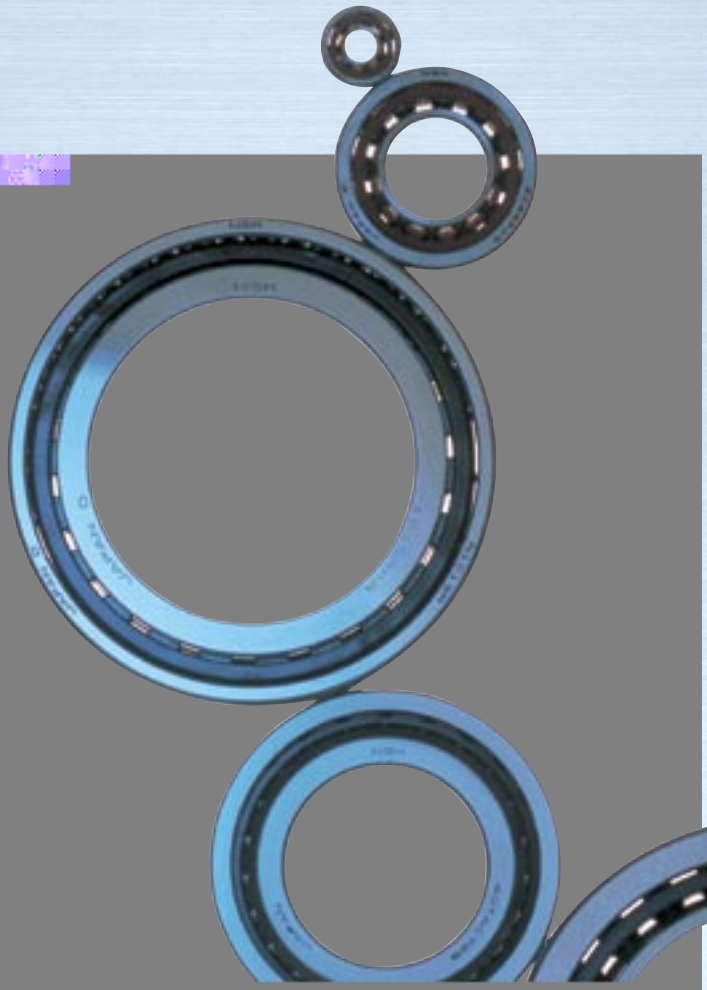
# SUPER PRECISION BEARINGS

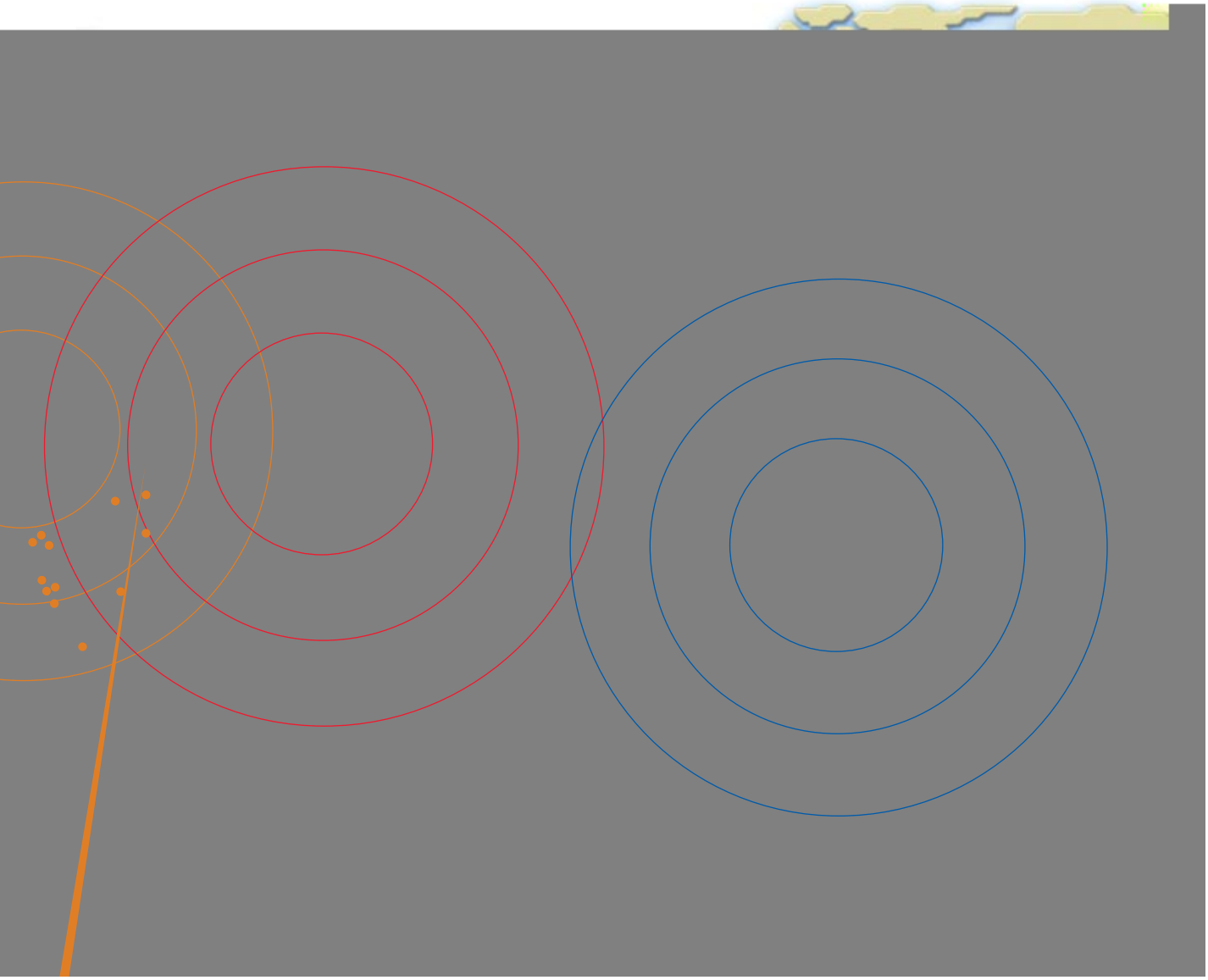
L TT I DI S ISIONE

Eco-awareness and reliability in motion

Catalogo: E1254/I/I/I/01.04 Stampato in Inghilter







# NSK *Ricerca & Sviluppo*

Comunicando attraverso la nostra rete globale, i Centri Tecnici in Europa, America e Giappone lavorano scambiandosi continuamente informazioni in modo continuo, riflettendo così lo spirito NSK di sviluppare costantemente la tecnologia e la ricerca.





Gentilmente concessa da NASDA
(National Space Development Agency – Giappone)

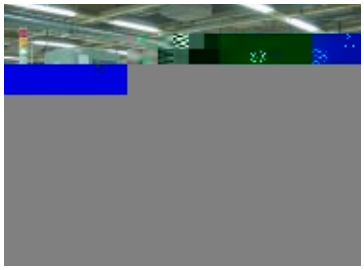
# A L L ' A V A N G U A R D I A



Stabilimento di Newark



Produzione cuscinetti a Newark



Fase dei controlli (Stabilimento di Fujisawa)



Lavorazioni meccaniche (Stabilimento di Fujisawa)

# Elevate Prestazioni per la Prossima Generazione:
# Cuscinetti di Precisione NSK

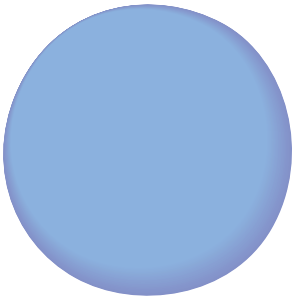
## **Qualità NSK**

### Il nostro obiettivo è essere PERFETTI

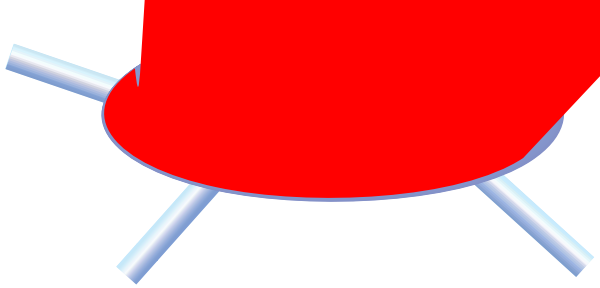
NSK sfida ogni giorno lo status quo di esplorare nuove frontiere nel campo tecnologico.

NSK è ogni giorno impegnata nello sviluppare nuove tecnologie per soluzioni totali.

Utilizzando i materiali più innovativi e le più avanzate tecnologie d'analisi, siamo in grado di progettare e produrre cuscinetti di precisione con prestazioni elevatissime.





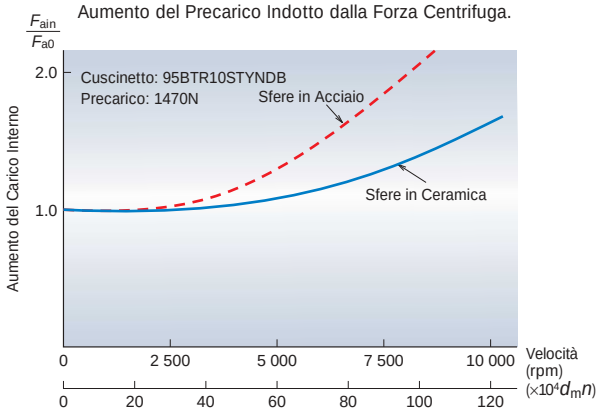


## Prestazioni superiori alle alte velocità

- **Massa ridotta**

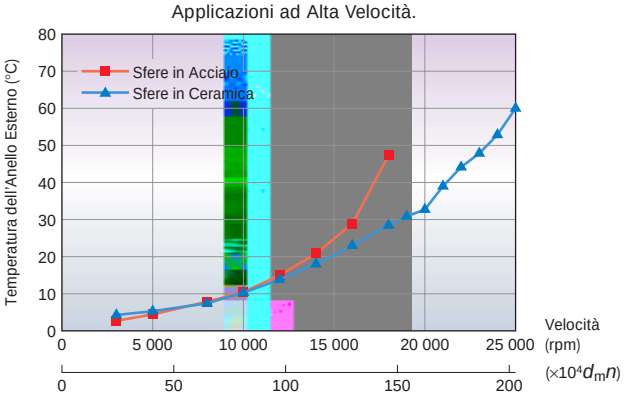
  Grazie ad una densità ridotta al 40% rispetto a quella dell'acciaio, la forza centrifuga generata dai corpi volventi è minore. Di conseguenza la durata del cuscinetto risulta maggiore.

Aumento del Precarico Indotto dalla Forza Centrifuga.

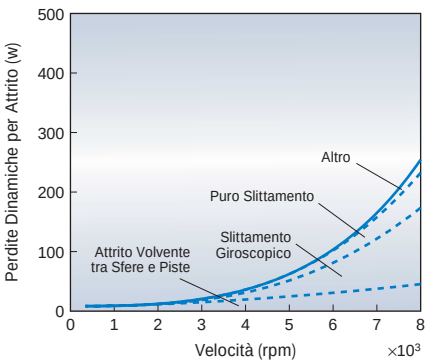


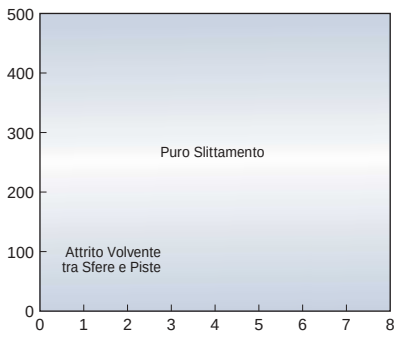

Nota ($\frac{F_{ain}}{F_{a0}}$): Rapporto tra il precarico in esercizio ed il precarico iniziale

Aumento della Temperatura dell'Anello Esterno in Applicazioni ad Alta Velocità.

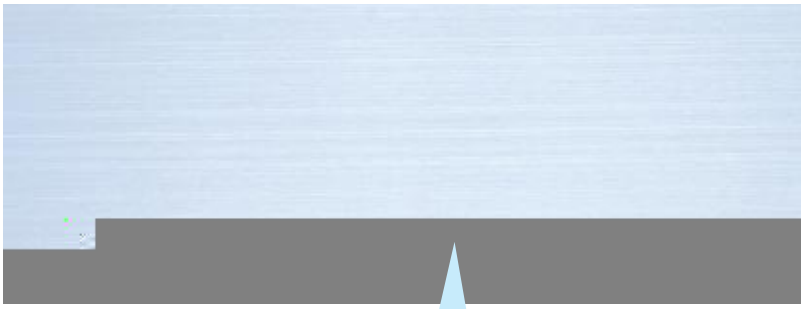



Cuscinetto: 65BNR10XTDB+KL144
Lubrificazione a grasso (Isoflex NBU15)
Precarico rigido (senza raffreddamento)
Precarico dopo montaggio: 300 (N)

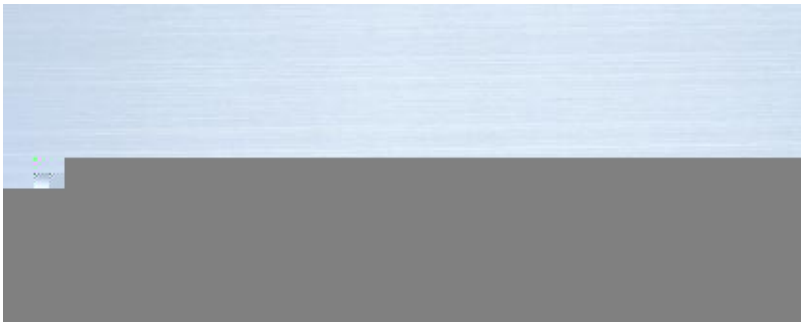

Perdite Dinamiche per Attrito (w)
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8
Velocità (rpm)
×10³
Altro
Puro Slittamento
Slittamento Giroscopico
Attrito Volvente tra Sfere e Piste


500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8
Puro Slittamento
Attrito Volvente tra Sfere e Piste











## Gabbie per Cuscinetti a Rulli Cilindrici





CRB a doppia corona di rulli – Serie ad elevata rigidezza

### Gabbia in Resina PEEK ad Elevatissima Resistenza al Calore, Guidata sull'Anello Esterno (TP)

- Elevata resistenza alle alte temperature, fino a 240°C, grazie al materiale impiegato [PEEK - PolyEtherEtherKetone].
- Eccellente resistenza all'usura, ottimale per la lubrificazione minimale aria/olio.
- Eccellenti proprietà fisiche, tra cui elevata resistenza, robustezza, resistenza all'usura e alla fatica.
- Stabilità dimensionale, che assicura la minima deformazione durante il funzionamento alle alte velocità.



