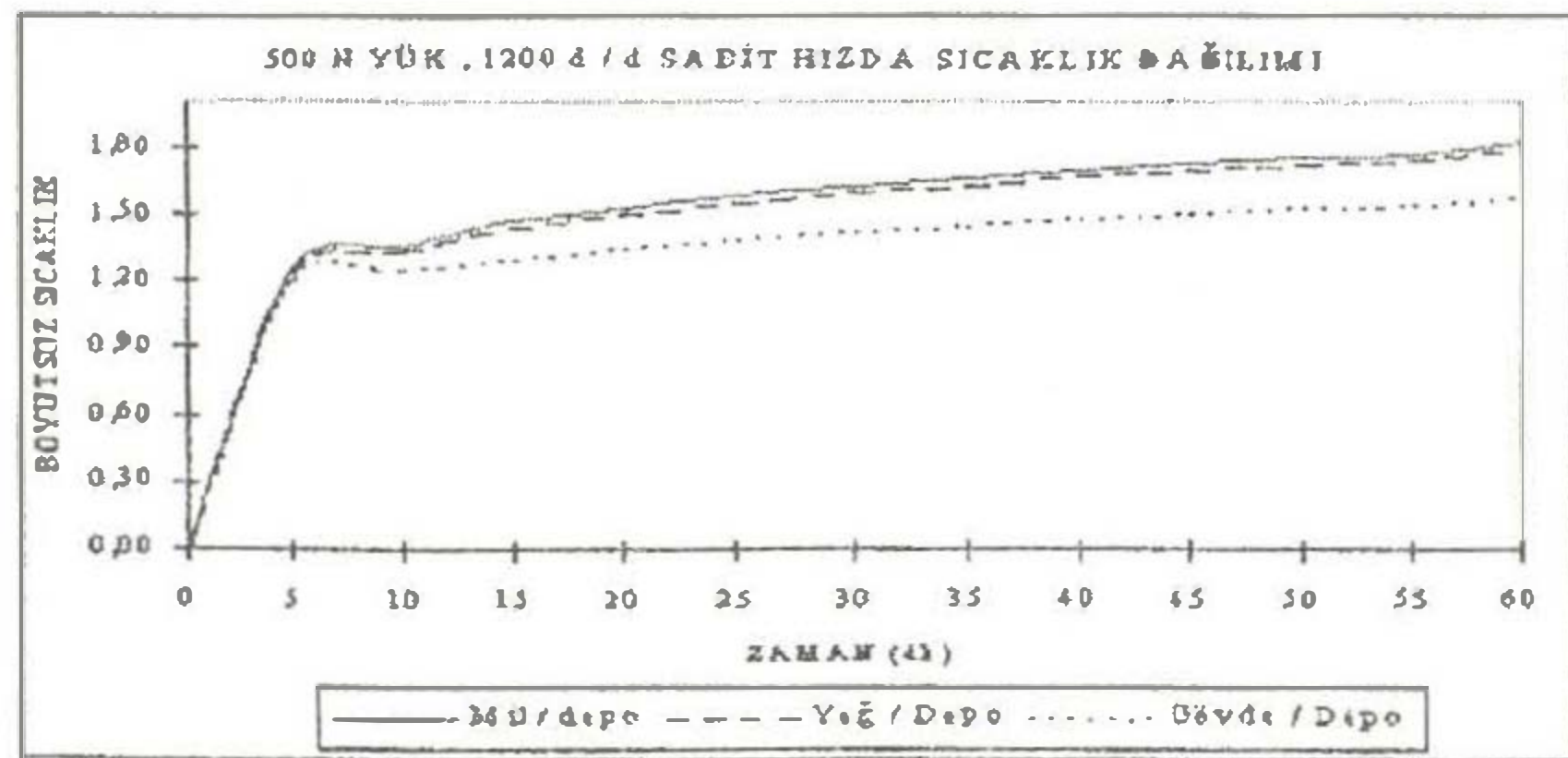
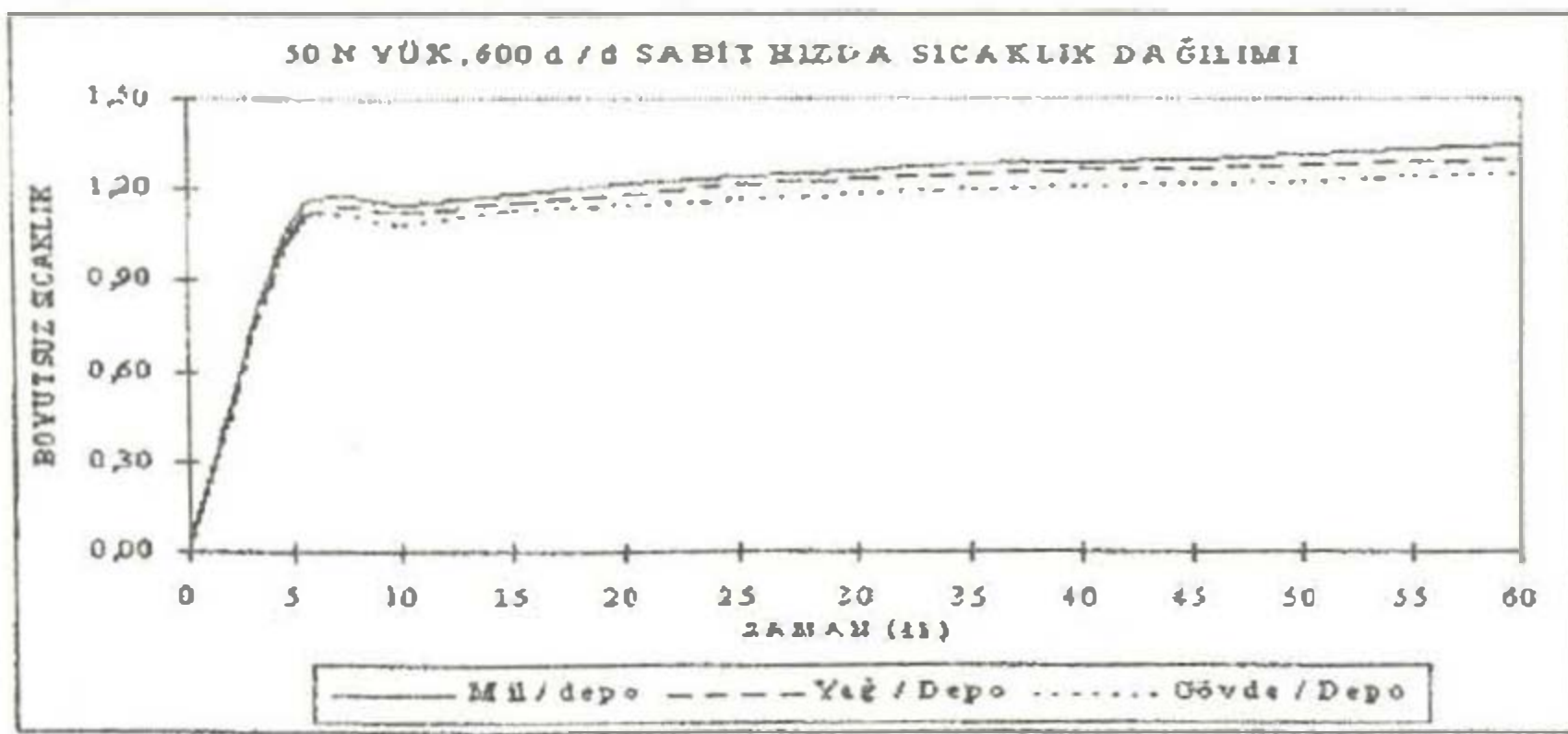
50 N yük, 600 d / d sabit hızda depo sıcaklığı 20,3⁰ C iken bir saatlik çalışma sonunda sistemin maksimum sıcaklığı 27⁰ C ve minimum sıcaklığı 26⁰ C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağ film sıcaklığı 26,5⁰ C , sıcaklık artışı ise 6,2⁰ C olarak tespit edilmiştir. Yatak zarf sıcaklığı 26,9⁰ C, mil yüzey

