

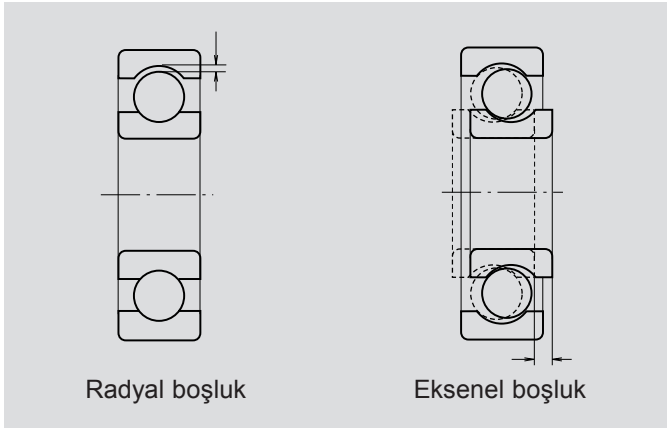
TEKNİK GÖRÜŞ

NSK AVRUPA TARAFINDAN YAYINLANMIŞTIR

İç boşluk - türler ve normlar

İç boşluk, monte edilmemiş bir rulmanın iki bileziğinin farklı yönlerde hareket edebildiği mesafedir. Radyal ve aksel boşluk olarak ayrılır.

Radyal boşluk rulmanın merkez eksenine dikey olarak ölçülürken, aksel boşluk merkez eksen boyunca ölçülmektedir. Bir son pozisyondan diğer son pozisyona olan mesafe ölçülmektedir.



İç boşluk rulmanların performansı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Hizmet ömrü, vibrasyon, gürültü seviyesi ve ısı üretimi gibi faktörleri etkilemektedir.

Ölçülmüş ve geometrik iç boşluk

Asıl değerleri elde etmek için teorik boşluk rulmana belirlenmiş bir ölçüm yükü uygulayarak ölçülmektedir. Ölçülen bu değer her zaman teorik boşluktan biraz daha fazladır - geometrik boşluk olarak da bilinir. İki rakam arasındaki fark ölçüm yükünün neden olduğu elastik deformasyon miktarıdır.

Teorik boşluk elastik deformasyon miktarını ölçülen boşluktan çıkartarak hesaplanabilir. Söz konusu elastik deformasyon kurulum öncesinde belirlenen iç boşluk ve teorik boşluğun aynı olduğu makaralı rulmanlarda minimum seviyededir.

Belirli rulman türlerinin iç boşluklarını gösteren tablolar için lütfen ana NSK rulman kataloguna bakınız.

Radyal boşluğun aksel boşluğa çevrilmesi

$$\text{Aksel boşluk } \Delta_a = \Delta_r \cot \alpha = \frac{1.5}{e} \Delta_r$$