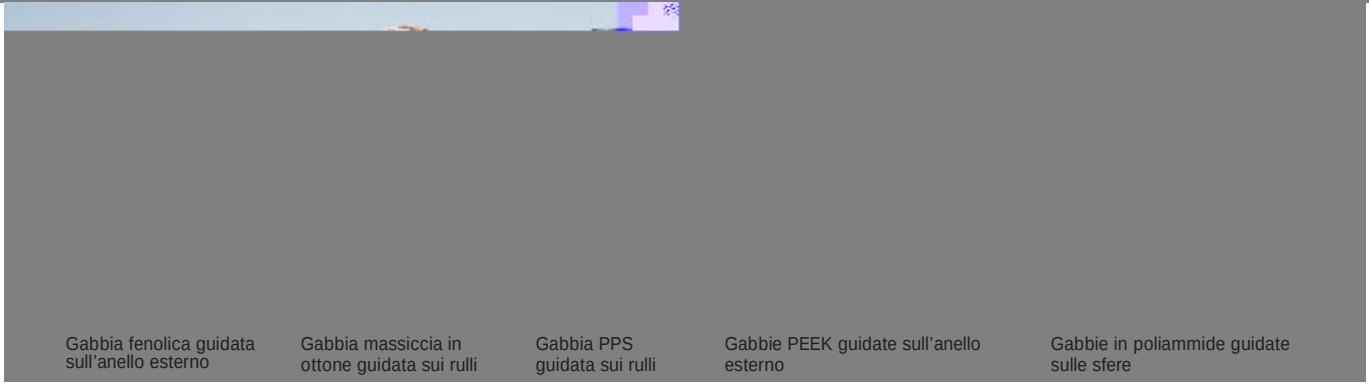


CRB ad una corona, per altissime velocità – Serie ROBUST™

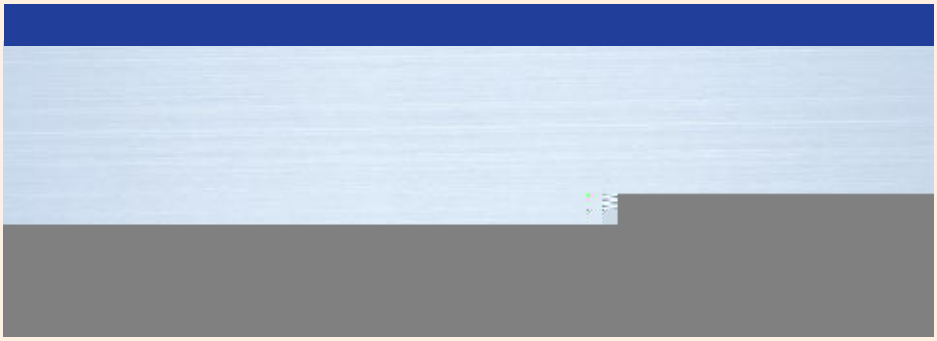
### Gabbia Massiccia in Ottone, Guidata sui Rulli (MB e MR)

- Questa gabbia garantisce elevata resistenza alle alte temperature, elevata resistenza meccanica ed elevata rigidezza.

## Panoramica sulle Gabbie



Gabbia fenolica guidata sull'anello esterno | Gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli | Gabbia PPS guidata sui rulli | Gabbie PEEK guidate sull'anello esterno | Gabbie in poliammide guidate sulle sfere

















Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per supporto viti a ricircolazione di sfere

per Macchine di Stampaggio ad Iniezione

Grazie alla capacità di carico incrementata, la durata è fino a cinque volte seperiore rispetto a quella della serie per applicazioni in macchine utensili. Il numero dei cuscinetti può pertanto essere ridotto.

- Facilità di montaggio rispetto ai cuscinetti a rulli cilindrici o ai cuscinetti assiali orientabili a rulli, grazie agli anelli non separabili
- Il design interno è stato ottimizzato per ridurre la coppia resistente
- Disponibili per il montaggio universale, per soddisfare qualunque requisito di rigidezza e durata



Cuscinetti radiali rigidi a sfere di super precisione Serie Speciale

Ideali per motori ad elevata velocità e alta precisione.

- Materiali per la gabbia: resina poliammidica guidata sulle sfere (T1X e TYA), resina fenolica guidata sull'anello interno (T), in funzione dei requisiti applicativi
- Il design interno ottimizzato garantisce ottima silenziosità e basse vibrazioni

Prestazioni elevate



### Spinshot™ Versione XE di 2º generazione

Idoneo per applicazioni con massima silenziosità, grazie all'ottimizzazione della lubrificazione aria-olio

- Materiale per gli anelli: acciaio SHX
- Sfere in ceramica
- Materiale della gabbia:
  – resina fenolica guidata sull'anello esterno, fino a 2,5 milioni $d_m$



### ROBUST™ Versione X

Cuscinetti dalle prestazioni elevate, che garantiscono elevata resistenza all'usura e al grippaggio nelle applicazioni ad altissima velocità

- Materiale per gli anelli: acciaio SHX
- Sfere in ceramica
- Gabbia in resina fenolica guidata sull'anello esterno



### ROBUST™ Versione H

Cuscinetti dalle prestazioni elevate per applicazioni ad elevate velocità e bassa generazione di calore

- Materiale per gli anelli: acciaio standard
- Sfere in ceramica
- Materiale della gabbia:
  – resina poliammidica guidata sulle sfere, fino a 1,4 milioni $d_m n$
  – resina fenolica guidata sull'anello esterno, oltre 1,4 milioni $d_m n$



### ROBUST™ Versione S

Cuscinetti con sfere in acciaio

- Materiale per gli anelli: acciaio standard
- Sfere in acciaio
- Gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere (standard), oppure in resina fenolica guidata sull'anello esterno (su richiesta)

Alta velocità

# Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Super Precisione

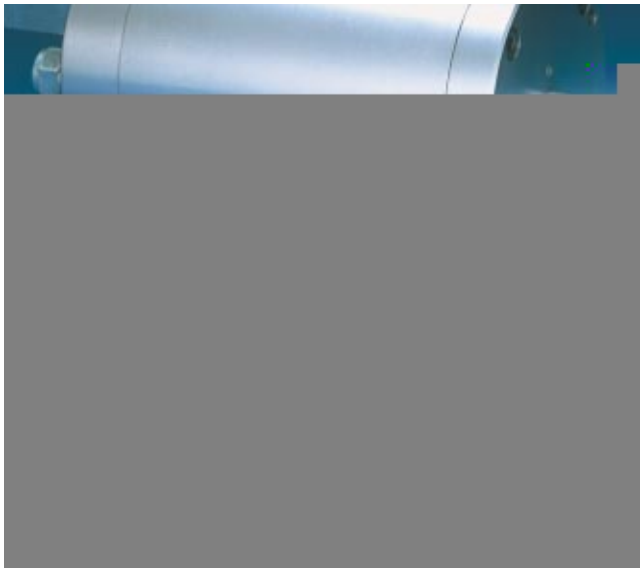
*Cuscinetti per rettificatrici per interni ad altissima velocità, per elevata precisione e lunga durata – Serie BGR*

## Eccellenti Prestazioni e Qualità

***1***
Design interno ottimizzato

***2***
Montaggio più facile grazie agli anelli non separabili

***3***
Disponibili per il montaggio universale



### Caratteristiche della serie BGR

- Design interno ottimizzato

  Il design ottimizzato della gabbia guidata sull'anello esterno consente di migliorare la lubrificazione. Lo scarico sull'anello interno migliora il flusso dell'olio all'interno del cuscinetto.
- Maggiore durata

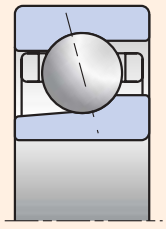
  L'impiego dell'acciaio SHX resistente al calore garantisce durate fino a 4 volte maggiori.
- Montaggio più facile

  Gli anelli non separabili rendono più facile il montaggio.
- Elevatissima precisione

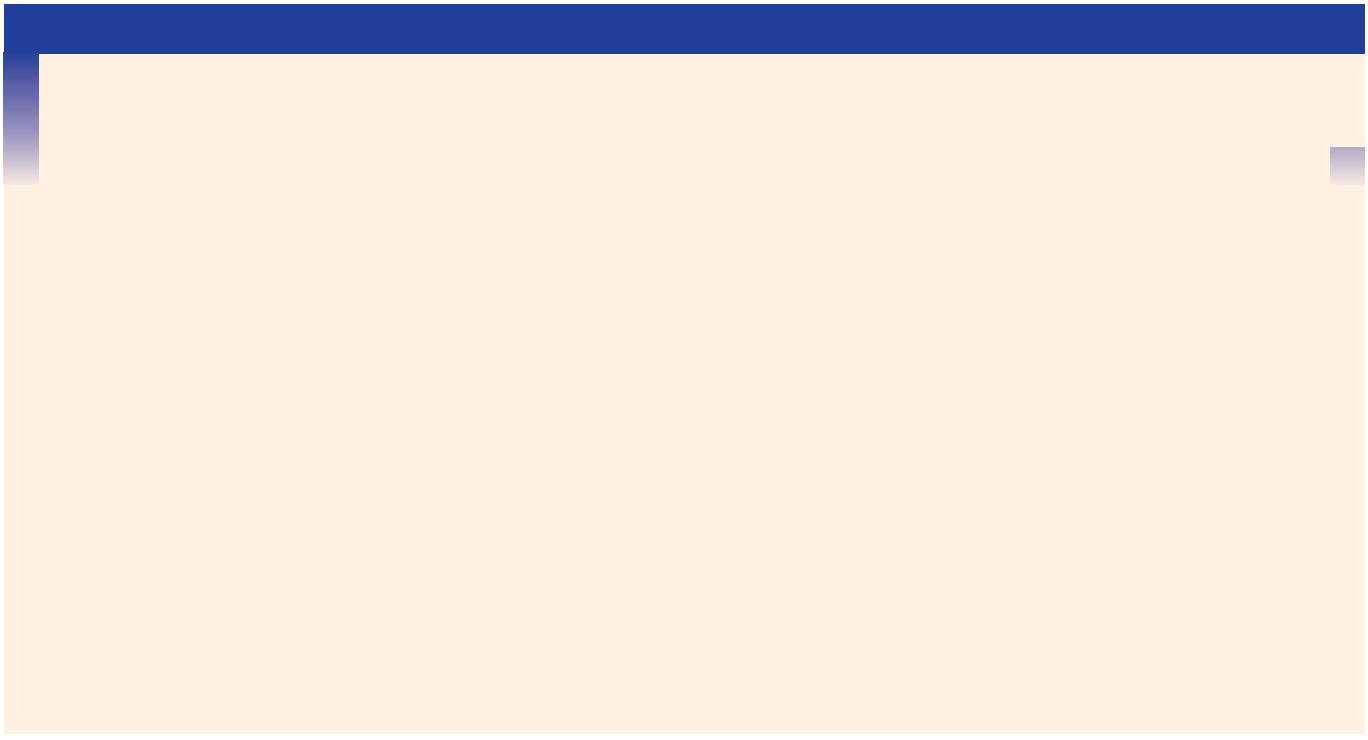
  Questi cuscinetti sono realizzati in classe di precisione ISO 2 (ABEC 9).
- Montaggio universale

  I cuscinetti possono essere disposti in accoppiamento DB, DF, DT o in qualsiasi altra combinazione.





Design ottimizzato e anelli non separabili



# La selezione del cuscinetto ideale per l'applicazione è una scelta importante

I cuscinetti di precisione sono progettati per offrire alta precisione, elevate velocità di rotazione ed elevata rigidezza per soddisfare le richieste del mercato delle macchine utensili. Poiché ogni applicazione ha le sue richieste ed ogni tipo di cuscinetto ha le sue specifiche caratteristiche, è importante selezionare il cuscinetto ideale basandosi sulle prestazioni che verranno richieste al mandrino.

## Trarre vantaggio dal Supporto Tecnico NSK nella selezione del cuscinetto

NSK è impegnata nel supportare i propri clienti nella scelta del cuscinetto più appropriato, in grado cioè di offrire le migliori prestazioni per ogni specifica applicazione.
Non esitate a contattare NSK per avere il nostro supporto durante il progetto di un nuovo mandrino con cuscinetti per alte velocità, un mandrino standard oppure personalizzato per un cliente specifico.

NSK ha l'esperienza e la competenza allo stato dell'arte nel campo dell'alta velocità, la massima tecnologia per i mandrini, tutto ciò al fine di garantire la scelta del miglior cuscinetto per la vostra applicazione.

Per maggiori informazioni sulle più recenti tecnologie NSK, visitate il nostro sito o chiamateci oggi stesso.

---

Sito internet NSK
http://www.nsk.com

# SELEZIONE DEL CUSCINETTO

Il diagramma di seguito mostra i 5 passi principali da seguire per una corretta selezione del cuscinetto impiegato in mandrini ad alta velocità. Sono inclusi anche i vari fattori da tenere in considerazione in ogni singolo passo del processo di selezione.





# CARATTERISTICHE DEI CUSCINETTI A SFERE A CONT

Le principali caratteristiche dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo sono (1) un angolo di contatto predefinito e (2) l'utilizzo in gruppo con un determinato precarico.

Quando si selezionano dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo, è importante considerare attentamente tali caratteristiche, perché esse generano prestazioni molto diverse. E' quindi importante conoscere l'effetto dell'angolo di contatto e del precarico sulle prestazioni del cuscinetto per effettuare la scelta più adatta alla propria applicazione.

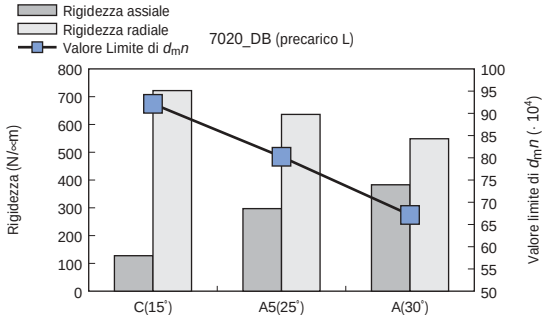
Il grafico seguente mostra le diverse prestazioni di ogni tipo di cuscinetto al variare dell'angolo di contatto, mantenendo costanti le dimensioni dell'albero, il precarico e la disposizione.

