

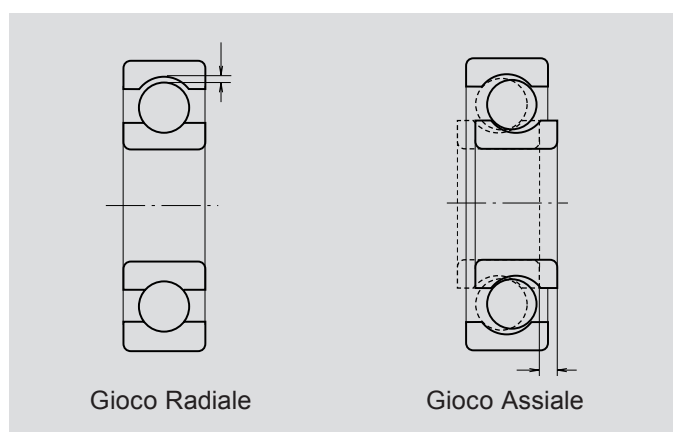
# TECHNICAL INSIGHT

UNA PUBBLICAZIONE DI NSK EUROPE

## Gioco Interno – Tipologie e Norme

Per gioco interno si intende la misura complessiva di cui un anello si può spostare rispetto all'altro in direzione opposta. E' necessario distinguere fra gioco radiale e gioco assiale.

Il gioco radiale è perpendicolare all'asse centrale del cuscinetto, mentre il gioco assiale viene misurato lungo l'asse centrale. Si misura la distanza tra una posizione finale e l'altra.



Il gioco interno dei cuscinetti volventi in esercizio influenza notevolmente le prestazioni degli stessi con ripercussioni sulla durata a fatica, vibrazione, rumorosità, generazione di calore, ecc.

### Gioco misurato e gioco geometrico

Per ottenere una misurazione più accurata del gioco, questo viene generalmente rilevato applicando al cuscinetto un carico di misura specifico; il valore del gioco rilevato risulta sempre leggermente superiore al gioco interno teorico, chiamato anche gioco geometrico. La differenza tra i due dati corrisponde al valore della deformazione elastica causata dal carico di misura.

Il valore del gioco rilevato risulta sempre leggermente superiore al gioco interno teorico e tale differenza corrisponde al valore della deformazione elastica causata dal carico di misura. Risulta così possibile ricavare con sufficiente approssimazione il gioco interno teorico, mediante correzione del gioco rilevato con il valore della deformazione elastica. Questa deformazione risulta molto sentita nei cuscinetti a sfere, mentre ha un valore così basso da poter essere trascurata nei cuscinetti a rulli.

Vi preghiamo di consultare il catalogo generale dei cuscinetti NSK per le tabelle con i giochi interni in relazione al tipo di cuscinetto.

## Conversione del gioco radiale in gioco assiale

$$\text{Gioco Assiale } \Delta_a = \Delta_r \cot \alpha = \frac{1.5 \Delta_r}{e_r}$$

$\Delta_r$  : Gioco Radiale  
 $\alpha$  : Angolo di contatto  
 $e$  : Costante

## Fattori che condizionano il gioco interno

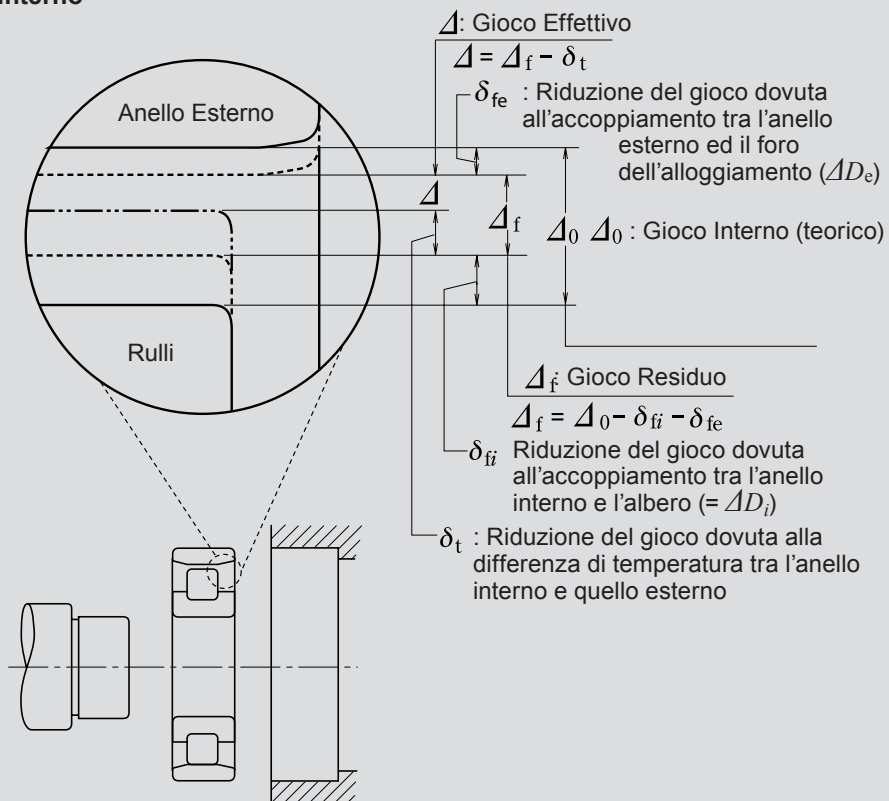
### Riduzione del gioco radiale per effetto dell'accoppiamento