Δ_r : Radyal boşluk

α : Temas açısı

e : Sabit

İç boşluğu etkileyen faktörler

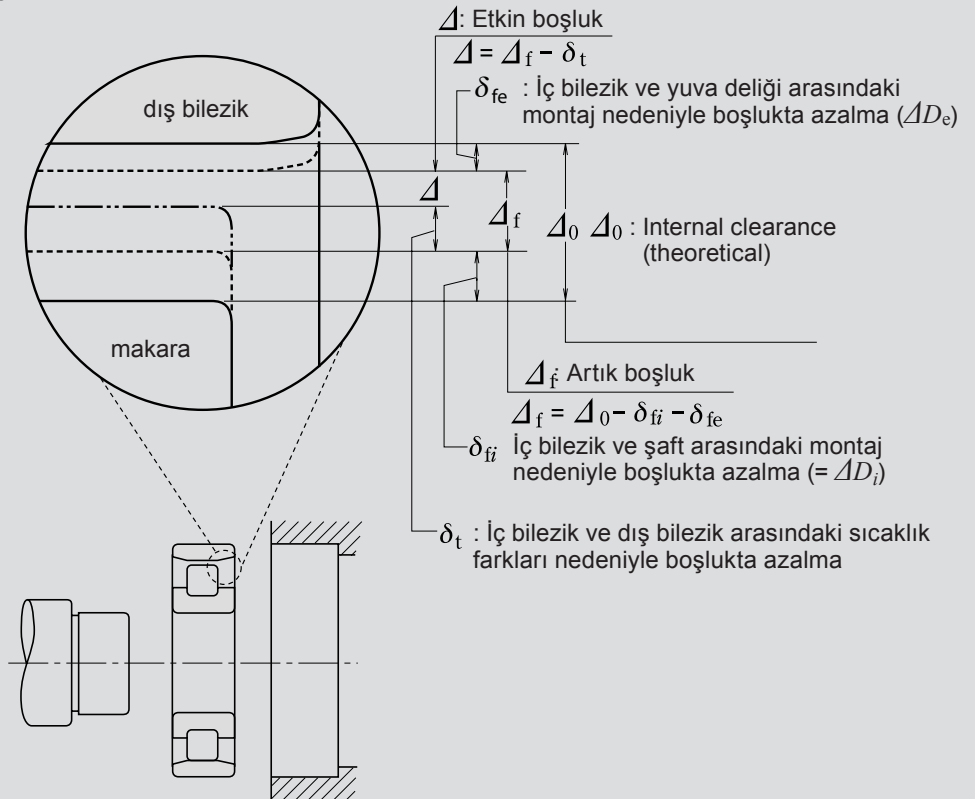
Montaj nedeniyle radyal boşlukta azalma

İç bilezik veya dış bilezik şaft üzerine veya yatak içerisine temaslı olacak şekilde monte edilirse, iç bilezik genişlediğinde veya dış bilezik büzüştüğünde radyal boşluk azalmaktadır. Bu azalma şaft veya yuva tasarımına bağlı olarak rulman türleri ve boylarına göre farklılık göstermektedir. Azalma kesişimin yaklaşık %70-90'ı kadardır. Bu miktarları (δ_{fe} ve δ_{fi}) teorik boşluktan (Δ_0) çıkardıktan sonra kalan oynama payı artık boşluktur (Δ_f).

İç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkları nedeniyle radyal oynama payında azalma

Çalışma sırasında oluşan sürtünme ısısı dışarıya ulaşana kadar şaft boyunca ve yuva içerisine iletilir. Yuvalar kütleleri nedeniyle ısıyı şaftlara kıyasla daha iyi iletildiğinden, iç halka ve döner elemanların sıcaklığı normal şartlarda dış halkadan 5-10°C daha yüksektir. Şaft ısınır veya yuva soğursa, iç ve dış halkalar arasında oluşan sıcaklık farkı radyal oynama payının azalmasına neden olmaktadır. δ_t değeri artık boşluktan (Δ_f) çıkartıldığında etkin iç boşluk (Δ) elde edilmektedir.

Radyal boşluktaki değişimler



Bu azalmanın miktarını hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılabilir:

$$\delta_t = \alpha \Delta_t D_e$$

δ_t : İç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkları nedeniyle radyal boşlukta azalma (mm)

α : Rulman çeliği için lineer termal genleşme katsayısı = $12.5 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$)

Δ_t : İç ve dış bilezikler arasındaki sıcaklık farkı ($^\circ\text{C}$)

D_e : Dış bilezik kanal çapı (mm)

Bilyalı rulmanlar için

$$D_e = (4D+d)$$

Makaralı rulmanlar için

$$D_e = (3D+d)$$

0 veya küçük pozitif bir sayı değerindeki etkin açıklığa sahip bir rulman seçilmelidir. Tek sıralı eğik bilyalı rulmanlar veya konik makaralı rulmanlar ikili set olarak monte edilirse, etkin boşluk minimum olmalıdır (ön yük gerekmedikçe). Bir tarafında omuz olacak şekilde iki silindirik makaralı rulmanın birbirine karşı olarak kullanılması durumunda, şaftın serbestçe genleşmesine izin veren bir aksel boşluk seviyesi seçilmelidir.

Belirli uygulamalarda iç boşluk

Çalışma koşulları	Örnekler	İç boşluk
Ciddi şaft sapması	Arabalardaki yarı yüzer tekerlek rulmanı	C5 veya benzeri
Buharın boş şaftlardan geçmesi veya basınç çubuklarının ısıya maruz kalması	Kağıt makinelerinin kuru ucu Hadde makinelerindeki taşıyıcı makaralar	C3, C4 C3
Yüksek darbe yükleri ve vibrasyonlar veya iç ve dış halkaların temaslı monte edilmesi	Trenler için cer motorları Titreşimli elekler Hidrolik debriyaj Traktörler için şanzımanlar	C4 C3, C4 C4 C4
Gevşek monte edilmiş iç ve dış bilezikler	Hadde makineleri için makara zıvanaları	C2 veya benzeri
Çok sessiz, titreşimsiz çalışma	Özel küçük motorlar	C1, C2, CM
Şaft sapması vb. engellemek için oynama payının ayarlanması	Tornaların ana mili	CC9, CC1

Ön yük - özel bir negatif boşluk türü

Normal şartlarda rulmanlar çalıştıklarında belirli bir miktar oynama payı bulunmaktadır. Ancak bazı durumlarda rulman düzenlemesinin esnemezliğini arttırmak için negatif boşluk ayarlamak avantajlı olabilir. Buna ön yük adı verilmektedir.