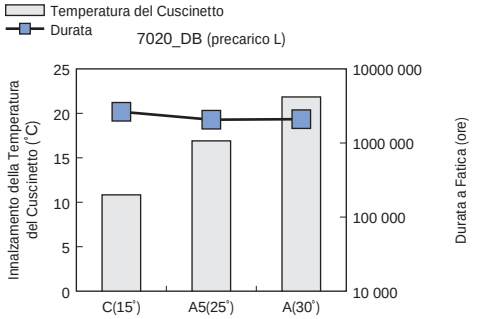


## Effetti Dovuti all'Angolo di Contatto

All'aumentare dell'angolo di contatto, nei cuscinetti a sfere a contatto obliquo aumenta la capacità di carico assiale, ma diminuisce la velocità massima ammissibile. Pertanto, nelle applicazioni dove è richiesta un'elevata velocità di rotazione ed un'elevata capacità di carico radiale, è preferibile adottare un angolo di contatto inferiore. I grafici di seguito riportati mostrano il variare della rigidezza, della velocità massima raggiungibile e l'innalzamento della temperatura di un cuscinetto tipo 7020 con diversi angoli di contatto: C (15°), A5 (25°) e A (30°).

Fissando lo stesso precarico leggero L, il cuscinetto con angolo di contatto C offre la massima rigidezza radiale ed il minore sviluppo di calore al confronto con lo stesso cuscinetto con angolo di contatto A. Diversamente, il cuscinetto con angolo di contatto A fornisce la massima rigidezza assiale, 3 volte superiore a quello con angolo di contatto C, ma consente una minore velocità di rotazione.



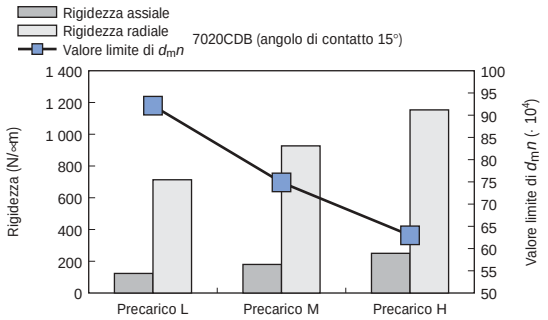



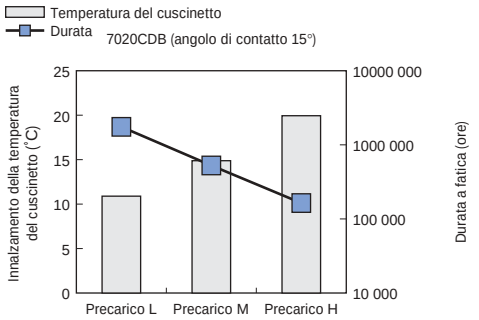

## Effetti Dovuti al Precarico

Il precarico influenza le prestazioni dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo così come l'angolo di contatto. All'aumentare del precarico aumenta la rigidezza, a discapito della velocità massima raggiungibile. NSK ha definito dei valori di precarico standard. Essi sono: Extra Leggero (EL), Leggero (L), Medio (M) e Pesante (H).

I grafici di seguito riportati mettono a confronto le prestazioni del cuscinetto 7020CDB con i vari livelli di precarico. Mantenendo l'angolo di contatto costante, all'aumentare del precarico la rigidezza assiale e radiale aumenta. Aumenta anche la temperatura del cuscinetto, riducendo la velocità massima ammissibile e la durata calcolata.

Per ottenere elevati valori di rigidezza è quindi necessario accettare una velocità massima inferiore. Analogamente, per raggiungere un'elevata velocità massima è necessario accettare una rigidezza inferiore. La selezione del precarico va fatta con molta cautela. Se il valore di precarico selezionato fosse eccessivo, combinato con un'elevata velocità di rotazione, esso potrebbe generare dei fenomeni di grippaggio.

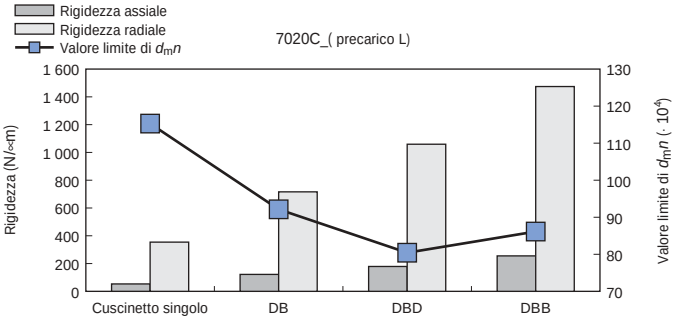


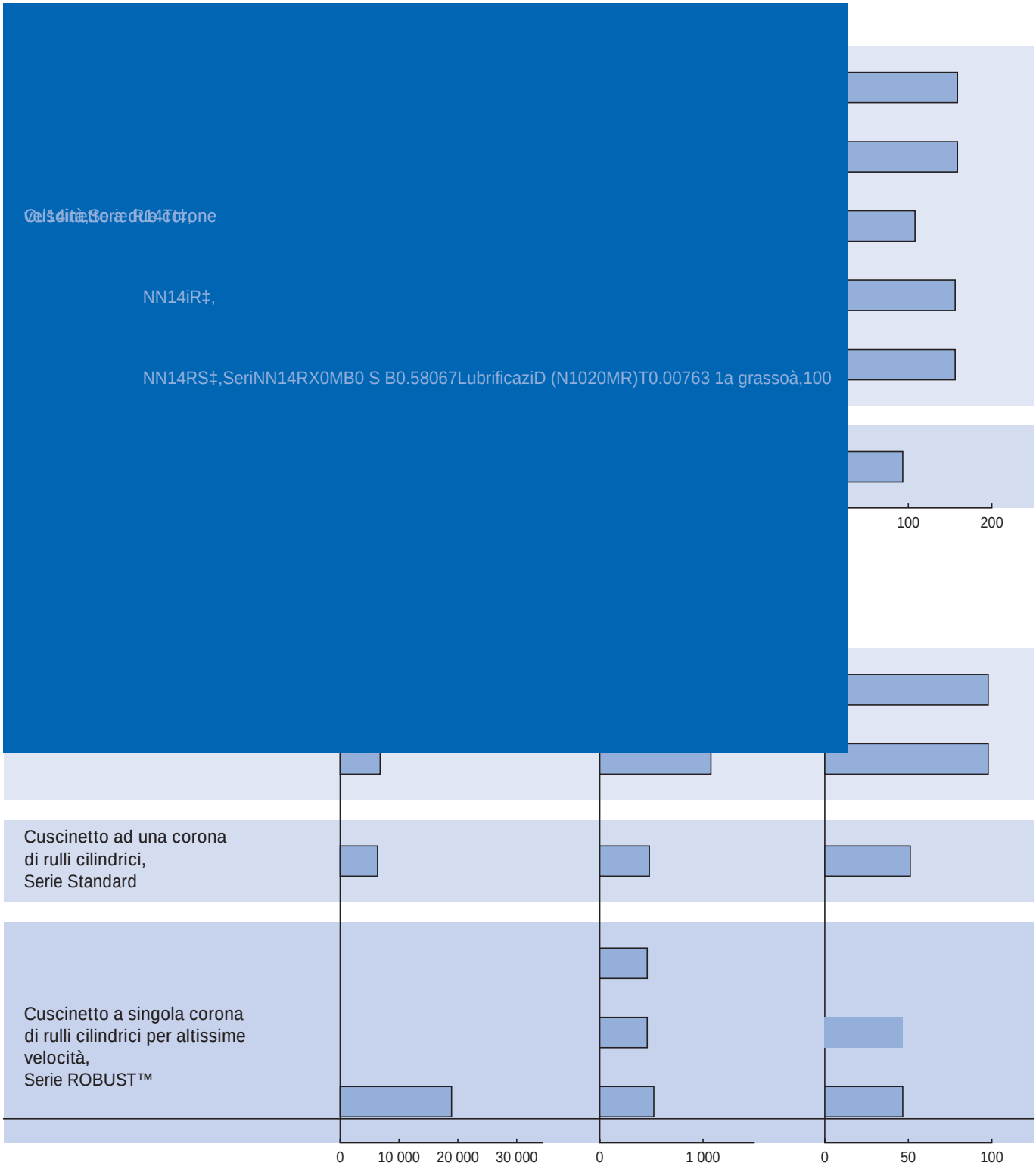

## Effetti Dovuti alla Disposizione

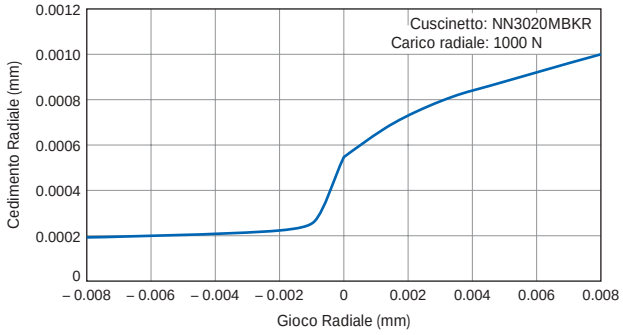
I cuscinetti a sfere a contatto obliquo vengono normalmente impiegati in coppie o gruppi. Per le coppie esistono 3 disposizioni – Dorso a Dorso, Faccia a Faccia e Tandem.

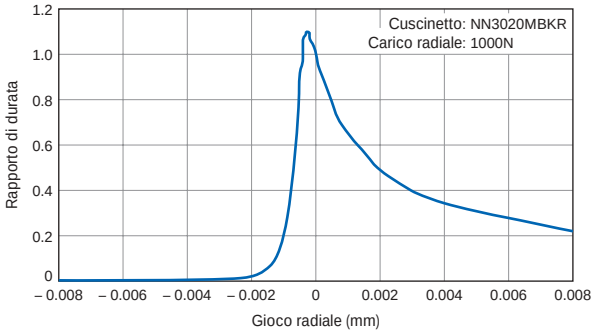
Le disposizioni più comuni prevedono gruppi in coppia, terna e quaterna. Tenendo fisso il tipo di disposizione ed aumentando il numero di cuscinetti all'interno del gruppo, aumentano la rigidezza e la capacità di carico, mentre la velocità massima raggiungibile si riduce.

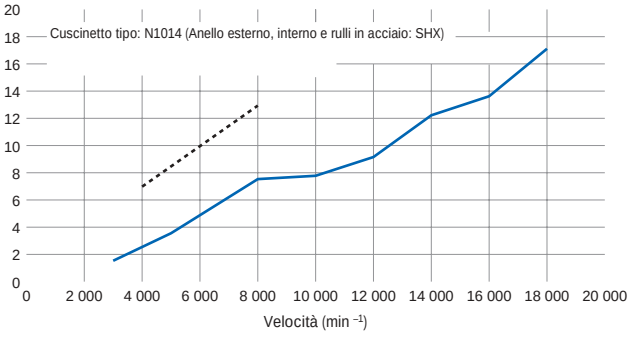


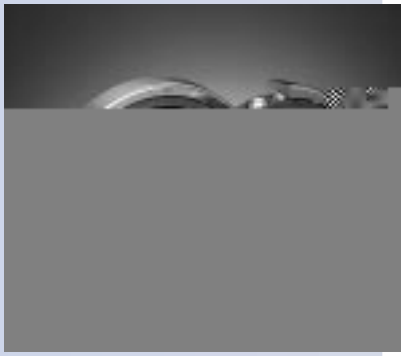
# CARATTERISTICHE DEI CUSCINETTI A RULLI CILIND




Cuscinetto: NN3020MBKR
Carico radiale: 1000 N
Cedimento Radiale (mm)
0.0012
0.0010
0.0008
0.0006
0.0004
0.0002
0
– 0.008
– 0.006
– 0.004
– 0.002
0
0.002
0.004
0.006
0.008
Gioco Radiale (mm)


Cuscinetto: NN3020MBKR
Carico radiale: 1000N
Rapporto di durata
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
– 0.008
– 0.006
– 0.004
– 0.002
0
0.002
0.004
0.006
0.008
Gioco radiale (mm)


Cuscinetto tipo: N1014 (Anello esterno, interno e rulli in acciaio: SHX)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2 000
4 000
6 000
8 000
10 000
12 000
14 000
16 000
18 000
20 000
Velocità (min –1)



## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione

Serie Standard



## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità

Serie ROBUST™



## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità

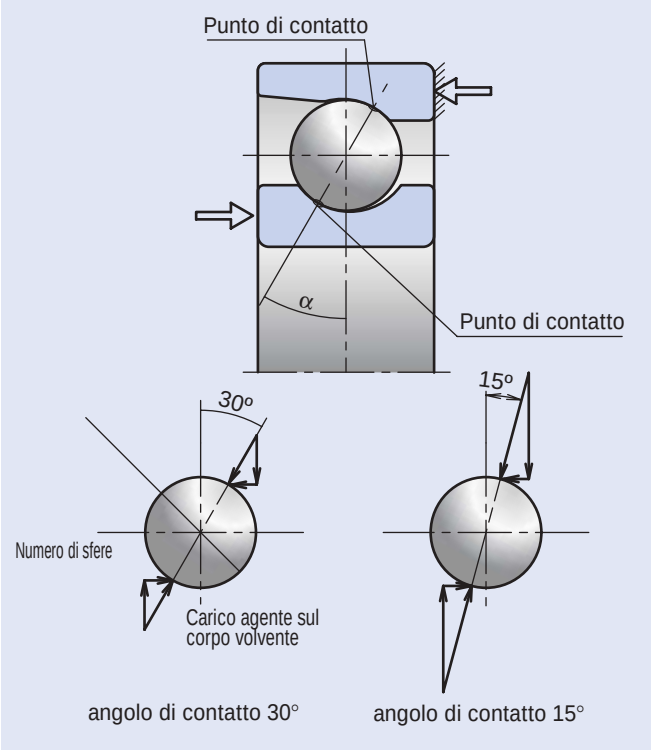
Serie Spinshot™



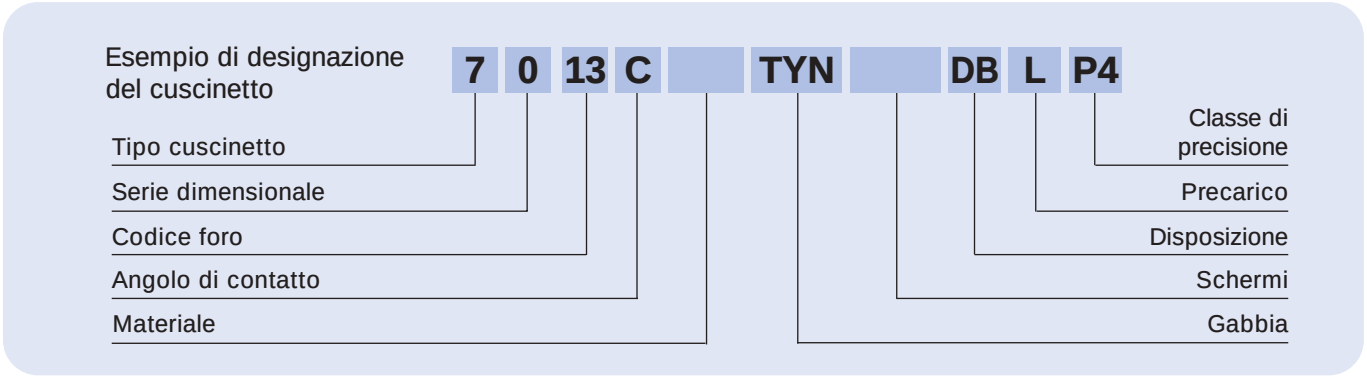
## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Altissima Precisione

