

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Sintesi

- La mobilità interna dei corpi volventi e degli anelli in direzione assiale e radiale è definita *gioco del cuscinetto*
- Il *gioco del cuscinetto* si riferisce ad un cuscinetto volvente non montato
- Il *gioco di funzionamento* si riferisce ad un cuscinetto volvente montato e in funzione
- Classi tipiche di gioco del cuscinetto (valori per un cuscinetto rigido a sfere 6008): C2 (1->11 μ m) -> CN -> C3 -> C4 (28->46 μ m)
- Per precarico si intende un gioco radiale di funzionamento negativo o il precarico assiale di un cuscinetto volvente mediante una molla o un sistema di bloccaggio

Gioco del cuscinetto e *gioco di funzionamento*, non sono la stessa cosa? E il *precarico*, l'ho già sentito, ma cosa sarebbe?! Come posso calcolare tutti questi valori e quali sono i criteri importanti per scegliere il giusto *gioco di funzionamento*? Forse vi siete già trovati di fronte a queste domande: troverete le risposte e informazioni più dettagliate in questo capitolo.

Definizione di gioco del cuscinetto e gioco di funzionamento

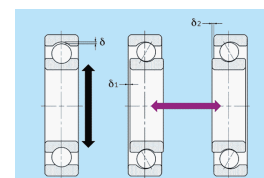
Il gioco del cuscinetto si riferisce ad un cuscinetto volvente non installato e può essere descritto come la mobilità interna dei **corpi volventi** e degli anelli in direzione sia assiale che radiale. Il *gioco di funzionamento* può anche essere descritto come la mobilità interna dei corpi volventi e degli anelli in entrambe le direzioni, ma si riferisce ad un cuscinetto installato e in funzione.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

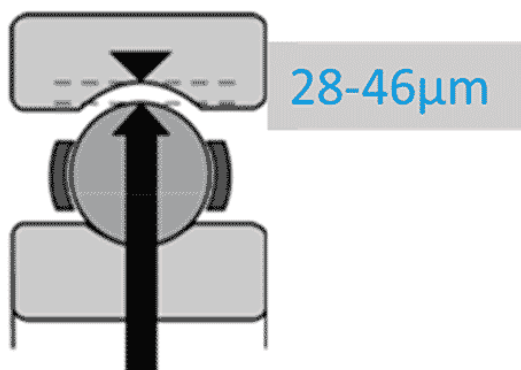
 conoscenzacuscinetti.it

Gioco interno

Il modo più pratico per spiegare il gioco interno è immaginare un cuscinetto (ad esempio un cuscinetto radiale rigido a sfere) tenuto in mano. Se si prova a spostare l'**anello interno** di questo cuscinetto su e giù o verso sinistra e verso destra tenendo fermo l'**anello esterno**, si noterà un piccolo spostamento in direzione radiale (freccia nera) o assiale (freccia viola). Questo spostamento è chiamato gioco del cuscinetto. Al contrario, è anche possibile tenere fermo l'anello interno e spostare l'anello esterno su e giù o verso sinistra e verso destra. Anche in questo caso si parla di gioco del cuscinetto.



Il gioco del cuscinetto è caratterizzato da spostamenti in direzione sia radiale che assiale.



Dimostrazione grafica del gioco del cuscinetto radiale rigido a sfere 6008C4, che utilizza il seguente calcolo di esempio.

Basta con la teoria, passiamo alla spiegazione del gioco del cuscinetto con un esempio pratico. Per un cuscinetto 6008C4, ad esempio, il gioco interno radiale è $28-46\mu\text{m}$ (= C4). Nella prima fase, il cuscinetto 6008C4 viene montato una volta su un albero in acciaio che ha, ad esempio, una tolleranza k6 (da +2 a +18 μm). Poiché il cuscinetto 6008C4 ha una tolleranza sull'anello interno di 0/-12 μm , l'accoppiamento risultante tra l'anello interno e l'albero presenta un'interferenza compresa tra 2 a 30 μm . Questo valore si ottiene osservando le tolleranze sull'anello interno del cuscinetto e sull'albero.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 conoscenzacuscinetti.it

