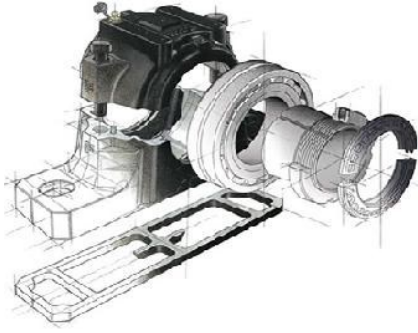
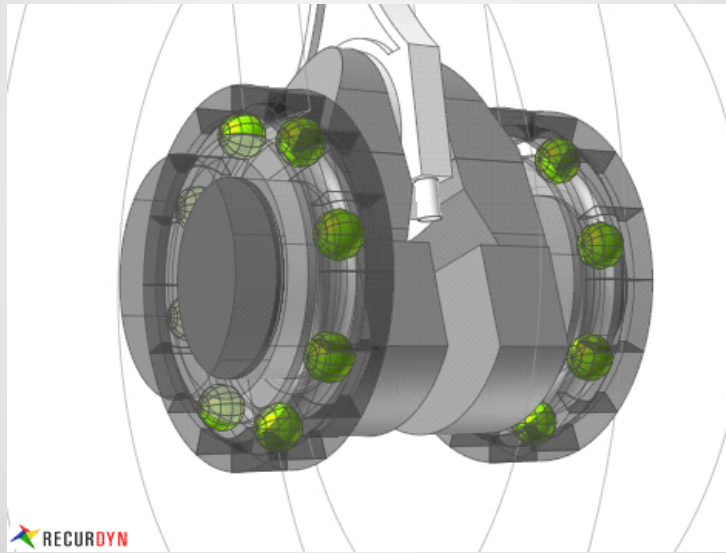


Rulmanlı Yataklar

Prof.Dr. Ali ORAL



Rulman; birbirine göre bağıl dönme hareketi yapan iki makine elemanının arasındaki sürtünmeyi azaltarak destekleyen makine elemanıdır.



RECURDYN

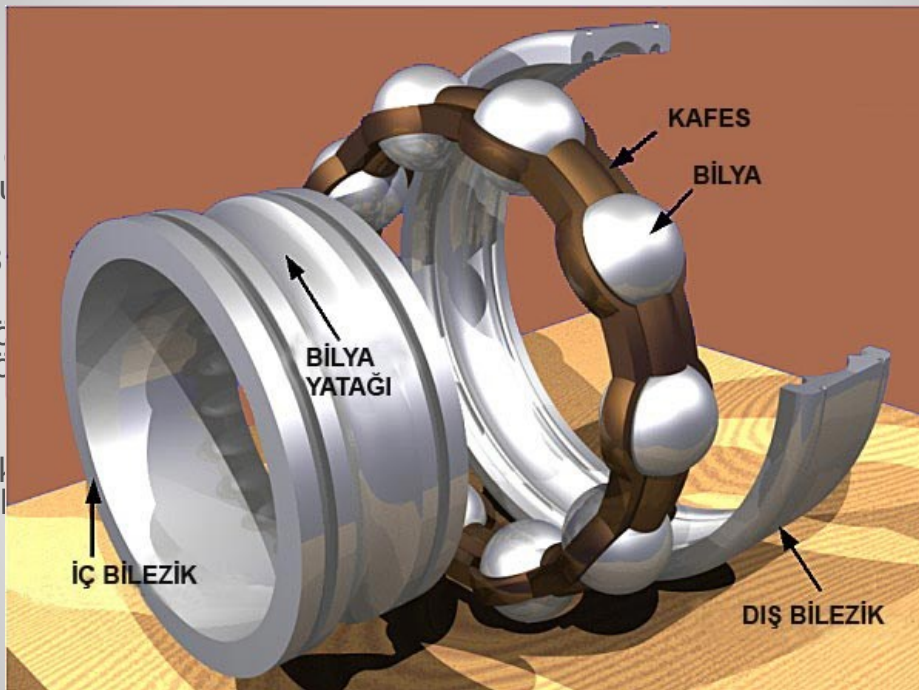


14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

3

- Etrafınızda içerisinde ru
- Dünya'da 3
- Enerji sektörü, sağlık sektörü, rulmanlara
- En basit şekle sahip makine elemanı, bil



makinenin

rulmanlardan, nyatür

ruvarlanma

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

4

- Dev boyutlu rulmanlar



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

5

The largest roller-bearing slewing ring by Liebherr



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

6

Minyatür boyutlu rulmanlar



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

7

Nasıl çalışır?

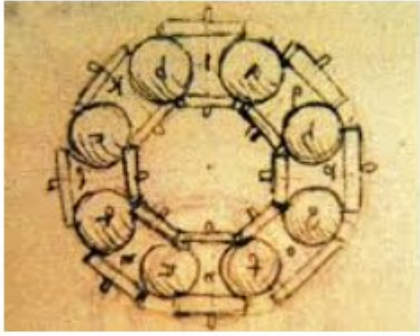


14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

8

Romalı İmparator Caligula'nın (12 - 41) Nemi Gölü'nde inşa ettiği iki adet büyük gemisi vardı. 1930larda yapılan çalışmalarda bu gemilerin kalıntılarına ulaşıldığında deniz arkeologları, **M.S. 40lı yıllara tarihlenen bilinen en eski rulman** mekanizmasına da ulaşmış oldular. Bu buluştan önce tarihçiler, Leonardo da Vinci'nin rulmanı icat ettiğine inanıyorlardı. (Yorum: Bu bilgi doğrulamaya muhtaç görülmektedir).



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

9



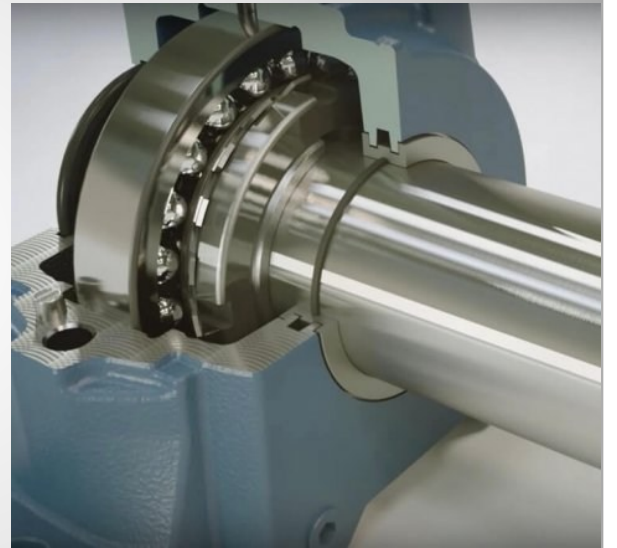
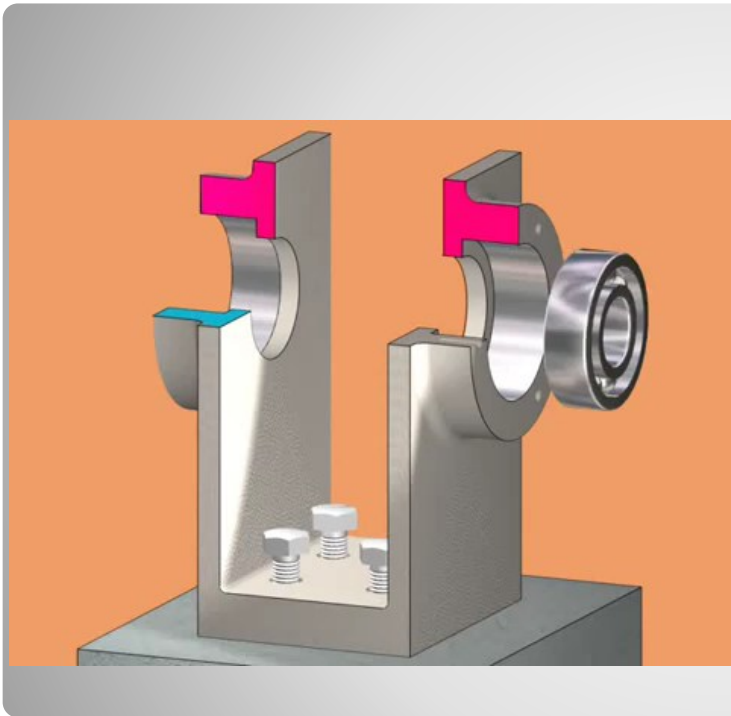
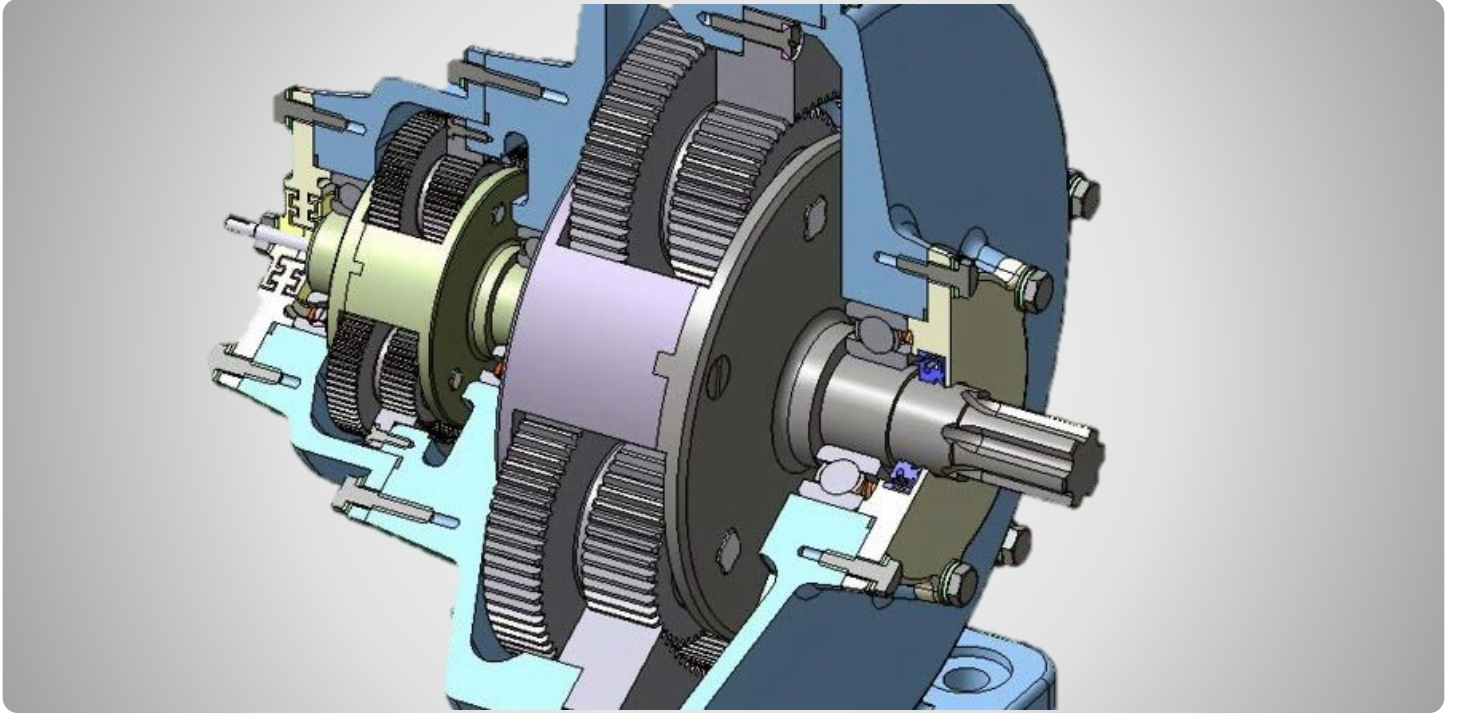
sürtünmeyi azaltmak için rulmanlar nasıl kullanılır?

JKS

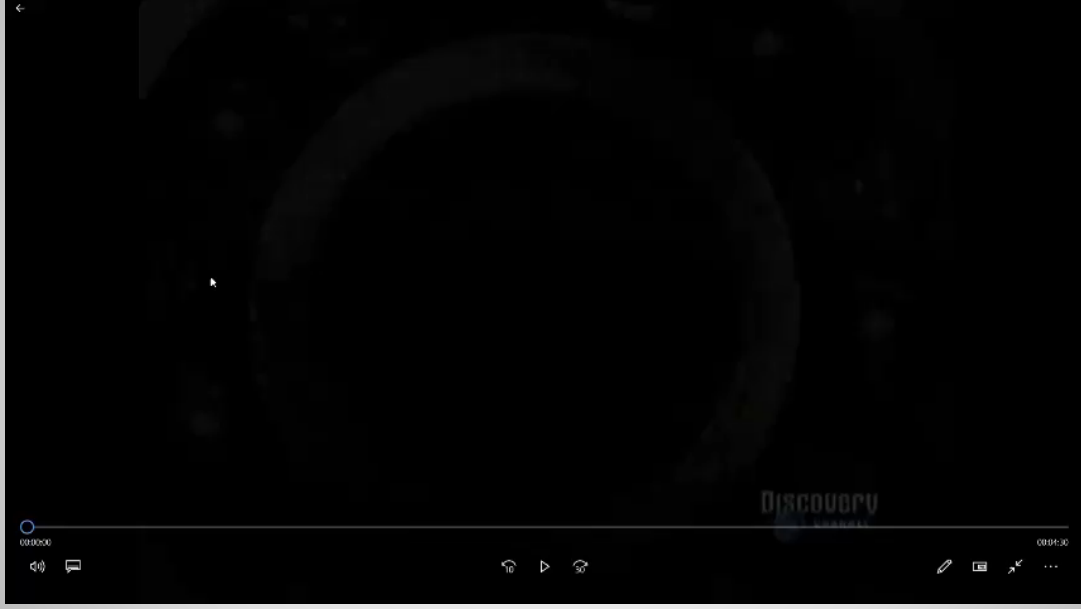
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

10



Rulman İmalatı



14.01.2025 20:41:28

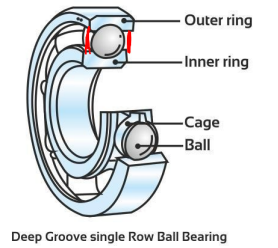
BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

13

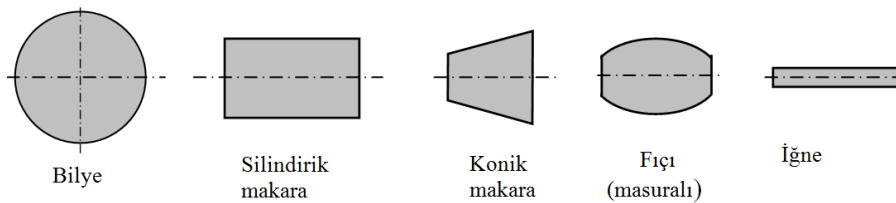
Rulman ya da yuvarlanmalı yatak adıyla tanımlanan bu yataklar standartlaştırılmış makine elemanlarıdır. Rulmanlar çeşitli parçaların birleşmesinden meydana gelmiştir.

Rulmanlı yataklar aşağıdaki özelliklere göre sınıflandırılır.

- Yuvarlanma elemanları tiplerine göre,
- Maruz kaldıkları yüklere göre (Radyal veya eksenel)
- Standart veya özel imalat durumlarına göre.



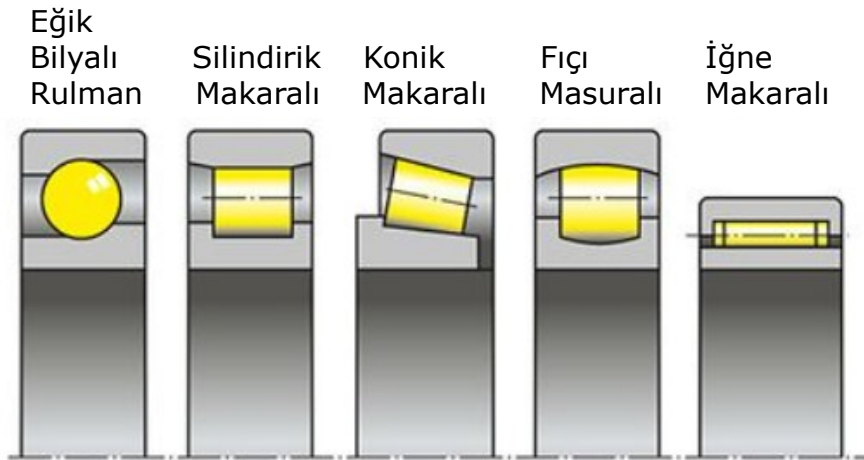
Rulmanlı yatak yapımında kullanılan yuvarlanma elemanlarının çeşitleri:



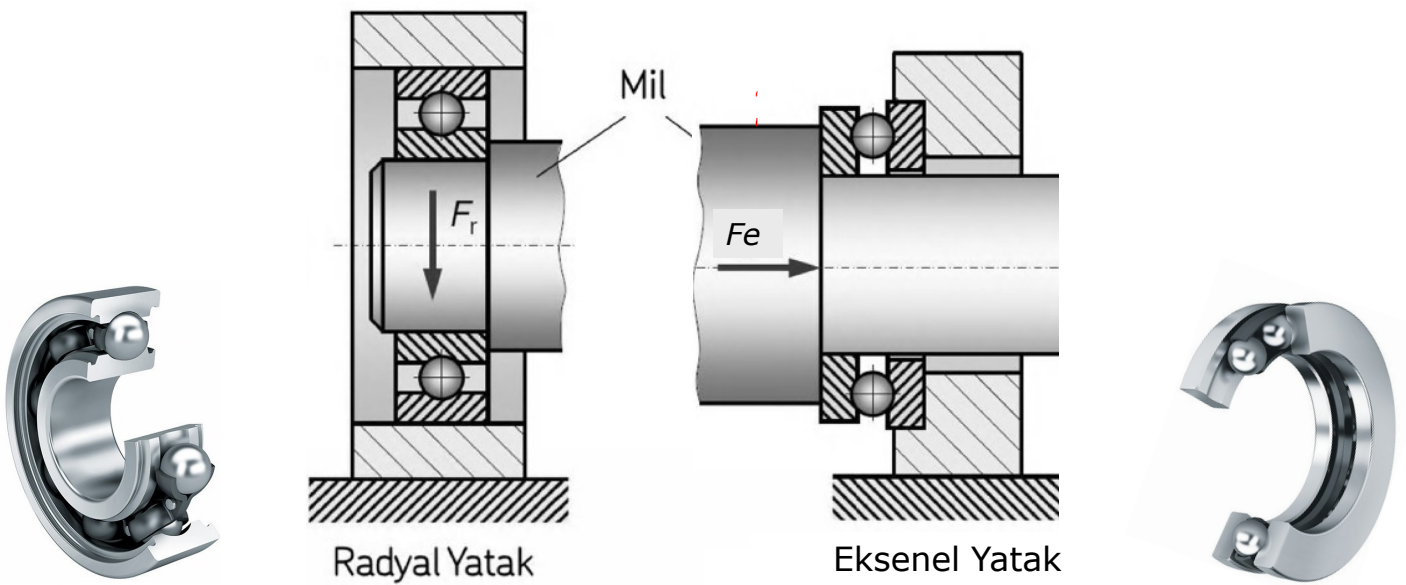
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

14



Maruz kaldıkları yüklere göre (Radyal veya aksenal)



Özel Amaçlı Rulman Tasarımları



14.01.2025 20:41:28

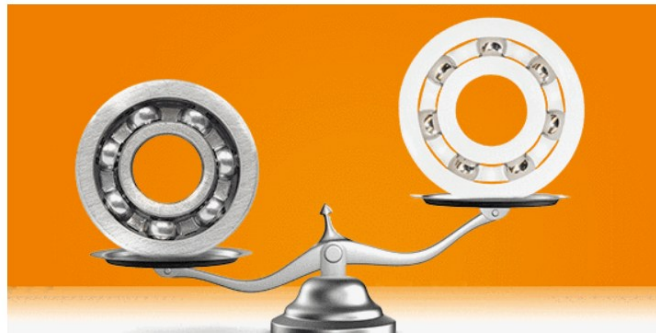
BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

17

Yağlama gerektirmez



Uygun maliyetli



Plastik bilyalı rulmanlar özellikle uygun maliyetlidir

Metal bilyalı rulmanlar sağlam ve ağırdır. ■ bilyalı rulmanlar, **plastik bilyalı rulmanlar hafif, güvenilir ve dayanıklı olduğundan** birçok uygulama için mükemmel bir alternatif sunar .

Plastik bilyalı rulmanlar genellikle otomotiv endüstrisinde ve havacılık mühendisliğinde kullanılır. Hafifliğin önemli olduğu her yerde, hafif plastik bilyalı rulmanlar mükemmeldir.

ölümü-

18



Kullanılan polimerler nedeniyle, tüm bilyalı rulmanlar kalıcı olarak **bakım** gerektirmez ve herhangi bir ek yağlama gerektirmez.

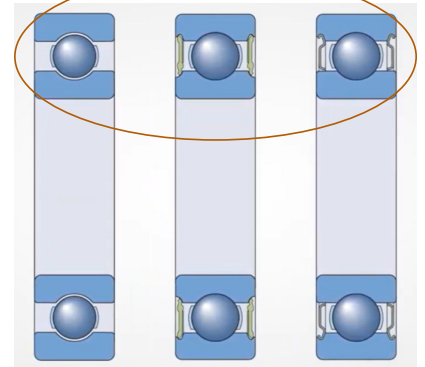
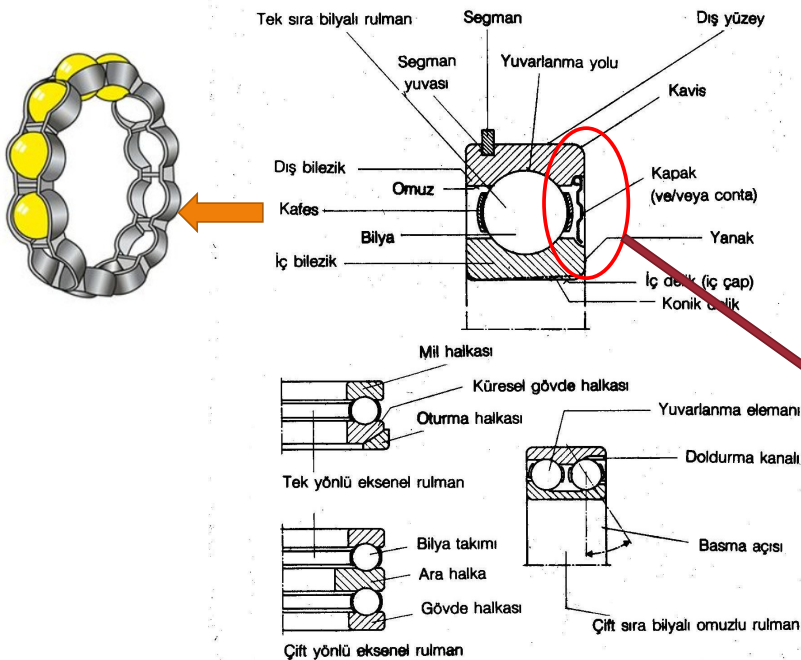
1. **İç bilezik ve dış bilezik:** Bir polimer bilyalı yatağın uygunluğu, iki halkanın malzemeleri tarafından belirlenir. Düşük sürtünmeli bilyalı rulmanlarımız, farklı malzeme özelliklerine sahip yüksek performanslı polimerlerden yapılmıştır, bu da birçok uygulamada kullanılabileceği ve hizmet ömrünün maksimuma çıkarılabileceği anlamına gelir.
2. **Bilyalı rulman kafesi:** polimer bilyalı rulmanların kafesleri, kimyasallara ve sıcaklık dalgalanmalarına / aşırılarına karşı direnç açısından iç ve dış bileziklerin malzemelerine mükemmel şekilde uyacak şekilde tasarlanmıştır.
3. **Bilyalı bilyeler:** çelik bilyelere ek olarak cam veya polimerlerden yapılmış bilyeli polimer bilyalı rulmanlar sunar. Kimyasal direnç ve metal içermeyen bir çözelti gerekiyorsa **cam bilyalar** seçilmelidir. **Polimer bilyeler** bilyeli yatakları özellikle hafif yapar. **Çelik bilyalar** (paslanmaz çelik) oldukça uygun maliyetli ve sıcaklığa dayanıklıdır.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

19

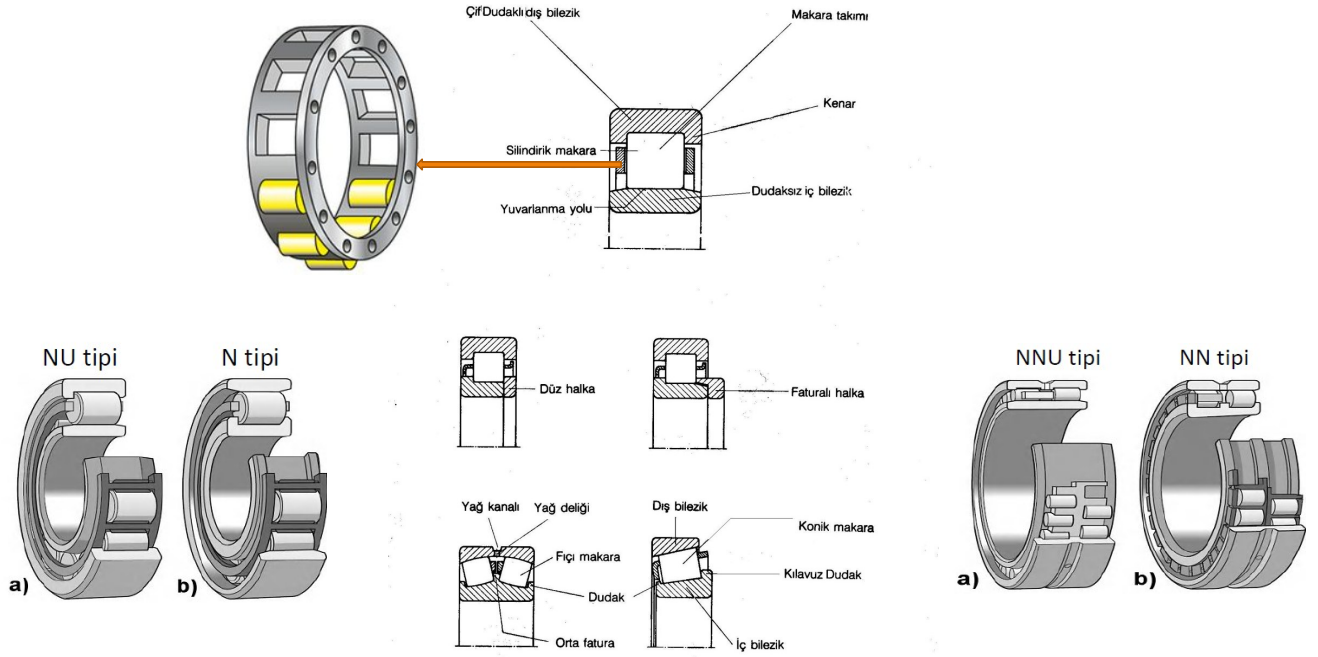
Bilyalı Rulmanlar



BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

20

Makaralı Rulmanlar



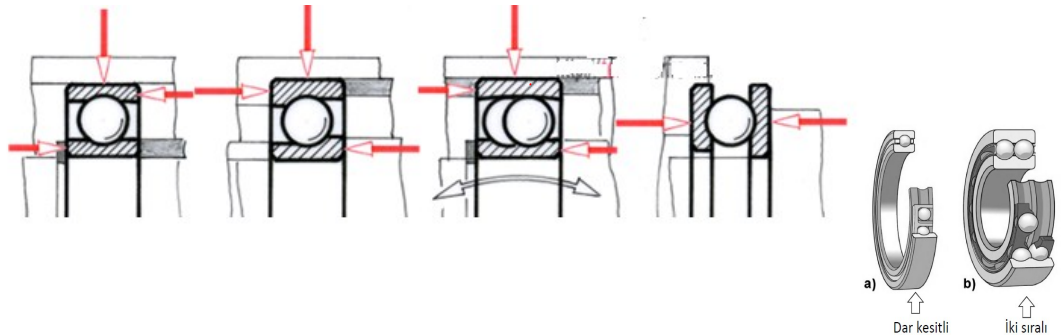
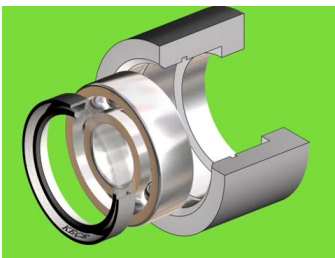
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

21

Bilyalı yataklar

Sabit bilyalı yataklar (tek sıralı ve çift sıralı), oynak bilyalı yataklar, eğik bilyalı yataklar ve omuzlu yatak çeşitleri vardır. Sabit bilyalı olan yatak tipi en çok kullanılan çeşididir. Radyal ve eksenel yükleri taşıyabilir, yüksek devir sayılarında çalıştırılabilir.



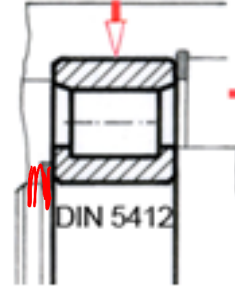
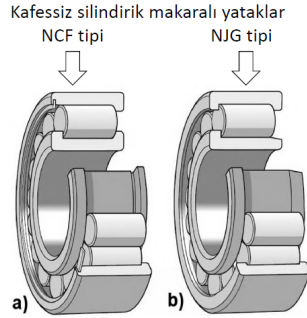
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

22

Silindirik makaralı yataklar

İki ve çift sıralı tipleri vardır. Yuvarlanma elemanı ile bilezik arası temas bilyalı rulmanlarda nokta şeklinde iken silindirik makaralarda çizgi şekline dönüştüğünden çok büyük radyal kuvvetleri taşırlar.



14.01.2025 20:41:28

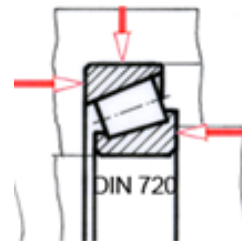
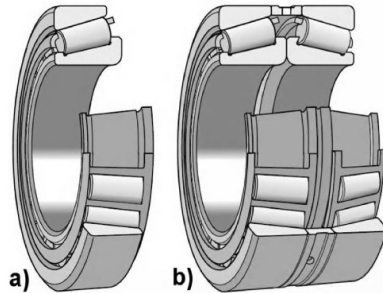
BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

23

Konik makaralı yataklar

Radyal kuvvetler yanında, tek yönde büyük eksenel kuvvet taşıyabilen yataklardır. Yüzyüze düzenlemelerde ise iki yönlü eksenel kuvvet taşırlar

Tek sıra, yüz yüze tertip



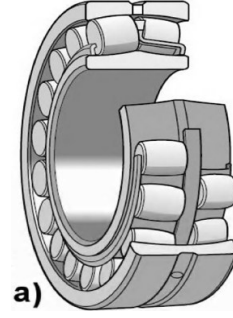
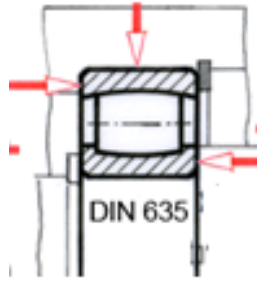
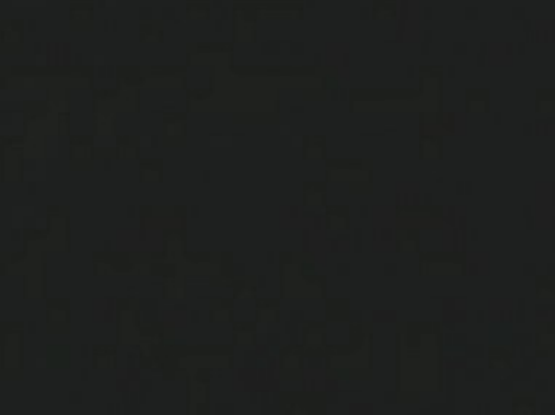
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

24

Masuralı rulmanlar (fıçılı yataklar)

Eksenlerin açısal sapmalarına izin verecek şekilde bilezikler birbirlerine göre eksene dik yönde hareket edebilirler.

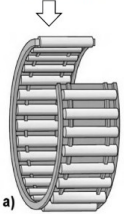


İğneli yataklar

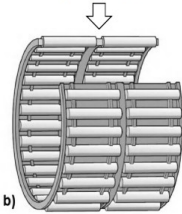
Radyal yönde yeterli yer olmadığı, silindirik makaralı rulmanların kullanılamayacağı yerlerde kullanılır

- İç ve dış bileziksiz iğneli yataklar

Tek sıralı

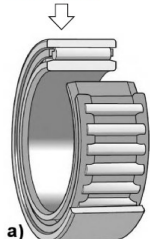


Çift sıralı

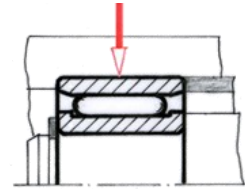
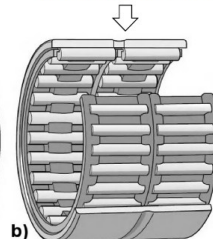


Flanşsız tip iğneli yataklar

Tek sıralı,

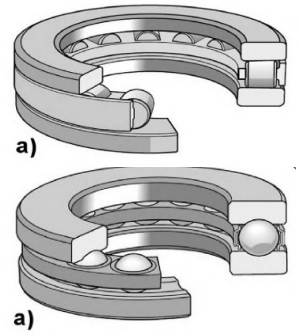
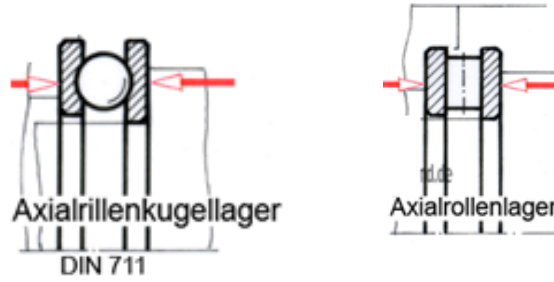
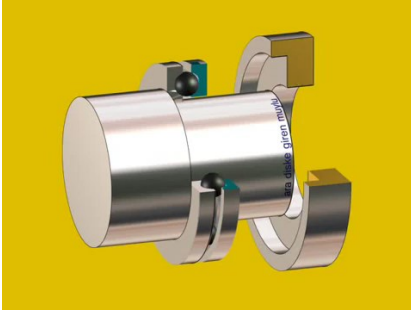


Çift sıralı, iç bileziksiz

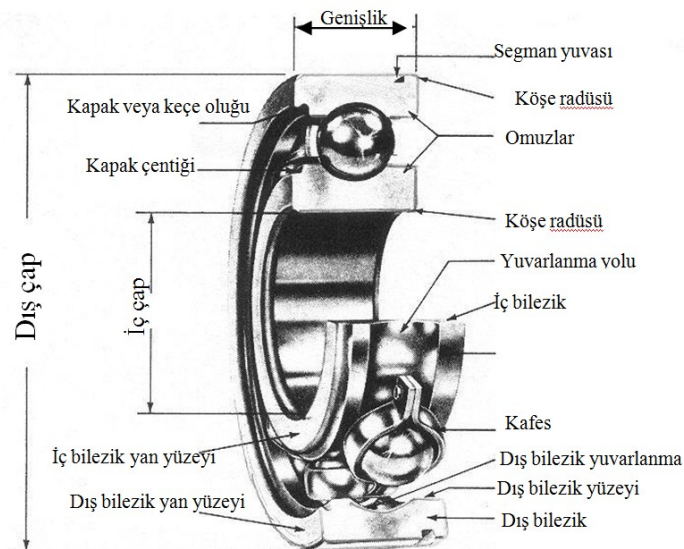


Eksenel yatak

Dikey çalışan bir milin yataklanmasında veya radyal yatağın taşıyabileceği eksenel kuvvet sınırı aşıyorsa, radyal bir yatağın yanında bu yatak çeşidi de kullanılır.