Serie BGR

# Cuscinetti a Sfere


Punto di contatto
α
Punto di contatto
30°
15°
Numero di sfere
Carico agente sul
corpo volvente
angolo di contatto 30°
angolo di contatto 15°

## Sistema di Designazione dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo (Serie Standard)




| | | | Pagina |
|---|---|---|---|
| **7** | Tipo cuscinetto | 7: cuscinetto ad una corona di sfere a contatto obliquo | 38-39, 44 |
| **0** | Serie dimensionale | 9: serie ISO 19; 0: serie ISO 10; 2: serie ISO 02 | 38-39, 44 |
| **13** | Foro | 00: 10mm<br>01: 12mm<br>02: 15mm<br>03: 17mm<br>04 ed oltre: moltiplicare x 5 per ottenere il diametro in mm | 46-56 |
| **C** | Angolo di contatto | C: 15°; A5: 25°; A: 30° | 38-39, 44 |
| | Materiale | Nessun simbolo: acciaio per cuscinetti; SN24: sfere in ceramica ($Si_3N_4$) (2) | 12-15 |
| **TYN** | Gabbia | TYN: gabbia in poliammide guidata sulle sfere; velocità limite $d_m n$ = 1.400.000; temperatura massima di esercizio = 120°C<br>TR: gabbia in resina fenolica guidata sull'anello esterno; temperatura massima di esercizio = 120°C | 16-17 |
| | Schermi | Nessun simbolo: cuscinetto aperto; V1V: tenute in gomma non striscianti (2) | 28 |
| **DB** | Disposizione | SU: singolo universale; DU: coppia universale<br>DB: coppia dorso-dorso; DF: coppia faccia a faccia; DT: coppia in tandem<br>DBD, DFD, DTD, DUD: set in terna; DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: set in quaterna | 38-39, 130-133 |
| **L** | Precarico | EL: extra leggero; L: leggero; M: medio; H: pesante<br>CP: precarico speciale; CA: gioco assiale speciale | 38-39, 134-142 |
| **P4** | Classe di precisione | P2: classe ISO 2; P4: classe ISO 4; P5: classe ISO 5<br>P3: classe speciale (precisione dimensionale: classe ISO 4; precisione di rotazione: classe ISO 2)<br>P4Y: precisione speciale (tolleranza del foro e diametro esterno secondo specifiche NSK; tutti gli altri valori secondo classe ISO 4) | 133, 158-161 |

(1) Cuscinetti a sfere a contatto obliquo ceramici delle serie 79 e 70: disponibili nella gamma ø foro 30-100mm.

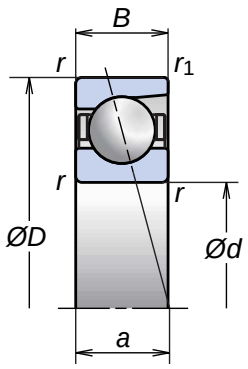
(2) I cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati sono disponibili come standard nella versione singolo universale (SU) e classe di precisione P3.
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati delle serie 79 e 70: disponibili nella gamma ø foro 30-100mm.

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Miniatura)

## Serie 70
## Serie 72

Diametro foro 5-8 mm




| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) (min-1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | | | Grasso | Olio |
| **725C** | **5** | **16** | **5** | 0,3 | 0,15 | 1,700 | 0,660 | 0,545 | 5,31 | 4,5 | 110 000 | 167 000 |
| **725A** | **5** | **16** | **5** | 0,3 | 0,15 | 1,610 | 0,620 | 0,665 | 8,56 | 4,5 | 72 000 | 96 000 |
| **706C** | **6** | **17** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,150 | 0,845 | 0,765 | 6,08 | 5,5 | 100 000 | 153 000 |
| **706A** | **6** | **17** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,030 | 0,795 | 0,725 | 9,63 | 5,5 | 66 000 | 87 000 |
| **726C** | **6** | **19** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,390 | 1,000 | 0,835 | 6,34 | 7,8 | 92 000 | 140 000 |
| **726A** | **6** | **19** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,240 | 0,940 | 0,395 | 6,60 | 7,8 | 60 000 | 80 000 |
| **707C** | **7** | **19** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,390 | 1,000 | 0,835 | 6,48 | 7,4 | 89 000 | 135 000 |
| **707A** | **7** | **19** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,240 | 0,940 | 0,375 | 10,50 | 7,4 | 58 000 | 77 000 |
| **708C** | **8** | **22** | **7** | 0,3 | 0,15 | 3,550 | 1,540 | 1,300 | 7,51 | 12,0 | 77 000 | 117 000 |
| **708A** | **8** | **22** | **7** | 0,3 | 0,15 | 3,350 | 1,450 | 1,020 | 12,10 | 12,0 | 50 000 | 67 000 |
| **728C** | **8** | **24** | **8** | 0,3 | 0,15 | 3,600 | 1,580 | 1,330 | 8,28 | 16,0 | 72 000 | 110 000 |
| **728A** | **8** | **24** | **8** | 0,3 | 0,15 | 3,350 | 1,480 | 0,610 | 8,60 | 16,0 | 47 000 | 63 000 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale !=15º

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale !=30º

# Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Standard)

Per informazioni aggiuntive: Pagina
" Carico dinamico equivalente . . . . . .121
" Carico statico equivalente . . . . . .128
" Precarico e rigidezza . . . . . .134
" Dimensioni delle parti adiacenti . . . . . .168
" Posizione degli ugelli di lubrificazione . . .174
" Quantità di riempimento di grasso . . . . .157



| Codice | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico | Fattore | Centro effettivo | Massa | Velocità limite(2) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| **7900C** | **10** | **22** | **6** | 0,3 | 0,15 | 3,00 | 1,52 | 1,23 | 14,1 | 5,1 | 0,010 | 71 900 | 109 400 |
| **7900A5** | **10** | **22** | **6** | 0,3 | 0,15 | 2,88 | 1,45 | 1,44 | – | 6,7 | 0,009 | 62 500 | 93 800 |
| **7901C** | **12** | **24** | **6** | 0,3 | 0,15 | 3,35 | 1,86 | 1,45 | 14,7 | 5,4 | 0,011 | 63 900 | 97 300 |
| **7901A5** | **12** | **24** | **6** | 0,3 | 0,15 | 3,20 | 1,77 | 1,71 | – | 7,2 | 0,011 | 55 600 | 83 400 |
| **7902C** | **15** | **28** | **7** | 0,3 | 0,15 | 4,75 | 2,64 | 1,93 | 14,5 | 6,4 | 0,016 | 53 500 | 81 400 |
| **7902A5** | **15** | **28** | **7** | 0,3 | 0,15 | 4,55 | 2,53 | 2,22 | – | 8,5 | 0,016 | 46 600 | 69 800 |
| **7903C** | **17** | **30** | **7** | 0,3 | 0,15 | 5,00 | 2,94 | 2,09 | 14,8 | 6,6 | 0,017 | 49 000 | 74 500 |
| **7903A5** | **17** | **30** | **7** | 0,3 | 0,15 | 4,75 | 2,80 | 2,21 | – | 9,0 | 0,017 | 42 600 | 63 900 |
| **7904C** | **20** | **37** | **9** | 0,3 | 0,15 | 6,95 | 4,25 | 3,20 | 14,9 | 8,3 | 0,036 | 40 400 | 61 500 |
| **7904A5** | **20** | **37** | **9** | 0,3 | 0,15 | 6,60 | 4,05 | 3,55 | – | 11,1 | 0,037 | 35 100 | 52 700 |
| **7905C** | **25** | **42** | **9** | 0,3 | 0,15 | 7,85 | 5,40 | 3,90 | 15,5 | 9,0 | 0,043 | 34 400 | 52 300 |
| **7905A5** | **25** | **42** | **9** | 0,3 | 0,15 | 7,45 | 5,15 | 4,40 | – | 12,3 | 0,043 | 29 900 | 44 800 |
| **7906C** | **30** | **47** | **9** | 0,3 | 0,15 | 8,30 | 6,25 | 4,40 | 15,9 | 9,7 | 0,049 | 29 900 | 45 500 |
| **7906A5** | **30** | **47** | **9** | 0,3 | 0,15 | 7,85 | 5,95 | 4,95 | – | 13,5 | 0,050 | 26 000 | 39 000 |
| **7907C** | **35** | **55** | **10** | 0,6 | 0,30 | 12,10 | 9,15 | 6,60 | 15,7 | 11,0 | 0,074 | 25 600 | 38 900 |
| **7907A5** | **35** | **55** | **10** | 0,6 | 0,30 | 11,40 | 8,70 | 7,20 | – | 15,5 | 0,075 | 22 300 | 33 400 |
| **7908C** | **40** | **62** | **12** | 0,6 | 0,30 | 15,10 | 11,70 | 8,40 | 15,7 | 12,8 | 0,109 | 22 600 | 34 400 |
| **7908A5** | **40** | **62** | **12** | 0,6 | 0,30 | 14,30 | 11,20 | 8,90 | – | 17,9 | 0,110 | 19 700 | 29 500 |
| **7909C** | **45** | **68** | **12** | 0,6 | 0,30 | 16,00 | 13,40 | 8,55 | 16,0 | 13,6 | 0,129 | 20 400 | 31 000 |
| **7909A5** | **45** | **68** | **12** | 0,6 | 0,30 | 15,10 | 12,70 | 9,95 | – | 19,2 | 0,130 | 17 700 | 26 600 |
| **7910C** | **50** | **72** | **12** | 0,6 | 0,30 | 16,90 | 15,00 | 9,45 | 16,2 | 14,2 | 0,130 | 18 900 | 28 700 |
| **7910A5** | **50** | **72** | **12** | 0,6 | 0,30 | 15,90 | 14,20 | 11,00 | – | 20,2 | 0,132 | 16 400 | 24 600 |
| **7911C** | **55** | **80** | **13** | 1,0 | 0,60 | 19,10 | 17,70 | 11,00 | 16,3 | 15,5 | 0,182 | 17 100 | 26 000 |
| **7911A5** | **55** | **80** | **13** | 1,0 | 0,60 | 18,10 | 16,80 | 12,50 | – | 22,2 | 0,184 | 14 900 | 22 300 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

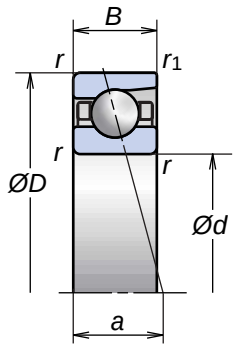
(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale !=15º
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale !=25º
Per cuscinetto con sfere in ceramica, moltiplicare per 1,25 il valore della velocità limite con sfere in acciaio indicato in tabella.

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

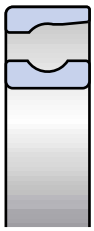
***d*** ***D*** ***B***

# Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Standard)




| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Fattore $f_0$ | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) ($min^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ***d*** | ***D*** | ***B*** | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | | | | Grasso | Olio |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

(1)



| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| **7016C** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 0,6 | 58,5 | 55,5 | 34,5 | 15,7 | 24,7 | 0,855 | 11 300 | 17 100 |
| **7016A5** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 0,6 | 55,5 | 52,5 | 41,0 | – | 34,9 | 0,880 | 9 800 | 14 700 |
| **7016A** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 0,6 | 53,5 | 50,5 | 31,5 | – | 40,6 | 0,864 | 7 400 | 9 800 |
| **7017C** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | 60,0 | 58,5 | 38,0 | 15,9 | 25,4 | 0,898 | 10 700 | 16 300 |
| **7017A5** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | 57,0 | 55,5 | 43,0 | – | 36,1 | 0,904 | 9 400 | 14 000 |
| **7017A** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | 54,5 | 53,5 | 33,0 | – | 42,0 | 0,907 | 7 000 | 9 400 |
| **7018C** | **90** | **140** | **24** | 1,5 | 1,0 | 71,5 | 69,0 | 44,5 | 15,7 | 27,4 | 1,160 | 10 000 | 15 300 |
| **7018A5** | **90** | **140** | **24** | 1,5 | 1,0 | 68,0 | 65,5 | 52,0 | – | 38,8 | 1,170 | 8 700 | 13 100 |
| **7018A** | **90** | **140** | **24** | 1,5 | 1,0 | 65,0 | 63,5 | 40,5 | – | 45,2 | 1,180 | 6 600 | 8 700 |
| **7019C** | **95** | **145** | **24** | 1,5 | 1,0 | 73,5 | 73,0 | 47,0 | 15,9 | 28,1 | 1,210 | 9 600 | 14 600 |
| **7019A5** | **95** | **145** | **24** | 1,5 | 1,0 | 69,5 | 69,5 | 52,5 | – | 40,0 | 1,410 | 8 400 | 12 500 |
| **7019A** | **95** | **145** | **24** | 1,5 | 1,0 | 67,0 | 67,0 | 40,5 | – | 46,6 | 1,230 | 6 300 | 8 400 |
| **7020C** | **100** | **150** | **24** | 1,5 | 1,0 | 75,5 | 77,0 | 49,0 | 16,0 | 28,7 | 1,270 | 9 200 | 14 000 |
| **7020A5** | **100** | **150** | **24** | 1,5 | 1,0 | 71,0 | 73,5 | 57,5 | – | 41,1 | 1,450 | 8 000 | 12 000 |
| **7020A** | **100** | **150** | **24** | 1,5 | 1,0 | 68,5 | 70,5 | 44,5 | – | 48,1 | 1,280 | 6 000 | 8 000 |
| **7021C** | **105** | **160** | **26** | 2,0 | 1,0 | 88,0 | 89,5 | 57,0 | 15,9 | 30,7 | 1,580 | 8 700 | 13 300 |
| **7021A5** | **105** | **160** | **26** | 2,0 | 1,0 | 83,5 | 85,0 | 66,5 | – | 43,9 | 1,820 | 7 600 | 11 400 |
| **7021A** | **105** | **160** | **26** | 2,0 | 1,0 | 80,0 | 81,5 | 51,0 | – | 51,2 | 1,600 | 5 700 | 7 600 |
| **7022C** | **110** | **170** | **28** | 2,0 | 1,0 | 106,0 | 104,0 | 68,5 | 15,6 | 32,7 | 1,940 | 8 300 | 12 500 |
| **7022A5** | **110** | **170** | **28** | 2,0 | 1,0 | 100,0 | 99,0 | 79,5 | – | 46,6 | 2,260 | 7 200 | 10 800 |
| **7022A** | **110** | **170** | **28** | 2,0 | 1,0 | 96,5 | 95,5 | 61,0 | – | 54,4 | 1,960 | 5 400 | 7 200 |
| **7024C** | **120** | **180** | **28** | 2,0 | 1,0 | 112,0 | 117,0 | 75,5 | 15,8 | 34,1 | 2,090 | 7 700 | 11 700 |
| **7024A5** | **120** | **180** | **28** | 2,0 | 1,0 | 106,0 | 111,0 | 87,5 | – | 49,0 | 2,430 | 6 700 | 10 000 |
| **7024A** | **120** | **180** | **28** | 2,0 | 1,0 | 102,0 | 107,0 | 67,5 | – | 57,3 | 2,120 | 5 000 | 6 700 |

