

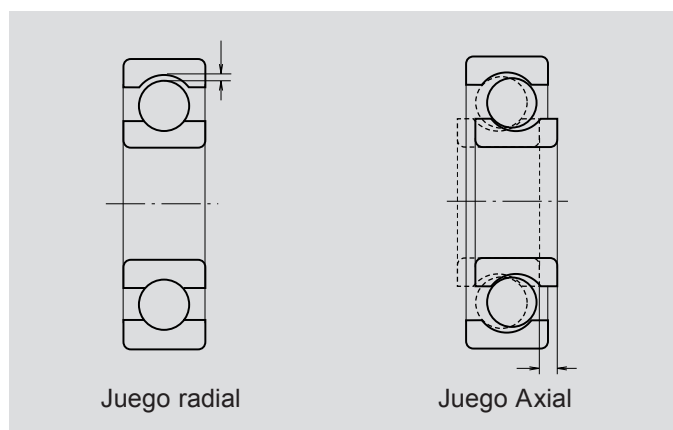
TECHNICAL INSIGHT

UNA PUBLICACIÓN DE NSK EUROPE

Juego Interno - tipos y normas

El juego interno es la distancia que los dos anillos de un rodamiento no instalado se pueden mover cuando se empujan en direcciones opuestas. Se hace una distinción entre juego radial y axial.

El juego radial se mide perpendicularmente al eje central de un rodamiento, mientras que el juego axial se mide a lo largo del eje central. Se mide la distancia entre una posición y la final.



El juego interno tiene un gran importancia en el rendimiento operativo de los rodamientos. Afecta a factores tales como su vida útil, la vibración, nivel de ruido y la generación de calor.

Juego interno geométrico y medido

Para los obtener valores reales, el juego teórico se mide mediante la aplicación sobre el rodamiento de una carga de medición definida. Este valor medido es siempre ligeramente mayor que el juego teórico - también conocido como juego geométrico. La diferencia entre los dos valores corresponde a la deformación elástica causada por la carga de medición.

El juego teórico se puede calcular restando la cantidad de deformación elástica a partir del juego medido. Esta deformación elástica es mínima en el caso de los rodamientos de rodillos, en los que los valores del juego interno definido antes de la instalación y el juego teórico son idénticos.

Por favor, consulte en el catálogo general rodamientos NSK las tablas que muestran el juego interno para determinados tipos de rodamientos.

Conversión de juego radial en juego axial

$$\text{Juego Axial} \quad \Delta_a = \Delta_r \cot \alpha = \frac{1.5}{e} \Delta_r$$