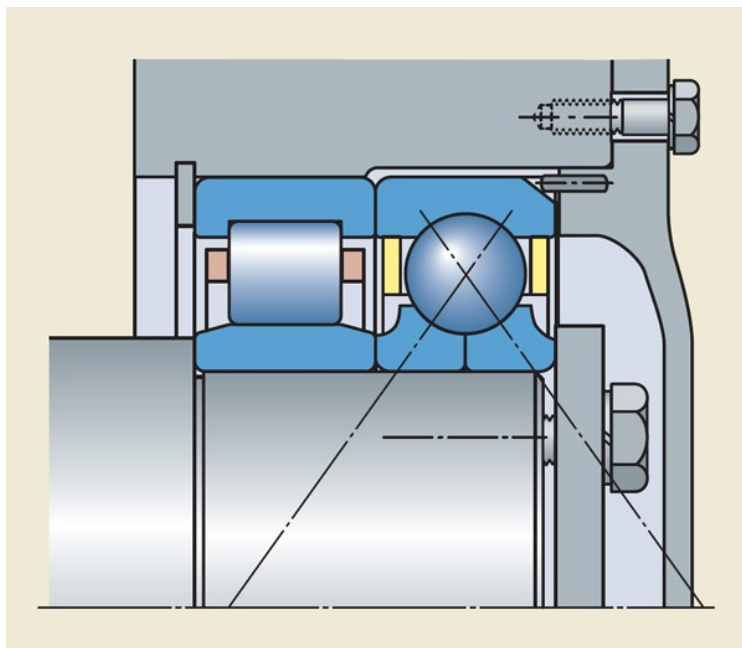
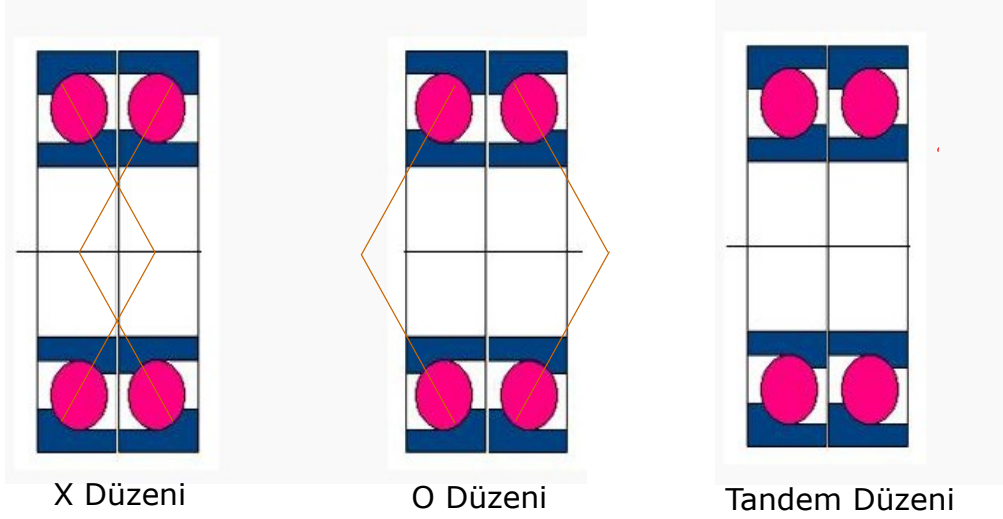


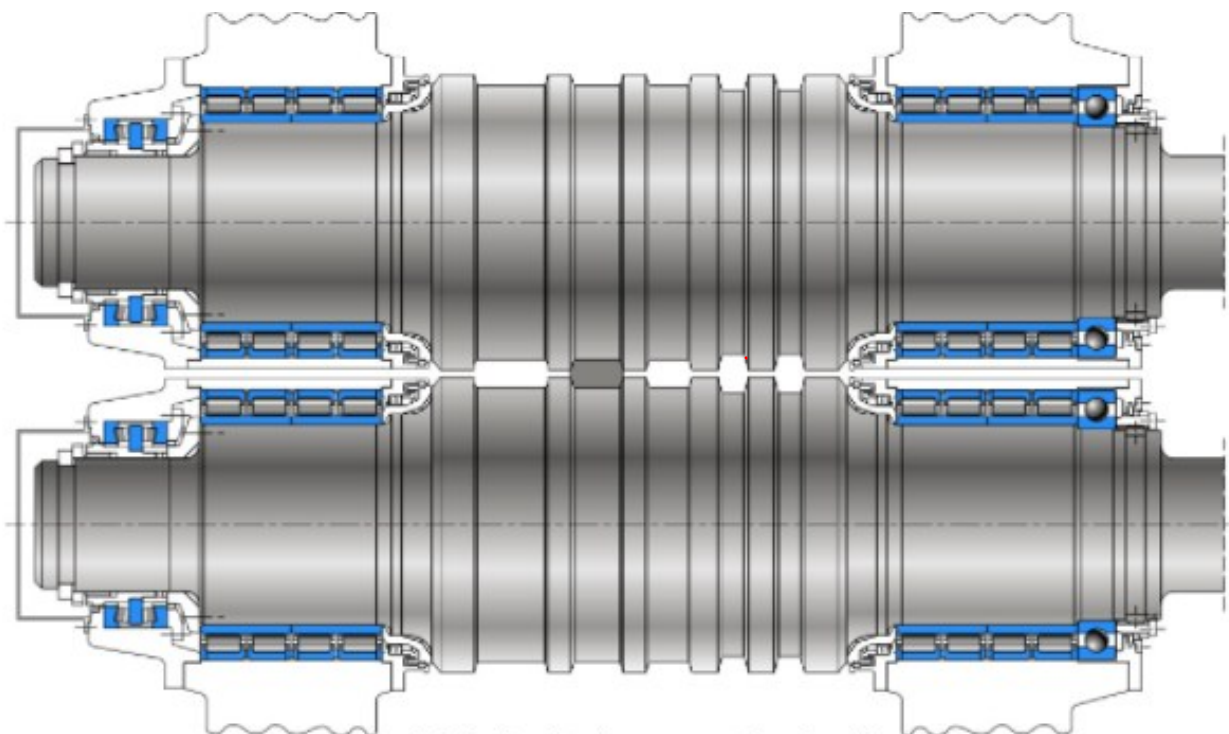
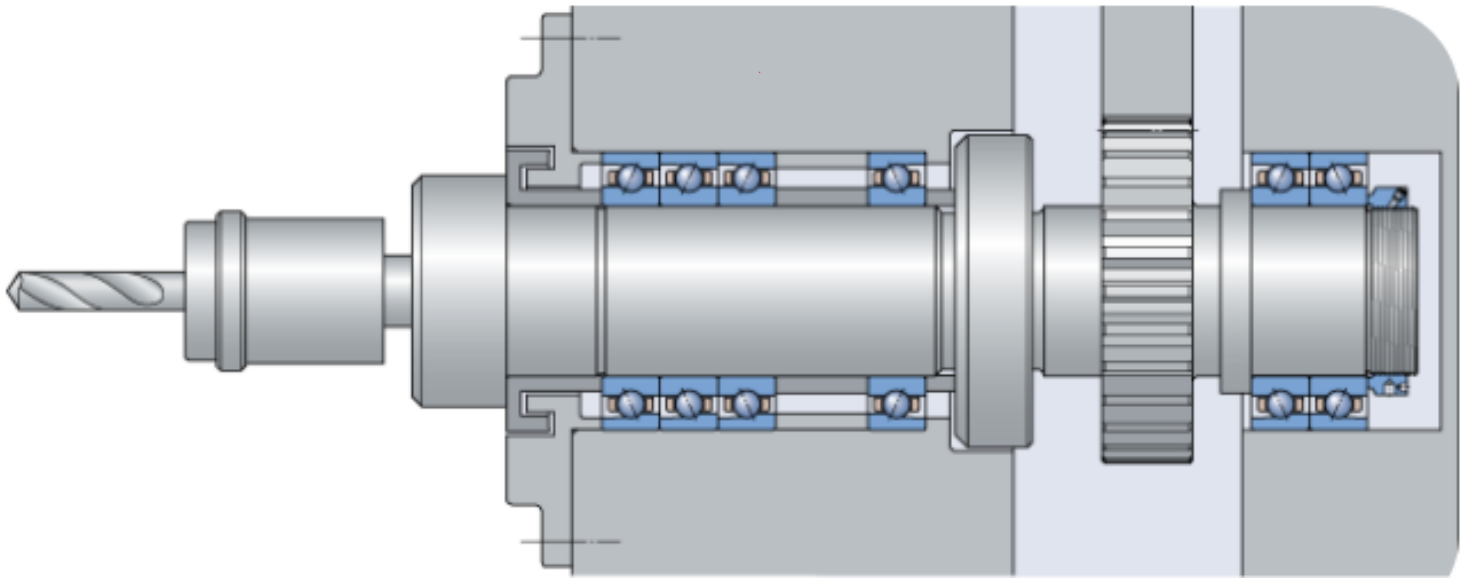
Rulmanlı Yatakların Yapısı ve Çeşitleri





çeşitli düzenlemelerde aynı tür veya farklı rulmanlı yataklar birlikte kullanılabilirler

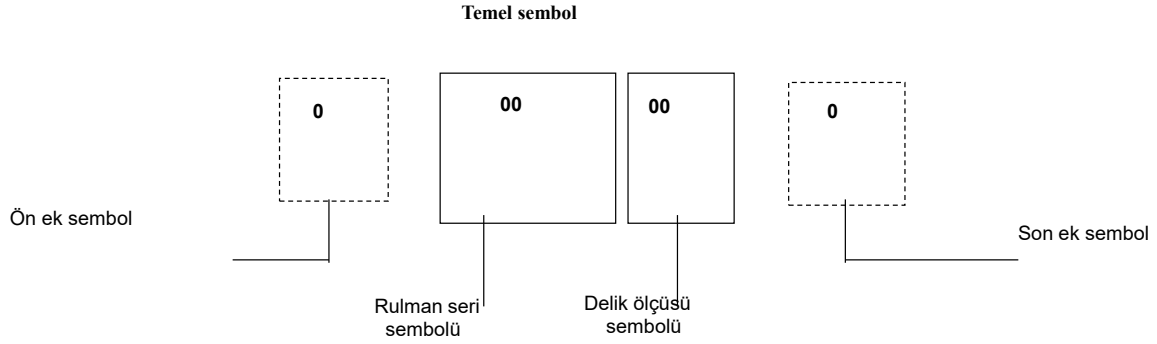




Typical roll and bearing arrangement for a bar mill.

RULMAN SEMBOLLERİ

Semboller rulmanı kesin olarak tarif eder ve belli bir özelliği hakkında bilgi verir. Semboller, değişik grupları birbirinden **ayırdedecek** şekilde düzenlenmiştir.



Ön ek semboller

Genellikle rulmanın bir parçasını ifade eder.

K; Kafesi ve yuvarlanma elemanı birlikte olan rulman.

Örneğin; **K 52306**, kafesi ve yuvarlanma elemanı müşterek olan eksenel bilyalı rulman



L; İç ve dış bileziği ayrılabilen rulman.

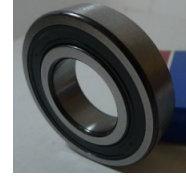
Örneğin; **L 30207**, konik makaralı rulmanın iç bileziği.



Son ek semboller

Rulmanın iç ve dış formu, keçesi, kapağı, boşluğu, ısıya dayanımı gibi hususları açıklayıcı bilgi verir.

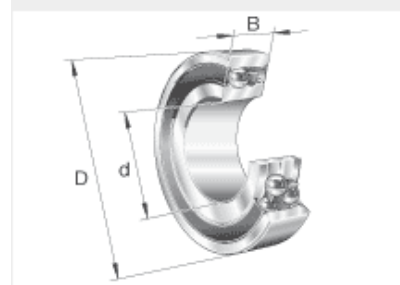
RS Tek tarafı contalı rulman (2RS iki tarafı contalı)



Z Tek tarafı kapaklı rulman. (ZZ iki tarafı kapaklı)



K Konik delikli rulman (koniklik 1:12)



14.01.2025 20:41:28 Makine Elemanları II Mühendisliği Bölümü-

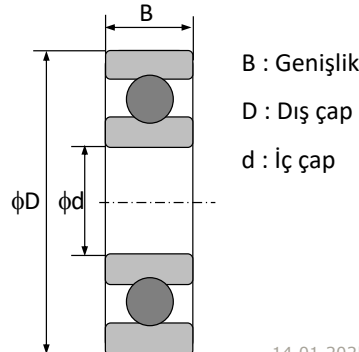
37

Temel semboller

Rulman tipini karakterize eder.

- ❑ Temel sembolün birinci kısmı olan seri sembolü, yatak cinsini, genişlik ve dış çap boyutların belirtir.
- ❑ İkinci kısmı ise rulman delik (göbek) çapını ifade eder.

Rulmanların boyutları bir ölçü çerçevesi içinde standartlaştırılmıştır



14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü- Makine Elemanları II

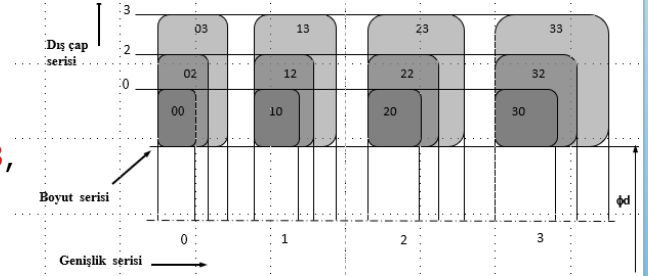
38

ISO standartlarında, radyal rulmanlı yataklarda **bir iç çap** için **7,8,9,0,1,2,3 ve 4** şeklinde (konik makaralı rulmanlar hariç)

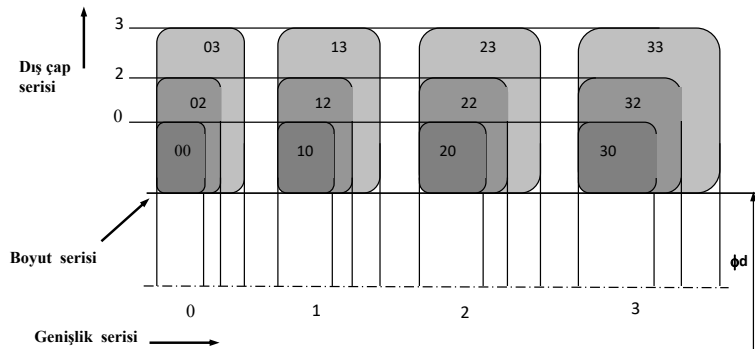
dış çap boyutu dizisi ve her çap dizisine karşılık **8,0,1,2,3,4,5,6,ve 7** şeklinde genişlik boyutu dizisi düzenlenmiştir.

Dış çap serisi ile genişlik serilerinin birleştirilmesi ile iki rakamdan oluşan boyut serisi oluşur.

Örneğin, 32 gösterim şeklinde;
Birinci rakam o yatağın genişlik dizisinin **3**,
İkinci rakam dış çap dizisinin **2**
olduğunu gösterir (şekil....) .



Eğer dış çap ve genişlik standartlaştırılmış kombinasyonlarda ise genişlik dizini yazılmaz



Rulman delik ölçüsünde:

10 mm den küçük delikler için:

Delik ölçüsünün rakam olarak değerini temel sembolün sonuna yazarak örneğin; **3mm delik ölçüsü için rulman cinsi, genişlik ve dış çap serisini gösteren rakamlardan sonra 3 rakamı yazılarak.**

10 mm ile 17 mm arasındaki delik çapları için:-

- 10 mm için 00
- 12 mm için 01
- 15 mm için 02
- 17 mm için 03

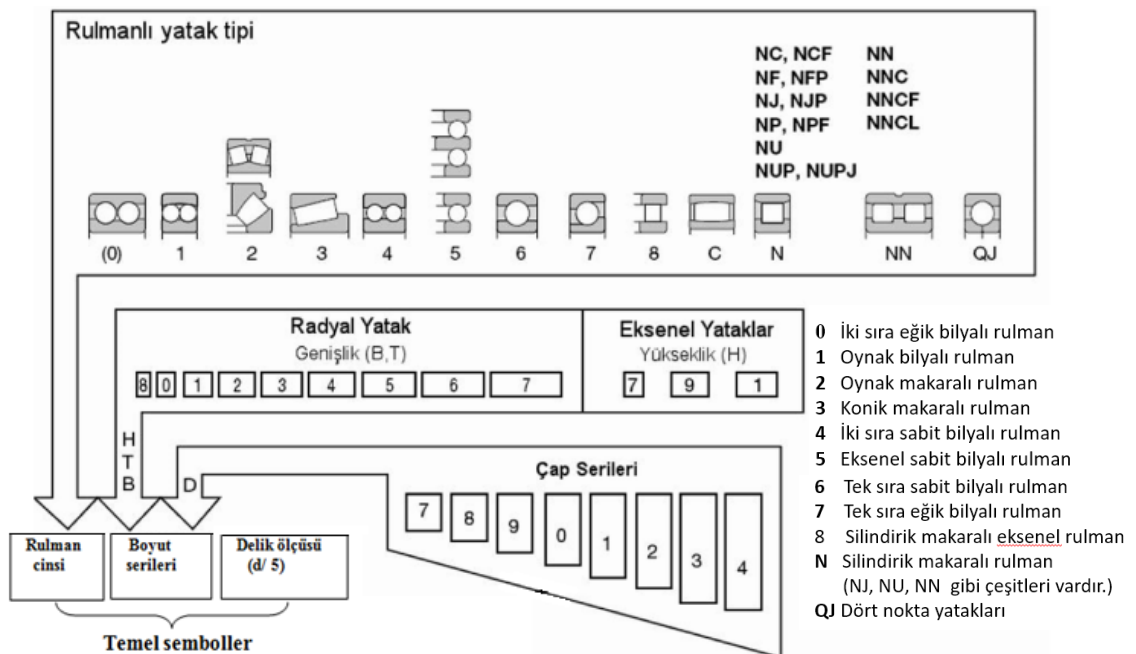
20 mm ve daha büyük delik çapları için seri sembolünün sonuna çap ölçüsünün 1/5 yazılarak belirtilir.

Örnek gösterimler:



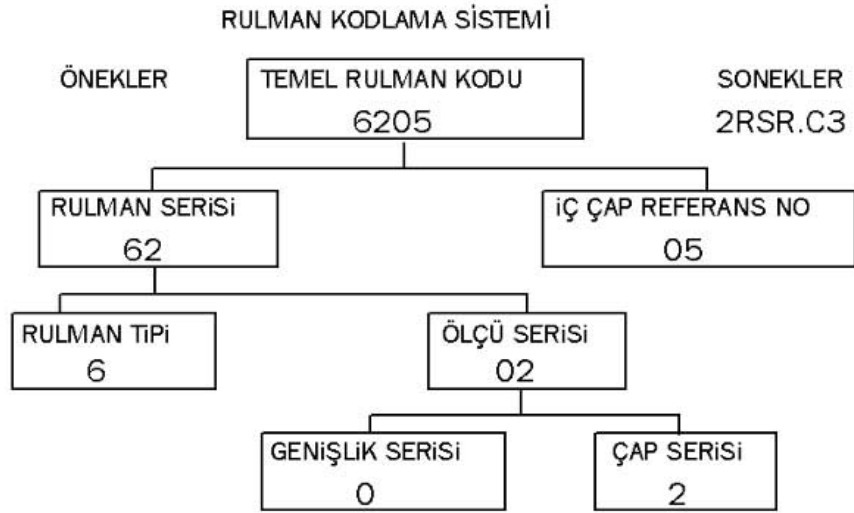
41

Rulmanlı yatak çeşitleri ve karakteristik büyüklükleri



Bölümü-

42



Eğer dış çap ve genişlik standartlaştırılmış kombinasyonlarda ise **genişlik dizini yazılmaz**

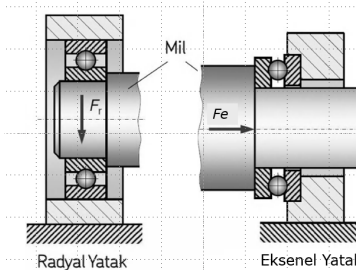
YATAKLAMA TASARIMI

Rulmanlı yatakları kullanıldığı bir yataklama tasarımı üç adımda gerçekleştirilir

- Yataklama için işletme koşullarına en uygun yatak tipinin seçimi,
- Yatak büyüklüğünün belirlenmesi (yatağın yük taşıma kabiliyeti ve ömrü)
- Uygun montaj

Yatak seçimi

Bu aşamada yükün konumu (radyal, aksel veya aynı anda radyal ve aksel kuvvet etkisi) ve büyüklüğü, hız, yağlama, gürültü, yataklama hacmi ve milin konumu göz önüne alınarak en uygun yatak tipi seçilir.



Yatak cinsi	Uygulama	Yatak şekli
Sabit bilyeli yatak	Radyal yüklerden başka eksenel yüklerde taşıyabilir. Yüksek hızlarda çalışabilir	
İki sıra eğik bilyeli yatak	Millerdeki küçük eksenel sapmalarından (olumsuz) etkilenmezler	
Tek sıra eğik bilyeli yatak	* Büyük eksenel yükler için uygundur	
Çift sıralı açılabilir bilyeli yatak	Radyal yükler yanında her iki yönde büyük eksenel yüklerde taşıyabilirler.	
Oynak makaralı yatak	Yüksek taşıma kapasitesi yüksek radyal yükler yanında her iki yönde eksenel yük taşır	
Silindirik makaralı rulman	Yüksek hızlarda büyük radyal yükler taşıyabilir, hafif eksenel kaçıklıkları karşılayabilir.	
Konik makaralı yatak	Büyük radyal ve eksenel yük taşıyabilir	
Tek sıralı eksenel yatak	Tek yönde sadece eksenel yük taşır	
Çift sıralı eksenel yatak	Her iki yönde eksenel yük taşır	
Oynak makaralı konik yatak	Büyük eksenel yükler, yüksek hızlarda kendi kendini hizalar	

İnşaat Mühendisliği Bölümü-
Anıları II

45

Rulmanlı Yatak Seçim Tablosu

Fonksiyonel karakteristik	Rulmanlı yatak konstrüksiyonları												Eksenel rulmanlı yataklar				
	Radyal rulmanlı yataklar												Eksenel rulmanlı yataklar				
Radyal yük taşıma																	
Eksenel yük taşıma																	
Açılabilir kaçıklık																	
Yüksek hız																	
Düşük sürtünme																	
Yüksek radyal rijitlik																	
Yüksek eksenel rijitlik																	
Parçalara ayrılabilirlik																	
Eksenel harekete izin verme																	
Hassasiyet																	
Eksenel olarak boyut																	
Radyal olarak boyut																	

İnşaat Mühendisliği Bölümü-

46

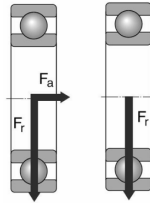
YATAK BÜYÜKLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ (YÜK TAŞIMA KABİLİYETİ VE ÖMÜR)

Rulman ömür hesapları, rulmanlara etki eden eşdeğer yüklerin hesapları için üretici firma kataloglarından yararlanılması uygundur.

Belirli bir yataklama hali için gerekli yatak büyüklüğü;

1. Yatağa etkiyen yük
2. İstenilen ömür
3. İşletme emniyeti

İsteklerine göre, yatağın yük taşıma kabiliyetine bağlı olarak tayin edilir. Yük kabiliyeti ölçüsü olarak, yatak hesaplarında karakteristik iki yük sayısı kullanılır.



$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^\epsilon$$

14.01.2025 20:41:28

BAÜ, MMF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

47

DİNAMİK YÜK SAYISI “ C ”

Denenen yatakların en az % 90 ı tarafından herhangi bir hasara uğramadan 10⁶ defa taşıyabilecekleri yüke denir. Diğer bir ifade ile; dinamik yük sayısı rulmanlı yatakta bir milyon devirlik bir nominal ömrü veren yatak yüküdür.

Dinamik yük sayıları ; şiddeti ve doğrultusu değişmeyen, radyal yataklarda sadece radyal eksenel yataklarda sadece eksenel ve merkezden etkiyen kuvvetleri göz önüne almaktadır.

STATİK YÜK SAYISI “ C₀ ”

Yatağın en fazla zorlanan temas yerinde yuvarlanma elemanları ve hareket yüzeylerindeki kalıcı şekil değiştirmeyi yuvarlanma elemanı çapının 0,0001 i yapan yük değeri olarak tarif edilir.

Statik yük sayısı “C₀ ” çok küçük devir sayıları ile dönen, yavaş salınım hareketi yapan veya durma halinde yüklenen rulmanlı yataklarda kullanılır.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ, MMF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

48

ÖMÜR

Bir rulmanlı yatağın ömrü, yatağın bileziklerinden birinde veya yuvarlanma elemanlarında ilk malzeme yorulması işaretleri ortaya çıkmadan yatağın yaptığı devir sayısıdır.



ÖMÜR DENKLEMİ

Nominal yatak ömrü, dinamik yük sayısı ve yatak yükü arasındaki bağıntı ömür denklemi ile verilir.

$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^{\varepsilon}$$

L = Milyon devir cinsinden nominal ömür

C = Dinamik yük sayısı (N)

F = Eşdeğer dinamik yatak yükü (N)

ε = Ömür denklemi üssü

Bilyalı yataklar için $\varepsilon = 3$

Makaralı yataklar için $\varepsilon = 10/3$

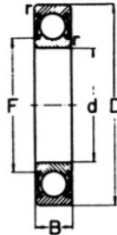
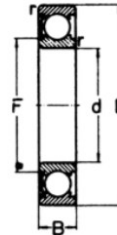
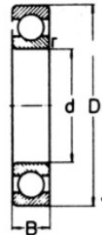
14.01.2025 20:41:28 BAÜ, MMF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

49



Sabit Bilyalı Yataklar

Seri 62
62 Z
62-2Z
62 RS
62-2RS
62 N
62 ZN
62-2ZN



Z

2Z

<https://ors.com.tr/content/sayfa/files/katalog.pdf>



Semboller	Boyutlar					Yük taşıma kapasitesi				Devir sayısı sınırları Gres Yağ n _g 1/dak
	d	D	B	r	F	C _{mod} kN	C _{0 mod} kN	C _{ISO} kN	C _{0 ISO} kN	
62 00	10	30	9	1	15,5	5,75	2,60	4,42	2,80	24000 30000
62 01	12	32	10	1	16,6	7,80	3,53	6,00	3,53	22000 28000
62 02	15	35	11	1	20,0	8,71	4,13	6,70	4,13	19000 24000
62 03	17	40	12	1	22,4	10,8	5,22	8,28	5,22	17000 21000
62 04	20	47	14	1,5	27,0	14,4	7,22	11,1	7,22	14000 17000
62 05	25	52	15	1,5	32,3	15,7	8,30	12,1	8,30	12000 14500
62 06	30	62	16	1,5	38,4	21,8	11,9	16,8	11,9	10000 12500
62 07	35	72	17	2	45,0	28,8	16,2	22,2	16,2	8800 11000
62 08	40	80	18	2	50,0	32,6	18,7	25,1	18,7	7800 9500
62 09	45	85	19	2	55,0	36,6	21,4	28,2	21,4	7300 8800

Mühendisliği Bölümü-

50

Rulman 6320, 150.000 N radyal yük taşıyacaktır. Bu yükü ne kadar taşır?

$$6320 \rightarrow d = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$



Sabit Bilyalı Yatak

Katalogdan delik sayısı 20 için yatak dizini 63 satırına bakılınca dinamik yük sayısı $C=150$ kN bulunur.

$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^3 = \left(\frac{150}{150} \right)^3 = 1 \times 10^6 \text{ devir}$$

Yukarıdaki yatağın ömrü $20 \cdot 10^6$ devir olabilmesi için en çok ne kadar radyal kuvvetle yüklenmelidir?

$$L = \left(\frac{C}{F} \right)^3 \Rightarrow F = \sqrt[3]{\frac{150^3}{20}} = 55,26 \text{ kN}$$

Semboller	Boyutlar					Yük taşıma kapasitesi				Devir sayısı sınırları Gres yağı Sıvı yağ n_p 1/dak	ring No.	De-sign	Mounting dimensions (mm)			(Refer.) Mass (kg)
	d	D	B	r	F	C_{mod} kN	C_{0mod} kN	C_{ISO} kN	C_{0ISO} kN				d_a min.	D_a max.	r_a max.	
63 18	90	190	43	4	121	161	116	123	116	3000	3600	1	105	120	1	0.309
63 19	95	200	45	4	127,7	172	128	132	128	2800	3400	2	106.5	133.5	1	0.960
63 20	100	215	47	4	135,3	195	153	150	153	2600	3200	1	105	145	1	0.910
												1	108	142	1.5	1.25
												1	111	169	2	3.14
												1	113	202	2.5	7.00

Farklı Üreticilerde Yatak Boyutları

Semboller	Boyutlar					Yük taşıma kapasitesi				Devir sayısı sınırları Gres yağı Sıvı yağ n_p 1/dak
	d	D	B	r	F	C_{mod} kN	C_{0mod} kN	C_{ISO} kN	C_{0ISO} kN	
63 18	90	190	43	4	121	161	116	123	116	3000
63 19	95	200	45	4	127,7	172	128	132	128	2800
63 20	100	215	47	4	135,3	195	153	150	153	2600

Boundary dimensions (mm)				Basic load ratings (kN)		Fatigue load limit (kN)	Factor	Bearing No.	De-sign	Mounting dimensions (mm)			(Refer.) Mass (kg)
d	D	B	r min.	C_r	C_{0r}	C_u	f_0			d_a min.	D_a max.	r_a max.	
100	125	13	1	24.5	21.2	1.05	16.0	6820	1	105	120	1	0.309
	140	20	1.1	56.2	41.9	2.05	16.2	6920	2	106.5	133.5	1	0.960
	150	16	1	53.0	42.1	1.95	16.5	16020	1	105	145	1	0.910
	150	24	1.5	75.2	54.2	2.70	15.9	6020	1	108	142	1.5	1.25
180	34	2.1	153	93.1	5.15	14.4	14.4	6220	1	111	169	2	3.14
	215	47	3	216	141	10.9	13.2	6320	1	113	202	2.5	7.00

L_{nm}/L_{nmh} Modified bearing life [10^6 rotations] / [10^6 rotations/h]

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{iso} \cdot L_{10} \quad L_{nmh} = a_1 \cdot a_{iso} \cdot L_{10h}$$

a_1 Service life coefficient for reliability [-]

a_{iso} Service life coefficient to take into account modern manufacturing methods, current steel grades, lubrication, contamination, etc.

Reliability Factor a_1						
Reliability (%)	90	95	96	97	98	99
a_1	1.00	0.64	0.55	0.47	0.37	0.25

Devir sayısının değişmediği hallerde, nominal ömür işletme saati cinsinden aşağıdaki bağıntı ile ifade etmek daha basittir.

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}$$

veya

$$L_h = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{F} \right)^\varepsilon$$

<https://www.skfbearingselect.com/#/bearing-selection-start>

L_h = İşletme saati cinsinden nominal ömür.
 n = Devir sayısı (d/dk.)

YATAK KONSTRÜKSİYONLARINDA GEREKLİ NOMİNAL ÖMÜR

Yatak büyüklüğünün tayini için kullanma maksadına uygun nominal yatak ömrünün bilinmesi gerekir. Bu ömür, makinenin tipine, işletme süresine ve işletme emniyetinin derecesine bağlıdır.

Bazı makine tipleri için yaklaşık yatak ömür süreleri:

Çalışma Türü	Ortalama Ö. [h]	Çalışma Türü	Ortalama Ö. [h]
Elektrikli ev gereçleri	1000 ... 2000	Gemi uskur yatakları	15000 ... 25000
Küçük vantilatörler	2000 ... 4000	Gemi milleri	80000
4 kW'a kadar E-Motorları	8000 ... 10000	Gemi dişli kutuları	20000 ... 30000
Orta boy E-Motorları	10000 ... 15000	Zirai makineler	3000 ... 6000
Sabit, büyük E-Motorları	20000 ... 30000	Küçük yük kaldırıcılar	5000 ... 10000
Diğer sistemleri besleyen E-Motorları	> 50000	Genel dişli kutuları	8000 ... 15000
Küçük motosiklet	600 ... 1200	Takım tezgahı dişli kutuları	20000
Küçük otomobiller	1000 ... 2000	Küçük soğuk haddehaneler	5000 ... 6000
Büyük oto., küçük kamyon	1500 ... 2500	Büyük haddehaneler	8000 ... 10000
Küçük kamyon, otobüs	2000 ... 5000	Çok testereli marangoz	10000 ... 15000
Römork aksları	5000	Bıçkılar	
Tramvay aksları	20000 ... 25000	Maden ocağı makineleri	4000 ... 10000
Yolcu treni aksları	25000	Maden ocağı vantilatörleri	40000 ... 50000
Yük treni aksları	35000	Taşıyıcı çelik halat makaraları	40000 ... 60000
Lokomotif aksları	20000 ... 40000	Kağıt makineleri	50000 ... >80000
Deniz motorları	3000 ... 5000	Darbeleri değirmenler	20000 ... 30000
		Briket presi	20000 ... 30000

Karayolları taşıtlarında ve raylı taşıtlarda özellikle tekerlek yataklamaları için ömür çok defa kilometre cinsinden aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$L_k = \frac{\pi \cdot D}{1000} L \quad (10^6 \text{ km})$$

L_k = Milyon kilometre olarak nominal ömür (10^6 km)

D = Teker çapı (m)

Yaklaşık ömür değerleri

Otomobiller.....0,1. 10^6 km

Kamyonlar, otobüsler(0,2...0,3) 10^6 km

Raylı taşıtlar.....(0,8...5) 10^6 km

İŞLETME SICAKLIĞININ YATAK ÖMRÜNE ETKİSİ

İşletme sıcaklıkları 120°C ' nin üstüne çıkarsa (çoğu rulman tiplerinde 150°C ' ye kadar) rulmanların yük taşıma kabiliyetinde azalma görülür. Bu azalma f_0 sıcaklık faktörü ile tolere edilir. Bu etki dikkate alınarak yatak ömrü aşağıda yazılı eşitlikle hesaplanır.

$$L = \left(\frac{C \cdot f_0}{F} \right)^\varepsilon$$

Yatak sıcaklığı [$^\circ \text{C}$]	150	200	250	300
Sıcaklık faktörü f_0	1	0,9	0,75	0,6

Chatgpt sohbetleri 😊

A

10 kw büyüklüğünde bir elektrik motoru mili için rulman hesabı yapılacak. Rulman ömrü kaç saat olmalı?