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Fattore $f_0$ | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) ($min^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | | | | Grasso | Olio |
| **7026C** | **130** | **200** | **33** | 2,0 | 1,0 | 129 | 137 | 86,0 | 15,9 | 38,6 | 3,220 | 7 000 | 10 700 |
| **7026A5** | **130** | **200** | **33** | 2,0 | 1,0 | 122 | 130 | 99,5 | – | 55,0 | 3,660 | 6 100 | 9 100 |
| **7026A** | **130** | **200** | **33** | 2,0 | 1,0 | 117 | 125 | 76,5 | – | 64,1 | 3,260 | 4 600 | 6 100 |
| **7028C** | **140** | **210** | **33** | 2,0 | 1,0 | 132 | 145 | 90,0 | 16,0 | 39,9 | 3,410 | 6 600 | 10 000 |
| **7028A5** | **140** | **210** | **33** | 2,0 | 1,0 | 125 | 138 | 104,0 | – | 57,3 | 3,870 | 5 800 | 8 600 |
| **7028A** | **140** | **210** | **33** | 2,0 | 1,0 | 120 | 133 | 80,5 | – | 67,0 | 3,440 | 4 300 | 5 800 |
| **7030C** | **150** | **225** | **35** | 2,1 | 1,1 | 151 | 168 | 105,0 | 16,0 | 42,6 | 4,150 | 6 200 | 9 400 |
| **7030A5** | **150** | **225** | **35** | 2,1 | 1,1 | 143 | 160 | 123,0 | – | 61,2 | 4,690 | 5 400 | 8 000 |
| **7030A** | **150** | **225** | **35** | 2,1 | 1,1 | 137 | 154 | 95,0 | – | 71,6 | 4,190 | 4 000 | 5 400 |
| **7032C** | **160** | **240** | **38** | 2,1 | 1,1 | 171 | 193 | 118,0 | 16,0 | 45,8 | 5,110 | 5 800 | 8 800 |
| **7032A5** | **160** | **240** | **38** | 2,1 | 1,1 | 162 | 183 | 138,0 | – | 65,6 | 5,710 | 5 000 | 7 500 |
| **7032A** | **160** | **240** | **38** | 2,1 | 1,1 | 155 | 176 | 106,0 | – | 76,7 | 5,160 | 3 800 | 5 000 |
| **7034C** | **170** | **260** | **42** | 2,1 | 1,1 | 205 | 234 | 149,0 | 15,9 | 49,8 | 6,880 | 5 400 | 8 200 |
| **7034A5** | **170** | **260** | **42** | 2,1 | 1,1 | 193 | 223 | 168,0 | – | 71,1 | 7,830 | 4 700 | 7 000 |
| **7034A** | **170** | **260** | **42** | 2,1 | 1,1 | 186 | 214 | 129,0 | – | 83,1 | 6,940 | 3 500 | 4 700 |
| **7036C** | **180** | **280** | **46** | 2,1 | 1,1 | 228 | 276 | 175,0 | 15,8 | 53,8 | 10,400 | 5 000 | 7 700 |
| **7036A5** | **180** | **280** | **46** | 2,1 | 1,1 | 216 | 262 | 195,0 | – | 76,6 | 10,400 | 4 400 | 6 600 |
| **7036A** | **180** | **280** | **46** | 2,1 | 1,1 | 207 | 252 | 151,0 | – | 89,4 | 9,270 | 3 300 | 4 400 |
| **7038C** | **190** | **290** | **46** | 2,1 | 1,1 | 247 | 305 | 192,0 | 15,9 | 55,2 | 11,200 | 4 800 | 7 300 |
| **7038A5** | **190** | **290** | **46** | 2,1 | 1,1 | 233 | 291 | 222,0 | – | 79,0 | 11,200 | 4 200 | 6 300 |
| **7038A** | **190** | **290** | **46** | 2,1 | 1,1 | 224 | 280 | 172,0 | – | 92,3 | 11,300 | 3 200 | 4 200 |
| **7040C** | **200** | **310** | **51** | 2,1 | 1,1 | 265 | 340 | 213,0 | 15,9 | 59,7 | 13,600 | 4 600 | 6 900 |
| **7040A5** | **200** | **310** | **51** | 2,1 | 1,1 | 250 | 325 | 245,0 | – | 85,0 | 13,700 | 4 000 | 5 900 |
| **7040A** | **200** | **310** | **51** | 2,1 | 1,1 | 240 | 310 | 190,0 | – | 99,1 | 13,700 | 3 000 | 4 000 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale !=15º
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale !=25º
Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale !=30º

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.
(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.
Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale ! =15º
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale ! =25º
Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale ! =30º

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale | Fattore | Centro effettivo di carico | Massa (kg) | Velocità limite(2) (min-1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | ammissibile(1) (kN) | $f_0$ | (mm) a | (circa) | Grasso | Olio |
| **7211C** | **55** | **100** | **21** | 1,5 | 1,0 | 53,0 | 40,0 | 27,6 | 14,5 | 20,9 | 0,601 | 14 900 | 22 600 |
| **7211A5** | **55** | **100** | **21** | 1,5 | 1,0 | 50,5 | 38,0 | 32,5 | – | 28,6 | 0,596 | 13 000 | 19 400 |
| **7211A** | **55** | **100** | **21** | 1,5 | 1,0 | 49,0 | 37,0 | 25,0 | – | 32,9 | 0,609 | 9 700 | 13 000 |
| **7212C** | **60** | **110** | **22** | 1,5 | 1,0 | 64,0 | 49,0 | 34,0 | 14,4 | 22,4 | 0,780 | 13 600 | 20 600 |
| **7212A5** | **60** | **110** | **22** | 1,5 | 1,0 | 61,0 | 47,0 | 40,0 | – | 30,8 | 0,773 | 11 800 | 17 700 |
| **7212A** | **60** | **110** | **22** | 1,5 | 1,0 | 59,0 | 45,5 | 30,5 | – | 35,5 | 0,789 | 8 900 | 11 800 |
| **7213C** | **65** | **120** | **23** | 1,5 | 1,0 | 73,0 | 58,5 | 40,0 | 14,6 | 23,9 | 1,010 | 12 500 | 19 000 |
| **7213A5** | **65** | **120** | **23** | 1,5 | 1,0 | 69,5 | 56,0 | 46,5 | – | 33,1 | 1,000 | 10 900 | 16 300 |
| **7213A** | **65** | **120** | **23** | 1,5 | 1,0 | 67,5 | 54,0 | 36,0 | – | 38,2 | 1,020 | 8 200 | 10 900 |
| **7214C** | **70** | **125** | **24** | 1,5 | 1,0 | 79,5 | 64,5 | 43,0 | 14,6 | 25,1 | 1,090 | 11 800 | 18 000 |
| **7214A5** | **70** | **125** | **24** | 1,5 | 1,0 | 76,0 | 61,5 | 49,5 | – | 34,7 | 1,080 | 10 300 | 15 400 |
| **7214A** | **70** | **125** | **24** | 1,5 | 1,0 | 73,0 | 59,5 | 38,0 | – | 40,1 | 1,100 | 7 700 | 10 300 |
| **7215C** | **75** | **130** | **25** | 1,5 | 1,0 | 83,0 | 70,0 | 46,0 | 14,8 | 26,2 | 1,190 | 11 300 | 17 100 |
| **7215A5** | **75** | **130** | **25** | 1,5 | 1,0 | 79,0 | 66,5 | 53,0 | – | 36,4 | 1,180 | 9 800 | 14 700 |
| **7215A** | **75** | **130** | **25** | 1,5 | 1,0 | 76,0 | 64,5 | 40,5 | – | 42,1 | 1,200 | 7 400 | 9 800 |
| **7216C** | **80** | **140** | **26** | 2,0 | 1,0 | 93,0 | 77,5 | 54,5 | 14,7 | 27,7 | 1,430 | 10 500 | 16 000 |
| **7216A5** | **80** | **140** | **26** | 2,0 | 1,0 | 88,5 | 74,0 | 62,0 | – | 38,6 | 1,420 | 9 100 | 13 700 |
| **7216A** | **80** | **140** | **26** | 2,0 | 1,0 | 85,5 | 71,5 | 47,5 | – | 44,8 | 1,450 | 6 900 | 9 100 |
| **7217C** | **85** | **150** | **28** | 2,0 | 1,0 | 107,0 | 90,5 | 60,5 | 14,7 | 29,7 | 1,790 | 9 800 | 14 900 |
| **7217A5** | **85** | **150** | **28** | 2,0 | 1,0 | 102,0 | 86,5 | 70,0 | – | 41,4 | 1,790 | 8 600 | 12 800 |
| **7217A** | **85** | **150** | **28** | 2,0 | 1,0 | 98,5 | 83,5 | 53,5 | – | 47,9 | 1,800 | 6 400 | 8 600 |
| **7218C** | **90** | **160** | **30** | 2,0 | 1,0 | 123,0 | 105,0 | 72,0 | 14,6 | 31,7 | 2,200 | 9 200 | 14 000 |
| **7218A5** | **90** | **160** | **30** | 2,0 | 1,0 | 117,0 | 100,0 | 83,5 | – | 44,1 | 2,310 | 8 000 | 12 000 |
| **7218A** | **90** | **160** | **30** | 2,0 | 1,0 | 113,0 | 96,5 | 64,5 | – | 51,1 | 2,230 | 6 000 | 8 000 |
| **7219C** | **95** | **170** | **32** | 2,1 | 1,1 | 133,0 | 112,0 | 76,0 | 14,6 | 33,7 | 2,640 | 8 700 | 13 300 |
| **7219A5** | **95** | **170** | **32** | 2,1 | 1,1 | 127,0 | 107,0 | 87,0 | – | 46,9 | 2,630 | 7 600 | 11 400 |
| **7219A** | **95** | **170** | **32** | 2,1 | 1,1 | 122,0 | 103,0 | 67,0 | – | 54,2 | 2,670 | 5 700 | 7 600 |
| **7220C** | **100** | **180** | **34** | 2,1 | 1,1 | 149,0 | 127,0 | 88,5 | 14,5 | 35,7 | 3,180 | 8 300 | 12 500 |
| **7220A5** | **100** | **180** | **34** | 2,1 | 1,1 | 142,0 | 121,0 | 103,0 | – | 49,6 | 3,160 | 7 200 | 10 800 |
| **7220A** | **100** | **180** | **34** | 2,1 | 1,1 | 137,0 | 117,0 | 79,5 | – | 57,4 | 3,210 | 5 400 | 7 200 |
| **7221C** | **105** | **190** | **36** | 2,1 | 1,1 | 162,0 | 143,0 | 97,5 | 14,5 | 37,7 | 3,780 | 7 800 | 11 900 |
| **7221A5** | **105** | **190** | **36** | 2,1 | 1,1 | 155,0 | 137,0 | 111,0 | – | 52,4 | 3,770 | 6 800 | 10 200 |
| **7221A** | **105** | **190** | **36** | 2,1 | 1,1 | 150,0 | 132,0 | 85,0 | – | 60,6 | 3,820 | 5 100 | 6 800 |

(1

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

## Sistema di designazione dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità (Serie ROBUST™)

Esempio di designazione **80 BNR 10 H TYN DBB EL P4**

- Diametro foro
- Tipo cuscinetto
- Serie dimensionale
- Materiale
- Classe di precisione
- Precarico
- Disposizione
- Schermi
- Gabbia

| | | | Pagina |
|---|---|---|---|
| **80** | Foro | Diametro foro (mm) | 60-69 |
| **BNR** | Tipo cuscinetto | BNR: angolo di contatto 18º; BER: angolo di contatto 25º | 38-39, 44 |
| **10** | Serie dimensionale | 10: serie ISO 10<br>19: serie ISO 19 | 38-39, 58 |
| **H** | Materiale | <table><tr><th rowspan="2">Versione</th><th colspan="2">Materiale</th></tr><tr><th>Anelli</th><th>Corpi volventi</th></tr><tr><td>S</td><td>Acciaio per cuscinetti (SUJ2)</td><td>Acciaio per cuscinetti (SUJ2)</td></tr><tr><td>H</td><td>Acciaio per cuscinetti (SUJ2)</td><td>Ceramica ($Si_3N_4$)</td></tr><tr><td>X</td><td>Acciaio speciale (SHX)</td><td>Ceramica ($Si_3N_4$)</td></tr><tr><td>XE(Spinshot™ 2 )</td><td>Acciaio speciale (SHX)</td><td>Ceramica ($Si_3N_4$)</td></tr></table> | 12-15, 20-21 |
| **TYN** | Gabbia | TYN: gabbia in poliammide guidata sulle sfere; velocità limite $d_m n$ = 1.400.000; temperatura massima di esercizio = 120°C<br>T: gabbia in resina fenolica guidata sull'anello esterno; temperatura massima di esercizio = 120°C | 16-17 |
| | Schermi | Nessun simbolo: cuscinetto aperto; V1V: tenute in gomma non striscianti (1) | 28 |
| **DBB** | Disposizione | SU: singolo universale; DU: coppia universale<br>DB: coppia dorso-dorso; DF: coppia faccia a faccia; DT: coppia in tandem<br>DBD, DFD, DTD, DUD: set in terna; DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: set in quaterna | 38-39, 130-133 |
| **EL** | Precarico | EL: extra leggero; L: leggero; M: medio; H: pesante<br>CP: precarico speciale; CA: gioco assiale speciale | 38-39, 134-142, 143-146 |
| **P4** | Classe di precisione | P2: classe ISO 2; P4: classe ISO 4; P5: classe ISO 5<br>P3: classe speciale (precisione dimensionale: classe ISO 4; precisione di rotazione: classe ISO 2)<br>P4Y: precisione speciale (tolleranza del foro e diametro esterno secondo specifiche NSK; tutti gli altri valori secondo classe ISO 4.) | 133, 158-161 |

(1) I cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati sono disponibili come standard nella versione singolo universale (SU) e classe di precisione P3.
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati delle serie BNR19, BER19, BNR10, BER10: disponibili nella gamma diametro foro 30-100mm.