Vengono presi in considerazione solo i valori estremi, che coprono l'intervallo in cui il cuscinetto "più grande" è montato sull'albero "più piccolo" o il cuscinetto "più piccolo" è montato sull'albero "più grande". In questo esempio, si tratta dei seguenti casi:

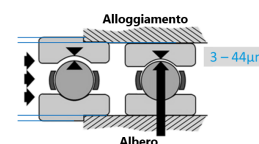
- Albero con diametro esterno (OD) di 40,002 mm e cuscinetto con diametro interno (ID) di 40,000 mm = interferenza di 2 μ m
- Albero con diametro esterno di 40,018 mm e cuscinetto con diametro interno di 39,988 mm = interferenza di 30 μ m

Per montare il 6008C4 sull'albero, è necessaria una certa forza per superare l'interferenza. A causa di questa interferenza, il gioco del cuscinetto si riduce in modo tale che dopo il montaggio sull'albero diventa da +3 μ m a +44 μ m. Ora l'albero è montato con il 6008C4 all'interno di un alloggiamento in acciaio. In questo esempio, l'alloggiamento ha una tolleranza H6 (0 μ m/+19 μ m) e l'anello esterno del cuscinetto ha una tolleranza di 0/-13 μ m.

Analogamente all'albero, vengono presi in considerazione l'accoppiamento del cuscinetto dell'alloggiamento e la tolleranza dell'anello esterno. In questo caso, vale quanto segue:

- Alloggiamento con diametro interno (ID) di 68,000 mm e cuscinetto con diametro esterno (OD) di 68,000 mm = 0 μ m
- Alloggiamento con diametro interno di 68,019 mm e cuscinetto con diametro esterno di 67,987 mm = 32 μ m

Come si può vedere, l'accoppiamento risultante tra l'anello esterno e l'alloggiamento è un gioco di 0 μ m-32 μ m. Ciò non modifica il gioco nel cuscinetto: da +3 a +44 μ m.

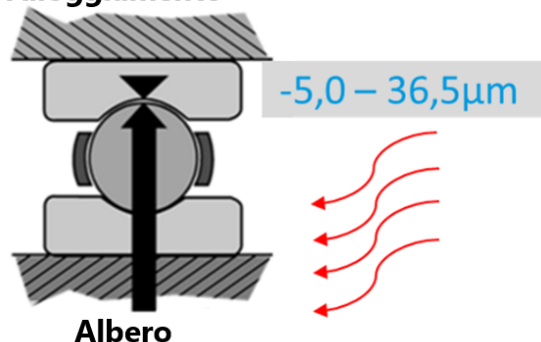


Riduzione del gioco del cuscinetto a causa degli accoppiamenti.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 conoscenzacuscinetti.it

Alloggiamento



Poiché l'anello interno si espande maggiormente rispetto a quello esterno, il gioco del cuscinetto si riduce.

L'albero viene quindi fatto ruotare, ad esempio, a 8.000 giri/min. Il cuscinetto 6008C4 ha ora una temperatura di 100°C sull'anello interno e di 90°C sull'anello esterno. Ma cosa succede realmente? L'anello interno e l'anello esterno si espandono a causa del calore, ma l'anello interno si espande più dell'anello esterno a causa della differenza di temperatura. Per questo motivo il gioco nel cuscinetto si riduce: da +3/+44µm a -5,0/+36,5µm. Questa riduzione di circa 7,5µm viene calcolata con l'ausilio di un programma informatico o, in alternativa, con delle formule presenti nel catalogo.

Se ora si aggiunge una **forza radiale**, il gioco radiale interno aumenta nuovamente. Il motivo è che alcuni corpi volventi assorbono il carico radiale, mentre gli altri corpi volventi vengono scaricati. I corpi volventi sotto carico si deformeranno leggermente (deformazione elastica). Nell'illustrazione del carico radiale, questo è mostrato per un cuscinetto radiale rigido a sfere. La lunghezza delle frecce gialle indica l'entità della forza che agisce sui corpi volventi, dove la deformazione elastica è proporzionale alla forza.