Bu sorunun cevabı, rulman ömrünün hangi faktörlere bağlı olduğuna bağlıdır. Rulman ömrü, yük, hız, yağlama ve çalışma koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Bununla birlikte, endüstri standardı olarak, rulman ömrü, belirli bir hizmet ömrünün (L10) %90'ını tamamladığında tanımlanır. L10 ömür, bir grup benzer rulmanların %10'unun belirli bir hizmet ömrünü aşması anlamına gelir. Bu nedenle, L10 ömrü, rulmanın tipine ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişebilir.

Bir elektrik motoru mili için rulman ömrü hesaplamak için, rulman tipi, yük, hız ve yağlama koşulları gibi faktörlere bakılması gerekir. Bu faktörlerin belirlenmesi için bir mühendis veya uzmanın yardımına ihtiyaç vardır.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

59

A

5 kw büyüklüğünde 10000 N yük taşıyan sabit bilyalı rulman için dinamik yük sayısı nedir?



Dinamik yük sayısı, bir rulmanın ömrünü belirleyen önemli bir parametredir. Bu sayı,

rulmanın dinamik yük k Örneğin, rulmanın dinamik yük kapasitesi 10.000 N ve taşıdığı yük de 10.000 N olduğuna göre, rulmanın dinamik yük sayısı (L10) şu şekilde hesaplanabilir:

Verilen bilgilere göre, 5

kullanılıyor. Bu rulmanır
değerdir ve rulmanın tiş

Örneğin, bir 6205 sabit
Ancak, tam olarak hang
hesaplamak için varsay

$$L_{10} = (C/P)^3 \times 10^6$$

Burada, C rulmanın dinamik yük kapasitesi (N) ve P taşıdığı yük (N) olarak tanımlanır. Bu formül, ISO standardı 281:2007 "Rolling Bearings - Dynamic Load Ratings and Rating Life" tarafından belirtilen bir formüldür.

Bu bilgilere göre, rulmanın dinamik yük sayısı (L10), yaklaşık olarak 63.000 devirdir. Bu, rulmanın ömrü boyunca yaklaşık olarak 63.000 devir boyunca çalışabileceği anlamına gelir. Ancak, gerçek dinamik yük sayısı, rulmanın çalışma koşullarına ve uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak değişebilir.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

60

A

5 kw büyüklüğünde 10000 N yük taşıyan 6209 sabit bilyalı rulman bu yük için uygun mudur?



Verilen bilgilere göre, 5 kW büyüklüğünde ve 10000 N yük taşıyan bir sabit bilyalı rulman kullanılması planlanmaktadır. Bu rulmanın 6209 olduğu belirtilmiştir.



6209 sabit bilyalı rulmanlar, genel amaçlı rulmanlar olarak kullanılan popüler bir rulman tipidir. Bu rulmanların dinamik yük kapasiteleri ve boyutları, farklı rulman üreticileri arasında değişebilir. Ancak, 6209 rulmanın genellikle yüksek yük kapasiteleri olduğu için 10000 N yük taşıması için uygun olabilir.

Yine de, uygunluğu değerlendirmek için kullanılan rulmanın üreticisi tarafından belirtilen yük kapasiteleri, çalışma hızları ve diğer özellikleri dikkate alınmalıdır. Ayrıca, uygulamanın gereksinimleri ve çalışma koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır.

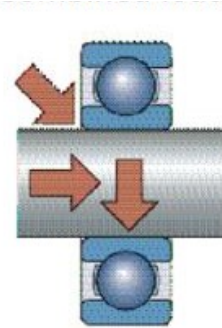
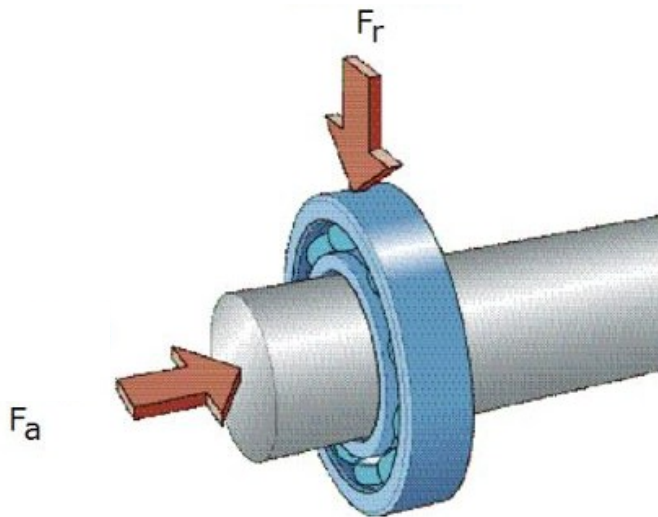
Bu nedenle, 6209 sabit bilyalı rulmanın verilen yük için uygun olup olmadığını belirlemek için, rulmanın üreticisinin veri sayfaları ve özellikleri kontrol edilmeli veya bir rulman mühendisi ile danışılmalıdır.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

61

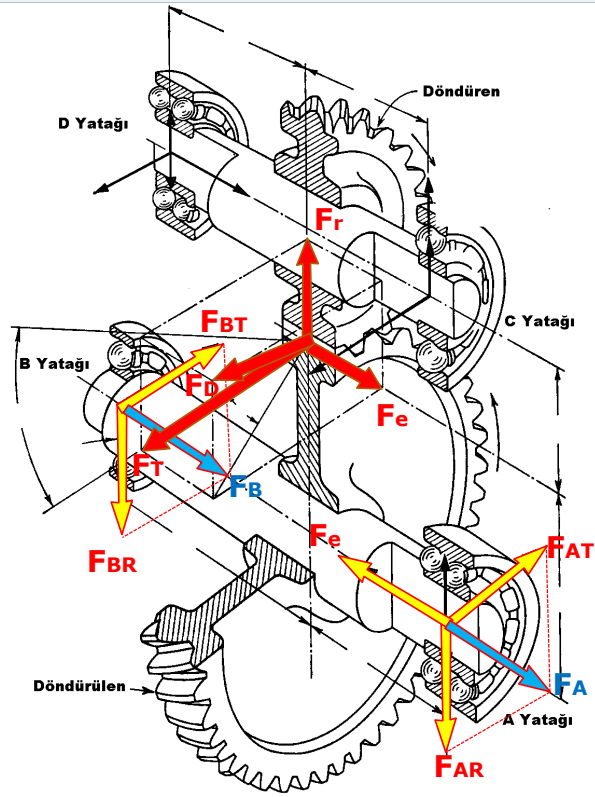
Yatağın hem ekstenel yük hem de radyal tük taşıması



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

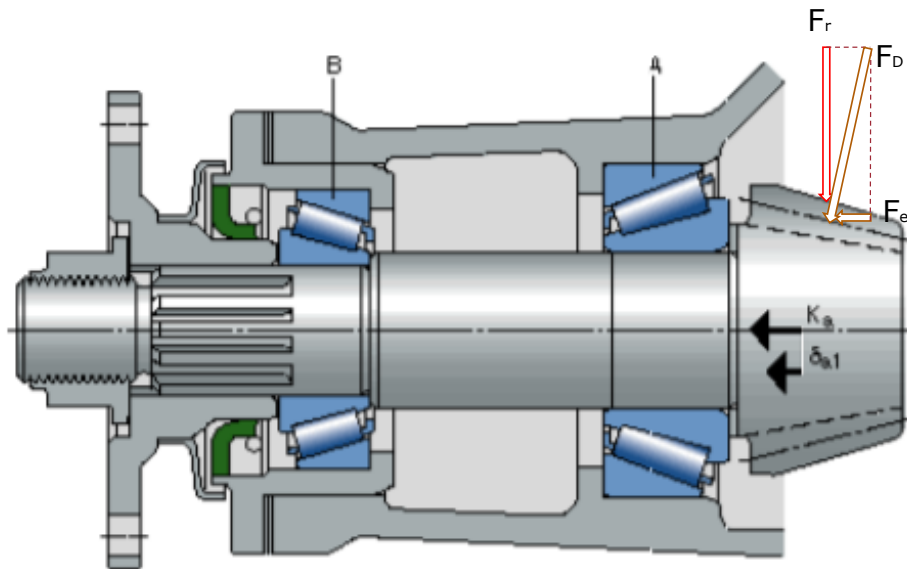
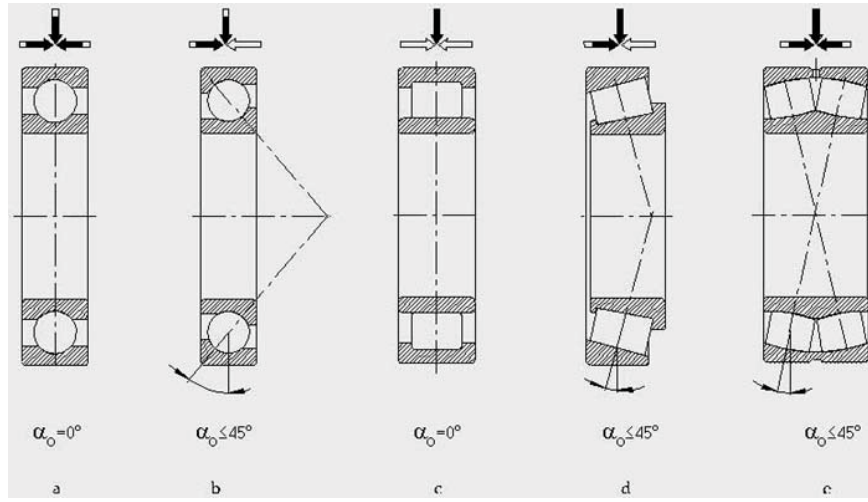
62

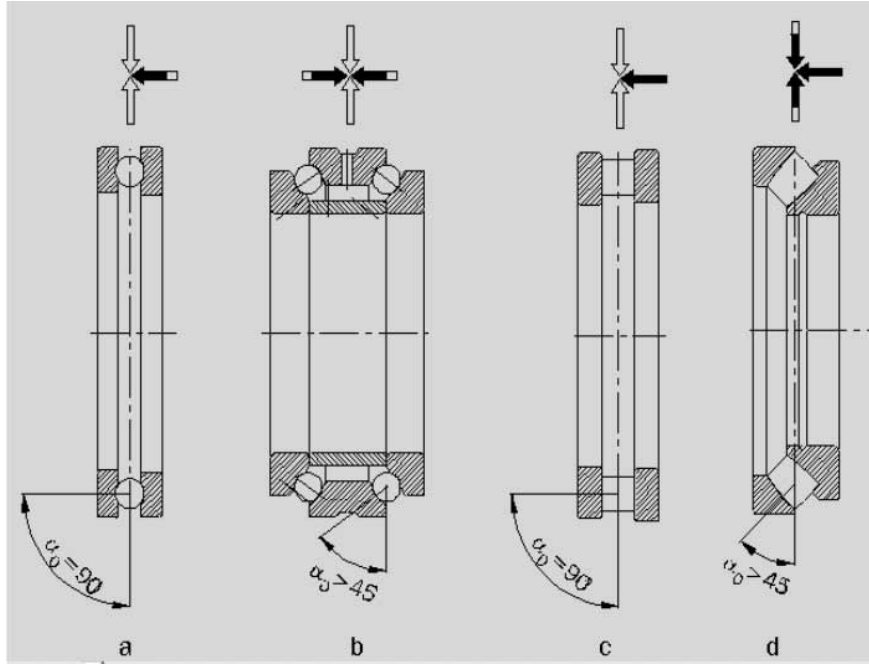


Mühendisliği Bölümü-

63

Yatağın hem aksel yük hem de radyal yük taşıması





EŞDEĞER YATAK YÜKÜ

Rulmanlı yataklar yapılarına göre radyal kuvvet, eksenel kuvvet veya her ikisini birden taşırlar. Hem radyal hem de eksenel yük taşıyan yatak hesaplarında bu iki yükü aynı etkiyi yaptığı kabul edilen “eşdeğer yatak yükü” hesaplanır.

Dinamik eşdeğer yük

$$F_{eş} = X \cdot F_r + Y \cdot F_e$$

Sabit Bilyalı Yataklarda Dinamik Eşdeğer Yük Hesabı İçin X ve Y Değerleri

$\frac{F_e}{F_r} \leq e$ ise $X=1, Y=0$				
Rulman tipi	F_e/C_0	e	X	Y
Sabit bilyeli yataklar (161, 160, 60, 62, 63, 64...)	0,014	0,19	0,56	2,30
	0,028	0,22		2,00
	0,056	0,26		1,70
	0,084	0,28		1,55
	0,11	0,30		1,45
	0,17	0,34		1,30
	0,28	0,38		1,15
	0,42	0,42		1,05
	0,56	0,44		1,00

Statik eşdeğer yük

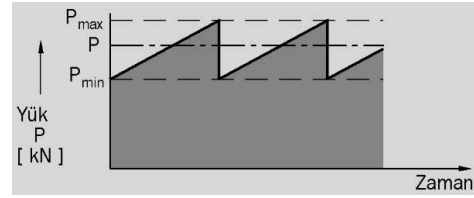
$$F_{0eş} = X_0 F_r + Y_0 F_e$$

X_0 ve Y_0 değeri yatak türleri için belirlidir. Bazı rulmanlar için aşağıdaki tabloda verilmiştir.
Tablo... Statik Eşdeğer Yük Hesabı İçin X_0 ve Y_0 Değerleri

Yatak Cinsi	X_0	Y_0	
Sabit bilyalı yatak	1	0	$F_e/F_r < 0,8$
Omuzlu bilyalı yatak	0,6	0,5	$F_e/F_r < 0,8$
Eğik bilyalı yatak	1 0,5	0 0,26	$F_e / F_r < 1,9$ tek yatak $F_e / F_r < 1,9$
Silindirik makaralı yatak	1	0	
Eksenel bilyalı yatak	1	0	
Eksenel makaralı yatak	1	0	
Eksenel-oynak makaralı	2,7	1	

Motorun krank miline etkiyen yük maksimum ve minimum iki değer arasında değişmektedir. Bu ve benzeri durumlarda eşdeğer (ortalama) yük:

$$F_0 = \frac{F_{\min} + 2 \cdot F_{\max}}{3}$$



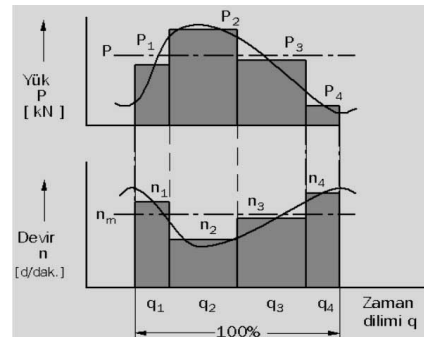
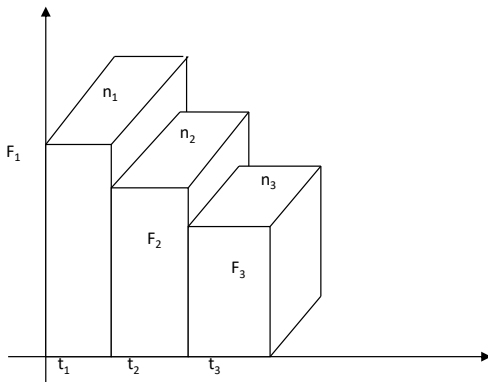
bağıntısıyla hesaplanır.

Devir sayısının sabit kalarak, yatağa t_1 zamanı boyunca F_1 kuvveti, t_2 zamanı boyunca F_2 , vb. kuvvetler geliyorsa eşdeğer (ortalama) yük:

$$F_0 = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 t_1 + F_2^3 t_2 + F_3^3 t_3 + \dots + F_n^3 t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}}$$

Kuvvetle birlikte devir sayısı da değişiyorsa eşdeğer yük:

$$F_0 = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 t_1 n_1 + F_2^3 t_2 n_2 + F_3^3 t_3 n_3 + \dots + F_n^3 t_n n_n}{t_1 n_1 + t_2 n_2 + t_3 n_3 + \dots + t_n n_n}}$$



Eğik Bilyalı Rulmanlar (tek sıra)

Eşdeğer dinamik yük

Eğik bilyalı rulmanlar, 72B, 73B serileri

$\alpha = 40^\circ$ basınç açılı

Tek rulman:

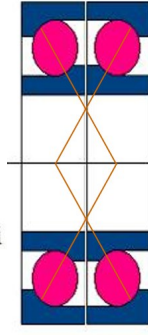
$$P = F_r \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 1.14 \text{ ise}$$

$$P = 0.35.F_r + 0.57.F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 1.14 \text{ ise}$$

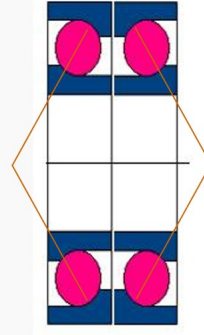
O ve X düzeninde rulman çifti

$$P = F_r + 0.55.F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 1.14 \text{ ise}$$

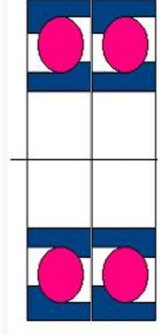
$$P = 0.57.F_r + 0.93.F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 1.14 \text{ ise}$$



X Düzeni



O Düzeni



Tandem Düzeni

$$P_o = F_r \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 1.9 \text{ ise}$$

$$P_o = 0.5.F_r + 0.26.F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 1.9 \text{ ise}$$

O ve X düzeninde rulman çifti;

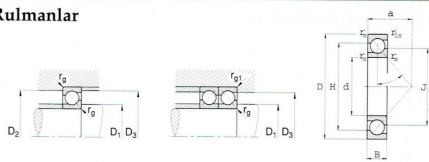
$$P_o = F_r + 0.52.F_a \quad (\text{kN})$$

14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

73

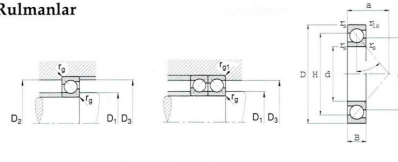
Eğik Bilyalı Rulmanlar

tek sıralı



Eğik Bilyalı Rulmanlar

tek sıralı



Mil	Boyutlar						Ağırlık	Yük	sayısı	Limit hız	Referans hız	Numara	Takma ölçüleri					
	d	D	B	r _s	r _{1s}	a		din.	stat.	yorulma			D ₁	D ₂	D ₃	r _g	r _{g1}	
	mm			min	min	≈	kg	C	C ₀	limit	d/dak.	FAG	Rulman	min	max	max	max	max
										C _u				mm				
70	70	125	24	1.5	1	53	1.08	69.5	58.5	3.2	5600	6700	7214B.TVP	79	116	119.4	1.5	1
	70	150	35	2.1	1.1	64	2.57	114	86.5	4.55	5000	5600	7314B.TVP	82	138	143	2.1	1
75	75	130	25	1.5	1	56	1.16	68	58.5	3.15	5300	6700	7215B.TVP	84	121	124.4	1.5	1
	75	160	37	2.1	1.1	68	3.08	127	100	5.1	4500	5300	7315B.TVP	87	148	153	2.1	1
40	40	80	18	1.1	0.6	34	0.367	32	23.2	1.21	9500	10000	7208B.TVP	47	73	75.8	1.1	0.6
	40	90	23	1.5	1	39	0.609	50	32.5	1.76	8500	8500	7308B.TVP	49	81	84.4	1.5	1
45	45	85	19	1.1	0.6	37	0.405	36	26.5	1.38	8500	9500	7209B.TVP	52	78	80.8	1.1	0.6
	45	100	25	1.5	1	43	0.812	60	40	2.2	7500	7500	7309B.TVP	54	91	94.4	1.5	1
50	50	90	20	1.1	0.6	39	0.458	37.5	28.5	1.46	8000	9000	7210B.TVP	57	83	85.8	1.1	0.6
	50	110	27	2	1	47	1.05	69.5	47.5	2.55	7000	7000	7310B.TVP	61	99	104.4	2	1
55	55	100	21	1.5	1	43	0.604	46.5	36	1.97	7000	8500	7211B.TVP	64	91	94.4	1.5	1
	55	120	29	2	1	51	1.38	78	56	3.15	6000	6700	7311B.TVP	66	109	114.4	2	1
60	60	110	22	1.5	1	47	0.78	56	44	2.42	6300	7500	7212B.TVP	69	101	104.4	1.5	1
	60	130	31	2.1	1.1	55	1.72	90	65.5	3.5	5600	6300	7312B.TVP	72	118	123	2.1	1
65	65	120	23	1.5	1	51	1	64	53	2.8	6000	7000	7213B.TVP	74	111	114.4	1.5	1
	65	140	33	2.1	1.1	60	2.12	102	75	4.15	5300	6000	7313B.TVP	77	128	133	2.1	1
120	120	215	40	2.1	1.1	90	5.31	166	160	7.1	3400	4300	7224B.TVP	132	203	208	2.1	1
	120	260	55	3	1.1	107	12.4	250	260	10.6	3200	3000	7324B.TVP	134	246	253	3	1.5
130	130	230	40	3	1.1	96	6.12	186	180	7.6	3200	3800	7226B.TVP	144	216	223	2.5	1
	130	280	58	4	1.5	115	16.1	275	300	11.7	3000	2600	7326B.TVP	147	263	271	3	1.5
140	140	250	42	3	1.1	103	8.95	196	212	8.5	4800	3400	7228B.MP	154	236	243	2.5	1
	140	300	62	4	1.5	123	20.4	300	340	12.9	4300	2400	7328B.MP	157	283	291	3	1.5
150	150	270	45	3	1.1	111	10.9	224	255	9.7	4500	3000	7230B.MP	164	256	263	2.5	1
	150	320	65	4	1.5	131	26.8	325	380	14.8	3800	2500	7330B.MP	167	303	311	3	1.5
160	160	290	48	3	1.1	118	13.5	236	280	10.6	4300	2800	7232B.MP	174	276	283	2.5	1
	160	340	68	4	1.5	139	29	350	450	15.3	3600	2000	7332B.MP	177	323	331	3	1.5
170	170	310	52	4	1.5	127	16.7	265	325	11.7	3800	2600	7234B.MP	187	293	301	3	1.5
	170	360	72	4	1.5	147	34.9	390	510	18.2	3200	1900	7334B.MP	187	343	351	3	1.5

14.01.2025 20:41:28 Makine Elemanları II

74

Eğik Bilyalı Rulmanlar (çift sıralı)

Eşdeğer dinamik yük

Eşdeğer yüke dair formüller rulman basınç açısına bağlıdır.

✓ 32B, 33B serisi $\alpha = 25^\circ$ basınç açılı eğik bilyalı rulmanlar;

$$P = F_r + 0.92 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 0.68 \text{ ise}$$

$$P = 0.67 \cdot F_r + 1.41 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 0.68 \text{ ise}$$

✓ 32, 33 serisi $\alpha = 35^\circ$ basınç açılı eğik bilyalı rulmanlar;

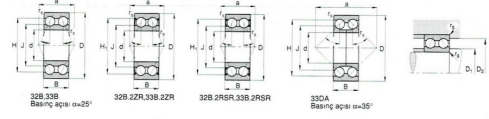
$$P = F_r + 0.66 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 0.95 \text{ ise}$$

$$P = 0.6 \cdot F_r + 1.07 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 0.95 \text{ ise}$$

✓ 33DA serisi $\alpha = 45^\circ$ basınç açılı eğik bilyalı rulmanlar;

$$P = F_r + 0.47 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} \leq 1.33 \text{ ise}$$

$$P = 0.54 \cdot F_r + 0.81 \cdot F_a \quad (\text{kN}) \quad \frac{F_a}{F_r} > 1.33 \text{ ise}$$



Mil Boyutları	Ağırlık	Yük sayısı	Limit hız	Referans hız	Numara	Takma ölçüleri
d D B C T	kg	din. C ₀ stat. C ₀ yorulma limit C _u	d/dak.		Rulman FAG	D ₁ min D ₂ max D ₃ min D ₄ max r _a max
10 30 14 0.6 0.05	0.05	7.8 4.55 0.23	22000	24000	3200B.TVH	14.2 25.8 0.6
10 30 14 0.6 0.052	0.052	7.8 4.55 0.23	16000	24000	3200B.2ZR.TVH	14.2 25.8 0.6
12 32 15.9 0.8 0.051	0.051	10.6 5.85 0.3	20000	24000	3201B.TVH	18.2 27.8 0.6
12 32 15.9 0.8 0.053	0.053	10.6 5.85 0.3	15000	24000	3201B.2ZR.TVH	18.2 27.8 0.6
15 35 15.9 0.8 0.065	0.065	11.8 7.1 0.36	19000	20000	3202B.TVH	19.2 30.8 0.6
15 35 15.9 0.8 0.067	0.067	11.8 7.1 0.36	14000	20000	3202B.2ZR.TVH	19.2 30.8 0.6
15 35 15.9 0.8 0.067	0.067	11.8 7.1 0.36	12000	12000	3202B.2RSR.TVH	19.2 30.8 0.6
15 42 19 1 0.124	0.124	16.3 10 0.47	16000	14000	3302B.TVH	20.6 36.4 1
17 40 17.5 0.6 0.093	0.093	14.6 9 0.42	17000	18000	3203B.TVH	21.2 35.8 0.6
17 40 17.5 0.6 0.095	0.095	14.6 9 0.42	12000	18000	3203B.2ZR.TVH	21.2 35.8 0.6
17 40 17.5 0.6 0.095	0.095	14.6 9 0.42	10000	10000	3203B.2RSR.TVH	21.2 35.8 0.6
17 47 22.2 1 0.177	0.177	20.8 12.5 0.58	15000	13000	3303B.TVH	22.6 41.4 1
20 47 20.6 1 0.154	0.154	19.6 12.5 0.61	15000	16000	3204B.TVH	25.6 41.4 1
20 47 20.6 1 0.15	0.15	19.6 12.5 0.61	10000	16000	3204B.2ZR.TVH	25.6 41.4 1
20 47 20.6 1 0.156	0.156	19.6 12.5 0.61	8000	16000	3204B.2RSR.TVH	25.6 41.4 1
20 52 22.2 1.1 0.217	0.217	23.2 15 0.7	13000	11000	3304B.TVH	27 45 1
20 52 22.2 1.1 0.222	0.222	23.2 15 0.7	8000	11000	3304B.2ZR.TVH	27 45 1
20 52 22.2 1.1 0.221	0.221	23.2 15 0.7	8000	8000	3304B.2RSR.TVH	27 45 1
25 52 20.6 1 0.178	0.178	21.2 14.6 0.71	12000	14000	3205B.TVH	30.6 46.4 1
25 52 20.6 1 0.182	0.182	21.2 14.6 0.71	8000	14000	3205B.2ZR.TVH	30.6 46.4 1
25 52 20.6 1 0.182	0.182	21.2 14.6 0.71	7500	7500	3205B.2RSR.TVH	30.6 46.4 1
25 62 25.4 1.1 0.333	0.333	30 20 0.91	10000	10000	3305B.TVH	32 55 1
25 62 25.4 1.1 0.359	0.359	30 20 0.91	7500	10000	3305B.2ZR.TVH	32 55 1
25 62 25.4 1.1 0.359	0.359	30 20 0.91	6700	6700	3305B.2RSR.TVH	32 55 1
25 62 25.4 1.1 0.541	0.541	39 23.2 1.29	10000	10000	3305DA.TVP	32 55 1
30 62 23.8 1 0.289	0.289	30 21.2 0.98	9500	12000	3206B.TVH	35.6 56.4 1
30 62 23.8 1 0.295	0.295	30 21.2 0.98	7000	12000	3206B.2ZR.TVH	35.6 56.4 1
30 62 23.8 1 0.295	0.295	30 21.2 0.98	6300	6300	3206B.2RSR.TVH	35.6 56.4 1
30 72 30.2 1.1 0.548	0.548	41.5 28.5 1.32	6500	9000	3306B.TVH	37 65 1
30 72 30.2 1.1 0.558	0.558	41.5 28.5 1.32	6300	8000	3306B.2ZR.TVH	37 65 1
30 72 30.2 1.1 0.559	0.559	41.5 28.5 1.32	5600	8000	3306B.2RSR.TVH	37 65 1
30 72 30.2 1.1 0.571	0.571	41.5 28.5 1.37	5500	8000	3306DA	37 65 1
35 72 27 1.1 0.445	0.445	39 28.5 1.37	8500	11000	3207B.TVH	42 65 1
35 72 27 1.1 0.454	0.454	39 28.5 1.37	6300	11000	3207B.2ZR.TVH	42 65 1
35 72 27 1.1 0.454	0.454	39 28.5 1.37	5300	5300	3207B.2RSR.TVH	42 65 1

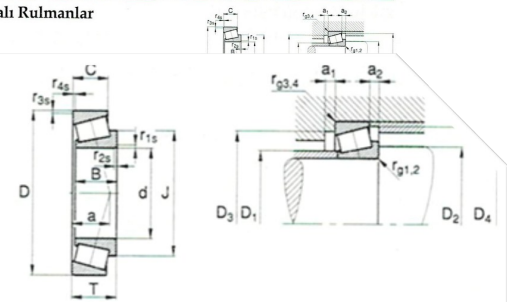
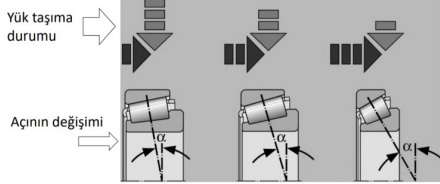
98 FAG 11.01.2023 ZU.41.20

10-

75

Konik Makaralı Rulmanlar

Konik Makaralı Rulmanlar



Mil Boyutları	Ağırlık	Yük sayısı • Faktör	Limit hız	Referans hız	Numara	Takma ölçüleri
d D B C T	kg	din. C ₀ stat. C ₀ Y ₀ yorulma limit C _u	d/dak.		Rulman FAG	D ₁ max D ₂ min D ₃ min D ₄ max r _a max r _g max
15 15 35 11 10	11.75 0.057	12.5 0.46 1.31 11.8 0.72 1.62	24000	15000	30202	20 19 29 0.6 0.6
15 15 42 13 11	14.25 0.098	23.2 0.29 2.11 20.8 1.16 2.55	20000	13000	30302A	22 21 36 1 1
17 17 40 12 11	13.25 0.082	19.3 0.35 1.74 19 0.96 2.26	20000	13000	30203A	23 23 34 1 1
17 17 40 16 14	17.25 0.108	29 0.31 1.92 30 1.06 3.8	20000	11000	32203A	22 23 34 1 1
17 17 47 14 12	15.25 0.133	28 0.29 2.11 25 1.16 3.1	18000	11000	30303A	25 23 40 1 1
17 17 47 19 16	20.25 0.182	36.5 0.29 2.11 36.5 1.16 4.7	18000	11000	32303A	24 23 39 1 1

$$K_a \approx 0.5 \left(\frac{Y_A}{Y_0} \right)$$

Y_A

İliği Bölümü-

FAG 135

76

Silindirik Makaralı Rulmanlar

Eşdeğer dinamik yük

Sadece radyal yönde yüklenen silindirik makaralı rulmanlar için;

$$P = Fr \text{ (kN)}$$

Radyal kuvvetin yanında rulmana F_a eksenel kuvvetinin de etkimesi halinde, söz konusu kuvvetin değeri rulman ömür hesabında aşağıdaki tabloda verildiği gibi dikkate alınır. Burada $F_a \leq F_{aH}$ olması şarttır (F_{aH} : kabul edilebilir eksenel yük).

Ölçü serisi	Yük oranı	Eşdeğer dinamik yük
19, 10, 2	$F_a/F_r \leq 0,11$	$P = Fr$
2E, 3, 3E	$F_a/F_r > 0,11$	$P = 0,93.Fr + 0,69.F_a$
29, 22, 22E	$F_a/F_r \leq 0,17$	$P = Fr$
23, 23E, 23VH	$F_a/F_r > 0,17$	$P = 0,93.Fr + 0,45.F_a$

Maksimum izin verilebilir yük oranı, $F_a/F_r = 0,4$

Kabul edilebilir eksenel yük

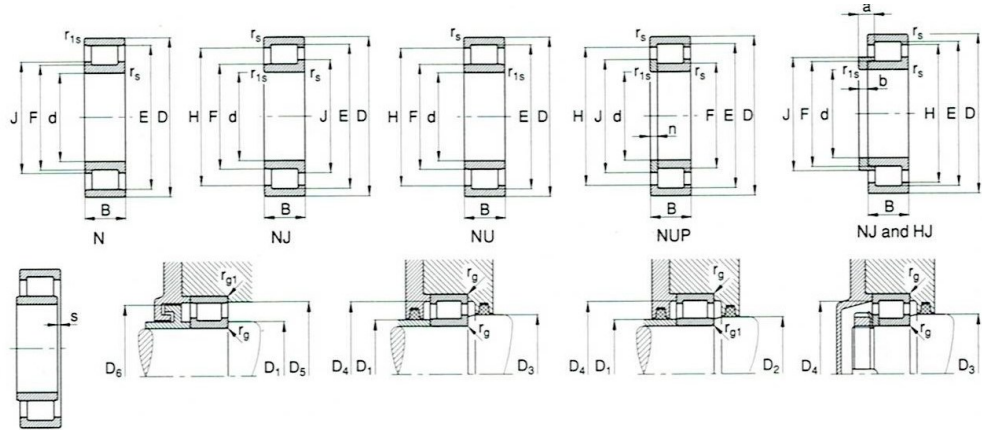
NUP, NJ veya faturalı bileziğe sahip NJ silindirik makaralı rulmanlar, radyal yönde de yüklenmişlerse, eksenel yükleri taşıyabilirler. Kabul edilebilir eksenel yükün değeri (F_a/C max. 0.1) aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- radyal yük
- devir hızı
- yağlama
- işletme sıcaklığı
- rulmanın takıldığı yerdeki ısı transferi şartları

Kabul edilebilir eksenel yük, yağlama, sürtünme şartları ve rulmanlı yataklama düzeninin tüm ısı balansına bağlıdır. En uygun sürtünme şartları, makaralar ve faturalar arasında yük taşıyan ince bir yağ filmi oluştuğunda sağlanır. Bu şartlar, işletme viskozitesi düşük ve eksenel kuvvetler yüksek olduğunda yüksek bir devir hızı gerektirir. Aynı işletme viskozitesinde, eksenel kuvvet düşük olduğunda, uygun şartlar düşük bir devir hızı ile elde edilir.

