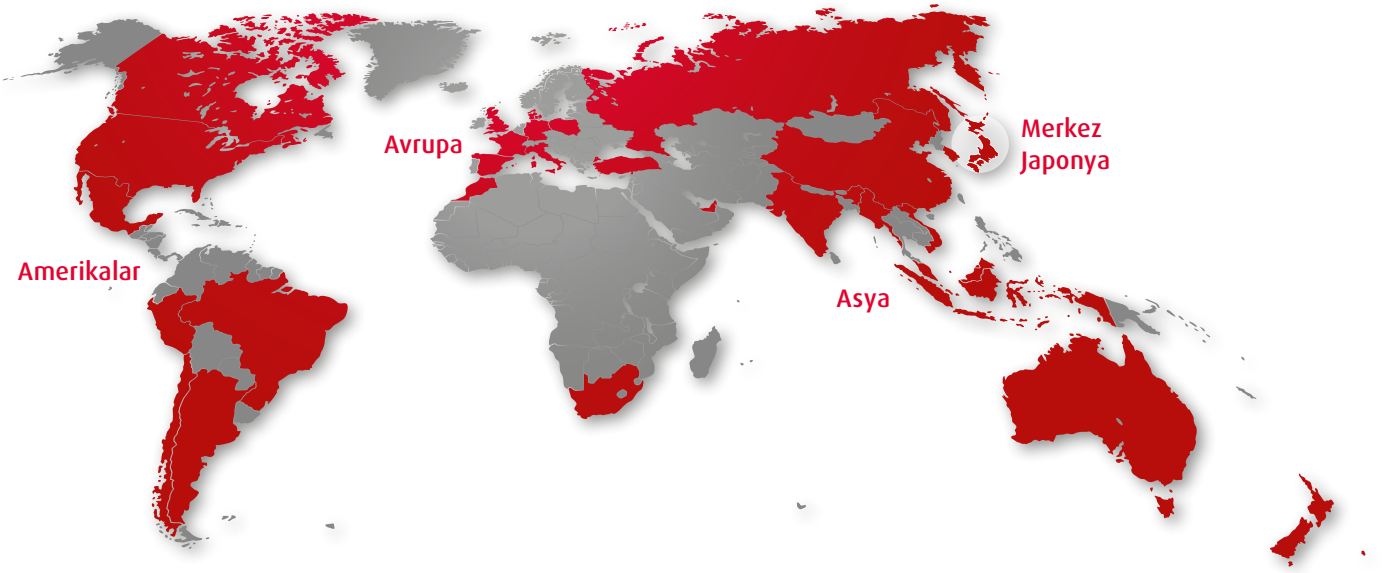


RULMANLAR İÇİN KULLANMA TALİMATLARI



Harekette geleceği belirliyoruz

Rulmanlar, lineer teknoloji bileşenleri ve direksiyon sistemlerinde dünya çapında önde gelen üreticilerden biriyiz. Bunun sebeplerinden biri, ürünlerimizin en zor şartlar altında bile enerji tasarrufu sağlaması ve güvenilir olmasıdır. Bunu başarmak için, malzeme mühendisliği ve triboloji gibi temel teknoloji alanlarında araştırmalar yapıyor, kalite süreçlerimizin her bir evresini daima optimize ediyor ve farklı sektörlerdeki uygulamalar için ürünlerimizi sürekli iyileştirme süreçlerinden geçiriyoruz.



NSK Şirketi

NSK faaliyetlerine, 1916'da Japonya'nın ilk rulman yatakları üreticisi olarak başladı. O günden beri de sadece ürün portföyümüzü değil, aynı zamanda çeşitli endüstriyel sektörlere yönelik hizmet yelpazemizi de sürekli olarak genişletiyor ve geliştiriyoruz. Bu bağlamda, rulman, lineer sistemler, otomotiv endüstrisi için bileşenler ve mekatronik sistemler alanlarında teknoloji geliştiriyoruz. Avrupa, Amerika ve Asya'daki araştırma ve üretim tesislerimiz küresel bir teknoloji

ağında birbirlerine bağlı çalışmaktadır. Burada yalnızca yeni teknoloji gelişimine değil aynı zamanda kalitenin, sürecin her aşamasında, sürekli olarak optimize edilmesine çalışıyoruz. Diğer şeylerin yanı sıra araştırma faaliyetlerimiz; ürün tasarımı, çeşitli analitik sistemlerin kullanımına dayalı simülasyon uygulamaları ve rulmanlar için farklı çelik ve yağlayıcıların geliştirilmesini içerir.

En önemli eserimiz: Müşterilerimizin memnuniyeti

Bizi burada motive eden tek şey var: yalnızca mükemmel ürünlerle değil, aynı zamanda mükemmel hizmetle birlikte araçlarınızın ve ekipmanlarınızın güvenilirliğini arttırmanıza katkıda bulunmak istiyoruz. Sistemlerin tüm inceliklerine hakim olan deneyimli mühendislerimiz sizlerle birlikte ürünleri ve süreçleri optimize edebilmek adına çalışıyorlar ve gelecek için yeni çözümler geliştiriyorlar. Her gün tekrar kendimizi adadığımız hedefimiz ise uzun vadede rekabetçi kalmanızı sağlamak.

Daha fazla bilgi için www.nskeurope.com.tr



Rulmanların Doğru Kullanımı





İçindekiler

1. Rulmanların Doğru Kullanımı için Önlemler	6
2. Montaj	7
2.1. Geçme Toleransları ve Boşluklar	7
2.2 Sıkı Geçme için Presle Takma Kuvveti ve Isıtma Sıcaklığı	11
2.3 Takma İşİ	12
2.4 Konik Delikli Rulmanların Montajı	14
2.5 Yatağa Montaj.....	16
2.6 Ön Yük Uygulamalarında Montaj.....	18
2.7 Genel Montaj Önlemleri.....	21
2.8 Yağlama	23
2.9 Test Sürüşü	26
3. Bakım ve Denetim	28
3.1 Bakım ve Denetim Prosedürleri	28
3.2 Yağlama Yöntemleri	29
3.3 Rulman Arızası.....	32
4. Demontaj	37
4.1 Dış Bileziklerin Demontajı	38
4.2 İç Bileziklerin Demontajı	39
4.3 Rulman Temizliği	40
5. Rulman Muhafazası	41
6. Ekler	42

1. Rulmanların Doğru Kullanımı İçin Dikkat Edilmesi Gerekenler

Rulmanlar hafif ve ağır yüklerden oluşan çok çeşitli koşullarda kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyet seviyesiyle üretildikleri için dikkatli ve doğru biçimde kullanılmaları gerekmektedir; kullanım amaçları da en az dikkatli kullanım kadar önemlidir.

Yanlış montaj ve yanlış kullanım erken arızanın en yaygın sebepleridir. Bu nedenle doğru kullanım ve doğru seçim gereklidir. Rulmanların doğru kullanımına yönelik talimatlar aşağıda verilmektedir:

1. Rulman ve ilgili bileşenleri temiz tutun
2. İlgili bileşen boyutları ve yüzeylerinin istenen kullanıma uygun olduğundan emin olun
3. Rulmanları yabancı madde ve nem gibi zararlı koşullardan uzak tutun
4. Rulmanların kullanım amacına ve belirtilen çalışma koşullarına göre monte edildiğinden emin olun.
5. Montaj ve demontaj için doğru araçları kullanın.
6. Montaj ve demontaj sırasında rulmanlara hasar vermemeye özen gösterin
7. Doğru miktarda ve uygun yağlayıcı kullanın
8. Korozyonu önlemek için rulmanlara dokunurken ellerinizi mümkün olduğunca temiz tutun. Mümkünse eldiven giyilmesi önerilmektedir.

Rulmanların kullanımı için karmaşık cihazlar gerekmesede çalışma koşullarını kolaylaştırmak ve kusursuz performans sağlamak amacıyla belirli koşullara bağlı olarak uygun araçların kullanılması gerekmektedir. Açıkça görüldüğü üzere tasarım ve denetimde yer alan mühendisler rulmanların kullanım amacına uygun olarak doğru kullanım ve montaj yöntemleri hakkında da bilgi sahibi olmalıdır. Doğru kullanımın amaçları rulmanları her türlü potansiyel hasardan korumak ve kullanım amaçlarına en uygun biçimde çalışmalarını sağlamaktır.



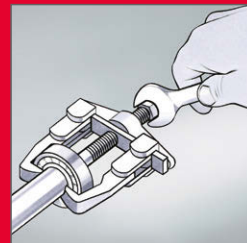
Rulmanları ve etrafını temiz tutun!



Rulmanları korozyondan koruyun!



Dikkatli taşıyın!



Uygun araçları kullanın!

2. Montaj

2.1 Geçme Toleransları ve Boşluklar

Silindirik delikli standart rulmanlar genellikle ilgili şaftlarda temaslı geçme sağlayarak monte edilmektedir. Aynı zamanda iç bileziği şaft üzerine baskıyla oturtmak için belirli bir kuvvet gerekmektedir. İç bileziğin genişleyip, genellikle iç bileziğin genişlemesine oranla boşluk miktarını azaltması nedeniyle montaj için belirli bir temaslı geçme derecesi sağlanmıştır.

Konik makaralı rulmanlar için boşluk miktarı montaj sonrasında ayarlanabilir olsa da, bilyalı rulmanlar ve silindirik makaralı rulmanlar için boşluk ayarı yapılamamaktadır. Bu nedenle, sıklık seviyesine göre uygun miktarda boşluk bulunan rulmanlar seçilmelidir. Rulmanlar genellikle normal yük koşulları için uygun bir CN boşluk miktarına dayalı olarak üretilmektedir. Girişimin CN boşluğundan büyük olduğu ölçüde, daha büyük (C3, C4 vb.) boşluğa sahip rulmanlar tercih edilmelidir. Genel olarak, iç bilezik ve şaft arasındaki bağlantıdan kaynaklanan boşluk azalması aşağıdaki denklemlerle (1) ve (2) ifade edilebilir:

İşlenmiş şaftlar için:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+3} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (1)$$

Taşlanmış şaftlar için:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+2} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (2)$$

Bu denklemlerde

- δ_i : Montaj nedeniyle boşluktaki azalma (mm)
- Δd : Efektif sıklık (mm)
- Δd_a : Ölçüm için görünür girişim
- k : $d/D_i = 0,70$ to $0,90$
- d : Rulman nominal delik çapı (mm)
- D_i : İç bileziğin kanal çapı (mm)

2. Montaj

2.1 Geçme Toleransları ve Boşluklar

Tablo 1: Radyal Rulmanların Şaftlarla Geçme Toleransları

Yük koşulları	Örnekler	Şaft Çapı (mm)			Şaft toleransı	Açıklamalar	
		Bilyalı rulmanlar	Silindirik makaralı ve konik makaralı rulmanlar	Oynak makaralı rulmanlar			
Silindirik delikli radyal rulmanlar							
Döner dış bilezik yükü	İç bileziğin şaft üzerinde kolay eksenel yer değişimi tercih edilir	Sabit akslarda tekerlekler	Tüm şaft çapları			g6	Hassasiyet gerektiğinde g5 ve h5 kullanın. Büyük rulmanlarda kolay eksenel hareket için f6 kullanılabilir.
	İç bileziğin şaft üzerinde kolay eksenel yer değişimi gereksiz	Germe makarası ipli kasnaklar				h6	
Döner iç yük veya yük yönü belirsiz	Hafif yükler veya değişken yükler ($\leq 0.06 Cr^{(1)}$)	Elektrikli ev aletleri, pompalar, körükler, taşıma araçları, hassas makine, takım tezgahları	≤ 18	-	-	js5	-
			18-100	≤ 40	-	js6 (j6)	
			100-200	40-140	-	k6	
	Normal yükler (0.06 to $0.13 Cr^{(1)}$)	Genel rulman uygulamaları, orta ve büyük boy motorlar, türbinler, pompalar, motor ana rulmanları, dişliler, ağaç işleme makinesi	-	140-200	-	m6	
			≤ 18	-	-	js5-6 (j5-6)	
			18-100	≤ 40	≤ 40	k5-6	
			100-140	40-100	40-65	m5-6	
			140-200	100-140	65-100	m6	
			200-280	140-200	100-140	n6	
			-	200-400	140-280	p6	
-	-	280-500	r6				
Ağır yükler veya şok yükleri ($> 0.13 Cr^{(1)}$)	Demiryolu dingil kutuları, endüstriyel taşıtlar, cer motoru, inşaat ekipmanları, kırıncılar	-	-	> 500	r7		
		-	50-140	50-100	n6		
		-	140-200	100-140	p6		
			-	> 200	140-200	r6	
			-	200-500	r7		
Yalnız Eksenel Yükler			Tüm Şaft Çapları			js6 (j6)	-
Konik delikli ve manşonlu radyal rulmanlar							
Tüm yük türleri	Genel rulman uygulamaları, demiryolu dingil kutuları		Tüm şaft çapları			h9/IT5	IT5 ve IT7 şaftın yuvarlaklık ve silindiriklik gibi gerçek geometrik formundan saptığı anlamına gelmektedir, yuvarlaklık ve silindiriklik sırasıyla IT5 ve IT7 toleransları içinde olmalıdır.
	Aktarım şaftları, ağaç işleme işmilleri					h10/IT7	
Şaftlarda Eksenel Rulmanlar							
Yalnız merkezi eksenel yük		Tornaların ana şaftları	Tüm şaft çapları			h6 yada js6 (j6)	-
Birleşik radyal ve eksenel yükler (Oynak eksenel makaralı rulmanlar)	Sabit iç bilezik yükü	Konik kırıncılar	Tüm şaft çapları			js6 (j6)	
	Döner iç bilezik yükü veya yük yönü belirsiz	Kağıt hamuru artırcılar, plastik ekstrüder	≥ 200			k6	
			200 - 400			m6	
			> 400			n6	

Notlar: Bu tablo yalnız katı çelik şaftları için geçerlidir.
(1) Cr rulmanın temel yük değerini göstermektedir.

Tablo 2: Radyal Rulmanların Yataklarla Geçme Toleransları

Yük koşulları		Örnekler	Yatak deliklerinin toleransları	Dış bileziğin aksel yer değişimi	Açıklamalar		
Yataklarda radyal rulmanlar							
Yekpare yataklar	Döner dış bilezik yükü	Yüksek şok yüklü ince duvarlı yuvalarda rulman üzerinde ağır yükler	Otomobil poyrası (Makaralı rulmanlar) Vinç hareketli çarkları	P7	Mümkün değil	-	
		Normal veya ağır yükler	Otomobil tekerlek poyrası (Bilyalı rulmanlar) Titreşimli elekler	N7			
		Hafif veya değişken yükler	Konveyör makaraları ip kasnakları Gergi makaraları	M7			
Yekpare veya ayrılabilir yataklar	Yük yönü belirsiz	Ağır şok yükler	Cer motorları	K7	Mümkün değil	Dış bileziğin aksel yer değişimi gerekli değil ise	
		Normal veya ağır yükler	Pompalar krank mili Ana rulmanlar Orta ve büyük boy motorlar				JS7 (J7)
		Normal veya hafif yükler					
	Döner iç bilezik yükü	Tüm yük tipleri	Genel rulman uygulamaları, Demiryolu dingil kutuları	H7	Kolaylıkla mümkün	-	
		Normal veya hafif yükler	Plummer blokları	H8			
		Şaft içinden iç bilezik sıcaklığının yükselmesi	Kağıt kurutucular	G7			
Yekpare yataklar	Yük yönü belirsiz	Normal veya hafif yüklerde hassas çalışma tercih edilir	Taşlama işmili arka bilyalı rulmanlar	JS6 (J6)	Mümkün	Ağır yükler için K'dan daha sıkı geçme toleransı kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyet gerektiğinde, oldukça sıkı toleranslar kullanılmalıdır.	
			Yüksek hızlı santrifüj kompresör serbest rulmanlar				
	Taşlama işmili ön bilyalı rulmanlar	K6	Mümkün değil				
	Yüksek hızlı santrifüj kompresör sabit rulmanlar						
Döner dış bilezik yükü	Değişken yüklerde hassas çalışma ve yüksek rijidite tercih edilir	Takım tezgahı ana mili için silindirik makaralı rulmanlar	M6 or N6	Sabit			
	Minimum gürültü gerekli	Elektrikli ev aletleri	H6	Kolaylıkla mümkün	-		

Yataklarda aksel rulmanlar						
Yalnız aksel yük	Eksenel bilyalı rulmanlar	Boşluk > 0,25 mm	Genel uygulamalar için			
			H8	Hassasiyet gerektiğinde		
		Eksenel oynak makaralı rulmanlar Dik açılı konik makaralı rulmanlar	Dış bilezik radyal boşluğa sahip		Radyal yükler diğer rulmanlar tarafından taşındığında	
Birleşik radyal ve aksel yükler	Sabit dış bilezik yükleri	Eksenel oynak makaralı rulmanlar	H7 veya JS7 (J7)		-	
			K7		Normal yükler	
	Döner dış bilezik yükleri veya yük yönü belirsiz		M7		Görece ağır radyal yükler	

Notlar: (1) Bu tablo dökme demir ve çelik yataklar için geçerlidir. Hafif alaşımlar için toleransın tablodakinden daha sıkı olması gerekmektedir.
(2) Çekme zarflı iğneliler gibi özel bağlantılar için NSK kataloglarına bakınız.

