

2010 Ekim

www.guven-kutay.ch

RULMAN ve KAYGAN YATAKLAR

Özet

11-0

M. Güven KUTAY

DİKKAT:

İyi niyet, bütün dikkat ve çabama karşın yanlışlar olabilir . Bu nedenle sonucu sorumluluk verecek hesaplarda, ya imalatçının vereceği veya özel deneyler sonucu elde edilen değerlerle hesabın yapılmasını salık verir , hiçbir şekilde maddi, manevi vede hukuki sorumluluk taşımayacağımı belirtirim.

Bu belgedeki bütün değerler FAG ve SKF firmalarının katalog veya teknik yayınlarından alınmıştır.

İÇİNDEKİLER

1	Yataklar.....	3
1.0	Genel	3
1.0.1	Sembol ve tanımlamaları	3
1.1	Rulmanlı yataklar	5
1.1.1	Statik zorlanma etkisindeki rulman yataklar	5
1.1.2	Dinamik zorlanma etkisindeki rulman yataklar	6
1.1.3	Toleranslar	6
1.1.4	Rulmanların standartlarda simgelenme şekli	9
1.1.5	Yağlama	10
1.1.6	Yatakların hakiki ömrü	10
1.1.6.1	Yatakların hakiki yorgunluk ömrü	10
1.1.6.2	Aşınmaya göre hakiki ömür	11
1.1.7	Rulman yatakların montaj toleransları	14
1.1.8	Rulmanlı yatakların montaj ölçüleri	16
1.1.9	Dinamik yüklenen rulman yatakların kabaca tekrar kontrolü	17
1.1.10	Statik zorlamalı rulmanlı yataklar için örnek	18
1.1.11	Dinamik zorlamalı rulmanlı yataklar için örnek	19
1.2	Kaygan yataklar	21
1.2.1	Radyal kaygan yataklar	21
1.2.2	Eksenel kaygan yataklar	25
1.2.2.1	Hidrodinamik eksenel yataklar	25
1.2.2.2	Hidrostatik eksenel yataklar	27
1.2.3	Kaygan yataklar için örnek:	33
1.2.3.1	Kaygan hidrodinamik eksenel yatak	37
1.2.3.2	Kaygan hidrostatik eksenel yatak	39
2	Kaynaklar	41
2.0	Literatür	41
3	Konu indeksi	42

1 Yataklar

1.0 Genel

1.0.1 Sembol ve tanımlamaları

Büyük Harfler

Sembolü	Birimi	Tanımı
A	mm ²	Yatağın kaydığı alan
A _G	mm ²	Yatak konstruksiyonunda ısı ileten yüzey
E	N/mm ²	Elastiklik modülü
F	N	Yataktaki radyal kuvvet
L _G	mm	Yatağın genişliği
L _Y	mm	Yatağın boyu
P _{Pom}	W	Pompanın kayıp gücü
P _{sür}	W	Sürtünme kayıp gücü
So	–	Sommerfeld sayısı
V _{Dgör}	m ³	Göreceli yağ miktarı
V _{GER}	m ³	Gerekli yağ miktarı
V _Y	m ³	Yatak hacmi
V _{Yağ}	m ³	Yağ hacmi

Küçük Harfler

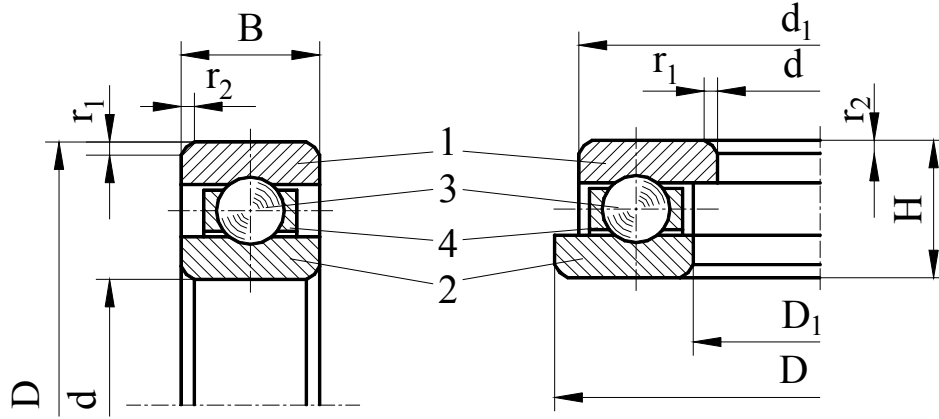
Sembolü	Birimi	Tanımı
b _Y	mm	Yatağın boyu
c _{bık}	J/(kg.°C)	Mineralli yağlar için bağıl ısı kapasitesi
d ₀	mm	Yağlama delik çapı
d _d	mm	Yatağın dış çapı
d _i	mm	Yatağın iç çapı
d _M	mm	Milin çapı
d _{or}	mm	Yatağın ortalama çapı
d _Y	mm	Yatağın çapı
e	mm	Milin hakiki kayması
h ₀	mm	En küçük yatak boşluğu
h _{0EM}	mm	Emniyetli en küçük yatak boşluğu
k ₁	–	Yükleme katsayısı
k ₂	–	Sürtünme katsayısı
n _G	s ⁻¹	Milin geçiş devir sayısı
n _m	s ⁻¹	Milin devir sayısı
p _{EM}	N/mm ²	Yataktak için emniyetli basınç
p _Y	N/mm ²	Yataktaki ortalama basınç
s	mm	Yatak boşluğu
s _{İM}	mm	İmalattaki yatak boşluğu
s _{iŞ}	mm	İşletmedeki yatak boşluğu
v _ç	m/s	Yatakta çevre hızı
z	–	Yataktaki lokma adedi

Eski Yunan Harfleri

Sembolü	Birimi	Tanımı
θ _ç	°C	İmalat yerinde çevre ısısı
θ _{EM}	°C	Emniyetli ısı ≈ 100°C
θ _{etk}	°C	Etken ısı
ψ _{İM}	–	İmalattaki göreceli boşluk
θ _{iŞ}	°C	Yatağın işletmedeki ısısı

Sembolü	Birimi	Tanımı
$\psi_{i\dot{s}}$	–	İşletmedeki göreceli boşluk
ϑ_Y	°C	Yatağın ısısı
ϑ_p	°C	Özgül ağırlığın arandığı ısı
$\Delta\vartheta$	°C	Yağın ısınması
Δs_Y	mm	Yatağın işletmedeki boşluk farkı
α_{iL}	W/m ²	ısı iletim katsayısı
α_M	K ⁻¹	Milin ısı genleşme sayısı
α_Y	K ⁻¹	Yatağın ısı genleşme sayısı
β	°	Milin kayma açısı
ε	–	Göreceli eksantriklik
η_g	Ns/mm ²	Isıya göre viskozite, η_{40} 40°C de dinamik viskozite
η_{etk}	Ns/mm ²	Etken viskozite, Ns/mm ² veya mPas
η_{Pom}	–	Pompanın verimi
μ	–	Sürtünme sayısı
ρ_{15}	kg/m ³	yağın 15°C özgül ağırlığı
ω_{etk}	s ⁻¹	Etken açısal hız

1.1 Rulmanlı yataklar



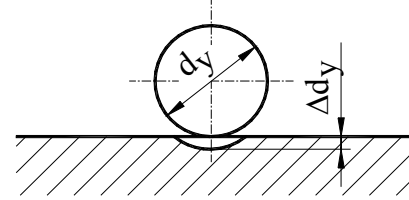
D	Dış bileziğin dış çapı, Dış bilezik	1	D, D ₁ göbek diski D > d ₁ ve D ₁ > d
d	İç bileziğin iç çapı, İç bilezik	2	d, d ₁ mil diski
	Yuvarlanma elemanı, Rulman	3	Yuvarlanma elemanı, Rulman
	Kafes	4	çelenk
B	Genişlik	H	yükseklik
r ₁	Köşenin dikey mesafesi	r ₁	Köşenin dikey mesafesi
r ₂	Köşenin yatay mesafesi	r ₂	Köşenin yatay mesafesi

Zorlanma seçimi : Eğer $n \leq 10 \text{ dak}^{-1}$ ise, rulman statik zorlanma etkisindedir.
Eğer $n > 10 \text{ dak}^{-1}$ ise, rulman dinamik zorlanma etkisindedir.

1.1.1 Statik zorlanma etkisindeki rulman yataklar
Ezilme sınırı

$$(1.1) \Delta d_y \leq 0,0001 \cdot d_y$$

Statik zorlanmada rulman yataklarının ömrü ezilme sınırına bağlıdır. statik kıyaslama sayısı



d_y Yuvarlanma elemanının çapı

$$(1.2) f_{she} = \frac{C_0}{P_0} \geq f_{sGER}$$

f_{she} 1 İşletmedeki statik kıyaslama sayısı
 C_0 kN Statik yük değeri, Standartlara veya kataloğa göre ezilme sınırı yükü,

(1.3) Gerekli statik yük değeri

$$C_{0GER} \geq f_{sGER} \cdot P_0$$

Radyal yatak için işletmedeki statik eşdeğer yük

P_0 kN İşletmedeki statik eşdeğer yük
 f_{sGER} 1 gerekli statik kıyaslama değeri

$$(1.4) P_0 = X_0 \cdot F_{r0} + Y_0 \cdot F_{e0}$$

Eksenel oynak masuralı yatak için işletmedeki statik eşdeğer yük

$$(1.5) P_0 = F_{e0} + 2,7 \cdot F_{r0}$$

f_s	Zorlanma ve istekler
≥ 4	Çok kaliteli istekler ve çok darbeli yüklemeler
1,5 ... 2,5	Kaliteli istekler ve darbeli yüklemeler
1 ... 1,5	Normal kaliteli istekler ve az darbeli yüklemeler
0,5 ... 1	Düşük kaliteli istekler, düzgün ve darbesiz yüklemeler

X_0 ve Y_0 için bak

1.1.2 Dinamik zorlanma etkisindeki rulman yataklar

Gerekli dinamik yük sayısı $p = 3$ Bilyalı rulman yataklar

(1.6)
$$C_{GER} = P \cdot p \sqrt{\frac{L_{10hGER} \cdot n \cdot 60}{a_1 \cdot a_{23} \cdot f_H \cdot f_T \cdot 10^6}}$$
 $p = 10/3$ Masuralı rulman yataklar
 n d/dak Rulmanlı yatağın devir sayısı
 L_{10hGER} bak Tablo 1.8

İşletmedeki dinamik eşdeğer yük a_1 Bozulma ihtimali faktörü

(1.7)
$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_e$$
 a_{23} Malzeme ve yağlama faktörü

Kuvvetler f_T Temperatur faktörü

(1.8)
$$F = \frac{2 \cdot F_{max} + F_{min}}{3}$$
 f_H Sertlik faktörü

X ve Y için bak

(1.9)
$$F_r = f_z \cdot F_{rNom}$$
 F_{rNom} Nominal radyal kuvvet

$$F_e = f_z \cdot F_{eNom}$$
 F_{eNom} Nominal aksel kuvvet

Tablo 1.1, Rulman yataklar için önerilen işletme katsayısı f_z

İşletme şekli	f_z
Dişliler	1,10 bis 1,40
Darbesiz çalışan makinalar, örneğin: elektr. makinalarve turbo kompresör	1,00 bis 1,20
Pistonlu makina, salgısı alınmasına göre	1,20 bis 1,50
Yatakları devamlı darbe altında olan makinakar, haddehane makinaları	1,50 bis 3,00
Şehir içi taşıma aracı yatakları	1,50 bis 2,00
Ray üstü taşıma aracı yatakları	1,30 bis 1,60
V-Kayış kasnak yatakları	2,00 bis 2,50
Düz kayışları germe makarası yatakları	2,50 bis 3,00
Lastik ve kösele kayış kasnaklarının yatakları	4,00 bis 5,00

Ölçü ve seçim için Tablo 1.3, .bakınız.

1.1.3 Toleranslar

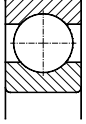
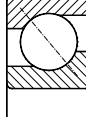
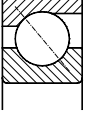
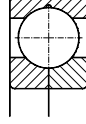
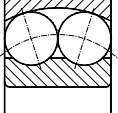
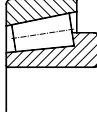
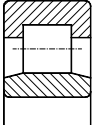
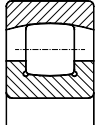
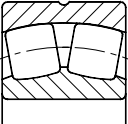

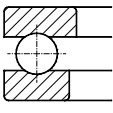
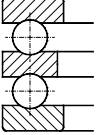
a) İç çap "d" ve genişlik "B" nin toleransları

Bütün ölçüler mm dir	Yatak iç çapı d nin nominal ölçü sınırı							
	Yatak iç çapı genişlik toleransı içinde çıkış değeridir							
	2,5bis10	10 bis 18	18 bis 30	30 bis 50	50 bis 80	80 - 120	120 - 180	180 - 250
d nin to-leransları	0 -0,008	0 -0,008	0 -0,010	0 -0,012	0 -0,015	0 -0,020	0 -0,025	0 -0,030
B nin to-leransları	0 -0,120	0 -0,120	0 -0,120	0 -0,120	0 -0,150	0 -0,200	0 -0,250	0 -0,300

b) Dış çap D nin toleransları

Bütün ölçüler mm dir	Yatak dış çapı D nin nominal ölçü sınırı							
	6 bis 18	18 bis 30	30 bis 50	50 bis 80	80 - 120	120-150	150-180	180-250
D nin to-leransları	0 -0,008	0 -0,009	0 -0,011	0 -0,013	0 -0,015	0 -0,018	0 -0,025	0 -0,030

Tablo 1.2, Rulman yataklarının adları ve boyut simge numaraları

Kesit resmi	Adı	Yatak ve boyut simgesi	Kesit resmi	Adı	Yatak ve boyut simgesi
	Bilyalı sabit yatak	160, 161, 60, 618, 62, 622, 623, 63, 64		Tek bilyalı eğik yatak	72B, 73B
				Çift bilyalı eğik yatak	32B, 33B, 32, 33, 33DA
	Bilyalı iğ yatağı (Tandem düzeni, O-düzeni, X-düzeni)	B70, B719, B72, HCS70, HCS719, HSS70, HSS719		Dört nokta yatağı	QJ2, QJ3, N2
	Bilyalı oynak yatak	12, 13, 22, 23, 112, 113		Konik masuralı yatak	302, 303, 313, 320, 322, 323, 329, 330, 331, 332
	Masuralı yatak	NU10, 19, 22, 23, NJ2, 22, 3, 23, NUP2, 22, 3, 23, N2, N3		Masuralı oynak yatak	202, 203
	Çift sıra masuralı oynak yatak	213, 222, 223, 230, 231, 232, 233, 239, 240		İğne masuralı yatak	NA48, NA49
	Tek yönlü eksenel yatak	511, 512, 513, 514, 532, 533		Çift yönlü eksenel yatak	522, 523, 542, 543

Tablo 1.3, Radyal rulman yataklarının standart boyutları

d	ÇK	0			2					3					4		
		ÇS	10		02			22	32	03			23	33	04		
		BS	D	B	r _{1s}	D	B	r _{1s}	B	B	D	B	r _{1s}	B	B	D	B
10	00	26	8	0,3	30	9	0,6	14	14,3	35	11	0,6	17	19,0	–	–	–
12	01	28	8	0,3	32	10	0,6	14	15,9	37	12	1,6	17	19,0	–	–	–
15	02	32	9	0,3	35	11	0,6	14	15,9	42	13	1,0	17	19,0	–	–	–
17	03	35	10	0,3	40	12	0,6	16	17,5	47	14	1,0	19	22,2	62	17	1,0
20	04	42	12	0,6	47	14	1,0	18	20,6	52	15	1,1	21	22,2	72	19	1,1
25	05	47	12	0,6	52	15	1,0	18	20,6	62	17	1,1	24	25,4	80	21	1,5
30	06	55	13	1,0	62	16	1,0	20	23,8	72	19	1,1	27	30,2	90	23	1,5
35	07	62	14	1,0	72	17	1,1	23	27,0	80	21	1,5	31	34,9	100	25	1,5
40	08	68	15	1,0	80	18	1,1	23	30,2	90	23	1,5	33	36,5	110	27	2,0
45	09	75	16	1,0	85	19	1,1	23	30,2	100	25	1,5	36	39,7	120	29	2,0
50	10	80	16	1,0	90	20	1,1	23	30,2	110	27	2,0	40	44,4	130	31	2,1
55	11	90	18	1,1	100	21	1,5	25	33,3	120	29	2,0	43	49,2	140	33	2,1
60	12	95	18	1,1	110	22	1,5	28	36,5	130	31	2,5	46	54,0	150	35	2,1
65	13	100	18	1,1	120	23	1,5	31	38,1	140	33	2,5	48	58,7	160	37	2,1
70	14	110	20	1,1	125	24	1,5	31	39,7	150	35	2,1	51	63,5	180	42	3,0
75	15	115	20	1,1	130	25	1,5	31	41,3	160	37	2,1	55	68,3	190	45	3,0
80	16	125	22	1,1	140	26	2,0	33	44,4	170	39	2,1	58	68,3	200	48	3,0
85	17	130	22	1,1	150	28	2,0	36	49,2	180	41	3,0	60	73,0	210	52	4,0
90	18	140	24	1,5	160	30	2,0	40	52,4	190	43	3,0	64	73,0	225	54	4,0
95	19	145	24	1,5	170	32	2,1	43	55,6	200	45	3,0	67	77,8	–	–	–
100	20	150	24	1,5	180	34	2,1	46	60,3	215	47	3,0	73	82,6	–	–	–
105	21	160	26	2,0	190	36	2,1	50	65,1	225	49	3,0	77	87,3	–	–	–
110	22	170	28	2,0	200	38	2,1	53	69,8	240	50	3,0	80	92,1	–	–	–
120	24	180	28	2,0	215	40	2,1	58	76,0	260	55	3,0	86	106	–	–	–

1.1.4 Rulmanların standartlarda simgelenme şekli

VX Y ZZ TEMEL SİMGE

ZZ DELİK ÇAP KODU "ÇK" $d = (XX) \times 5$ mm olarak

Kural dışı :	00	10 mm
	01	12 mm
	02	15 mm
	03	17 mm

X Y BOYUT SERİSİ "BS"

Y ÇAP SERİSİ "ÇS"

Burada çap olarak dış çap "D" düşünülmüştür

Eğer iki ayrı tip yatağın temel simgesinde sağdan itibaren 3 üncü rakkam aynı ise, yatakların dış çapı aynı büyüklüktedir.