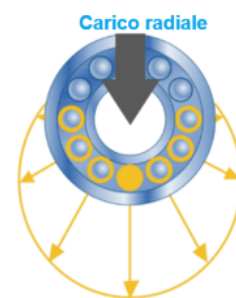


Illustrazione dell'entità della forza che agisce sui corpi volventi. In breve: freccia piccola = carico basso, freccia grande = carico elevato sul corpo volvente.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Esistono diversi gruppi di gioco interno radiale per i [cuscinetti volventi](#). Questi sono riportati nella tabella. (Nota: il gioco interno assiale può essere calcolato partendo dal gioco radiale mediante formule, ad esempio per i cuscinetti radiali rigidi a sfere).

Gioco interno	Significato	Possibili applicazioni
C2	Il gioco del cuscinetto è inferiore al normale	<ul style="list-style-type: none"> • Piccoli motori • Perna d'albero dei compressori
CN	Gioco del cuscinetto standard	<ul style="list-style-type: none"> • Applicazioni più comuni
C3	Il gioco del cuscinetto è maggiore del normale	<ul style="list-style-type: none"> • Cuscinetti per assali per veicoli ferroviari • Macchine ed essiccatoi per carta
C4	Maggiore di C3	<ul style="list-style-type: none"> • Cuscinetti per motori di trazione per veicoli ferroviari • Macchine ed essiccatoi per carta
C5	Maggiore di C4	<ul style="list-style-type: none"> • Applicazioni speciali

Incontrerete sicuramente in altre situazioni il gioco CN, C3 e C4. Le altre classi di gioco del cuscinetto sono utilizzate solo in condizioni operative speciali.