In qualsiasi condizione operativa, l'anello interno o quello esterno risulta calettato rispettivamente sull'albero o nell'alloggiamento con un accoppiamento forzato; si determina quindi una riduzione del gioco radiale interno a causa dell'espansione o della contrazione degli anelli stessi del cuscinetto. La riduzione varia in funzione della serie dimensionale del cuscinetto e della forma costruttiva dell'albero o dell'alloggiamento. Si può definire come "gioco residuo" ( $\Delta_f$ ) il valore ottenuto dalla sottrazione della riduzione per effetto dell'accoppiamento dal gioco interno teorico ( $\Delta_0$ ).

### Diminuzione del gioco interno radiale dovuta alla differenza di temperatura tra l'anello interno ed esterno e gioco effettivo

In esercizio, per effetto dell'attrito di rotazione si sviluppa un certo quantitativo di calore che viene trasmesso attraverso l'albero e l'alloggiamento. Generalmente, l'alloggiamento trasmette il calore meglio dell'albero, cosicché la temperatura dell'anello interno risulta superiore di 5 ~ 10 °C rispetto a quella dell'anello esterno. Se l'albero venisse riscaldato oppure l'alloggiamento venisse raffreddato la differenza di temperatura tra anello interno ed esterno risulterebbe superiore. Quindi, a causa della dilatazione termica dovuta alla differenza di temperatura tra l'anello interno e quello esterno, il gioco radiale diminuisce. Si può quindi definire come "gioco effettivo" ( $\Delta$ ), il valore ottenuto dalla sottrazione della riduzione  $\delta_t$  dal gioco residuo ( $\Delta_f$ ).

## Variazioni del gioco radiale interno



Il valore di questa diminuzione può essere determinato attraverso la seguente formula:

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

$\delta_t$  : Riduzione del gioco radiale per effetto della differenza di temperatura tra l'anello interno ed esterno (mm)

$\alpha$  : Coefficiente di dilatazione lineare dell'acciaio per cuscinetti =  $12.5 \cdot 10^{-6}$  (1/°C)

$\Delta_t$  : Differenza di temperatura tra anello interno e quello esterno (°C)

$D_e$  : Diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno (mm)

**Per Cuscinetti a Sfere**

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

**Per Cuscinetti a Rulli**

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

E' opportuno scegliere un cuscinetto con gioco zero o leggermente positivo. Quando si utilizzano cuscinetti a sfere a contatto obliquo ad una corona oppure cuscinetti a rulli conici accoppiati, è opportuno che, se non risulta necessaria una condizione di precarico, rimanga un gioco effettivo anche se piccolo. Nel caso di utilizzo di due cuscinetti radiali a rulli cilindrici tipo NJ è necessario prevedere, al montaggio, un adeguato gioco assiale che tenga conto dell'effetto allungamento dell'albero in esercizio.

**Esempi di ottimizzazione del gioco interno**

Condizioni operative	Esempi	Gioco interno consigliato
Flessione dell'albero elevata	Ruote posteriori di automobili	C5 o equivalente
Alberi cavi con passaggio di vapore o con altri sistemi di riscaldamento	Cilindri essiccatori per cartiere Vie a rulli di acciaierie	C3, C4 C3
Presenza di carichi d'urto e vibrazioni elevate, oppure di un accoppiamento forzato su entrambi gli anelli	Motori di trazione ferrotrenviari Vagli vibranti Giunti idraulici Alberi d'uscita di riduttori per trattori	C4 C3, C4 C4 C4
Accoppiamento libero per entrambi gli anelli	Cilindri di laminatoi	C2 o equivalente
Specifiche ristrette per rumorosità e vibrazioni	Piccoli motori elettrici con specifiche particolari	C1, C2, CM
Registrazione del gioco al montaggio per evitare flessioni dell'albero, ecc.	Mandrini di tornitrici	CC9, CC1

**Precarico, uno speciale tipo di gioco negativo**

Generalmente i cuscinetti volventi mantengono durante il funzionamento un gioco interno residuo. In alcuni casi, soprattutto quando bisogna assicurare il contatto tra i corpi volventi e le piste di rotolamento, si deve prevedere un "gioco negativo", ricorrendo all'operazione di "precarico".