Δ_r : Juego radial

α : Ángulo de contacto

e : Constante

Factores que influyen en el juego interno

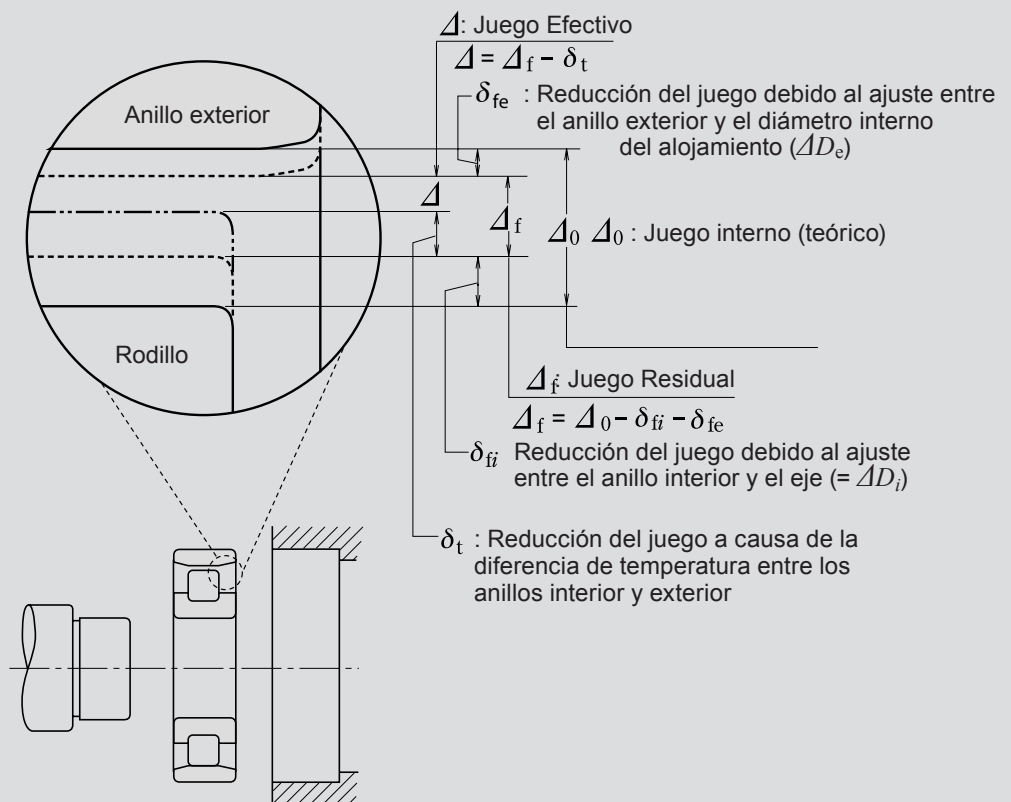
Reducción del juego radial debido al ajuste

Si el anillo interior o el anillo exterior está montados en el eje o en la carcasa con un ajuste de interferencia, el juego radial se reduce cuando el anillo interior se expande o cuando el anillo exterior se contrae. Esta reducción varía para los diferentes tipos de rodamientos y tamaños, y depende del diseño del eje o del alojamiento. La reducción es de aproximadamente 70 a 90% de la interferencia. Después de restar estas reducciones (δ_{fe} and δ_{fi}) del juego teórico (Δ_0), el resultado se conoce como juego residual (Δ_f).

La reducción del juego radial es debido a las diferencias de temperatura entre los anillos interior y exterior

El calor de fricción que se genera en el funcionamiento es conducido a lo largo del eje y a través del alojamiento hasta que alcanza el exterior. Como las carcasas son mejores en la conducción de calor que los ejes debido a su masa, la temperatura del anillo interior y los elementos de rodadura suele ser de 5 a 10 °C más alta que la temperatura del anillo exterior. Si el eje aumenta de temperatura o se refrigera el alojamiento, la diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior puede provocar la disminución del juego radial. Al restar δ_t del juego residual (Δ_f) obtenemos el juego interno efectivo (Δ).

Cambios en el juego radial



Pueden usarse las siguientes ecuaciones para calcular la magnitud de esta reducción:

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

δ_t : Reducción del juego radial a causa de la diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior (mm)

α : Coeficiente de dilatación térmica lineal del acero del rodamiento = $12.5 \cdot 10^{-6}$ (1/°C)

Δ_t : Diferencia de temperatura entre los anillos interior y exterior (°C)

D_e : Diámetro del camino de rodadura del anillo exterior (mm)

Para los rodamientos de bolas

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

Para los rodamientos de rodillos

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

Debe seleccionarse un rodamiento con un juego efectivo de 0 o un número positivo bajo. Si se montan rodamientos de bolas de contacto angular de una sola hilera o rodamientos de rodillos cónicos como un conjunto dúplex, el juego efectivo debe ser mínimo (a menos que se necesite una precarga). Si se utilizan enfrentados dos rodamientos de rodillos cilíndricos con un codo lateral, debe seleccionarse un nivel de juego axial que permita una dilatación libre del eje.