Gioco di funzionamento

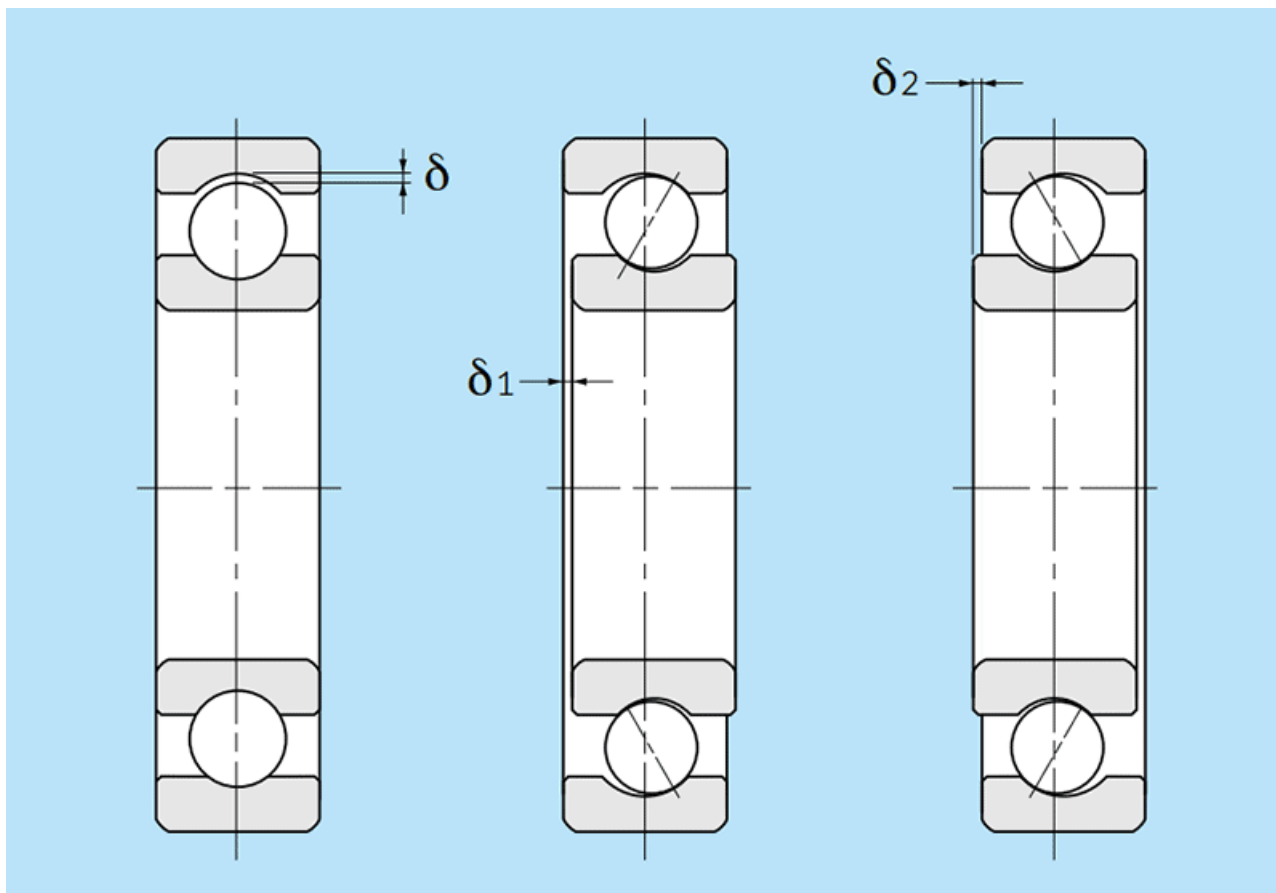
Ora possiamo dire che il gioco del cuscinetto nello stato operativo è compreso tra $-5,0\mu\text{m}$ e $36,5\mu\text{m}$. Questo gioco del cuscinetto durante il funzionamento è anche chiamato gioco di funzionamento. Nella tabella sono riportate le variazioni corrispondenti al gioco del cuscinetto in base alle condizioni di montaggio.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Riepilogo dei risultati		
Passaggio	Stato	Gioco interno radiale/gioco di funzionamento
1	Prima del montaggio	28 μ m - 46 μ m
2	Dopo il montaggio sull'albero (tolleranza k6)	3 μ m - 44 μ m
3	Dopo il montaggio nell'alloggiamento (tolleranza H6)	3 μ m - 44 μ m
4	In funzione, 8.000 giri/min, temperatura dell'anello interno: 100°C temperatura dell'anello esterno: 90°C	da -5,0 μ m a +36,5 μ m
5	Forza radiale di 1.000 N	da +7,3 μ m a +48,7 μ m

Questa tabella riassume i fattori principali che influenzano il gioco radiale.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico



Nell'illustrazione si può notare che il gioco di funzionamento è suddiviso in gioco radiale e assiale. Il gioco radiale e assiale sono determinati in modo diverso.

Formula 11

Gioco radiale = δ

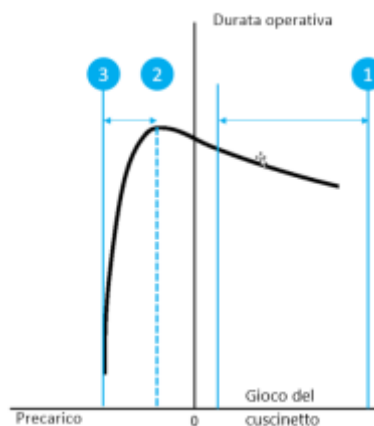
Gioco assiale = $\delta_1 + \delta_2$

Determinazione del gioco radiale e assiale.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Esempio: relazione tra gioco di funzionamento e durata operativa

Una scelta mirata e accurata del gioco del cuscinetto è fondamentale, poiché il conseguente gioco di funzionamento influisce sulla **durata operativa** (non sul calcolo della durata operativa L_{10h}), sull'andamento della temperatura, sulle prestazioni del cuscinetto e sul livello di rumorosità in funzionamento. Gli effetti del gioco di funzionamento sulla durata operativa sono illustrati nel grafico.