X GENİŞLİK SERİSİ "GS"

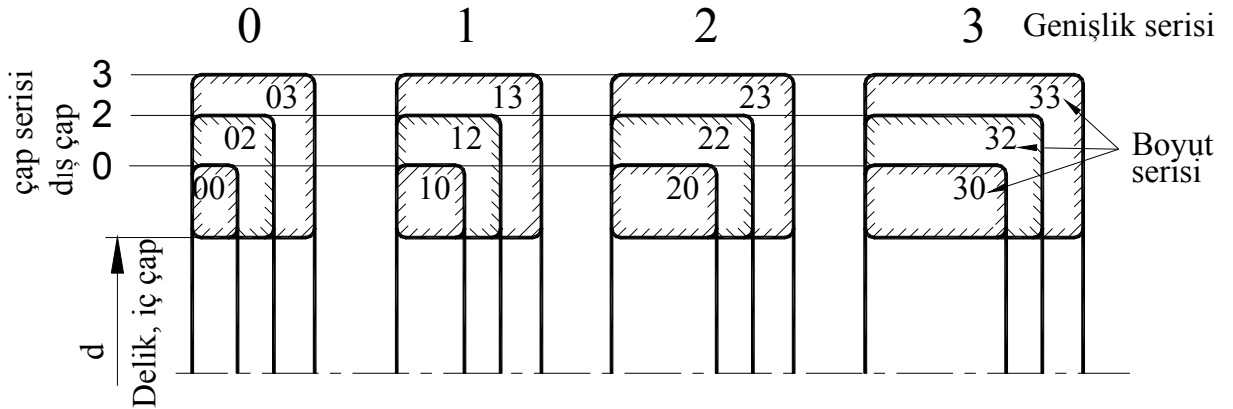
X Y BOYUT SERİSİ "BS"

V YATAK SERİSİ "YS" (CİNSİ, ŞEKLİ)

Bu sayıdan rulman yatağın şekli görülür. Yatağın bilyalı veya masuralı, tek veya çift sıralı olduğu anlaşılır.

Örneğin: 6 Bilyalı sabit, 2 iki sıra masuralı yatak demektir.

Tablo 1.4, Rulmanlı radyal yataklarda "Seriler"



1.1.5 Yağlama

Gres yağ'ı ile yağlama : Üst sınır değerleri $T = 110^{\circ}\text{C}$ ve $v_c \leq 12 \text{ m/s}$

$k_n = n \cdot d_{or}$ $k_n < 0,5 \cdot 10^6$ Normal gres yağ'ı ile yağlama

$d_m = \frac{D+d}{2}$ $0,5 \cdot 10^6 < k_n < 1,3 \cdot 10^6$ Özel gres yağ'ı ile yağlama

Gres yağ'ı miktarı: $n/n_s < 0,2$ Yatak veya yatak konstrüksiyon yuvası, gres yağ'ı ile tam doldurulur.
 $n/n_s = 0,2 - 0,8$ Yatak veya yatak konstrüksiyon yuvası, gres yağ'ı ile 1/3 doldurulur.
 $n/n_s > 0,8$ Yatak veya yatak konstrüksiyon yuvası boş bırakılır.

Sınır devir sayısı n_s En doğru değer katalogtan alınacak değerdir. Burada hesaplanan değerler katalog değerlerinden daha düşüktür.

$D < 30 \text{ mm}$ için: $n_s = \frac{3 \cdot k \cdot A}{D+30}$; $D > 30 \text{ mm}$ için $n_s = \frac{k \cdot A}{D-10}$

Tablo 1.5, Düzeltme faktörü " k " ve Sabit yatak faktörü " A "

Düzeltme faktörü k	F_e/F_T oranı	Eğik bilyalı yataklar	
		Bilyalı sabit yataklar	çift masuralı oynak yataklar
1,0	0,4	0,9	0,8
0,8	0,6	0,7	0,6
0,6	1,0	0,5	0,4
0,4	2,0	0,3	0,2
0,2	10,0	0,1	0,1

Sabit yatak faktörü A *)1
 $A = 500'000$ Bilyalı sabit, bilyalı eğik, bilyalı oynak, makaralı silindirik
 $A = 360'000$ çift sıra eğik yataklar
 $A = 320'000$ Bilyalı oynak, Konik rulmanlı, çift sıra masuralı oynak 222 ve 223 serileri
 $A = 250'000$ çift sıra masuralı oynak 230, 231, 232, 239, 240, 241 serileri için
 $A = 220'000$ fiçi rulmanlı, çift sıra masuralı oynak 213 serisi ve eksenel eğik yataklar
 $A = 140'000$ eksenel yataklar

*)1 Burada verilen değerler gres yağlaması içindir. Sıvı yağlamada A faktörü 1,25 le çoğaltılmalıdır.

1.1.6 Yatakların hakiki ömrü

1.1.6.1 Yatakların hakiki yorgunluk ömrü

$$(1.10) \quad L_{10hhak} = \left(\frac{C}{P}\right)^P \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}$$

$$L_{nah} = a_1 \cdot a_{23} \cdot f_T \cdot f_H \cdot L_{10hvaro}$$

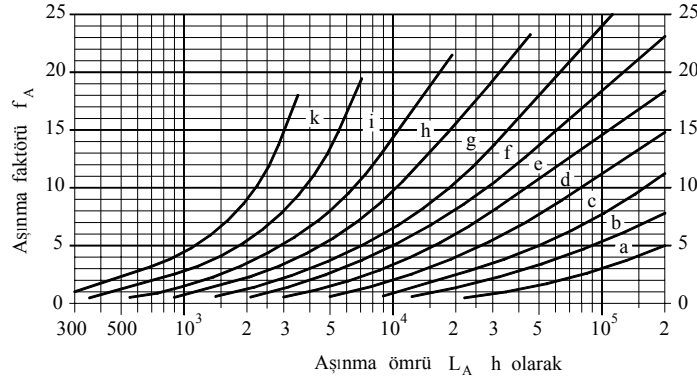
L_{10h} %10 bozulma ihtimaline göre ömür
 $L_{10hvaro}$ %10 bozulma ihtimaline göre varolan ömür
 a_1 Bozulma ihtimali faktörü
 a_{23} Malzeme ve yağlama faktörü
 f_T Temperatur faktörü
 f_H Sertlik faktörü

Tablo 1.6, Bozulma ihtimali faktörü a_1

Bozulma %	50	30	10	5	4	3	2	1
Yaşama %	50	70	90	95	96	97	98	99
a_1	5	3	1	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

1.1.6.2 Aşınmaya göre hakiki ömür

Tablo 1.7, Aşınma ömrü



Tablo 1.8, Rulman yataklar için önerilen ömür değerleri

Değerler FAG Kugelfischer Georg Schfer KgaA, Katalog WL 41 510/2 DA, Mart 1989 dan alınmıştır.

Grubu	No	İşletme durumu	Önerilen ömür L_{10h} h olarak 3)*	Aşınma faktörü f_A 1)*	Aşınma alanı sınırları 2)*
Motorlu araçlar	1	Debriyaj yatakları	1'000- 2'000	5 – 8	g-k
	2	Dingil tahrik yatağı	2'000- 4'000	3 – 6	h-k
	3	Su pompası ve kavrama	4'000- 8'000	5-7	k
	4	Otobüsdeki yataklar	4'000- 8'000	4-8	h-i
	5	Tekerlek yatakları	3'000- 8'000	4-6	h-i
Rayda giden araç (Tiren-Tramvay)	DY = Dingil yatağı				
	6	Ulaştırma arabaları(DY)	20'000	12-15	f-h
	7	Tramvay(DY)	50'000	8-12	e-f
	8	Tren(DY)	40'000	8 – 12	c-e
	9	Yük vagonu, yük arabası(DY)	40'000	8-12	c-d
	10	Otoray, motorlu vagon(DY)	40'000	6-10	d-e
	11	Lokomotif	40'000	6-10	d-e
12	Redüktör, dişli kutusu(DY)	3'000-8'000	3-6	i-k	
Elektrik motorları	EM = elektrik motoru				
	13	Ev aletleri	1'500- 3'000	3-5	i-k
	14	Seri EM (<4 kW)	8'000-15'000	3-5	e-g
	15	Orta boy EM	15'000-25'000	3-5	d-e
	16	Büyük boy EM(>100kW)	20'000-30'000	3-5	c-d
	17	Elektr. yürüyüş motorları	20'000-30'000	4-6	d-e
18	Jeneratörler	20'000-30'000	3-8	c-d	

Grubu	No	İşletme durumu	Önerilen ömür L_{10h} h olarak 3)*	Aşınma faktörü f_A 1)*	Aşınma alanı sınırları 2)*
Takım tezgahları	TT = Takım tezgahları				
	19	TT genel	15'000-25'000	0,5-1,5	a-b
	20	Freze veya torna mili	15'000-25'000	0,5-1,5	a-b
	21	Matkap mili	15'000-25'000	1-2	a-b
	22	Taşlama tezgahı mili	15'000-25'000	0,5-1	c-d
	23	İşleme parçası mili	15'000-25'000	0,5-1	a-b
	24	TT redüktörü	10'000-15'000	3-8	c-d
	25	Pres volanı mili	10'000-15'000	3-8	d-f
	26	Pres eksantrik mili	15'000-25'000	3-5	d-e
27	Basınçlı hava mili	15'000-25'000	3-8	g-h	
Marangoz tezgahları	MT = Marangoz tezgahları				
	28	MT - freze mili	15'000-20'000	1,5-3	e-f
	29	Bıçak mili	15'000-20'000	1,5-3	e-f
	30	Hızar ana yatağı	15'000-20'000	3-4	e-g
31	Hızar biyel yatağı	15'000-20'000	2-3	c-d	
Pompalar ve Köprükler	32	Küçük köruk ve vantilatörler	10'000	5-8	f-h
	33	Orta boy körukler	10'000	3-5	d-f
	34	Büyük boy körukler	10'000	3-5	c-d
	35	Santrifüj pompa	10'000-30'000	3-5	d-f
	36	Kompresörler	10'000-30'000	3-5	d-f
Kırıcı, değirmen ve elekler	37	Konkasörler	20'000-35'000	8-12	f-g
	38	Devvar ve merdaneli kırıcılar	20'000-35'000	8-10	f-g
	39	Vurucu öğütücüler	20'000-35'000	4-6	c-d
	40	Çekiçli ve ufalayıcı değirmen	20'000-35'000	5-8	d-e
	41	Silindirik değirmenler	20'000-35'000	12-18	f-g
	42	Sarkaç öğütücüler	20'000-35'000	3-5	f-g
	43	Sarkaç elekler	20'000-35'000	4-6	e-f
	44	Briketleme presleri	20'000-35'000	8-12	e-g
	45	Döner fırınlar	20'000-35'000	12-18	f-g
Kağıt ve baskı makineleri	46	Kağıt makinası ıslak tarafı	80'000	7-10	b-c
	47	Kağıt makinası kuru tarafı	80'000	10-15	a-b
	48	Rrafineri makineleri	80'000	5-8	b-c
	49	Kağıt mengenesi	80'000	4-8	a-b
	50	Baskı makineleri	15'000-30'000	3-4	a-b

Grubu	No	İşletme durumu	Önerilen ömür L_{10h} h olarak 3)*	Aşınma faktörü f_A 1)*	Aşınma alanı sınırları 2)*
Makinada redüktör	51	Üniversel redüktörler	10'000-25'000	3-8	d-e
	52	Redüktör motorları	20'000-30'000	3-8	d-e
	53	Büyük redüktörler	20'000-35'000	6-10	c-d
Taşıma tekniği	54	Konvoyör tahriki ve açık işletme	10'000-15'000	5-10	c-d
	55	Konvoyör makarası	10'000-15'000	10-20	g-k
	56	Konvoyör tamburu	10'000-15'000	10-15	e-f
	57	Taşıma halatı kasnağı	10'000-15'000	8-12	c-d
	58	Çark tarağı	10'000-15'000	5-12	d-f
	59	Çark	10'000-15'000	12-15	e-g
60	Çark tahriki	10'000-15'000	8-12	c-d	
Diğer çeşitli kullanma yerleri	61	Vibrasyon aletleri	10'000-30'000	3-4	f-i
	62	Santrifujlar	20'000-30'000	2-4	d-e
	63	İplik bükme milleri	20'000-30'000	1-2	a-c
	64	Ev işleri makinaları	1'500- 3'000	3-5	i-k
	65	Ziraat makinaları	3'000- 6'000	10-15	h-i
	66	Kaldırma ve taşıma araçları	10'000-15'000	10-20	h-k
	67	Haddehane redüktörleri	20'000-35'000	6-12	c-d
	68	Hafif motosikletler	1'000- 2'000	5-8	i-k
	69	Ağır motosikletler	2'000- 4'000	5-8	i-k
	70	Otomobiller ve kamyonlar	3'000- 8'000	3-6	i-k
	71	Gemi mili yatağı	80'000	6-10	e-f
	72	Taşıma halatı kasnağı	50'000	8-12	c-d
	73	Marangoz tezgahı	15'000-20'000	3-5	e-f

- Genelde küçük değerler yüksek devir sayısı ve kötü şartlarda çalışan işletmeler, büyük değerler düşük devir sayısı ve iyi şartlarda çalışan işletme için geçerlidir.
yüksek devir sayısı $n > 3000$ d/dak
orta devir sayısı $3000 > n > 1000$ d/dak
düşük devir sayısı $n < 100$ d/dak olarak tanımlanır.
- İlk verilen aşınma alanı sembolü iyi şartlarda çalışan ve bakımı düzgün ve devamlı olan işletme, son verilen aşınma alanı sembolü kötü şartlarda çalışan ve bakımı devamlı olmayan unutulmuş yatakların çabuk kirlenebileceği işletmeler için geçerlidir.
- Burada verilen ömür değerleri bir öneridir. Eğer bir şartname varsa, bu şartnamedeki değerleri kullanmak daha doğrudur. Veya işletmedeki iç standartlarda verilen değerler de, bu Tabloda verilen öneri değerlerinden daha öncelik taşır.