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
14.01.2025 20:41:28 Makine Elemanları II

77



Mil	Boyutlar					Ağırlık	Yük sayısı			Limit hız	Referans hız	Numara	Faturalı bilezik	Takma ölçüleri							
	d	D	B	E	F	S	din C	stat. C ₀	yorulma limit C ₀					Rulman	D ₁ min	D ₁ max	D ₂ min	D ₃ min	D ₄ max	r _g max	r _{g1} max
	mm					kg	kN							FAG	FAG	mm					
15	15	35	11	30.3	19.3	0.5	0.047	12.7	10.4	1.17	22000	20000	N202E.TVP2	HJ202E	17.4	18.5	20	22	32.6	0.6	0.3
	15	35	11	30.3	19.3	1.6	0.049	12.7	10.4	1.17	22000	20000	NJ202E.TVP2		17.4	18.5	20	22	32.6	0.6	0.3
	15	35	11	30.3	19.3	1.6	0.048	12.7	10.4	1.07	22000	20000	NU202E.TVP2		17.4	18.5	20	22	32.6	0.6	0.3
17	17	40	12	35.1	22.1	1.2	0.068	17.6	14.6	1.67	18000	18000	N203E.TVP2	HJ203E	21	21.5	23	28	36	0.6	0.3
	17	40	12	35.1	22.1	1.2	0.07	17.6	14.6	1.67	18000	18000	NJ203E.TVP2		21	21.5	23	28	36	0.6	0.6
	17	40	12	35.1	22.1	1.2	0.069	17.6	14.6	1.5	18000	18000	NU203E.TVP2		21	21.5	23	28	36	0.6	0.3
	17	40	12	35.1	22.1		0.073	17.6	14.6	1.67	18000	18000	NUP203E.TVP2		21	21.5	23	28	36	0.6	0.6
	17	40	16	35.1	22.1	1.7	0.053	24	22	2.7	18000	16000	NJ2203E.TVP2	HJ2203E	21	21.5	23	26	36	0.6	0.6

78

The image displays technical drawings of five types of roller bearings: N, NJ, NU, NUP, and NJ and HJ. Each drawing includes a side view and a cross-sectional view. Dimensions are labeled with letters and numbers: r_{f1} , r_{f2} , r_{f3} , r_{f4} , r_{f5} , r_{f6} , r_{f7} , r_{f8} , r_{f9} , r_{f10} , r_{f11} , r_{f12} , r_{f13} , r_{f14} , r_{f15} , r_{f16} , r_{f17} , r_{f18} , r_{f19} , r_{f20} , r_{f21} , r_{f22} , r_{f23} , r_{f24} , r_{f25} , r_{f26} , r_{f27} , r_{f28} , r_{f29} , r_{f30} , r_{f31} , r_{f32} , r_{f33} , r_{f34} , r_{f35} , r_{f36} , r_{f37} , r_{f38} , r_{f39} , r_{f40} , r_{f41} , r_{f42} , r_{f43} , r_{f44} , r_{f45} , r_{f46} , r_{f47} , r_{f48} , r_{f49} , r_{f50} , r_{f51} , r_{f52} , r_{f53} , r_{f54} , r_{f55} , r_{f56} , r_{f57} , r_{f58} , r_{f59} , r_{f60} , r_{f61} , r_{f62} , r_{f63} , r_{f64} , r_{f65} , r_{f66} , r_{f67} , r_{f68} , r_{f69} , r_{f70} , r_{f71} , r_{f72} , r_{f73} , r_{f74} , r_{f75} , r_{f76} , r_{f77} , r_{f78} , r_{f79} , r_{f80} , r_{f81} , r_{f82} , r_{f83} , r_{f84} , r_{f85} , r_{f86} , r_{f87} , r_{f88} , r_{f89} , r_{f90} , r_{f91} , r_{f92} , r_{f93} , r_{f94} , r_{f95} , r_{f96} , r_{f97} , r_{f98} , r_{f99} , r_{f100} , r_{f101} , r_{f102} , r_{f103} , r_{f104} , r_{f105} , r_{f106} , r_{f107} , r_{f108} , r_{f109} , r_{f110} , r_{f111} , r_{f112} , r_{f113} , r_{f114} , r_{f115} , r_{f116} , r_{f117} , r_{f118} , r_{f119} , r_{f120} , r_{f121} , r_{f122} , r_{f123} , r_{f124} , r_{f125} , r_{f126} , r_{f127} , r_{f128} , r_{f129} , r_{f130} , r_{f131} , r_{f132} , r_{f133} , r_{f134} , r_{f135} , r_{f136} , r_{f137} , r_{f138} , r_{f139} , r_{f140} , r_{f141} , r_{f142} , r_{f143} , r_{f144} , r_{f145} , r_{f146} , r_{f147} , r_{f148} , r_{f149} , r_{f150} , r_{f151} , r_{f152} , r_{f153} , r_{f154} , r_{f155} , r_{f156} , r_{f157} , r_{f158} , r_{f159} , r_{f160} , r_{f161} , r_{f162} , r_{f163} , r_{f164} , r_{f165} , r_{f166} , r_{f167} , r_{f168} , r_{f169} , r_{f170} , r_{f171} , r_{f172} , r_{f173} , r_{f174} , r_{f175} , r_{f176} , r_{f177} , r_{f178} , r_{f179} , r_{f180} , r_{f181} , r_{f182} , r_{f183} , r_{f184} , r_{f185} , r_{f186} , r_{f187} , r_{f188} , r_{f189} , r_{f190} , r_{f191} , r_{f192} , r_{f193} , r_{f194} , r_{f195} , r_{f196} , r_{f197} , r_{f198} , r_{f199} , r_{f200} , r_{f201} , r_{f202} , r_{f203} , r_{f204} , r_{f205} , r_{f206} , r_{f207} , r_{f208} , r_{f209} , r_{f210} , r_{f211} , r_{f212} , r_{f213} , r_{f214} , r_{f215} , r_{f216} , r_{f217} , r_{f218} , r_{f219} , r_{f220} , r_{f221} , r_{f222} , r_{f223} , r_{f224} , r_{f225} , r_{f226} , r_{f227} , r_{f228} , r_{f229} , r_{f230} , r_{f231} , r_{f232} , r_{f233} , r_{f234} , r_{f235} , r_{f236} , r_{f237} , r_{f238} , r_{f239} , r_{f240} , r_{f241} , r_{f242} , r_{f243} , r_{f244} , r_{f245} , r_{f246} , r_{f247} , r_{f248} , r_{f249} , r_{f250} , r_{f251} , r_{f252} , r_{f253} , r_{f254} , r_{f255} , r_{f256} , r_{f257} , r_{f258} , r_{f259} , r_{f260} , r_{f261} , r_{f262} , r_{f263} , r_{f264} , r_{f265} , r_{f266} , r_{f267} , r_{f268} , r_{f269} , r_{f270} , r_{f271} , r_{f272} , r_{f273} , r_{f274} , r_{f275} , r_{f276} , r_{f277} , r_{f278} , r_{f279} , r_{f280} , r_{f281} , r_{f282} , r_{f283} , r_{f284} , r_{f285} , r_{f286} , r_{f287} , r_{f288} , r_{f289} , r_{f290} , r_{f291} , r_{f292} , r_{f293} , r_{f294} , r_{f295} , r_{f296} , r_{f297} , r_{f298} , r_{f299} , r_{f300} , r_{f301} , r_{f302} , r_{f303} , r_{f304} , r_{f305} , r_{f306} , r_{f307} , r_{f308} , r_{f309} , r_{f310} , r_{f311} , r_{f312} , r_{f313} , r_{f314} , r_{f315} , r_{f316} , r_{f317} , r_{f318} , r_{f319} , r_{f320} , r_{f321} , r_{f322} , r_{f323} , r_{f324} , r_{f325} , r_{f326} , r_{f327} , r_{f328} , r_{f329} , r_{f330} , r_{f331} , r_{f332} , r_{f333} , r_{f334} , r_{f335} , r_{f336} , r_{f337} , r_{f338} , r_{f339} , r_{f340} , r_{f341} , r_{f342} , r_{f343} , r_{f344} , r_{f345} , r_{f346} , r_{f347} , r_{f348} , r_{f349} , r_{f350} , r_{f351} , r_{f352} , r_{f353} , r_{f354} , r_{f355} , r_{f356} , r_{f357} , r_{f358} , r_{f359} , r_{f360} , r_{f361} , r_{f362} , r_{f363} , r_{f364} , r_{f365} , r_{f366} , r_{f367} , r_{f368} , r_{f369} , r_{f370} , r_{f371} , r_{f372} , r_{f373} , r_{f374} , r_{f375} , r_{f376} , r_{f377} , r_{f378} , r_{f379} , r_{f380} , r_{f381} , r_{f382} , r_{f383} , r_{f384} , r_{f385} , r_{f386} , r_{f387} , r_{f388} , r_{f389} , r_{f390} , r_{f391} , r_{f392} , r_{f393} , r_{f394} , r_{f395} , r_{f396} , r_{f397} , r_{f398} , r_{f399} , r_{f400} , r_{f401} , r_{f402} , r_{f403} , r_{f404} , r_{f405} , r_{f406} , r_{f407} , r_{f408} , r_{f409} , r_{f410} , r_{f411} , r_{f412} , r_{f413} , r_{f414} , r_{f415} , r_{f416} , r_{f417} , r_{f418} , r_{f419} , r_{f420} , r_{f421} , r_{f422} , r_{f423} , r_{f424} , r_{f425} , r_{f426} , r_{f427} , r_{f428} , r_{f429} , r_{f430} , r_{f431} , r_{f432} , r_{f433} , r_{f434} , r_{f435} , r_{f436} , r_{f437} , r_{f438} , r_{f439} , r_{f440} , r_{f441} , r_{f442} , r_{f443} , r_{f444} , r_{f445} , r_{f446} , r_{f447} , r_{f448} , r_{f449} , r_{f450} , r_{f451} , r_{f452} , r_{f453} , r_{f454} , r_{f455} , r_{f456} , r_{f457} , r_{f458} , r_{f459} , r_{f460} , r_{f461} , r_{f462} , r_{f463} , r_{f464} , r_{f465} , r_{f466} , r_{f467} , r_{f468} , r_{f469} , r_{f470} , r_{f471} , r_{f472} , r_{f473} , r_{f474} , r_{f475} , r_{f476} , r_{f477} , r_{f478} , r_{f479} , r_{f480} , r_{f481} , r_{f482} , r_{f483} , r_{f484} , r_{f485} , r_{f486} , r_{f487} , r_{f488} , r_{f489} , r_{f490} , r_{f491} , r_{f492} , r_{f493} , r_{f494} , r_{f495} , r_{f496} , r_{f497} , r_{f498} , r_{f499} , r_{f500} , r_{f501} , r_{f502} , r_{f503} , r_{f504} , r_{f505} , r_{f506} , r_{f507} , r_{f508} , r_{f509} , r_{f510} , r_{f511} , r_{f512} , r_{f513} , r_{f514} , r_{f515} , r_{f516} , r_{f517} , r_{f518} , r_{f519} , r_{f520} , r_{f521} , r_{f522} , r_{f523} , r_{f524} , r_{f525} , r_{f526} , r_{f527} , r_{f528} , r_{f529} , r_{f530} , r_{f531} , r_{f532} , r_{f533} , r_{f534} , r_{f535} , r_{f536} , r_{f537} , r_{f538} , r_{f539} , r_{f540} , r_{f541} , r_{f542} , r_{f543} , r_{f544} , r_{f545} , r_{f546} , r_{f547} , r_{f548} , r_{f549} , r_{f550} , r_{f551} , r_{f552} , r_{f553} , r_{f554} , r_{f555} , r_{f556} , r_{f557} , r_{f558} , r_{f559} , r_{f560} , r_{f561} , r_{f562} , r_{f563} , r_{f564} , r_{f565} , r_{f566} , r_{f567} , r_{f568} , r_{f569} , r_{f570} , r_{f571} , r_{f572} , r_{f573} , r_{f574} , r_{f575} , r_{f576} , r_{f577} , r_{f578} , r_{f579} , r_{f580} , r_{f581} , r_{f582} , r_{f583} , r_{f584} , r_{f585} , r_{f586} , r_{f587} , r_{f588} , r_{f589} , r_{f590} , r_{f591} , r_{f592} , r_{f593} , r_{f594} , r_{f595} , r_{f596} , r_{f597} , r_{f598} , r_{f599} , r_{f600} , r_{f601} , r_{f602} , r_{f603} , r_{f604} , r_{f605} , r_{f606} , r_{f607} , r_{f608} , r_{f609} , r_{f610} , r_{f611} , r_{f612} , r_{f613} , r_{f614} , r_{f615} , r_{f616} , r_{f617} , r_{f618} , r_{f619} , r_{f620} , r_{f621} , r_{f622} , r_{f623} , r_{f624} , r_{f625} , r_{f626} , r_{f627} , r_{f628} , r_{f629} , r_{f630} , r_{f631} , r_{f632} , r_{f633} , r_{f634} , r_{f635} , r_{f636} , r_{f637} , r_{f638} , r_{f639} , r_{f640} , r_{f641} , r_{f642} , r_{f643} , r_{f644} , r_{f645} , r_{f646} , r_{f647} , r_{f648} , r_{f649} , r_{f650} , r_{f651} , r_{f652} , r_{f653} , r_{f654} , r_{f655} , r_{f656} , r_{f657} , r_{f658} , r_{f659} , r_{f660} , r_{f661} , r_{f662} , r_{f663} , r_{f664} , r_{f665} , r_{f666} , r_{f667} , r_{f668} , r_{f669} , r_{f670} , r_{f671} , r_{f672} , r_{f673} , r_{f674} , r_{f675} , r_{f676} , r_{f677} , r_{f678} , r_{f679} , r_{f680} , r_{f681} , r_{f682} , r_{f683} , r_{f684} , r_{f685} , r_{f686} , r_{f687} , r_{f688} , r_{f689} , r_{f690} , r_{f691} , r_{f692} , r_{f693} , r_{f694} , r_{f695} , r_{f696} , r_{f697} , r_{f698} , r_{f699} , r_{f700} , r_{f701} , r_{f702} , r_{f703} , r_{f704} , r_{f705} , r_{f706} , r_{f707} , r_{f708} , r_{f709} , r_{f710} , r_{f711} , r_{f712} , r_{f713} , r_{f714} , r_{f715} , r_{f716} , r_{f717} , r_{f718} , r_{f719} , r_{f720} , r_{f721} , r_{f722} , r_{f723} , r_{f724} , r_{f725} , r_{f726} , r_{f727} , r_{f728} , r_{f729} , r_{f730} , r_{f731} , r_{f732} , r_{f733} , r_{f734} , r_{f735} , r_{f736} , r_{f737} , r_{f738} , r_{f739} , r_{f740} , r_{f741} , r_{f742} , r_{f743} , r_{f744} , r_{f745} , r_{f746} , r_{f747} , r_{f748} , r_{f749} , r_{f750} , r_{f751} , r_{f752} , r_{f753} , r_{f754} , r_{f755} , r_{f756} , r_{f757} , r_{f758} , r_{f759} , r_{f760} , r_{f761} , r_{f762} , r_{f763} , r_{f764} , r_{f765} , r_{f766} , r_{f767} , r_{f768} , r_{f769} , r_{f770} , r_{f771} , r_{f772} , r_{f773} , r_{f774} , r_{f775} , r_{f776} , r_{f777} , r_{f778} , r_{f779} , r_{f780} , r_{f781} , r_{f782} , r_{f783} , r_{f784} , r_{f785} , r_{f786} , r_{f787} , r_{f788} , r_{f789} , r_{f790} , r_{f791} , r_{f792} , r_{f793} , r_{f794} , r_{f795} , r_{f796} , r_{f797} , r_{f798} , r_{f799} , r_{f800} , r_{f801} , r_{f802} , r_{f803} , r_{f804} , r_{f805} , r_{f806} , r_{f807} , r_{f808} , r_{f809} , r_{f810} , r_{f811} , r_{f812} , r_{f813} , r_{f814} , r_{f815} , r_{f816} , r_{f817} , r_{f818} , r_{f819} , r_{f820} , r_{f821} , r_{f822} , r_{f823} , r_{f824} , r_{f825} , r_{f826} , r_{f827} , r_{f828} , r_{f829} , r_{f830} , r_{f831} , r_{f832} , r_{f833} , r_{f834} , r_{f835} , r_{f836} , r_{f837} , r_{f838} , r_{f839} , r_{f840} , r_{f841} , r_{f842} , r_{f843} , r_{f844} , r_{f845} , r_{f846} , r_{f847} , r_{f848} , r_{f849} , r_{f850} , r_{f851} , r_{f852} , r_{f853} , r_{f854} , r_{f855} , r_{f856} , r_{f857} , r_{f858} , r_{f859} , r_{f860} , r_{f861} , r_{f862} , r_{f863} , r_{f864} , r_{f865} , r_{f866} , r_{f867} , r_{f868} , r_{f869} , r_{f870} , r_{f871} , r_{f872} , r_{f873} , r_{f874} , r_{f875} , r_{f876} , r_{f877} , r_{f878} , r_{f879} , r_{f880} , r_{f881} , r_{f882} , r_{f883} , r_{f884} , r_{f885} , r_{f886} , r_{f887} , r_{f888} , r_{f889} , r_{f890} , r_{f891} , r_{f892} , r_{f893} , r_{f894} , r_{f895} , r_{f896} , r_{f897} , r_{f898} , r_{f899} , r_{f900} , r_{f901} , r_{f902} , r_{f903} , r_{f904} , r_{f905} , r_{f906} , r_{f907} , r_{f908} , r_{f909} , r_{f910} , r_{f911} , r_{f912} , r_{f913} , r_{f914} , r_{f915} , r_{f916} , r_{f917} , r_{f918} , r_{f919} , r_{f920} , r_{f921} , r_{f922} , r_{f923} , r_{f924} , r_{f925} , r_{f926} , r_{f927} , r_{f928} , r_{f929} , r_{f930} , r_{f931} , r_{f932} , r_{f933} , r_{f934} , r_{f935} , r_{f936} , r_{f937} , r_{f938} , r_{f939} , r_{f940} , r_{f941} , r_{f942} , r_{f943} , r_{f944} , r_{f945} , r_{f946} , r_{f947} , r_{f948} , r_{f949} , r_{f950} , r_{f951} , r_{f952} , r_{f953} , r_{f954} , r_{f955} , r_{f956} , r_{f957} , r_{f958} , r_{f959} , r_{f960} , r_{f961} , r_{f962} , r_{f963} , r_{f964} , r_{f965} , r_{f966} , r_{f967} , r_{f968} , r_{f969} , r_{f970} , r_{f971} , r_{f972} , r_{f973} , r_{f974} , r_{f975} , r_{f976} , r_{f977} , r_{f978} , r_{f979} , r_{f980} , r_{f981} , r_{f982} , r_{f983} , r_{f984} , r_{f985} , r_{f986} , r_{f987} , r_{f988} , r_{f989} , r_{f990} , r_{f991} , r_{f992} , r_{f993} , r_{f994} , r_{f995} , r_{f996} , r_{f997} , r_{f998} , r_{f999} , r_{f1000} , r_{f1001} , r_{f1002} , r_{f1003} , r_{f1004} , r_{f1005} , r_{f1006} , r_{f1007} , r_{f1008} , r_{f1009} , r_{f1010} , r_{f1011} , r_{f1012} , r_{f1013} , r_{f1014} , r_{f1015} , r_{f1016} , r_{f1017} , r_{f1018} , r_{f1019} , r_{f1020} , r_{f1021} , r_{f1022} , r_{f1023} , r_{f1024} , r_{f1025} , r_{f1026} , r_{f1027} , r_{f1028} , r_{f1029} , r_{f1030} , r_{f1031} , r_{f1032} , r_{f1033} , r_{f1034} , r_{f1035} , r_{f1036} , r_{f1037} , r_{f1038} , r_{f1039} , r_{f1040} , r_{f1041} , r_{f1042} , r_{f1043} , r_{f1044} , r_{f1045} , r_{f1046} , r_{f1047} , r_{f1048} , r_{f1049} , r_{f1050} , r_{f1051} , r_{f1052} , r_{f1053} , r_{f1054} , r_{f1055} , r_{f1056} , r_{f1057} , r_{f1058} , r_{f1059} , r_{f1060} , r_{f1061} , r_{f1062} , r_{f1063} , r_{f1064} , r_{f1065} , r_{f1066} , r_{f1067} , r_{f1068} , r_{f1069} , r_{f1070} , r_{f1071} , r_{f1072} , r_{f1073} , r_{f1074} , r_{f1075} , r_{f1076} , r_{f1077} , r_{f1078} , r_{f1079} , r_{f1080} , r_{f1081} , r_{f1082} , r_{f1083} , r_{f1084} , r_{f1085} , r_{f1086} , r_{f1087} , r_{f1088} , r_{f1089} , r_{f1090} , r_{f1091} , r_{f1092} , r_{f1093} , r_{f1094} , r_{f1095} , r_{f1096} , r_{f1097} , r_{f1098} , r_{f1099} , r_{f1100} , r_{f1101} , r_{f1102} , r_{f1103} , r_{f1104} , r_{f1105} , r_{f1106} , r_{f1107} , r_{f1108} , r_{f1109} , r_{f1110} , r_{f1111} , r_{f1112} , r_{f1113} , r_{f1114} , r_{f1115} , r_{f

na Mühendisliği Bölümü-
arı II

79

Rulmanlarda Sınır Devir Sayısı (Maksimum Devir Sayısı)

Bir bilyalı yatağın çalışabileceği maksimum devir sayısı, yatak tipin göre değişir. Devir sayısı yükseldikçe yuvarlanma elemanlarının da devir sayıları yükselir, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle sürtünme kuvvetleri artar.

$$n_{\max} = \frac{Z_S \cdot Z_K \cdot K_S}{K_D}$$

Z_S Yatak büyüklüğü ve yağlamayı dikkate alan faktör.

Z_K Yük kombinasyonunu dikkate alan faktör. (Grafik) →

K_S Devir sayısı sabiti (1/dak) (Tablodan) →

K_D Çap faktörü.

Gresle yağlamada:

$Z_S = 3$, dış çap $D < 30$ mm için

$Z_S = 1$, dış çap $D \geq 30$ mm için

Sıvı yağ ile yağlamada:

$Z_S = 3,75$; $D < 30$ mm için

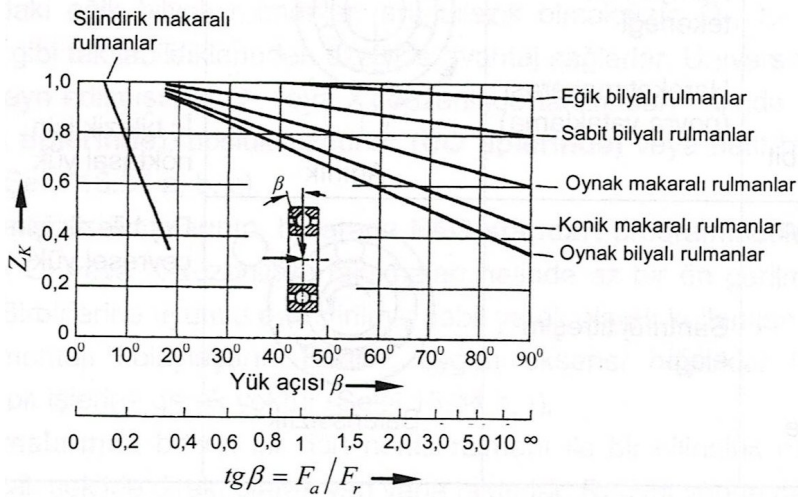
$Z_S = 1,25$ $D \geq 30$ mm için

$K_D = D - 10$ ($D \geq 30$ mm) (K_D : boyutsuz bir katsayı)

$K_D = D + 30$ ($D < 30$ mm)

$$n_{\max} = \frac{Z_S \cdot Z_K \cdot K_S}{K_D}$$

Z_K değeri yatak türüne ve $F_e/F_r = \tan \beta$ ya ve K değerleri ilgili tablolarda verilmiştir.



Tablo 18.17 Rulman Tipine Göre Devir Sayısı Sabiti K

Yatağın Yapı Şekli			K [1/dk]
Radyal Yatak	Bilyalı rulman	tek sıralı	500 000
		tek sıralı, sızdırmazlık elemanlı	360 000
		iki sıralı	320 000
	Omuzlu bilyalı		500 000
	Eğik bilyalı	tek sıralı, çift takılmış	400 000
		iki sıralı	360 000
	4 nokta yatağı		400 000
	Eğik bilyalı		500 000
	Eğik bilyalı	geniş iç bilezikli	250 000
	Silindirik makaralı	tek sıralı	500 000
		iki sıralı	500 000
	İğneli	tek sıralı	300 000
		iki sıralı	200 000
	Konik makaralı		320 000
Eksenel Yatak	Fıçılı		220 000
	Eğik bilyalı	Dizi 213	220 000
		Dizi 222 ve 223	320 000
		Diğerleri	250 000
	Eksenel bilyalı rulman		140 000
	Eksenel eğik bilyalı rulman		220 000
Eksenel Yatak	Eksenel silindirik makaralı rulman		90 000
	Eksenel oynak makaralı (sadece sıvı yağla yağlamada)		220 000
	Eksenel iğneli rulman		180 000

Rulmanlarda Sürtünme Kaybının Hesabı

Rulmanlı yataklarda sürtünme kaybının rulman türüne göre literatürde verilen sürtünme katsayısına (Bkz. Tablo 18.18) bağlı olarak yaklaşık hesabı mümkündür:

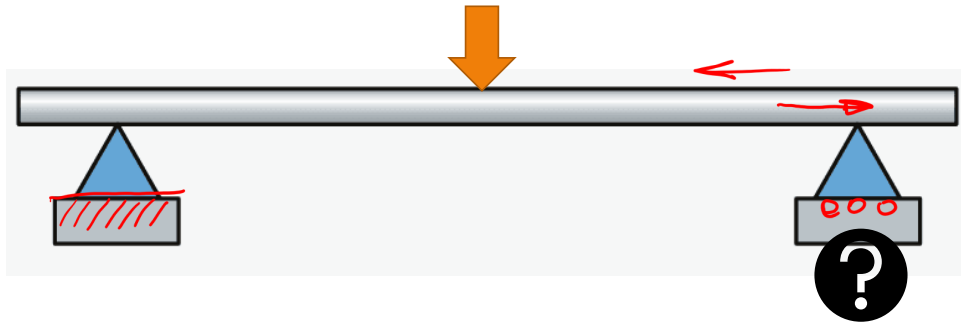
$$M_S = \mu \cdot F \cdot \frac{d}{2} \quad (18.16)$$

(μ : Sürtünme katsayısı, F: Yatağa gelen kuvvet, d: Mil çapı).

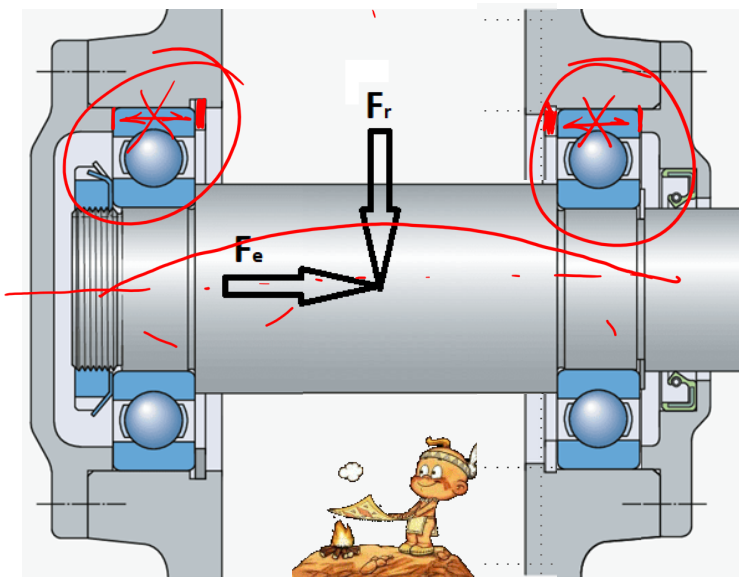
Sürtünme diğer makine elemanlarında olduğu gibi rulmanlarda da ısınma ve aşınmaya neden olur. Rulmanın türü, büyüklüğü, devir sayısı, yük ve nihayet yağın özellikleri ve miktarı sürtünmeyi etkileyen temel faktörlerdir.

Yatak tipi	Sürtünme katsayısı	Yatak tipi	Sürtünme katsayısı
Sabit bilyalı rulmanlar	0,0015	İğneli rulmanlar	0,0025
Oynak bilyalı rulmanlar	0,0013	Oynak makaralı rulmanlar	0,0020
Eğik bilyalı, tek sıra	0,0020	Konik rulmanlar	0,0018
Eğik bilyalı çift sıra	0,0024	Eksenel bilyalı	0,0015
Dört nokta yatakları	0,0024	Eksenel oynak makaralı	0,0020
Silindirik makaralı	0,0013	Eksenel silindirik makaralı	0,0040
Silindirik makaralı, kafessiz	0,0020	Eksenel iğneli	0,0050

YATAK DÜZENLEMELERİ



YATAK DÜZENLEMELERİ

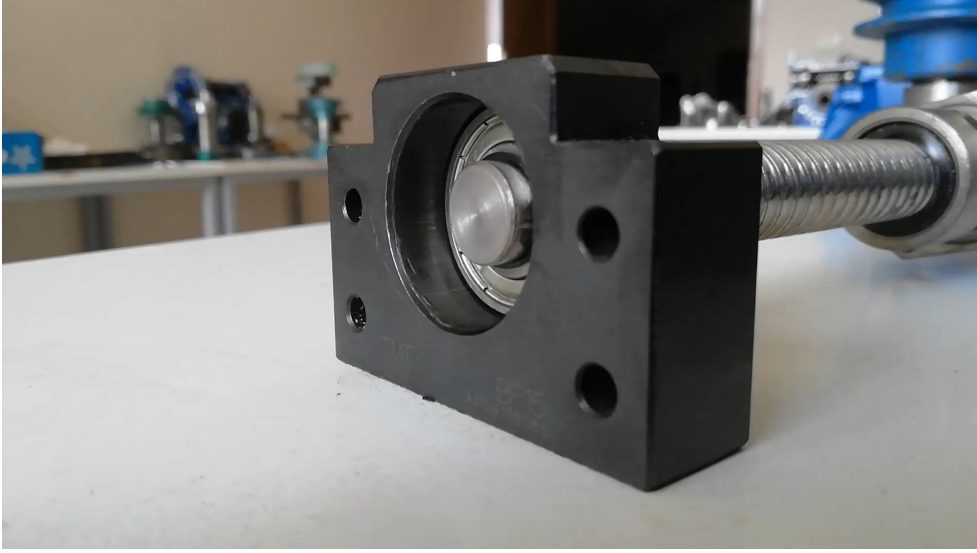


ilave aksenal kuvvet

$$F_{ilave} = c \cdot \Delta l$$

$$\frac{E \cdot A}{l} \quad \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

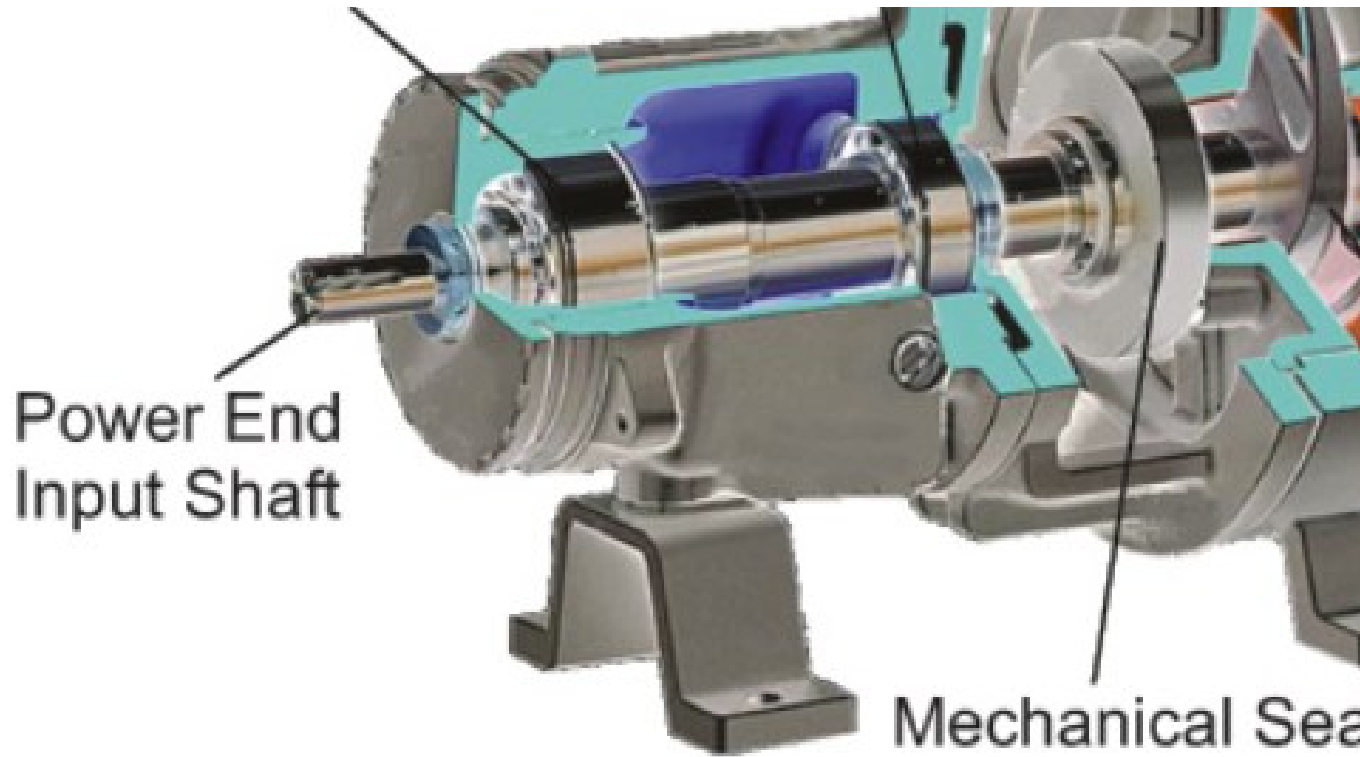
YATAK DÜZENLEMELERİ



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

87

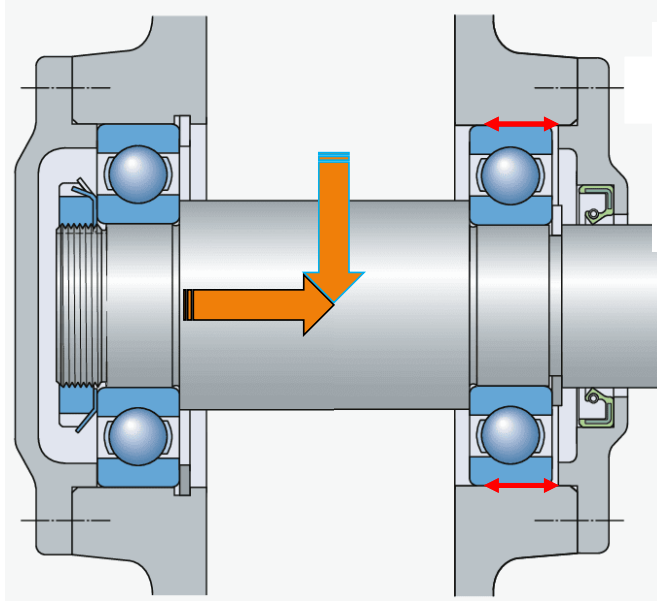


14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

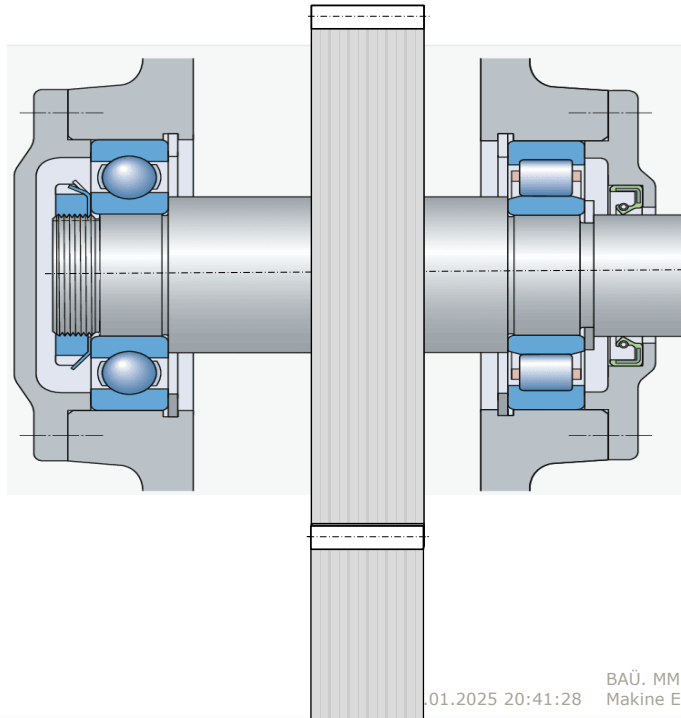
88

Eksenel yükü hangi yatak taşımaktadır

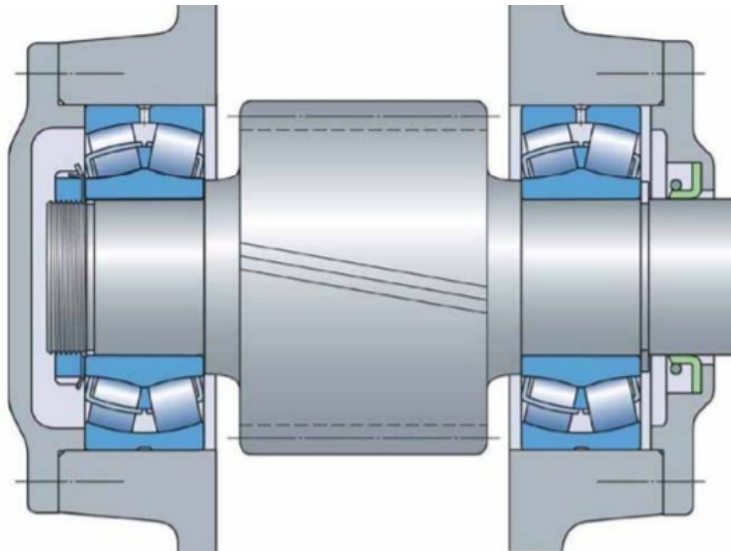
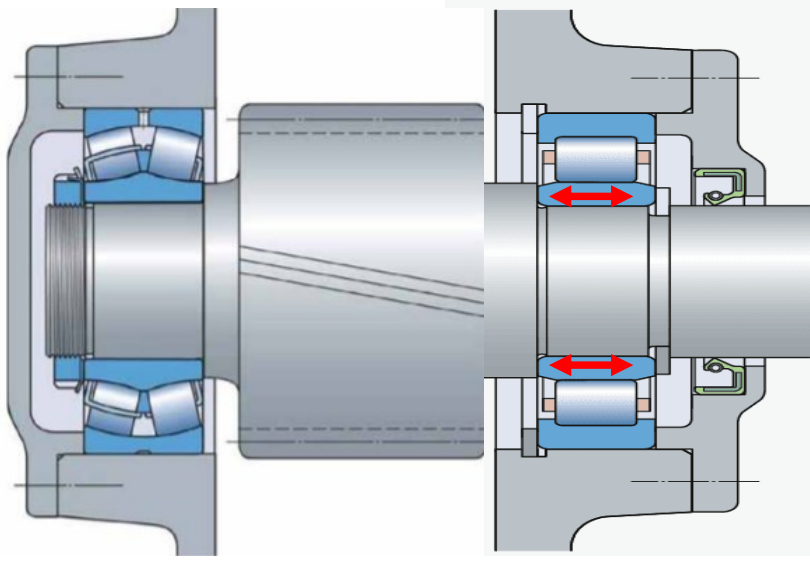