2. Montaj

2.1 Geçme Toleransları ve Boşluklar

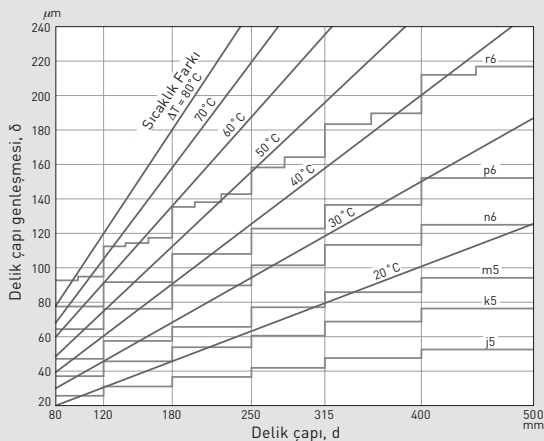
Tablo 3: μ değerleri

Uygulama örneği	μ değeri (ortalama)
İç bileziğin silindirik şafta preslenmesi	0,120
İç bileziğin silindirik şafttan çekilmesi	0,180
İç bileziğin konik şaft ve konik manşona preslenmesi	0,165
İç halkanın konik şafta preslenmesi	0,135
Manşonun şaft ve rulmanın konik deliği arasındaki alana preslenmesi	0,300
Manşonun şaft ve rulmanın konik deliği arasındaki alandan çekilmesi	0,330

Tablo 4: $(1-k^2)$ değerleri

D/d	$(1-k^2)$
1,5	0,25
2,0	0,41
2,5	0,52
3,0	0,61
3,5	0,67

Şekil 1: İç Bileziğin Sıcaklık ve Termal Genleşmesi



Bu nedenle girişimin %70-%90'ı boşlukta azalma ortaya çıkmaktadır. (Çap serisi 4 olan rulmanlar için boşlukta daha küçük azalmalar kabul edilmektedir). Aynı zamanda, iç ve dış bilezikler arasındaki çalışma sıcaklığı 5°C - 10°C arasında değişmektedir. Ancak bu sıcaklık farkı iç bilezik sıcaklığının artması veya dış bileziğin soğuması halinde söz konusu aralığı aşacaktır. İç ve dış bilezik arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle boşlukta azalma:

$$\delta_i = \alpha \cdot \Delta t \cdot D_e \dots \dots \dots (3)$$

Bu denklemden

δ_i : İç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle boşlukta azalma (mm)

α : Rulman çeliğinin lineer genleşme katsayısı
 $12.5 \cdot 10^{-6}$ (1/°C)

Δt : İç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkı (°C)

D_e : Dış bilezik yuvarlanma yolu çapı (mm)

$$\text{Makaralı Rulman} = \frac{1}{4} \cdot (3D + d)$$

$$\text{Bilyalı rulman} = \frac{1}{5} \cdot (4D + d)$$

d : Nominal rulman delik çapı (mm)

D : Nominal rulman dış çapı (mm)

Tablo 1 ve 2'de (sayfa 8/9) söz konusu geçme toleranslarının yük ve sıcaklık koşullarına dayalı olarak nasıl belirlendiğine dair örnekler verilmektedir. C3 veya C4 boşluklu rulmanlar (CN boşluğundan daha büyük) geçme toleransı ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak kullanılmalıdır.

2. Montaj

2.2 Sıkı Geçme için Presle Takma Kuvveti ve Isıtma Sıcaklığı

İç bileziği şafta sıkıca tuttururken gereken aksel pres kuvveti, girişim ve şaft çapına bağlı olarak değişmektedir. Sabit yüzeydeki yüzey basıncı ve sürtünme katsayısı arttıkça, gerekli kuvvet de artmaktadır. Daha güçlü pres kuvveti gerektiğinde, iç bilezik genellikle montaj öncesinde yağda ısıtılarak genişletilmektedir, ancak bazı durumlarda, pres kuvveti içerisinde girişim derecesi ölçülerek, bilezik preslenerek montaj yapılır. Katı şafta uygulanan yüzey basıncı p_m ve pres bağlantı kuvveti ve geçme yüzeyin geri çekme kuvveti aşağıdaki denklemlerle (4) ve (5) ifade edilebilir:

$$p_m = \frac{1 - k^2}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

$$k = \mu p_m \cdot \pi \cdot d \cdot B$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot E \cdot \pi \cdot B \cdot (1 - k^2) \cdot \Delta d \dots (5)$$

Bu denklemden

k: d/D_i

d: Nominal rulman delik çapı (mm)

D_i : İç bilezik yuvarlanma yolu çapı (mm)

B: Nominal iç bilezik genişliği (mm)

Δd : Efektif girişim (mm)

E: Boyuna elastisite modülü = 208 000 MPa

μ : Takılan yüzeyin sürtünme katsayısı

Takma yüzeyindeki sürtünme geçme yüzey koşullarına bağlı olarak büyük oranda değişmektedir. Genellikle **Tablo 3**'te verilen değerler listesi μ değerleri için geçerli olabilir. Aynı zamanda bir rulmanın dış çapının delik çapına oranına D/d ilişkin olarak $(1 - k^2)$ değeri **Tablo 4**'te yaklaşık olarak gösterilmektedir.

İç bileziği şafta presli olarak bağlamak için gerekli pres kuvveti bu şekilde hesaplanmaktadır. Ancak çoğu durumda iç bileziği genişmesi için yağda ısıttıktan sonra monte etmek daha kolaydır. Uygulanabilir sıcaklıklar girişim ve şaft çapına göre değişse de, 150°C veya üzeri sıcaklıklara ısıtıldığında rulmanın sertliği azalacağından, mümkün olan durumlarda rulmanın 120°C veya altı sıcaklıklara ısıtılması önerilmektedir.

Şekil 1'de ısıtma sıcaklığı ve şaft çapına ilişkin rulman delik çapı genişmesi verilmektedir. Aynı zamanda farklı geçme toleranslarının maksimum girişimini de gösterdiğinden, gerekli ısıtma sıcaklığı farklılıkları da görülebilir. Fiili montaj çalışmasında rulman soğudukça şafta kolaylıkla monte edilemez. Bu nedenle rulman montaj için gereken en düşük sıcaklığın 20°C - 30°C üzerinde ısıtılmalıdır. Genellikle rulmanın 20 dakika boyunca yağda daldırılarak ısıtılması önerilmektedir. Örneğin, 120 mm delik çaplı bir rulman n6 ile monte edildiğinde, maksimum girişim 65 μ m'dir.

Bu durumda gereken ısıtma sıcaklığı **Şekil 1**'de gösterildiği üzere oda sıcaklığı +50°C olabilirken, sıcaklık şaft üzerine kolaylıkla montaj sağlanması için ilave olarak 20°C - 30°C daha artırılmalıdır. Sonuç olarak gerekli ısıtma sıcaklığının oda sıcaklığının +70°C ile +80°C arasında olduğu görülebilir. Sıkı geçme için takma kuvveti ve ısıtma konularına kısaca değinilmiştir. Ancak bazı durumlarda aşırı girişim iç bilezikte anormal derecede yüksek gerilime neden olarak, iç bileziğin çatlamasına veya hasar görmesine neden olabilir. İç bilezikte oluşan gerilim, iç bileziğin iç çap çevresinde en büyük değere sahiptir ve büyüklüğü aşağıdaki denklem (6) ile ifade edilebilir:

$$\sigma_{\text{tmax}} = p_m \cdot \frac{1 + k^2}{2} \dots \dots \dots (6)$$

Bu denklemden

p_m : Yüzey basıncı (MPa)

k: d/D_i

Genel kural olarak maksimum gerilim değerinin 98 MPa veya rulman çeliği için daha az bir değere veya en kötü koşullarda 127 MPa veya daha az bir değere ayarlanabildiği geçme seçilmesi tercih edilmektedir.

2. Montaj

2.3 Takma İşi

İç bilezik genellikle şafta preslenerek veya ısıtma yoluyla monte edilmektedir. Ancak presle takma büyük bir kuvvet gerektirmektedir. Presle takma için gerekli kuvvet yukarıdaki denklem (5) ile belirlenebilir.

Presle takma çalışması sırasında dış bileziğe kuvvet uygulanırsa yuvarlanma elemanları (bilyalar veya makaralar) yuvarlanma yollarında çentiklere neden olabilir. Aynı zamanda iç bileziğin küçük kırıntılarına uygulanan doğrudan şok, bileziğin çatlamasına neden olabilir. Bununla birlikte, kafese hiçbir kuvvet uygulanmamalıdır. Bu nedenle presle takma çalışması yapılırken dikkat edilmelidir.

Daha küçük girişimi bulunan orta veya küçük boyutlu rulmanlar için yalnızca küçük presle takma kuvveti gerektiğinden, rulmanlara karşılık gelen şafta pres ile oda sıcaklığında bağlanabilir. **Şekil 2**'de gösterildiği üzere pirinç çubuğu iç bileziğin yanal yüzeyine bastırın, sonra bileziği şafta preslemek için çekiçle vurun. Bu noktada daha önce çaprazlamasına kesilmiş olan bakır çubuğun ucu iç bileziğin yanal yüzeyiyle temas geçmektedir, böylelikle bileziğin yanal yüzeyinin dış kısmı sıkışmayacak ve bilezik şaft omzuyla gereken sıkı teması yüzey boyunca sağlayacaktır. Pirinç kırıntılarının rulman içine girmemesine dikkat edilmelidir.

Daha etkili olan bir yöntemde, iç bileziğin tüm yanal yüzeyiyle temas geçen, yumuşak çelikten yapılmış borumsu bir bağlantı aracı (**Şekil 3**) kullanılmaktadır. Bu araç kullanılarak bilezik üzerine ağır ancak hasar vermeyen darbe uygulanarak presle takma gerçekleştirilebilir. Pres, basınçlı hava veya hidrolik basınç kullanımı paralel itirmeyi kolaylaştırmakta ve doğru montaj için pres takma basıncını sağlamaktadır. Sonuç olarak bu araçlar girişimin çok sıkı veya çok gevşek olup olmadığının kontrol edilebilmesi açısından faydalıdır.

Presleme çalışması yapmadan önce, tercihen aşırı basınç yağlayıcısı olan yüksek viskoziteli bir yağ, iç bileziğin iç yüzeyine ve şaftın dış yüzeyine uygulanmalıdır. Aynı zamanda macun formundaki molibdenum disülfürden (MoS₂) yapılmış yağlayıcının presleme alanlarına uygulanması da çentiklenmeyi engellemekte ve rulmanın demontaj sırasında bağlantı yüzeyine yapışmasını engelleyerek demontajı kolaylaştırmaktadır.

Isıtma, daha sıkı geçme bulunan rulmanlar için kolay bir montaj yöntemi olarak önerilmektedir. Isıtma sıcaklığı rulman boyutu ve hedeflenen girişime göre Şekil 1'den tespit edilebilir. Yağın ısıtılması için yüksek kaliteli mineral yağ kullanılmaktadır.

Yağ banyosu iki ile beş arasında rulmanı alacak kadar geniş olmalı ve rulmanları tamamen kaplayacak miktarda yağ içermelidir. Yağ banyosuna yönelik uyarılar Şekil 4'te verilmektedir. Rulmanların doğrudan ısıtıcı veya banyonun tabanı ile temas geçmesini engellemek üzere yağ içindeki rulmanları desteklemek amacıyla banyoda bir tel kafes veya benzer bir alet kullanın. Kolay kullanım için yağ banyosunun üzerine rulmanları asmak için üzerinde kanca takılı uzun bir çubuk yerleştirin.

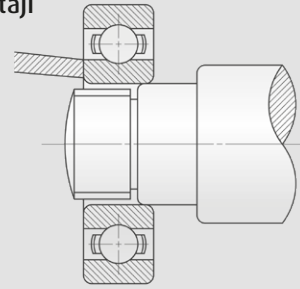
Hadde makinesinde silindirik makaralı rulmanlar ve demiryolu taşıtlarında aks rulmanları için sıkı geçmeli iç bilezik kullanıldığında, montaj ve demontaj için daha güçlü pres takma kuvveti ve çekme kuvveti gerekmektedir. Bu nedenle, rulmanlar veya şaftlar normal çalışma koşullarındaki zorluklar nedeniyle hasar görebilir. İç bileziğinde kırış bulunmayan silindirik makaralı rulmanlar için operasyonu hızlandırmak adına montaj ve demontaj amacıyla iç bileziğin ısıtılması ve genişletilmesi için endüksiyon akımı kullanılması önerilmektedir.

Bu mekanizmayı kullanarak NSK, AC güç kaynaklı montaj-demontaj ısıtma aleti geliştirmiştir ve bu ürünü farklı endüstriyel alanlarda pazara sunmaktadır. Bununla birlikte, NSK küçük rulman gibi tek bir ünitenin ısıtılması için Şekil 5'te gösterilen bir rulman ısıtıcısını da ticari olarak kullanıma sunmaktadır.

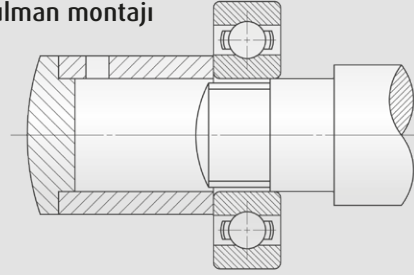
Şafta bağlanan bir rulman hızlı biçimde soğumakta ve ısıtma sonrasında genleşen rulman ters yönde küçülmektedir. Bu nedenle bazı durumlarda iç bilezik ve omuz arasında açıklık oluşmasını engellemek amacıyla şaft somunu veya uygun başka bir alet ile rulmanları omuza doğru sıkıca bastırın. Rulmanı yerine monte ettikten sonra soğutun ve iç ve dış yüzeylerine yağlayıcı uygulayın. Bu noktada rulmanın kirlere arınmış olduğuna dikkat edin. Rulmana ön yük uygulanan durumlar dışında, genellikle montaj sonrasında rulman için boşluk gerekmektedir, bu nedenle rulmanın sorunsuz biçimde döndüğünden emin olun. Makaralı rulmanlar için boşluk, boşluk mastarı kullanılarak ölçülmelidir.

Silindirik makaralı rulmanlarda iç bilezik dış bilezikten ayrılabilirdiği için dış bileziği iç bileziğe monte ederken çıkartılmış olması gerekmektedir. Makaralar ve yuvarlanma yolunun kolaylıkla hasar görmesi nedeniyle, dış bileziğin şafta bağlı iç bileziğe monte edildiği sonraki aşamada aşırı kuvvet uygulamaktan kaçının. Bu türde bir hasar gürültü ve erken arızaya neden olabilir. Aynı zamanda makaralı rulmanların da uyumlu olması gerekmektedir. Sonuç olarak, uyumlulukları önceden doğrulayın ve kombinasyonlarda yanlışlıkla uygun olmayan türleri bir araya getirmekten kaçının. Şaftla gevşek bağlantı yapılan montajlarda sorun olmamasına rağmen, şaft ve iç bilezik arasındaki boşluk minimum olmalıdır. Genellikle iç bilezik ve aksel rulmanının şaftı arasındaki bağlantı js6 civarında olmalıdır. Bir miktar boşluk genellikle bırakılır, takım tezgahlarında daha yüksek hassasiyete gerek duyulduğundan ,bunları hariç tutmak gerekir.

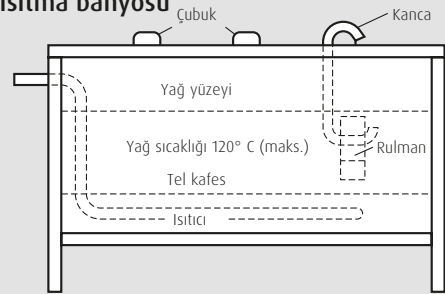
Şekil 2: Rulman montajı



Şekil 3: Rulman montajı



Şekil 4: Yağ ısıtma banyosu



Şekil 5: Rulman ısıtıcı ile ısıtma



2. Montaj

2.4 Konik Delikli Rulmanların Montajı

Konik delikli rulmanlar adaptör mansonlar veya çekme mansonları kullanılarak ya da doğrudan konik shaftlara monte edilmektedir. Sıklık derecesi, boşluktaki azalma ve manşonların (veya rulmanların) itme miktarıyla belirlenmektedir. Oynak makaralı rulmanlar için, montaj sırasında boşluktaki azalma genellikle boşluk mastarı kullanılarak ölçülmektedir. Boşluktaki azalma ve montaj sonrası kalan boşluk **Tablo 5**'te gösterilmektedir.

Konik delikli oynak makaralı rulmanlar genellikle Tablo 5'te gösterildiği üzere boşluktaki azalma dikkate alınarak üretilmiştir. Oldukça büyük bir yük uygulanacağı zaman, boşluk azalmasını Tablo 5'te verilen ilgili listedeki miktardan %20 daha fazla arttırın. Bazı durumlarda doğrudan boşluk azalmasını ölçmek yerine iç bileziğin veya çekme manşonunun itme miktarı (eksenel hareket) ölçülmektedir. Ancak, ilk ölçüm pozisyonunun belirlenmesi zor olduğundan doğrudan boşluktaki azalmayı ölçmek daha emniyetlidir.

Montaj sonrasında oluşan küçük boşluk nedeniyle küçük makaralı rulmanlarda boşluk mastarı kullanılmadığında, boşluk azalması yerine ekstenel hareket miktarı ölçülmelidir. Aynı zamanda montajın kolaylaştırılması için rulmanın genişlemek üzere yağda ısıtıldığı, büyük rulmanların monte edildiği durumlarda, ekstenel hareketin de ölçülmesi gerekmektedir. Bu durumda, rulman ısıtılmadan önce ilk olarak shafta monte edilmeli ve bu ilk pozisyon ölçülmeli, sonrasında rulmanın ısıtılmasını takiben ilk montaj pozisyonundan yapılan eksene hareket miktarı ile nihai montaj pozisyonu belirlenmelidir. Bu aşamada istenen boşluk azalması ısıtma öncesindeki ilk boşluk miktarının ve soğutması sonrasındaki nihai boşluk miktarının ölçülmesiyle doğrulanmalıdır.