1.1.7 Rulman yataklarının montaj toleransları

FAG Wälzlager, WL 41 520 DE, Ausgabe 1995 kataloğundan

Tablo 1.9, Dolu millerin, silindirik delikli radyal rulmanlı yataklar için, toleransları

Yükleme cinsi	Yatak cinsi	Mil çapı	Yükleme	Toleranslar
İç bilezikte nokta yükü	Bilyalı sabit yatak, Masuralı yatak ve İğne masuralı yatak	bütün çaplar	Serbest yataklama, boyuna hareketli iç bilezik	g6 (g5)
			İç bileziği aksel sabit bilyalı eğik ve konik makaralı yataklar	h6 (j6)
İç bilezikte çevre yükü veya belirsiz yük	Bilyalı sabit yatak	40 mm kadar	Normal yüklenme	j6 (j5)
		100 mm kadar	Hafif yüklenme	j6 (j5)
			Normal veya fazla yüklenme	k6 (k5)
		200 mm kadar	Hafif yüklenme	k6 (k5)
			Normal veya fazla yüklenme	m6 (m5)
		200 mm kadar	Normal yüklenme	m6 (m5)
	Masuralı yatak ve İğne masuralı yatak	60 mm kadar	Hafif yüklenme	j6 (j5)
			Normal veya fazla yüklenme	k6 (k5)
		200 mm kadar	Hafif yüklenme	k6 (k5)
			Normal yüklenme	m6 (m5)
		500 mm kadar	Fazla yüklenme	n6 (n5)
			Normal yüklenme	m6 (n6)
500 mm den büyük	Fazla yüklenme, darbeleri	p6		
	Normal yüklenme	n6 (p6)		
Fazla yüklenme	p6			

Tablo 1.10, Dolu millerin, aksel rulmanlı yataklar için, toleransları

Yükleme cinsi	Yatak cinsi	Mil çapı	Yükleme	Toleranslar
Eksenel yük	Tek yönlü bilyalı aksel	bütün çaplar		j6
	Tek yönlü aksel	bütün çaplar		k6
	Çift yönlü aksel			
	Eksenel silindirik masuralı veya aksel iğne rulmanlı ve kaygan disk veya çelenkli	bütün çaplar		h6 (j6)
	Eksenel silindirik masuralı çelenkli veya aksel iğne çelenkli	bütün çaplar		h10
	Eksenel silindirik masuralı, aksel iğne çelenkli	bütün çaplar		h8
Bileşik yüklenme	Eksenel masuralı oynak yatak	bütün çaplar	Mil diskinde nokta yüklemesi	j6
		200 mm kadar	Mil diskinde çevre yüklemesi	j6 (k6)
		200mm den büyük		k6 (m6)

Tablo 1.11, Göbeklerin, radyal rulmanlı yataklar için, toleransları

Yükleme cinsi	Yükleme ve boyuna kaydırma	İşletme şartları	Toleranslar
Dış bilezikte nokta yükleme	Serbest yataklama, boyuna hareketli dış bilezik	Tolerans kalitesi işletmedeki salgı durumuna göre seçilir	H7 (H6)
	Dış bilezik genelde boyuna hareketli bilyalı eğik ve dış bileziği aksel sabitleştirilmiş konik makaralı yatak.	İşletmede çok hassas salgı gerekli	H6 (J6)
		İşletmede normal salgı gerekli	H7 (J7)
		Isı mil tarafından gelme	G7
Dış bilezikte çevre veya belirsiz yükleme	Hafif yüklenme	Hassas salgı isteniyorsa parantez içindeki IT 6 toleransları seçilir.	K7 (K6)
	Normal yüklenme, darbeli		M7 (M6)
	Fazla yüklenme, darbeli		N7 (N6)
	Fazla yüklenme, fazla darbeli, ince cidarlı kutu		P7 (P6)

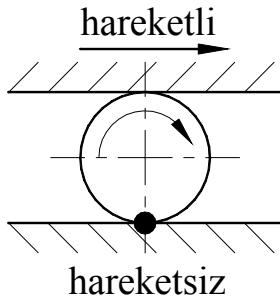
Tablo 1.12, Göbeklerin, aksel rulmanlı yataklar için, toleransları

Yükleme cinsi	Yatak cinsi	İşletme şartları	Toleranslar
Eksenel yük	Tek yönlü bilyalı aksel	Normal salgı isteniliyorsa Hassas salgı isteniliyorsa	E8 H6
	Eksenel silindirik masuralı veya aksel iğne rulmanlı ve kaygan disk veya çelenkli		H7 (K7)
	Eksenel silindirik masuralı çelenkli veya aksel iğne çelenkli		H11
	Eksenel silindirik masuralı, aksel iğne çelenkli		H10
	Eksenel masuralı oynak yatak	Normal yüklenme Fazla yüklenme	E8 G7
	Göbek diskinde nokta veya karışık yükleme	Eksenel masuralı oynak yatak	
Göbek diskinde çevre veya karışık yükleme	Eksenel masuralı oynak yatak		K7

Pratik bir kaide

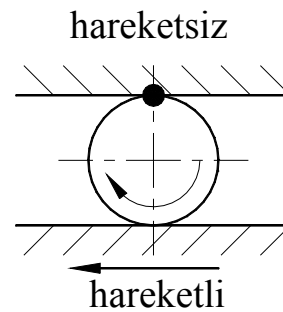
Hareket etmeyen cismi sıkı sıkı tutmaya gerek yoktur.

Dış bilezikte çevre yükü (hareketli), sıkı geçme



Dış bilezik

Dış bilezikte nokta yükü (hareketsiz), bol geçme



İç bilezik

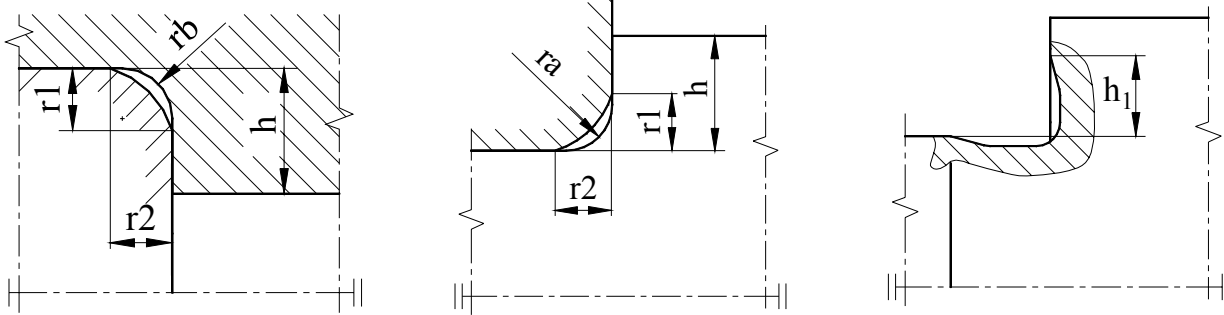
İç bilezikte nokta yükü (hareketsiz), bol geçme

İç bilezikte çevre yükü (hareketli), sıkı geçme

1.1.8 Rulmanlı yatakların montaj ölçüleri

Tablo 1.13, Rulmanlı yatakların mil ve göbek için montaj ölçüleri

Buradaki konstrüksiyon ölçüleri radyal ve aksel yataklar için geçerlidir. Konik makaralı yataklar için kataloğa bak.



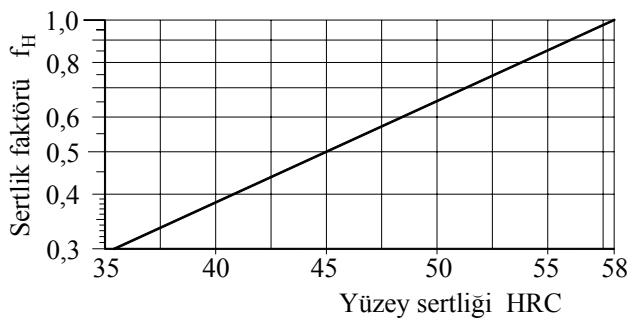
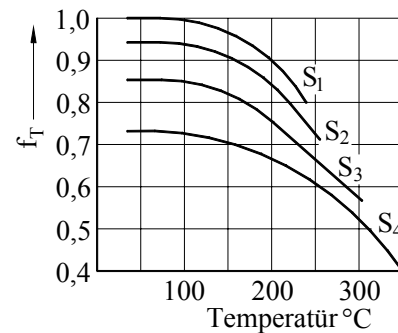
Burada $h_1 \leq r_1$ koşulu sağlanmalıdır.

h	Mil ve göbekte fatura yüksekliği; $h_{max} = 1,5 \cdot h_{min}$	h_1	Ökçe oluğu ölçüsü
ra	Milde köşe yarı çapı	r1	Radyal istikamette kenar mesafesi
rb	Göbekte köşe yarı çapı	r2	Eksenel istikamette kenar mesafesi

Eksenel yataklarda mil ökçesi en az mil veya göbek diskinin ortasına kadar gelmelidir.

Tablo 1.14, Mil ve göbek ökçeleri

En küçük h değeri (h_{min}) mm olarak Çap serisi	8, 9, 0	0,4	0,7	1	1,6	2,3	3	3,5	4,4	5,1	6,2	7,3	9	11,5
	1, 2, 3	0,7	0,9	1,2	2,1	2,8	3,5	4,5	5,5	6	7	8,5	10	13
	4	-	-	-	-	-	4,5	5,5	6,5	7	8	10	12	15
ra, rb	max	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1	1,6	2	2,1	2,5	3	4	5
r1, r2	min	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6

Tablo 1.15 , Sertlik etkisi faktörü f_H Tablo 1.16, Temperatur etkisi faktörü f_T 

Tablo 1.16 deki değerler işletme temperaturü 100°C den fazla ve özel yataklar için geçerlidir. Örneğin: Yatak boşluğu S_1, S_2 gibi.

1.1.9 Dinamik yüklenen rulman yatakların kabaca tekrar kontrolü

Yatak ömrünün hesaplanması

$$(1.11) \quad f_L = \frac{C}{P} \cdot f_n \geq f_{LGER}$$

Devir sayısı faktörü f_n

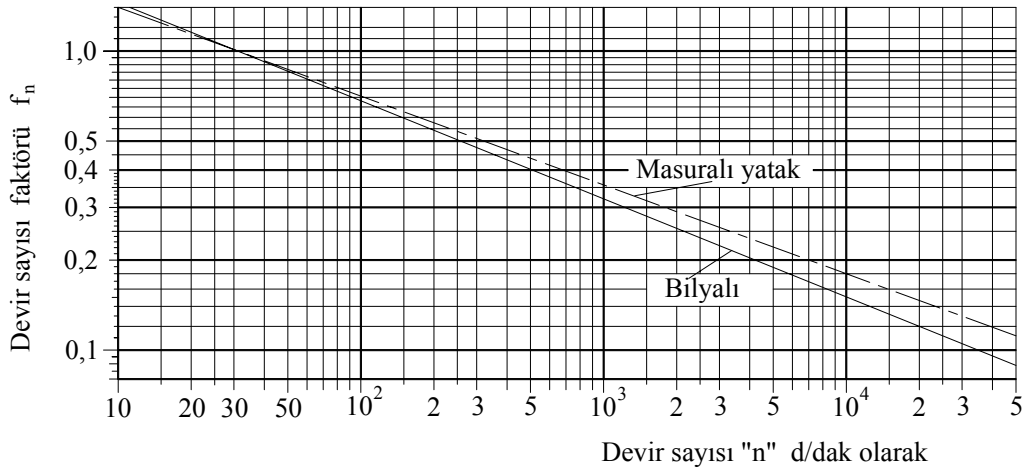
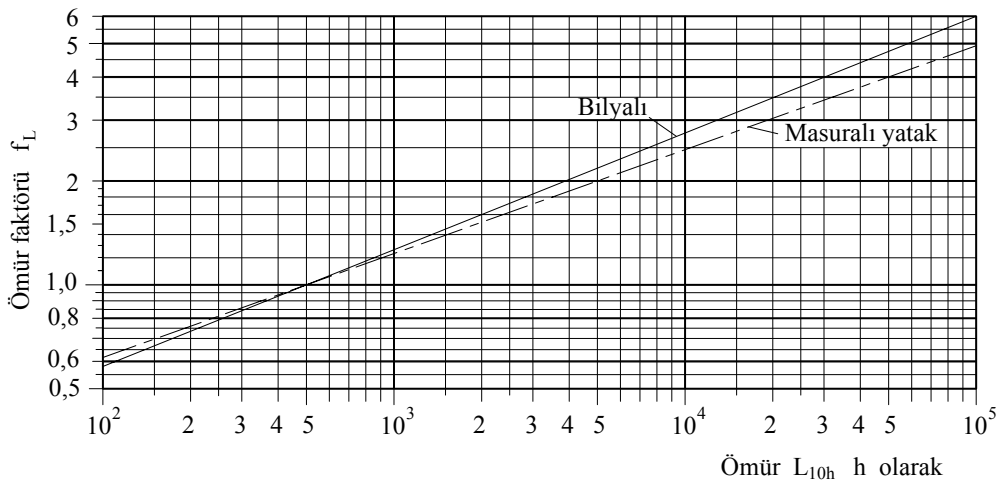
$$(1.12) \quad f_n = \sqrt[p]{\frac{33,333}{n}}$$

Ömür faktörü f_L

$$(1.13) \quad f_L = \sqrt[p]{\frac{L_{10h}}{500}}$$

 $p = 3$ bilyalı rulman $p = 10/3$ masuralı rulman L_{10hGER} bak Tablo 1.8

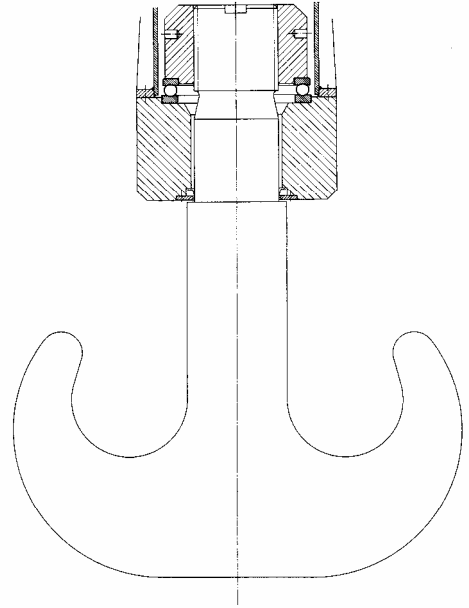
Bu bir kaba kontroldür. Pratikte rulmanlı yatak kataloğundan alınan değerlerle hesaplar yapılır. Bazı özel hallerde rulmanı satan firma hesaplarda yardımcı olur.

Tablo 1.17, Rulmanlı yataklar için devir sayısı faktörü f_n Tablo 1.18, Rulmanlı yataklar için ömür faktörü f_L saat olarak

1.1.10 Statik zorlamalı rulmanlı yataklar için örnek

Vinç kanca takımındaki yatağın belirlenmesi. Mukavemet hesapları ve konstrüksiyon taslağına göre şu değerler bilinmektedir:

Taşıma gücü:	$F_Q = 125 \text{ kN}$
Tahrik gurubu	DIN 15200 e göre 2m
Kanca:	DIN 15'400, göre 10 numara
Kancanın çapı:	$d_{\text{kanca}} = 64 \text{ mm}$
min. yatak çapı	$d_{RY} = 75 \text{ mm}$
Yatağın aksenal yükü:	$F_e = F_Q = 125 \text{ kN}$
Devir sayısı:	Hemen hemen sıfır $n_{Ya} \approx 0$.



Statik yüklenme. $C_{0GER} \geq f_{sGER} \cdot P_0$ bak (1.3)

Statik kıyaslama sayısı: $f_{sGER} = 0,7$
bak (1.2) Tablodan

Tecrübeye göre alınan değer. Darbesiz, çünkü halat yay vazifesi görür

Statik aksenal yatak yükü $P_0 = F_e = F_Q = 125 \text{ kN}$

Radyal yük yok. Aksenal yük tek taraftan etkili.

Gerekli statik yük değeri $C_{0GER} \geq 0,7 \times 125 \approx 87,5 \text{ kN}$

Bulunan değerlere göre katalogtan tek yönlü aksenal bilyalı yatak aranır.

Tek yönlü aksenal bilyalı yatak $d_{Ya} = 75 \text{ mm}$, yani Delik çap kodu ÇK = 15, katalogtan

Tek yönlü aksenal bilyalı 511 15

Statik yük değeri

$C_0 = 137 \text{ kN}$

Dinamik yük değeri

$C = 44 \text{ kN}$

Mil diski iç çapı

$d = 75 \text{ mm}$

Mil diski dış çapı

$d_1 = 100 \text{ mm}$

Göbek diski iç çapı

$D_1 = 77 \text{ mm}$

Göbek diski dış çapı

$D = 100 \text{ mm}$

Yükseklik

$H = 19 \text{ mm}$

Ölçülerin toleransları rulman firmasından veya katalogundan alınır.

1.1.11 Dinamik zorlamalı rulmanlı yataklar için örnek
Fabrika içi taşımasında kullanılan ve ray üzerinde
hareket eden arabanın mukavemet hesapları ve
konstrüksiyon taslağına göre şu değerleri bilinmektedir:

Arabanın hareket hızı: $v = 120$ m/dak
Seçilen yatak: Masuralı oynak yatak 22209
Max. yatak yükleri: $F_{r \max} = 20$ kN
 $F_{a \max} = 3,8$ kN

Min. yükler max. yüklerin 20% kadar.
Hesaplar %10 bozulma ihtimaline göre yapılacak.

Tekerlek yürüyüş çapı: $D_{\text{Tek}} = 350$ mm
Çevre ısısı: $T = 5 - 40$ °C
Malzemeler: Mil: St 60-2, W.Nr. 1.0060
Göbek: GS-60, W.Nr. 1.0558

Devamlı ve iyi bakım ve gres yağı ile yağlama.