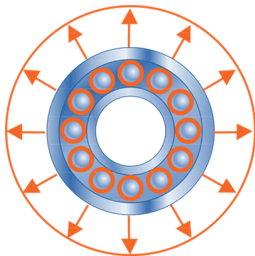


Durata operativa in funzione del gioco di funzionamento.

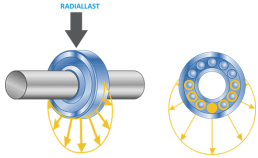
Come evidenziato nella figura, la durata operativa diminuisce rapidamente nelle aree 3 e 1. Ma perché diminuisce così tanto? Supponiamo che il cuscinetto 6008C4 citato nell'esempio precedente abbia 12 sfere (corpi volventi). Se la differenza di temperatura tra l'anello interno e l'anello esterno aumenta, il gioco di funzionamento diminuirà (gamma 3). Di conseguenza, tutti i 12 corpi volventi sono ora in contatto, aumentando la resistenza alla rotazione finché non si verifica lo **strisciamento** (il rotolamento non avviene più). Ciò riduce la durata operativa fino al cedimento totale! Se ampliamo di un'ulteriore colonna la tabella di cui sopra delle classi di gioco del cuscinetto, nella quarta colonna (sfere portanti) possiamo inserire il numero di sfere che "supportano" la forza radiale (ad esempio il peso dell'albero).

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico


Conoscenzacuscinetti.it

Passaggio	Stato	Gioco del cuscinetto/gioco di funzionamento	Sfere portanti	Area della durata operativa (vedi grafico sopra)	Nota
1	Prima del montaggio	28 μ m - 46 μ m	-	-	-
2	Dopo il montaggio sull'albero (accoppiamento k6)	3 μ m - 44 μ m	3-12	1-2	-
3	Dopo il montaggio nell'alloggiamento (H6)	3 μ m - 44 μ m	3-12	1-2	-
4	In funzione, 8.000 giri/min, temperatura dell'anello interno: 100°C temperatura dell'anello esterno: 90°C	da -5,0 μ m a 36,5 μ m	12-12	2-3	 <p>Il cuscinetto 6008C4 ha una temperatura dell'anello interno di 100°C e una temperatura dell'anello esterno di 90°C a n = 8.000 giri/min.</p>

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

5	Forza radiale di 1.000 N	+7,3µm -> +48,7µm	7-12	2-1	 <p>Il cuscinetto 6008C4 funziona con un carico radiale di 1.000 N.</p>
---	-----------------------------	----------------------	------	-----	--

Questa tabella mostra quante sfere o corpi volventi supportano il carico in funzione del gioco di funzionamento.

Calcolo del gioco di funzionamento

Anche se il gioco di funzionamento dovrebbe (teoricamente) essere leggermente negativo per ottenere la massima durata operativa dei cuscinetti, nella pratica quotidiana, in condizioni operative normali, il gioco di funzionamento è solitamente fissato appena sopra lo zero. Il motivo è che questo gioco di funzionamento negativo (precarico) potrebbe aumentare se un cuscinetto volvente fosse esposto a condizioni operative mutevoli. Ciò porterebbe a sua volta alla riduzione della durata operativa già descritta.

Per calcolare il gioco di funzionamento, è necessario tenere conto di fattori come gli **accoppiamenti** e le differenze di temperatura che si verificano tra l'anello interno e quello esterno.

Formula 12

$$\delta_{\text{eff}} = \delta_o - (\delta_f + \delta_t)$$

δ_{eff} = Interferenza effettiva (dovuta agli accoppiamenti), mm

δ_o = Gioco del cuscinetto, mm

δ_f = Diminuzione del gioco del cuscinetto dovuta all'interferenza causata dagli accoppiamenti, mm

δ_t = Diminuzione del gioco del cuscinetto dovuta alle differenze di temperatura tra gli anelli interno ed esterno, mm

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Il calcolo del gioco di funzionamento δ_{eff} richiede tre variabili.