Tablo 5: Konik Delikli Oynak Makaralı Rulmanların Montajı (mm)

Rulman delik çapı d		Radyal boşluk azalması		Eksenel hareket				Minimum İzin Verilen Kalan Boşluk	
				Konik 1:12		Konik 1:30			
üzeri	dahil	min	maks	min	maks	min	maks	CN	C3
30	40	0,025	0,030	0,40	0,45	—	—	0,010	0,025
40	50	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,015	0,030
50	65	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,025	0,035
65	80	0,040	0,045	0,60	0,70	—	—	0,030	0,040
80	100	0,045	0,055	0,70	0,85	1,75	2,15	0,035	0,050
100	120	0,050	0,060	0,75	0,90	1,90	2,25	0,045	0,065
120	140	0,060	0,070	0,90	1,10	2,25	2,75	0,055	0,080
140	160	0,065	0,080	1,00	1,30	2,50	3,25	0,060	0,100
160	180	0,070	0,090	1,10	1,40	2,75	3,50	0,070	0,110
180	200	0,080	0,100	1,30	1,60	3,25	4,00	0,070	0,110
200	225	0,090	0,110	1,40	1,70	3,50	4,25	0,080	0,130
225	250	0,100	0,120	1,60	1,90	4,00	4,75	0,090	0,140
250	280	0,110	0,140	1,70	2,20	4,25	5,50	0,100	0,150
280	315	0,120	0,150	1,90	2,40	4,75	6,00	0,110	0,160
315	355	0,140	0,170	2,20	2,70	5,50	6,75	0,120	0,180
355	400	0,150	0,190	2,40	3,00	6,00	7,50	0,130	0,200
400	450	0,170	0,210	2,70	3,30	6,75	8,25	0,140	0,220
450	500	0,190	0,240	3,00	3,70	7,50	9,25	0,160	0,240
500	560	0,210	0,270	3,40	4,30	8,50	11,00	0,170	0,270
560	630	0,230	0,300	3,70	4,80	9,25	12,00	0,200	0,310
630	710	0,260	0,330	4,20	5,30	10,50	13,00	0,220	0,330
710	800	0,280	0,370	4,50	5,90	11,50	15,00	0,240	0,390
800	900	0,310	0,410	5,00	6,60	12,50	16,50	0,280	0,430
900	1000	0,340	0,460	5,50	7,40	14,00	18,50	0,310	0,470
1000	1120	0,370	0,500	5,90	8,00	15,00	20,00	0,360	0,530

Notlar: Radyal iç boşluktaki azalma değerleri CN boşluklu rulmanlar içindir.
C3 boşluklu rulmanlarda radyal iç boşluk azalması için listelenen maksimum değerler kullanılmalıdır.

2. Montaj

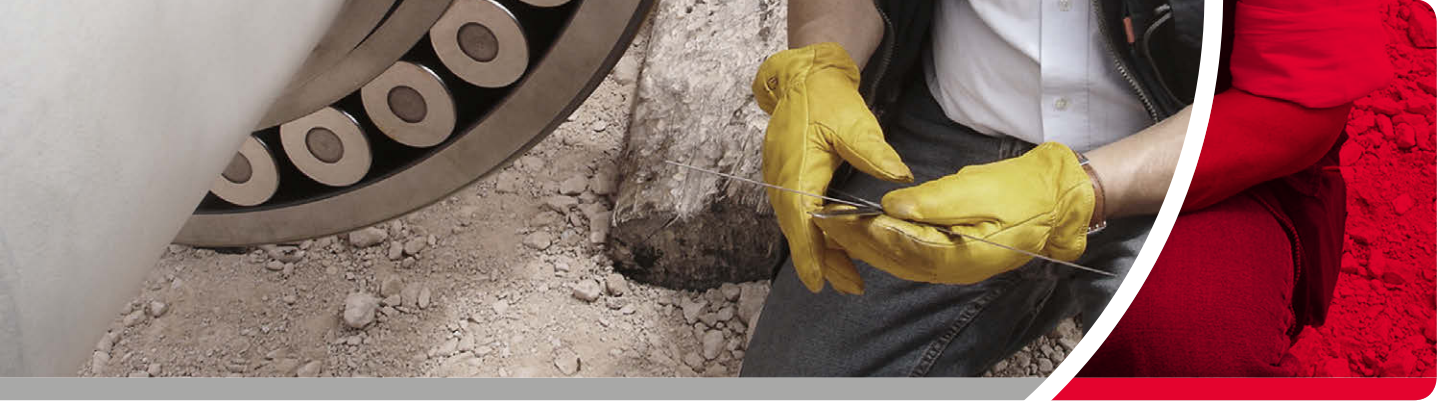
2.5 Yatağa Montaj

Rulmanlar genellikle şafta tutturulduktan sonra yatağa monte edilmektedir. Montaj yöntemleri ve önlemler yatak tasarımı, geçme toleransı ve yatay ve dikey şaftların konfigürasyonu gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bazen, iç bilezik ve şaft arasından da sağlanabilir. Yatak ve dış bilezik arasındaki geçme toleransı yük koşulları, yüzey pürüzlülüğü, malzeme sertliği gibi koşullara bağlı olarak belirlenmektedir. Ancak asıl geçme toleransı belirlenenden daha sıkı olduğunda taşlama gibi operasyonlarla manuel modifikasyonlar yapılmalıdır. Bir yatağı genişletmenin tek yolu kazıyıcı kullanmak ise, rulman yatağının oval biçim alacak veya eğilecek şekilde deforme olmamasına dikkat edin.

Ayrık yatak için geçmeyi gevşetmek amacıyla üst ve alt parçalar arasında ince şim yerleştirmekten kaçının. Aslında bağlantı çok gevşek olduğunda, her koşulda yatak ve dış bilezik arasındaki alana kağıt veya metal folyo yerleştirilmesinden kaçınılmalıdır. Ancak mutlak suretle gerekli olduğunda, yatak, iç düzlemlerini levhayla kaplayarak veya yatak boyutlarının gereksinimleri karşılama için burç yerleştirilerek modifiye edilebilir.

Yatağı monte ederken labirent keçeler ve diğer bileşenlerin birbirine sürtmesini engelleyin. Tabanda yanlış montaj ve kusurlu bağlantılardan oluşabilecek olan, rulmana aşırı yük veya eksantirik yük uygulanmasından kaçının. Monte edilen rulmanları eksenel yönde tam yerine sabitlemek ve burada tutmak amacıyla rulmanlardan birini sabit uçlu rulman olarak belirleyin. Sabit uçlu rulman için hem radyal hem de eksenel yüklere dayanıklı türde bir rulman seçin.

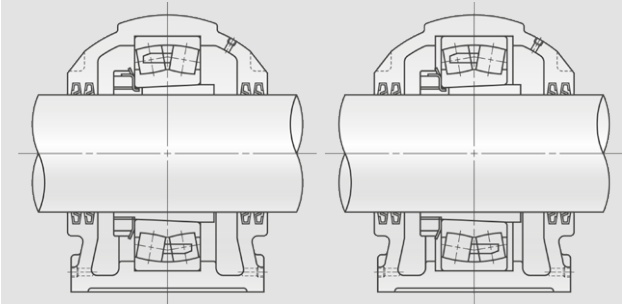
Sabit uçlu rulman dışındaki rulmanlar, sıcaklık değişimi nedeniyle şaftın genişleme ve büzülmesine olanak sağlamak amacıyla yalnız radyal yük uygulanabilen serbest uçlu rulmanlar olarak görev alacaktır. Aynı zamanda montaj pozisyonunun eksenel yönde ayarlanması için kullanılmalıdır. Sıcaklık değişimi nedeniyle şaft büzülmesini engelleyecek önlemler alınmadıkça, rulmanlara uygulanan anormal eksenel yük erken arızaya neden olacaktır. İç bileziğin dış bilezikten ayrılabilmesi ve eksenel yönde hareket edebilen silindirik makaralı rulmanlar (NU veya N tipi) serbest uçlu rulmanlar için uygundur. Bu türde rulmanların kullanımı genellikle montaj ve demontaj prosedürlerini kolaylaştırmaktadır.



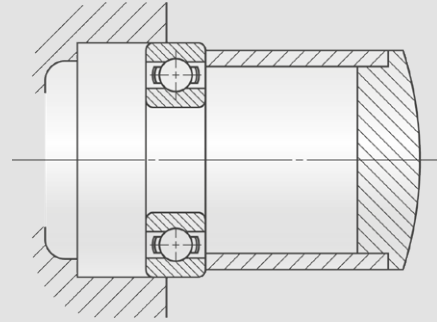
Serbest uçlu rulmanlar olarak ayrılmaz rulmanlar kullanılmışsa, dış bilezik ve yataкта operasyon sırasında şaft genişlemesine ve rulmanların genişlemesine olanak tanıyacak gevşek bağlantı sağlanmalıdır. Bu bazen iç bilezik ve şaft arasındaki bağlantıdan uzaklaşabilir. Rulmanlar arasındaki mesafe kısa ve şaft büzülmesinin rulmanlar üzerindeki etkisi az ise, eğik bilyalı rulmanlar veya konik makaralı rulmanlar veya aksel yük uygulamasını yalnız tek yönde yönetebilen diğer rulman türlerini kullanın ve bunları çift yönlü bir set oluşturmak üzere yüz yüze veya sırt sırta monte edin. Montaj sonrası aksel boşluk (aksel yönde hareket) somun veya şim ile ayarlanmalıdır.

Dış bileziği daha sıkı geçme ile monte ederken, Şekil 7'de gösterildiği gibi yumuşak çelikten yapılmış borusal bir bağlantı aracı kullanın. Dış veya iç bilezikler sıkı geçme ile monte edilmişse ve iç bilezik şaftta hali hazırda monte edilmişse veya dış bilezik hali hazırda rulman yatağına monte edilmişse, yuvarlanma elemanları ile rulman bileziği üzerine oluşacak baskı geçme etkilerinin engellenmesi için Şekil 8 ve 9'da gösterilenlere benzer araçlar kullanın. Aynı zamanda örneğin rulmanı yatağıyla birlikte şaftta monte ettikten sonra, montaj sırasında rulmana darbe yükü uygulamaktan kaçınmak için uygun yöntemin kullanıldığından emin olun.

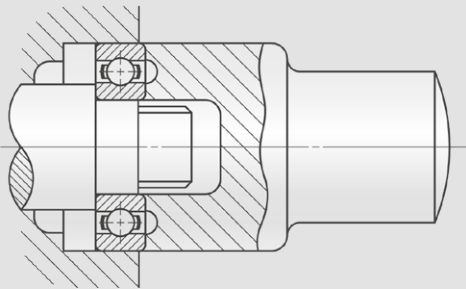
Şekil 6: Sabit uç (sol) ve serbest uç (sağ)



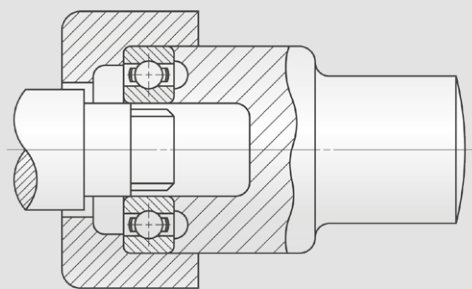
Şekil 7: Dış bileziğin ön yükle takılması



Şekil 8: Dış bileziğin ön yükle takılması



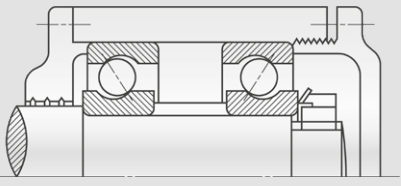
Şekil 9: İç bileziğin ön yükle takılması



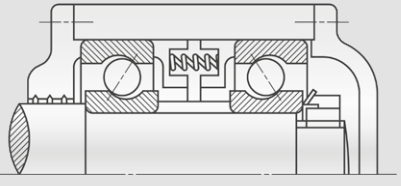
2. Montaj

2.6 Ön Yük Uygulamalarında Montaj

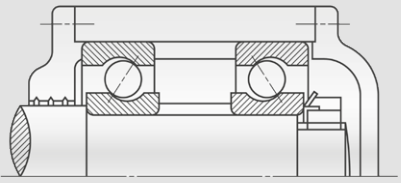
Şekil 10: Vida ile ön yük uygulaması



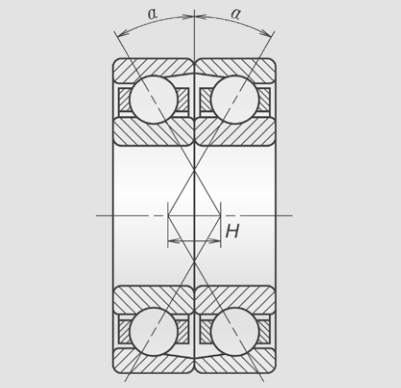
Şekil 11: Yay ile ön yük uygulaması



Şekil 12: Ara bilezik ile ön yük uygulaması (serbest uçta)



Şekil 13: Yüz yüze çift rulmanlar



Radyal Rulmanlar İçin Ön Yük

Eğik bilyalı rulmanlar ve konik makaralı rulmanları monte ederken, belirli kullanım koşullarına bağlı olarak ön yük uygulanmalıdır. Ön yük, haricen hiçbir yük uygulanmazken (veya döner elemanların montaj sırasında konumlarını korudukları hallerde) rulmanın bilyaları veya makaralarına

önceden gerekli yükün uygulandığı teçhizat düzenlemesini ifade etmektedir. Ön yükün amacı gerekli minimum toleranslar içerisinde operasyon sırasında radyal veya aksel yönlerde şaft sapmasının en aza indirilmesidir. Ön yük uygulaması ile montaj, sapmayı azaltmanın etkili bir yoludur. Ancak hiçbir koşulda rulmana gereğinden fazla ön yük uygulanmaması gerekmektedir.

Bu nedenle uygulama miktarı ve yöntemi her zaman dikkatle ele alınmalı ve ön yükün amacına hizmet etmelidir.

Şekil 10'da, montajdan sonra iki radyal bilyalı rulmanın dış bileziğine, uç kapak vidalarıyla ön yük uygulamasını göstermektedir. Bu montaj yöntemi basit olsa da, becerikli bir çalışanın dikkatli düzenlemeleri olmadan başarılı sonuçlar elde etmek mümkün olmayacaktır. Bununla birlikte, bu yöntem kullanılarak ön yük miktarının doğru ölçümü de oldukça zordur. Bu sebeple başlangıç sürtünme momenti ve rulmanın ön yük miktarı önceden bilinmelidir. Rulmanın hareketi için gerekli yük ne kadar az olursa, montaj sırasındaki ön yük de o kadar hafif olmalıdır.

Bu bağlantıda ön yükün rulmana uygulanabileceği başka bir yol daha

mevcuttur: Şekil 11'de gösterilen yay kullanımı. Bu ön yük uygulama yönteminde, yayın boyutu ve basıncı ön yük miktarından tayin edilebilir. Uygun boyutta çeşitli yaylar çevreye yerleştirilmektedir. Çoğu durumda yay ile ön yük uygulama işlemi radyal sapmayı azaltmak için kullanılmaktadır

Şekil 12'de gösterildiği üzere hem iç hem de dış bileziklere yerleştirilen ara bileziklerle ön yük uygulama işlemi mükemmel bir yöntemdir. Bu yöntem montajı kolaylaştırmakta ve ön yükün doğru şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Bir ara bilezik diğerinden kısmen daha uzundur ve rulmanların boyutları da kısmen farklılık göstermektedir.

Bu nedenle tüm rulmanlara benzer uzunlukta ara parçalar uygulanamayacağı için, rulmanlar eşleştirilirken özel uzunluğun bireysel olarak ölçülmesi gerekmektedir. Tek sıralı eğik bilyalı rulmanlar bağımsız halde değil, her zaman çift halinde kullanılır. Şekil 13'te gösterildiği gibi yüz yüze çift yönlü rulmanlar (DF) veya Şekil 14'te gösterildiği gibi sırt sırtta çift yönlü rulmanlar (DB) şeklinde birleştirilebilir. Şekil 15'te hiçbir aksel ön yükün uygulanmadığı bir durum verilmektedir. Burada ön yük için aksel doğrultudaki iç ve dış bileziklerin gerekli sapmaları sırasıyla "a" ve "b"dir ve ancak "a" ve "b" somun ile sıkıştırılıp aksel yönde hareket ettiğinde T1 ön yükü elde edilecektir. Tipik olarak aynı türde rulmanlar için "a" ve "b" birbirine eşittir.

Her koşulda "a" ve "b" özel kullanım koşulları için doğru şekilde tasarlandığında ve üretildiğinde montaj, somunu sıkarak kolayca gerçekleştirilebilir. Tek sıralı eğik bilyalı rulmanların aksel yükü ve aksel yöndeki sapması arasındaki ilişki aşağıda denklem (7) ile yaklaşık olarak ifade edilebilir.

$$\delta_a = \frac{4.4 \cdot 10^{-4}}{\sin \alpha} \cdot \left(\frac{Q^2}{D_a} \right)^{1/3} \dots \dots \dots (7)$$

Bu denklemde

- δ_a : Aksel yönde yer değiştirme (mm)
- Q**: Tek bilyaya uygulanan yük (N)
- α : Temas açısı
- D_a : Bilya çapı (mm)

Tüm rulmana uygulanan aksel yük **T** ise bilya sayısı **Z** olduğunda tek bilyaya uygulanan **Q** yükü aşağıdaki denklem (8) ile ifade edilebilir:

$$Q = \frac{T}{Z \sin \alpha} \dots \dots \dots (8)$$

Böylece aksel yöndeki sapma a genel olarak aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$\delta_a = C_a \cdot T^{2/3} \dots \dots \dots (9)$$

C_a rulmanın bireysel türü ve boyutu ile belirlenen sabit sayıdır. **Şekil 16'**da rulmanlar arasındaki boşluklar a ve b aksel sapma (δ_a) ile ifade edilebilir. Ön yük arttıkça boşluklar **a** ve **b** azalacak ve boşluklar sıfıra ulaştığında ön yük T_1 olacaktır. Aksel yük **T** rulman **A**'ya haricen

uygulanırsa, A aksel yönde δ_i kadar sapma yapacaktır. Rulman B'nin sapması da aynı miktarda azalacaktır. Bu durumda A ve B rulmanlarının sapmaları şu şekilde olacaktır:

$$\delta_{aA} = \delta_a + \delta_i, \quad \delta_{aB} = \delta_a - \delta_i$$

Daha açık ifade etmek gerekirse, rulman **A**'ya uygulanan ön yük dahil kuvvet **(T1+T-G)** ve B'ye uygulanan **(T1-G)**'dir

Ancak rulmana hiçbir ön yük uygulanmadığında T aksel yük T altında saptadır, ön yük nedeniyle rulmandaki sapma azalması şu şekilde ifade edilebilir: $(\delta_T - \delta_i)$.