Seçilen yatak yeterli midir? Yeterli ise bütün
konstrüksiyon ölçüleri ve toleransları ne kadar dır?
Detaylı ve tam kontrol.

Masuralı oynak yatak değerleri katalogtan alınır Temel simgesi
Dinamik yük değeri
İç bileziğin iç çapı
Dış bileziğin dış çapı
Genişlik
Radyal ve aksel kenar mesafesi
 $F_e / F_r = e_{\text{Kat}}$

$C_{\text{var}} \leq C_{09}$ koşulu sağlanmalıdır. $C_{\text{varo}} = 82,4$ kN < $C_{09} = 95$ kN

$$(1.6) \text{ dan } C_{\text{varo}} = P \cdot p \sqrt{\frac{L_{10h\text{GER}} \cdot n \cdot 60}{a_1 \cdot a_{23} \cdot f_H \cdot f_T \cdot 10^6}} = 82,36$$

$$(1.7) \text{ den } P = X \cdot F_r + Y \cdot F_e = 14,7 + 2,62 \cdot 2,8 = 21,968$$

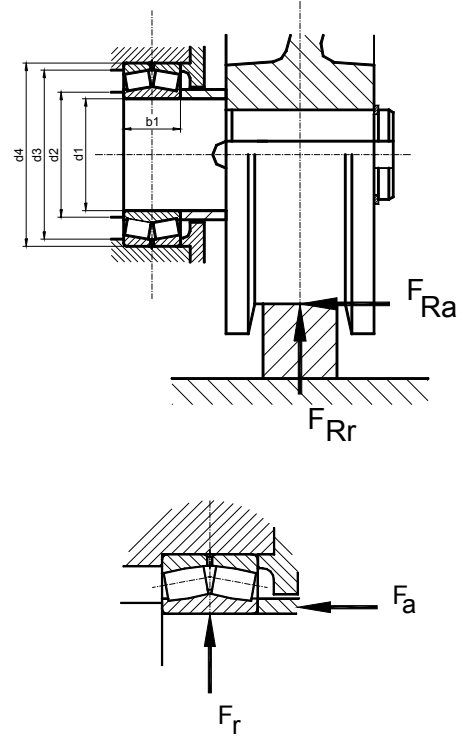
$$(1.8) \text{ den } F_r = \frac{2 \cdot F_{r \max} + F_{r \min}}{3} = \frac{2,2 \cdot F_{r \max}}{3} = 2,2 \cdot 20 / 3 = 14,667$$

$$(1.8) \text{ den } F_e = \frac{2 \cdot F_{e \max} + F_{e \min}}{3} = \frac{2,2 \cdot F_{e \max}}{3} = 2,2 \cdot 3,8 / 3 = 2,787$$

$$e_{\text{varo}} = F_e / F_r = 0,2 < e_{\text{Kat min}} = 2,62$$

(1.6) dan Masuralı oynak yatak

Gerekli ömür Tablo 1.8 dan. "Diğer çeşitli kullanma yerleri" No. 66
Taşıma aracı, 10000 ... 15000, Normal işletme \Rightarrow ortalama değer
Rulmanlı yatağın devir sayısı: $n = v / (\pi \cdot D_{\text{Tek}}) = 120 / (\pi \cdot 0,35)$
Bozulma ihtimali faktörü a_1 Tablo 1.6 den %10 için
Malzeme ve yağlama faktörü a_{23} , alçak devir ve gres yağlama
Temperatür faktörü f_T , işletme ısısı 100°C den düşük
Sertlik faktörü f_H normal piyasadan satın alınan yatak.



22209
 $C_{09} = 95$ kN
 $d_{09} = 45$ mm
 $D_{09} = 85$ mm
 $B_{09} = 23$ mm
 $r_1 \approx r_2 = 1,1$ mm
 $e_{\text{Kat min}} = 2,62$
Rulmanlı yatak
yeterlidir.

$C_{\text{varo}} = 82,4$ kN

$P = 22$ kN

$F_r = 14,7$ kN

$F_e = 2,8$ kN

$X=1$; $Y=2,62$

$p = 10/3$

$L_{10h\text{GER}} = 12500$ h

$n = 109$ d/dak

$a_1 = 1$

$a_{23} = 1$

$f_T = 1$

$f_H = 1$

Yağlama

Sayfa 10 , paragraf 1.1.5 den $T_{i\dot{s}} = 40^{\circ}\text{C} < T_{\dot{U}S\text{imir}} = 110^{\circ}\text{C}$ ve

$$v_{\dot{c}i\dot{s}} = n \cdot \pi \cdot D = 109 \cdot \pi \cdot 0,085/60 = 0,486 \text{ m/s} < v_{\dot{c}S\text{imir}} = 12 \text{ m/s}$$

$$k_n = n \cdot d_{or} = 109 \cdot 65 = 7\,085 \text{ mm/dak} < 0,5 \cdot 10^6$$

$$d_{or} = (D_{09} + d_{09})/2 = (85 + 45)/2 = 65$$

$$n_s = k \cdot A / (D - 10) = 1 \cdot 320\,000 / (85 - 10) = 4181$$

Düzeltilme faktörü k Tablo 1.5 den $F_e/F_a = 0,2$

Sabit yatak faktörü "A" Tablo 1.5 den , masuralı oynak 222

$$n/n_s = 109 / 4200 \approx 0,03 < 0,2 \quad \text{Yatak yuvası normal gres yağı ile tam doldurulur.}$$

Normal gres yağı ile yağlanacak

$$d_{or} = 65 \text{ mm}$$

$$n_s = 4200 \text{ d/dak}$$

$$k = 1$$

$$A = 320\,000$$

Montaj toleransları:

Mil, Tablo 1.9 den, İç bilezikte nokta yükü, masuralı oynak, $d = 45 \text{ mm}$, normal yükleme

k6

Göbek, Tablo 1.11 dan, Diş bilezikte çevre yükü, normal yükleme

M7

Yatağın hakiki ömrü aşağı yukarı 20 000 saattir.

$$\text{Yatağın hakiki yorgunluk ömrü (1.10) } L_{10\text{hhak}} = \left(\frac{C}{P} \right)^P \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}$$

$$L_{10\text{hhak}} = 20\,049 \text{ h}$$

Yatağın hakiki aşınma ömrü L_A Tablo 1.7, ortalama değer

$$L_A = 22\,000 \text{ h}$$

Tablo 1.8 , Sıra No. 66 Aşınma faktörü $f_A = 10 \dots 20$, düşük devir

$$f_A = 20$$

Aşınma alan sınırı $h \dots k$

h

Kabaca kontrol

$$(1.11) \text{ den } f_L = \frac{C}{P} \cdot f_n \geq f_{LGER} \text{ koşulu sağlanmalıdır}$$

$$f_L = 2,81 > f_{LGER} = 2,6$$

Varolan ömür faktörü $f_L = C/P \cdot f_n = 95/22 \cdot 0,65 = 2,807$

$$f_L = 2,81$$

Devir sayısı faktörü f_n Tablo 1.17, $n = 109 \text{ d/dak}$, masuralı

$$f_n = 0,65$$

f_{LGER} Tablo 1.18 den, masuralı, $L_{10\text{hGER}} = 12500 \text{ h}$

$$f_{LGER} = 2,6$$

Mil ve göbek ökçeleri

Tablo 1.14 den, Çap serisi 2, $r_1 \approx r_2 = 1,1 \text{ mm}$, $h_{\text{min}} \approx 3,5 \text{ mm}$

$$h = 5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{max}} = 1,5 \cdot h_{\text{min}} = 1,5 \cdot 3,5 = 5,25 \text{ mm}$$

Böylece masuralı oynak yatağın doğru seçildiği tastik olmuş olur.

1.2 Kaygan yataklar

1.2.1 Radyal kaygan yataklar

Burada verilen formül ve Tablolarla normal kaygan yatak hesapları yapılır.

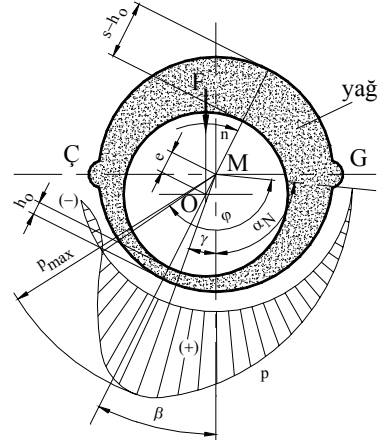
Eğer özel bir durum varsa literatürde verilen kitap ve standartlardan faydalanmalıdır.

Şu büyüklükler mukavemet hesaplarından ve konstruksiyondan belli olur:

F_Y	N	Yataktaki radyal kuvvet
d_Y	mm	Yatağın çapı
n_m	s^{-1}	Milin devir sayısı

Yatak malzemesi, bak Tablo 1.20

Yağın viskozitesi, bak Tablo 1.23



Yağın çıkış ısısı " $\vartheta_{0\text{Ç1}}$ "

$$(1.14) \quad \vartheta_{0\text{Ç1}} = \vartheta_{\text{Gi}} + \Delta\vartheta_0$$

Yağın yatakta ortalama ısısı " $\vartheta_{0\text{or}}$ "

$$(1.15) \quad \vartheta_{0\text{or}} = 0,5 \cdot (\vartheta_{\text{Gi}} + \vartheta_{0\text{Ç1}})$$

Yatakta çevre hızı " $v_{\text{Ç}}$ "

$$(1.16) \quad v_{\text{Ç}} = \pi \cdot d_Y \cdot n_m$$

Yatağın boyu " b_Y "

$$(1.17) \quad b_Y = 0,2 \dots 1(1,5) \cdot d_Y$$

Yataktaki ortalama basınç " p_Y "

$$(1.18) \quad p_Y = \frac{F_Y}{b_Y \cdot d_Y} < p_{YEM}$$

Göreceli yatak boşluğu " $\psi_{iM}; \psi_{iŞ}$ "

$$(1.19) \quad \psi_{iM} = \psi_{iŞ} = 0,8 \cdot \sqrt[4]{v_{\text{Ç}}} \cdot 10^{-3}$$

İşletmedeki yatak boşluğu " $s_{iŞ}$ "

$$(1.20) \quad s_{iŞ} = \psi_{iŞ} \cdot d_Y$$

Yatak milin anma çapı " d_M "

$$(1.21) \quad d_M = d_Y - s_{iŞ}$$

Yatak ve milin anma ölçüleri:

$$(1.22) \quad d_{Y \max} = d_Y + A\ddot{u}_Y$$

$$d_{Y \min} = d_Y + Aa_Y$$

$$d_{M \max} = d_M + A\ddot{u}_M$$

$$d_{M \min} = d_M + Aa_M$$

Yatağın imalattaki boşlukları:

$$(1.23) \quad s_{iM \max} = d_{Y \max} - d_{M \min}$$

$$s_{iM \min} = d_{Y \min} - d_{M \max}$$

Yağın giriş ısısı ϑ_{Gi} konstruksiyondan

İlk hesaplar için $\Delta\vartheta_0 \approx 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ alınır.

İlk hesaplar için indeks 0 ile değerler alınır ve hesaplanır. Sonra iterasyonda düzeltilir.

d_Y ve n_m mukavemet hesaplarından ve konstruksiyondan alınır.

$$b_Y = 0,5 \dots 1 \cdot d_Y \Rightarrow v_{\text{Ç}} \text{ büyük, } p_Y \text{ küçük}$$

$$b_Y < 0,5 \cdot d_Y \Rightarrow v_{\text{Ç}} \text{ küçük, } p_Y \text{ büyük}$$

Öneri: $0,8 < b_Y/d_Y < 1,0$

Yatak malzemesi p_{YEM} bak Tablo 1.20

ψ_{iM} İmalattaki göreceli boşluk,

$\psi_{iŞ}$ İşletmedeki göreceli boşluk

Yatak ve milin toleransı gerçekçi olarak seçilir. Buda imalatın yapılabileceği, yani atölyede elde edilebilecek hassaslıktır.

Örneğin: H7/h7, H7/h6 \Rightarrow IT7, IT6

α_M Milin ısıl genişleme sayısı

Yatağın işletmedeki boşluk farkı " $\Delta s_{i\dot{s}}$ " :

$$(1.24) \quad \Delta s_{i\dot{s}\max} = (d_{Y\max} \cdot \alpha_Y - d_{M\min} \cdot \alpha_M) \cdot (\vartheta_{0or} - \vartheta_C)$$

$$\Delta s_{i\dot{s}\min} = (d_{Y\min} \cdot \alpha_Y - d_{M\max} \cdot \alpha_M) \cdot (\vartheta_{0or} - \vartheta_C)$$

Yatağın işletmedeki boşlukları:

$$(1.25) \quad s_{i\dot{s}\max} = s_{iM\max} + \Delta s_{\max}$$

ϑ_{0or} Yatak yağının işletmedeki ısısı

$$s_{i\dot{s}\min} = s_{iM\min} + \Delta s_{\min}$$

ϑ_C İmalat yerinde çevre ısısı

Göreceli boşluk " ψ_{iM} veya $\psi_{i\dot{s}}$ "

$$(1.26) \quad \psi_{iM} = \frac{s_{iM\max} + s_{iM\min}}{2 \cdot d_Y}$$

ψ_{iM} İmalattaki göreceli boşluk

$\psi_{i\dot{s}}$ İşletmedeki göreceli boşluk,

$$(1.27) \quad \psi_{i\dot{s}} = \frac{s_{i\dot{s}\max} + s_{i\dot{s}\min}}{2 \cdot d_Y}$$

η_{etk} etkin viskozite bak Tablo 1.23

$$(1.28) \quad \omega_{etk} = 2 \cdot \pi \cdot n_m$$

Etkin açılmal hız " ω_{etk} "

$S_o = 1 \dots 10$ ve $\varepsilon = 0,6 \dots 0,95$

normal, sakin ve düzgün çalışma

$S_o > 10$ ve $\varepsilon = 0,95 \dots 1,0$

aşınma tehlikesi büyük

$S_o < 1$ ve $\varepsilon < 0,6$

tehlikeli titreşimler olabilir.

$$(1.29) \quad S_o = \frac{p_Y \cdot \psi_{i\dot{s}}^2}{\eta_{etk} \cdot \omega_{etk}}$$

Göreceli eksantriklik " ε " şu formülden bulunur $k_1 = b_Y/d_Y$:

$$(1.30) \quad S_o = k_1^2 \cdot \frac{\varepsilon}{2 \cdot (1 - \varepsilon^2)^2} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (1 - \varepsilon^2) + 16 \cdot \varepsilon^2} \cdot \frac{a_1 \cdot (\varepsilon - 1)}{a_2 + \varepsilon}$$

Burada:

$$a_1 = 1,1642 - 1,9456 \cdot k_1 + 7,1161 \cdot k_1^2 - 10,1073 \cdot k_1^3 + 5,0141 \cdot k_1^4$$

$$a_2 = -1,000026 - 0,023634 \cdot k_1 - 0,4215 \cdot k_1^2 - 0,038817 \cdot k_1^3 - 0,090551 \cdot k_1^4$$

Milin kayma açısı " β "

$$(1.31) \quad \beta = a \tan \left(\frac{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}{\varepsilon} \right)$$

Burada bulunan değer yaklaşık değer olmasına rağmen pratikte rahatlıkla kullanılır.

Sürtünme sayısı " μ "

$$(1.32) \quad \mu = \psi_{i\dot{s}} \cdot \left(\frac{\pi}{S_o \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2}} + \frac{\varepsilon}{2} \cdot \sin \beta \right)$$

Sürtünme kayıp gücü " $P_{sür}$ "

$$(1.33) \quad P_{sür} = \mu \cdot F_Y \cdot v_C$$

F_Y

N

Yatak kuvveti

v_C

m/s

çevresel hız

$$P_{sür} = 0,5 \cdot \mu \cdot F_Y \cdot d_M \cdot \omega_{hak}$$

$$P_{sür} = \mu \cdot F_Y \cdot d_M \cdot \pi \cdot n_m$$

$$P_{sür} = \frac{\mu}{\psi_{i\dot{s}}} \cdot F_Y \cdot d_M \cdot \pi \cdot n_m \cdot \psi_{i\dot{s}}$$

Isının mil+yatak ile iletilmesi " P_α "

P_α Nm/s veya W/(m²·°C)

$$(1.34) \quad P_\alpha = \alpha_{iL} \cdot A_G \cdot (\vartheta_{0or} - \vartheta_C)$$

$\vartheta_{0or}; \vartheta_C$ °C

$\vartheta_C = -20 \dots +40$ °C , genelde 20°C alınır.