Ön yükler açılmalı temaslı bilyalı rulmanlar ve konik makaralı rulmanlar gibi oynama payları kurulum sırasında ayarlanabilen rulmanlarla kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Genel olarak ön yükte ikili bir takım oluşturmak için iki rulman yüz yüze veya sırt sırta konfigürasyonda monte edilir.

Tipik uygulamalarda ön yükün amacı

- › Takım tezgahlarının ve hassas araçların ana şaftları
Rulmanların - hem radyal hem aksel olarak - tam pozisyonlarını koruması ve şaftın rotasyon hassasiyetinin korunması ve esnemeziğinin arttırılması
- › Takım tezgahlarının ana şaftları, araba şanzımanlarında pinyon milleri
Rulman esnemeziğinin arttırılması ve meş dişlisinin optimizasyonu
- › Küçük elektrikli motorlar
Eksenel vibrasyon ve rezonans nedeniyle oluşan gürültünün azalması
- › Açısal temaslı veya derin yivli bilyalı rulmanlar bulunan yüksek hızlı veya yüksek ivmeli uygulamalar
Döner ivme nedeniyle döner elemanlar ve kanal arasında kaymanın engellenmesi
- › Yatay şaft üzerine monte edilmiş aksel bilyalı rulmanlar ve kendinden ayarlı küresel makaralı aksel rulmanlar
Döner elemanların rulman halkalarıyla birlikte doğru pozisyonda tutulması

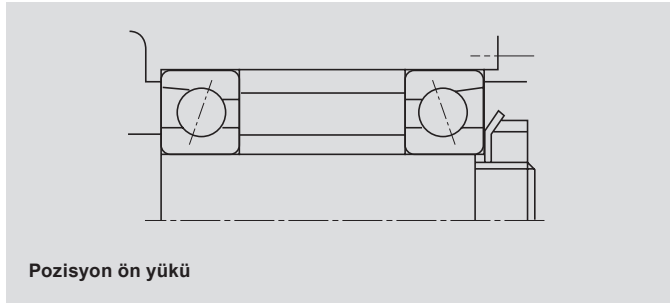
Ön yük türleri

1a) Pozisyon ön yükü

İki aksel olarak zıt rulmanın ön yük uygulanacak şekilde monte edilmesiyle elde edilen pozisyon ön yüküdür. Yerlerine sabitlendikten sonra pozisyonları çalışma sırasında bozulmamaktadır.

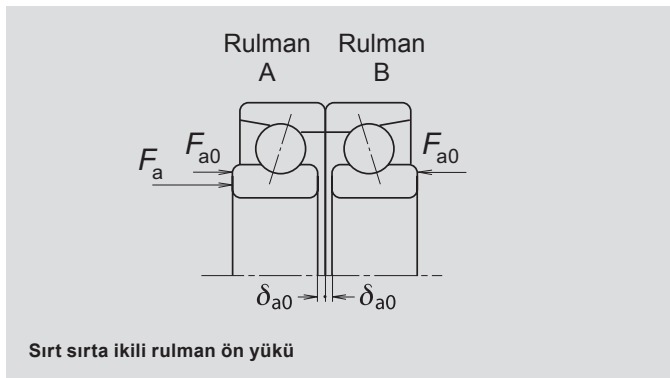
Pratikte pozisyon ön yükü elde etmek için normal şartlarda kullanılan üç yöntem mevcuttur:

- › Çıkmıntı boyutları ve aksel boşluğu önceden ayarlanan ikili rulman takımının monte edilmesi
- › Gereken boşluk ve ön yükün elde edilmesi için doğru boyutta ara parça veya ayar sacı kullanılması
- › Aksel ön yükü ayarlamak için vidalar veya somunlar kullanılması. Bu durumda doğru ön yükün teyit edilmesi için start torku ölçülmelidir.