Aynı zamanda, **G = T₁** or $\delta_i = \delta_a$, durumunda rulman **B** yüksüz koşuldadır ve rulman **A**'nın sapması δ_a şu şekildedir:

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a T_1^{2/3} = C_a (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots (10)$$

Bununla birlikte rulman **A**'ya uygulanan kuvvet **G=T₁**'dir, aşağıdaki denklem oluşmaktadır:

$$T_1 + (T - G) = G + (T - G) = T \dots \dots \dots (11)$$

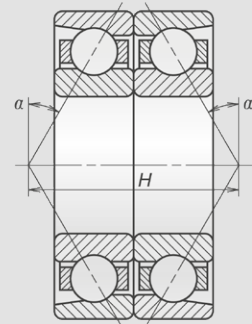
Denklemler (9), (10) ve (11)'den aşağıdaki denklem oluşmaktadır:

$$\delta_{aA} = C_a \cdot T^{2/3} = C_a (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots \dots (12)$$

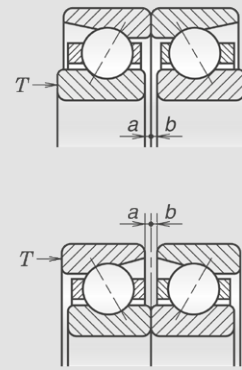
$$\text{Yani, } T = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot T_1$$

Ön yük verildiğinde, rulman A gerekli hizmet ömrü ve hız koşullarına bağlı aksel yüke **(T1 + T - G)** dayanan yük kapasitesine ihtiyaç duymaktadır.

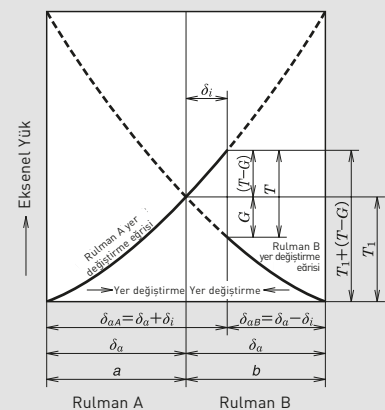
Şekil 14: Sırt sırta çift yönlü rulmanlar



Şekil 15: Ön yük miktarı



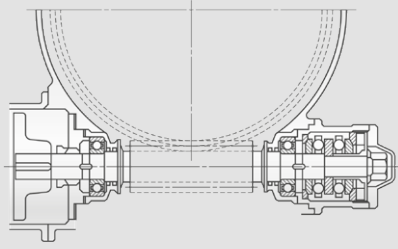
Şekil 16: Ön yükle aksel yer değiştirme



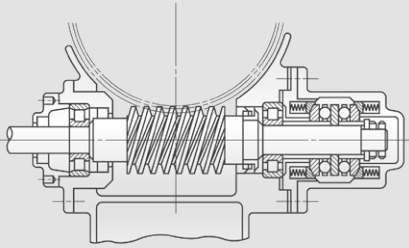
2. Montaj

2.6 Ön Yük Uygulamalarında Montaj

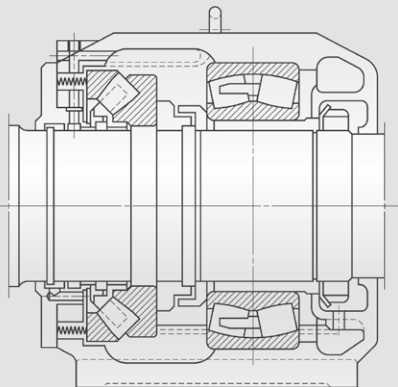
Şekil 17: Eksenel bilyalı rulmanların ön yükü (vida ile)



Şekil 18: Eksenel bilyalı rulmanların ön yükü (yay ile)



Şekil 19: Eksenel oynak makaralı rulmanların ön yükü (vida ile)



Eksenel Rulmanlar İçin Ön Yük

Eksenel bilyalı rulmanların yatay şaftlara montajı sırasında rulmanların bilyaların veya bileziklerin pozisyonlarını kaybetmemesine dikkat edilmelidir. Bu özellikle çift yönlü bilyalı rulmanlar veya yatay şaftlar üzerindeki iki adet tek yönlü eksenel bilyalı rulman için önemlidir. Diğer bir deyişle yük uygulanmayan taraftaki bilyalar ve kafesler ve/veya rulman bilezikleri aşağı doğru veya merkez dışına yer değiştirirse ve rulman sırasına yük uygulanırsa, ısı oluşumu nedeniyle kaçınılmaz biçimde hasar veya arıza meydana gelecektir. Bu nedenle eksenel yöndeki ön yük, önleyici bir tedbir olarak gereklidir. Bilyalar ve kafesler veya rulman bileziklerinin eksenel kaçıklığı bilyalar üzerinde eşit olmayan yük uygulanmasına, asıl pozisyonlarına dönerken hareketlerinin kaymasına ve ısı oluşumu ile hasara yol açmaktadır.

Radyal rulmanlarda olduğu gibi, ön yük yöntemi vida veya eksenel ayarın yapıldığı bir ayar plakası veya yay ile yapılabilir. **Şekil 17** ve **18**'de bu uygulamalara örnekler verilmektedir. Ancak, birinci yöntem zorlu ayarlama ve deneyim gerektirdiğinden, ikinci yaylı yöntem daha kolaydır ve daha iyi sonuçlar verebilir. Ön yük uygulama yöntemi yalnız eksenel bilyalı rulmanlar için değil aynı zamanda Şekil 19'da gösterildiği üzere eksenel makaralı rulmanlar için de geçerlidir.

Eksenel bilyalı rulmanlardaki bilyalar görece yüksek hızlarda döndüklerinde bilyalarda jiroskopik moment nedeniyle kayma oluşabilir. Denklem (13) ve (14)'ten elde edilen değerlerden büyük olanı söz konusu kayma işleminin engellenmesi için minimum eksenel yük olarak alınmalıdır.

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{100} \cdot \left(\frac{n}{N_{\text{maks}}} \right)^2 \dots \dots \dots (13)$$

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

Bu denklemde

- F_a min:** Minimum eksenel yük (N)
- C_{0a}:** Temel statik yük değeri (N)
- n:** Hız (min-1)
- N_{maks}:** Limit hız (yağlı yağlama)(min-1)

Eksenel oynak makaralı rulmanlar kullanıldığında, kullanım esnasında makaralar ve dış bilezik yuvarlanma yolu arasındaki kayma nedeniyle kazınma gibi hasarlar meydana gelebilir. Söz konusu kaymanın engellenmesi için gerekli minimum eksenel yük F_a min aşağıdaki denklemde elde edilmektedir:

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

2. Montaj

2.7 Genel Montaj Önlemleri

Radyal rulmanı şafta bağlamak için genel olarak rulmanı şaft omuzları ve ara bilezik ile yakın temasa getirin ve şaft somununu sıkarak pozisyonu sabitleyin. Şaft omuzlarının uçları ve ara bilezik, şaft merkez hattına dik olmalıdır. Bileşenler dik değilse, rulman rotasyon doğruluğu ve makara temas performansı olumsuz etkilenecek; ısı oluşumu ve erken arıza ile sonuçlanacaktır. Yatak omuzları ve dış bilezik yanal yüzeyi arasındaki temasa da dikkat edilmelidir. Şaft omzu yüksekliği ve ara bileziklerin dış çapları veya yatak omuz yüksekliği rulmanların demontajıyla yakından bağlantılıdır, standart boyutları JIS içerisinde ve kataloglarımızda referans amaçlı verilmektedir.

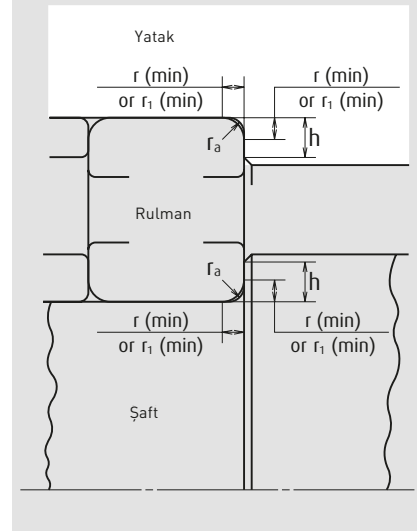
Söz konusu omuz yükseklikleri ile birlikte, şaftların ve yatakların köşelerindeki köşe yarıçapı da önemlidir. Tablo 6'da söz konusu omuz yükseklikleri ve köşe yarıçapları gösterilmektedir. Eksenel bilyalı rulmanların oynak yatak pulları takım tezgahlarının çok hassas ana işmili dışında genellikle pullar ve yatak arasında boşluk bırakılarak monte edilir. Özellikle düz yataklı eksenel bilyalı rulmanlar için, daha önce açıklanan şekilde şaftlar ve yatak omuzları arasında yüksek hassasiyet seviyeli dikeylik sağlanmalıdır. Montaj, eksantrikliğe de son derece önem verilerek yapılmalıdır.

Bir makinenin genel hassasiyetinin sağlanması için daha yüksek hassasiyete sahip rulmanlar gerekse de, şaftlar, yataklar ve diğer ilgili bileşenlerin genel hassasiyeti rulman hassasiyeti ile uyumlu olarak iyileştirilmelidir; ilgili bileşenlerin doğruluğunun olmaması rulman hasarına yol açan temel nedenlerden biridir.

Aynı zamanda doğru montaj sağlamak için genel bir tedbir olarak, rulman ve ilgili bileşenleri mümkün olduğunca temiz tutmak gerekmektedir. Bu durum rulmanların kirlilik veya yüksek nemlilik bulunmayan bir ortamda, temiz durulama yağı ile, korozyon ve paslanmaya karşı önlem olarak kullanılmaları gerektiği anlamına gelmektedir.

Montaj öncesinde her parçayı kontrol edin. Keçeli alanları, şaftlar ve yatakların boyutları, şekli, görünümü ve doğruluğunu kontrol edin. Kontrol sırasında ellerde oluşan terin veya sahadaki kirlerin rulmanlarla temas etmemesine dikkat edin. Rulmanlar için takma çalışması ve boşluk ölçme yöntemleri yukarıda açıklanmıştır. İdeal olarak montaj prosedürüne başlamadan önce dikkatlice plan yapın ve her zaman her bir operasyon için belgelenmiş kayıtları muhafaza edin.

Şekil 20: Pah boyutları, Şaft ve yatağın köşe radyusu, ve omuz yüksekliği



2. Montaj

2.7 Genel Montaj Uyarıları

Tablo 6: Metrik radyal rulmanlarda kullanımı önerilen minimum omuz yükseklikleri ve şaft ve yatağın köşe radyusu (mm)

Nominal pah boyutları r (min) veya r ₁ (min)	Şaft veya yatak		
	Köşe radyusu r _a (maks)	Minimum omuz yükseklikleri h (min)	
		Sabit bilyalı rulmanlar (1), oynak bilyalı rulmanlar, silindirik makaralı rulmanlar (1), katı iğneli makaralı rulmanlar	Eğik bilyalı rulmanlar, konik makaralı rulmanlar (2), oynak makaralı rulmanlar
0,05	0,05	0,20	—
0,08	0,08	0,30	—
0,10	0,10	0,40	—
0,15	0,15	0,60	—
0,20	0,20	0,80	—
0,30	0,30	1,00	1,25
0,60	0,60	2,00	2,50
1,00	1,00	2,50	3,00
1,10	1,00	3,25	3,50
1,50	1,50	4,00	4,50
2,00	2,00	4,50	5,00
2,10	2,00	5,50	6,00
2,50	2,00	—	6,00
3,00	2,50	6,50	7,00
4,00	3,00	8,00	9,00
5,00	4,00	20,00	11,00
6,00	5,00	13,00	14,00
7,50	6,00	16,00	18,00
9,50	8,00	20,00	22,00
12,00	10,00	24,00	27,00
15,00	12,00	29,00	32,00
19,00	15,00	38,00	42,00

- Notes:**
- (1) Yüksek aksel yükler uygulandığında, omuz yüksekliği listelenen değerlerden yeterince büyük olmalıdır.
 - (2) Aksel yüklü rulmanlar için omuz yüksekliği listelenen değerlerden yeterince büyük olmalıdır.
 - (3) Köşe radyusu aksel rulmanları için de geçerlidir.
 - (4) Rulman tablolarında omuz yüksekliği yerine omuz çapı verilmektedir.

2. Montaj

2.8 Yağlama

Tablo 7: Yağlama gresleri markaları ve özelliklerinin karşılaştırması

Markalar	Kıvamaştırıcılar	Baz yağlar	Damlama noktası (°C)	Kıvamlilik	Çalışma sıcaklığı aralığı ⁽¹⁾ (°C)	Basınç dayanımı	Listelenen Limit hızlara kıyasla kullanılabilir limit ⁽²⁾ (%)	Kinematik Viskozite (mm ² /s)	
								40°	100°
ADREX	Lityum	Mineral yağ	198	300	0-+110	İyi	70	197	15
APPOLOIL AUTOREX A	Lityum	Mineral yağ	198	280	-10-+110	Orta	60	185	15
Arapen RB 300	Lityum / Kalsiyum	Mineral yağ	177	294	-10-+ 80	Orta	70	99	10
EA2 Gres	Üre	Poli- α -olefin yağ	≥ 260	243	-40-+150	Orta	100	47	7
EA3 Gres	Üre	Poli- α -olefin yağ	≥ 260	230	-40-+150	Orta	100	47	8
EA5 Gres	Üre	Poly- α -olefin oil	≥ 260	251	-40-+160	İyi	60	239	26
EA7 Gres	Üre	Poly- α -olefin oil	≥ 260	243	-40-+160	Orta	100	46	7
ENC Gres	Üre	Poliolester yağ + Mineral yağ	≥ 260	262	-40-+160	Orta	70	51	7
ENS Gres	Üre	Poliolester yağ	≥ 260	264	-40-+160	Orta	100	33	5
ECZ	Lityum+ Karbon siyahı	Poli- α -olefin yağ	≥ 260	243	-10-+120	Orta	100	30	5
ISOFLEX NBU 15	Baryum Kompleks	Diester yağ + Mineral yağ	≥ 260	280	-30-+120	Zayıf	100	20	4
ISOFLEX SUPER LDS 18	Lityum	Diester yağ	195	280	-50-+110	Zayıf	100	15	3
ISOFLEX TOPAS NB52	Baryum Kompleks	Poli- α -olefin yağ	≥ 260	280	-40-+130	Zayıf	90	30	5
Aero Shell Gres 7	Mikro Jel	Diester yağ	≥ 260	288	-55-+100	Zayıf	100	10	3
SH 33 L Gres	Lityum	Silikon yağı	210	310	-60-+120	Zayıf	60	75	25
SH 44 M Gres	Lityum	Silikon yağı	210	260	-30-+130	Zayıf	60	80	20
NS HI-LUBE	Lityum	Poliolester yağ + Diester yağ	192	250	-40-+130	Orta	100	26	5
NSA	Lityum	Poli- α -olefin yağ + Ester yağ	201	311	-40-+130	Orta	70	115	15
NSC Gres	Lityum	Alkildifeniller yağ + Poliolester yağ	192	235	-30-+140	Orta	70	53	8
NSK Clean Gres LG2	Lityum	Poli- α -olefin yağ + Mineral yağ	201	199	-40-+130	Zayıf	100	32	5
EMALUBE 8030	Üre	Mineral yağ	≥ 260	280	0-+130	İyi	60	415	31
MA8 Gres	Üre	Alkildifeniller yağ + Poli- α -olefin yağ	≥ 260	283	-30-+160	Orta	70	76	11
KRYTOX GPL-524	PTFE	Perfluoropoliester yağ	≥ 260	265	0-+200	Orta	70	90	10
KP1	PTFE	Perfluoropoliester yağ	≥ 260	280	-30-+200	Orta	60	420	36
Cosmo Wide Gres WR No.3	Sodyum Tereftalat	Poliolester yağ + Mineral yağ	≥ 230	227	-40-+130	Zayıf	100	29	
G-40M	Lityum	Silikon yağı	223	252	-30-+130	Zayıf	60	220	42
Shell Alvania EP Gres 2	Lityum	Mineral yağ	187	276	0-+ 80	İyi	60	220	15
Shell Alvania Gres S1	Lityum	Mineral yağ	182	323	-10-+110	Orta	70	130	12
Shell Alvania Gres S2	Lityum	Mineral yağ	185	275	-10-+110	Orta	70	130	12
Shell Alvania Gres S3	Lityum	Mineral yağ	185	242	-10-+110	Orta	70	130	12
Shell Cassida Gres RLS 2	Aluminyum Kompleks	Poli- α -olefin yağ	≥ 260	280	0-+120	Orta	70	150	18
SHELL SUNLIGHT Gres 2	Lityum	Mineral yağ	200	274	-10-+110	Orta	70	182	15
WPH Gres	Üre	Poli- α -olefin yağ	259	240	-40-+150	Orta	70	95	14
DEMNUM Gres L-200	PTFE	Perfluoropoliester yağ	≥ 260	280	-30-+200	Orta	60	200	35
NIGACE WR-5	Üre	Karma yağ	≥ 260	230	-30-+150	Zayıf	70	56	11
NIGLUB RSH	Sodyum Kompleks	Polialkilen Glikol yağ	≥ 260	270	-20-+120	Orta	60	340	51
PYRONOC UNIVERSAL N6B	Üre	Mineral yağ	238	290	0-+130	Orta	70	108	
PALMAX RBG	Lityum Kompleks	Mineral yağ	216	300	-10-+130	İyi	70	177	17
Beacon 325	Lityum	Diester yağ	190	274	-50-+100	Zayıf	100	11	3
MULTEMP PS No.2	Lityum	Mineral yağ + Diester yağ	190	275	-50-+110	Zayıf	100	15	4
MOLYKOTE FS-3451 Gres	PTFE	Fluorosilikon yağ	≥ 260	285	0-+180	Orta	70	580	74
UME Gres	Üre	Mineral yağ	≥ 260	268	-10-+130	Orta	70	75	9
UMM Gres 2	Üre	Mineral yağ	≥ 260	267	-10-+130	Orta	70	74	9
RAREMAX AF-1	Üre	Mineral yağ	≥ 260	300	-10-+130	Orta	70	74	9

Notlar: (1) Sıcaklık aralığın alt veya üst limitinde veya vakum gibi özel ortamda gres kullanılacaksa lütfen NSK'ya danışınız.