sıcaklığı $27,5^{\circ}\text{C}$ ve yatak gövde sıcaklığı da $25,5^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

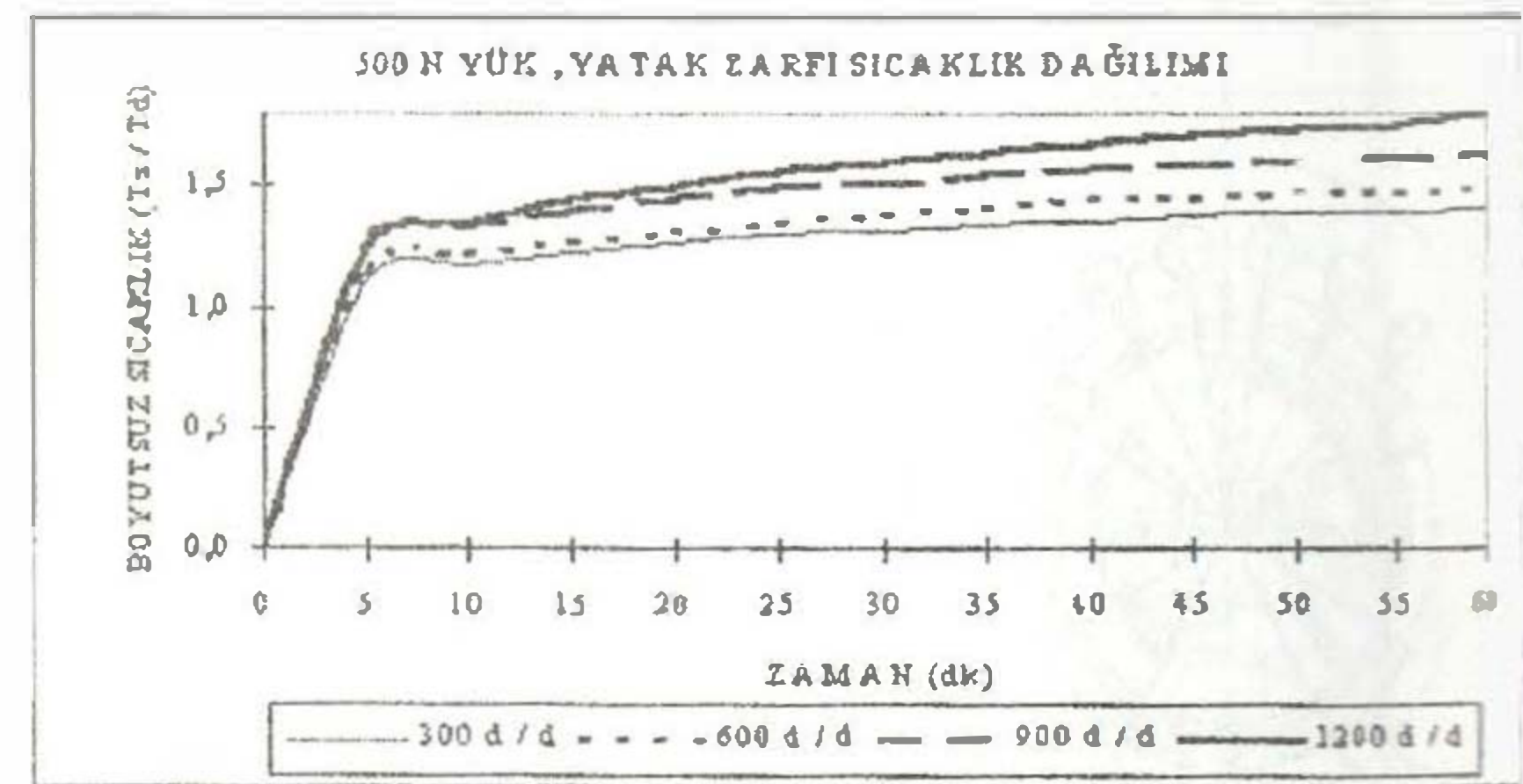
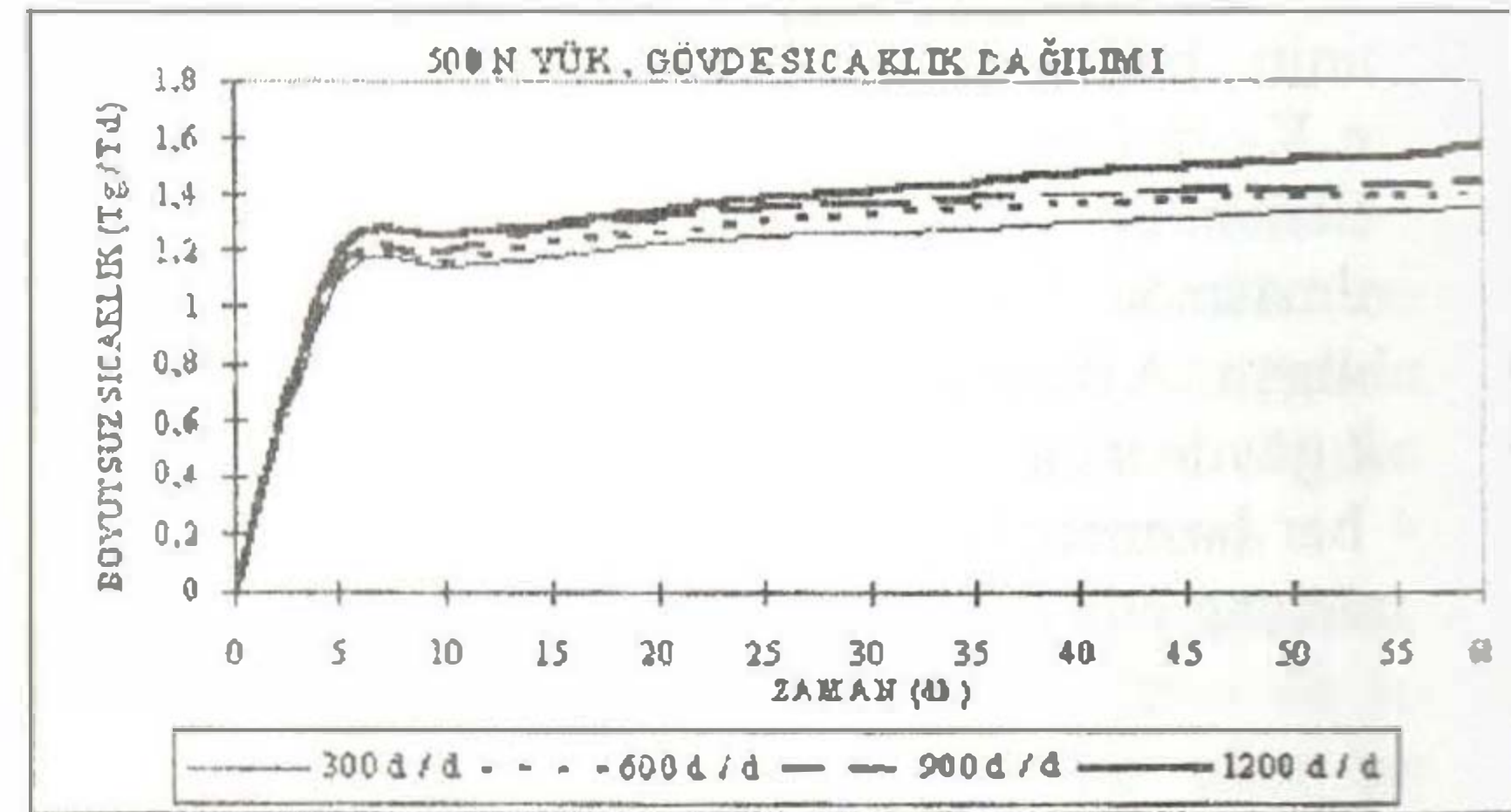
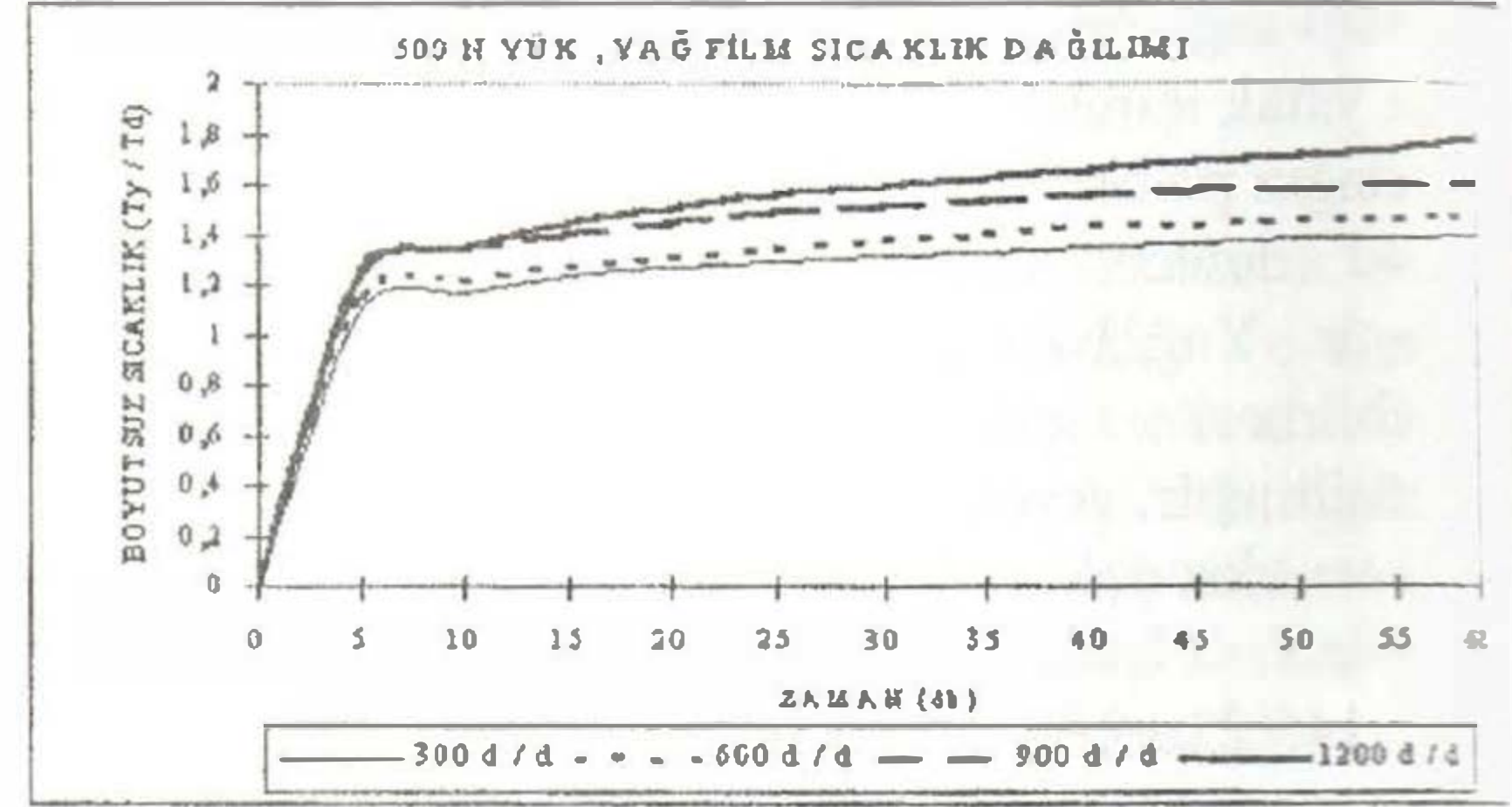
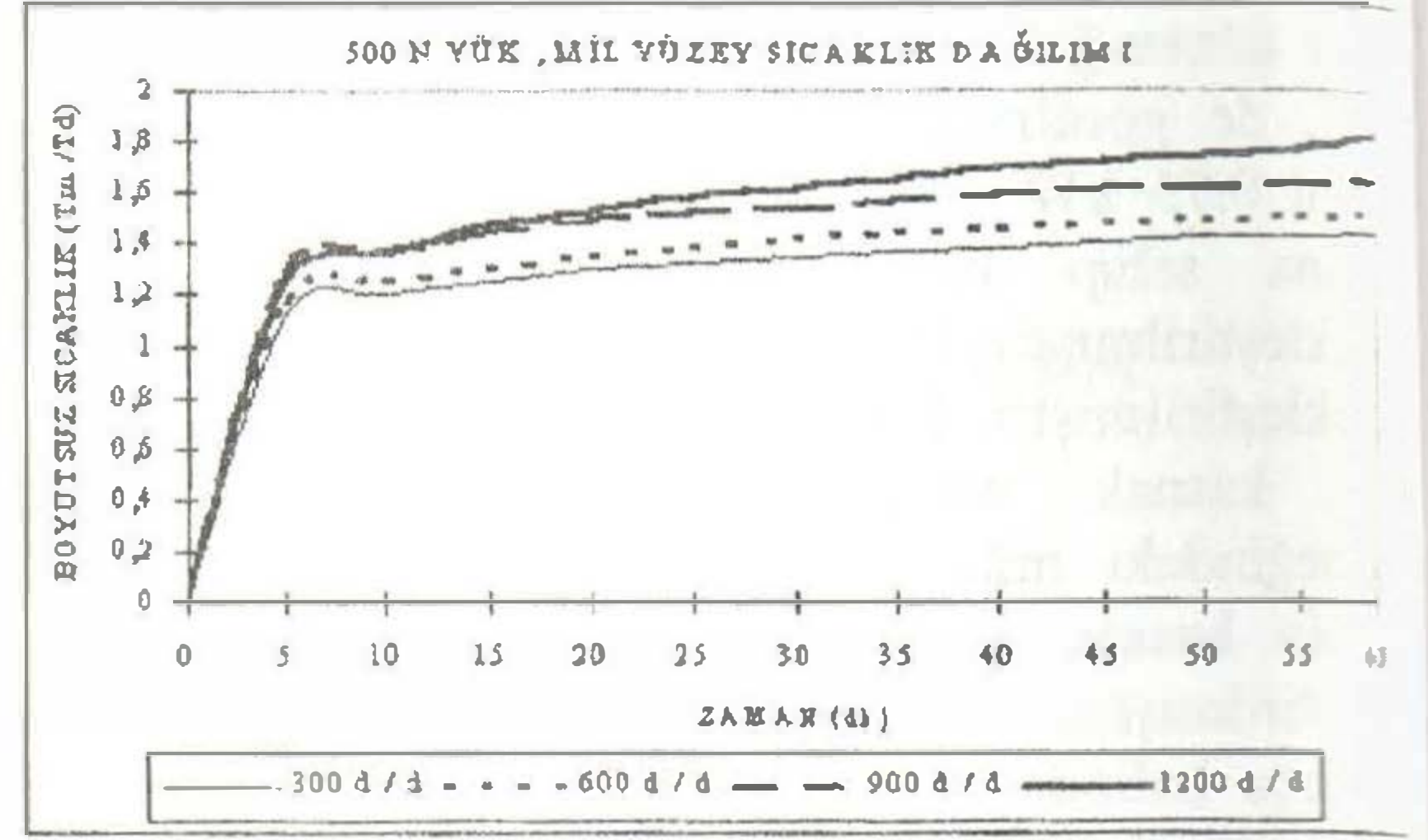
100 N yük, 900 d / d sabit hızda depo sıcaklığı $18,4^{\circ}\text{C}$ iken bir saatlik çalışma sonunda sistemin maksimum sıcaklık $28,1^{\circ}\text{C}$ ve minimum sıcaklığı $27,2^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağ film sıcaklığı $27,6^{\circ}\text{C}$, sıcaklık artışı ise $9,2^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Yatak zarf sıcaklığı $27,9^{\circ}\text{C}$, mil yüzey sıcaklığı $28,5^{\circ}\text{C}$ ve yatak gövde sıcaklığı da $25,5^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