Juego interno en aplicaciones específicas

Condiciones de funcionamiento	Ejemplos	Juego Interno
Flexión elevada del eje	Rodamientos de ruedas semiflotantes en coches	C5 or similar
Flujo de vapor a través de ejes huecos o barras de presión expuestas al calor	Extremo seco de las máquinas de papel Rodillos para cintas transportadoras en trenes de laminación	C3, C4 C3
Cargas de alto impacto y vibraciones, o anillos interior y exterior con ajustes de interferencia	Motores de tracción para ferrocarril Cribas Embragues hidráulicos Cajas de cambio para tractores	C4 C3, C4 C4 C4
Ajustes holgados en los anillos interior y exterior	Espigas para rodillos en trenes de laminación	C2 or similar
Funcionamiento silencioso sin vibraciones	Motores pequeños con especificaciones especiales	C1, C2, CM
Ajuste del juego para evitar la flexión del eje, etc.	Ejes principales para tornos	CC9, CC1

Precarga - un tipo especial de juego negativo

En general, los rodamientos conservan una cierta cantidad de juego interno cuando están funcionando. Sin embargo, en algunos casos resulta ventajoso establecer un juego negativo para aumentar la rigidez de la disposición de los rodamientos. Se conoce como precarga.

Las precargas están diseñadas para su uso en rodamientos cuyo juego se puede configurar durante la instalación, por ejemplo, en rodamientos de bolas de contacto angular y en rodamientos de rodillos cónicos. Normalmente, se montan los rodamientos en una configuración cara a cara o espalda contra espalda para formar un conjunto doble con precarga.

Propósito de una precarga en aplicaciones típicas

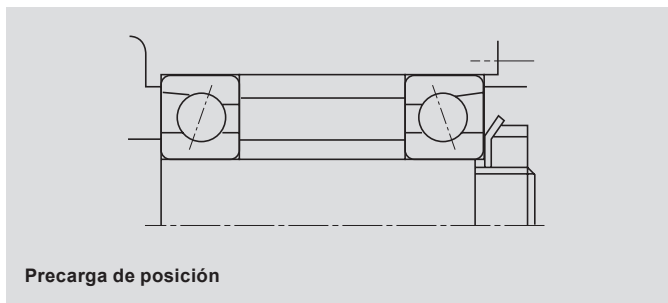
- › En los ejes principales de máquinas herramienta e instrumentos de precisión
Inmovilizar los rodamientos en su posición exacta - tanto radial como axialmente - así como mantener de la precisión de giro del eje y aumentar la rigidez.
- › Los ejes principales de máquinas herramientas, ejes de los engranajes en cajas de cambio de automóviles
Aumentar de la rigidez del rodamiento y optimizar la precisión de los engranes.
- › Motores eléctricos de pequeño tamaño
Minimizar el ruido provocado por las vibraciones axiales y la resonancia.
- › Aplicaciones de alta velocidad o alta aceleración con rodamientos de contacto angular o rodamientos de bolas de ranura profunda
Evitar el deslizamiento entre los elementos de rodadura y las pistas de rodadura provocado por los momentos giratorios
- › Rodamientos de bolas axiales y rodamientos de rodillos esféricos de empuje autoalineantes montados en un eje horizontal
Mantener los elementos de rodadura en su posición correcta en relación con los anillos del rodamiento.

Tipos de precarga

1a) Precarga de posición

La precarga de posición se consigue fijando dos rodamientos opuestos axialmente de tal forma que se les impone una precarga. Una vez que montados, su posición no cambia durante la operación. En la práctica, se utilizan tres métodos para obtener una precarga de posición:

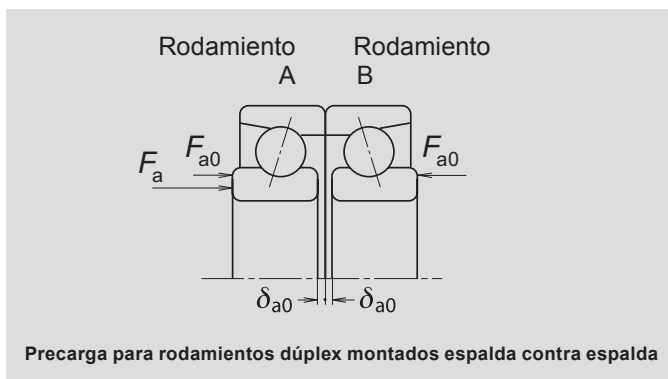
- › Mediante la instalación de una pareja de rodamientos con los valores dimensiones de salto de precarga y juego axial previamente ajustados
- › Mediante el uso de un separador o lámina del tamaño adecuado para obtener el espaciado y la precarga requeridos
- › Con tornillos o tuercas para ajustar la precarga axial. En este caso, debería medirse el par inicial para verificar la precarga adecuada.