(2) Kısa süreli operasyonda veya verilen limitleri aşan hızlarda soğuk gres kullanılabilirliğinde gres tedariki uygundur.

2. Montaj

2.8 Yağlama

Rulmanlar için yağlama yöntemleri kabaca yağ ve gresli uygulamalar olarak ayrılabilir. Gresli yağlama, rulman keçeleri için daha basit bir yapıya olanak sağlaması ve uygun olması nedeniyle tercih edilen yöntemdir. Bu yöntem gres alanında yapılan iyileştirmeler ve gelişmeler nedeniyle daha yaygın biçimde kullanılmaya başlamıştır. Ancak dönme hızı, çalışma sıcaklığı, gres miktarı, gres ömrü vb. faktörlere dikkat edilmelidir.

Gresli yağlama rulmanların dönme hızı arttıkça zorlaşmaktadır. Dönme hızının üst limiti rulman tipi, boyutları, yağlama yöntemleri ve hizmet koşullarına göre değişmektedir. NSK rulman katalogu boyut tablosunda limit hızlar, normal operasyon koşulları dahilinde rulman bazında listelenmektedir.

Gresin çalışma sıcaklığı aralığı kullanılan gres türüne göre değişmektedir. **Tablo 7**'de genellikle önerilen sıcaklık aralığı verilmektedir. Bu sıcaklık aralığının dışında gres kullanıldığında yağ ikmaline dikkat edilmelidir.

Kafes kılavuz yüzeyi de dahil olmak üzere rulmanda yeterli gres bulunmalıdır. Gres doldurulacak yatak içindeki kullanılabilir boşluk, rulman ve şaft hariç olmak üzere, aşağıda belirtildiği gibi hıza bağlıdır:

- › **Boşluğun 1/2'si ile 2/3'ü arasında**
(Limit hızın %50'sinden az)
- › **Boşluğun 1/3'ü ile 1/2'si arasında**
(Limit hızın %50'sinden fazla)

Gres kalitesi ve özellikleri kullanıldıkça değiştiği için, belirli bir süre sonra yenilenmesi gerekmektedir. Kalite ve özelliklerdeki değişiklikler çalışma koşulları ve harici koşullardan etkilendikleri için tüm uygulamalar için hizmet limitleri belirlenmemektedir. Operatörler aynı zamanda görünüme bakarak değiştirme zamanını tahmin etmekte zorlanabilir. Greslerin normal çalışma koşullarında kullanıldığı varsayıldığında, değiştirme aralıkları için sayfa 29'daki **Şekil 22** ve **23**'e bakın. .

Yağlı yağlama yaygın olarak kullanılmaktadır. Yağ mükemmel akışkanlık ve ısı yayılımına sahiptir ve kirli ve aşındırıcı partiküllerin kolaylıkla giderildiği sirkülasyonlu ve basınçlı yağlama için uygundur. Aynı zamanda vibrasyon ve akustik özellikleri üzerinde de olumlu etki sahibidir ve bu nedenle optimum yağlayıcıdır.

Ancak yağlı yağlama, yağlama sisteminin karmaşıklığını açık bir biçimde arttırmakta ve dikkatli bakım gerektirmektedir. Bununla birlikte, yağ sızıntısını engellemek için rulman keçelerine dikkat edilmelidir.

Doğru yağlama yağının seçimi ilgili rulmanın çalışma sıcaklığındaki viskozite değerini içermektedir. Genellikle geçerli rulman türleri için ilgili çalışma sıcaklığında aşağıda verilen viskozite değeri veya üzeri değere sahip yağın seçilmesi daha iyi olacaktır:

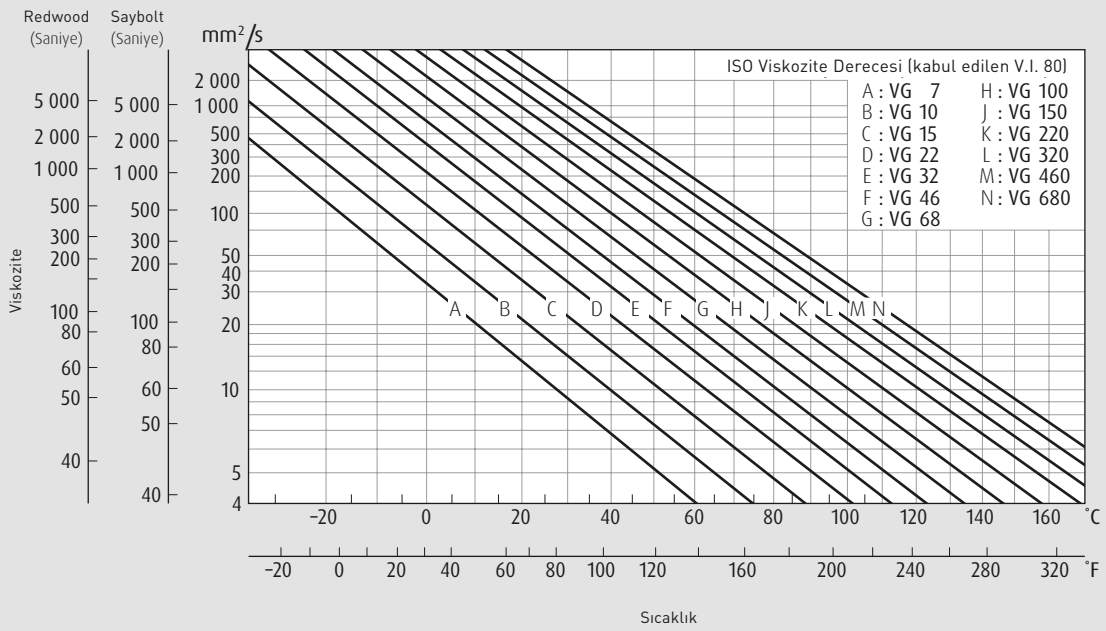
Bilyalı rulmanlar ve silindirik makaralı rulmanlar:
13 mm²/s veya üzeri

Oynak makaralı rulmanlar ve konik makaralı rulmanlar:
20 mm²/s veya üzeri

Eksenel oynak makaralı rulmanlar:
32 mm²/s veya üzeri

Şekil 21'de yağ viskozitesi ve sıcaklık arasındaki genel ilişki gösterilmektedir ancak bu rakamlarda bazı değişiklikler olabilir. Yağlama yöntemleri arasında yağ banyosu ile yağlama, çarpma ile yağlama, cebri sirkülasyonlu yağlama ve yağ buharı ile yağlama yer almaktadır. Uygun yağlama yönteminin seçimi rulmanların etrafındaki yapılara ve çalışma koşullarına dayanmaktadır. Yağ banyosu ile yağlama kullanılan rulmanlar için en tipik limit hızları katalogumuzun boyut tablosunda listelenmektedir.

Şekil 21: Sıcaklık-Viskozite Tablosu



2. Montaj

2.9 Test Sürüşü

Montaj tamamlandıktan sonra test sürüşü yapılmalıdır. Test sırasında kontrol edilecek kalemler arasında anormal gürültü ve rulman sıcaklığında aşırı artış yer almaktadır. Şüphesiz ki rulman rotasyonu test sürüşü esnasında hatasız olmalıdır.

Test sürüşü sırasında herhangi bir anormallik bulunması durumunda, testi derhal sonlandırın, rulmanı demonte edin ve ilgili anormalliğe göre denetim gerçekleştirin. Özellikle yüksek hızlı makineler için operasyonu önce düşük hızlarda başlatın ve hızı giderek arttırın. Rulman sıcaklığı genellikle yatağın dış yüzeyindeki sıcaklıkla tahmin edilebiliyor olsa da, erişim için yağ deliklerini kullanarak dış bilezik sıcaklığını doğrudan ölçmek daha iyi olacaktır. Sıcaklık değişimleri aynı zamanda yağlayıcının sıcaklığı ile de tahmin edilebilir. Genellikle zaman içerisinde rulman sıcaklığı kademeli olarak arttığından ve doygunluk sıcaklığına ulaştığından, sıcaklık artışını takip ederek montajın doğru yapıldığını teyit etmek mümkündür.

Rulmanla veya montajıyla ya da her ikisiyle de bağlantılı sorunlarda, rulman sıcaklığı dengelenmeyerek anormal seviyeye yükselebilir. Rulmanın doygunluk sıcaklığı, ısı kapasitesi, ısı yayılımı, dönme sayısı ve sunucu makine yüküne bağlı olarak değişmektedir. Genellikle sıcaklık artışı 20 °C ile 30 °C arasındadır.

Sıcaklığın kontrolsüz biçimde anormal seviyelere çıkmasının olası sebepleri şunlardır:

- › Aşırı gres veya yağ tedariki
- › Rulman üzerinde anormal yük
- › Rulman keçelerinde aşırı sürtünme
- › Yanlış şaft, yatak veya omuz nedeniyle uygun olmayan rulman teması
- › Yetersiz rulman boşluğu
- › Rulman türü ve yağlama yöntemine göre aşırı hız
- › Kusurlu rulmanlar, vb.

Bununla birlikte yanlış rulman montajı, üretimi veya seçimi nedeniyle gerçekleşen vakalar olabilir. Rulman sesi gürültü yer belirleyici veya yatakla temas eden başka bir dinleme aracı ile kontrol edilebilir. Yüksek metalik sesler, tuhaf sesler veya diğer düzensiz sesler gibi anormal koşullar yetersiz yağlayıcı, yanlış şaft veya yatak, rulman içerisine giren yabancı maddeler veya kirlilik veya kusurlu rulmanlar nedeniyle meydana gelebilir.

Referans amacıyla, çeşitli rulman arızalarının olası nedenleri ve ilgili karşı tedbirler Tablo 8'de verilmektedir. Test operasyonunun sonuçları, ileride sorun çözmede referans olması amacıyla montaj sonrasında kaydedilmelidir.

Tablo 8: Çalışma anormalliklerinin nedenleri ve karşı tedbirler

Düzensizlikler		Muhtemel nedenler	Alınacak önlemler
Ses	Yüksek Metalik Ses ⁽¹⁾	Anormal yük	Toleransı, iç boşluğu, ön yükü, yatak omzunun konumunu, vb. düzeltin.
		Yanlış montaj	Milin ve yatağın işleme hassasiyetini ve hizalamasını, montaj yönteminin hassasiyetini düzeltin.
		Yetersiz veya yanlış yağlayıcı	Yağlayıcıyı yeniden doldurun veya başka bir yağlayıcı seçin.
		Döner parçaların teması	Labirent keçeyi, vb. değiştirin.
	Yüksek Düzenli Ses	Yuvarlanma yolunda kusurlar, korozyon veya çizikler	Rulmanı değiştirin veya temizleyin, keçeleri düzeltin ve temiz yağlayıcı kullanın.
		Çiziklenme	Rulmanı değiştirin ve rulmanları elleçlerken dikkatli olun.
		Yuvarlanma yolunda pullanma	Rulmanı değiştirin.
	Düzensiz Ses	Aşırı boşluk	Toleransı, boşluğu ve ön yükü düzeltin.
		Yabancı maddelerin girmesi	Rulmanı değiştirin veya temizleyin, keçeleri düzeltin ve temiz yağlayıcı kullanın.
		Bilyalarda kusurlar veya pullanma	Rulmanı değiştirin.
Anormal Sıcaklık Yükselmesi	Aşırı yağlayıcı miktarı	Yağlayıcı miktarını azaltın, daha katı gres seçin.	
	Yetersiz veya yanlış yağlayıcı	Yağlayıcıyı yeniden doldurun veya daha iyi bir yağlayıcı seçin.	
	Anormal yük	Toleransı, iç boşluğu, ön yükü, yatak omzunun konumunu düzeltin.	
	Yanlış montaj	Milin ve yatağın işleme hassasiyetini ve hizalamasını, montaj hassasiyetini veya montaj yöntemini düzeltin.	
	Montaj yüzeyinde sürünme, aşırı keçe sürtünmesi	Keçeleri düzeltin, rulmanı değiştirin, toleransı veya montajı düzeltin.	
Titreşim (Eksenel salgı)	Çiziklenme	Rulmanı değiştirin ve rulmanları elleçlerken dikkatli olun.	
	Pullanma	Rulmanı değiştirin.	
	Yanlış montaj	Mil ve yatak omzu veya ara parça tarafı arasındaki kareliği düzeltin.	
	Yabancı maddelerin girmesi	Rulmanı değiştirin veya temizleyin, keçeleri düzeltin.	
Sızıntı veya Renk Bozulması	Çok fazla yağlayıcı. Yabancı maddelerin girmesi	Yağlayıcı miktarını azaltın, daha katı bir gres seçin. Rulmanı veya yağlayıcıyı değiştirin. Yatağı ve bitişik parçaları temizleyin.	

Notlar: (1) Düşük sıcaklıklı ortamlarda gresli yağlama ile çalışan orta ve büyük boyutlu silindirik makaralı rulmanlar veya bilyalı rulmanlarda gıcırdama duyulabilir. Bu koşullarda gıcırdama oluşsa da rulman sıcaklığı yükselmeyecek, yorulma olmayacak veya gres ömrü etkilenmeyecektir. Rulman kullanılmaya devam edebilir.

3. Bakım ve Denetim

3.1 Bakım ve Denetim Prosedürleri

Gelecekte oluşacak (ve potansiyel olarak büyüyecek) sorunlar veya kazaları engellemek için ilgili sorunların erkenden tespit edilmesi ve çözülmesi amacıyla rulmanın hizmet ömrü boyunca kullanılmaya devam etmesi için düzenli bakım ve denetim işlemleri gerekmektedir.

Rulmanların operasyon sırasında denetimi belirli sıklıkta yapılacak rulman sesini dinleme, rulman sıcaklığını takip etme veya rulman vibrasyonunu denetleme gibi faaliyetlere entegre edilmektedir. Rulmandaki küçük bir pullanma bile anormal ve düzensiz bir gürültü oluşturacaktır; gürültü belirleyicisi kullanan iyi bir çalışan tarafından, normal sestən farklı olduğu belirlenecektir. Rulman sıcaklığı yatak yüzeyine dokunarak kabaca belirlenebilir, ancak doğrudan rulman sıcaklığını ölçmek için yağlama deliği veya benzer bir giriş deliğine bir termometre yerleştirin.

Taşıtlar için rulmanlar gibi, operasyon sırasında gürültü veya sıcaklık takibi yapılamayan hareketli ünitelerdeki rulmanlar periyodik olarak incelenmeli ve taze gres uygulanmalıdır. Operasyon sırasında gres durumunun incelenmesi rulmanın operasyonel durumunun belirlenmesi için faydalı bir yöntemdir. Operasyonel durum greste ki kir ve küçük taneli demir tozu miktarı ve herhangi bir gres sızıntısı veya bozulma işareti ile belirlenebilir.

Söz konusu denetimlerin rulmanda anormallik veya arıza tespit etmesi durumunda, rulman, sorunun nedeninin tespit edilmesi için detaylı inceleme yapmak üzere demonte edilmelidir.



3. Bakım ve Denetim

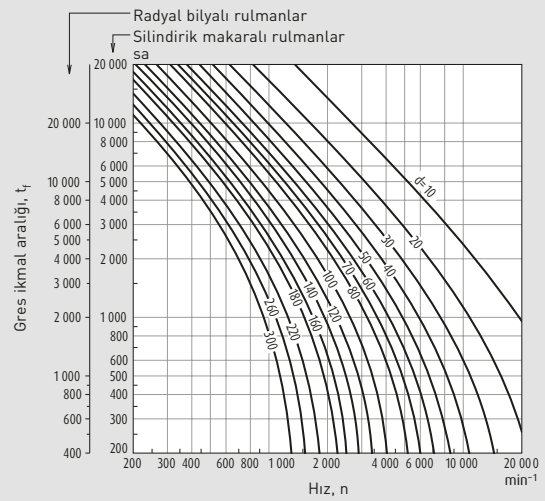
3.2 Yağlama Yöntemi

3.2.1 Gresli Yağlama

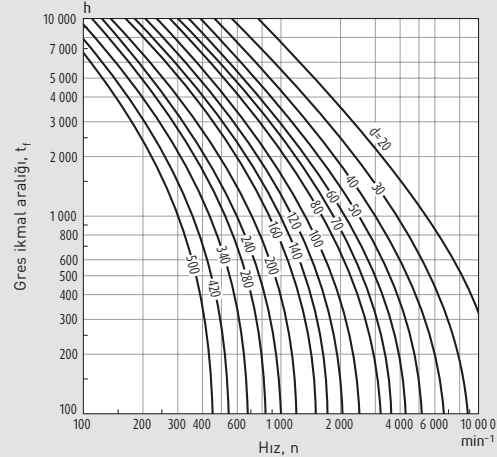
Yağlayıcı rulmanlar için vazgeçilmezdir; ancak yalnızca küçük miktarda yağlayıcı gereklidir ve tipik olarak sıklıkla yenilenmesi gerekmez. İkmal aralığı rulman türü, boyutu, dönme sayısı ve diğer operasyonel koşullara bağlıdır.

Bu faktörler genellikle deneysel olarak belirlenebilir. **Şekil 22** ve **23** yüksek kaliteli lityum sabunu-mineral yağ gresi, 70 °C rulman sıcaklığı ve normal yük ($P/C=0,1$) koşullarında yağlayıcı ikmal süresi için kılavuzluk sağlamaktadır. Rulman sıcaklığı 70 °C'ı geçerse, rulmanlardaki her 15 °C sıcaklık artışı için ikmal süresi yarıya indirilmelidir. Aynı zamanda ikmal süresi rulman yükünün büyüklüğüne bağlıdır ve **Tablo 9**'da gösterilen Yük faktörüyle çarpılarak kullanılmalıdır.