Il precarico viene solitamente applicato a quei cuscinetti (a sfere a contatto obliquo oppure a rulli conici) dove è possibile regolare il gioco durante il montaggio. Normalmente, per ottenere una coppia di cuscinetti precaricati, vengono montati due cuscinetti con disposizione "faccia a faccia" o "dorso a dorso".

## Finalità del precarico in applicazioni tipiche

- › Mandrini di macchine utensili, strumenti di precisione, ecc.
- › Mantenere i cuscinetti nella posizione corretta nelle direzioni radiale e assiale, e conservare la precisione di rotazione dell'albero.
- › Mandrini di macchine utensili, alberi pignone di differenziali per autoveicoli, ecc.
- › Aumentare la rigidità del cuscinetto e ottimizzare l'ingranaggio
- › Piccoli motori elettrici, ecc.
- › Ridurre al minimo la rumorosità dovuta alle vibrazioni assiali e alla risonanza.
- › Applicazioni caratterizzate da velocità o accelerazioni elevate, equipaggiate con cuscinetti a sfere a contatto obliquo e con cuscinetti assiali a sfere.
- › Impedire lo strisciamento tra corpi volventi e piste di rotolamento dovuto ad un fenomeno giroscopico e centrifugo
- › Cuscinetti assiali a sfere e cuscinetti orientabili a rulli montati su albero orizzontale
- › Mantenere i corpi volventi in posizione corretta rispetto agli anelli del cuscinetto.

## Tipologie di precarico

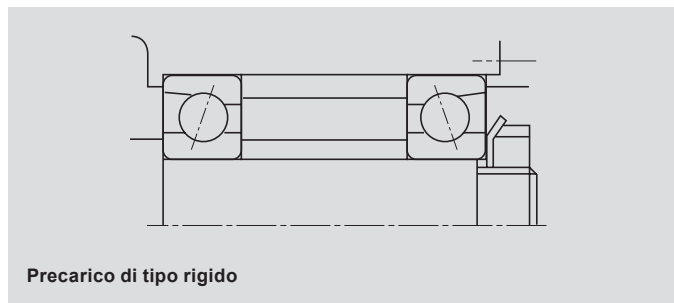
### 1a) Precarico di tipo rigido

Un sistema per ottenere il precarico dei cuscinetti consiste nella registrazione o serraggio assiale degli stessi.

Si ottiene bloccando assialmente due cuscinetti contrapposti, in modo tale che la loro posizione relativa non si modifichi durante il funzionamento.

Praticamente si possono adottare tre metodi per ottenere questo tipo di precarico:

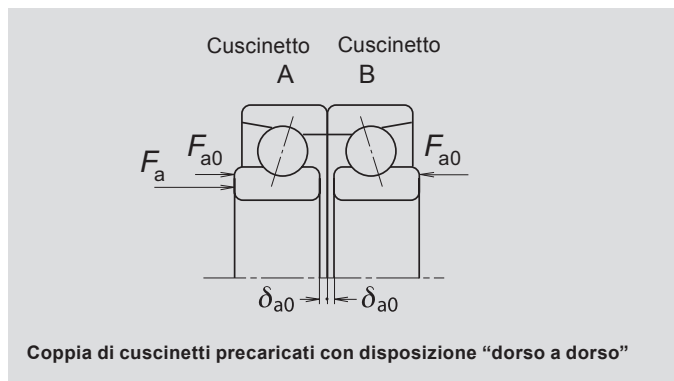
- › Montaggio di una coppia di cuscinetti con gioco assiale e salti facciali ottenuti di lavorazione
- › Utilizzo di distanziali o rasamenti di dimensioni appropriate
- › Utilizzo di viti o ghiera per consentire la regolazione del precarico assiale. In questo caso risulta opportuno rilevare la coppia di spunto per verificare il valore di precarico.