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

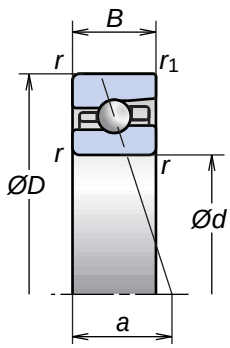
| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **110BNR19S** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | | | 55,5 | | 0,838 | 10 800 | 15 400 |
| **110BNR19H** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | 39,0 | 38,0 | 42,0 | 31,1 | 0,733 | 13 900 | 21 600 |
| **110BNR19X** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | | | | | 0,733 | 16 200 | 25 400 |
| **110BER19S** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | | | 65,0 | | 0,838 | 9 300 | 13 100 |
| **110BER19H** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | 37,5 | 36,5 | 44,0 | 40,3 | 0,733 | 12 400 | 19 300 |
| **110BER19X** | **110** | **150** | **20** | 1,1 | 0,6 | | | | | 0,733 | 14 700 | 23 100 |
| **120BNR19S** | **120** | **165** | **22** | 1,1 | 0,6 | | | 75,0 | | 1,124 | 9 900 | 14 100 |

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità (Serie ROBUST™)

## Serie BNR 10
## Serie BER 10

Diametro foro 30-80 mm




| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) (min-1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | d | D | B | r (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | | | Grasso | Olio |
| **30BNR10S** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | 8,65 | 5,75 | 8,20 | 13,3 | 0,124 | 33 000 | 47 100 |
| **30BNR10H** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | | | 5,35 | | 0,116 | 42 400 | 65 900 |
| **30BNR10X** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,116 | 49 500 | 77 700 |
| **30BER10S** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | 8,30 | 5,50 | 9,65 | 16,3 | 0,124 | 28 300 | 40 000 |
| **30BER10H** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | | | 6,50 | | 0,116 | 37 700 | 58 900 |
| **30BER10X** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,116 | 44 800 | 70 600 |
| **35BNR10S** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | 10,10 | 7,10 | 10,20 | 14,8 | 0,164 | 28 900 | 41 300 |
| **35BNR10H** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | 6,70 | | 0,154 | 37 200 | 57 800 |
| **35BNR10X** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,154 | 43 300 | 68 100 |
| **35BER10S** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | 9,70 | 6,85 | 12,00 | 18,2 | 0,164 | 24 800 | 35 100 |
| **35BER10H** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | 8,10 | | 0,154 | 33 000 | 51 600 |
| **35BER10X** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,154 | 39 200 | 61 900 |
| **40BNR10S** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | 10,60 | 7,95 | 11,50 | 16,2 | 0,204 | 26 000 | 37 100 |
| **40BNR10H** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | 7,50 | | 0,193 | 33 400 | 51 900 |
| **40BNR10X** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,193 | 38 900 | 61 200 |
| **40BER10S** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | 10,10 | 7,65 | 13,50 | 19,9 | 0,204 | 22 300 | 31 500 |
| **40BER10H** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | 9,10 | | 0,193 | 29 700 | 46 300 |
| **40BER10X** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,193 | 35 200 | 55 600 |
| **45BNR10S** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | 11,70 | 9,00 | 12,70 | 17,6 | 0,259 | 23 400 | 33 400 |
| **45BNR10H** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | 8,35 | | 0,246 | 30 000 | 46 700 |
| **45BNR10X** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,246 | 35 000 | 55 000 |
| **45BER10S** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | 11,20 | 8,60 | 15,00 | 21,8 | 0,259 | 20 000 | 28 400 |
| **45BER10H** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | 10,10 | | 0,246 | 26 700 | 41 700 |
| **45BER10X** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,246 | 31 700 | 50 000 |
| **50BNR10S** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | 12,20 | 9,90 | 14,00 | 18,4 | 0,281 | 21 600 | 30 800 |
| **50BNR10H** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | 9,20 | | 0,266 | 27 700 | 43 100 |
| **50BNR10X** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,266 | 32 400 | 50 800 |
| **50BER10S** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | 11,60 | 9,50 | 16,50 | 23,0 | 0,281 | 18 500 | 26 200 |
| **50BER10H** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | 11,10 | | 0,266 | 24 700 | 38 500 |
| **50BER10X** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,266 | 29 300 | 46 200 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

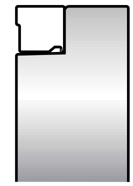
(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

Note: Codice cuscinetto BNR: angolo di contatto nominale != 18º

Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale != 25º

***d*** ***D*** ***B*** $r$ $r_1$

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| **85BNR10S** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | 26,8 | 25,7 | 37,5 | 28,4 | 0,962 | 13 100 | 18 700 |
| **85BNR10H** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | | | 24,5 | | 0,906 | 16 800 | 26 100 |
| **85BNR10X** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | | | | | 0,906 | 19 600 | 30 700 |
| **85BER10S** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | 25,6 | 24,6 | 43,5 | 36,1 | 0,962 | 11 200 | 15 900 |
| **85BER10H** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | | | 29,5 | | 0,906 | 14 900 | 23 300 |
| **85BER10X** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 0,6 | | | | | 0,906 | 17 700 | 28 000 |



# Serie BNR 10XE
# Serie BER 10XE

Diametro foro 40-110 mm

Per informazioni aggiuntive: Pagina
" Carico dinamico equivalente . . . . . .121
" Carico statico equivalente . . . . . .128
" Precarico e rigidezza . . . . . .134
" Dimensioni delle parti adiacenti . . . . . .168



| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | | Dimensioni del distanziale Spinshot™ (mm) | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Centro effettivo di carico (mm) | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) (min-1) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | *C* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $L_1$ (circa) | $L_2$ (circa) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | *a* | | Olio |
| **40BNR10XE** | **40** | **68** | **15** | **20** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 10,6 | 7,95 | 7,50 | 21,2 | 0,217 | 61 200 |
| **40BER10XE** | **40** | **68** | **15** | **20** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 10,1 | 7,65 | 9,10 | 24,9 | 0,217 | 55 600 |
| **45BNR10XE** | **45** | **75** | **16** | **21** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 11,7 | 9,00 | 8,35 | 22,6 | 0,273 | 55 000 |
| **45BER10XE** | **45** | **75** | **16** | **21** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 11,2 | 8,60 | 10,10 | 26,8 | 0,273 | 50 000 |
| **50BNR10XE** | **50** | **80** | **16** | **21** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 12,2 | 9,90 | 9,20 | 23,4 | 0,296 | 50 800 |
| **50BER10XE** | **50** | **80** | **16** | **21** | 1,0 | 0,6 | 15 | 7,5 | 11,6 | 9,50 | 11,10 | 28,0 | 0,296 | 46 200 |
| **55BNR10XE** | **55** | **90** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 15,1 | 12,50 | 11,70 | 25,6 | 0,433 | 45 600 |
| **55BER10XE** | **55** | **90** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 14,4 | 12,00 | 14,10 | 30,7 | 0,433 | 41 400 |
| **60BNR10XE** | **60** | **95** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 15,6 | 13,70 | 12,80 | 26,5 | 0,463 | 42 600 |
| **60BER10XE** | **60** | **95** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 15,0 | 13,10 | 15,50 | 31,9 | 0,463 | 38 800 |
| **65BNR10XE** | **65** | **100** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 16,2 | 14,80 | 13,90 | 27,3 | 0,493 | 40 000 |
| **65BER10XE** | **65** | **100** | **18** | **23** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 15,5 | 14,20 | 16,80 | 33,0 | 0,493 | 36 400 |
| **70BNR10XE** | **70** | **110** | **20** | **25** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 22,3 | 19,80 | 18,80 | 29,5 | 0,660 | 36 700 |
| **70BER10XE** | **70** | **110** | **20** | **25** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 21,3 | 18,90 | 22,60 | 35,8 | 0,660 | 33 400 |
| **75BNR10XE** | **75** | **115** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 22,6 | 20,70 | 19,70 | 30,3 | 0,697 | 34 800 |
| **75BER10XE** | **75** | **115** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 21,6 | 19,80 | 23,70 | 36,9 | 0,697 | 31 600 |
| **80BNR10XE** | **80** | **125** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 26,5 | 24,50 | 23,40 | 32,5 | 0,939 | 32 200 |
| **80BER10XE** | **80** | **125** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 25,3 | 23,50 | 28,20 | 39,6 | 0,939 | 29 300 |
| **85BNR10XE** | **85** | **130** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 26,8 | 25,70 | 24,50 | 33,4 | 0,988 | 30 700 |
| **85BER10XE** | **85** | **130** | **22** | **27** | 1,1 | 0,6 | 15 | 7,5 | 25,6 | 24,60 | 29,50 | 41,1 | 0,988 | 28 000 |
| **90BNR10XE** | **90** | **140** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 35,0 | 33,00 | 31,50 | 35,7 | 1,250 | 28 700 |
| **90BER10XE** | **90** | **140** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 33,5 | 31,50 | 38,00 | 43,8 | 1,250 | 26 100 |
| **95BNR10XE** | **95** | **145** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 35,5 | 34,50 | 32,50 | 36,3 | 1,300 | 27 500 |
| **95BER10XE** | **95** | **145** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 34,0 | 33,00 | 39,50 | 44,7 | 1,300 | 25 000 |
| **100BNR10XE** | **100** | **150** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 36,0 | 36,00 | 34,00 | 37,3 | 1,359 | 26 400 |
| **100BER10XE** | **100** | **150** | **24** | **29** | 1,5 | 1,0 | 15 | 7,5 | 34,5 | 34,50 | 41,00 | 46,2 | 1,359 | 24 000 |
| **105BNR10XE** | **105** | **160** | **26** | **31** | 2,0 | 1,0 | 15 | 7,5 | 41,0 | 41,00 | 39,00 | 39,5 | 1,707 | 25 000 |
| **105BER10XE** | **105** | **160** | **26** | **31** | 2,0 | 1,0 | 15 | 7,5 | 39,0 | 39,50 | 47,50 | 48,9 | 1,707 | 22 700 |
| **110BNR10XE** | **110** | **170** | **28** | **33** | 2,0 | 1,0 | 15 | 7,5 | 46,0 | 47,00 | 44,50 | 41,7 | 2,139 | 23 600 |
| **110BER10XE** | **110** | **170** | **28** | **33** | 2,0 | 1,0 | 15 | 7,5 | 44,0 | 45,00 | 54,00 | 51,7 | 2,139 | 21 500 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

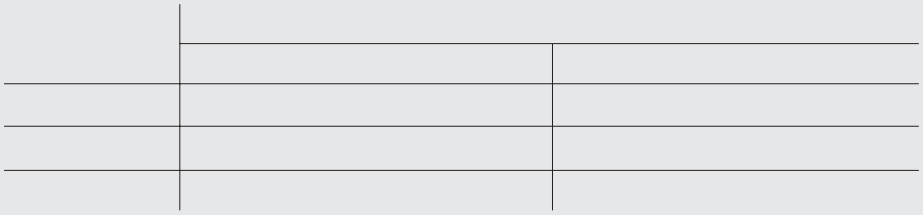
Note: Codice cuscinetto BNR: angolo di contatto nominale ! =18º

Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale ! =25º

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

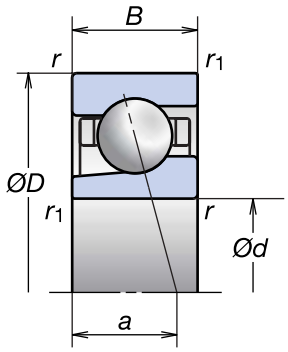
**8 BGR 10 S T DU EL P2**

| | |
|---|---|
| Diametro foro | Classe di precisione |
| Tipo cuscinetto | Precarico |
| Serie dimensionale | Disposizione |
| Materiale | Gabbia |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **8** | Foro | Diametro foro (mm) | 72-74 |
| **BGR** | Tipo cuscinetto | BGR: angolo di contatto 15º | 38-39, 44 |
| **10** | Serie dimensionale | 10: serie ISO 10; 19: serie ISO 19; 02: Serie ISO 02 | 38-39, 70 |
| **H** | Materiale |  | 12-15, 25 |
| **T** | Gabbia | T: gabbia in resina fenolica guidata sull'anello esterno; temperatura massima di esercizio = 120°C | 16-17 |
| **DU** | Disposizione | SU: singolo universale; DU: coppia universale | 38-39, 130-133 |
| **EL** | Precarico | EL: extra leggero | 38-39, 134-137, 38-39,14T /C |
| **P2** | Classe di precisione | P2: classe ISO 2 | 158-161 |

# 1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

## Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Altissima Precisione (Serie BGR)




## Serie BGR 02

Diametro foro 10-25 mm

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile(1) (kN) | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (kg) (circa) | Velocità limite(2) (min-1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | d | D | B | r (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | | | | Grasso | Olio |
| **10BGR02S** | **10** | **30** | **9** | 0,6 | 0,3 | 3,60 | 1,33 | 1,62 | 7,2 | 0,032 | 80 000 | 110 000 |
| **10BGR02H** | **10** | **30** | **9** | 0,6 | 0,3 | | | 1,06 | | 0,029 | 95 000 | 140 000 |
| **10BGR02X** | **10** | **30** | **9** | 0,6 | 0,3 | | | | | 0,029 | 110 000 | 150 000 |
| **12BGR02S** | **12** | **32** | **10** | 0,6 | 0,3 | 5,30 | 1,99 | 2,46 | 7,9 | 0,036 | 72 800 | 100 000 |
| **12BGR02H** | **12** | **32** | **10** | 0,6 | 0,3 | | | 1,60 | | 0,032 | 86 400 | 128 000 |
| **12BGR02X** | **12** | **32** | **10** | 0,6 | 0,3 | | | | | 0,032 | 100 000 | 137 000 |
| **15BGR02S** | **15** | **35** | **11** | 0,6 | 0,3 | 5,80 | 2,34 | 2,90 | 8,8 | 0,045 | 64 000 | 88 000 |
| **15BGR02H** | **15** | **35** | **11** | 0,6 | 0,3 | | | 1,89 | | 0,040 | 76 000 | 112 000 |
| **15BGR02X** | **15** | **35** | **11** | 0,6 | 0,3 | | | | | 0,040 | 88 000 | 120 000 |
| **17BGR02S** | **17** | **40** | **12** | 0,6 | 0,3 | 7,25 | 2,98 | 3,65 | 9,8 | 0,065 | 56 200 | 77 200 |
| **17BGR02H** | **17** | **40** | **12** | 0,6 | 0,3 | | | 2,39 | | 0,057 | 66 700 | 98 300 |
| **17BGR02X** | **17** | **40** | **12** | 0,6 | 0,3 | | | | | 0,057 | 77 200 | 106 000 |
| **20BGR02S** | **20** | **47** | **14** | 1,0 | 0,6 | 9,70 | 4,10 | 5,10 | 11,5 | 0,103 | 47 800 | 65 700 |
| **20BGR02H** | **20** | **47** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | 3,30 | | 0,091 | 56 800 | 83 600 |
| **20BGR02X** | **20** | **47** | **14** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,091 | 65 700 | 89 600 |
| **25BGR02S** | **25** | **52** | **15** | 1,0 | 0,6 | 11,10 | 5,20 | 6,45 | 12,7 | 0,127 | 41 600 | 57 200 |
| **25BGR02H** | **25** | **52** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | 4,20 | | 0,112 | 49 400 | 72 800 |
| **25BGR02X** | **25** | **52** | **15** | 1,0 | 0,6 | | | | | 0,112 | 57 200 | 78 000 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