Şekil 22: Radyal Bilyalı Rulmanlar, Silindirik Makaralı Rulmanlar için Gres İkmal Aralıkları



Şekil 23: Radyal Bilyalı Rulmanlar, Silindirik Makaralı Rulmanlar için Gres İkmal Aralıkları



Tablo 9: Yük Faktörü

P/C	≤ 0,06	0,1	0,13	0,16
Yük faktörü	1,5	1	0,65	0,45

3. Bakım ve Denetim

3.2 Yağlama Yöntemi

Özellikle bilyalı rulmanlarda, ikmal aralığı kullanılan gres türüne göre uzatılabilir (örneğin, yüksek kaliteli lityum sabunu-sentetik yağ gresi **Şekil 22** ve **23**'te verilen ikmal sürelerini iki katına çıkartabilir)

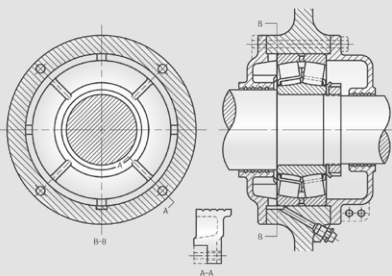
Gresin yağlama performansı yabancı madde veya su girişi nedeniyle bozulma veya emülsifikasyon yoluyla düşmektedir. Bu nedenle rulman zorlu koşullarda kullanılıyorsa, **Şekil 22** ve **23**'te verilen ikmal aralıklarını iki ila on kat arasında kısaltmak gerekmektedir.

Yatak gres ikmali veya değişikliği göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Örneğin, gresin belirli sürelerde değiştirilmesini gerektiren makinelerde kullanılan bir yatağın demontajı kolay olmalıdır; bir sızdırmazlık elemanı ile su girişinin engellenemediği durumlarda gres sıklıkla ikmal edileceğinden, yatağın eski gresin kolaylıkla boşaltılacağı biçimde tasarlanması gerekmektedir. Rulman aşırı düşük hızlı operasyonda kullanıldığında yatak gresle doldurulabilir, ancak yüksek hızlı uygulamalarda gresle tamamen doldurmaktan kaçının.

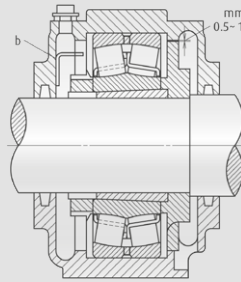
Yatak düzenli olarak demonte edilebilir olduğunda gres tedarik deliği açmamak daha iyi olacaktır. Pratik anlamda, gres rulmana varmadan ancak tedarik deliğinin çevresine erişebilecek ve bu nedenle performansı olumsuz etkileyecektir.

Ancak daha büyük rulmanlar veya daha yüksek hızlı operasyonlarda kullanılan rulmanlar daha sık gresleme gerektirmektedir. Bu durumda gres tedarik deliğinin açılması gerekmektedir, çünkü her gresleme işleminde yatağın demonte edilmesi zordur. Yatağı doldurmadan rulmana yeni gres verebilmek için tedarik deliğinin yanındaki yatak alanının çeşitli gres bölmelerine (**Şekil 24**) bölünmesi önerilmektedir. Kapağı açarak düzenli olarak boşaltılması gereken eski gresin toplanması için tedarik deliğinin karşı tarafında geniş bir yatak boşluğu oluşturulmalıdır. Yüksek hızlı operasyonlarda kullanılan rulmanlar gres vanası kullanılarak daha kolay greslenebilir. Bu işlem elektrik motorları veya türbin pompaları gibi uzun süreli sürekli operasyonlarda kullanılan rulmanlar için uygundur. Gres vanasının amacı gres doluluğunun engellenmesidir. **Şekil 25**'te gres sektörlerinin lokasyonu ve yatakta gres vanasını gösterilmektedir. **Şekil 26**'da ince demir plaka b'nin gres bölmelerini ayırdığı, gres vanası bulunan plummer blok gösterilmektedir.

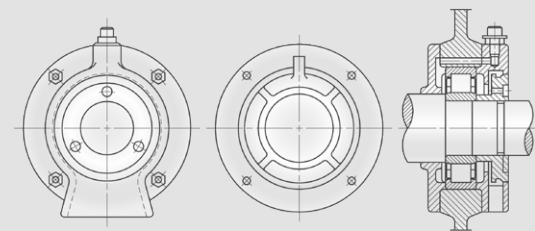
Şekil 24: Gres bölmeleri



Şekil 25: Gres vanası



Şekil 26: Gres vanası (plummer blok)

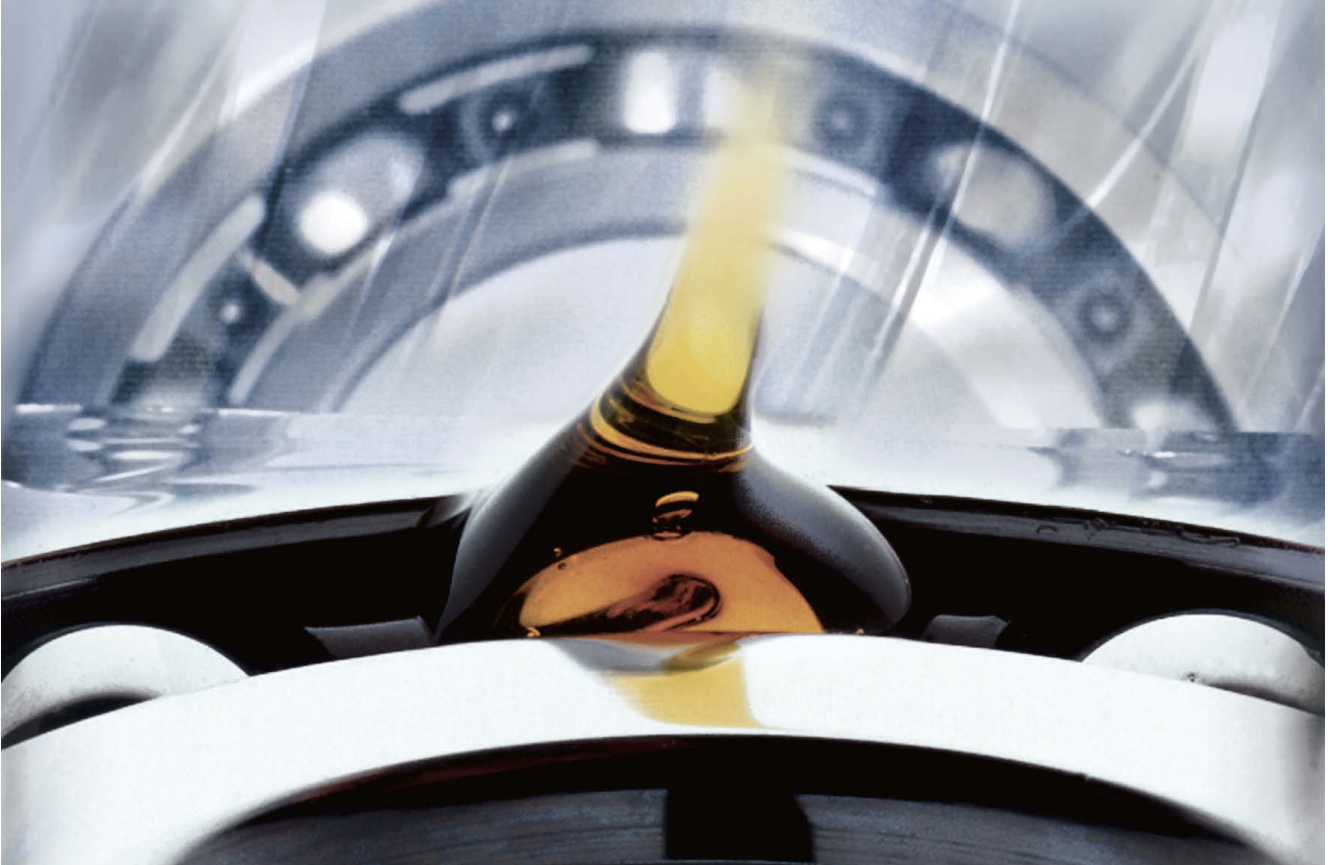


3.2.2 Yağlı Yağlama

Yağ seviyesinin belirlenmesi ve hata oluşma riskinin azaltılması amacıyla rulman kullanımda değilken banyo yağlama yatağında bulunan yağ seviye çubuğu okunmalıdır.

Prensipte yađ miktarı uygun yađ seviyesinden az ise yađ tedarik edilmelidir. Ancak sızdırmazlık cihazı hidrolik sızıntı olmadan doğru şekilde çalışıyorsa yağlayıcı ikmali ihtiyacı daha azdır. Yađ ikmali ihtiyacı çalışma koşullarına bağlıdır. Rulman toz ve kirin az olduğu elverişli bir ortamda 50°C veya daha dűřük bir sıcaklıkta kullanılıyorsa, bir yıla kadar yađ değişim aralığı yeterli olacaktır.

Rulman harici ısı kaynağı ile 100 °C'yi ařan çalışma sıcaklığında kullanılıyorsa, kullanılan yađ termal açıdan stabil olsa dahi yağın her iki veya üç ayda bir ya da daha sık değiştirilmesi gerekmektedir. Damla yağlamada damlaların sayısı belirli koşullara göre dűzenlenmelidir, ancak dakika başına birkaç damla sayısı normal koşullarda yeterli olmalıdır. Yüksek hızlı operasyonlarda, rulman yađ jetli yağlama ile yağlandığında, yağlayıcı miktarı yađ basıncı ve ağız oluk çapı ile ayarlanacaktır. Tedarik edilen yağın rulman kenarında birikmemesine dikkat edilecektir.



3. Bakım ve Denetim

3.3 Rulman Arızası

Sorunun yeniden oluşmaması için, rulman arızasına yol açan sürecin araştırılması amacıyla erken arıza yapan rulmanın dikkatlice incelenmesi, yağlama koşulları ve montaj koşullarının denetlenmesi önemlidir. Olası nedenler arasında yanlış montaj, kullanım veya yağlama; eksik sızdırmazlık yapısı ve termal etkinin yeterli ölçüde dikkate alınmaması yer almaktadır. Örneğin, erken arızaya bir örnek olarak kırıste kazınma, yağ sıkıntısı, hatalı yağlama sistemi, yanlış yağlayıcı kullanımı, su veya yabancı madde girişi, şaftta aşırı sapma nedeniyle iç bilezik ve dış bilezik arasında oluşan aşırı eğilme açısı veya bu nedenlerin bileşimi yer almaktadır.

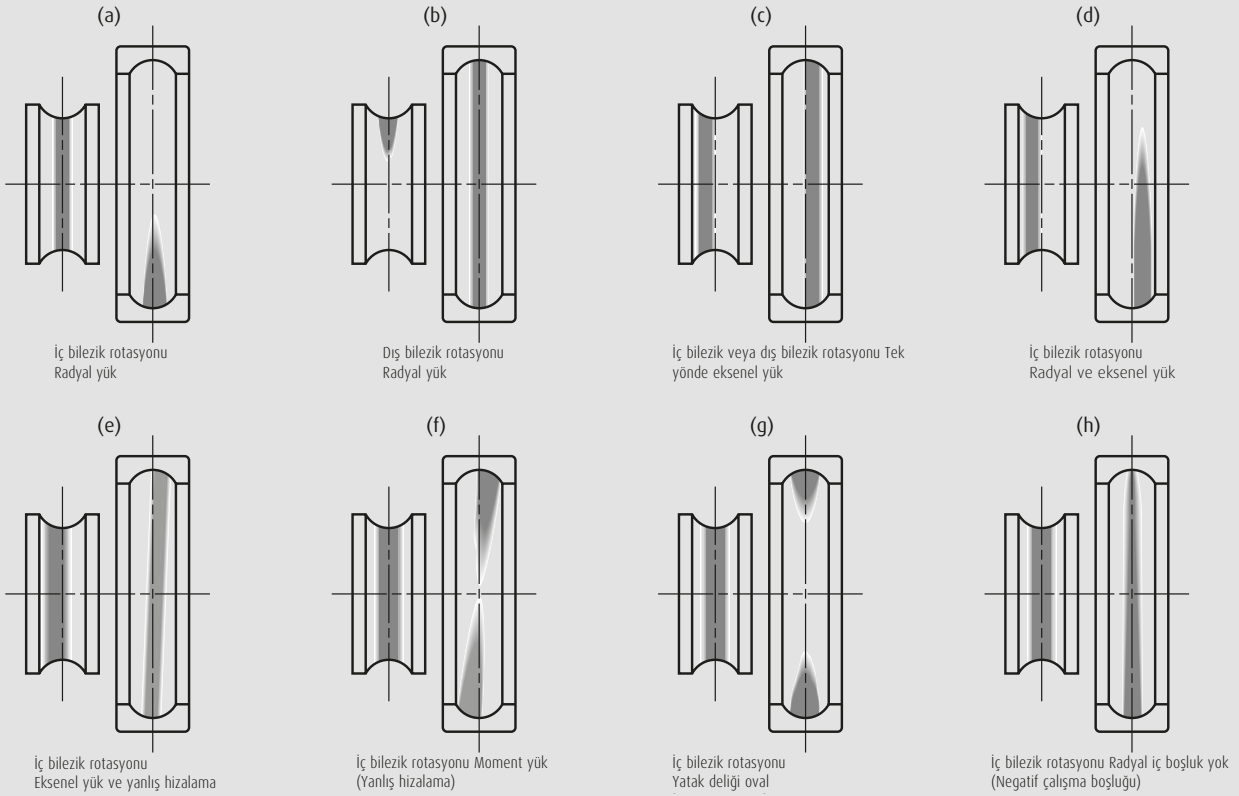
Bu nedenle yalnızca arızalı rulmanın incelenmesi ile gerçek nedenin bulunması çok zordur. Ancak, arızadan önceki ve sonraki durumları inceleyerek ve makine ve rulmanın uygulandığı alanı ve çalışma koşullarını ve kullanım/işletim geçmişlerini kontrol ederek çeşitli olası nedenlerin belirlenmesi mümkündür. Bu rulman arızasının tekrarlanmasını engellemeye yardımcı olacaktır. Nedeni saptamanın en hızlı yolu iç çap yüzeyi ve dış çap yüzeyi arasındaki temas korozyonu veya kusurlar, yuvarlanma yolu üzerinde çalıştırma izleri ve kırıste de dahil olmak üzere kayma alanı gibi rulmanın iç koşulları gibi tüm özelliklerin titizlikle ele alınmasıdır.

Aynı zamanda benzer koşullarda çalışan ve hasar görmemiş rulmanların incelenmesi de genellikle faydalı olmaktadır. Özetlemek gerekirse, rulmanın kullanıldığı makinenin kapsamlı muayenesi önemlidir. Rulman arızasının temsili örnekleri referans amacıyla aşağıda verilmektedir.





Şekil 27: Sabit Bilyalı Rulmanların Tipik Çalışma İzleri



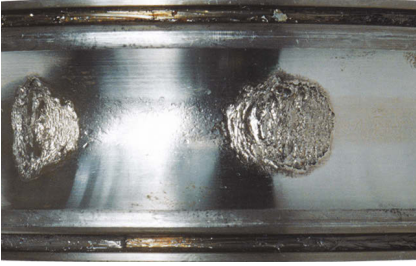
Çalışma İzleri ve Uygulanan Yükler

Rulman döndükçe iç bilezik ve dış bilezik yuvarlanma yolları, yuvarlanma elemanlarıyla temasa geçmektedir. Bunun sonucunda yuvarlanma elemanlarında ve yuvarlanma yollarında aşınma izi meydana gelmektedir. Yuvarlanma yollarında çalışma izinin oluşması normaldir ve bu çalışma izinin miktarı ve şekli yük koşullarının faydalı bir göstergesini oluşturmaktadır. Çalışma izlerini dikkatli biçimde inceleyerek rulmanın radyal yük, büyük bir aksel yük veya moment yükü taşıdığı veya yatakta aşırı rijidite değişikliklerinin olup olmadığının tespit edilmesi mümkündür. Rulmana uygulanan beklenmedik yük veya aşırı montaj hatası vb. sebepler de belirlenebilir ve rulman arızasının

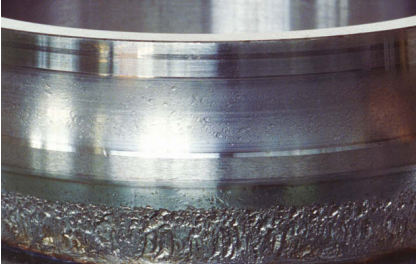
nedenlerine dair ipucu verebilir. Şekil 27'de sabit bilyalı rulmanların çalışma izlerine örnekler verilmektedir. (a) ve (d) arasındaki şekiller radyal yük veya aksel yük altındaki genel çalışma izleridir. Çalışma izleri yükün iç bileziğe veya dış bileziğe bağlı olup olmadığına ve yük koşullarına göre değişmektedir. (e) yanlış hizalama nedeniyle eğilen shaftın çalışma izlerini, (f) moment yükü altındaki çalışma izini, (g) eliptik şekilli ve zayıf iç çap hassasiyeti bulunan yataktaki çalışma izini ve (h) yetersiz iç boşluğu bulunan rulmandaki çalışma izini göstermektedir. (e) ve (h) arasındaki çalışma izleri genellikle rulman arızasına neden olmaktadır ve dikkatlice incelenmelidir.

3. Bakım ve Denetim

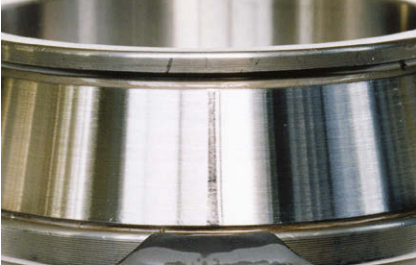
3.3 Rulman Arızası



Şekil 28: Pullanma



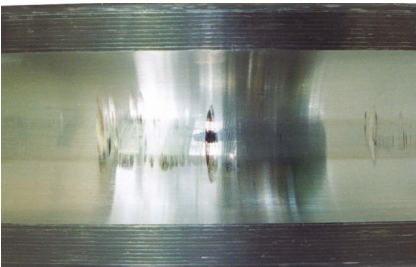
Şekil 29: Pullanma



Şekil 30: Kırılma



Şekil 31: Çatlak



Şekil 32: Çentiklenme

Pullanma

Rulmanda gerçekleşen pullanma ilk etapta oldukça küçük olsa da, kısa bir süre içerisinde önemli ölçüde büyüyecektir (**Şekil 28**). Pullanmanın rulman ömrüyle ilişkili olup olmadığı, normal operasyon sırasında mı anormal yük sonucuyla mı ortaya çıktığının tespit edilmesi kolay değildir. Buna ek olarak, diğer arızalardan farklı olarak, pullanma genellikle yağlama, yük ve vibrasyon faktörlerinin karmaşık etkileşiminden kaynaklanmaktadır ve tek bir nedene indirgenmesi zordur. Ancak rulmanın doğru yağlama ve yük ile kullanıldığı durumlarda erken çatlak oluşumu olasılığı oldukça düşük olduğundan, yağlama ve yük miktarı olası sorun kaynakları olarak incelenmelidir.