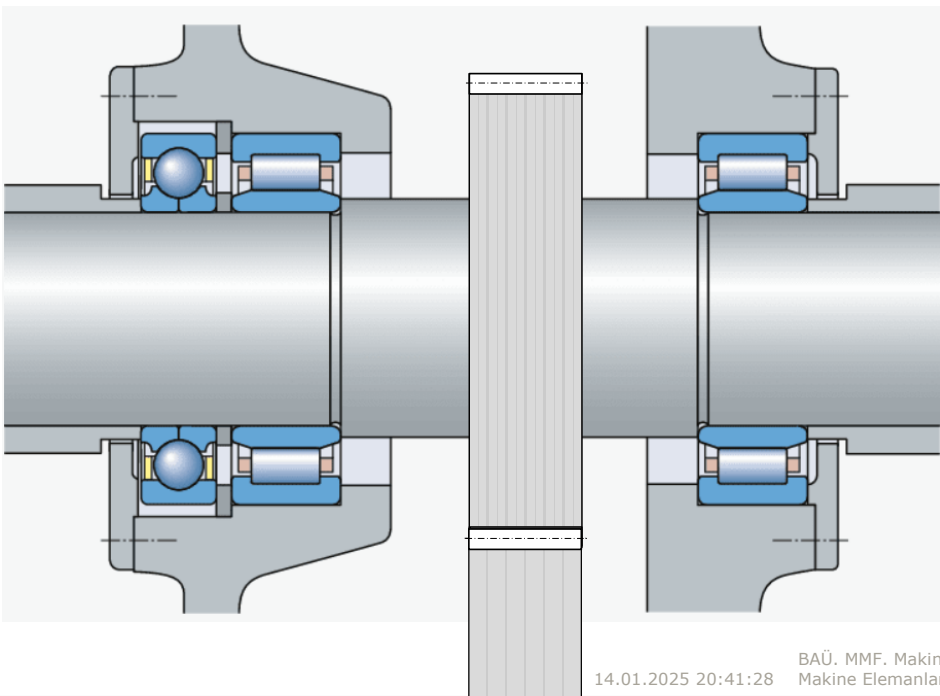
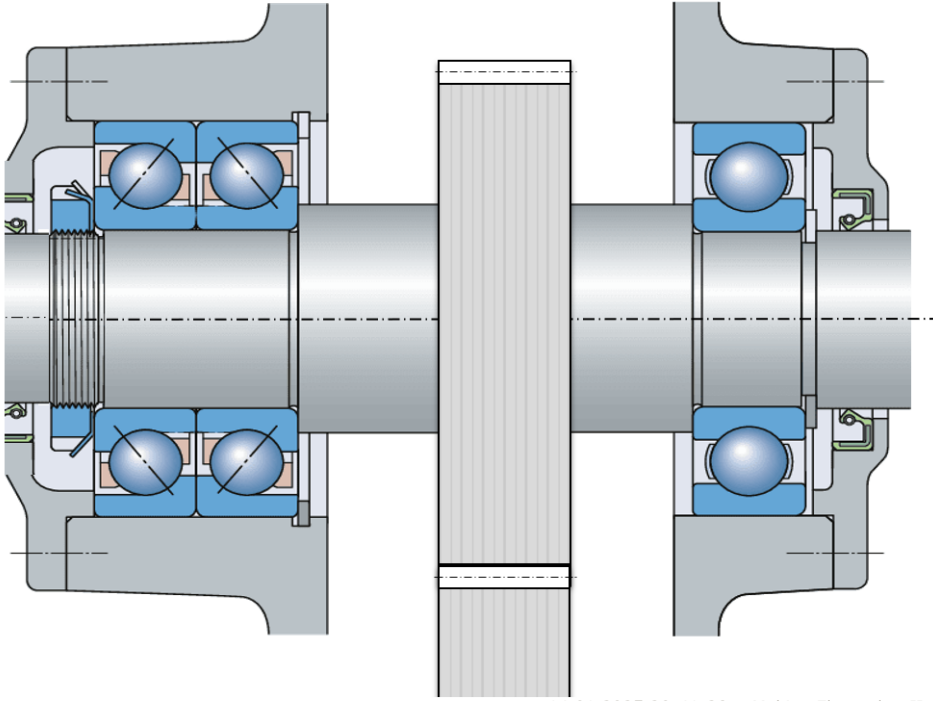
$$F_{ilave} = ?$$

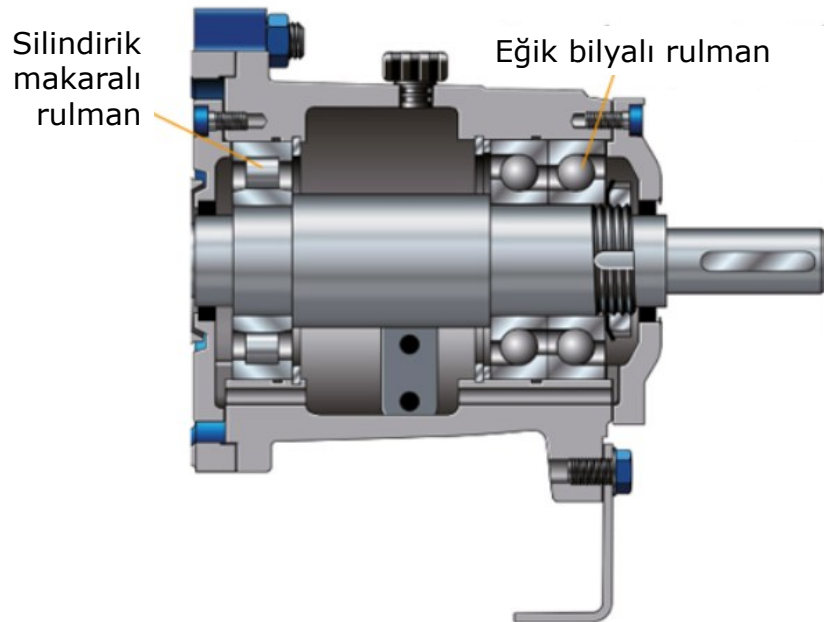
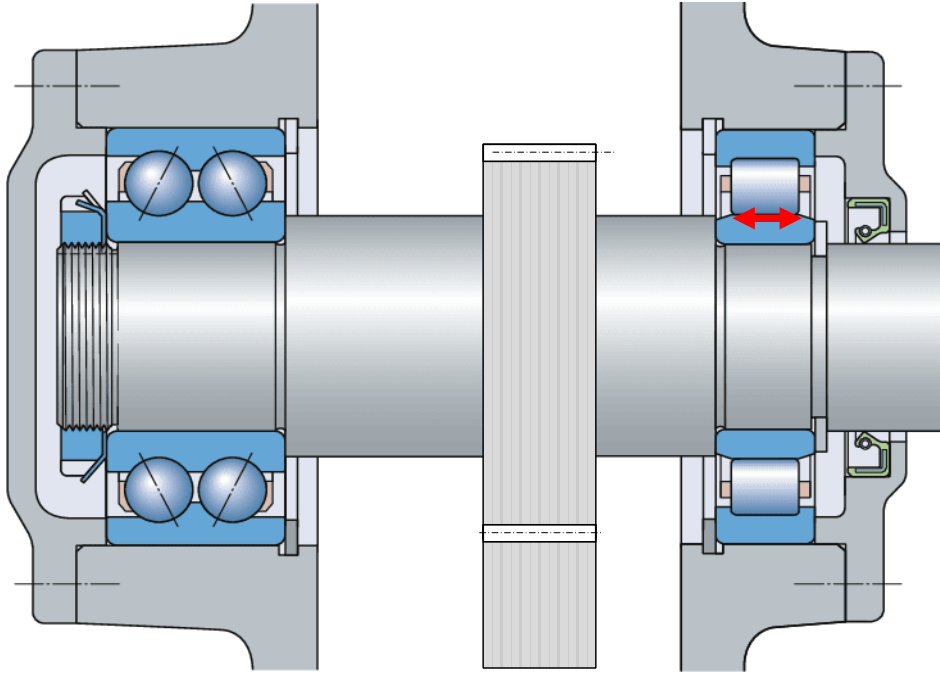
Eksenel yükü hangi yatak taşımaktadır



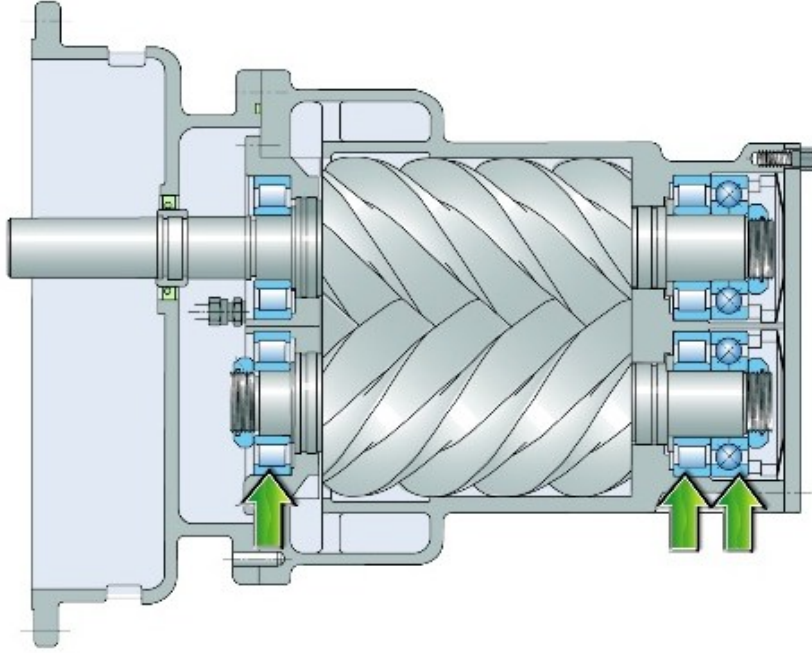
Eksenel yükü hangi yatak taşımaktadır





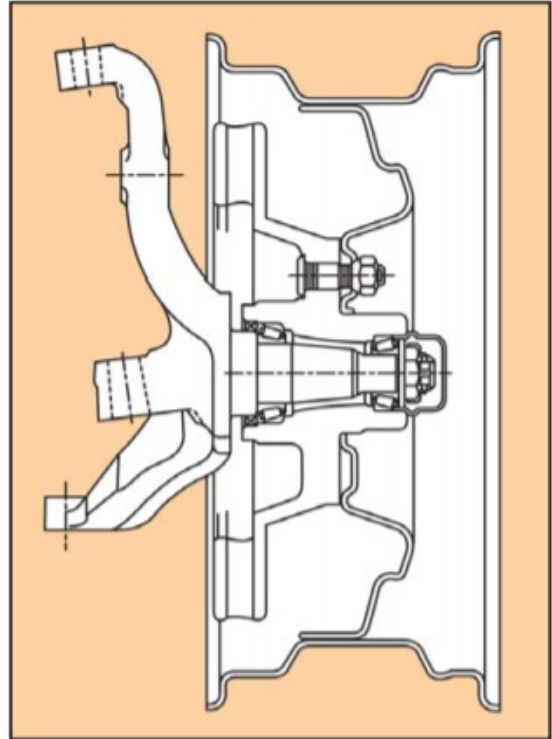
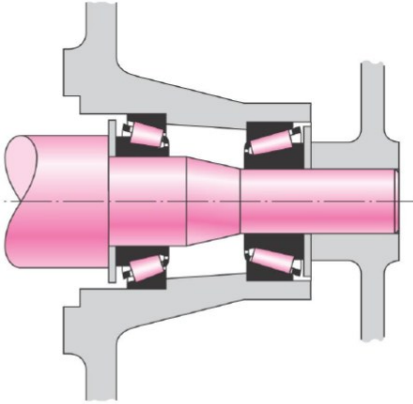


Vidalı Kompresör



14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

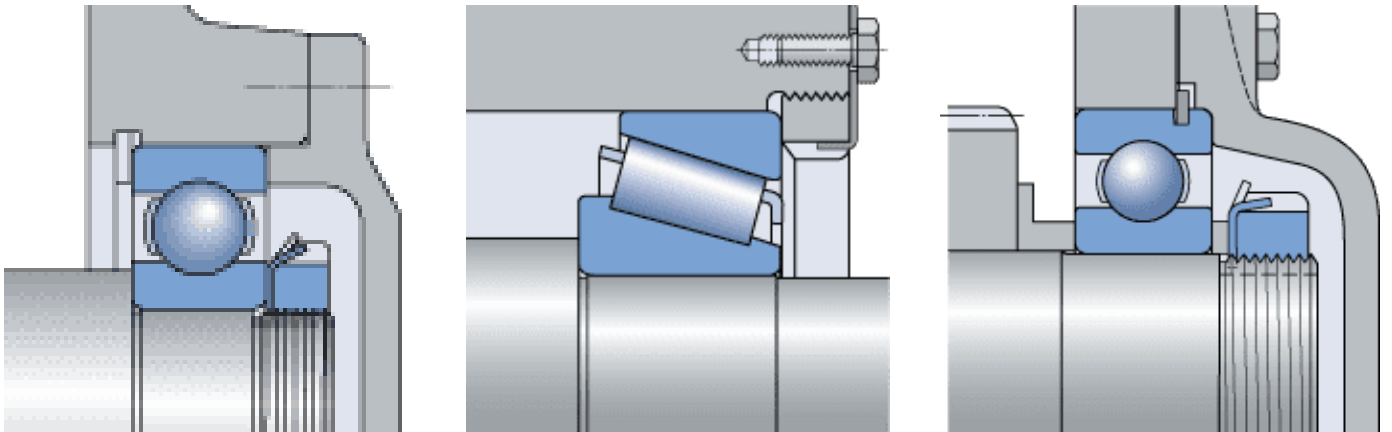
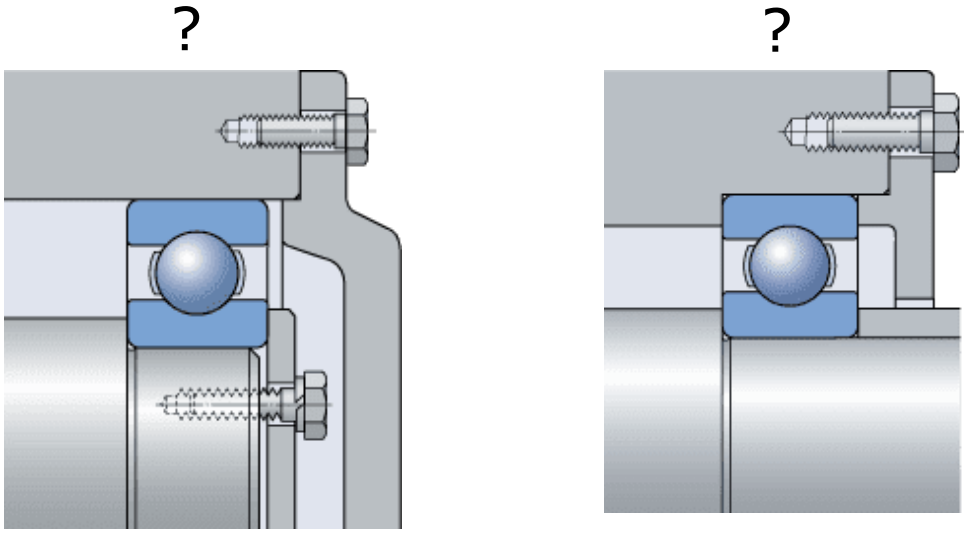
97

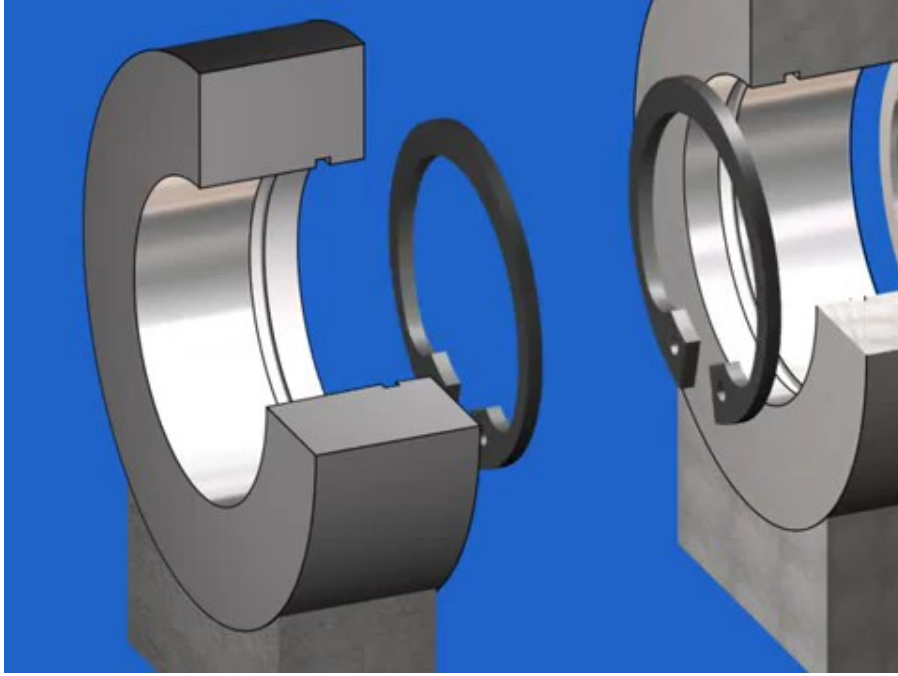


14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

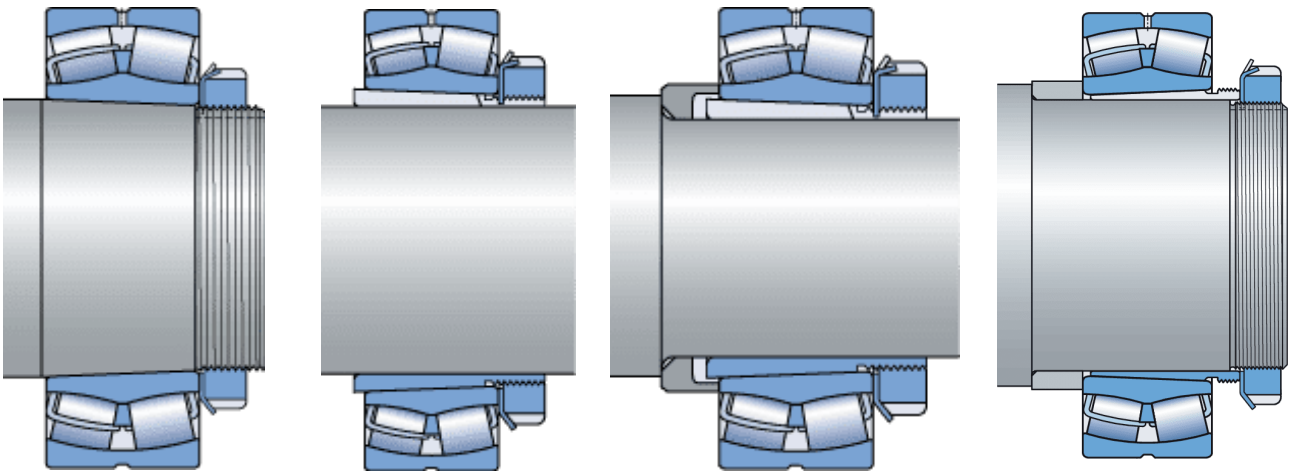
98

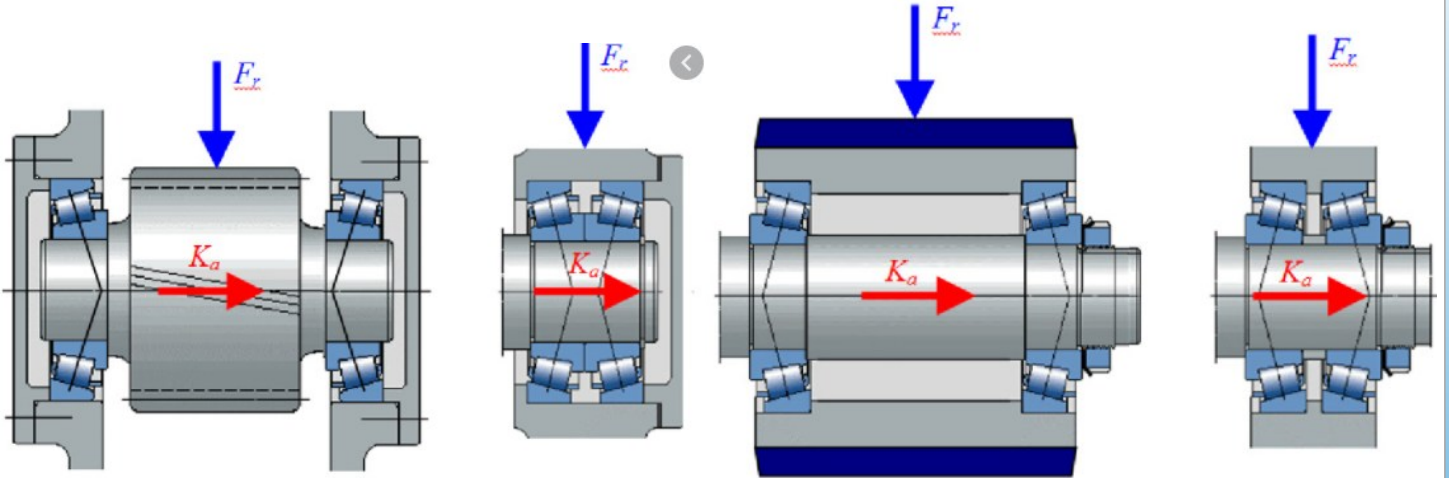
Rulmanlı Yatakları Eksenel Yönde Sabitleme Yöntemleri



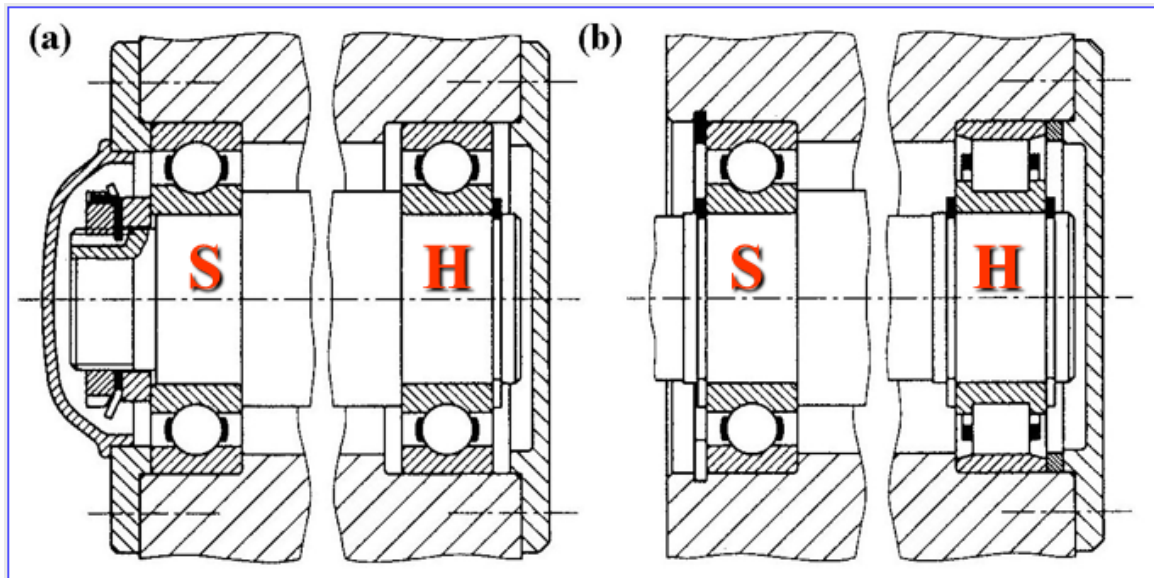


Konik Delikli Rulmanların Eksenel Hareketinin Kısıtlanması

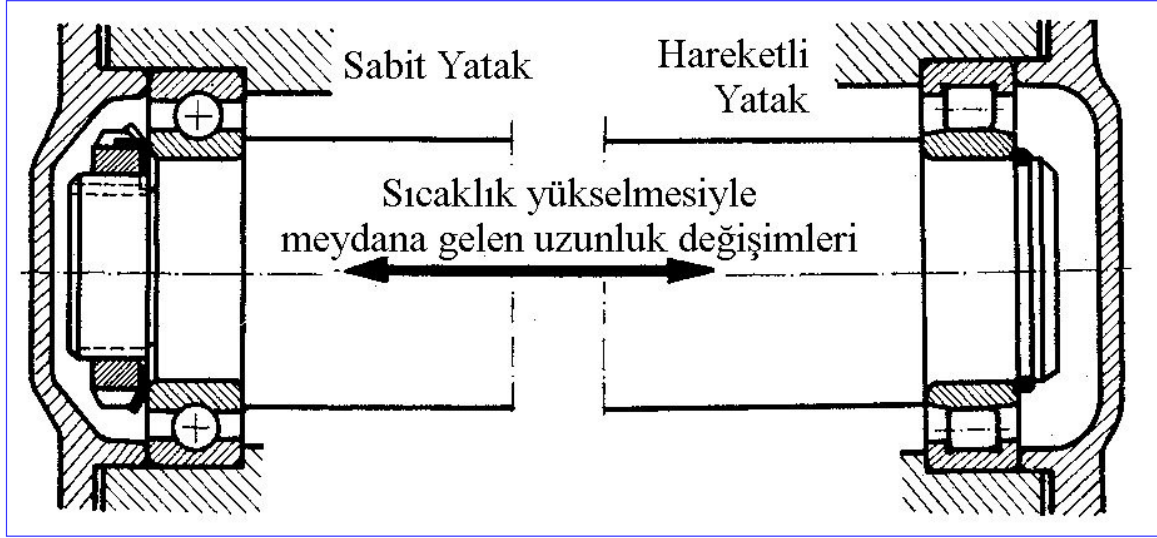




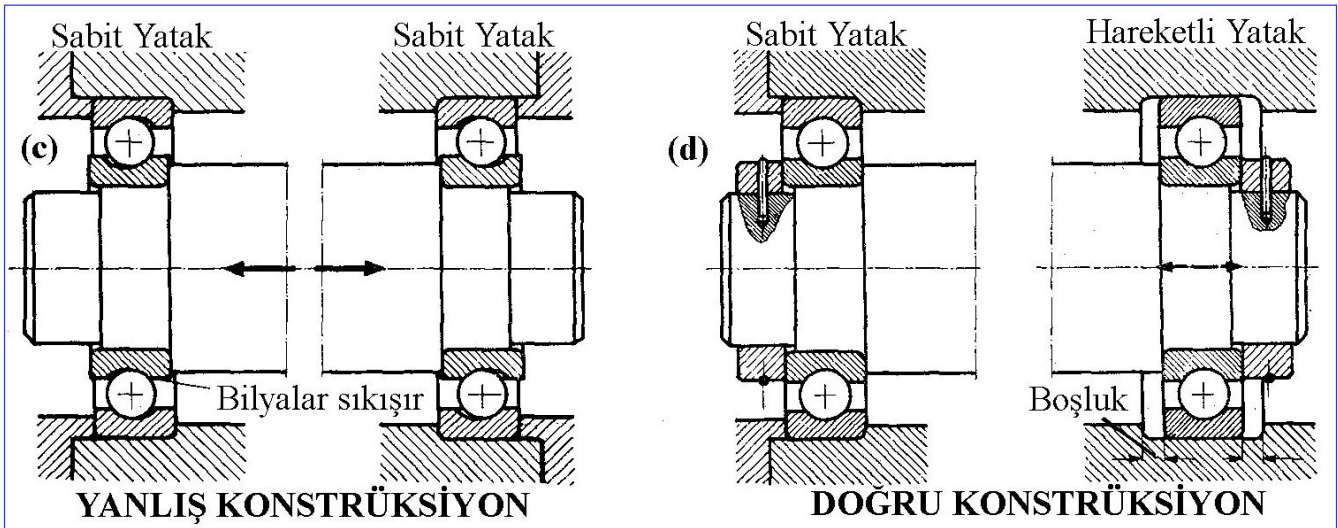
YATAK DÜZENLEMELERİ

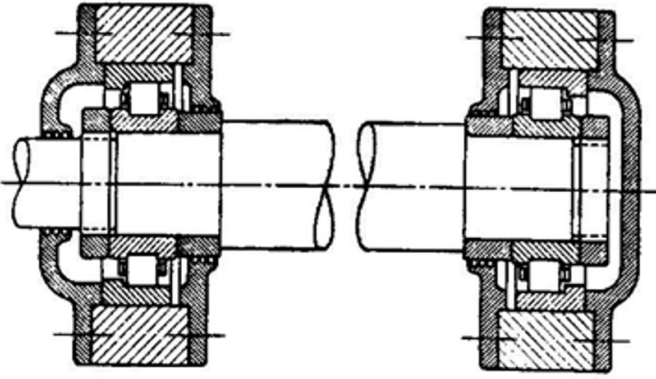


YATAK DÜZENLEMELERİ

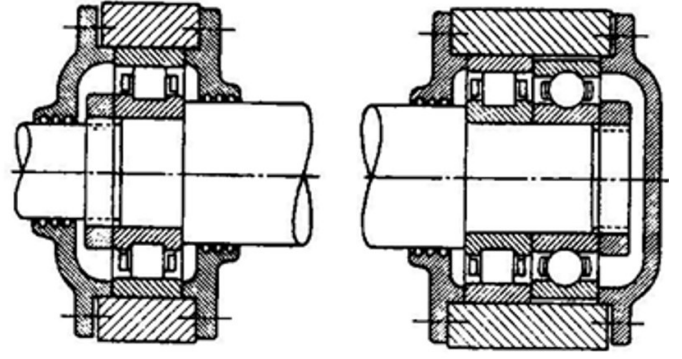


YATAK DÜZENLEMELERİ





**Omuzlu Makaralı Rulmanlar ile Destek Yatak
Konstrüksiyonu**



Serbest yatak

Sabit yatak

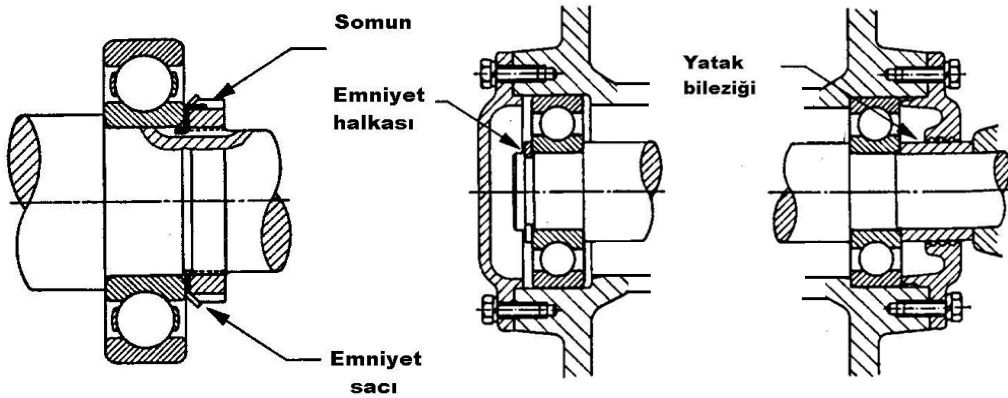
**Eksenel kuvvetin 4 nokta yatağı tarafından
taşındığı yataklama konstrüksiyonu**

14.01.2025 20:41:28

BAÜ, MMF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

107

Destek yatak düzeninde mildeki ikitaşır. Basit ve ucuz oluşu, eksenel yatağın her biri bir yönde eksenelyöndeki boşluğun ayarlanabilmesi bu kuvvet ve her ikisi de radyal kuvvetyatak düzenini kullanışlı kılmaktadır

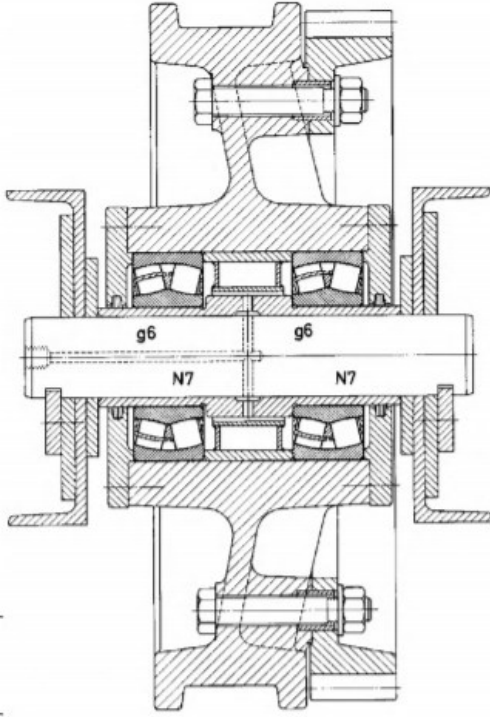


Bir yatak bileziğinin eksenel tespiti için sıkı bir geçme ancak eksenel kuvvetlerin iletilmemesi halinde yeterli olabilir. Diğer bütün durumlarda uygun bir eksenel tespit gereklidir.