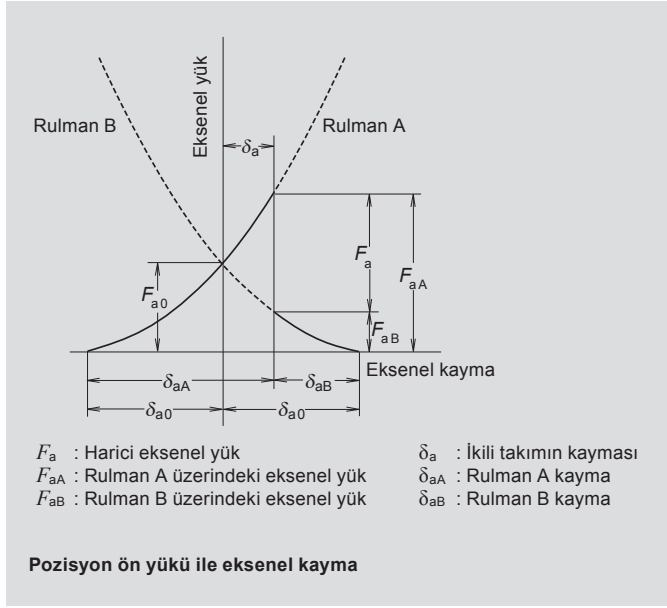


1b) Pozisyon ön yükü ve esnemezlik

A ve B rulmanlarının iç bilezikleri aksel olarak monte edildiğinde $2 \delta_{a0}$ boşluk ölçümü ortadan kalkmaktadır. Her bir rulmana F_{a0} ön yük uygulanmaktadır.

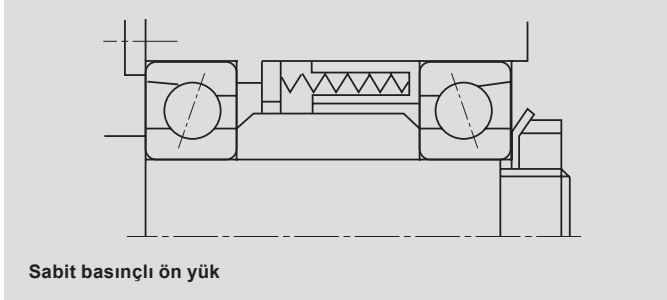


Rulman esnemezliği - yük ve aksenal kayma arasındaki ilişki - ikili takıma belirli bir aksenal yük F_a uygulanmaktadır.



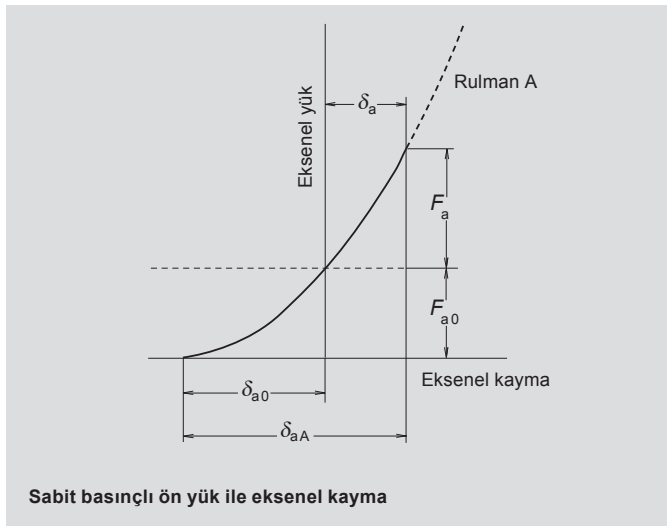
2a) Sabit basınçlı ön yük

Sabit basınçlı ön yük helazon veya yaprak yay kullanılarak elde edilmektedir. Rulmanların pozisyonu çalışma sırasında değişse bile, ön yük boyutu görece sabit kalmaktadır



2b) Sabit basınçlı ön yük ve esnemezlik

Şemada sabit basınçlı ön yük altında ikili rulmanların esnemezliği gösterilmektedir. Yayın sapma eğrisi yatay eksene neredeyse paraleldir çünkü yayların esnemezliği rulmanınkinden daha düşüktür. Bunun sonucunda, sabit basınçlı ön yük altında esnemezlik F_{a0} ön yük uygulanan tekli rulmanın esnemezliğine neredeyse eşittir.