(1.35) α_{iL} Nm/(m².s.°C) veya W/(m².°C) ısı iletim katsayısı
Hava akış hızı $v_h \leq 1,2$ m/s ; $\alpha_{iL} = 15-20$ W/(m².°C)
Hava akış hızı $v_h > 1,2$ m/s ; $\alpha_{iL} = 7 + 12 \cdot \sqrt{v_h}$ W/(m².°C)
 A_G m² Yatak konstruksiyonunda ısı ileten yüzey
Silindirik yatak kutusunda ; $A_G = \pi \cdot [0,5 \cdot (d_k^2 - d_Y^2) + d_k \cdot b_k]$
Bağımsız yataklarda ; $A_G = \pi \cdot H_k \cdot (L_k + 0,5 \cdot H_k)$
Makinanın içinde olanlarda ; $A_G = (15...20) \cdot b_Y \cdot d_Y$
 H_k m² Bağımsız yatağın tam yüksekliği
 L_k, b_k m Bağımsız yatağın tam boyu, eni
 d_k m Yatak kutusunun çapı
 d_Y m Yatak çapı

Isının yağ ile iletilmesi "P_c"

(1.36) $P_c = V_{Yağ} \cdot \rho \cdot c \cdot (\vartheta_{Ç1} - \vartheta_{Gi})$

ϑ_Y °C Yağın veya yatağın ısısı

$\vartheta_{iÇ1} \leq 100$ °C, Yağın çıkış ısısı

$\vartheta_{Gi} = 30...80$ °C, Yağın giriş ısısı

Normalde $\vartheta_{iÇ1} - \vartheta_{Gi} = 10...80$ °C

$\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6$ J/(m³.°C)

Yağın çıkış ısısı " ϑ_Y "

(1.37) $\vartheta_{iÇ1} = \vartheta_{Gi} + \frac{P_{sür}}{V_{Yağ} \cdot \rho \cdot c}$

Yatağın işletmedeki ısısı " $\vartheta_{iŞ}$ " veya tabii soğuma (Konveksiyon)

(1.38) $\vartheta_{iŞ} = \vartheta_{Ç} + \frac{P_{sür}}{\alpha_{iL} \cdot A_G} \leq \vartheta_{EM}$

$\vartheta_{Ç}$ °C çevre ısısı

α_{iL} W/m² ısı iletim katsayısı

A_G m² Yatak konstruksiyonunda ısı ileten yüzey

Salt fark $\Delta\vartheta$ için gereken şart:

(1.39) $\Delta\vartheta = |\vartheta_{iÇ1} - \vartheta_{0Ç1}| \leq 2^\circ$

ϑ_{EM} °C Emniyetli ısı $\approx 100^\circ$ C

Yağın ömrü 100° den sonra çok kısaldır.

$\vartheta_0 = \vartheta_{etk} = \vartheta_{Ç} + \Delta\vartheta_0 \approx 40^\circ...100^\circ$ C

genelde $\Delta\vartheta_0 \approx 20^\circ$ C

(1.40) $\vartheta_{lor} = 0,5 \cdot (\vartheta_{0Ç1} + \vartheta_{iÇ1})$

(1.41) $\vartheta_{letk} = 0,5 \cdot (\vartheta_{0Ç1} + \vartheta_{lor})$

$\vartheta_{iŞ} = \vartheta_{Ç} + \frac{\mu \cdot F_Y \cdot v_{Ç}}{\alpha_{iL} \cdot A_G} \leq \vartheta_{EM}$

Toplam yağ hacmi " $V_{Yağ}$ "

(1.42) $V_{Yağ} = V_{YGER} + V_{YBas}$

$V_{Bgör}$ bak Tablo 1.24

Gerekli yağ hacmi " V_{YGER} "

(1.43) $V_{YGER} = V_{Ygör} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{iŞ} \cdot \omega_{etk}$

$p_{BY} = 0,05...0,4$ Mpa (0,5 – 4 bar)

Göreceli yağ hacmi " $V_{Ygör}$ "

Göreceli değerler boyutsuz.

(1.44) $V_{Ygör} = 0,25 \cdot \varepsilon \cdot \left[\frac{b_Y}{d_Y} - 0,223 \cdot \left(\frac{b_Y}{d_Y} \right)^3 \right]$

V_Y m³/s Yağ miktarı

d_Y m Yatak çapı

b_Y m Yatak boyu

Basınçlı yağ hacmi " V_{Bas} "

(1.45) $V_{YBas} = \frac{V_{Bgör} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{iŞ}^3}{\eta_{etk}} \cdot p_{BY}$

$\psi_{iŞ}$ – İşletmedeki göreceli boşluk

η_{etk} Pa s etkin viskozite

p_{BY} Pa Yağlama basıncı

Yağların özgül ağırlığının ısıda değişmesi

(1.46) $\rho_9 = \rho_{15} \cdot [1 - 65 \cdot 10^{-5} \cdot (\vartheta_p - 15)]$

ρ_{15} yağın 15°C özgül ağırlığı

$\rho_{15} \approx 900$ kg/m³

ϑ_p özgül ağırlığın arandığı ısı

(1.47) Milin etkin kayma büyüklüğü " e "

$$e_{\max} = 0,5 \cdot s_{i\dot{s}\max} \cdot \varepsilon$$

En küçük yatak boşluğu " h_0 "

(1.48) $h_0 = 0,5 \cdot d_Y \cdot \psi_{i\dot{s}} \cdot (1 - \varepsilon) \geq h_{0EM}$

Geçiş devir sayısı " n_G "

(1.49) $n_G = \frac{F_Y}{10 \cdot C_G \cdot \eta_{hak} \cdot V_Y}$

Yatak hacmi " V_Y "

(1.50) $V_Y = 0,25 \cdot \pi \cdot d_Y^2 \cdot b_Y$

h_{0EM} bak Tablo 1.21

Geçiş devir sayısı " n_G " dönen milin kuru, kuru-yağlı sürtünmesinden, tam yağlı sürtünmeye geçiş devir sayısıdır.

$C_G < 1$

$p_Y < 1 \text{ N/mm}^2$

$1 \leq C_G \leq 8$

$1 \text{ N/mm}^2 \leq p_Y \leq 10 \text{ N/mm}^2$

$C_G > 8$

$p_Y > 10 \text{ N/mm}^2$

1.2.2 Eksenel kaygan yataklar

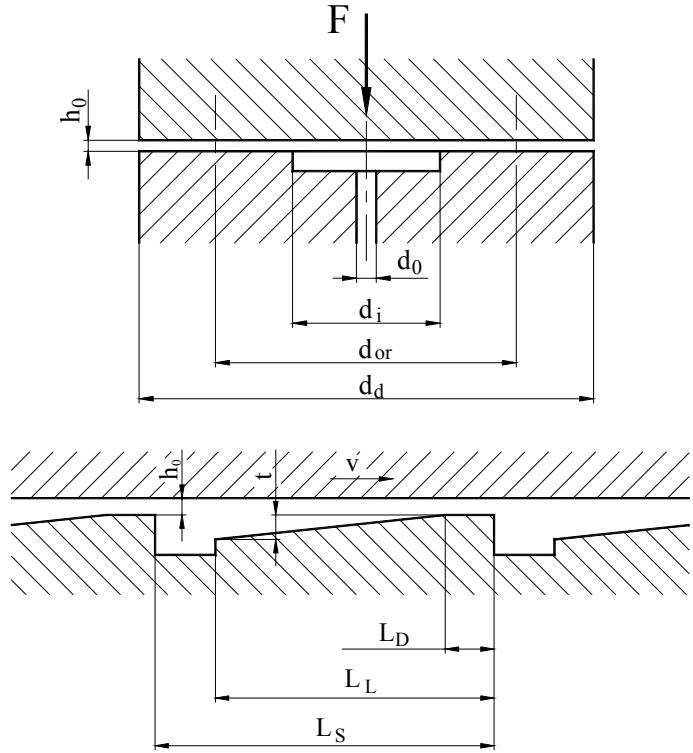
1.2.2.1 Hidrodinamik eksenel yataklar

Harekette kama şeklinden ötürü kayma hareketi elde etmek için dayanma yüzeyi

kısımlara ayrılıp dönüş yönünde daralan eğiklik verilerek kayma hareketi sağlanır.

Bu ayrılan kısımlara Lokma denilir. Bu lokmalar sabit olmalarının yanında küresel veya silindirik dayanaklarla hareketlide olabilirler.

- d_0 mm Yağlama delik çapı
 d_d mm Dış çap
 d_i mm İç çap
 d_{or} mm Ortalama çap
 h_0 mm En küçük yağ boğazı
 L_D mm Düz düzlem boyu
 L_G mm Lokma genişliği
 L_L mm Lokma boyu
 L_S mm Lokma sınırı
 t mm Eğim farkı
 v_{or} mm ortalama çevre hızı



(1.51) Lokma boyu " L_L "

$$L_L = \sqrt{\frac{F}{p_{YEM} \cdot z}} \cdot k_L$$

$$L_L = \frac{\pi \cdot d_{or}}{1,25 \cdot z}$$

p_{YEM} bak Tablo 1.20

- F N Eksenel yatak yükü
 p_{YEM} N/mm² Emniyetli yatak basıncı
 z - Lokma adedi. öneri: 4,5,...10
 k_L - L_L/L_G Lokma boyunun lokma genişliğine oranı.
 $L_L/L_G = 0,7 - 1,3$; öneri: 1,0

(1.52) Ortalama yatak çapı " d_{or} "

$$d_{or} = \frac{1,25 \cdot L_L \cdot z}{\pi}$$

$$d_{or} = 0,5 \cdot (d_d + d_i)$$

(1.53) Yatağın dış çapı " d_d "

$$d_d = d_{or} + L_G$$

(1.54) Yatağın iç çapı " d_i "

$$d_i = d_{or} - L_G$$

(1.55) Lokma genişliği " L_G "

$$L_G = 0,5 \cdot (d_d - d_i)$$

(1.56) Lokma sınırı " L_S "

$$L_S \approx 1,25 \cdot L_L = \frac{\pi \cdot d_{or}}{z}$$

Lokma sayısı " z "

$$z \leq \frac{\pi \cdot d_{or}}{L_S}$$

Lokma kalınlığı "h_L "

$$(1.57) \quad h_{L\min} = 0,25 \cdot \sqrt{L_G^2 + L_L^2}$$

Ortalama yatak dönme hızı " v_{or} "

$$(1.58) \quad v_{or} = \pi \cdot d_{or} \cdot n_m$$

Etken açısal hız " ω_{etk} "

$$(1.59) \quad \omega_{etk} = 2 \cdot \pi \cdot n_m$$

Ortalama yatak basıncı " p_Y "

$$(1.60) \quad p_Y = \frac{F}{z \cdot L_L \cdot L_G} = \frac{1,25 \cdot F}{\pi \cdot d_{or} \cdot L_G} \leq p_{YEM}$$

Yükleme katsayısı " k₁ "

$$(1.61) \quad k_1 = \frac{p_Y \cdot h_0^2}{\eta_{etk} \cdot v_{or} \cdot L_G}$$

Sürtünme katsayısı " k₂ "

$$(1.62) \quad k_2 = \mu \cdot \sqrt{\frac{p_Y \cdot L_G}{\eta_{etk} \cdot v_{or}}}$$

Sürtünmesayısı " μ "

$$(1.63) \quad \mu = k_2 \cdot \sqrt{\frac{\eta_{etk} \cdot v_{or}}{p_Y \cdot L_G}}$$

En küçük yağ boğazı " h₀ "

$$(1.64) \quad h_0 = \sqrt{\frac{k_1 \cdot z \cdot L_L \cdot L_G^2 \cdot v_{or} \cdot \eta_{etk}}{F}}$$

$$h_0 = \sqrt{\frac{k_1 \cdot L_G \cdot v_{or} \cdot \eta_{etk}}{p_Y}}$$

Sürtünme kayıp gücü " P_{sür} "

$$(1.65) \quad P_{sür} = \mu \cdot F_Y \cdot v_{or}$$

$$P_{sür} = k_2 \cdot \sqrt{\eta_{etk} \cdot v_{or}^3 \cdot z \cdot L_L \cdot F}$$

Gerekli toplam yağ hacmi " V_{top} "

$$(1.66) \quad V_{Ytop} = 0,7 \cdot L_G \cdot h_0 \cdot v_{or} \cdot z$$

Yağın ısınması " Δθ "

$$(1.67) \quad \Delta\theta = \theta_{Ç1} - \theta_{Gi} = \frac{P_{sür}}{V_{Ytop} \cdot \rho \cdot c_{b11}}$$

$$\Delta\theta = \frac{k_2}{0,7 \cdot \sqrt{k_1}} \cdot \frac{F}{z \cdot c_{b11} \cdot \rho \cdot L_G^2}$$

Eğer en küçük yağ boğazı h₀ biliniyorsa, k₁ bu formülle hesaplanır. Yoksa İdeal şartlar için, yani: L_L = L_G ve h₀ ≈ 0,8. t için, mümkün olan en iyi yükleme katsayısı k₁ ≈ 0,069 Tablo 1.25 okunur.

İdeal şartlar için, yani: L_L = L_G ve h₀ ≈ 0,4. t için, en küçük sürtünme katsayısı k₂ ≈ 2,7 Tablo 1.26 okunur.

L_L / L_G = 0,7 ... 1,3 ve h₀ / t ≈ 0,2 ... 1,0 için k₂ ≈ 3 rahatlıkla alınabilir.

Aranılan şart h_{0EM} < h₀

$$h_{0EM} \approx (5 \dots 15) \cdot (1 + 0,0025 \cdot d_{or})$$

Burada 5 en iyi şartlar için alınır. Örneğin; ,malat, montaj, işletme, ...

h_{0EM} mm olur, eğer d_{or} mm alınır.

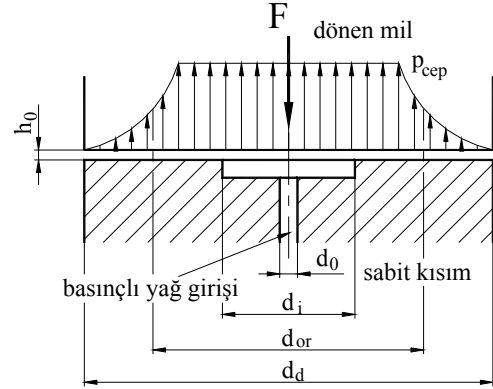
η_{etk} bak Tablo 1.23 den θ_{etk} için okunur.

Burada mineralli yağlar için;

$$c_{b1k} \cdot \rho = 1,8 \cdot 106 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{°C)} \text{ alınabilir.}$$

1.2.2.2 Hidrostatik eksenel yataklar
Kayma hareketi elde etmek için dayanma yüzeyleri arasına hariçten bir pompa ile basınçlı yağ verilir.

d_0 mm Yağlama delik çapı
 d_d mm Dış çap
 d_i mm İç çap
 d_{or} mm Ortalama çap
 h_0 mm En küçük yağ boğazı
 v_{or} mm ortalama çevre hızı
 p_{cep} N/mm² Cepteki basınç



Ortalama yatak basıncı " p_Y "

$$(1.68) \quad p_Y = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (d_d^2 - d_i^2)} \leq p_{YEM}$$

$$(1.69) \quad p_Y = \frac{F}{\pi \cdot d_{or} \cdot L_G} \leq p_{YEM}$$

Basınç altında eksenel kuvvet " F "

$$(1.70) \quad F = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{d_d^2 - d_i^2}{\ln(d_d/d_i)} \cdot p_{cep}$$

Yatak kuvvetine göre basınç " p_{cep} "

$$(1.71) \quad p_{cep} = k_p \cdot \frac{8 \cdot F \cdot \ln(d_d/d_i)}{\pi \cdot (d_d^2 - d_i^2)}$$

Sürtünme momenti " $T_{sür}$ "

$$(1.72) \quad T_{sür} = \frac{\pi \cdot \eta_{etk} \cdot \omega_{etk}}{32 \cdot h_0} \cdot (d_d^4 - d_i^4)$$

Sürtünme kayıp gücü " $P_{sür}$ "

$$(1.73) \quad P_{sür} = T_{sür} \cdot \omega_{etk} \quad P_{sür} = \frac{\pi \cdot \eta_{etk} \cdot \omega_{etk}^2}{32 \cdot h_0} \cdot (d_d^4 - d_i^4)$$

Pompanın kayıp gücü " P_{Pom} "

$$(1.74) \quad P_{Pom} = \frac{V_{Yağ} \cdot p_{cep}}{\eta_{Pom}}$$

Gerekli yağ hacmi " $V_{Yağ}$ "

$$(1.75) \quad V_{Yağ} = \frac{\pi \cdot h_0^3 \cdot p_{cep}}{6 \cdot \eta_{etk} \cdot \ln(d_d/d_i)}$$

$$V_{Yağ} = \frac{4 \cdot F \cdot h_0^3}{3 \cdot \eta_{etk} \cdot (d_d^2 - d_i^2)}$$

Yağın ısınması " $\Delta\theta$ "

$$(1.76) \quad \Delta\theta = \theta_{Ç1} - \theta_{Gi} = \frac{P_{sür} + P_{Pom}}{V_{Yağ} \cdot \rho \cdot c_{bu}}$$

Sürtünmesayı " μ "

$$(1.77) \quad \mu_{St} = \frac{4 \cdot (P_{sür} + P_{Pom})}{F \cdot \omega_{etk} \cdot (d_d^2 + d_i^2)}$$

F N Eksenel yatak yükü

p_{YEM} N/mm² Emniyetli yatak basıncı

$$L_G = 0,5 \cdot (d_d - d_i)$$

p_{cep} N/mm² yağ cebindeki basınç

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa} = 10 \text{ bar}$$

Genelde cepbasıncı kaygan yağ tabakası kurmak için kuvvetin 2 ile 4 katı arasında alınır.