14.01.2025 20:41:28

BAÜ, MMF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

108

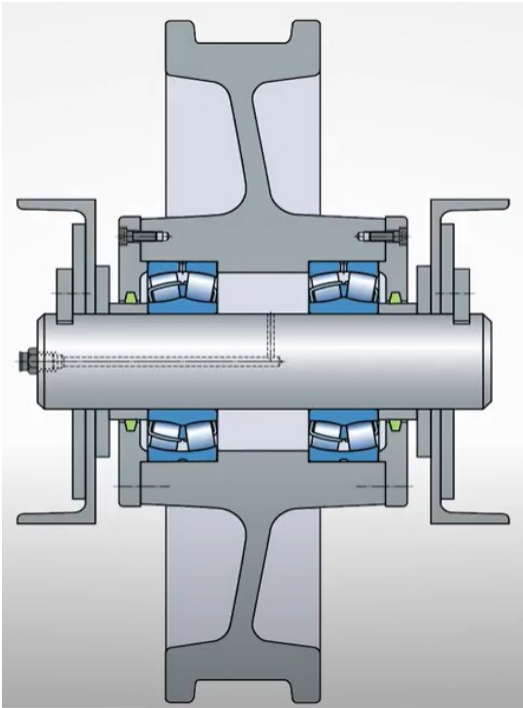


Bir krenin tahrikli teker yataklaması

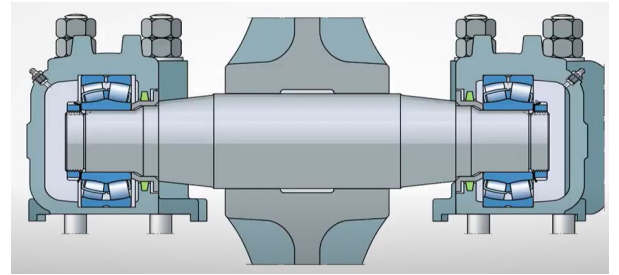
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

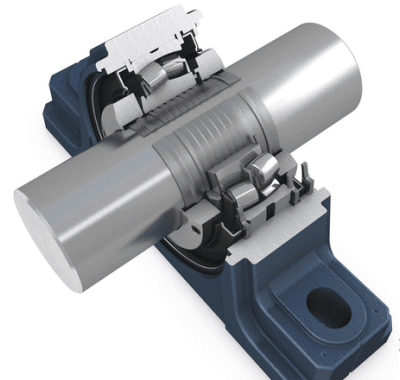
109



Bir krenin serbest teker yataklaması

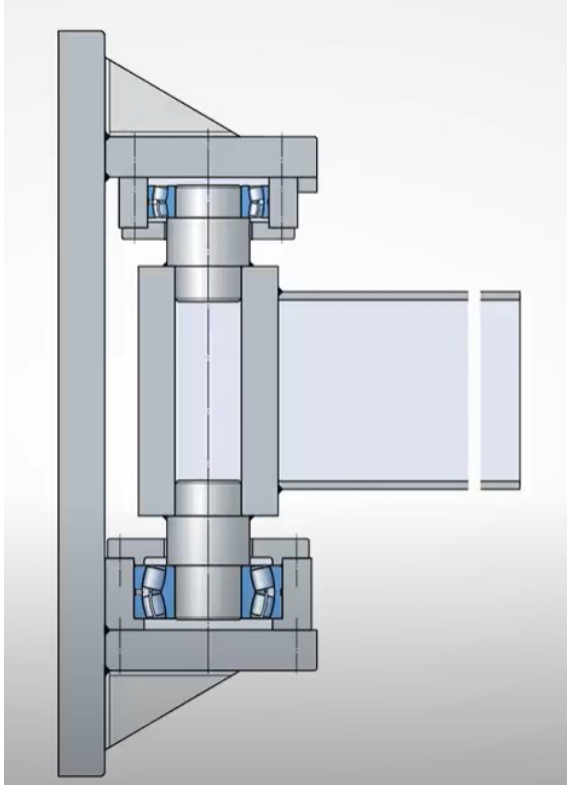


Yatak yuvası kullanarak yataklama



14.01.2025 20:

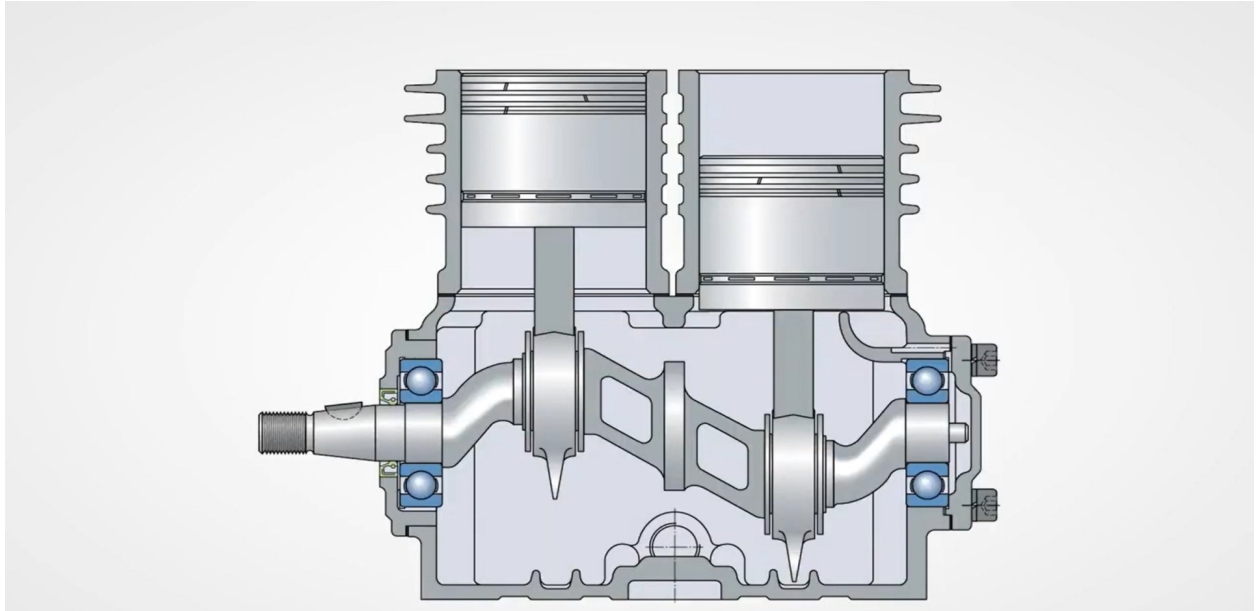
110



Pergel vinci yataklaması

2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

111



krank mili yataklaması

14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

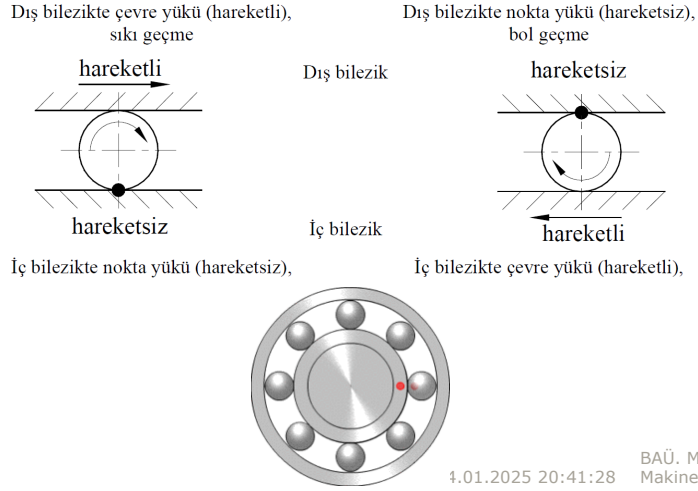
112

17.04.2023

NOKTA YÜKÜ-ÇEVRE YÜKÜ

Çevre yükü: Bileziklerden birinin bir dönüşünde tüm çevresinin eşit oranda yüklenmesi durumudur. Bu durum bilezik dönerken yükün sabit kalması veya bileziğin sabit yükün dönmesi hallerinde meydana gelir.

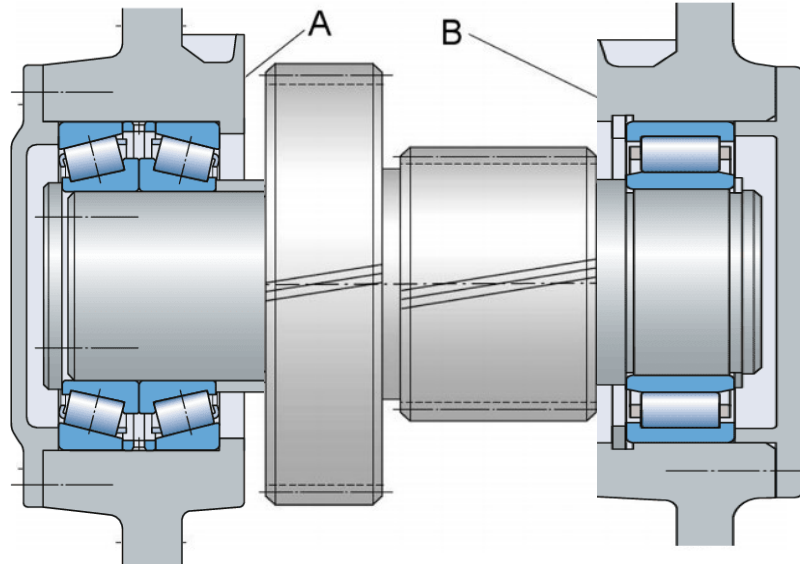
Nokta yükü Hem yükün, hem bileziğin sabit veya hareketli olması hallerinde bileziklerin hep aynı noktası yüklenmekte, bu da o noktanın kısa zamanda bozulmasına neden olmaktadır.



4.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

113

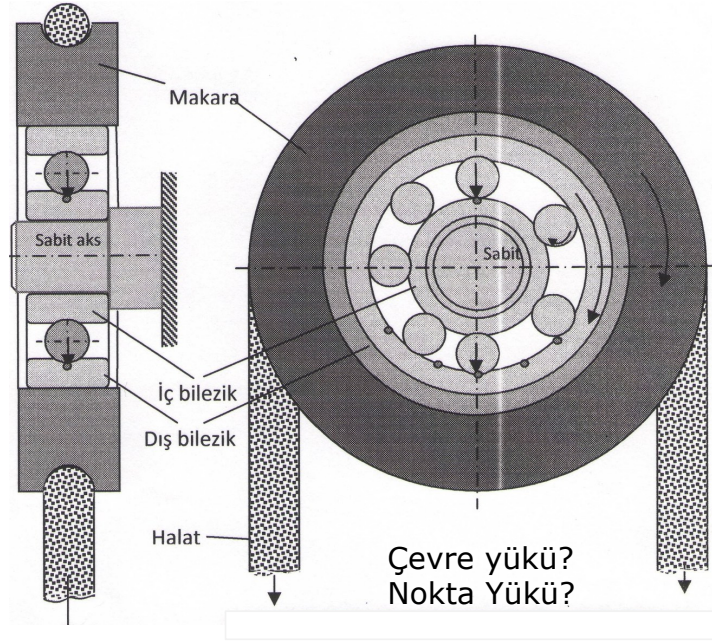


Çevre Yükü?
Nokta Yükü?

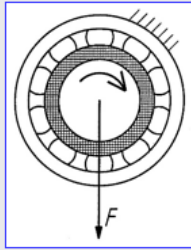
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

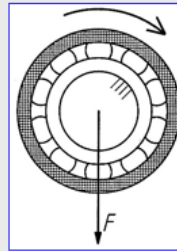
114



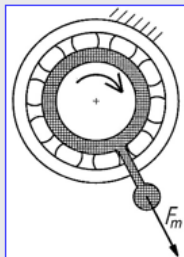
Bileziklerin Radyal yönde bağlanması için Tolerans Seçimi



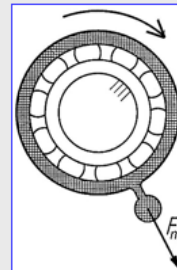
Dış Bilezik Sabit
İç Bilezik Dönüyor
Yük Yönü Sabit
İç Bilezik için **Çevre Yükü**
Dış Bilezik için **Nokta Yükü**



Dış Bilezik Dönüyor
İç Bilezik Sabit
Yük Yönü Sabit
İç Bilezik için **Nokta Yükü**
Dış Bilezik için **Çevre Yükü**

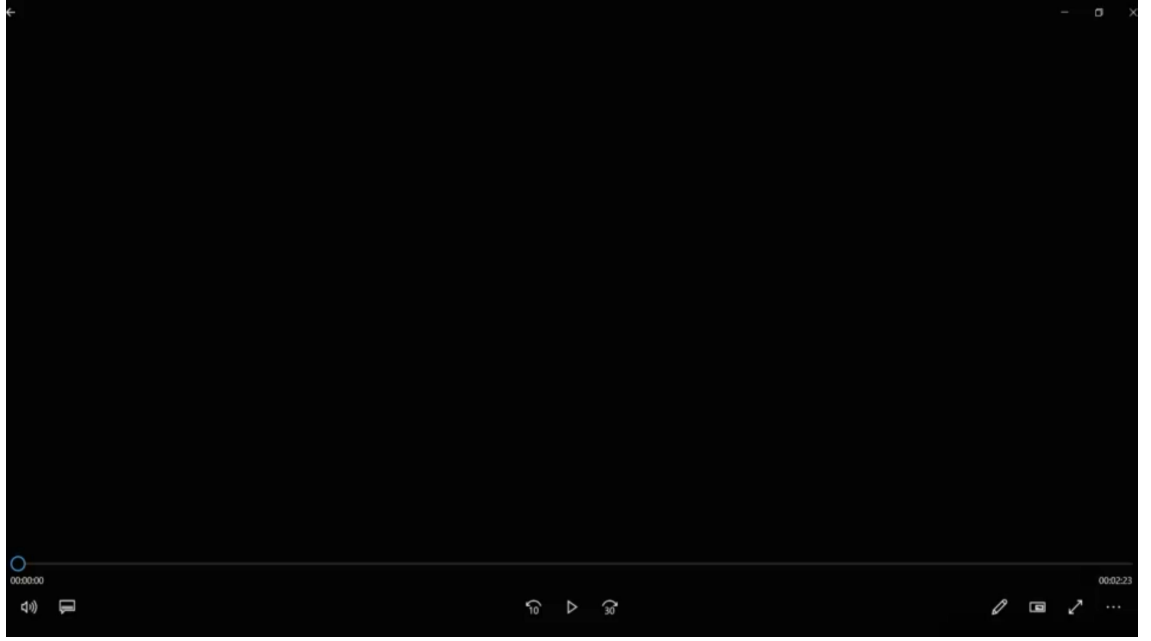


Dış Bilezik Sabit
İç Bilezik Dönüyor
Yük İç Bilezikle Aynı
Hızla Dönüyor
İç Bilezik için **Nokta Yükü**
Dış Bilezik için **Çevre Yükü**



Dış Bilezik Dönüyor
İç Bilezik Sabit
Yük Dış Bilezikle Aynı Hızla
Dönüyor
İç Bilezik için **Çevre Yükü**
Dış Bilezik için **Nokta Yükü**

Rulman Boşluk Sınıfları



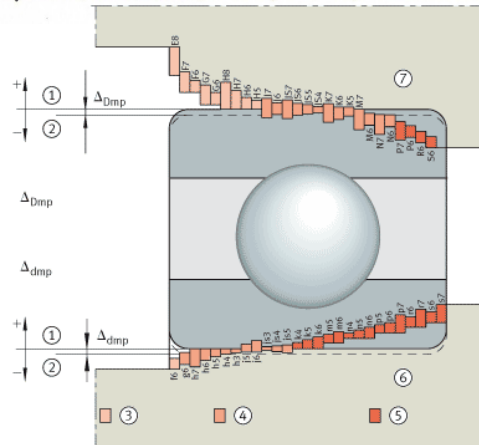
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

117

RULMANLI YATAKLARDA TOLERANS VE GEÇMELER

İç ve dış bileziğin mil ve gövdedeki yuvaya tespitinde, temas yüzeyleri arasındaki geçme durumları (boşluklu, sıkı...) yatağın çalışmasını önemli ölçüde etkiler. Geçmelerin çok sıkı olması yatakta kasılma meydana getirecek, boşluklu olması ise bilezikler ve temas yüzeyleri arasında korozyona ve aşınmaya sebep olacaktır. Geçme durumlarının tayininde, bileziklerin çevre veya nokta yükü alması halleri de belirleyici bir etkidir.



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

118

Rulman Boşluk Sınıfı Seçimi

Normal boşluklu rulman siparişinde tedarikçiye ek bir bilgi verilmesi gerekmez. Ancak normalden daha fazla veya daha az boşluklu rulman ihtiyacı varsa bu rulmanın tip numarası ile birlikte tedarikçi firmaya boşluk miktarı bildirilmelidir. Siparişte boşluklar aşağıdaki şekilde belirtilirler;

C1 : Sıkı rulmandan daha sıkı rulman

C2 : Normal boşluklu rulmandan daha az boşluklu (sıkı) rulman

CN : Normal boşluklu(?)

C3 : Normal Boşluklu Rulmandan fazla boşluklu rulman (gevşek)

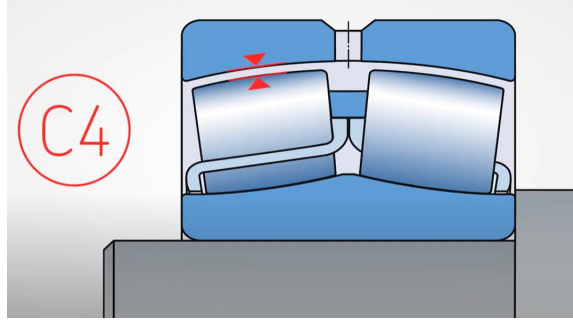
C4 : C3 boşluklu rulmandan daha fazla boşluklu (çok gevşek) rulman

C5 : C4 boşluklu rulmandan daha fazla boşluklu (çok, çok gevşek) rulman

C1, C2 boşluklu rulmanlar gürültü ve titreşimin çok az olması gereken durumlarda kullanılır. Ancak bu durumda rulman çok daha fazla ısınır. Bu nedenle düşük devirli rulmanlar için uygundur. Sıkı geçmelerde tercih edilmez.

C3,C4,C5 boşlukları yüksek devirli rulmanlarda ortaya çıkacak aşırı ısınmadan ötürü meydana gelecek termal genleşmeleri gidermek için değerlendirilirler. Aynı zamanda ortamın çok sıcak olduğu durumlarda, veya vibrasyonlu çalışma ortamlarında boşluklu rulmanlar kullanılır. Sıkı geçmelerde bu boşluk sınıfları tercih edilir.

(örnek : sıcak baca gazı ve tozlarını tahliye eden büyük çaplı fanlarda balans bozulması nedeni ile ortaya çıkacak vibrasyonlu ve sıcak çalışma koşullarında C3 veya C4 boşluklu rulman kullanılması gerekir)



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

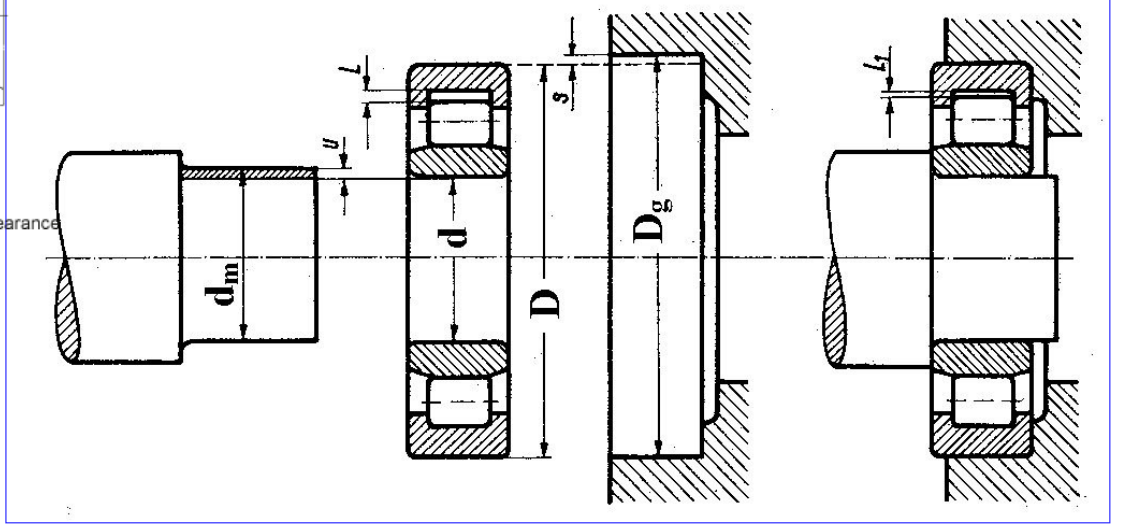
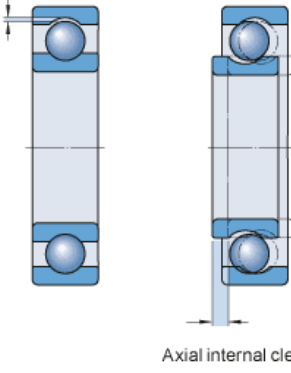
121

DOLDURMA KANALI OLMAYAN BİLYALI RULMANLARIN RADYAL BOŞLUĞU,

Delğin anma ölçüsü alanı d(mm)		C2		Normal		C3		C4		C5	
üstünd e	kadar	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	106
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120

liği Bölümü-

122



Öngerilmeli yataklamalar

- Optimal olan durum, işletme sırasında sıfıra yakın değerde bir radyal boşluktur.
- Aşağıdaki hallerde daha büyük boşluk arzu edilebilir:

- 1) Yüksek hızlı uygulamalarda sürtünme ısını azaltmak
- 2) Mil ve yatak yuvasında mevcut olabilecek form hatalarının etkisini azaltmak

Neden öngerilme?

- Ön gerilmeli yataklama ile daha rijit bir sistem elde edilebilir.
- Otomobil diferansiyelleri, takım tezgahı iş milleri, bilyalı somunlar ve bazı elektrik motorlarında ön gerilmeli yataklama tercih edilerek çalışma doğruluğu ve rijitlik önemli ölçüde arttırılır.

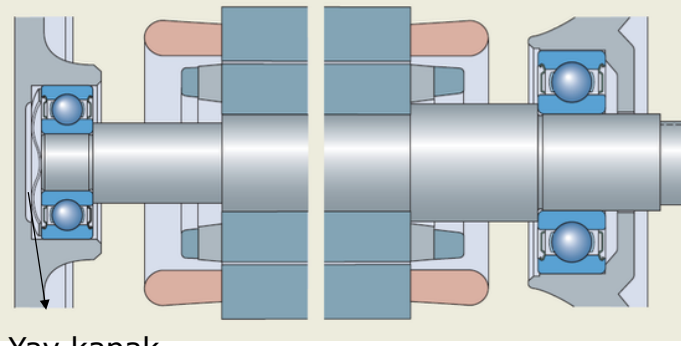


(Dakika:7:00-9:30)

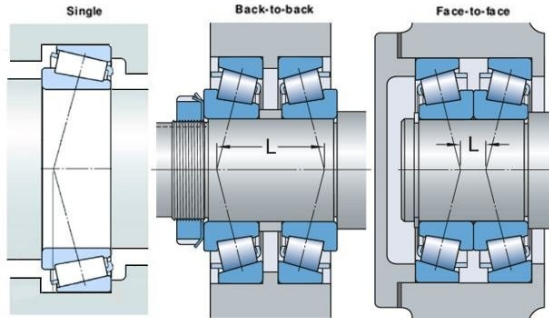
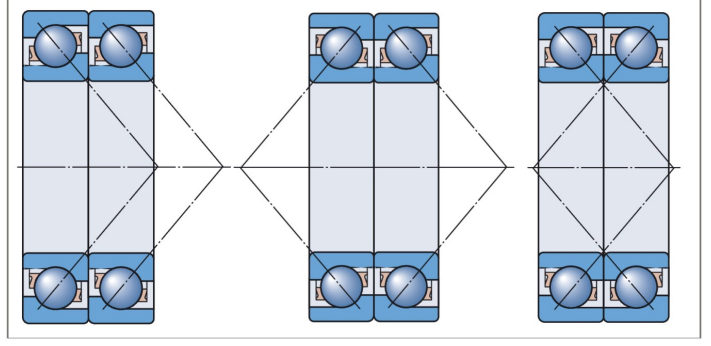
Ön gerilme oluşturma

- Ön gerilme oluşturmak için bir kaç değişik yöntem vardır:
 1. Bileziklerden birinin diğerine göre eksenel yönde kaydırılması
 2. İç veya dış bileziğin bir konik yüzey ile pozitif veya negatif yönde esnetilmesi
 3. Gereğinden büyük ölçüde bilya veya makaralarla rulmanlı yatağın yüklenmesi

Öngerilmeli yataklama sistemlerine Örnekler

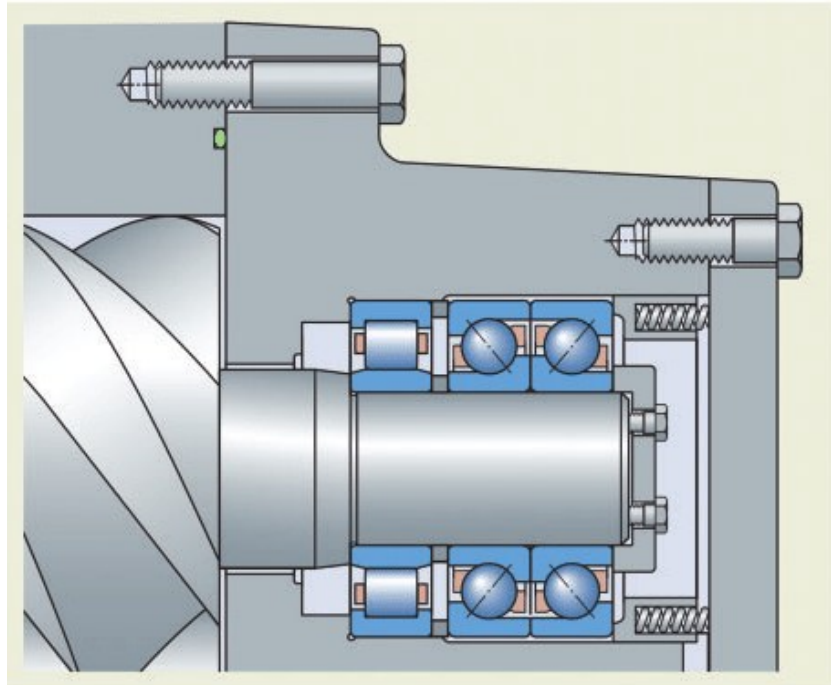


Yay kapak



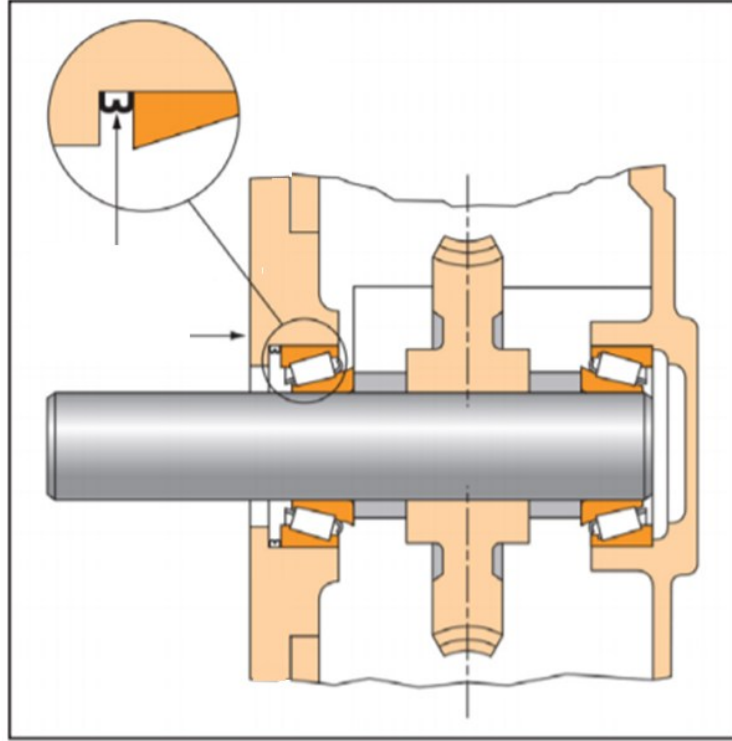
14.01.2025 20:41:28 AÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

127

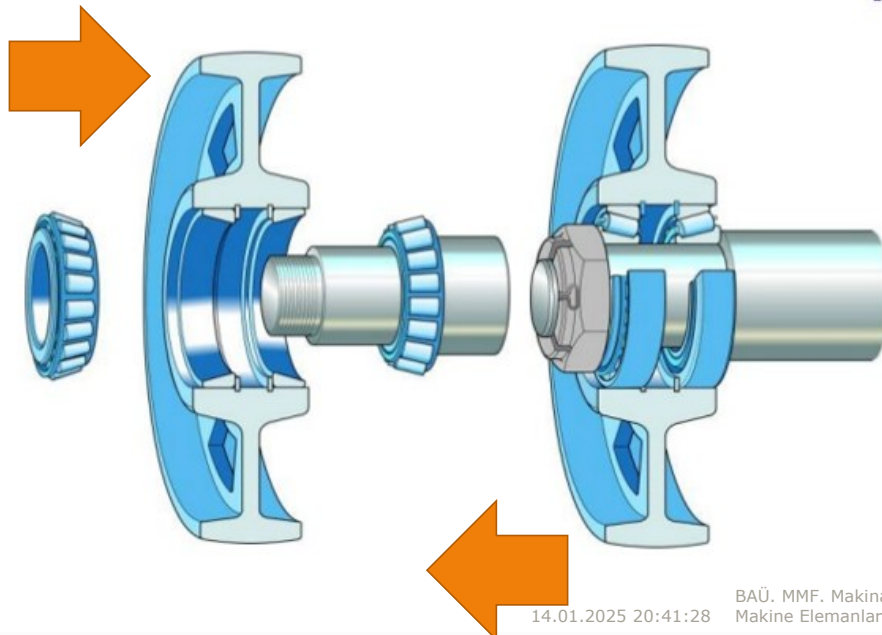


14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

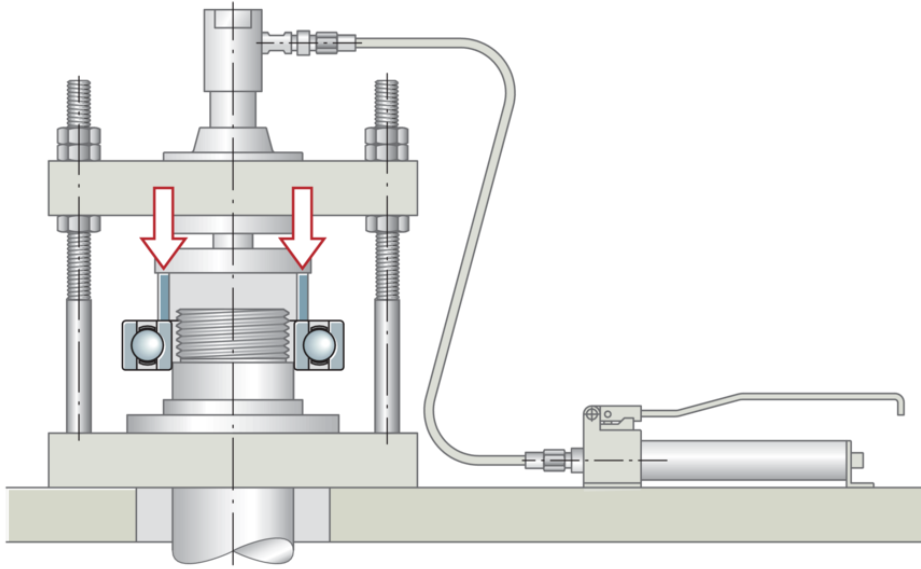
128



MONTAJ- DEMONTAJ

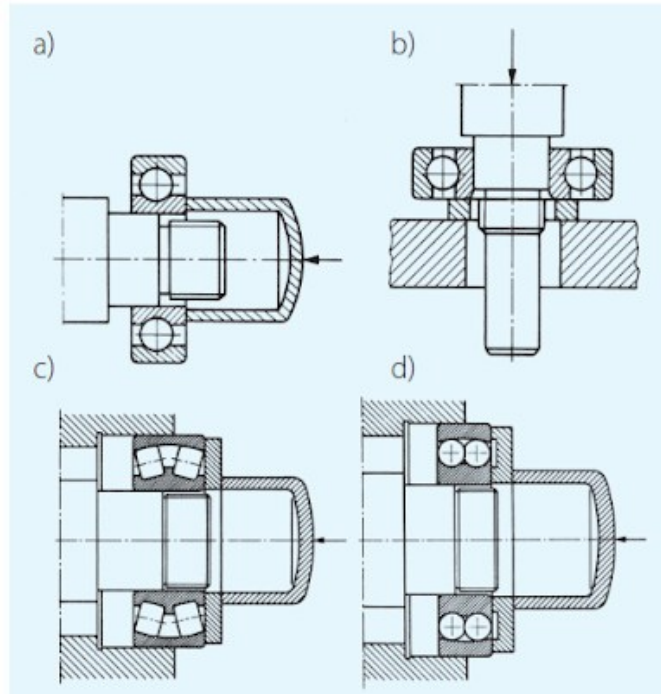


Silindirik Mıvıllarda Montaj



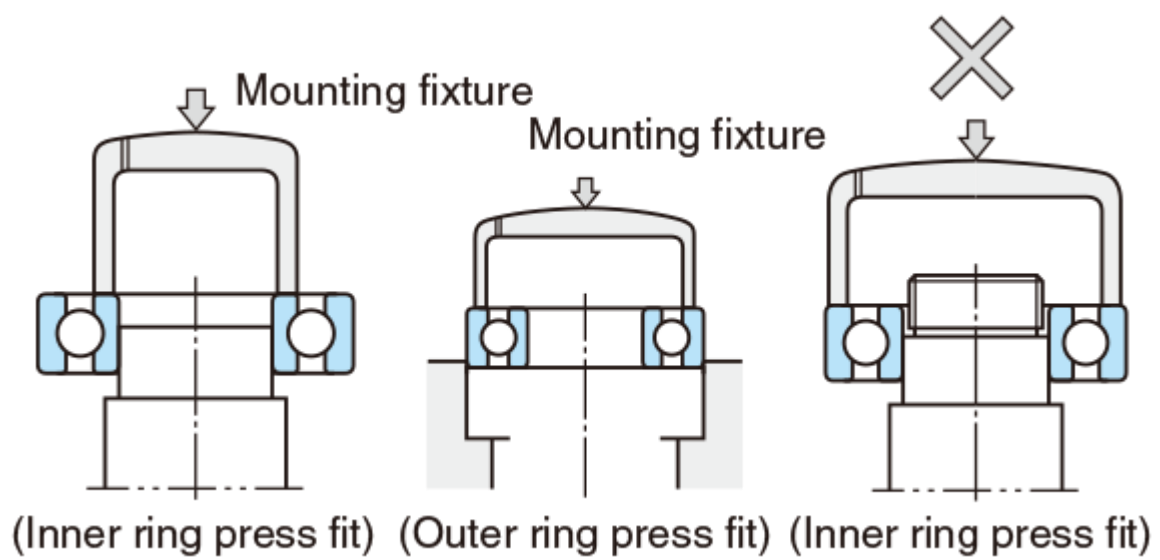
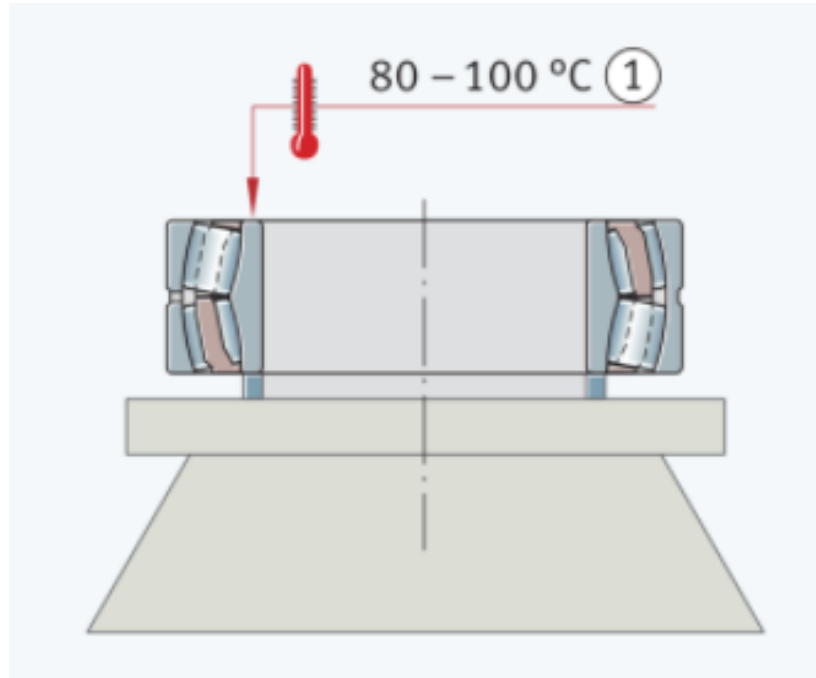
14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