Interferenza δ_f

Il gioco del cuscinetto si riduce a causa delle interferenze δ_f tra l'anello interno e l'albero o tra l'anello esterno e l'alloggiamento. A causa dell'interferenza δ_f tra l'anello interno e l'albero, l'anello interno si espande o l'anello esterno si contrae (interferenza tra l'anello esterno e l'alloggiamento) durante il montaggio.

La formula 13 può essere utilizzata per calcolare la riduzione del gioco del cuscinetto. Per semplicità, fattori quali la forma del cuscinetto, dell'albero e dell'alloggiamento nonché i **materiali** utilizzati sono presi in considerazione con una accuratezza del 70%-90%. In generale, quanto maggiore è l'interferenza, tanto più si riduce il gioco del cuscinetto.

Formula 13

$$\delta_f = (0,70 \sim 0,90) \Delta_{def}$$

Δ_{def} indica l'interferenza effettiva in mm.

Differenza di temperatura δ_t

Il calcolo del valore δ_f non rappresenta il quadro completo. Il passo successivo consiste nel calcolare la variabile δ_t , che tiene conto della riduzione del gioco di funzionamento dovuta alla differenza di temperatura nel cuscinetto. Un'informazione importante: quando il cuscinetto è in funzione, l'anello esterno è normalmente da 5 a 10°C più freddo dell'anello interno. In determinate condizioni, come ad esempio una dissipazione del calore dell'alloggiamento superiore alla media, questa differenza può essere ancora maggiore.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 conoscenzacuscinetti.it

Formula 14

$$\delta_t = \alpha \times \Delta T \times D_o$$

α = Coefficiente termico di dilatazione del materiale del cuscinetto, $12,5 \times ((10) \times 6 / ^\circ\text{C})$

ΔT = Differenza di temperatura (anello interno/esterno) in $^\circ\text{C}$

D_o = Diametro della pista dell'anello esterno, mm

Nel calcolare la riduzione del gioco di funzionamento dovuta alla differenza di temperatura, è necessario tenere conto di diversi fattori.

Diametro della pista dell'anello esterno D_o

Per determinare nuovamente il diametro della [pista di rotolamento](#) dell'anello esterno D_o (approssimativamente), è necessario utilizzare la formula 15 o la formula 16, a seconda del tipo di cuscinetto volvente.

Formula 15

Per i cuscinetti a sfere e i cuscinetti orientabili a rulli:

$$D_o = 0,20 (d + 4,0D)$$

Il calcolo del diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno è diverso per i cuscinetti a sfere e per i cuscinetti a rulli.

Formula 16

Per i cuscinetti a rulli (eccetto i cuscinetti orientabili a rulli):

$$D_o = 0,25 (d + 3,0D)$$

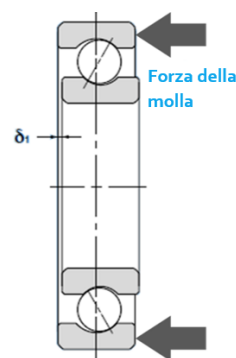
Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 conoscenzacuscinetti.it

Precarico

Finora in questo capitolo, si è parlato delle classi di gioco del cuscinetto e di come cambiano durante il funzionamento. Tuttavia, a seconda dell'applicazione, può essere necessario precaricare assialmente i cuscinetti.

Una possibilità, spesso utilizzata ad esempio nei motori elettrici, è il precarico assiale dei cuscinetti volventi mediante una molla (precarico mediante una forza di precarico costante). L'illustrazione lo mostra simbolicamente. La forza della molla agisce su tutta la circonferenza.



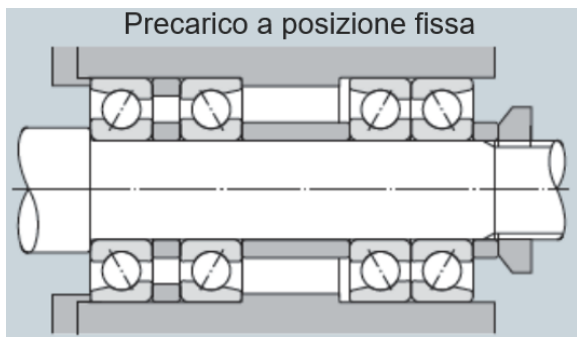
Precarico a pressione fissa con forza della molla in un cuscinetto radiale rigido a sfere.