Şöyleki: $k_p = 2 \dots 4$

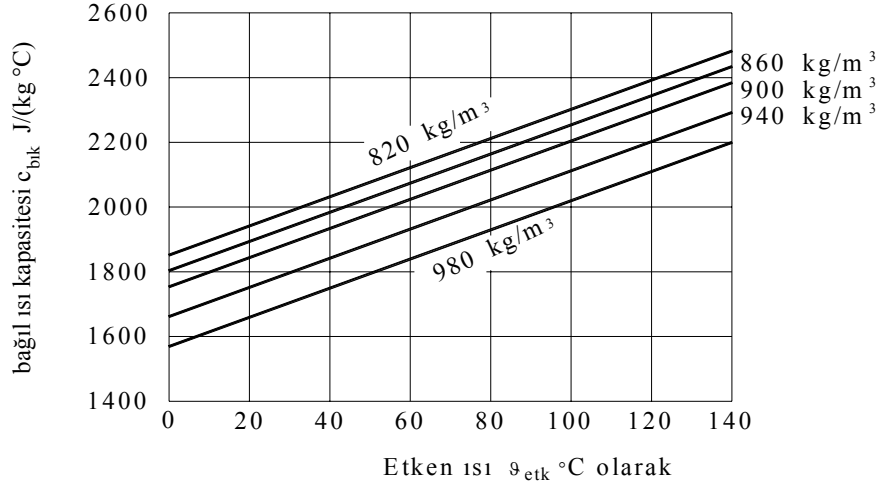
Pompanın verimi duruma göre seçilir:

$$\eta_{Pom} = 0,5 \dots 0,95$$

h_0, d_d, d_i	p_{cep}	η_{etk}	$V_{Yağ}$	F
mm	N/mm ²	Ns/mm ²	mm ³ /s	N
cm	N/cm ²	Ns/cm ²	cm ³ /s	N
m	N/m ²	Ns/m ²	m ³ /s	N

$$1 \text{ mPa s} = 10^{-5} \text{ Ns/mm}^2$$

$$1 \text{ mPa s} = 10^{-7} \text{ Ns/cm}^2$$

Tablo 1.19, Mineralli yağlar için bağıl ısı kapasitesi c_{bik} (Özgül ağırlık 15°C için)

Tablo 1.20, Yatak malzemeleri (Önerilen özet malzemeler)

Kısa ismi, Malzeme-Nr.	R_e N/mm^2	E N/mm^2	Sertlik HB min	α $10^{-6}/\text{K}$	P_{YEM} N/mm^2	Milin sertliği	Öneriler
PbSb15Sn10 2.3391	43	31'000	21	24	7,2	160 HB	Orta yüklenme, $v_{\dot{C}} = 1 \dots 4 \text{ m/s}$
SnSb12Cu6Pb 2.3790	61	56'000	25	22,7	10,2	160 HB	Orta yüklenme, $v_{\dot{C}} < 1$; $v_{\dot{C}} > 4 \text{ m/s}$
G-CuPb15Sn8 2.1817	80	85'000	60	18	15	200 HB	Orta yüklenme, kısa yağsız çalışır
G-CuSn8Pb2 2.1810	130	75'000	60	18	21,7	280 HB	Hafif yüklenme, normal yağlama
CuSn8P 2.1830	200 Carobronze	115'000	120	17,5	33	120 HB	Darbeleri ve ağır yüklenme
GG20	100	130'000 195'000	150	11,7	3	120 HB	Çok hafif yüklen- me ve küçük $v_{\dot{C}}$.
GG30	150	195'000 260'000	200	11,7	5	120 HB	Mil sertleştiril-miş ve taşlanmış.

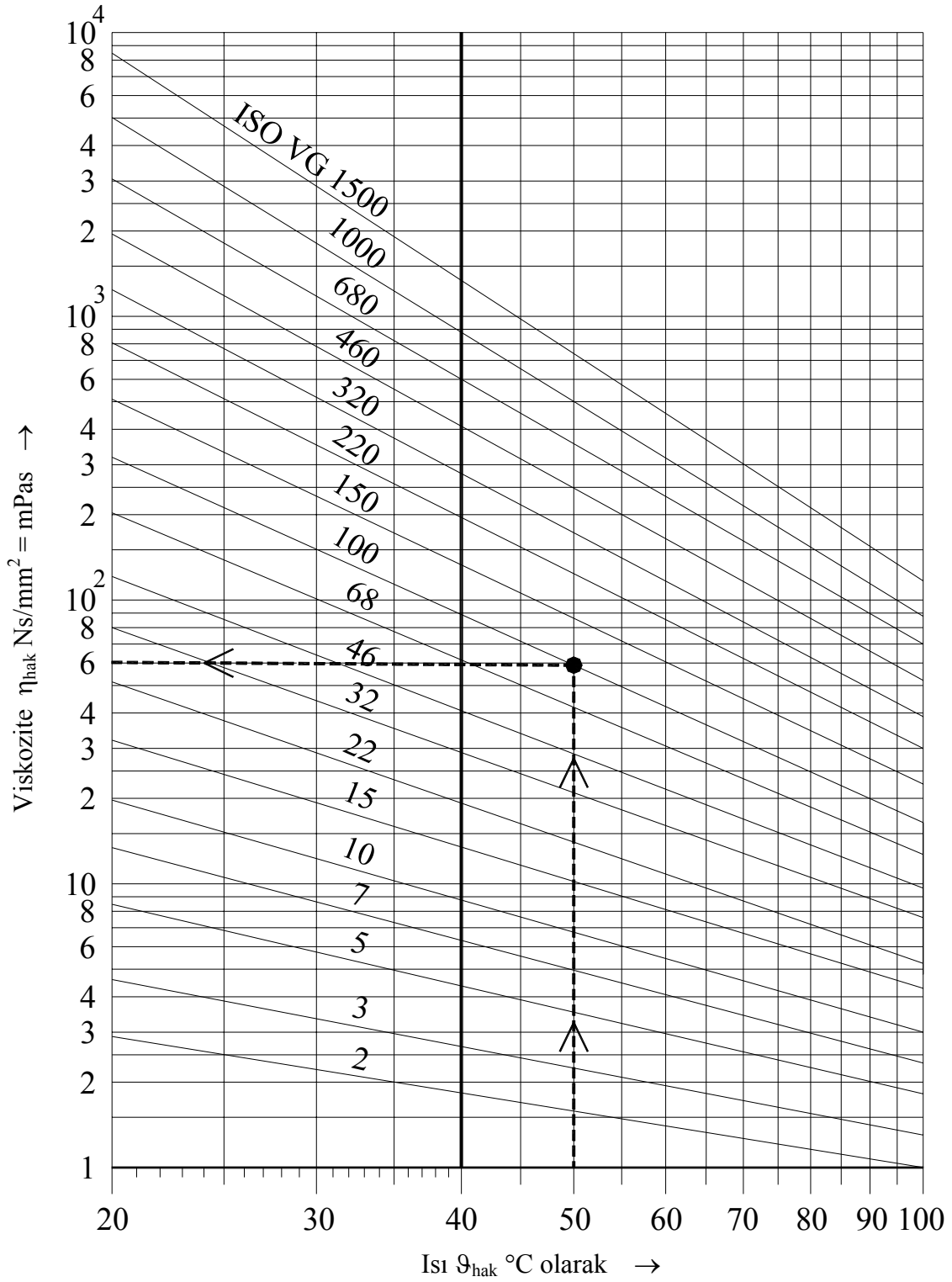
Tablo 1.21, Emniyetli en küçük yatak boşluğu h_{0EM} önerisi

Milçapı mm olarak		Yatakta çevre hızı m/s olarak				
		$0 < v_{\dot{C}} \leq 1$	$1 < v_{\dot{C}} \leq 3$	$3 < v_{\dot{C}} \leq 10$	$10 < v_{\dot{C}} \leq 30$	$30 < v_{\dot{C}}$
24	63	3	4	5	7	10
63	160	4	5	7	9	12
160	400	6	7	9	11	14

Yatak yüzey toleransı $R_{ZY} \leq 1 \mu\text{m}$ ve mil yüzey toleransı $R_{ZM} \leq 4 \mu\text{m}$ için değerler h_{0EM} için μm dir.

Tablo 1.22, Emniyetli yağ ısısı sınır değerleri ϑ_{YEM}

Yatak yağlanmasının tipi	Emniyetli yağ ısısı " ϑ_{YEM} " $^{\circ}\text{C}$ olarak
Basınçlı yağlama	100
Kendi kendine yağlama	90

Tablo 1.23, Yağlar ve viskoziteleri (özgül ağırlık $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$)

Okuma örneği: ISO VG 100 ün 50°C deki viskozitesi ne kadardır?

x-ekseninde 50°C bulunur ve ISO VG 100 doğrusu ile keşişme noktası işaretlenir. Bu noktadan x-eksenine bir paralel çizilip y-ekseni ile keşişme noktası ISO VG 100 yağının 50°C deki viskozitesidir: $\eta_{\text{hak}} = 60 \text{ Ns/mm}^2$.

Tablo 1.24, Basınç altında göreceli yağ hacmi $V_{Bgör}$ (boyutsuz), tek parça yatak

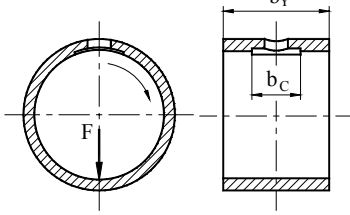
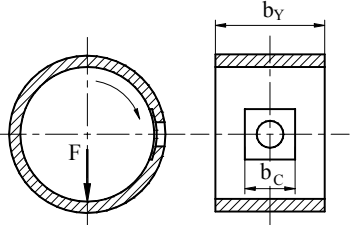
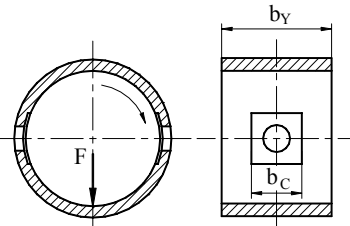
Yağlama delikli:

Geçerliği:

 $q_Y = 1,204 + 0,368 \cdot (d_0 / b_Y) - 1,046 \cdot (d_0 / b_Y)^2 + 1,942 \cdot (d_0 / b_Y)^3$ olarak alınır.

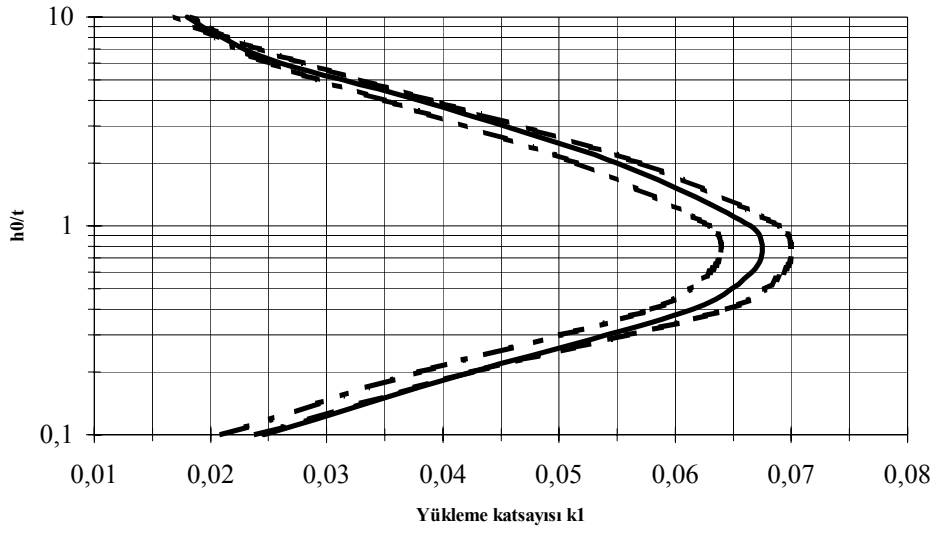
	Yağlama deliği kuvvet yönünün tersinde
	Yağlama deliği kuvvet yönüne göre 90° de
	İki yağ deliği kuvvet yönüne göre 90° de
	Bir yağlama deliği ve 360° yağ oluğu
	$V_{Bgör} = \frac{\pi}{24} \cdot \frac{1 + 1,5 \cdot \varepsilon^2}{b_Y / d_Y} \cdot \frac{b_Y}{b_Y - b_{Oluk}}$
	Bir yağlama deliği ve 180° yağ oluğu
	$V_{Bgör} = \frac{1}{48} \cdot \frac{\pi \cdot (1 + 1,5 \cdot \varepsilon^2) + 6 \cdot \varepsilon + 1,33 \cdot \varepsilon^2}{(b_Y - b_{Oluk}) / d_Y}$

Tablo 1.24, Basınç altında göreceli yağ hacmi VB_{gör} (boyutsuz), tek parça yatak (devam)

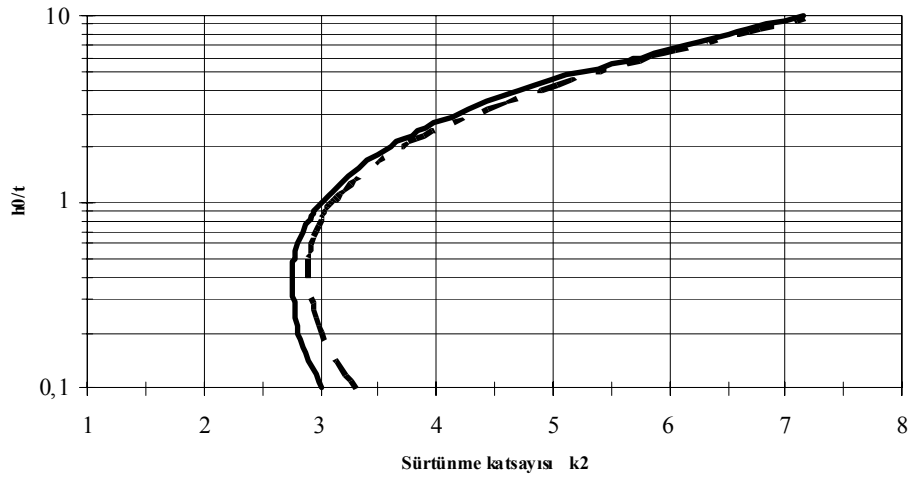
<p>Yağlama cepli: Geçerliği: $0,05 \leq (b_C/d_Y) \leq 0,7$ ve $q_C = 1,188 + 1,582 \cdot (b_C/b_Y) - 2,585 \cdot (b_C/b_Y)^2 + 5,563 \cdot (b_C/b_Y)^3$ olarak alınır.</p>	
	<p>Yağlama cebi kuvvet yönünün tersinde</p> $V_{B_{gör}} = \frac{\pi}{48} \cdot \frac{(1-\varepsilon)^3}{\ln(b_Y/b_C) \cdot q_C}$
	<p>Yağlama cebi kuvvet yönüne göre 90° de</p> $V_{B_{gör}} = \frac{\pi}{48} \cdot \frac{1}{\ln(b_Y/b_C) \cdot q_C}$
	<p>İki yağlama cebi kuvvet yönüne göre 90° de</p> $V_{B_{gör}} = \frac{\pi}{48} \cdot \frac{2}{\ln(b_Y/b_C) \cdot q_C}$

Tablo 1.25, Yükleme katsayısı " k_1 "

----- $L_L/L_G = 1,3$ ————— $L_L/L_G = 1,0$ - - - - - $L_L/L_G = 0,7$

Tablo 1.26, Sürtünme katsayısı " k_2 "

————— $L_L/L_G = 1,0$ ve $L_L/L_G = 1,3$ - - - - - $L_L/L_G = 0,7$



1.2.3 Kaygan yataklar için örnek:

Sıvama tezgahı yatağı için yapılan eskizden ve mukavemet hesaplarına göre tam kaygan yatak için şu değerler saptanmıştır.