250 N yük, 900 d / d sabit hızda depo sıcaklığı $19,3^{\circ}\text{C}$ iken bir saatlik çalışma sonunda sistemin maksimum sıcaklık $29,8^{\circ}\text{C}$ ve minimum sıcaklığı 29°C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağ film sıcaklığı $29,3^{\circ}\text{C}$, sıcaklık artışı ise 10°C olarak tespit edilmiştir. Yatak zarf sıcaklığı $29,7^{\circ}\text{C}$, mil yüzey sıcaklığı $30,4^{\circ}\text{C}$ ve yatak gövde sıcaklığı da $27,2^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

500 N yük, 1200 d / d sabit hızda depo sıcaklığı $21,3^{\circ}\text{C}$ iken bir saatlik çalışma sonunda sistemin maksimum sıcaklığı 38°C ve minimum sıcaklığı $37,5^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağ film sıcaklık $37,6^{\circ}\text{C}$, sıcaklık artışı ise $16,3^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Yatak zarf sıcaklığı $38,1^{\circ}\text{C}$, mil yüzey sıcaklığı $38,8^{\circ}\text{C}$ ve yatak gövde sıcaklığı da $33,2^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Karbonlu Teflon Yatakta Sıcaklık Dağılımları



Şekil 5. Karbonlu Teflon Yatakta 500 N Yükte Mil Yüzey, Yağ Film, Gövde ve Zarf Sıcaklık Dağılımları

Şekil 3. deki basınç dağılımları incelendiğinde maksimum yağ basıncının yatak açısının 100 derece civarında oluştuğu gözlenmektedir. Bu sonuçlar somerfeld varsayımı ile uyumluluk göstermektedir.

Şekil 4. de 50 N yük ve 600 d/d sabit hızda ve 500 N yük 1200 d/d sabit hızda mil, yağ film ve gövde

sıcaklıklarının depo sıcaklığına göre boyutsuz dağılımları görülmektedir.

Şekil5.de değişik yük ve devirlerdeki yağ film, gövde, mil yüzey sıcaklıkları ayrıca yatak zarf sıcaklıklarının dağılımı görülmektedir. Grafikler incelendiğinde büyükten küçüğe doğru olan boyutsuz sıcaklık dağılımlarında ; ilk sırada mil yüzey sıcaklığı, yatak zarf sıcaklığı, yağ film sıcaklığı ve yatak gövde sıcaklığı şeklinde sıralanmaktadır.

Bu durum Khonsari and Kim (1989) da yaptıkları çalışmalarda belirttikleri gibi ısının büyük bir kısmının mil üzerinden diğerlerinin ise yatak gövdesi üzerinden dışarıya iletildiği şeklindeki sonuçlarla uyum içindedir.

Ayrıca PTFE esaslı malzemelerin ısı iletim katsayılarının düşük olması nedeniyle ısı iletiminin ideal bir şekilde gerçekleşmediği, bu nedenle yatak zarf sıcaklıklarında yüksek değerlerde olmasının nedeni olmaktadır [4].

II.3. Aşınma Miktarının Tespiti

II.3.1. Teorik Çalışmalar

Kailas and Biswas (1999) metal esaslı malzemelerin kayma hızı ve aşınma oranı arasındaki deneysel çalışmalarında, kayma hızındaki artışın aşınma oranlarında azalmaya neden olduğunu bildirmektedir[3].

Jen et al (1999) yağ ile yağlamada sürtünme ve aşınmanın kinetik ve sıcaklık etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmaların sonunda aşınma oranını belirlemek için ampirik bir formül geliştirmişlerdir. Ayrıca deneysel çalışmalarında %25 grafit içeren malzemede aşınma oranının 1.9×10^{-7} mm³/Nm değeri ile minimum seviyede olduğunu tespit etmişlerdir[6].

Fei et al (2000) kaplamalı ve kaplamasız PTFE esaslı malzemelerin çelik yüzey karşısındaki aşınma oranlarını deneysel olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar karışım oranlarının artmasının aşınma oranlarında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir[2].

Wang.A (2001) yüksek moleküler ağırlıklı polietilenin aşınma değerleri ile ilgili yaptığı teorik ve deneysel çalışmalarda, aşınma faktörü adı ile tanımladığı bir ampirik formül geliştirmiştir [8].

$$K = \frac{\nabla V}{P.L} \text{ mm}^3/\text{Nm}$$

∇V : Kayıp hacim (mm³)

P : Normal yük (N)

L : Kayma aralığı (m)

K : Volimetrik hacimdeki aşınma oranı

Ayrıca yaptığı deneysel çalışmada yataktaki radyal boşluğun artmasının aşınma faktöründe azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir.

Akkurt.M(1980) kitabında laboratuvar şartlarında elde edilen malzemelerin aşınma oranlarının, sıcaklık etkisi ve diğer etkilerle düzeltme faktörü adı ile tanımlanan bir kavram ile normal çalışma koşullarına uyarlanabileceğini ifade etmektedir [1].

$$K_h = \frac{K_a}{3HB} PV$$

$$K_h = \frac{K_{hc}}{K_d}$$

P : Basınç

V : Kayma hızı , $V=3.14 \cdot D \cdot n / 1000$ (m/dk.)