Precarico di tipo rigido

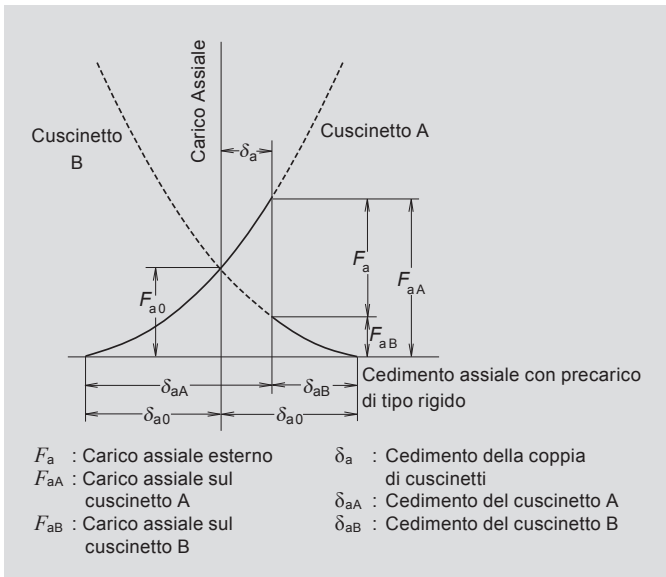
### 1b) Rigidità e precarico di tipo rigido

Quando gli anelli interni della coppia di cuscinetti sono bloccati assialmente, i cuscinetti A e B risultano spostati di  $\delta_{a0}$  e viene eliminato lo spazio assiale o salto facciale corrispondente a  $2 \delta_{a0}$  tra gli anelli interni. In questa condizione si impone su ciascun cuscinetto un precarico di valore  $F_{a0}$ .



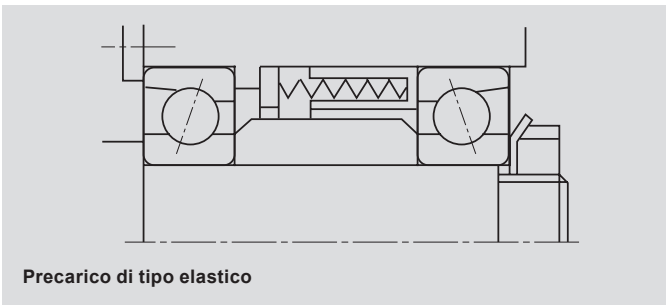
Coppia di cuscinetti precaricati con disposizione "dorso a dorso"

Rigidezza, rapporto tra il carico e il cedimento assiale, con un determinato carico esterno assiale  $F_a$  agente su una coppia di cuscinetti.



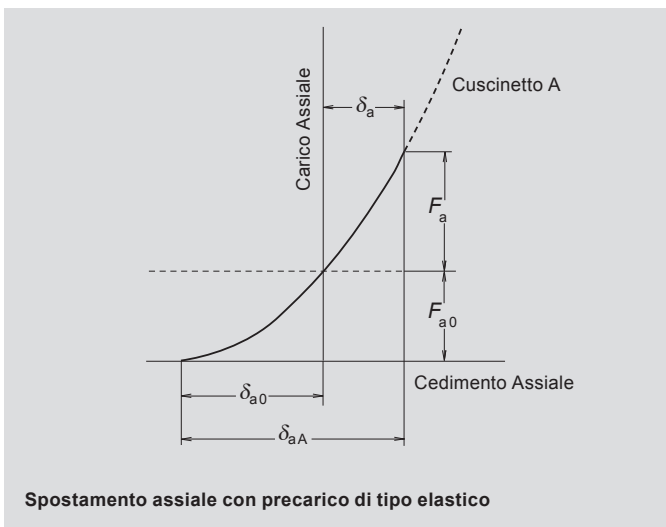
## 2a) Precarico di tipo elastico

Un altro sistema per ottenere il precarico desiderato è quello di ricorrere ad una molla elicoidale o a tazza, così da imporre un valore costante del precarico stesso. Tale valore si mantiene abbastanza costante anche se viene a modificarsi la posizione relativa dei cuscinetti durante il funzionamento.



## 2b) Rigidezza e precarico di tipo elastico

La figura qui di seguito riporta il grafico relativo al cedimento di una coppia di cuscinetti con precarico ottenuto attraverso elementi elastici. La curva di cedimento della molla risulta pressoché parallela all'asse orizzontale, in quanto la rigidezza delle molle è minore rispetto a quella del cuscinetto. Ne consegue che la rigidezza con precarico elastico è simile a quella di un cuscinetto singolo con applicato un precarico  $F_{a0}$ .