Rulman esnemezliği ve ön yük yöntemlerinin karşılaştırması

Pozisyon ön yükü ve sabit basınçlı ön yük aşağıdaki şekilde karşılaştırılabilir:

- 1) Her iki ön yük eşit olduğunda, pozisyon ön yükü daha yüksek rulman esnemezliği sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, harici yükler nedeniyle oluşan sapma pozisyon ön yükü bulunan rulmanlarda daha azdır.
- 2) Sabit basınçlı ön yükler aksel vibrasyonun engellenmesi amacıyla yüksek hızlı uygulamalarda ve yatay şaftlar üzerindeki aksel rulmanlarda kullanıma daha uygundur.
- 3) Pozisyon ön yükü kullanıldığında, ön yük aşağıdaki faktörlere göre değişmektedir:
 - › şaft ve yuva arasındaki sıcaklık farklılıkları nedeniyle aksel genleşmede değişiklik
 - › İç ve dış halkalar arasındaki sıcaklık farklılıkları nedeniyle radyal genleşmede değişiklik
 - › Yük nedeniyle sapma
- 4) Sabit basınçlı ön yük kullanıldığında, şaft genleşme ve büzüşmesinin etkileri göz ardı edilebilir olduğundan değişiklik minimum seviyededir.

Ön yük miktarı

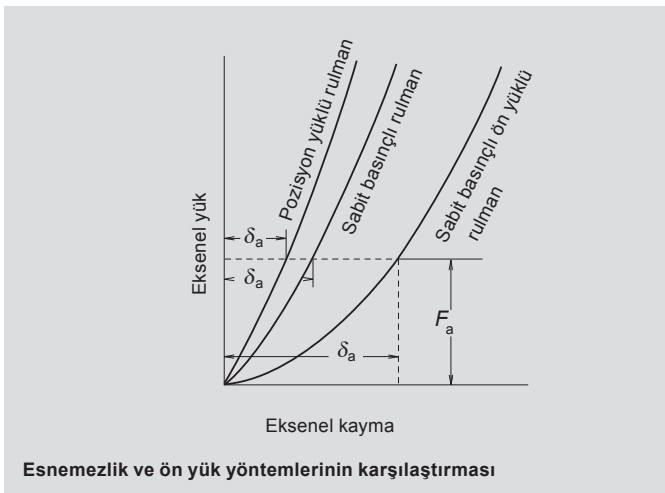
Ön yük gerekenden büyük ise istenmeyen ısı oluşumu, artan tork ve daha kısa hizmet ömrü ile sonuçlanabilir. Ön yük miktarı çalışma koşulları ve ön yükün amacı dikkate alınarak dikkatli bir şekilde hesaplanmalıdır. Aşırı durumlarda rulman yalnızca bir kaç saat dayanabilir.

1) İkilil açısall temaslı bilyalı rulmanlarda ön yük uygulanması

Genel kural olarak, işleme merkezlerinin taşlama milleri ve ana şaftları için çok hafif veya hafif ön yük seçilmelidir. Esnemezlik gerektiren torna ana şaftları için orta seviye ön yük kullanılmalıdır. Gerçekleşen hız 500.000'den yüksek $D_{pw} \cdot n$ ($d_m n$ değer) değerleriyle sonuçlanıyorsa, çok dikkatli biçimde hesaplanmalı ve uygulanmalıdır.

2) Aksel bilyalı rulmanlarda ön yük uygulaması

Aksel bilyalı rulmanlardaki bilyalar görece yüksek hızlarda döndüğünde, bilyalar üzerinde etkin olan döner ivmeler nedeniyle kayma meydana gelebilir. Denklemlerden elde edilen iki değerden büyük olan değer bu türde kaymanın engellenmesi için minimum aksel yük kabul edilmelidir.



$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{100} \cdot \left(\frac{n}{N_{\max}} \right)^2$$

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{1000}$$

$F_{a \min}$: Minimum aksel yük (N), {kgf}

n : Hız (min^{-1})

C_{0a} : Temel statik yük seviyesi (N), {kgf}

N_{\max} : Sınır hız (yağlı yağlama) (min^{-1})

3) Kendinden ayarlı oynak makaralı aksel rulmanlarda ön yük kullanımı

Kendinden ayarlı oynak makaralı aksel rulmanlar kullanıldığında, makaralar ve dış bilezik kanalı arasında kayma nedeniyle bilezik kırılması gibi hasarlar meydana gelebilir. Bu kaymanın engellenmesi için gerekli minimum aksel yük ($F_{a \min}$) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{1000}$$