Yataktaki radyal kuvvet

$$F_Y = 40 \text{ kN}$$

Yatağın çapı

$$d_Y = 100 \text{ mm}$$

Milin devir sayısı

$$n_m = 1000 \text{ d/dak}$$

Yağlama deliği çapı, kuvvet yönünün tersinde

$$d_0 = 4 \text{ mm}$$

Yatak malzemesi PbSb15Sn10, 2.3391 bak Tablo 1.20

$$p_{YEM} = 7,2 \text{ N/mm}^2$$

Yatağın yüzey kalitesi, bak Tablo 1.21

$$R_{zY} = 0,001 \text{ mm}$$

Yatağın ısıl genişleme katsayısı, bak Tablo 1.20

$$\alpha_{mLY} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Mil malzemesi St 60, 1.0060 bak Tablo 1.20

Milin yüzey kalitesi, bak Tablo 1.21

$$R_{zM} = 0,004 \text{ mm}$$

Milin ısıl genişleme katsayısı, bak Tablo 1.20

$$\alpha_{mLM} = 11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Isı ileten yatak alanı, konstruksiyondan hesaplanır

$$A_G = 0,4 \text{ m}^2$$

Isı iletim katsayısı bak (1.35)

$$\alpha_{IL} = 20 \text{ W/m}^2$$

Çevre ısısı

$$\vartheta_{\text{Ç}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Yağın giriş ısısı

$$\vartheta_{Gi} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Yağın yatakta ısınması

$$\Delta\vartheta_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

(tahmin edilir ve sonra iterasyonda düzeltilir)

Yağın çıkış ısısı $\vartheta_{0\text{Çi}} = \vartheta_{Gi} + \Delta\vartheta_0 = 30 + 20 = 50$

$$\vartheta_{0\text{Çi}} = 50 \text{ }^\circ\text{C bak (1.14)}$$

Yağın ortalama ısısı $\vartheta_{0\text{or}} = 0,5 \cdot (\vartheta_{Gi} + \vartheta_{0\text{Çi}}) = 40$

$$\vartheta_{0\text{or}} = 40 \text{ }^\circ\text{C bak (1.15)}$$

Yağ, ISO VG 100 DIN 51 519

$$VG = 100$$

Yağın $\vartheta_{0\text{or}}$ için viskozitesi bak Tablo 1.23

$$\eta_{40} = 90 \cdot 10^{-9} \text{ Ns/mm}^2$$

Yağlama basıncı, fonksiyona göre seçilir

$$p_{Y\text{ağ}} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

Hesaplar

Yatakta çevre hızı bak (1.16)

$$v_{\text{Ç}} = \pi \cdot d_Y \cdot n_m = \pi \cdot 0,1 \cdot 16,667 = 5,236$$

$$v_{\text{Ç}} = 5,236 \text{ m/s}$$

Yatağın boyu bak (1.17)

$$b_Y = 0,95 \cdot d_Y = 0,95 \cdot 100 = 95$$

$$b_Y = 95 \text{ mm}$$

Yataktaki ortalama basınç bak (1.18)

$$p_Y = \frac{F_Y}{b_Y \cdot d_Y} < p_{EM}$$

$$p_Y = 4,211 \text{ N/mm}^2 < p_{YEM}$$

Göreceli yatak boşluğu bak (1.19)

$$\Psi_{IM} = \Psi_{I\text{Ş}} = 0,8 \cdot \sqrt[4]{v_{\text{Ç}}} \cdot 10^{-3}$$

$$\Psi_{IM} = 0,00121$$

İşletmedeki yatak boşluğu bak (1.20)

$$s_{I\text{Ş}} = \Psi_{I\text{Ş}} \cdot d_Y = 0,00121 \cdot 100 = 0,121$$

$$s_{I\text{Ş}} = 0,121 \text{ mm}$$

Milin anma çapı bak (1.21)

$$d_M = d_Y - s_{I\text{Ş}} = 100 - 0,121 = 99,879$$

$$d_M = 99,88 \text{ mm}$$

Yatak ve milin toleransları: bak "Toleranslar"

imalatın yapılabileceği hassaslık Yatak

$$H7 \quad IT7 = 0,035 \text{ mm}$$

Mil

$$h6 \quad IT6 = 0,022 \text{ mm}$$

Yatak ve milin anma ölçüleri: bak (1.22)

$$d_Y = 100 \text{ mm}$$

$$A_{\text{ü}Y} = 0,035 \text{ mm}$$

$$A_{aY} = 0 \text{ mm}$$

$$d_M = 99,88 \text{ mm}$$

$$A_{\text{ü}M} = 0 \text{ mm}$$

$$A_{aM} = -0,022 \text{ mm}$$

$$d_{Y\text{max}} = d_Y + A_{\text{ü}Y} = 100 + 0,035$$

$$d_{Y\text{max}} = 100,035 \text{ mm}$$

$$d_{Y\text{min}} = d_Y + A_{aY} = 100 + 0$$

$$d_{Y\text{min}} = 100 \text{ mm}$$

$$d_{M\text{max}} = d_M + A_{\text{ü}M} = 99,88 + 0$$

$$d_{M\text{max}} = 99,88 \text{ mm}$$

$$d_{M\text{min}} = d_M + A_{aM} = 99,88 + (-0,022)$$

$$d_{M\text{min}} = 99,858 \text{ mm}$$

Yatağın imalattaki boşlukları: bak (1.23)

$$s_{iMmax} = d_{Ymax} - d_{Mmin} = 100,035 - 99,858$$

$$s_{iMmax} = 0,177 \text{ mm}$$

$$s_{iMmin} = d_{Ymin} - d_{Mmax} = 100 - 99,88$$

$$s_{iMmin} = 0,120 \text{ mm}$$

Yatağın işletmedeki boşluk farkı bak (1.24)

$$\Delta s_{iŞmax} = (d_{Ymax} \cdot \alpha_Y - d_{Mmin} \cdot \alpha_M) \cdot (\vartheta_{0or} - \vartheta_C)$$

$$\Delta s_{iŞmax} = 0,026 \text{ mm}$$

$$\Delta s_{iŞmin} = (d_{Ymin} \cdot \alpha_Y - d_{Mmax} \cdot \alpha_M) \cdot (\vartheta_{0or} - \vartheta_C)$$

$$\Delta s_{iŞmin} = 0,026 \text{ mm}$$

Yatağın imalattaki göreceli boşluğu bak (1.26)

$$\psi_{iM} = \frac{s_{iMmax} + s_{iMmin}}{2 \cdot d_Y} = \frac{0,177 + 0,120}{2 \cdot 100}$$

$$\psi_{iM} = 1,485 \cdot 10^{-3}$$

Yatağın işletmedeki boşlukları bak (1.25):

$$s_{iŞmax} = s_{iMmax} + \Delta s_{iŞmax} = 0,177 + 0,026$$

$$s_{iMmax} = 0,203 \text{ mm}$$

$$s_{iŞmin} = s_{iMmin} + \Delta s_{iŞmin} = 0,120 + 0,026$$

$$s_{iMmin} = 0,146 \text{ mm}$$

Yatağın işletmedeki göreceli boşluğu bak (1.27)

$$\psi_{iŞ} = \frac{s_{iŞmax} + s_{iŞmin}}{2 \cdot d_Y} = \frac{0,203 + 0,146}{2 \cdot 100}$$

$$\psi_{iŞ} = 1,75 \cdot 10^{-3}$$

Etkin açısal hız “ ω_{etk} ” bak (1.28)

$$\omega_{etk} = 2 \cdot \pi \cdot n_m$$

$$\omega_{etk} = 104,720 \text{ s}^{-1}$$

Sommerfeld sayısı bak (1.29)

$$So = \frac{p_Y \cdot \psi_{iŞ}^2}{\eta_{etk} \cdot \omega_{etk}} = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot (1,94 \cdot 10^{-3})^2}{0,090 \cdot 157,08}$$

$$So = 1,36$$

Öneri: $1 < So < 10$

Göreceli eksantriklik bak (1.30)

$$\varepsilon = 0,634$$

Öneri: $0,6 < \varepsilon < 0,95$

Milin kayma açısı bak (1.31)

$$\beta = a \tan \left(\frac{\sqrt{1 - \varepsilon^2}}{\varepsilon} \right)$$

$$\beta = 50,654^\circ$$

Sürtünme sayısı bak (1.32)

$$\mu = \psi_{iŞ} \cdot \left(\frac{\pi}{So \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2}} + \frac{\varepsilon}{2} \cdot \sin \beta \right)$$

$$\mu = 5,639 \cdot 10^{-3}$$

Sürtünme kayıp gücü bak (1.33)

$$P_{sür} = \mu \cdot F_Y \cdot v_C = 5,639 \cdot 10^{-3} \cdot 40000 \cdot 5,236 =$$

$$P_{sür} = 1181 \text{ W}$$

Göreceli yağ miktarı bak (1.44)

$$V_{Ygör} = 0,25 \cdot \varepsilon \cdot \left[\frac{b_Y}{d_Y} - 0,223 \cdot \left(\frac{b_Y}{d_Y} \right)^3 \right]$$

$$V_{Ygör} = 0,120$$

Gerekli yağ miktarı bak (1.43)

$$V_{YGER} = V_{Ygör} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{iŞ} \cdot \omega_{etk}$$

$$V_{YGER} = 21978 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Göreceli basınçlı yağ miktarı bak Tablo 1.24

$$V_{Bgör} = \frac{\pi}{48} \cdot \frac{(1 - \varepsilon)^3}{\ln(b_Y / d_0) \cdot q_Y}$$

$$V_{Bgör} = 0,069$$

$$q_Y = 1,204 + 0,368 \cdot (d_0 / b_Y) - 1,046 \cdot (d_0 / b_Y)^2 + 1,942 \cdot (d_0 / b_Y)^3 = 1,299$$

Basınçlı yağ miktarı bak (1.45)

$$V_{YBas} = \frac{V_{Bgör} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{IŞ}^3}{\eta_{etk}} \cdot p_{BY}$$

$$V_{YBas} = 1229 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Toplam yağ miktarı bak (1.42)

$$V_{Yağ} = V_{YGER} + V_{YBas} = 21978 + 1229$$

$$V_{Yağ} = 23207 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Yağın çıkış ısısı bak (1.37)

$$\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot \text{°C})$$

$$\vartheta_{1Ç1} = \vartheta_{Gi} + \frac{P_{sür}}{V_{Yağ} \cdot \rho \cdot c}$$

$$\vartheta_{1Ç1} = 58,272 \text{ °C}$$

Salt fark için gereken şart: bak (1.40)

$$\Delta\vartheta = |\vartheta_{1Ç1} - \vartheta_{0Ç1}| \leq 2^\circ \quad \Delta\vartheta = 68,272 - 50 =$$

$$\Delta\vartheta = 8,272 > 2^\circ$$

1. İterasyon:

Yağın işletmedeki yeni ortalama ısı bak (1.40)

$$\vartheta_{1or} = 0,5 \cdot (\vartheta_{0Ç1} + \vartheta_{1Ç1}) = 0,5 \cdot (50 + 58,272) =$$

$$\vartheta_{1or} = 54,136 \text{ °C}$$

Yağın işletmedeki yeni etken ısı bak (1.41)

$$\vartheta_{1etk} = 0,5 \cdot (\vartheta_{Gi} + \vartheta_{1or}) = 0,5 \cdot (30 + 54,136) =$$

$$\vartheta_{1etk} = 42,068 \text{ °C}$$

Yağın $\vartheta_{1etk} = 42,068 \text{ °C}$, VG 100 için etken viskozitesi bak Tablo 1.23

$$\eta_{1etk} = 78 \cdot 10^{-9} \text{ Ns}/\text{mm}^2$$

Yatağın işletmedeki göreceli boşluk farkı

$$\Delta\psi_1 = (\alpha_Y - \alpha_M) \cdot (\vartheta_{1etk} - \vartheta_{Ç})$$

$$\Delta\psi_1 = 0,287 \cdot 10^{-3}$$

$$\psi_{1İŞ} = \psi_{1M} + \Delta\psi_1 = 1,485 \cdot 10^{-3} + 0,287 \cdot 10^{-3}$$

$$\psi_{1İŞ} = 1,77 \cdot 10^{-3}$$

Sommerfeld sayısı bak (1.29)

$$So_1 = \frac{p_Y \cdot \psi_{1İŞ}^2}{\eta_{1etk} \cdot \omega_{etk}} = \frac{4,211 \cdot 10^6 \cdot (1,772 \cdot 10^{-3})^2}{0,078 \cdot 157,08}$$

$$So_1 = 1,618$$

Öneri: $1 < So < 10$

Göreceli eksantriklik bak (1.30)

$$\varepsilon_1 = 0,671$$

Öneri: $0,6 < \varepsilon < 0,95$

Milin kayma açısı bak (1.31)

$$\beta_1 = a \tan \left(\frac{\sqrt{1 - \varepsilon_1^2}}{\varepsilon_1} \right)$$

$$\beta_1 = 47,856^\circ$$

Sürtünme sayısı bak (1.32)

$$\mu_1 = \psi_{1İŞ} \cdot \left(\frac{\pi}{So_1 \cdot \sqrt{1 - \varepsilon_1^2}} + \frac{\varepsilon_1}{2} \cdot \sin \beta_1 \right)$$

$$\mu_1 = 5,080 \cdot 10^{-3}$$

Sürtünme kayıp gücü bak (1.33)

$$P_{Isür} = \mu_1 \cdot F_Y \cdot v_{Ç} = 5,080 \cdot 10^{-3} \cdot 40000 \cdot 5,236 =$$

$$P_{Isür} = 1064 \text{ W}$$

Göreceli yağ miktarı bak (1.44)

$$V_{1Ygör} = 0,25 \cdot \varepsilon_1 \cdot \left[\frac{b_Y}{d_Y} - 0,223 \cdot \left(\frac{b_Y}{d_Y} \right)^3 \right]$$

$$V_{1Ygör} = 0,127$$

Gerekli yağ miktarı bak (1.43)

$$V_{1YGER} = V_{1Ygör} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{IİŞ} \cdot \omega_{\text{etk}}$$

$$V_{1YGER} = 23619 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Göreceli basınçlı yağ miktarı bak Tablo 1.24

$$V_{Bgör1} = \frac{\pi \cdot (1 - \varepsilon_1)^3}{48 \cdot \ln(b_Y / d_0) \cdot q_Y}$$

$$V_{Bgör1} = 0,074$$

Basınçlı yağ miktarı bak (1.45)

$$V_{YBasl} = \frac{V_{Bgör1} \cdot d_Y^3 \cdot \psi_{IİŞ}^3 \cdot p_{BY}}{\eta_{\text{Ietk}}}$$

$$V_{YBasl} = 1587 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Toplam yağ miktarı bak (1.42)

$$V_{1Yağ} = V_{1YGER} + V_{YBasl} = 21978 + 1229$$

$$V_{1Yağ} = 25206 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Yağın çıkış ısısı bak (1.37)

$$\rho \cdot c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ J}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\vartheta_{2or} = \vartheta_{Gi} + \frac{P_{Isür}}{V_{1Yağ} \cdot \rho \cdot c}$$

$$\vartheta_{2or} = 53,448 \text{ }^\circ\text{C}$$

Salt fark için gereken şart: bak (1.40)

$$\Delta\vartheta_2 = |\vartheta_{2or} - \vartheta_{1or}| \leq 2^\circ \quad \Delta\vartheta_2 = 53,448 - 54,136 =$$

$$\Delta\vartheta_2 = 0,688 < 2^\circ$$

Sonuç:

Yataktaki ortalama basınç $p_Y = \frac{F_Y}{b_Y \cdot d_Y} < p_{EM} \quad p_Y = 4,21 < p_{YEM} = 7,2$

Sommerfeldsayısı $So = 1,618 \quad \text{Öneri: } 1 < So < 10$

Göreceli eksantriklik $\varepsilon = 0,671 \quad \text{Öneri: } 0,6 < \varepsilon < 0,95$

Yağın ısınması bak Tablo 1.22 $\vartheta_{2or} = 53,448 \text{ }^\circ\text{C} < \vartheta_{YEM} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$

En küçük yatak mil boşluğu bak (1.48):

$$h_0 = 0,5 \cdot d_Y \cdot \psi_{IİŞ} \cdot (1 - \varepsilon) \geq h_{0EM} \quad h_0 = 0,029 \text{ mm} > h_{0EM} = 0,009 \text{ mm}$$

h_{0EM} bak Tablo 1.21

Böylece yatağın konstruksiyonu yapıp işletmeye alınır.

1.2.3.1 Kaygan hidrodinamik aksel yatak

Basit ek soğutma tesisi olmayan hidrodinamik aksel yatak konstruksiyonu eskizinden ve şartnamesinden şu değerler saptanmıştır.