Burada D yatak çapı (mm), n yatak dönme hızı (dev/dk) dır.

K_a : Aşınan malzeme hacmi

K_h : Aşınma oranı (cm³.dak / kg.m.saat)

K_{hc} : Malzemelerin aşınma oranı tablo değeri

K_d : Düzeltme faktörü, PTFE esaslı malzemelerde

sıcaklık , ısı iletim şekli, karşı temas yüzey malzemesi ve yüzey pürüzlülük değerini içeren bir faktördür.

Düzeltilme faktörü içinde yer alan sıcaklık etkisi, PTFE malzemeler için 20⁰C de 1 , 100⁰C da 2 , 200⁰C de ise 5 olarak alınabileceğini ifade etmektedir.

Yatağın radyal aşınma miktarının tespiti için ;

$R = PVK_h T$ formülü kullanılabilir.

R : Radyal aşınma miktarı

T : Zaman , saat

10N yükte 300,600,900,1200d/d hızda birer saat, 50N,100N,250N ve 500 N yükte aynı devirlerde birer saat olmak üzere toplam 20 saatlik çalışmada ve 500 N yükte 1200d/d hızda 48 saat olmak üzere toplam 68 saatlik çalışma süresince her bir Karbonlu Teflon malzeme için hesaplanan radyal aşınma değerleri aşağıdaki tablo1. de görülmektedir.

Tablo1. Teorik Aşınma Değerleri

Malzeme Cinsi	Radyal Aşınma-mm
Karbonlu Teflon	0,0273

II.3.2. Deneysel Çalışmalar

Başlangıçta her bir yatak burcu yatak gövdesi içine monte edildikten sonra dairesel olarak belli açılarda 6 noktadan komparatör yardımı ile ölçülmektedir.

Yatak zarfı teorik aşınma değerlerinin belirlendiği şartlarda, toplam 68 saatlik çalışma sonunda yine oda sıcaklığında aynı ölçme noktalarından tekrar ölçülerek aşınma miktarları tespit edilmiştir. Tablo2.de görülmektedir.

Tablo3.de ise teorik ve deneysel yöntemlerle hesaplanan aşınma değerlerindeki sapma miktarı yüzde cinsinden belirtilmiştir.

Tablo 4. Karbonlu Teflon Yatak Zarfı Aşınma Değerlerinin Hesaplanması

$$K_h = \frac{K_{hc}}{K_d}$$

Mil Devri (d/d)	Yatak Yüğü (N)	Yat. Basıncı P (daN/cm ²)	Kayma Hızı-V (m/dk.)	PV Değ.	K _d	K _{hc} 10 ⁻⁸		(T) Saat	Radyal Aşınma (R=PVTk _h)	Toplam R. Aşınma (mm)	Genel Aşınma (mm)
300	10	0,04	47,10	1,88	1,0488	16	0,00000015	1	0,000002874	0,0000029	
600	10	0,04	94,20	3,77	1,0613	16	0,00000015	1	0,000005681	0,0000086	
900	10	0,04	141,30	5,65	1,0588	16	0,00000015	1	0,000008541	0,0000171	
1200	10	0,04	188,40	7,54	1,1100	16	0,00000014	1	0,000010863	0,0000280	0,00002
300	50	0,2	47,10	9,42	1,0125	16	0,00000016	1	0,000014866	0,0000149	
600	50	0,2	94,20	18,84	1,0675	16	0,00000015	1	0,000028238	0,0000431	
900	50	0,2	141,30	28,26	1,1063	16	0,00000014	1	0,000040873	0,0000840	
1200	50	0,2	188,40	37,68	1,1138	16	0,00000014	1	0,000054131	0,0001381	0,00013
300	100	0,4	47,10	18,84	1,0363	16	0,00000015	1	0,000029090	0,0000291	
600	100	0,4	94,20	37,68	1,0625	16	0,00000015	1	0,000056742	0,0000858	
900	100	0,4	141,30	56,52	1,0675	16	0,00000015	1	0,000084714	0,0001705	
1200	100	0,4	188,40	75,36	1,1425	16	0,00000014	1	0,000105537	0,0002761	0,00027
300	250	1	47,10	47,10	1,0188	16	0,00000016	1	0,000073973	0,000074	
600	250	1	94,20	94,20	1,0888	16	0,00000015	1	0,000138434	0,0002124	
900	250	1	141,30	141,30	1,0900	16	0,00000015	1	0,000207413	0,0004198	
1200	250	1	188,40	188,40	1,1463	16	0,00000014	1	0,000262979	0,0006828	0,00068
300	500	2	47,10	94,20	1,0400	16	0,00000015	1	0,000144923	0,0001449	
600	500	2	94,20	188,40	1,0875	16	0,00000015	1	0,000277186	0,0004221	
900	500	2	141,30	282,60	1,1175	16	0,00000014	1	0,000404617	0,0008267	
1200	500	2	188,40	376,80	1,1638	16	0,00000014	1	0,000518049	0,0013448	0,00134
1200	500	2	188,40	376,80	1,1638	16	0,00000014	48	0,024866372	0,0260662	0,02486
											0,0273

Yatak Çapı ve Yatak Boyu (d.b) 50 mm dir.