Note: Codice cuscinetto BGR: angolo di contatto nominale ! =15º



# Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici



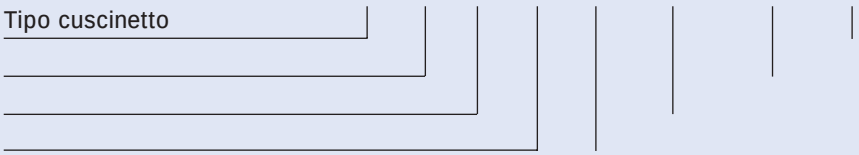


## Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Cuscinetti a Rulli Cilindrici 78-85
- Caratteristiche
- Sistema di designazione
- Tabelle dimensionali
  - Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici (Serie ad Alta Rigidezza)
    - Serie 30
    - Serie 39
    - Serie 49
  - Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici (Serie Standard)
    - Serie 10
  - Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici per Altissime Velocità (Serie ROBUST™)
    - Serie 10

# Rulli Cilindrici

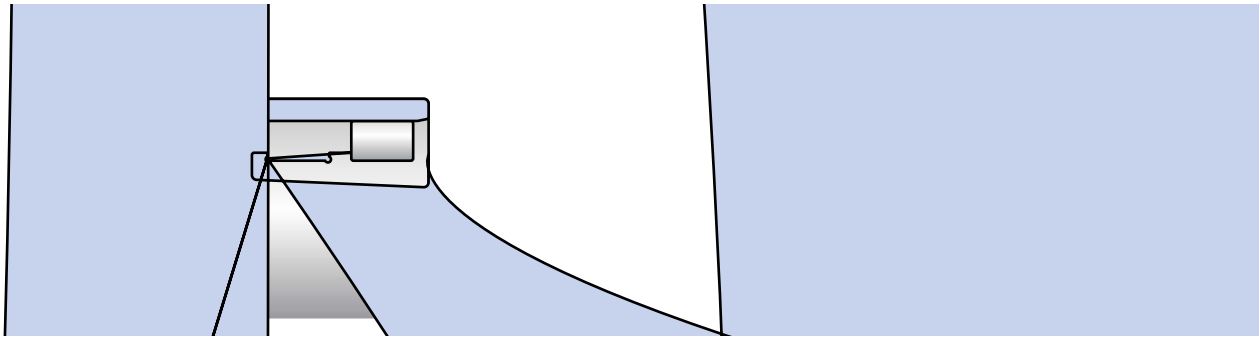
# 2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI




Pagine

Pagine

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| **NN3018MBKR** | **90** | **140** | **37** | 1,5 | 143 | 228 | 2,090 | 6 600 | 7 900 |
| **NN3018TBKR** | **90** | **140** | **37** | 1,5 | 143 | 228 | 1,930 | 7 400 | 8 700 |
| **NN3019MBKR** | **95** | **145** | **37** | 1,5 | 146 | 238 | 2,190 | 6 300 | 7 500 |
| **NN3019TBKR** | **95** | **145** | **37** | 1,5 | 146 | 238 | 2,030 | 7 100 | 8 400 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |



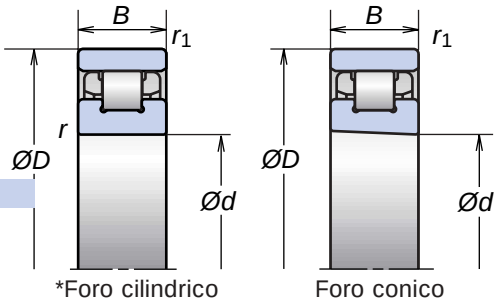
*NN49 Foro cilindrico NN49 Foro conico *NNU49 Foro cilindrico NNU49 Foro conico

# 2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI

# Cuscinetti a Rulli Cilindrici per Altissime Velocità (Serie ROBUST™)

## Serie 10

(Diametro foro 45-85 mm)




*Foro cilindrico  Foro conico

Per informazioni aggiuntive: Pagina
" Carico dinamico equivalente . . . .121
" Carico statico equivalente . . . . .128
" Gioco radiale . . . . . .151
" Dimensioni delle parti adiacenti . .168
" Posizione degli ugelli di lubrificazione . .174
" Quantità di riempimento di grasso . .157

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Massa (kg) | Velocità limite(1) ($min^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | | *r* | $C_r$ (Dinamico) | $C_{or}$ (Statico) | (circa) | Grasso | Olio |
| **N1009RSTPKR** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | 24,6 | 26,1 | 0,262 | 22 000 | 30 000 |
| **N1009RXTPKR** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | 24,6 | 26,1 | 0,262 | 25 000 | 42 000 |
| **N1009RXHTPKR** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 0,6 | 24,6 | 26,1 | 0,228 | 29 000 | 50 000 |
| **N1010RSTPKR** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | 26,6 | 29,7 | 0,283 | 20 000 | 28 000 |
| **N1010RXTPKR** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | 26,6 | 29,7 | 0,283 | 24 000 | 39 000 |
| **N1010RXHTPKR** | **50** | **80** | **16** | 1,0 | 0,6 | 26,6 | 29,7 | 0,246 | 27 000 | 47 000 |
| **N1011RSTPKR** | **55** | **90** | **18** | 1,1 | 1,0 | 35,0 | 39,5 | 0,372 | 18 000 | 25 000 |
| **N1011RXTPKR** | **55** | **90** | **18** | 1,1 | 1,0 | 35,0 | 39,5 | 0,372 | 21 000 | 35 000 |
| **N1011RXHTPKR** | **55** | **90** | **18** | 1,1 | 1,0 | 35,0 | 39,5 | 0,324 | 24 000 | 42 000 |
| **N1012RSTPKR** | **60** | **95** | **18** | 1,1 | 1,0 | 37,5 | 44,0 | 0,442 | 17 000 | 24 000 |
| **N1012RXTPKR** | **60** | **95** | **18** | 1,1 | 1,0 | 37,5 | 44,0 | 0,442 | 20 000 | 33 000 |
| **N1012RXHTPKR** | **60** | **95** | **18** | 1,1 | 1,0 | 37,5 | 44,0 | 0,385 | 22 000 | 39 000 |
| **N1013RSTPKR** | **65** | **100** | **18** | 1,1 | 1,0 | 39,5 | 49,0 | 0,518 | 16 000 | 22 000 |
| **N1013RXTPKR** | **65** | **100** | **18** | 1,1 | 1,0 | 39,5 | 49,0 | 0,518 | 19 000 | 31 000 |
| **N1013RXHTPKR** | **65** | **100** | **18** | 1,1 | 1,0 | 39,5 | 49,0 | 0,451 | 21 000 | 37 000 |
| **N1014RSTPKR** | **70** | **110** | **20** | 1,1 | 1,0 | 46,5 | 57,0 | 0,648 | 15 000 | 20 000 |
| **N1014RXTPKR** | **70** | **110** | **20** | 1,1 | 1,0 | 46,5 | 57,0 | 0,648 | 17 000 | 28 000 |
| **N1014RXHTPKR** | **70** | **110** | **20** | 1,1 | 1,0 | 46,5 | 57,0 | 0,564 | 19 000 | 34 000 |
| **N1015RSTPKR** | **75** | **115** | **20** | 1,1 | 1,0 | 49,5 | 63,0 | 0,672 | 14 000 | 19 000 |
| **N1015RXTPKR** | **75** | **115** | **20** | 1,1 | 1,0 | 49,5 | 63,0 | 0,585 | 16 000 | 27 000 |
| **N1015RXHTPKR** | **75** | **115** | **20** | 1,1 | 1,0 | 49,5 | 63,0 | 0,585 | 18 000 | 32 000 |
| **N1016RSTPKR** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 1,0 | 61,5 | 81,5 | 0,926 | 13 000 | 18 000 |
| **N1016RXTPKR** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 1,0 | 61,5 | 81,5 | 0,926 | 15 000 | 25 000 |
| **N1016RXHTPKR** | **80** | **125** | **22** | 1,1 | 1,0 | 61,5 | 81,5 | 0,812 | 17 000 | 30 000 |
| **N1017RSTPKR** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 1,0 | 65,0 | 86,0 | 0,943 | 13 000 | 17 000 |
| **N1017RXTPKR** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 1,0 | 65,0 | 86,0 | 0,943 | 14 000 | 24 000 |
| **N1017RXHTPKR** | **85** | **130** | **22** | 1,1 | 1,0 | 65,0 | 86,0 | 0,826 | 16 000 | 28 000 |

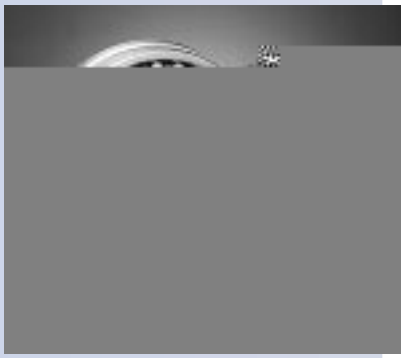
(1) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

* Per cuscinetti con foro cilindrico, rimuovere il suffisso KR.



## Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alte Velocità

(Serie ROBUST™)



## Cuscinetti Assiali a Sfere a Doppio Effetto a Contatto Obliquo

(Serie TAC)

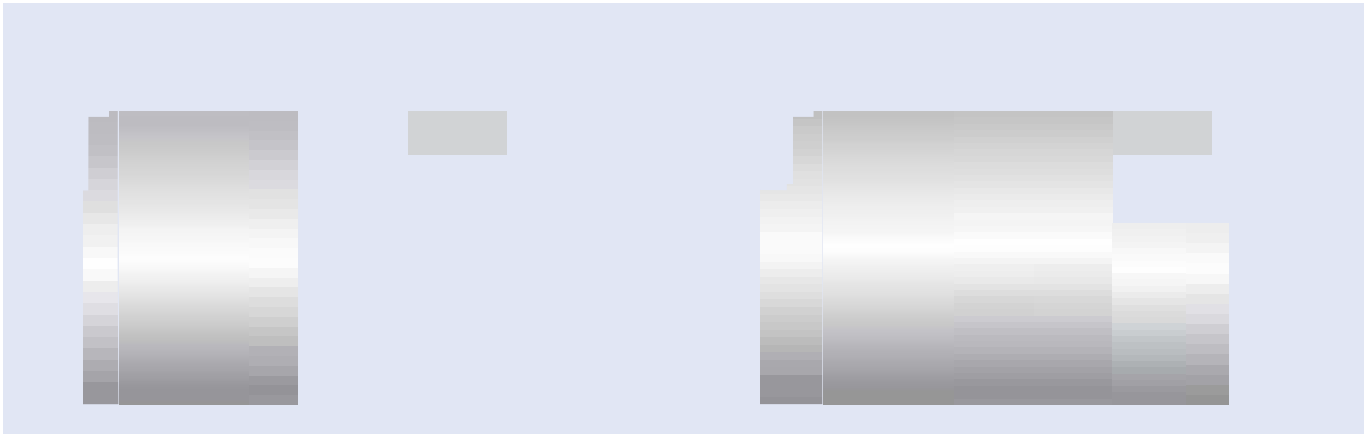
## Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo

Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo . . . . . .88-95
- Caratteristiche
- Sistema di designazione
- Tabelle dimensionali
  - Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alta Velocità (Serie ROBUST™)
    - Serie BAR10
    - Serie BTR10
  - Cuscinetti Assiali a Sfere a Doppio Effetto a Contatto Obliquo (Serie TAC)
    - Serie TAC29X
    - Serie TAC20X



# ere a Contatto Obliquo

# 3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO



Sistema di designazione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alte Velocità (Serie ROBUST™)

| | | | Pagine |
|---|---|---|---|
| **100** | Foro | Diametro foro (mm) | 90-93 |
| | | | |
| **10** | Serie dimensionale | 10: serie ISO 10 (foro e diametro esterno, ma larghezza secondo specifiche dimensionali NSK) | 38-39, 88 |
| | | | |

# 3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

Per informazioni aggiuntive: Pagina
" Carico dinamico equivalente . . . . . .121
" Carico statico equivalente . . . . . .128
" Precarico e rigidezza . . . . . .134
" Dimensioni delle parti adiacenti . . . . .168
" Posizione ugelli lubrificazione . . . . . .174
" Quantità di riempimento di grasso . . .157

# Serie BAR 10
# Serie BTR 10

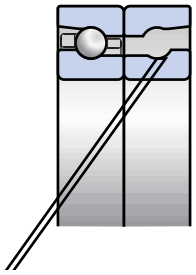
(seguito)