Precarga de posición

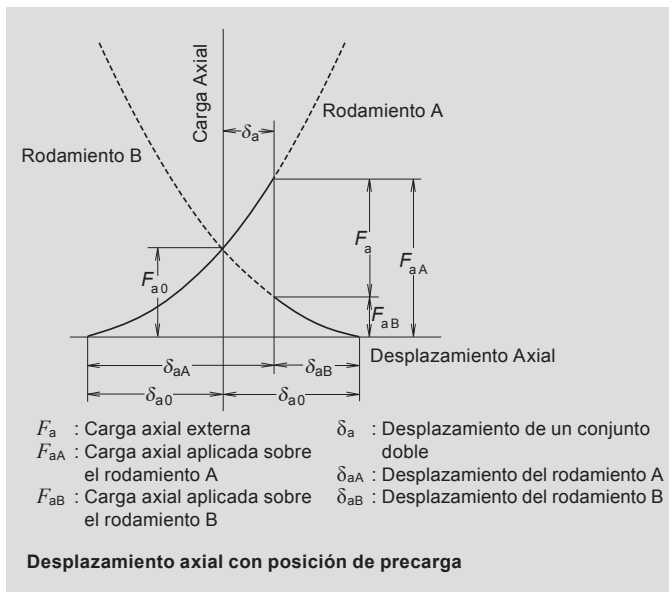
1b) Precarga de posición y rigidez

Cuando los anillos interiores de los rodamientos A y B se fijan axialmente, se elimina el espacio de medición $2\delta_{a0}$. Se impone a cada rodamiento una carga previa de F_{a0} .



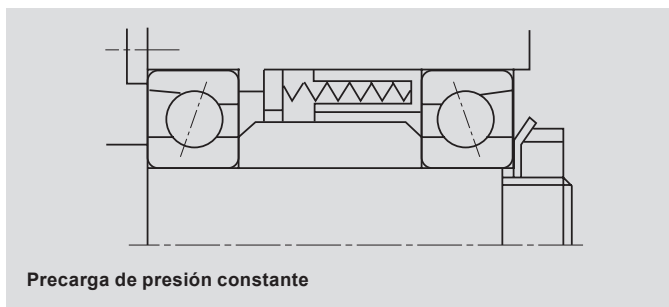
Precarga para rodamientos dúplex montados espalda contra espalda

Rigidez del rodamiento – es decir, la relación entre la carga y el desplazamiento axial – con una carga axial dada F_a aplicada a un conjunto dúplex.



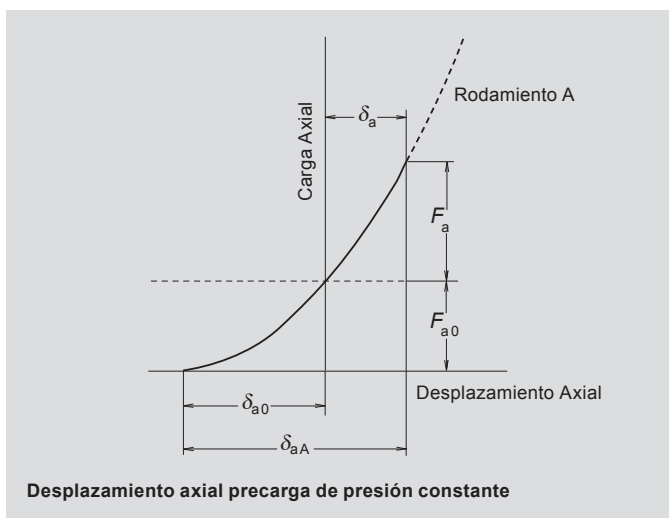
2a) Precarga de presión constante

Se obtiene una precarga de presión constante mediante el uso de un muelle de espiral o plano. Aunque la posición relativa de los rodamientos varíe durante el funcionamiento, el valor de la precarga se conserva relativamente constante.