Şekil 29'da aşırı aksel yük sonucu oynak makaralı rulmanın bir tarafında meydana gelen erken dönem pullanma gösterilmektedir. Söz konusu aşırı yüke ek olarak, erken dönem pullanma nedenleri arasında eğik pozisyonda montaj, yanlış rulman boşluğu seçimi ve zayıf yatak doğruluğu yer almaktadır.

Kırık ve Çatlaklar

Şekil 30'da konik makaralı rulmanın iç bileziğinin büyük kirişindeki kırık gösterilmektedir. Bu kırılma rulmana anormal aksel yük veya şok yükü uygulandığında veya rulmanın montaj veya demontajı sırasında kirişe anormal kuvvet uygulandığında meydana gelmektedir. Çatlakların nedenleri arasında ağır şok yükü (**Şekil 31**) ve aşırı girişim yer almaktadır. Rulmanın yalnızca dış bileziğinin iki kenarı ile desteklendiği durumlarda, aksel düzlem boyunca kırılabilir ve iç dış bilezik ve shaft veya yatak arasında kayma olduğunda, kayma yönünde dik açılarda çatlak meydana gelecektir. Bu olguya iç bileziğin shafta gevşek şekilde bağlandığı ve sürünmenin meydana geldiği durumlarda rastlanılmaktadır.

Çentiklenme

Rulmanın dikkatsiz kullanımı, partikül girişi veya çalışmaz konumdayken rulmana uygulanan ağır şok yükü nedeniyle yuvarlanma yolu delikleri (brinel delikleri) meydana gelebilir. Buna ek olarak vibrasyon veya salınım hareketi nedeniyle, yuvarlanma elmanı ve yuvarlanma yolu arasındaki temas alanında ileri seviye aşınma yüzünden brinel çentiğine benzer bir çentik meydana gelebilir. Çiziklenme olarak bilinen bu olgu özellikle rulmanın makineye monteli şekilde taşındığı durumlarda görülmektedir (**Şekil 32**).

Kazınma

Makaralı bir rulmanda döner yüzey üzerinde tutulma öncesinde, yetersiz yağlanma veya giriş yüzeyi ya da makara ucuna kirlenin yapışması nedeniyle biriken küçük tutulmalar sonucunda giriş yüzeyi veya makara ucunda arıza meydana gelmektedir (**Şekil 33**) (**Şekil 34**). Bu nedenle yuvarlanma yüzeyinde görülmeden önce giriş yüzeyi veya makara ucunda hasar meydana gelmektedir.

Aşınma

Aşınmayı etkileyen faktörler arasında kir girişi, yetersiz yağlama ve yanlış yağlayıcı (**Şekil 35**) veya su girişinin kayar yüzey veya yuvarlanma yüzeyinde aşındırıcı yıpranmaya neden olduğu durumlar yer almaktadır. Buna ek olarak, uygun olmayan montajdan kaynaklanan sürtünme nedeniyle bağlantılı şaft yüzeyinde aşınma meydana gelebilir.

Paslanma

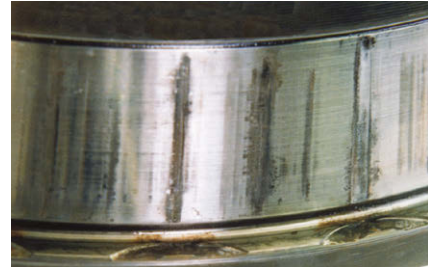
Rulmanın içinde paslanma meydana gelmesinin nedeni nem girişi veya yanlış yağlayıcıdır. **Şekil 36**'da nem girişi nedeniyle zayıf yağlamanın neden olduğu paslanmaya örnek verilmektedir. Şaft/yatak ve iç bilezik/dış bilezik arasındaki yüzeyde kırmızımsı kahverengi veya siyah aşındırıcı toz oluşabilir.

Oksit genellikle aralarındaki bağlantının zayıf olduğu durumlarda meydana gelen şaft/yatak ve iç bilezik/dış bilezik arasındaki hafif kaymadan kaynaklanan bağlantılı şaft/yatak yüzeyindeki oksidasyon tarafından üretilmektedir ve genellikle vibrasyon veya ağır yüklerin uygulandığı alanlarda görülmektedir. Sürtme (aynı zamanda sürtme korozyonu) olarak bilinen bu olgu ilk bakışta pasa benzemektedir.

Şekil 33: Oynak rulman girişinde çiziklenme



Şekil 34: Makara uç yüzeyinde kazınma



Şekil 35: Aşınma



Şekil 36: Paslanma

3. Bakım ve Denetim

3.3 Rulman Arızası



Şekil 37: Elektrik Korozyonu

Elektrik Korozyonu

Elektrik akımı operasyon sırasında rulmandan geçerken, iç/dış bilezik ve bilya/makara arasındaki temas alanı, oluğa benzer ondülasyonlar oluşturacak şekilde, oldukça ince yağ filmi aracılığıyla elektrik arkı nedeniyle yerel olarak eriyecek ve belirgin bir vakada bu oluklar karıncalanmış yüzey veya çizgili pürüzlü yüzey olarak görünecektir (**Şekil 37**). Elektrik korozyonu miktarı yüksek olduğunda, pullanma başlayacak veya yuvarlanma yolu yüzeyinin sertliği bozularak aşınmayı ilerletecektir.



Şekil 38: Sıvanma

Sıvanma

Sıvanma kayma ve yağ filmi kopması nedeniyle küçük tutulmaların bir araya gelmesi ile operasyon sırasında yuvarlanma yolu yüzeyi ve döner yüzey arasında meydana gelen yüzey hasarıdır. Kusurlu yüzey **Şekil 38**'de gösterilen küçük tutulmaların birikmesi nedeniyle pürüzlenecektir. İyileştirilmiş yağlayıcı ve yağlama yöntemi gereklidir.



Şekil 39: Sürünme

Sürünme

Sürünme, temas yüzeylerinde (iç bileziğin yuvarlanma yolu yüzeyi ve şaft arasında, ve dış bileziğin dış yüzeyi ve yatak arasında) kısmen kaymanın meydana geldiği ve bağlantıda boşluk yarattığı olgudur. Sürünme temas yüzeyinde parlak veya puslu bir yüzeye neden olmakta, yer yer kazınma veya aşınma görülmektedir.

Şekil 39'da bu arızaya örnek verilmiştir. Temas yüzeylerinin girişiminin ve dış yatak yanal sıkılığının kontrolü sürünmenin engellenmesinde etkilidir. Rulman ve şaft/yatak arasındaki yağlama da kazınma veya aşınmanın engellenmesinde etkilidir.

4. Demontaj

Rulmanlar periyodik denetim veya değiştirme amacıyla demonte edilmektedir. Sökülen rulman yeniden kullanılacaksa veya yalnız denetim için sökülmüşse demontaj işleminin de montaj kadar dikkatli yapılması, rulman veya bireysel elemanlara hasar verilmemesi gerekmektedir. Sıkı geçme rulmanların demonte edilmesi özellikle zor olduğundan, tasarım aşamasında rulmanın ileride kolaylıkla demonte edilebilmesi için rulmanı çevreleyen yapıya dikkat edilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda demontaj araçlarının tasarımı ve üretimi de önemlidir.

Demontaj yöntemi, prosedürlerin sıralaması ve rulmanın bağlantı koşulları şekiller ve çizimlerde gösterilerek, rulmanların demontajı için tüm olası hazırlıklar yapılmalıdır. Rulman arızasının nedeni araştırılırken, rulmanın yukarıda açıklandığı üzere, demontaj öncesindeki durumunun korunması için dikkatli biçimde ele alınması gerekmektedir.

Rulman demontajı sırasında arızanın nedeninin tespiti engelleme potansiyeli bulunduğundan rulmanın çizilmemesine ve gresin silinmemesine ve aynı zamanda toz, kir veya demir tozunun temizlenmemesine dikkat edilmelidir.

Gevşek geçmeli bir rulman kolaylıkla demonte edilebilir, ancak rulman sıkı geçmeyle takılmışsa özellikle dikkat edilmelidir.



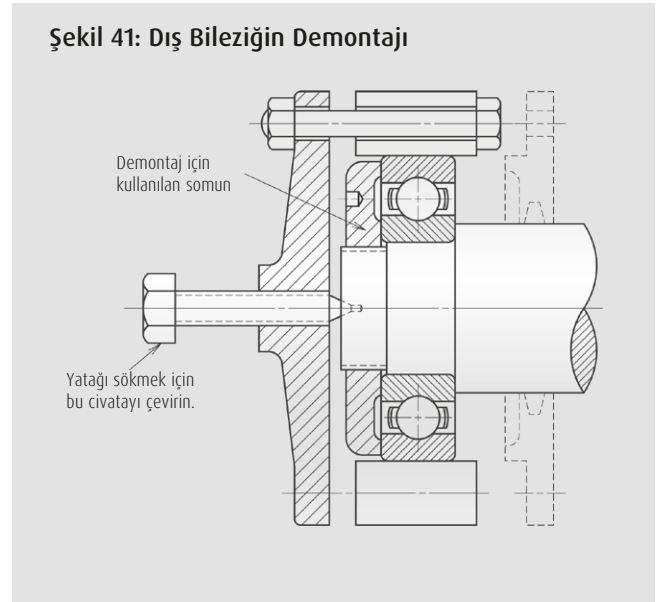
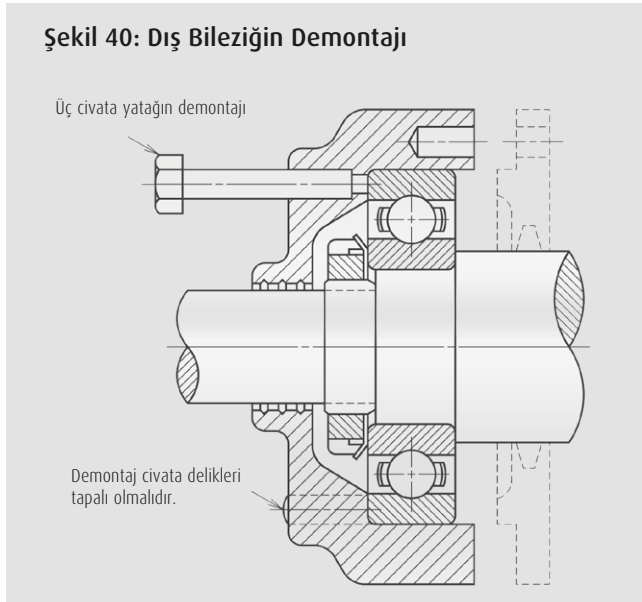
4. Demontaj

4.1 Dış Bileziklerin Demontajı

Şekil 40'ta dış bileziğe sıkı geçme ile takılmış bir rulmanın demontajı için kolay ve etkili bir yöntem verilmektedir. Bu yöntemde öncelikle demontaj civataları, rulmanın demontajı haricinde kapalı halde bulunan, yatakta üç noktada yer alan ittirme deliklerine yerleştirilmektedir.

Şekil 41'de gösterilen yöntem civata ile bağlanan arka ve ön kapakları bulunan yataklar için önerilmektedir. İç bilezik/ dış bilezik yuvarlanma yolları, rulmanın iç ve dış bileziklerini destekleyen özel bir somun kullanılarak çekerken, oluşabilecek çentik veya çiziklerden korunmalıdır.

Koşullara bağlı olarak rulman, yatağın ısıtılmasıyla demonte edilebilir, ancak çevrenin eşit şekilde ısıtılması gerekmektedir aksi takdirde yatak eğilecek veya çatlayacaktır. Aynı zamanda yatak uzun süre ısıtılırsa, rulmanın genişerek çıkmayı zorlaştırabileceğine de dikkat edilmelidir.



4. Demontaj

4.2 İç Bileziklerin Demontajı

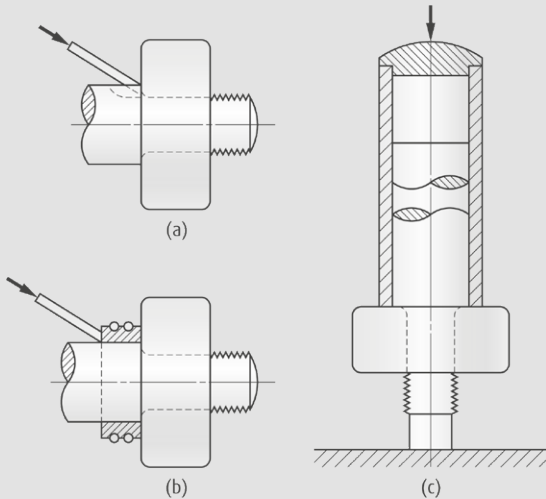
Sıkı geçme durumunda, iç bileziğin demontajı, montajdan daha zordur. İç bileziğin kancaya alınarak demonte edilmesi için genellikle bir pençe aracı kullanılsa da, dış bileziğin çekilmesi için aynı aracın kullanılması yuvarlanma yolunu çentikleyebilir veya rulmana zarar verebilir. Girişim görece küçük olduğunda kullanılan basit bir yöntem (Şekil 42-a), şaft omzunda iki veya üç çentik yapılmasını, çekiç ile vurulmasını ve iç bileziğin çekilmesini içermektedir. Ancak Şekil 42-b'de gösterildiği üzere hava ikili bilezik kullanılarak daha emniyetli biçimde uygulanabilir, çünkü sert biçimde vurma sonucu yamanın kayması ve iç bileziğin küçük kirşinin zarar görmesi riski bulunmaktadır.

Daha emniyetli yöntemler arasında Şekil 42-c'de gösterildiği üzere aracı olarak tüp kullanımı yer almaktadır. Vida veya pres kullanımı da önerilmektedir. Şekil 43'te gösterilen araç da iç bileziğin çekilmesinde etkilidir. Bir üst pano ve bir alt panodan meydana gelen arka plaka A civatalarla bağlanır. Ön plaka B ve civata C arasına çelik bilya (daha büyük rulmanlar için aksel bilyalı rulman) yerleştirilmesi güvenilirliği arttırmaktadır.

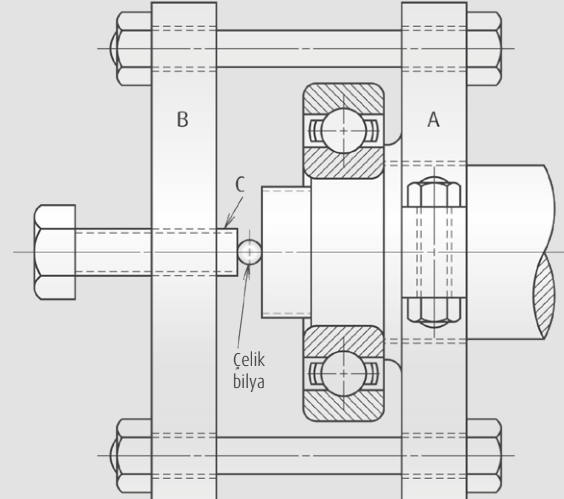
Rulmanın boyutuna göre A ve B'de uygun civata deliklerinin açılması gerekmektedir. İç bileziğin çekilmesi için gerekli kuvvet yukarıdaki denklem (5) ve Tablo 3 ve 4 kullanılarak belirlenebilir. Özel koşullara bağlı olarak arka plaka A yerine yatağın arka kapağı kullanılabilir. Büyük girişimli büyük boyutlu makaralı rulmanlar, endüksiyonlu ısıtma ile daha önce açıklanan montaj/demontaj yöntemine uygun olarak, iç bileziğe hasar vermeden daha kolay biçimde demonte edilebilir. Bu cihaz mevcut olmadığında, iç bilezik brülör veya benzeri bir ekipman ile çevreyi ısıtarak genleştirilebilir. Bu yöntemin amacı, rulmanın olası tekrar kullanımından bağımsız olarak şafta zarar verilmesini engellemektir. Rulmanların demontajı önceden, tasarım aşamasında dikkatli biçimde ele alınmalı ve uygulama öncesinde uygun yöntem belirlenmeli ve hazırlanmalıdır.

Diğer bir deyişle, montaj ve demontaj süreçleri dikkate alınmadan rulman tasarımının hiçbir bölümü tamamlanmış olmayacaktır

Şekil 42



Şekil 43



4. Demontaj

4.3 Rulman Temizliği

Belirli bir süre boyunca kullanılan rulmanlar denetim için demonte edildiğinde temizlenmelidir.

Öncelikle rulmanı kaplayan eski gresi inceleyin, sonra rulmanı temizleyin ve durumunu kontrol edin. Demonte edilen rulmanlara ön temizlik yapılmalı, sonra son durulama yapılmalıdır. Ön temizlik sırasında, rulmanı döndürmeden toz, kir veya aşındırıcı toz içeren gresi yumuşakça gidermek için fırça kullanımı iyi olacaktır.

Yeni rulmanlar her zaman paketleme öncesinde anti korozyon madde ile kaplanmaktadır. Bu rulmanların, yalnızca anti korozyon maddenin giderilmesi için temizlenmesine gerek yoktur. Rulmanın yüzeyinde yalnızca ince bir anti korozyon madde bulunduğundan, yağlayıcı veya yağlama gresi ile karıştırdığında dahi aktif maddeyi rulmanda bırakmak zararlı olmayacaktır. Rulmanı yağ, toz veya kire maruz olan bir ortamda temizlemek daha büyük hasar yaratabilir.