Yataktaki aksel kuvvet	$F = 20 \text{ kN}$
Yatağın dış çapı	$d_d = 265 \text{ mm}$
Yatağın iç çapı	$d_i = 135 \text{ mm}$
Yatağın devir sayısı	$n_m = 250 \text{ d/dak}$
Yatak malzemesi PbSb15Sn10, 2.3391 bak Tablo 1.20	$p_{YEM} = 7,2 \text{ N/mm}^2$
Mil malzemesi St 60, 1.0060	
Çevre ısısı	$\vartheta_{\text{ç}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Yağın yataktaki etken ısısı (tahmin edilir ve sonra iterasyonda düzeltilir)	$\vartheta_{\text{etk}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Yağ, ISO VG 100 DIN 51 519	$VG = 100$
Yağın $\vartheta_{\text{etk}} = \vartheta_{60}$ için viskozitesi bak Tablo 1.23	$\eta_{40} = 90 \cdot 10^{-9} \text{ Ns/mm}^2$
Yağın özgül ağırlığı	$\rho_{\text{Yağ}} = 860 \text{ kg/m}^3$
Yağın bağıl ısıkapasite katsayısı	$c_{\text{bık}} = 2080 \text{ J/(kg.K)}$

Çözüm:

Ortalama yatak çapı " d_{or} " bak (1.52)

$$d_{\text{or}} = 0,5 \cdot (d_d + d_i) = 0,5 \cdot (265 + 135)$$

$$d_{\text{or}} = 200 \text{ mm}$$

Lokma genişliği " L_G " bak (1.55)

$$L_G = 0,5 \cdot (d_d - d_i) = 0,5 \cdot (265 - 135) = 65$$

$$L_G = 65 \text{ mm}$$

Lokma boyu " L_L " bak (1.51)

$$L_L / L_G = 1,0 \text{ için}$$

$$L_L = 65 \text{ mm}$$

Lokma sınırı " L_S " bak (1.56)

$$L_S \approx 1,25 \cdot L_L = 1,25 \cdot 65 = 81,25$$

$$L_S = 82,5 \text{ mm}$$

Yataktaki lokma sayısı " z "

$$z \leq \frac{\pi \cdot d_{\text{or}}}{L_S} = \frac{\pi \cdot 200}{82,5} = 7,616$$

$$z = 6$$

Lokma kalınlığı " h_L " bak

$$h_{L\text{min}} = 0,25 \cdot \sqrt{L_G^2 + L_L^2} = 0,25 \cdot \sqrt{65^2 + 65^2} = 22,981$$

$$h_L = 25 \text{ mm}$$

Ortalama yatak dönme hızı " v_{or} " bak (1.58)

$$v_{\text{or}} = \pi \cdot d_{\text{or}} \cdot n_m = \pi \cdot 200 \cdot 4,167$$

$$v_{\text{or}} = 2,62 \text{ m/s}$$

Etken açısal hız " ω_{etk} " bak (1.59)

$$\omega_{\text{etk}} = 2 \cdot \pi \cdot n_m = 2 \cdot \pi \cdot 250$$

$$\omega_{\text{etk}} = 26,180 \text{ 1/s}$$

En küçük yağ boğazı " h_0 " bak (1.64)

$$h_0 = \sqrt{\frac{k_1 \cdot z \cdot L_L \cdot L_G^2 \cdot v_{\text{or}} \cdot \eta_{\text{etk}}}{F}}$$

$$h_0 = 0,022 \text{ mm}$$

Yükleme katsayısı " k_1 " bak Tablo 1.25

bak Tablo 1.25

$$k_1 = 0,0675$$

$h_0/t = 1$ ve $L_L / L_G = 1,0$ için

En küçük emniyetli yağ boğazı " h_{0EM} " bak (1.64)

$$h_{0EM} \approx (5 \dots 15) \cdot (1 + 0,0025 \cdot d_{\text{or}}) = 10 \cdot (1 + 0,0025 \cdot 200) =$$

$$h_{0EM} = 0,015 \text{ mm}$$

Burada $h_{0EM} = 0,015 \text{ mm} < h_0 = 0,025 \text{ mm}$ olduğundan yatak fonksiyonunu yapar.

Ortalama yatak basıncı " p_Y " bak (1.60)

$$p_Y = \frac{F}{z \cdot L_L \cdot L_G} = \frac{20'000}{10 \cdot 65 \cdot 65} = 0,789 \quad p_Y = 0,8 \text{ N/mm}^2$$

Burada $p_Y = 0,8 \text{ N/mm}^2 < p_{YEM} = 7,2 \text{ N/mm}^2$ olduğundan yatak fonksiyonunu yapar.

Gerekli toplam yağ " V_{Ytop} " bak (1.66)

$$V_{Ytop} = 0,7 \cdot L_G \cdot h_0 \cdot v_{or} \cdot z \quad V_{Ytop} = 0,95 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

$V_{Ytop} = 0,95 \text{ dm}^3/\text{dak}$ yağ sağlanabileceğinden yatak fonksiyonunu yapar.

Sürtünme katsayısı " k_2 " bak Tablo 1.26

bak Tablo 1.26

$$k_2 = 3,0$$

$h_0/t = 1$ ve $L_L / L_G = 1,0$ için

Yağın ısınması " $\Delta\theta$ " bak (1.67)

bak (1.67)

$$\Delta\theta = \frac{k_2}{0,7 \cdot \sqrt{k_1}} \cdot \frac{F}{z \cdot c_{bii} \cdot \rho \cdot L_G^2} \quad \Delta\theta = 7,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Yağın $7,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ısınması hiç bir problem yaratmayacağından yatak fonksiyonunu yapar.

1.2.3.2 Kaygan hidrostatik aksenal yatak

Pompalı ek soğutma tesisi olan hidrostatik aksenal yatak konstruksiyonu eskizinden ve şartnamesinden şu değerler saptanmıştır.

Yataktaki aksenal kuvvet	$F = 320 \text{ kN}$
Yatağın dış çapı	$d_d = 320 \text{ mm}$
Yatağın iç çapı	$d_i = 200 \text{ mm}$
Yatağın devir sayısı	$n_m = 940 \text{ d/dak}$
Yağ, ISO VG 68 DIN 51 519	$VG = 100$
Yağın yataktaki etken ısısı (tahmin edilir ve sonra iterasyonda düzeltilir)	$\vartheta_{\text{etk}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$
Yağın $\vartheta_{\text{etk}} = \vartheta_{55}$ için viskozitesi bak Tablo 1.23	$\eta_{55} = 31 \cdot 10^{-9} \text{ Ns/mm}^2$
Yağın özgül ağırlığı	$\rho_{\text{Yağ}} = 900 \text{ kg/m}^3$
Yağın bağıl ısı kapasite katsayısı bak Tablo 1.19	$c_{\text{bık}} = 2000 \text{ J/(kg.K)}$
Çevre ısısı	$\vartheta_{\text{Ç}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Yatak malzemesi PbSb15Sn10, 2.3391 bak Tablo 1.20	$p_{\text{YEM}} = 7,2 \text{ N/mm}^2$
Pompanın verimi	$\eta_{\text{Pom}} = 0,5$
Emniyetli en küçük yatak boşluğu (seçilen)	$h_{0\text{EM}} = 0,15 \text{ mm}$

Çözüm:

Ortalama yatak basıncı “ p_Y ” bak (1.68)

$$p_Y = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (d_d^2 - d_i^2)} = \frac{4 \cdot 320000}{\pi \cdot (320^2 - 200^2)} = 6,529$$

$$p_Y = 6,5 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{\text{YEM}} = 7,2 \text{ N/mm}^2$$

Yatak genişliği “ L_G ” bak (1.55)

$$L_G = 0,5 \cdot (d_d - d_i) = 0,5 \cdot (320 - 200) = 60$$

$$L_G = 60 \text{ mm}$$

Ortalama yatak çapı “ d_{or} ” bak (1.52)

$$d_{\text{or}} = 0,5 \cdot (d_d + d_i) = 0,5 \cdot (320 + 200) = 260$$

$$d_{\text{or}} = 260 \text{ mm}$$

Ortalama yatak dönme hızı “ v_{or} ” bak (1.58)

$$v_{\text{or}} = \pi \cdot d_{\text{or}} \cdot n_m = \pi \cdot 260 \cdot 15,667$$

$$v_{\text{or}} = 12,80 \text{ m/s}$$

Etken açısal hız “ ω_{etk} ” bak (1.59)

$$\omega_{\text{etk}} = 2 \cdot \pi \cdot n_m = 2 \cdot \pi \cdot 15,667$$

$$\omega_{\text{etk}} = 98,437 \text{ 1/s}$$

Gerekli yağ miktarı “ $V_{\text{Yağ}}$ ” bak (1.75)

$$V_{\text{Yağ}} = \frac{4 \cdot F \cdot h_0^3}{3 \cdot \eta_{\text{etk}} \cdot (d_d^2 - d_i^2)}$$

$$V_{\text{yağ}} = 44,665 \text{ dm}^3/\text{dak}$$

Yatak kuvvetine göre basınç “ p_{cep} ” bak (1.71)

$$p_{\text{cep}} = k_p \cdot \frac{8 \cdot F \cdot \ln(d_d / d_i)}{\pi \cdot (d_d^2 - d_i^2)}$$

$$p_{\text{cep}} = 6,138 \text{ N/mm}^2$$

Sürtünme kayıp gücü “ $P_{sür}$ ” bak (1.73)

$$P_{sür} = \frac{\pi \cdot \eta_{etk} \cdot \omega_{etk}^2}{32 \cdot h_0} \cdot (d_d^4 - d_i^4) \quad P_{sür} = 1747 \text{ W}$$

Pompanın kayıp gücü “ P_{Pom} ” bak (1.74)

$$P_{Pom} = \frac{V_{Yağ} \cdot P_{cep}}{\eta_{Pom}} \quad P_{Pom} = 9138 \text{ W}$$

Yağın ısınması “ $\Delta\theta$ ” bak (1.76)

$$\Delta\theta = \theta_{Ç1} - \theta_{Gi} = \frac{P_{sür} + P_{Pom}}{V_{Yağ} \cdot \rho \cdot c_{bII}} = 8,12 \quad \Delta\theta = 8^\circ\text{C}$$

Burada:

$p_Y = 6,5 \text{ N/mm}^2 < p_{YEM} = 7,2 \text{ N/mm}^2$ olduğundan,
 $V_{Ytop} = 44,665 \text{ dm}^3/\text{dak}$ yağ pompa ile rahat sağlanabileceğinden,
 Yağın 8°C ısınması hiç bir problem yaratmayacağından

yatak fonksiyonunu yapar.

2 Kaynaklar

Bu belgedeki bütün değerler hemen hemen FAG ve SKF firmalarının katalog veya teknik yayınlarından alınmıştır.

2.0 Literatür

- Dubbel, H. Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 14. Auflage 1981
- Decker, K-H. MASCHINENELEMENTE, Gestaltung und Berechnung, Carl Hanser Verlag, München Wien, 8. Auflage
- FAG Montage von Wälzlager Montage von Wälzlager Katalog WL 80 100/2DE/96/9/89
- FAG Wälzlager (Katalog) FAG Wälzlager Katalog WL 41 520 DE Ausgabe 1995
- Köhler / Rognitz MASCHINENTEILE, Teil 1 und Teil 2, B.G.Teubner, Stuttgart
- Kutay, M.G. Ders notları (1971-2004) Berner Fachhochschule Hochschule für Technik und Architektur Bern
- Langer, E. MASCHINENELEMENTE, Berechnung und Gestaltung, Dümmler
- Matek, W. / Muhs, D. / Wittel, H. ROLOFF / MATEK MASCHINENELEMENTE, LEHR UND TABELLENBUCH, Verlag Fried. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiessbaden, 14. Auflage 2000
- Niemann, G. MASCHINENELEMENTE, Band I 2. Auflage 1981 Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- SKF Leitfaden für Wartung und Austausch von Wälzlager Katalog 3600T Reg: 47:76 . 50 000 . 1986-05
- Wellinger, K./ Dietmann, H. Festigkeitsberechnung, Grundlagen und technische Anwendung

3 Konu indeksi

A

Aşınma ömürü 11

B

Basınç altında eksenel kuvvet " F " 27
 Basınçlı yağ hacmi " V_{Bas} " 23
 Bilyalı iğ yatağı 7
 Bilyalı oynak yatak 7
 Bilyalı sabit yatak 7
 Boyut serisi 9
 Bozulma ihtimali faktörü 10

Ç

Çap serisi 9
 Çift bilyalı eğik yatak 7
 Çift sıra masuralı oynak yatak 7
 Çift yönlü eksenel yatak 7

D

Devir sayısı faktörü f_n 17
 Dış bilezik 5
 Dört nokta yatağı 7
 düşük devir sayısı 13
 Düzeltme faktörü " k " 10

E

Emniyetli en küçük yatak boşluğu h_{0EM} önerisi 28
 Emniyetli yağ ısısı " ϑ_{YEM} " 28
 En küçük yağ boğazı " h_0 " 26
 En küçük yatak boşluğu " h_0 " 24
 Etkin açısız hız " ω_{etk} " 26
 Etkin açısız hız " ω_{etk} " 22
 Ezilme sınırı 5

G

Geçiş devir sayısı " n_G " 24
 Genişlik 5
 Genişlik serisi 9
 Gerekli toplam yağ hacmi " V_{top} " 26
 Gerekli yağ hacmi " $V_{Yağ}$ " 27
 Gerekli yağ hacmi " V_{YGER} " 23
 Göreceli boşluk " ψ_{IM} veya $\psi_{IŞ}$ " 22
 Göreceli eksantriklik " ε " 22
 Göreceli yağ hacmi " $V_{Ygör}$ " 23
 Göreceli yatak boşluğu " ψ_{IM} ; $\psi_{IŞ}$ " 21

H

Hidrodinamik eksenel yatak 25
 Hidrostatik eksenel yatak 27

I

İç bilezik 5
 İğne masuralı yatak 7
 Isının mil+yatak ile iletilmesi " P_α " 22
 Isının yağ ile iletilmesi " P_c " 23
 işletme katsayısı 6
 İşletmedeki yatak boşluğu " $s_{IŞ}$ " 21

K

Kafes 5
 Kaygan yataklar 21
 Konik masuralı yatak 7

L

Lokma boyu " L_L " 25
 Lokma genişliği " L_G " 25
 Lokma kalınlığı " h_L " 26
 Lokma sınırı " L_S " 25

M

Malzeme ve yağlama faktörü 10
 Masuralı oynak yatak 7
 Masuralı yatak 7
 Mil ve göbek ökçeleri 16
 Milin etkin kayma büyüklüğü " e " 24
 montaj ölçüleri 16
 montaj toleransları 14

O

ömür değerleri 11
 Ömür faktörü f_L 17
 orta devir sayısı 13
 Ortalama yatak basıncı " p_Y " 26, 27
 Ortalama yatak çapı " d_{or} " 25
 Ortalama yatak dönme hızı " v_{or} " 26

P

Pompanın kayıp gücü " P_{Pom} " 27

R

Radyal kaygan yataklar 21
 Rulman 5

S

Sabit yatak faktörü "A" 10
 Sertlik faktörü 10
 simgelenme 9
 Sınır devir sayısı 10
 Sommerfeld sayısı " So " 22
 statik eşdeğer yük 5
 statik kıyaslama sayısı 5
 Statik yük değeri 5
 Statik zorlanma 5
 Sürtünme katsayısı " k_2 " 32
 Sürtünme katsayısı " k_2 " 26
 Sürtünme kayıp gücü " $P_{sür}$ " 22, 26, 27
 Sürtünme momenti " $T_{sür}$ " 27
 Sürtünme sayısı " μ " 22
 Sürtünmesayısı " μ " 26, 27

T

Tek bilyalı eğik yatak 7
 Tek yönlü eksenel yatak 7
 Temperatur faktörü 10
 Toleranslar 6
 Toplam yağ hacmi " $V_{Yağ}$ " 23

Y

Yağın çıkış ısısı " ϑ_Y ".....	23	Yatağın işletmedeki ısısı " $\vartheta_{i\text{ş}}$ "	23
Yağın çıkış ısısı " $\vartheta_{0\text{Ç}_1}$ "	21	Yatak hacmi " V_Y "	24
Yağın ısınması " $\Delta\vartheta$ "	26, 27	Yatak kuvvetine göre basınç " p_{cep} "	27
Yağın yatakta ortalama ısısı " $\vartheta_{0\text{or}}$ "	21	Yatak milin anma çapı " d_M "	21
yağlama.....	10	Yatak ömrünün hesaplanması	17
Yatağın boyu " b_Y "	21	Yatakların hakiki ömrü	10
Yatağın dış çapı " d_d "	25	Yatakta çevre hızı " $v_{\text{Ç}}$ "	21
Yatağın iç çapı " d_i "	25	Yataktaki ortalama basınç " p_Y "	21
Yatağın işletmedeki boşluk farkı " $\Delta s_{i\text{ş}}$ "	22	Yükleme katsayısı " k_1 "	26, 32
		yüksek devir sayısı.....	13