Perché farlo? La forza di precarico della molla fa sì che tutte le sfere aderiscano perfettamente alle piste di rotolamento del cuscinetto radiale rigido a sfere (gioco assiale del cuscinetto = 0µm). Il precarico provoca quindi una tensione nei punti di contatto dei corpi volventi e delle piste di rotolamento. Ciò riduce il livello di rumorosità di funzionamento e migliora il comportamento alle vibrazioni.

Un'altra applicazione è rappresentata dai cuscinetti montati sul mandrino di una macchina utensile (da cui il nome di cuscinetto per mandrini). In questo caso i

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 conoscenzacuscinetti.it



I cuscinetti del mandrino sono generalmente precaricati.

cuscinetti del mandrino vengono precaricati assialmente tramite una molla, come nel motore elettrico, o in alternativa tramite un sistema di bloccaggio a posizione fissa.

La richiesta del precarico è più probabile nei cuscinetti a sfere a contatto obliquo e nei cuscinetti a rulli conici; un leggero precarico ha anche un effetto positivo sulla durata operativa complessiva. Nel contesto del precarico, bisogna sempre considerare lo scopo e l'obiettivo, perché il precarico comporta anche dei rischi, soprattutto se è eccessivo. Pertanto non va trascurato il fatto che ciò può comportare un aumento della **pressione superficiale**, uno sviluppo di calore estremamente elevato e una riduzione della durata operativa del cuscinetto.

Effetti del precarico:

- Aumento della rigidità
- Consigliato solo limitatamente per le **velocità** più elevate (vale per il precarico a posizione fissa)
- Miglioramento della **concentricità** e la precisione di posizionamento
- Influenza positiva su vibrazioni e livello di rumorosità di funzionamento
- Riduzione del rischio di slittamento
- Guida forzata dei corpi volventi sulla nervatura di guida (ad esempio con i cuscinetti a rulli conici)

Diverse conseguenze del precarico.

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

Altri temi interessanti: Calcolo della durata operativa

Accidenti, danneggiamenti ai cuscinetti! Se si considera che i cuscinetti volventi sono esposti a continue pressioni e sollecitazioni di taglio, non c'è nulla di insolito...

[Continua a leggere »](#)



Cuscinetti a rulli conici

Caratteristiche dei cuscinetti a rulli conici Esempio di un cuscinetto a rulli conici NTN. Come suggerisce il nome, i cuscinetti a rulli conici sono cuscinetti...

[Continua a leggere »](#)



Cuscinetti a sfere a contatto obliquo

Il cuscinetto a sfere a contatto obliquo è parente del cuscinetto rigido a sfere. Caratteristiche dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo Alcune caratteristiche di...

[Continua a leggere »](#)

Disposizione a O, X e tandem

Se avete già letto i capitoli sui cuscinetti a sfere a contatto obliquo o sui cuscinetti a rulli conici, siete certamente già entrati in contatto...

[Continua a leggere »](#)

Materiali e produzione

Gioco del cuscinetto, gioco di funzionamento e precarico

 [conoscenzacuscinetti.it](https://www.conoscenzacuscinetti.it)

[Avete già dato un'occhiata al nostro capitolo sulla struttura e funzione? Vi siete forse chiesti di cosa sono effettivamente fatti i cuscinetti volventi. Qui troverete...](#)

[Continua a leggere »](#)

Scelta dell'accoppiamento

Accoppiamento con interferenza, accoppiamento incerto, accoppiamento libero. Dopo aver letto questo capitolo, dovrete conoscere ed essere in grado di definire questi tre tipi di accoppiamento....

[Continua a leggere »](#)