## Confronto tra rigidezza e sistemi di precarico

**Il confronto la rigidezza dei cuscinetti con precarico di tipo rigido ed elastico può essere così sintetizzato:**

- (1) Quando entrambi i precarichi sono uguali, il precarico di tipo rigido garantisce una maggiore rigidezza del cuscinetto; ovvero il cedimento dovuto ai carichi esterni risulta inferiore rispetto ai cuscinetti con un precarico di tipo elastico.
- (2) I precarichi di tipo elastico sono maggiormente indicati per applicazioni caratterizzate da velocità elevate, per smorzamenti delle vibrazioni assiali, per cuscinetti assiali montati su alberi orizzontali.
- (3) Nel caso di un precarico di tipo rigido, il precarico stesso varia in funzione dei seguenti fattori:
  - › Variazione dell'espansione assiale dovuta ad una differenza di temperatura tra l'albero e la sede
  - › Variazione dell'espansione radiale dovuta ad una differenza di temperatura tra l'anello interno ed esterno
  - › Cedimento dovuto al carico
- (4) Nel caso di un precarico di tipo elastico, la variazione del carico della molla è minima poiché gli effetti dell'espansione o contrazione dell'albero risultano trascurabili.

### Valore del precarico

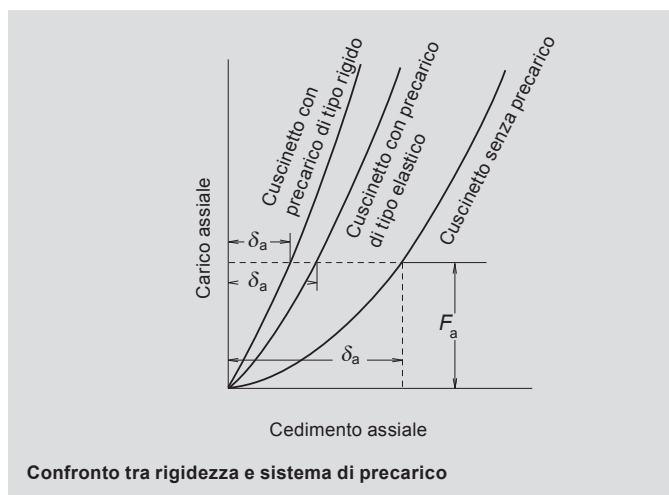
Nelle condizioni applicative dove il precarico risulta maggiore del necessario, possono verificarsi aumenti anomali della temperatura o della coppia d'attrito, una riduzione della durata a fatica, ecc. Per ovviare a queste anomalie è opportuno determinare con cura il valore del precarico, prendendo in esame le condizioni di esercizio e la finalità del precarico stesso. In casi estremi, il cuscinetto potrebbe durare solo alcune ore.

#### (1) Carico assiale minimo per cuscinetti assiali a sfere

Per i valori di precarico si consiglia di utilizzare come regola generale un precarico leggero o extra leggero per i mandrini di rettifica o per centri di lavoro. E' consigliabile utilizzare un precarico medio per mandrini di torni in cui si richiede rigidezza. Qualora la velocità di rotazione risulti superiore al valore  $D_{pw} \cdot n$  ( $d_m n$ ) > 500.000, il valore del precarico deve essere considerato e scelto con la massima attenzione.

#### (2) Preloading axial ball bearings

I corpi volventi dei suddetti cuscinetti, quando sono utilizzati per applicazioni soggette a velocità di rotazione elevate, tendono ad essere sottoposti ad un momento giroscopico e ad un'azione centrifuga verso l'esterno, producendo abrasioni o strisciamenti sulle piste di rotolamento. Per ovviare a questi fenomeni, si consiglia di applicare ai cuscinetti un carico assiale minimo  $F_a$  min corrispondente al valore massimo ricavato dalle equazioni riportate.



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

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

$F_{a \min}$  : Carico assiale minimo (N), {kgf}

$n$  : Velocità ( $\text{min}^{-1}$ )

$C_{0a}$  : Coefficiente di carico statico (N), {kgf}

$N_{\max}$  : Velocità di riferimento per lubrificazione ad olio ( $\text{min}^{-1}$ )

#### (3) Carico assiale minimo per cuscinetti assiali orientabili a rulli

Quando i suddetti cuscinetti vengono utilizzati per applicazioni soggette a elevate velocità di rotazione, i corpi volventi tendono ad essere centrifugati verso l'esterno, producendo abrasioni o strisciamenti sulle piste di rotolamento.

Per evitare questi fenomeni si consiglia di applicare ai cuscinetti un carico assiale minimo  $F_a$  min che si ricava dalla seguente equazione:

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