131

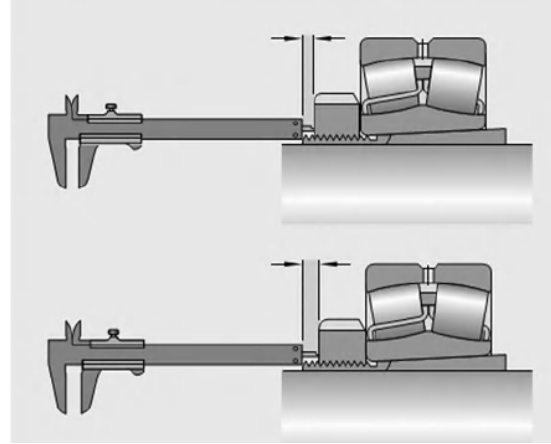
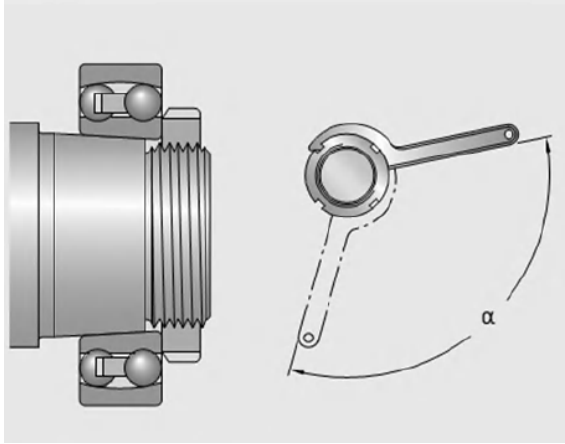


14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

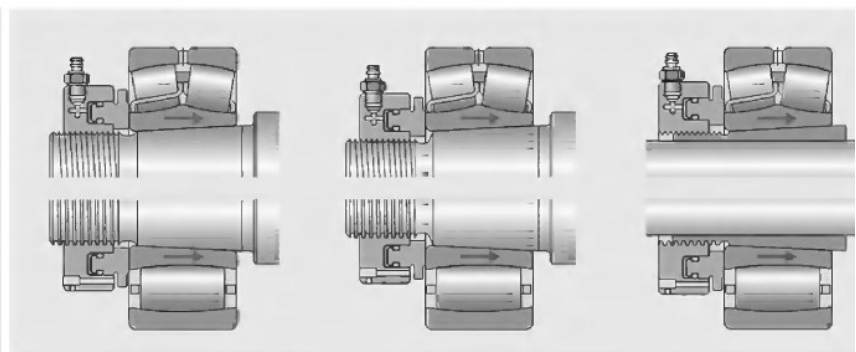
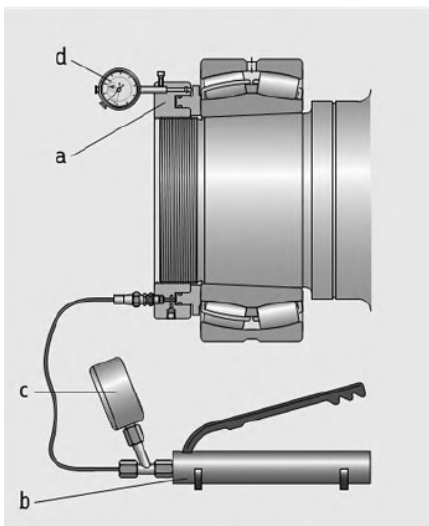
132



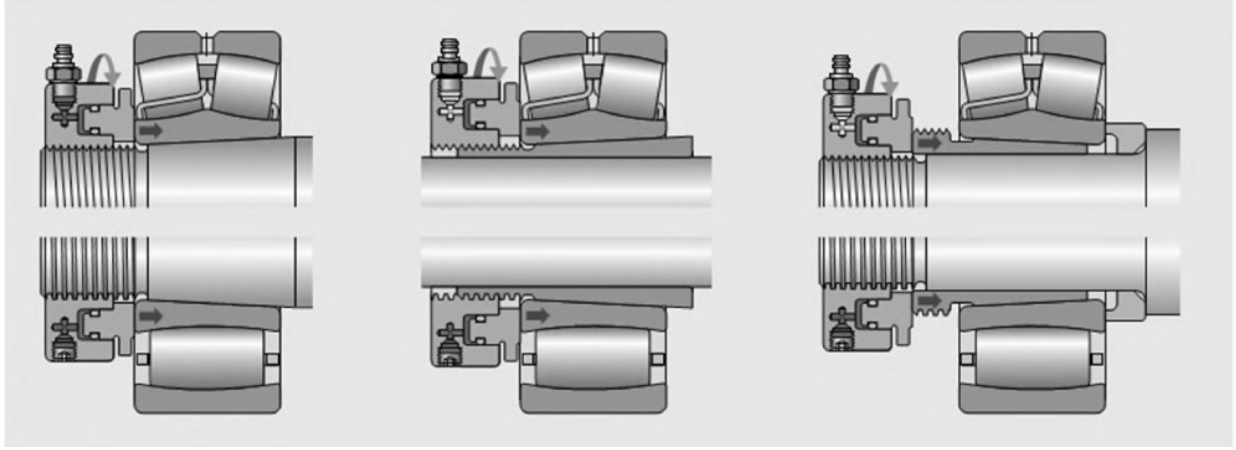
- Mekanik yöntemler (Konik muylu)



- Mekanik yöntemler (Konik muylu)



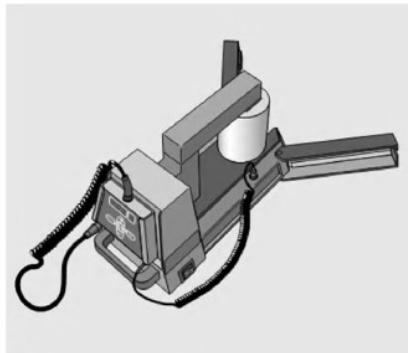
- Mekanik yöntemler (Germe ve çakma manşonlar)



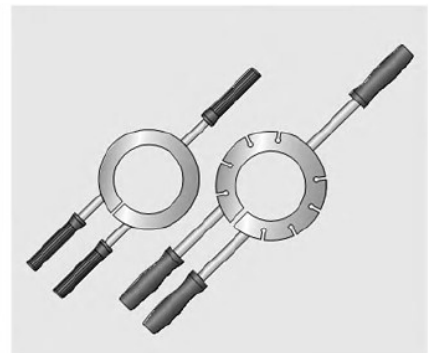
- Termal yöntemler



Isıtma plakaları



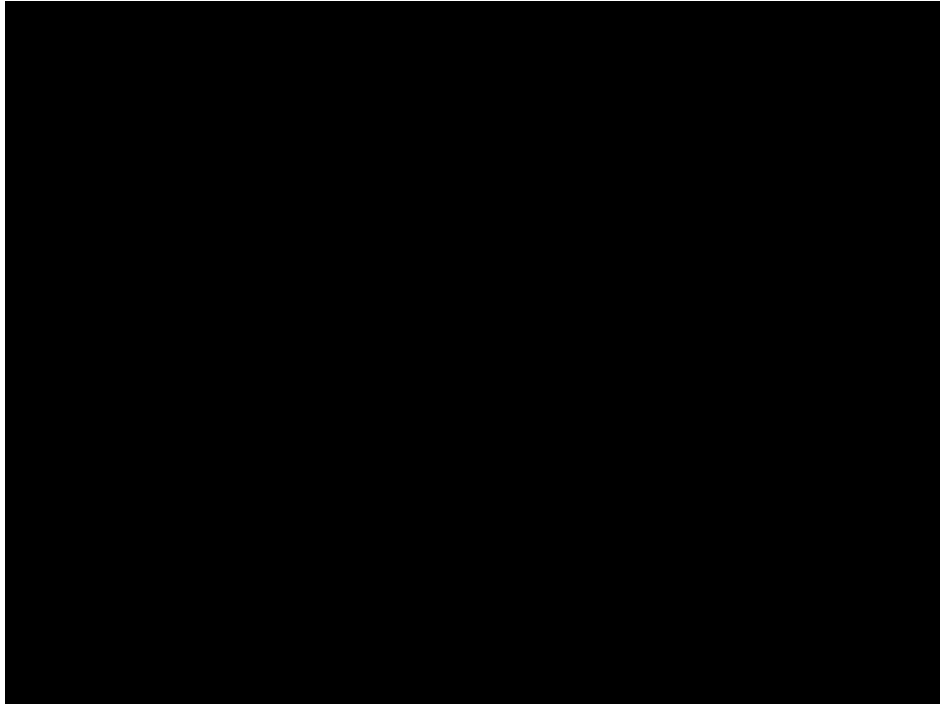
İndüksiyonlu ısıtıcı



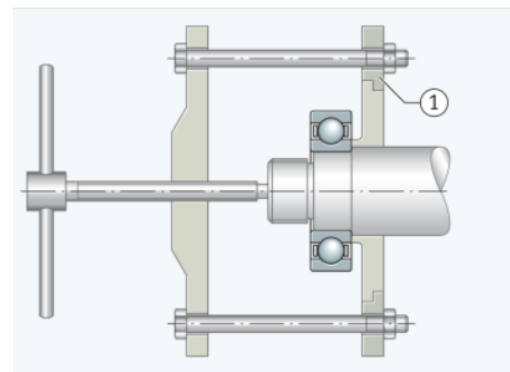
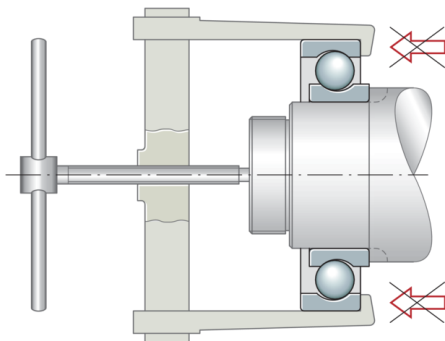
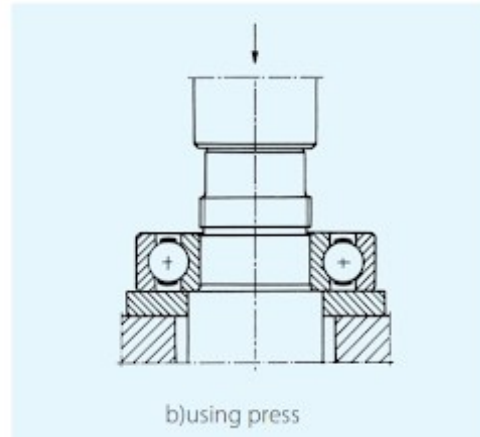
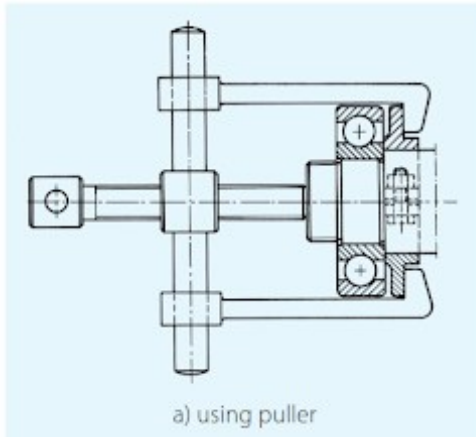
Isıtma halkaları



Mounting



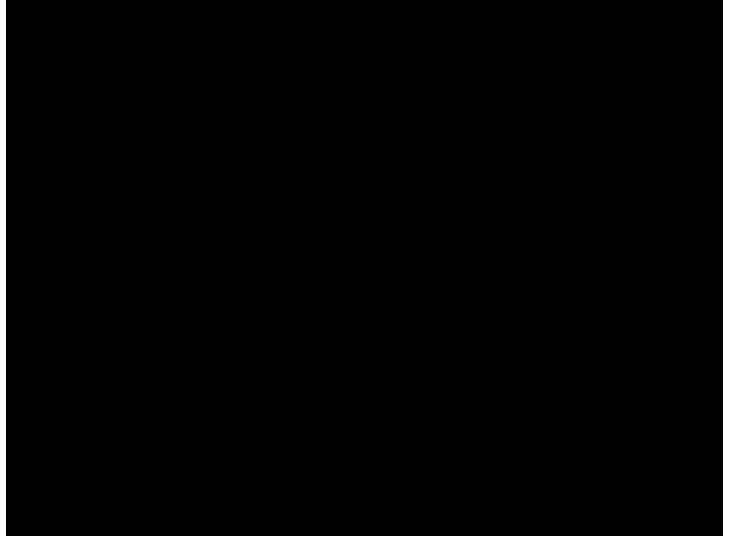
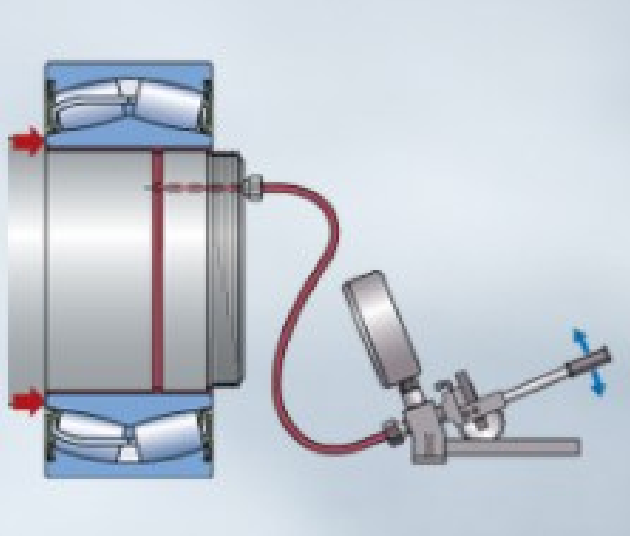
Demontaj





Dismounting

şaftı, derin oluklu bilyenin sökölmesinden yeterince kavramak için



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

145

Rulman bakımı için link



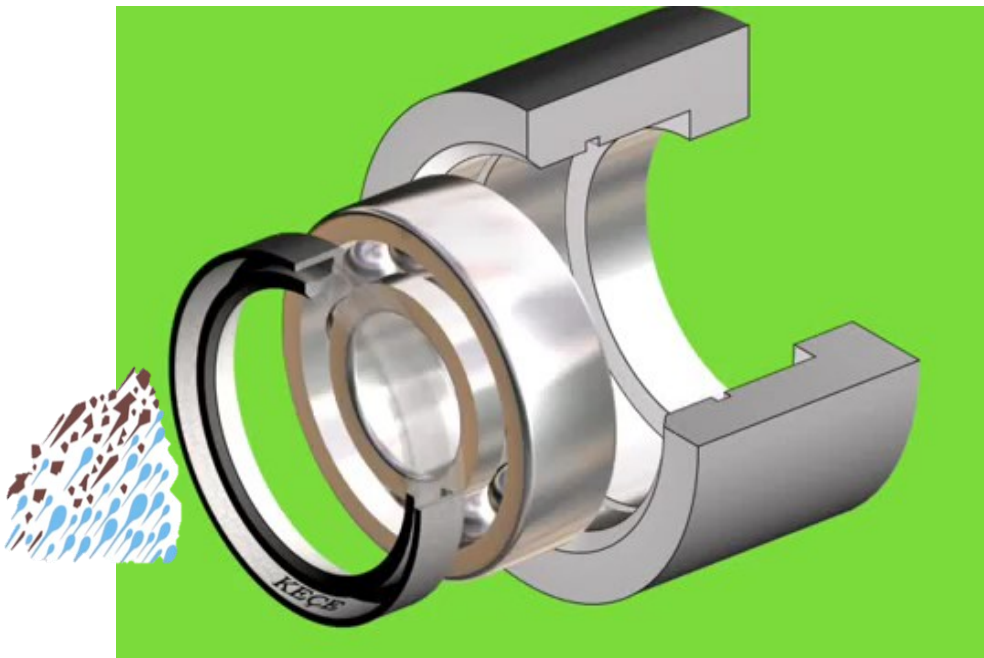
14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

146



SIZDIRMAZLIK SİSTEMLERİ

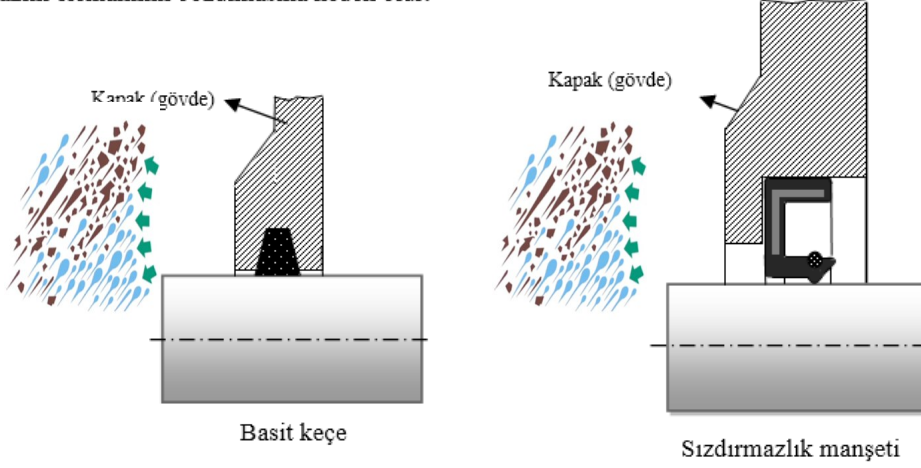


Sızdırmazlığın amacı, yatak sistemindeki yağın dışarıya akmasını ve dışarıdan toz ve pisliğin yatak içerisine girmesini önlemektir.

Sızdırmazlık sistemleri **Temaslı** ve **Temassız** olmak üzere iki çeşittir.

Temaslı Sızdırmazlık sistemleri:

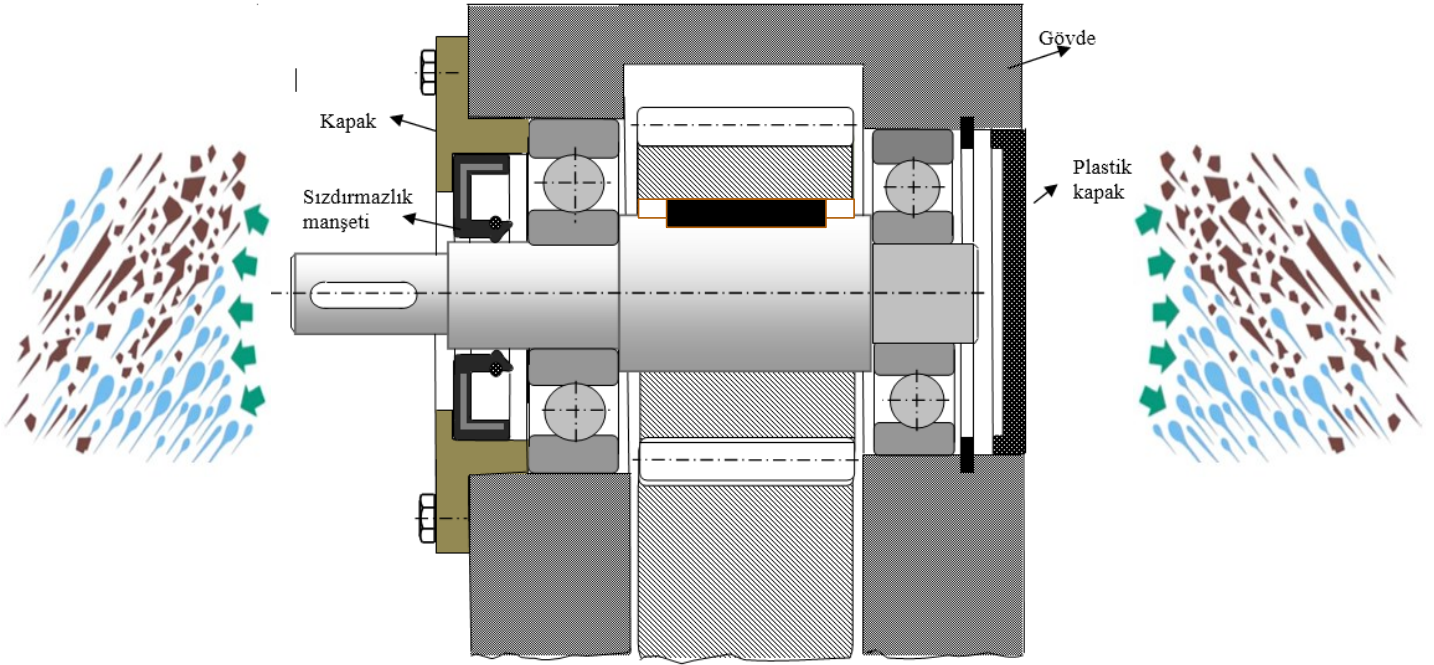
Temaslı sızdırmazlık sistemlerinin esası; mil ile kapak veya gövde arasına her ikisi ile temas halinde bulunan ve genellikle yumuşak malzemeden yapılan bir elemandan ibarettir. Daha ucuz ve basit olmasına karşılık , özellikle yüksek devirlerde sızdırmazlık elemanının mil ile olan teması, milin aşınmasına, yüksek ısı teşekkülüne ve sızdırmazlık elemanının bozulmasına neden olur.



149

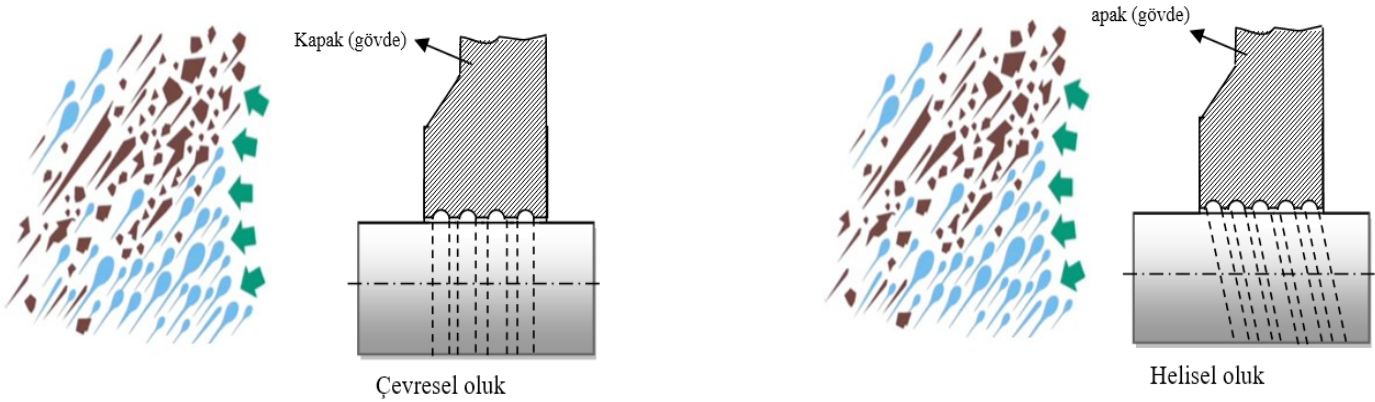


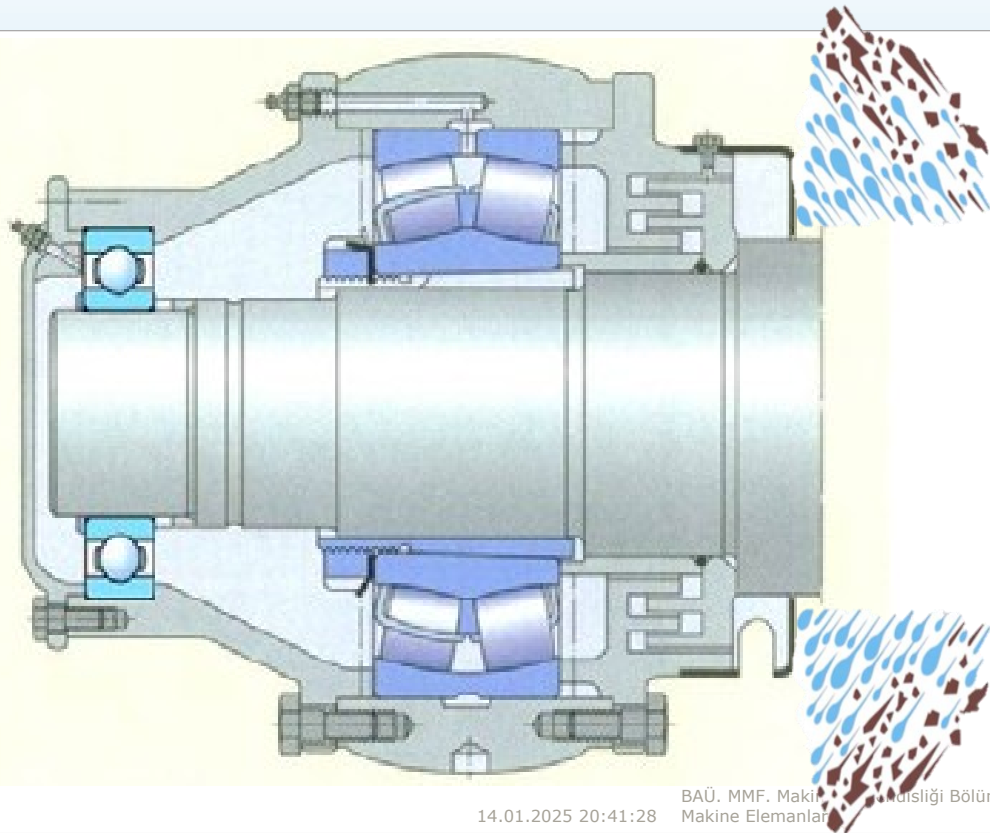
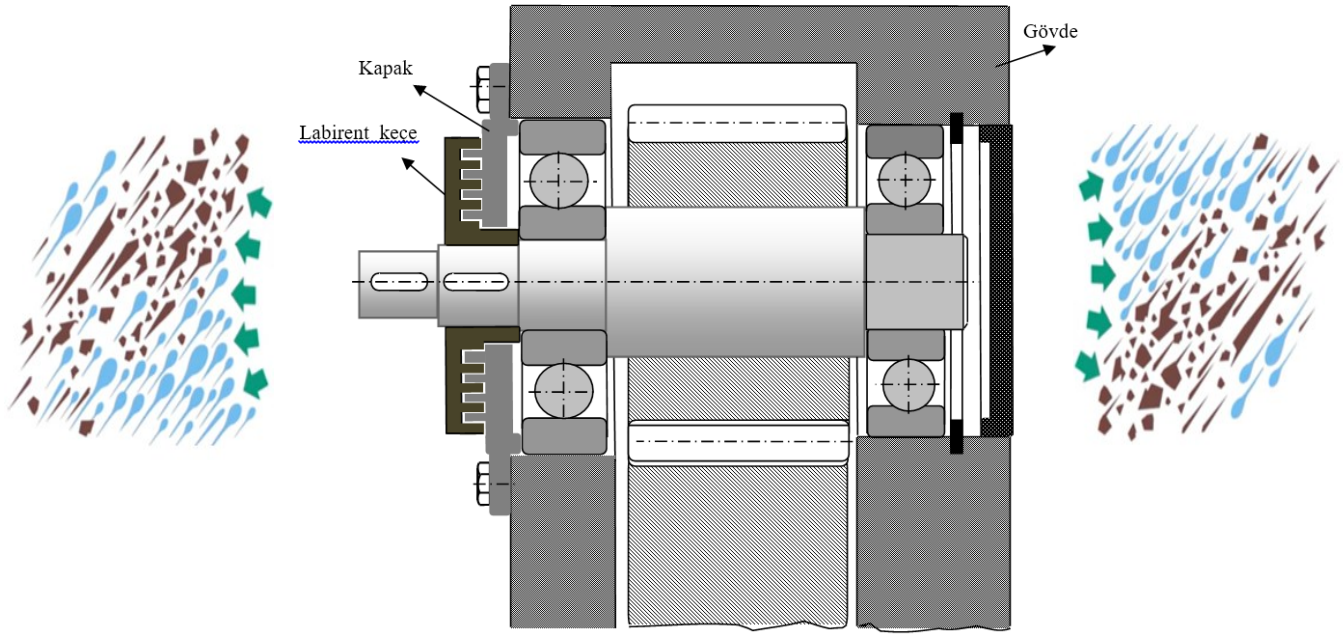
YOKLAMA LİNKİ



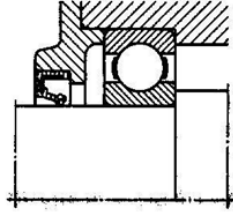
Temassız Sızdırmazlık Sistemleri:

Temassız sızdırmazlık sistemlerinde, mil ile kapak veya gövde arasına karışık şekilli bir boşluk bırakılır. Diğer sisteme göre daha karmaşık olan bu sistemde aşınma ve sıcaklık problemi yoktur.

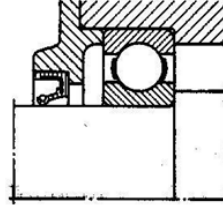




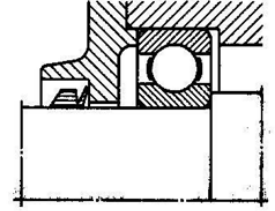
Temaslı sızdırmazlık



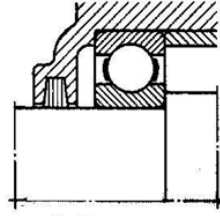
Sızdırmazlık Manşeti
(dudak iç tarafta)



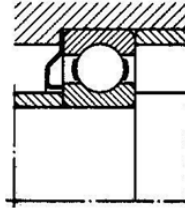
Sızdırmazlık Manşeti
(dudak dış tarafta)



V-Ring keçesi



Basit Keçe



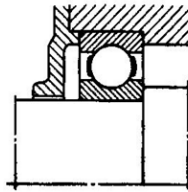
Esnek Toz Kapakları

14.01.2025 20:41:28

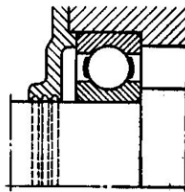
BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

155

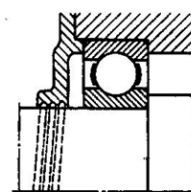
Temassız sızdırmazlık



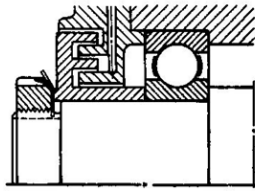
Basit aralık



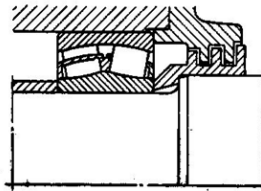
Çevresel oluk



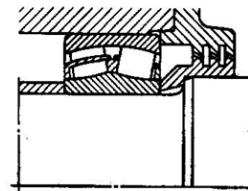
Helisel oluk



Labirent keçe
(eksenel)



Labirent keçe
(radyal)



Labirent keçe
(eğik kenarlı)

14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

156

LİNEER RULMANLAR

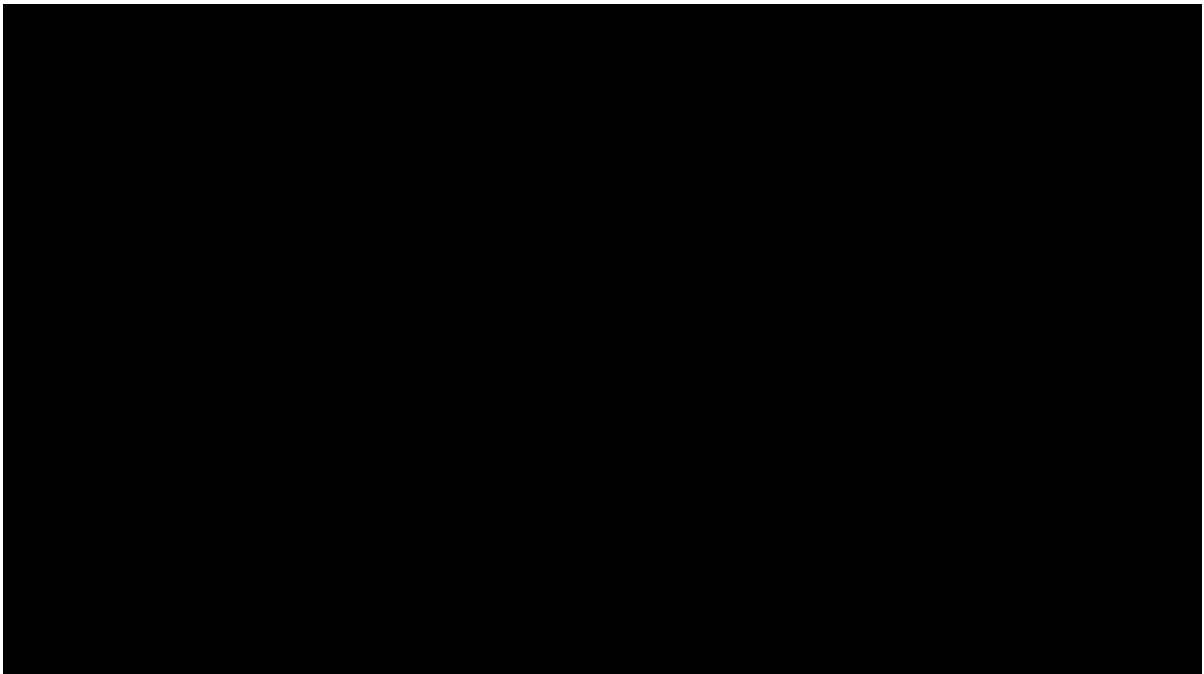


14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

157

LİNEER RULMANLAR



14.01.2025 20:41:28

BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü-
Makine Elemanları II

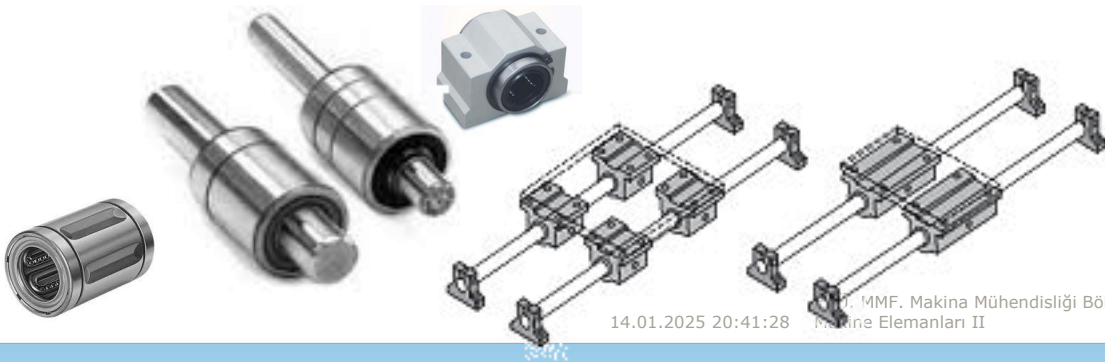
158



Lineer Yataklar

Bu yataklar çok hassas işlenmiş bir dış bilezik, kafes ve birkaç sıra bilya dizilerinden oluşurlar.