Ancak yüksek hızlı operasyonlarda kullanılan küçük rulmanlar veya düşük viskozite ya da buharlı yağlama kullanan rulmanlar için anti korozyon maddenin giderilmesi önerilmektedir.

Bu nedenle prensipte rulmanların, incelendiğinde, rulmana toz veya kir yapıştırdığında, veya rulmanı kullanan makinenin rulman rotasyonuna en ufak bir dirençle dahi bozulacak hızda veya hassasiyette çalıştığı durumlarda temizlenmesi gerekmektedir.

Temizlik maddesi olarak genellikle kerosen kullanılmaktadır. Düşük viskoziteli işmili yağ jet spreyle uygulanabilir. Rulmanın toz ve kirden temizlenmesi için basınçlı hava da kullanılabilir. Havanın genellikle yoğunlaşarak ağız ucunda su damlaları oluşturan nem içermesi nedeniyle, uygulanan hava, nem veya toz/kir içerebilir. Bu nedenle, basınçlı hava kullanılırken dikkat edilmelidir. Buna ek olarak, rulmanı döndürürken basınçlı hava uygulanması ile temizleme işlemi yuvarlanma yoluna hasar vereceğinden, rulmanın dönmesini engellemek için iç bileziğın/dış bileziğın sabitlenmesi gerekmektedir.

Temizlenen rulman muhafaza edilirken tamamen kurulanmalı ve anti korozyon madde ile kaplanmalıdır. Gres uygularken rulmanın her yerine eşit dağılmasını sağlamak için rulmanı döndürün.



5. Rulman Depolanması

Rulmanlar kalıcı kullanım amacıyla üretilmemektedir, belirli sürelerde değiştirilmeleri gerektiğinden yedek rulmanların derhal değiştirilebilecek şekilde çalışma koşullarına benzer depo ortamlarında muhafaza edilmesi gerekmektedir.

Rulmanları depolarken, paslanmayı önlemeye dikkat edin. Rulmanlar genellikle anti korozyon madde ile kaplanarak paketlenir de, ambalaj kağıdı ortamdaki hava dolaşımı karşısında tam koruma sağlayamaz. Bu nedenle rulmanların nemsiz bir ortamda saklanması gerekmektedir.

Buna ek olarak, rulmanlar temiz ve iyi havalandırılmış az nem bulunan, doğrudan güneş ışığı almayan ortamlarda, dolap veya rafta, yerden en az 30 cm yukarıda saklanmalıdır. Paketin açılması pas oluşumuna yol açabileceğinden, aksi gerekmedikçe rulmanların paketli saklanması gerekmektedir.

Rulmanlar kabul öncesinde denetim için paketten çıkartılırsa, tekrar anti korozyon madde uygulanmalı ve yeniden paketlenmelidir.



6. Ekler

Ek Tablo 1 "Şaft Çapları için Toleranslar"

Çap Sınıflandırması (mm)		Tek Düzlem Ortalama Rulman Çapı Sapması (Normal) Δd_{mp}	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6
üzeri	dahil														
3	6	0	-30	-20	-10	-4	-4	0	0	0	0	0	0	± 2,5	± 4,0
		-8	-38	-28	-18	-9	-12	-5	-8	-12	-18	-30	-48		
6	10	0	-40	-25	-13	-5	-5	0	0	0	0	0	0	± 3,0	± 4,5
		-8	-49	-34	-22	-11	-14	-6	-9	-15	-22	-36	-58		
10	18	0	-50	-32	-16	-6	-6	0	0	0	0	0	0	± 4,0	± 5,5
		-8	-61	-43	-27	-14	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70		
18	30	0	-65	-40	-20	-7	-7	0	0	0	0	0	0	± 4,5	± 6,5
		-10	-78	-53	-33	-16	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84		
30	50	0	-80	-50	-25	-9	-9	0	0	0	0	0	0	± 5,5	± 8,0
		-12	-96	-66	-41	-20	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100		
50	80	0	-100	-60	-30	-10	-10	0	0	0	0	0	0	± 6,5	± 9,5
		-15	-119	-79	-49	-23	-29	-13	-19	-30	-46	-74	-120		
80	120	0	-120	-72	-36	-12	-12	0	0	0	0	0	0	± 7,5	± 11,0
		-20	-142	-94	-58	-27	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140		
120	180	0	-145	-85	-43	-14	-14	0	0	0	0	0	0	± 9,0	± 12,5
		-25	-170	-110	-68	-32	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160		
180	250	0	-170	-100	-50	-15	-15	0	0	0	0	0	0	± 10,0	± 14,5
		-30	-199	-129	-79	-35	-44	-20	-29	-46	-72	-115	-185		
250	315	0	-190	-110	-56	-17	-17	0	0	0	0	0	0	± 11,5	± 16,0
		-35	-222	-142	-88	-40	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210		
315	400	0	-210	-125	-62	-18	-18	0	0	0	0	0	0	± 12,5	± 18,0
		-40	-246	-161	-98	-43	-54	-25	-36	-57	-89	-140	-230		
400	500	0	-230	-135	-68	-20	-20	0	0	0	0	0	0	± 13,5	± 20,0
		-45	-270	-175	-108	-47	-60	-27	-40	-63	-97	-155	-250		
500	630	0	-260	-145	-76	-	-22	-	0	0	0	0	0	-	± 22,0
		-50	-304	-189	-120	-	-66	-	-44	-70	-110	-175	-280		
630	800	0	-290	-160	-80	-	-24	-	0	0	0	0	0	-	± 25,0
		-75	-340	-210	-130	-	-74	-	-50	-80	-125	-200	-320		
800	1000	0	-320	-170	-86	-	-26	-	0	0	0	0	0	-	± 28,0
		-100	-376	-226	-142	-	-82	-	-56	-90	-140	-230	-360		
1000	1250	0	-350	-195	-98	-	-28	-	0	0	0	0	0	-	± 33,0
		-125	-416	-261	-164	-	-94	-	-66	-105	-165	-260	-420		
1250	1600	0	-390	-220	-110	-	-30	-	0	0	0	0	0	-	± 39,0
		-160	-468	-298	-188	-	-108	-	-78	-125	-195	-310	-500		
1600	2000	0	-430	-240	-120	-	-32	-	0	0	0	0	0	-	± 46,0
		-200	-522	-332	-212	-	-124	-	-92	-150	-230	-370	-600		



	j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Çap Sınıflandırması (mm)	
													üzeri	dahil
	+3 -2	+6 -2	+8 -4	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +15	3	6
	+4 -2	+7 -2	+10 -5	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+34 +19	6	10
	+5 -3	+8 -3	+12 -6	+9 +1	+12 +1	+19 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+41 +23	10	18
	+5 -4	+9 -4	+13 -8	+11 +2	+15 +2	+23 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+49 +28	18	30
	+6 -5	+11 -5	+15 -10	+13 +2	+18 +2	+27 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +34	30	50
	+6 -7	+12 -7	+18 -12	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+71 +41 +73 +43	50	80
	+6 -9	+13 -9	+20 -15	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+86 +51 +89 +54	80	120
	+7 -11	+14 -11	+22 -18	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+103 +63 +105 +65 +108 +68	120	180
	+7 -13	+16 -13	+25 -21	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+123 +77 +126 +80 +130 +84	180	250
	+7 -16	±16	±26	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	+146 +94 +150 +98	250	315
	+7 -18	±18	+29 -28	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114 +166	+165 +108 +171 +114 +189	315	400
	+7 -20	±20	+31 -32	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+126 +126 +172 +132	+189 +126 +195 +132	400	500
	-	-	-	-	+44 0	+70 0	-	+70 +26	+88 +44	+122 +78	+194 +150 +199 +155	+220 +150 +225 +155	500	630
	-	-	-	-	+50 0	+80 0	-	+80 +30	+100 +50	+138 +88	+225 +175 +235 +185	+255 +175 +265 +185	630	800
	-	-	-	-	+56 0	+90 0	-	+90 +30	+112 +46	+156 +100	+266 +210 +276 +220	+300 +210 +310 +220	800	1000
	-	-	-	-	+66 0	+105 0	-	+106 +40	+132 +66	+186 +120	+316 +250 +326 +260	+355 +250 +365 +260	1000	1250
	-	-	-	-	+78 0	+125 0	-	+126 +48	+156 +78	+218 +140	+378 +300 +408 +330	+425 +300 +455 +330	1250	1600
	-	-	-	-	+92 0	+150 0	-	+150 +58	+184 +92	+262 +170	+462 +370 +492 +400	+520 +370 +550 +400	1600	2000

6. Ekler

Ek Tablo 2 “Yatak apları İçin Toleranslar”

ap Sınıflandırması (mm)		Tek Düzlem Ortalama Rulman apı Sapması (Normal) Δdmp	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7
üzeri	dahil											
10	18	0 - 8	+ 43 + 32	+ 27 + 16	+ 34 + 16	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 6 - 5	+ 10 - 8
18	30	0 - 9	+ 53 + 40	+ 33 + 20	+ 41 + 20	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 8 - 5	+ 12 - 9
30	50	0 - 11	+ 66 + 50	+ 41 + 25	+ 50 + 25	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 10 - 6	+ 14 - 11
50	80	0 - 13	+ 79 + 60	+ 49 + 30	+ 60 + 30	+ 29 + 10	+ 40 + 10	+ 19 0	+ 30 0	+ 46 0	+ 13 - 6	+ 18 - 12
80	120	0 - 15	+ 94 + 72	+ 58 + 36	+ 71 + 36	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 22 0	+ 35 0	+ 54 0	+ 16 - 6	+ 22 - 13
120	150	0 - 18	+ 110	+ 68	+ 83	+ 39	+ 54	+ 25	+ 40	+ 63	+ 18	+ 26
150	180	0 - 25	+ 85	+ 43	+ 43	+ 14	+ 14	0	0	0	- 7	- 14
180	250	0 - 30	+ 129 + 100	+ 79 + 50	+ 96 + 50	+ 44 + 15	+ 61 + 15	+ 29 0	+ 46 0	+ 72 0	+ 22 - 7	+ 30 - 16
250	315	0 - 35	+ 142 + 110	+ 88 + 56	+ 108 + 56	+ 49 + 17	+ 69 + 17	+ 32 0	+ 52 0	+ 81 0	+ 25 - 7	+ 36 - 16
315	400	0 - 40	+ 161 + 125	+ 98 + 62	+ 119 + 62	+ 54 + 18	+ 75 + 18	+ 36 0	+ 57 0	+ 89 0	+ 29 - 7	- 39 - 18
400	500	0 - 45	+ 175 + 135	+ 108 + 68	+ 131 + 68	+ 60 + 20	+ 83 + 20	+ 40 0	+ 63 0	+ 97 0	+ 33 - 7	- 43 - 20
500	630	0 - 50	+ 189 + 145	+ 120 + 76	+ 146 + 76	+ 66 + 22	+ 92 + 22	+ 44 0	+ 70 0	+ 110 0	-	-
630	800	0 - 75	+ 210 + 160	+ 130 + 80	+ 160 + 80	+ 74 + 24	+ 104 + 24	+ 50 0	+ 80 0	+ 125 0	-	-
800	1000	0 - 100	+ 226 + 170	+ 142 + 86	+ 176 + 86	+ 82 + 26	+ 116 + 26	+ 56 0	+ 90 0	+ 140 0	-	-
1000	1250	0 - 125	+ 261 + 195	+ 164 + 98	+ 203 + 98	+ 94 + 58	+ 133 + 28	+ 66 0	+ 105 0	+ 165 0	-	-
1250	1600	0 - 160	+ 298 + 220	+ 188 + 110	+ 235 + 110	+ 108 + 30	+ 155 + 30	+ 78 0	+ 125 0	+ 195 0	-	-
1600	2000	0 - 200	+ 332 + 240	+ 212 + 120	+ 270 + 120	+ 124 + 32	+ 182 + 32	+ 92 0	+ 150 0	+ 230 0	-	-
2000	2500	0 - 250	+ 370 + 260	+ 240 + 130	+ 305 + 130	+ 144 + 34	+ 209 + 34	+ 110 0	+ 175 0	+ 280 0	-	-



	J56	J57	K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Çap sınıflandırma (mm)	
														üzeri	dahil
	± 5,5	± 9	+2 -6	+2 -9	+6 -12	- 4 - 12	- 4 - 15	0 - 18	- 9 - 17	- 9 - 20	- 5 - 23	- 15 - 26	- 11 - 29	10	18
	± 6,5	± 10,5	+ 1 - 8	+ 2 - 11	+ 6 - 15	- 5 - 14	- 4 - 17	0 - 21	- 12 - 21	- 11 - 24	- 7 - 28	- 18 - 31	- 14 - 35	18	30
	± 8	± 12,5	+ 2 - 9	+ 3 - 13	+ 7 - 18	- 5 - 16	- 4 - 17	0 - 25	- 13 - 24	- 12 - 28	- 8 - 33	- 21 - 37	- 17 - 42	30	50
	± 9,5	± 15	+ 3 - 10	+ 4 - 15	+ 9 - 21	- 6 - 19	- 5 - 24	0 - 30	- 15 - 28	- 14 - 33	- 9 - 39	- 26 - 45	- 21 - 51	50	80
	± 11	± 17,5	+ 2 - 13	+ 4 - 18	+ 10 - 25	- 8 - 23	- 6 - 28	0 - 35	- 18 - 33	- 16 - 38	- 10 - 45	- 30 - 52	- 24 - 59	80	120
	± 12,5	± 20	+ 3 - 15	+ 4 - 21	+ 12 - 28	- 9 - 27		0 - 40	- 21 - 39	- 20 - 45	- 12 - 52	- 36 - 61	- 28 - 68	120 150	150 180
	± 14,5	± 23	+ 2 - 18	+ 5 - 24	+ 13 - 33	- 11 - 31	- 8 - 33	0 - 46	- 25 - 45	- 22 - 51	- 14 - 60	- 41 - 70	- 33 - 79	180	250
	± 16	± 26	+ 3 - 20	+ 5 - 27	+ 16 - 36	- 13 - 36	- 8 - 37	0 - 52	- 27 - 50	- 25 - 57	- 14 - 66	- 47 - 79	- 36 - 88	250	315
	± 18	± 28,5	+ 3 - 22	+ 7 - 29	+ 17 - 40	- 14 - 39	- 9 - 41	0 - 57	- 30 - 55	- 26 - 62	- 16 - 73	- 51 - 87	- 41 - 98	315	400
	± 20	± 31,5	+ 2 - 25	+ 8 - 32	+ 18 - 45	- 16 - 43	- 10 - 50	0 - 63	- 33 - 60	- 27 - 67	- 17 - 80	- 55 - 95	- 45 - 108	400	500
	± 22	± 35	-	0 - 44	0 - 70	-	- 26 - 70	- 26 - 96	-	- 44 - 88	- 44 - 114	- 78 - 122	- 78 - 148	500	630
	± 25	± 40	-	0 - 50	0 - 80	-	- 30 - 80	- 30 - 110	-	- 50 - 100	- 50 - 130	- 88 - 138	- 88 - 168	630	800
	± 28	± 45	-	0 - 56	0 - 90	-	- 34 - 90	- 34 - 124	-	- 56 - 112	- 56 - 246	- 100 - 156	- 100 - 190	800	1000
	± 33	± 52,5	-	0 - 66	0 - 100	-	- 40 - 106	- 40 - 145	-	- 66 - 132	- 66 - 272	- 120 - 186	- 120 - 225	1000	1250
	± 39	± 62,5	-	0 - 78	0 - 125	-	- 48 - 126	- 48 - 173	-	- 78 - 156	- 78 - 203	- 140 - 218	- 140 - 265	1250	1600
	± 46	± 75	-	0 - 92	0 - 150	-	- 58 - 150	- 58 - 208	-	- 92 - 184	- 92 - 242	- 170 - 262	- 170 - 320	1600	2000
	± 55	± 87,5	-	0 - 110	0 - 175	-	- 68 - 178	- 68 - 243	-	- 110 - 220	- 110 - 285	- 195 - 305	- 195 - 370	2000	2500



A series of horizontal lines for writing, consisting of 20 evenly spaced lines.

NSK Satış Ofisleri – Avrupa, Ortadoğu ve Afrika

Türkiye

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti.
Cevizli Mah. D-100 Güney Yan Yol
Kuriş Kule İş Merkezi No:2 Kat:4
Kartal - İstanbul
Tel. +90 216 5000 675
Fax +90 216 5000 676
turkey@nsk.com

Almanya, Avusturya, İsviçre, İskandinav Ülkeleri

NSK Deutschland GmbH
Harkortstraße 15
40880 Ratingen
Tel. +49 (0) 2102 4810
Fax +49 (0) 2102 4812290
info-de@nsk.com

Fransa & Benelüks

NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2, rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt Cedex
Tel. +33 (0) 1 30573939
Fax +33 (0) 1 30570001
info-fr@nsk.com

Güney Afrika

NSK South Africa (Pty) Ltd.
25 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Sandton 2146
Tel. +27 (011) 458 3600
Fax +27 (011) 458 3608
nsk-sa@nsk.com

İngiltere

NSK UK Ltd.
Northern Road, Newark
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 643276
info-uk@nsk.com

İspanya

NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo
2ª Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 93 2892763
Fax +34 93 4335776
info-es@nsk.com

İtalya

NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi, 215
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995 191
Fax +39 02 990 25 778
info-it@nsk.com

Ortadoğu

NSK Bearings Gulf Trading Co.
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3
Jebel Ali Downtown,
PO Box 262163
Dubai, UAE
Tel. +971 (0) 4 804 8205
Fax +971 (0) 4 884 7227
info-me@nsk.com

Polonya & Orta ve Doğu Avrupa

NSK Polska Sp. z o.o.
Warsaw Branch
Ul. Migdalowa 4/73
02-796 Warszawa
Tel. +48 22 645 15 25
Fax +48 22 645 15 29
info-pl@nsk.com

Rusya

NSK Polska Sp. z o.o.
Russian Branch
Office I 703, Bldg 29,
18th Line of Vasilievskiy Ostrov,
Saint-Petersburg, 199178
Tel. +7 812 3325071
Fax +7 812 3325072
info-ru@nsk.com

Lütfen web sitemizi de ziyaret ediniz: www.nskeurope.com.tr
Global NSK: www.nsk.com