Tablo2. Deneysel Aşınma Değerleri

Malzeme Cinsi	Radyal Aşınma-mm
Karbonlu Teflon	0,0291

Tablo3. Teorik ve Deneysel Aşınma Değerlerinin Karşılaştırılması

Malzeme Cinsi	Teorik/Deneysel Aş. %
Karbonlu Teflon	6,59

Tablo 4'deki sonuçlar belirtilen yatak yükü F (10 – 500 N) ve mil devirleri için (300 – 1200 d/d), $P=F/d.b$ ifadesi ile yatak basıncı hesaplanmıştır. Aynı şekilde $V= 3,14.d.n / 1000$ ifadesi ile kayma hızı hesaplanmıştır. Malzemenin aşınma oranı tablo değeri olarak alınmış, belirlenen düzeltme faktörü de değerlendirilerek radyal aşınma değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4. deki en son sütunda ise belirtilen yatak yükleri grupları için genel toplam aşınma miktarları hesaplanmıştır.

III. SONUÇLAR

1.Basınç dağılımları yarı Somerfeld sınır şartları ile elde edilen sonuçlarla uyum içindedir.

2.Yükün sabit olduğu çalışma koşullarında mil dönme hızının artması zarf sıcaklığının doğrusala yakın bir fonksiyon gibi arttığı deneysel çalışmalara ait grafiklerde görülmektedir.Örneğin 50N 600 d/d hızda depo sıcaklığı $20.3^{\circ}C$ iken yatak zarf sıcaklığı $26.9^{\circ}C$ tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yatak zarf sıcaklığının yağ giriş sıcaklığına oranı 1,325 olarak tespit edilmiştir. Geçmişte benzer çalışmalar yapan Mikula (1988), Khonsari and Wang (1991) çift tabakalı babbitt kaymalı yatak da yatak hızına bağlı olarak maksimum yatak zarf sıcaklığının doğrusal olduğu, yağ giriş sıcaklığının 40 derece ve mil devri arttıkça yatak sıcaklığında doğrusal olarak arttığı ve 3000 d/d lık devirde yatak zarf sıcaklığının $53^{\circ}C$ olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre yatak zarf sıcaklığının yağ giriş sıcaklığına oranı 1.325 olarak tespit edilmiştir.Benzer olarak zamanın fonksiyon olarak hız arttıkça boyutsuz sıcaklık değişiminin arttığını tespit etmişlerdir.

Görüldüğü gibi çalışmanın sonuçları daha önce yapılan çalışmalarla uyum içindedir. [4,5].

3.Deneysel çalışmalara ait grafikler incelendiğinde sıcaklık artış büyüklüklerine göre sıralandığında ilk sırada mil yüzey sıcaklığı, daha sonra yatak zarf sıcaklığı ve en son olarak akışkan film sıcaklığı şeklinde sıralanmaktadır. Bu dağılımında PTFE esaslı yatak malzemelerinin ısı iletim katsayılarının düşük olması etken olmaktadır

4.PTFE esaslı malzemelerde ısı iletim katsayısının çok düşük olması nedeniyle, bu malzemelerin hidrodinamik şartlarda kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Hidrostatik çalışmada ise yağlayıcı akışkan tarafından ısının taşınması sonucu bu malzemelerin kullanımının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]AKKURT,M., 1980,Makine elemanları Cilt.2.İ.T.Ü.Müh.Mim.Fak.sayı,134.
- [2]FEI,L.,FENG,Y.,LAI,Y., and WEI,L., 2000, The Tribological Behaviors of Copper- Coated Graphite Filled PTFE Composites,WEAR,Vol.237,pp 33-38
- [3]KAILAS,V., and BISWAS, S.K., 1999, Sliding Wear of Copper Against Alumina, ASME,Vol.121,pp.795-801
- [4]KHONSARI,M.M., and KIM,H.J., 1989 On Thermally Induced Seizure in Journal Bearing, Journal of Tribology, Vol.111/661
- [5]KHONSARI,M.M.,and WANG ,S.H., 1991, On the Maximum Temperature in Double – Layered Journal Bearing, Trans.ASME ,Vol.113 / 464.
- [6]JEN,L., CHAU,C., and SAN, C., 1999, Models for Temperature- Kinetic Aspect of Friction and Wear in Oil Lubrication,ASME ,Vol.121,pp. 774- 786
- [7]MİKULA, A.M., 1988,The Effect of Shoe-Backing Materiel on the Thermal Performance of a Tilting- pad Thrust Bearing, Lubrication Engineering, pp.969–973.
- [8]WANG,A., 2001, A Unified Theory of Wear for Ultra-High Molecular Weight Polyethylene in Multi-Directional Sliding, WEAR, Vol.248,pp. 38-47