2b) Precarga de presión constante y rigidez

El diagrama muestra la rigidez de rodamientos dobles bajo una precarga de presión constante. La curva de flexión del muelle es casi paralela al eje horizontal porque la rigidez de los muelles es menor que la del rodamiento. Como resultado, la rigidez bajo una precarga de presión constante es aproximadamente igual a la de un rodamiento simple sobre el que se ha aplicado una precarga de F_{a0} .



Comparison of bearing rigidity and preloading methods

Position preload and constant-pressure preload can be compared as follows:

- (1) When both preloads are equal, the position preload provides greater bearing rigidity. In other words, the deflection due to external loads is less for bearings with a position preload.
- (2) Constant-pressure preloads are more suitable for high-speed applications, to prevent axial vibration and for use with thrust bearings on horizontal shafts.
- (3) When a position preload is used, the preload varies depending on the following factors:
 - › Variation in the axial expansion due to temperature differences between the shaft and the housing
 - › Variation in radial expansion due to temperature differences between the inner and outer rings
 - › Deflection due to load
- (4) When using a constant-pressure preload, variation is minimal because the effects of shaft expansion and contraction are negligible.

Amount of preload

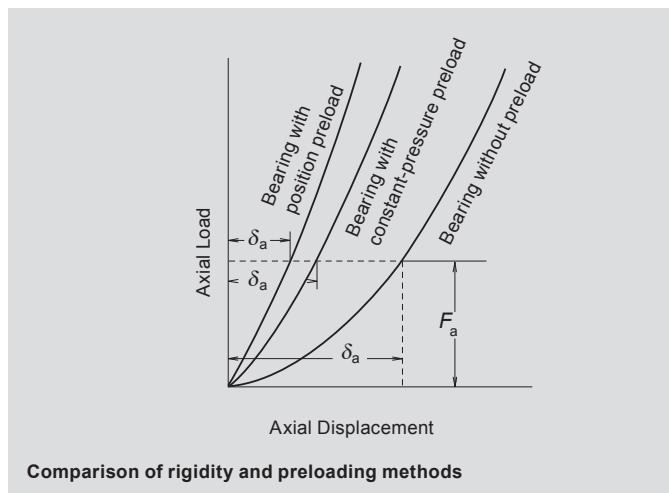
If the preload is larger than necessary, it can result in unwanted heat generation, increased torque and a shorter service life. The amount of preload should be carefully calculated, taking the operating conditions and the purpose of the preload into account. In extreme cases, the bearing may last for just a few hours.

(1) Preloading duplex angular-contact ball bearings

As a general rule, an extra light or light preload should be selected for grinding spindles and the main shafts of machining centres. A medium preload should be adopted for the main shafts of lathes requiring rigidity. When speeds result in a value of $D_{pw} \cdot n$ ($d_m n$ value) higher than 500,000 the preload should be very carefully considered and selected.

(2) Preloading axial ball bearings

When the balls in axial ball bearings rotate at relatively high speeds, slippage may occur due to gyratory moments acting on the balls. The larger of the two values obtained from the equations should be adopted as the minimum axial load in order to prevent this kind of slippage.



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

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

$F_{a \min}$: Minimum axial load (N), {kgf}

n : Speed (min^{-1})

C_{0a} : Basic static load rating (N), {kgf}

N_{\max} : Limiting speed (oil lubrication) (min^{-1})

(3) Preloading self-aligning spherical roller thrust bearings

When self-aligning spherical roller thrust bearings are used, damage such as broken rings may occur due to slippage between the rollers and the outer-ring raceway. The minimum axial load necessary to prevent such slippage ($F_{a \min}$) can be calculated using the following equation:

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