Her bilya sırası sonsuz bir halka oluşturur. Kızak elemanı aksın üzerinde ekstenel yönde kayarken bilyalar yuvarlanır. Hareket yönünde yuvarlanan bilyaların yarısı kuvveti taşır yarısı da serbest olarak yuvarlanır.



Yük Taşıma Yeteneği ve Yatakların Ömrü

12-80 mm çap aralığındaki akslar üzerinde 1-40 kN yük taşırlar.

Nominal ömür hesabı rulmanlı yataklarda olduğu gibi yapılır.

$$f_s = \frac{C_{oef}}{P_o}$$

f_s : statik yük emniyet katsayısı

$f_s=2,5-4$ Çok yüksek kayma hassasiyeti ve darbeli kuvvetlerde

$f_s=1,5-2$ Normal şartlar

$f_s=1-1,5$ küçük darbeli kuvvetlerde

C_{oef} : Efektif statik taşıma sayısı (N)

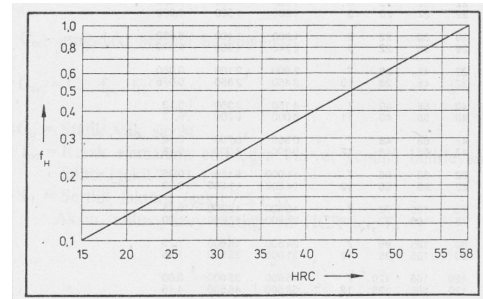
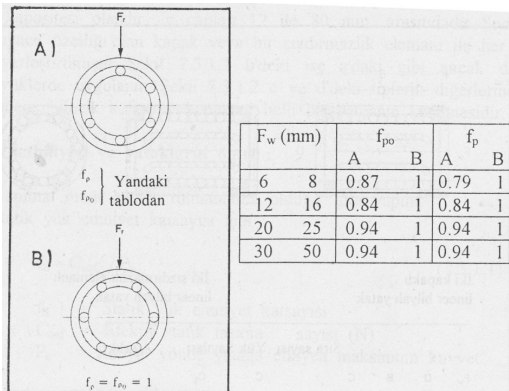
P_o : Radyal yönde yatağa etkiyen maksimum kuvvet

$$C_{oef} = C_o \cdot f_{po} \cdot f_H$$

C_o : Statik yük sayısı

f_{po} : kızak elemanına etki eden kuvvet yönünü belirleyen faktör

f_H : Sertlik faktörü (58 HRC aks yüzey sertliği için =1)



Dinamik durumda (eksenel kayma hızı yüksek) nominal ömür (h):

$$Lh = \frac{50.10^6 (C_{ef} / P)^3}{f.60.H}$$

Efektif dinamik yük sayısı: $C_{ef} = f_p.f_H.f_w$

f_p = kuvvet yönüne bağlı faktör

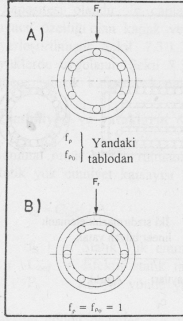
f_H : Sertlik faktörü

f_w : Eksenel yönde hareket boyunun yatak boyuna oranı 2 'den fazlaysa verilen dinamik yük sayıları geçerlidir. Aksi halde, C değeri f_w faktörü ile düzeltilir.

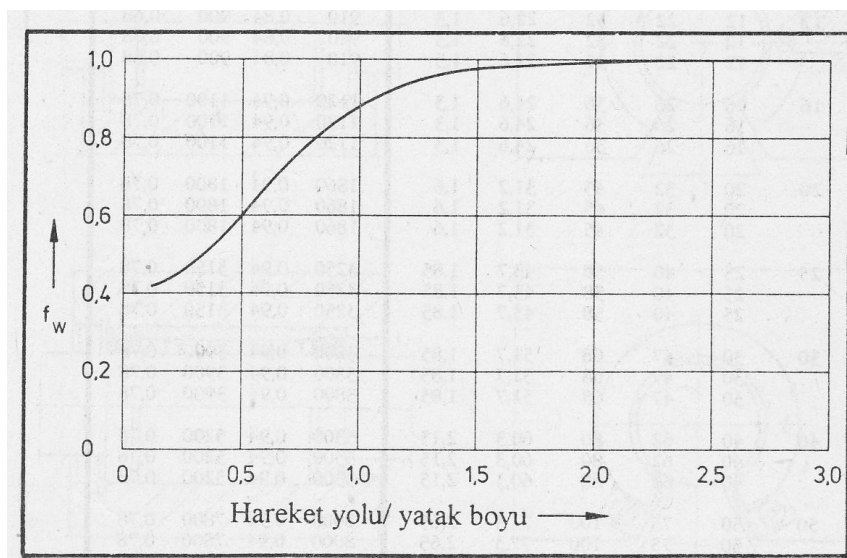
f: ileri geri hareketin frekansı

H: hareket yolu

P: dinamik eşdeğer yük ($P = F_r$)



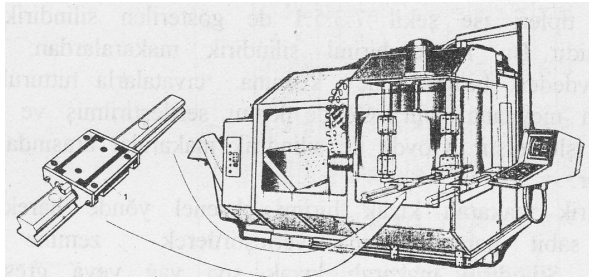
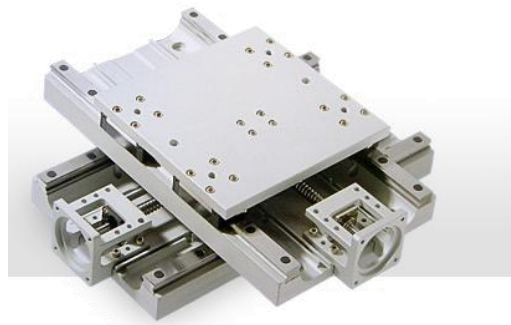
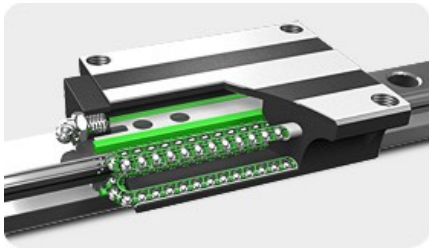
F_w (mm)		f_{p0}		f_p	
A	B	A	B	A	B
6	8	0.87	1	0.79	1
12	16	0.84	1	0.84	1
20	25	0.94	1	0.94	1
30	50	0.94	1	0.94	1

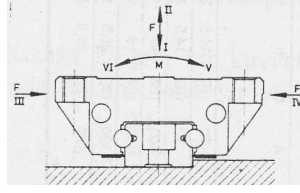


Profil Raylı Bilyalı Kızaklar



Profil Raylı Bilyalı Kızaklar





Bu elamanlar, günümüzde bir çok sistemde kullanılmaktadır. CNC tezgahlarda, robotlarda ve hassas lineer hareket yapan makinelerde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Montajlarının kolay oluşu, standart olarak piyasada kolaylıkla bulunabilmesi ve büyük yük taşıma yetenekleri avantajlarındandır.

Bu kızaklar bütün eksenleri etrafında belli bir moment ile yüklenebilir.

Profil rayları sertleştirilmiş (670 HV) ve ince taşlanmıştır.

Kızığın taşıma yeteneği ve Ömrü

Statik emniyet katsayısı S_o için;

$$S_o = \frac{C_o}{P_o} \quad \text{veya} \quad S_o = \frac{M_o}{M}$$

C_o : Statik yük sayısı
 P_o : Statik eşdeğer yük
 M : Statik eşdeğer moment
 M_o : Statik moment (tablodan)

Kayma hassasiyetini fazla istenmesi durumunda $So=4$ olmalıdır (en az)

Profil raylı bilyalı kızaklar için yük taşıma yeteneğiyle ilgili bir örnek aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Static moment

Mass

Screws for rail [mm]

Dynamic load C_{dyn} [kN]

Static load C_0 [kN]

M_0 [Nm]

M_x [Nm]

M_y [Nm]

Block [kg]

Rail [kg/m]

M3x16

5.35

9.40

80

40

40

0.09

1.25

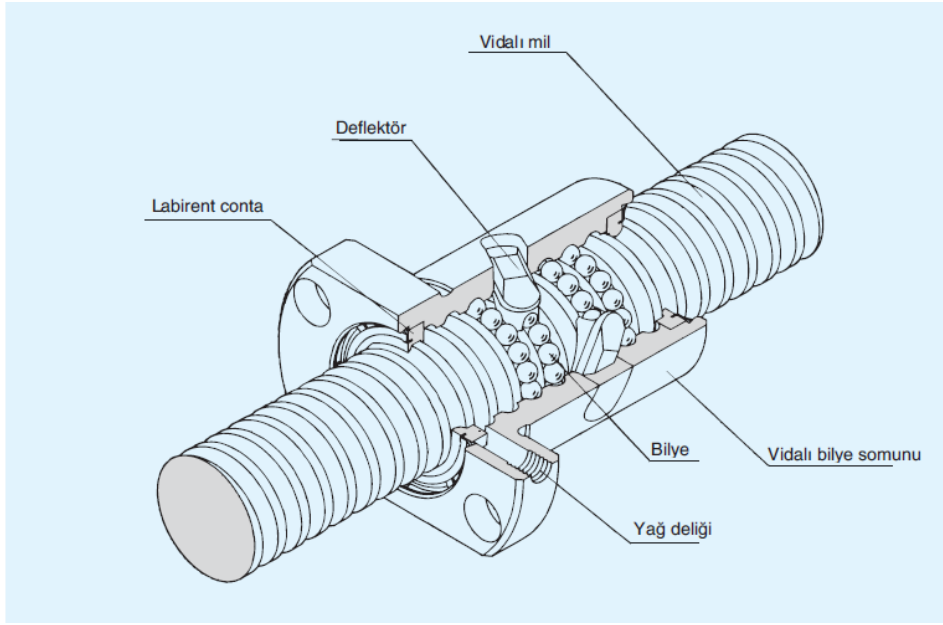
MF, Makina Mühendisliği Bölümü-
Elemanları II

169

Profil raylı bilyalı kızak birimin nominal ömrü (LH):

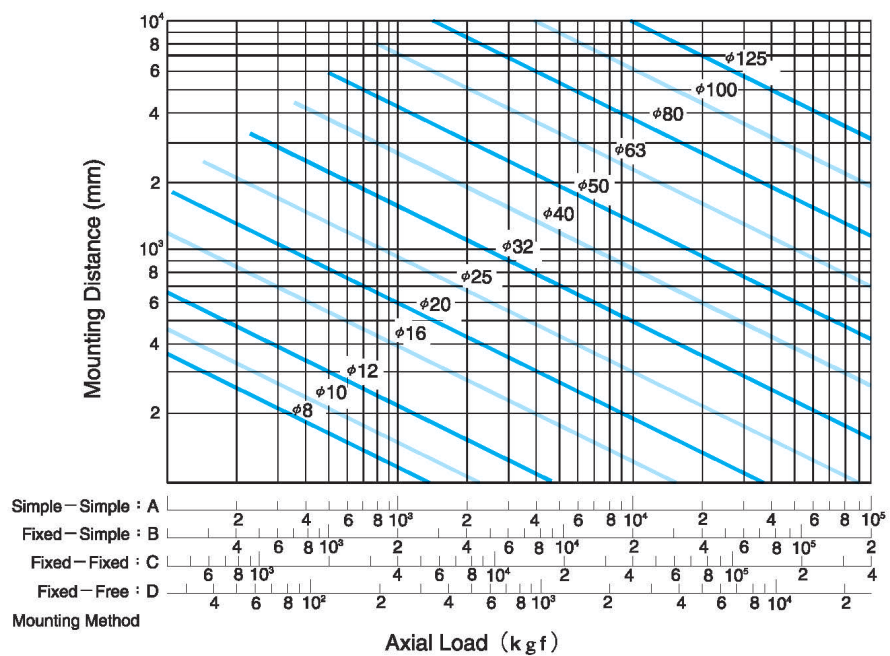
$$L_h = \frac{10^5 \cdot (C/P)^3}{2 \cdot H \cdot n \cdot 60}$$

- C: dinamik yük sayısı (N)
- P: eşdeğer yük sayısı
- H: hareket yolu uzunluğu (m)
- n: ileri geri hareketin frekansı (1/dak)

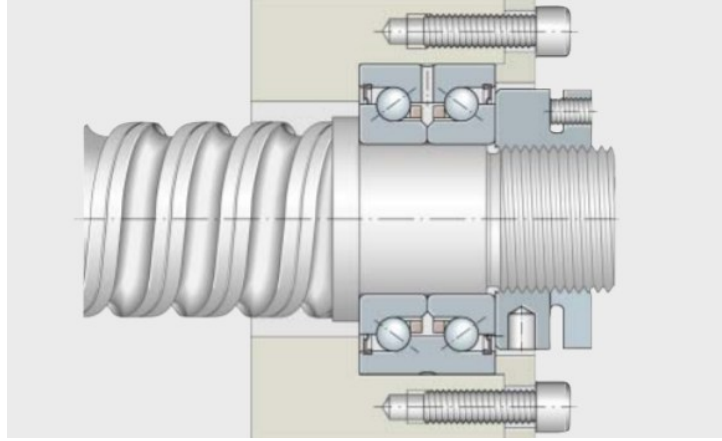




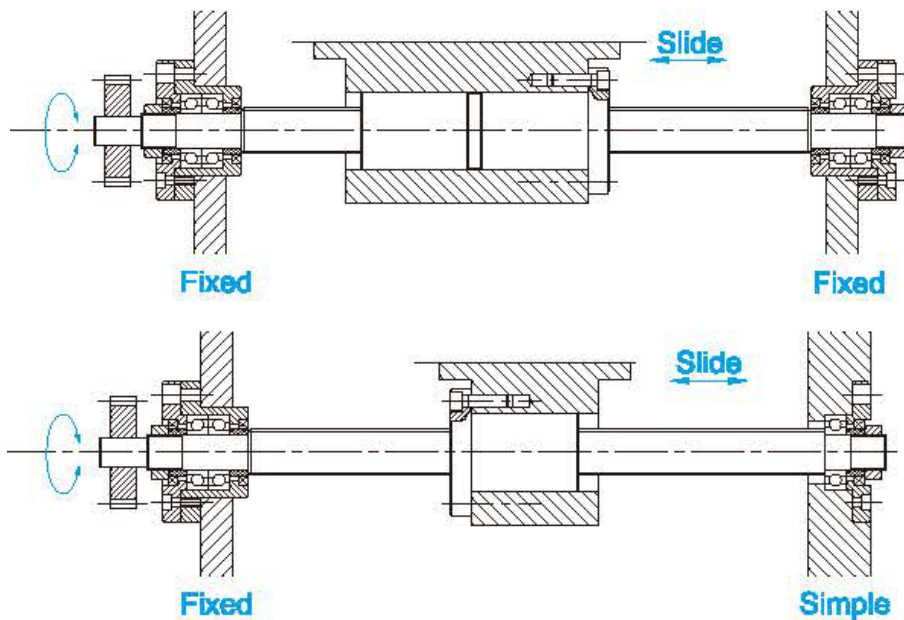
Vidalı Mil Seçimi- Yataklama şekli- yataklar arası mesafeye göre

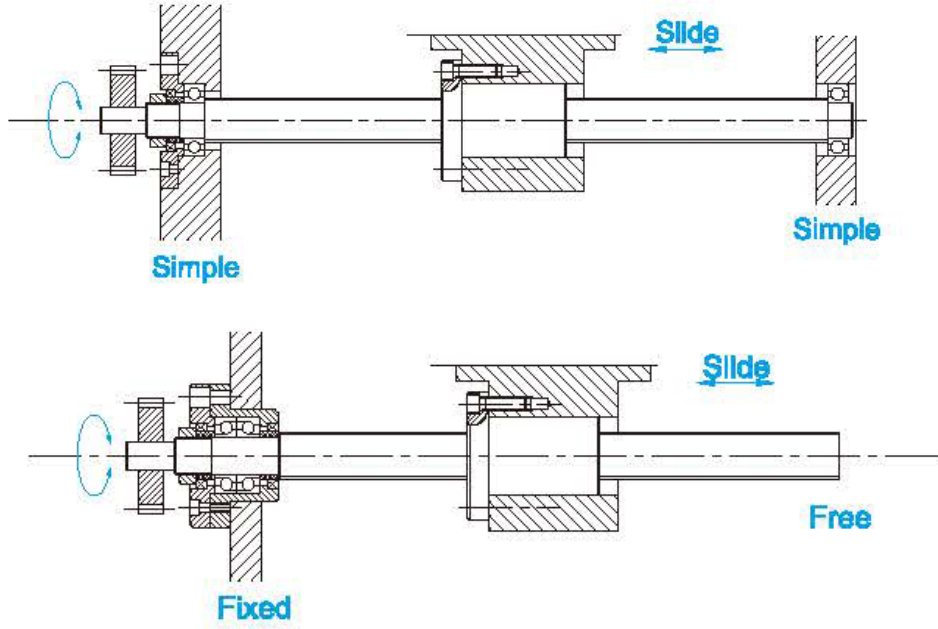


Bilyalı mil sabit uç yataklaması



Mil Uçlarının Yataklanma Yöntemleri



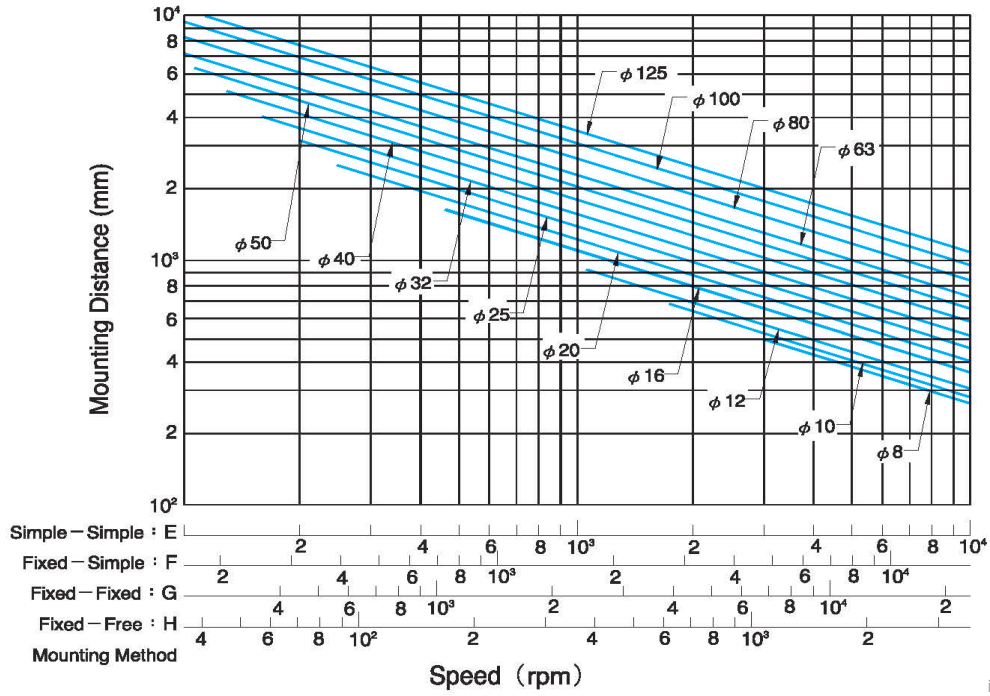


Vidalı mil çapına göre vidalı mil uzunluğu sınırlamaları

Birim: mm

Vidalı mil çapı	Maks. vidalı mil uzunluğu	
	GT	G0
16	1500	1500
20	2000	2000
25	2000	2000
32	3000	2000
40	3000	2000
50	3000	2000

Vidalı Mil Seçimi- kritik devir sayısı- bağlantı mesafesi



14.01.2025 20:41:28 Makine Elemanları II

isliği Bölümü-

179

$$n = \alpha \times \frac{60\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI_g}{\gamma A}} = f \frac{dr}{L^2} \times 10^7$$

$\alpha=0,8$ (Emniyet faktörü)

E:Elastisite modülü ($E=2,1 \times 10^4$ daN/mm²)

I: vidalı mil atalet modülü $I = \frac{\pi}{64} dr^4$

g: yerçekimi ivmesi

dr: vidalı mil çapı

γ =yoğunluk ($7,8 \times 10^{-6}$ daN/mm³)

A: Vidalı mil kesit alanı

L: yataklar arası mesafe

f, λ : vidalı mil uç yataklama tiplerine göre belirlenir.

Simple-Simple	$f=9.7$	($\lambda = \pi$)
Fixed-Simple	$f=15.1$	($\pi = 3.927$)
Fixed-Fixed	$f=21.9$	($\pi = 4.730$)
Fixed-Free	$f=3.4$	($\pi = 1.875$)

14.01.2025 20:41:28 BAÜ. MMF. Makina Mühendisliği Bölümü- Makine Elemanları II

180

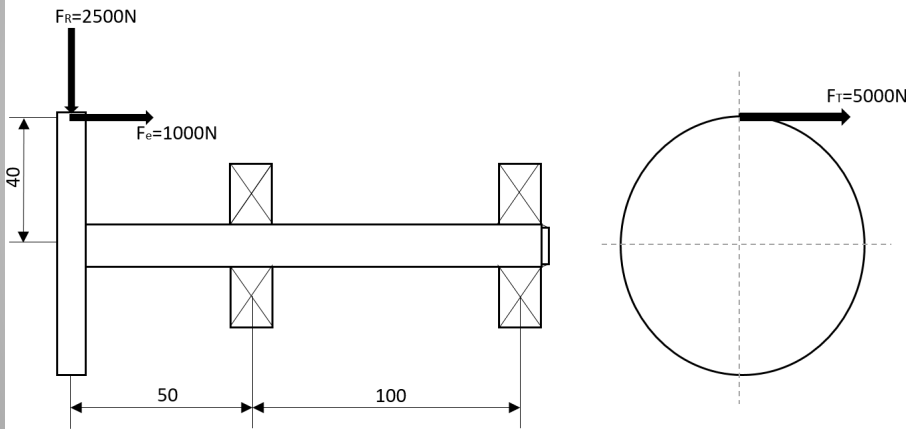
Rulmanlı Yataklar

Problem 1

Prof.Dr. Ali ORAL

Balıkesir Üniversitesi –Makina Mühendisliği Bölümü

Şekildeki mil 2 adet 6305 numaralı rulman ile yataklanmıştır. Mil 750 d/dk ile dönmektedir. Her iki yatakta kullanılan rulman ömürlerini saat cinsinden hesaplayınız.



Dinamik Eşdeğer Yük Hesabı İçin X ve Y Değerleri				
Rulman tipi	F_e/C_0	e	$\frac{F_e}{F_r} \leq e$ ise $X=1, Y=0$	
			$\frac{F_e}{F_r} > e$ için X	Y
Sabit bilyeli yataklar (161, 160, 60, 62, 63, 64...)	0,014	0,19	0,56	2,30
	0,028	0,22		2,00
	0,056	0,26		1,70
	0,084	0,28		1,55
	0,11	0,30		1,45
	0,17	0,34		1,30
	0,28	0,38		1,15
	0,42	0,42		1,05
	0,56	0,44		1,00

Mile etki eden kuvvetler;

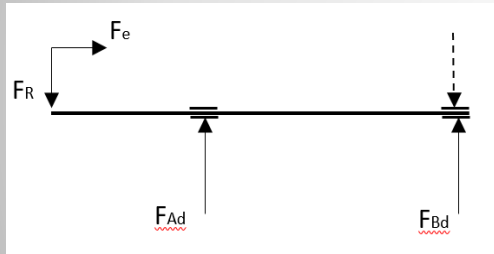
Düşey düzlemde $F_R=2500$ N

$F_e=1000$ N

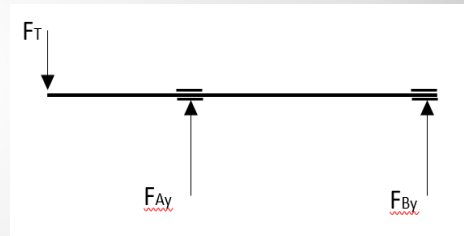
Yatay düzlemde $F_T=5000$ N

Şekilden görüldüğü gibi, mile etki eden kuvvetler iki farklı düzlemde. Yatak kuvvetlerini iki farklı düzlemde değerlendirmeliyiz.

Düşey Düzlem;

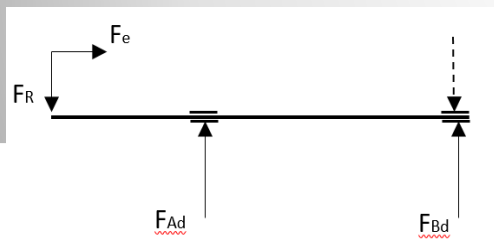


Yatay Düzlem;



Çözüm

Düşey Düzlem;



$$\sum M_A = 0$$

$$-F_R \cdot 50 + F_e \cdot 40 - F_{Bd} \cdot 100 = 0$$

$$-2500 \cdot 50 + 1000 \cdot 40 - F_{Bd} \cdot 100 = 0$$

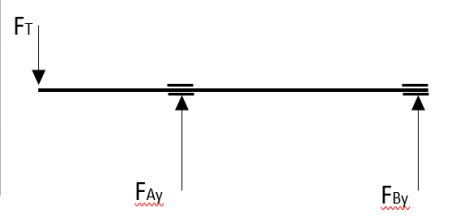
$$F_{Bd} = -850 \text{ N (Yön Ters)}$$

$$\sum F_d = 0$$

$$F_{Ad} + F_{Bd} - F_R = 0$$

$$F_{Ad} = 3350 \text{ N}$$

Yatay Düzlem;



$$\sum M_A = 0$$

$$-F_T \cdot 50 - F_{By} \cdot 100 = 0$$

$$-5000 \cdot 50 - F_{By} \cdot 100 = 0$$

$$F_{By} = -2500 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{Ay} + F_{By} - F_T = 0$$

$$F_{Ay} = 7500 \text{ N}$$

Bileşke Yatak Kuvvetleri;

$$F_A = \sqrt{F_{Ad}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{3350^2 + 7500^2} = 8214,2 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{Bd}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{(-850)^2 + (-2500)^2} = 2640,5 \text{ N}$$

Problemde; A ve B yataklarının sabit ya da hareketli yatakladıkları belirtilmemiştir. Tahrikli taraf sabit yatak konstrüksiyonunda yataklanır. Ancak burada tahrik noktası belirtilmemiştir. Bu durumda; radyal yükü düşük olan yatak sabit yatak olarak alınabilir.

6305 numaralı rulman için;

$$\left. \begin{array}{l} C=20,6 \text{ kN} \\ C_0=13,9 \text{ kN} \end{array} \right\} \text{ORS Rulman Kataloğu}$$

Sabit Yatağın Hesabı;

$$\frac{F_e}{C_0} = \frac{1000}{13900} \cong 0,0720$$

$e = 0,2714$ (Tablodan enterpolasyon ile hesaplanır.)

Dinamik Eşdeğer Yük Hesabı İçin X ve Y Değerleri

Rulman tipi	F_e/C_0	e	$\frac{F_e}{F_r} \leq e$ ise $X=1, Y=0$ $\frac{F_e}{F_r} > e$ için	
			X	Y
Sabit bilyeli yataklar (161, 160, 60, 62, 63, 64...)	0,014	0,19	0,56	2,30
	0,028	0,22		2,00
	0,056	0,26		1,70
	0,084	0,28		1,55
	0,11	0,30		1,45
	0,17	0,34		1,30
	0,28	0,38		1,15
	0,42	0,42		1,05
	0,56	0,44		1,00

$$\frac{F_e}{F_r} = \frac{1000}{2640,5} = 0,3787$$

(F_r : Yatağa etki eden radyal kuvvet)

$$\frac{F_e}{F_r} > e \text{ olduğundan}$$

$X=0,56$ (Tablodan)

$Y=1,614$ (Tablodan enterpolasyon ile hesaplanır.)

$$F_{eş} = X \cdot F_r + Y \cdot F_e$$

$$F_{B_{eş}} = 0,56 * 2640,5 + 1,614 * 1000$$

$$F_{B_{eş}} = 3092.68 \text{ N}$$

Dinamik Eşdeğer Yük Hesabı İçin X ve Y Değerleri

Rulman tipi	F_e/C_0	e	$\frac{F_e}{F_r} \leq e$ ise $X=1, Y=0$ $\frac{F_e}{F_r} > e$ için	
			X	Y
Sabit bilyeli yataklar (161, 160, 60, 62, 63, 64...)	0,014	0,19	0,56	2,30
	0,028	0,22		2,00
	0,056	0,26		1,70
	0,084	0,28		1,55
	0,11	0,30		1,45
	0,17	0,34		1,30
	0,28	0,38		1,15
	0,42	0,42		1,05
	0,56	0,44		1,00

B yatağının ömrü;

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{n \cdot 60} \left(\frac{C}{F} \right)^\varepsilon$$

$\varepsilon = 3$ (bilyalı rulman)

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{750 \cdot 60} \left(\frac{20600}{3092,68} \right)^3$$

$$L_{h_B} = 6567,3 \text{ saat}$$

A yatağının ömrü;

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{n \cdot 60} \left(\frac{C}{F} \right)^\varepsilon$$

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{750 \cdot 60} \left(\frac{20600}{8214,2} \right)^3$$

$$L_{h_A} = 350,5 \text{ saat}$$

Değerlendirme;

- Sizce yatak ömürleri uygun mudur? Günde 8 saat haftada 5 gün çalışan bir işletme için değerlendiriniz.
- İki yatak ömrü arasında büyük fark var. Sizce nasıl bir çözüm uygulanmalıdır.
- A yatağı sabit yatak alınsaydı; daha uygun bir çözüm olur muydu?

Örnek Çözümler

Bir asansör işletme süresinin %10'unda yarı hızla ve tam yük, %60'ında tam hız ve %75 yük, geri kalan sürede yarı hız ve yarı yük çalışıyor.

Yataklanacak milin maksimum devir sayısı 3000 d/dk, yatağa gelen maksimum yük de 1000 N ise günde 2 saat çalışan asansörde 10 yıl yatak probleminin olmaması için gerekli rulmanın dinamik yük sayısını bulunuz.

Yük, hız ve süre değiştiğine göre rulman için eş değer yük:

$$P = \left(\frac{P_1^3 \cdot t_1 \cdot n_1 + P_2^3 \cdot t_2 \cdot n_2 + P_3^3 \cdot t_3 \cdot n_3 + \dots + P_n^3 \cdot t_n \cdot n_n}{t_1 \cdot n_1 + t_2 \cdot n_2 + t_3 \cdot n_3 + \dots + t_n \cdot n_n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Toplam süre: $t = t_1 + t_2 + t_3 = 2 \text{ [saat/gün]} \cdot 365 \text{ [gün/yıl]} \cdot 10 \text{ [yıl]} = 7300 \text{ saat}$

$P_1 = 1000 \text{ N}$

$n_1 = 1500 \text{ d/dk}$

$t_1 = 730 \text{ saat}$

$P_2 = 750 \text{ N}$

$n_2 = 3000 \text{ d/dk}$

$t_2 = 4380 \text{ saat}$

$P_3 = 500 \text{ N}$

$n_3 = 1500 \text{ d/dk}$

$t_3 = 2190 \text{ saat}$



Örnek Çözümler

$$P = \sqrt[3]{\frac{1000^3 \cdot 1500 \cdot 730 + 750^3 \cdot 3000 \cdot 4380 + 500^3 \cdot 1500 \cdot 2190}{1500 \cdot 730 + 3000 \cdot 4380 + 1500 \cdot 2190}} = 738 \text{ N}$$

$$L = L_{h1} \cdot 60 \cdot n_1 + L_{h2} \cdot 60 \cdot n_2 + L_{h3} \cdot 60 \cdot n_3$$

$$L = 730 \cdot 60 \cdot 1500 + 4380 \cdot 60 \cdot 3000 + 2190 \cdot 60 \cdot 1500 = 1051 \cdot 10^6 \text{ devir}$$

$$C = P \cdot \sqrt[3]{L} = 738 \cdot \sqrt[3]{1051} = 7503 \text{ N}$$