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Capacità di carico (kN) | | Carico assiale ammissibile (1) (kN) | Centro effettivo di carico (mm) a | Massa (Kg) (circa) | Velocità limite (2) ($min^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *2B* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_a$ (Dinamico) | $C_{0a}$ (Statico) | | | | Grasso | Olio |
| **80BAR10S** | **80** | **125** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | 32,0 | 68,5 | 46,5 | 39,4 | 0,875 | 7 400 | 9 300 |
| **80BAR10H** | **80** | **125** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | | | 32,0 | | 0,821 | 8 300 | 10 300 |
| **80BTR10S** | **80** | **125** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | 38,0 | 78,0 | 43,0 | 52,7 | 0,875 | 6 400 | 8 300 |
| **80BTR10H** | **80** | **125** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | | | 39,0 | | 0,821 | 7 400 | 9 300 |
| **85BAR10S** | **85** | **130** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | 32,5 | 71,5 | 48,5 | 41,1 | 0,971 | 7 000 | 8 900 |
| **85BAR10H** | **85** | **130** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | | | 33,0 | | 0,915 | 8 000 | 9 800 |
| **85BTR10S** | **85** | **130** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | 38,5 | 81,5 | 50,5 | 55,2 | 0,971 | 6 100 | 8 000 |
| **85BTR10H** | **85** | **130** | **40,5** | 1,1 | 0,6 | | | 41,0 | | 0,915 | 7 000 | 8 900 |
| **90BAR10S** | **90** | **140** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 42,5 | 92,5 | 62,5 | 44,4 | 1,198 | 6 600 | 8 300 |
| **90BAR10H** | **90** | **140** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 43,0 | | 1,124 | 7 400 | 9 200 |
| **90BTR10S** | **90** | **140** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 50,0 | 105,0 | 58,0 | 59,5 | 1,198 | 5 700 | 7 400 |
| **90BTR10H** | **90** | **140** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 52,5 | | 1,124 | 6 600 | 8 300 |
| **95BAR10S** | **95** | **145** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 43,0 | 96,5 | 65,0 | 45,5 | 1,320 | 6 300 | 8 000 |
| **95BAR10H** | **95** | **145** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 44,5 | | 1,231 | 7 100 | 8 800 |
| **95BTR10S** | **95** | **145** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 51,0 | 110,0 | 69,0 | 61,0 | 1,320 | 5 500 | 7 100 |
| **95BTR10H** | **95** | **145** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 55,0 | | 1,231 | 6 300 | 8 000 |
| **100BAR10S** | **100** | **150** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 43,5 | 100,0 | 68,0 | 47,3 | 1,399 | 6 000 | 7 600 |
| **100BAR10H** | **100** | **150** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 46,5 | | 1,307 | 6 800 | 8 400 |
| **100BTR10S** | **100** | **150** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | 51,5 | 114,0 | 66,5 | 63,7 | 1,399 | 5 200 | 6 800 |
| **100BTR10H** | **100** | **150** | **45,0** | 1,5 | 1,0 | | | 57,0 | | 1,307 | 6 000 | 7 600 |
| **105BAR10S** | **105** | **160** | **49,5** | 2,0 | 1,0 | 49,5 | 115,0 | 78,0 | 50,6 | 1,740 | 5 700 | 7 200 |
| **105BAR10H** | **105** | **160** | **49,5** | 2,0 | 1,0 | | | 53,5 | | 1,624 | 6 500 | 8 000 |
| **105BTR10S** | **105** | **160** | **49,5** | 2,0 | 1,0 | 58,5 | 131,0 | 84,0 | 68,0 | 1,740 | 5 000 | 6 500 |
| **105BTR10H** | **105** | **160** | **49,5** | 2,0 | 1,0 | | | 65,5 | | 1,624 | 5 700 | 7 200 |

(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pag. 129.

(2) Per l'applicazione delle velocità limite, consultare pag. 152.
I valori indicati delle velocità limite sono riferiti alla disposizione dorso-dorso (DB) con precarico extra leggero (EL).
Utilizzare l'85% del valore indicato se si seleziona il precarico leggero (L).

Nota: BAR10: angolo di contatto nominale ! = 30°
BTR10: angolo di contatto nominale ! = 40°



| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| 35TAC20X+L | 35 | 62 | 34 | 17 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | | Capacità di carico (kN) | | Massa (kg) | Velocità limite (1) ($min^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *T* | *C* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $C_a$ (Dinamico) | $C_{0a}$ (Statico) | (circa) | Grasso | Olio |
| **140TAC29D+L** | **140** | **190** | **60** | **30** | 1,5 | 1,0 | 91,5 | 365 | 4,200 | 2 800 | 3 100 |
| **140TAC20D+L** | **140** | **210** | **84** | **42** | 2,0 | 1,0 | 145,0 | 525 | 8,750 | 2 600 | 2 900 |
| **150TAC29D+L** | **150** | **210** | **72** | **36** | 2,0 | 1,0 | 116,0 | 465 | 6,600 | 2 500 | 2 800 |
| **150TAC20D+L** | **150** | **225** | **90** | **45** | 2,1 | 1,1 | 172,0 | 620 | 10,700 | 2 400 | 2 700 |
| **160TAC29D+L** | **160** | **220** | **72** | **36** | 2,0 | 1,0 | 118,0 | 490 | 7,000 | 2 400 | 2 700 |
| **160TAC20D+L** | **160** | **240** | **96** | **48** | 2,1 | 1,1 | 185,0 | 680 | 13,000 | 2 300 | 2 500 |
| **170TAC29D+L** | **170** | **230** | **72** | **36** | 2,0 | 1,0 | 120,0 | 520 | 7,350 | 2 300 | 2 500 |
| **170TAC20D+L** | **170** | **260** | **108** | **54** | 2,1 | 1,1 | 218,0 | 810 | 17,700 | 2 100 | 2 400 |
| **180TAC29D+L** | **180** | **250** | **84** | **42** | 2,0 | 1,0 | 158,0 | 655 | 10,700 | 2 100 | 2 400 |
| **180TAC20D+L** | **180** | **280** | **120** | **60** | 2,1 | 1,1 | 281,0 | 1 020 | 23,400 | 2 000 | 2 200 |
| **190TAC29D+L** | **190** | **260** | **84** | **42** | 2,0 | 1,0 | 161,0 | 695 | 11,200 | 2 000 | 2 300 |
| **190TAC20D+L** | **190** | **290** | **120** | **60** | 2,1 | 1,1 | 285,0 | 1 060 | 24,400 | 1 900 | 2 100 |
| **200TAC29D+L** | **200** | **280** | **96** | **48** | 2,1 | 1,1 | 204,0 | 855 | 15,700 | 1 900 | 2 100 |
| **200TAC20D+L** | **200** | **310** | **132** | **66** | 2,1 | 1,1 | 315,0 | 1 180 | 31,500 | 1 800 | 2 000 |
| **220TAC29D+L** | **220** | **300** | **96** | **48** | 2,1 | 1,1 | 210,0 | 930 | 17,000 | 1 800 | 2 000 |
| **240TAC29D+L** | **240** | **320** | **96** | **48** | 2,1 | 1,1 | 213,0 | 980 | 18,300 | 1 700 | 1 800 |
| **260TAC29D+L** | **260** | **360** | **120** | **60** | 2,1 | 1,1 | 315,0 | 1 390 | 31,500 | 1 500 | 1 700 |
| **280TAC29D+L** | **280** | **380** | **120** | **60** | 2,1 | 1,1 | 320,0 | 1 470 | 33,500 | 1 400 | 1 600 |

(1) I valori indicati delle velocità limite sono basati sui valori di precarico raccomandati (C6 e C7)

Nota: TAC29X: angolo di contatto nominale ! = 60°

TAC20X: angolo di contatto nominale ! = 60°

TAC20X: angolo di contatto nominale



Applicazioni in Macchine Utensili

Serie TAC B



Macchine per Stampaggio ad Iniezione

Serie TAC 02 e TAC 03

# Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliqu

4

Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere

Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere . . . . . .98-103

Caratteristiche

Sistema di designazione

Tabelle dimensionali

Applicazioni in Macchine Utensili

Serie TAC B

Macchine per Stampaggio ad Iniezione

Serie TAC 02 e TAC 03



# o per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere

# 4. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO PER SUPPORTO VITI A RICIRCOLAZIONE DI SFERE

## Caratteristiche

I cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo di alta precisione per supporto viti a ricircolazione di sfere di super precisione hanno prestazioni superiori rispetto alle combinazioni con cuscinetti a sfere a contatto obliquo o combinazioni con cuscinetti assiali. Sono inoltre molto indicati per applicazione nei meccanismi di movimentazione delle macchine utensili.

## Serie TAC B

La rigidezza assiale è molto elevata grazie all'elevato numero di sfere ed all'angolo di contatto di 60°. Confrontati con i cuscinetti a rulli conici o a rulli cilindrici, questa serie di cuscinetti presenta una minore coppia d'attrito, rendendo così la rotazione più regolare e con minori assorbimenti di potenza.

La serie TAC B prevede l'utilizzo dell'innovativa gabbia stampata in resina poliammidica. Viene inoltre impiegato il nuovo acciaio EP ad elevata purezza per gli anelli interni ed esterni, che garantisce una maggiore durata a fatica. L'acciaio EP, sviluppato da NSK, è ottenuto con un processo speciale che consente di controllare e limitare notevolmente le inclusioni non metalliche, arrivando così ad un acciaio con purezza maggiore rispetto all'acciaio VAR.

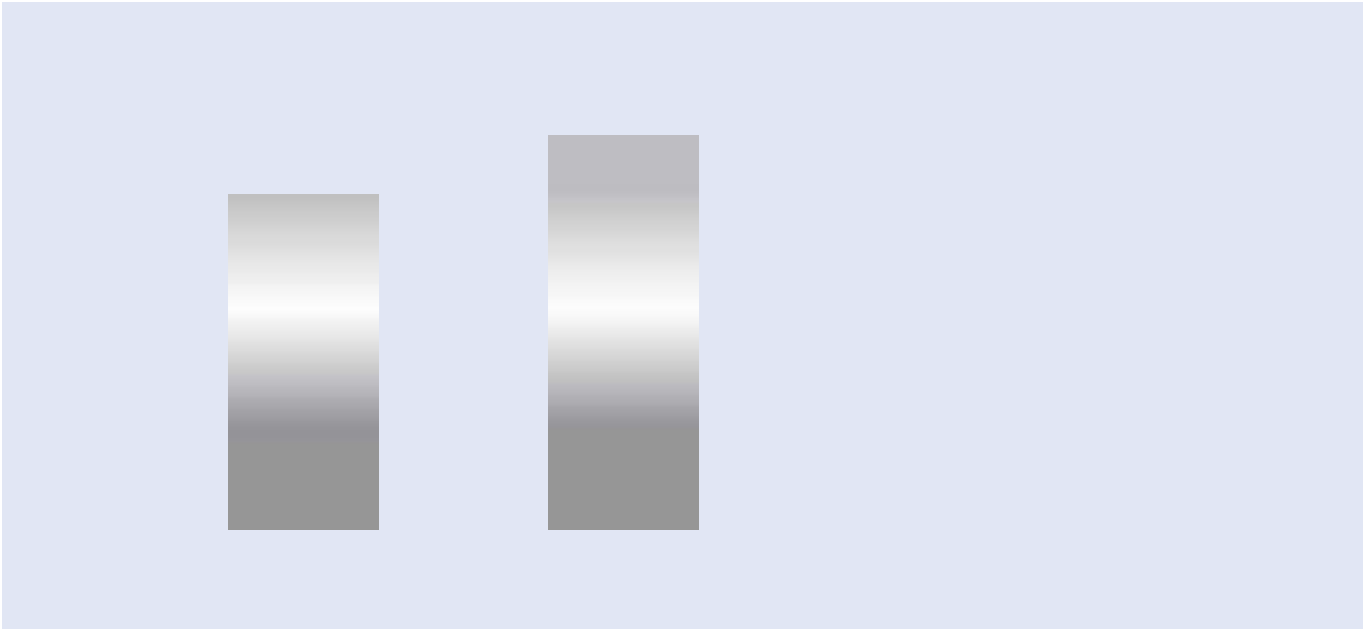
## Serie TAC 02 e TAC 03

Le serie TAC 02 e TAC 03 sono costituite da cuscinetti a sfere a contatto obliquo tipicamente impiegati come supporto delle viti a ricircolazione di sfere di grosse dimensioni, che operano in condizione di elevati carichi dovuti ai meccanismi di azionamento delle macchine per stampaggio ad iniezione. Il basso valore della coppia di rotolamento è ottenuto grazie al disegno interno ottimale del cuscinetto. Impiegando questa serie, si può ridurre significativamente l'elevata coppia di rotolamento, tipica dei cuscinetti a rulli.

## Differenze tra Serie TAC 02, 03 e Serie TAC B

Le viti a ricircolazione di sfere impiegate nelle macchine per stampaggio ad iniezione generano un carico maggiore sui cuscinetti di supporto rispetto a quelle impiegate nelle macchine utensili.

Le serie TAC 02 e 03 sono disegnate per soddisfare i requisiti di resistenza ai carichi elevati, mentre la serie TAC B è disegnata per permettere l'innalzamento della capacità di carico attraverso l'aumento del numero di corpi volventi ed alla larghezza dei cuscinetti.



## Sistema di designazione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere (Applicazioni in Macchine Utensili)

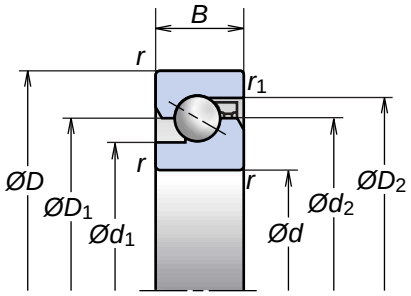
Esempio di designazione del cuscinetto **30 TAC 62 B DF C10 PN7A**

- 30 — Diametro foro
- TAC — Tipo cuscinetto
- 62 — Diametro esterno nominale
- B — Disegno interno
- DF — Disposizione
- C10 — Precarico
- PN7A — Precarico

| | | | Reference |
|---|---|---|---|
| **30** | Foro | Diametro foro (mm) | 100-101 |
| **TAC** | Tipo cuscinetto | Cuscinetto assiale a sfere a contatto obliquo: angolo di contatto 60° | 26, 98 |
| **62** | Diametro esterno nominale | Diametro esterno (mm) | 100-101 |
| **B** | Disegno interno | | - |
| **DF** | Disposizione | SU: singolo universale DU: coppia universale DB: disposizione dorso-dorso DF: disposizione faccia-faccia DT: disposizione tandem<br>DBD, DFD, DTD: disposizioni in terna DBB, DFF, DBT, DFT, DTT: disposizioni in quaterna | 130-133 |
| **C10** | Precarico | C10: precarico standard C9: precarico leggero (bassa coppia) | 134-137, 150 |
| **PN7A** | Classe di Precisione | PN7A (equivalente alla classe di precisione ISO 4)<br>PN7B (classe di precisione ISO 4 eccetto il diametro del foro ed esterno secondo specifiche NSK. Solo per disposizione SU) | 165 |

Pagine

## Applicazioni in Macchine Utensili




# Serie TAC B

Diametro foro 15-60 mm

| Codice cuscinetto | Dimensioni (mm) | | | | | Dimensioni delle parti adiacenti (mm) | | | | Velocità limite (1) (min-1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *d* | *D* | *B* | *r* (min) | $r_1$ (min) | $d_1$ | $d_2$ | $D_1$ | $D_2$ | Grasso | Olio |
| 15 TAC 47B | 15 | 47 | 15 | 1,0 | 0,6 | 27,2 | 34 | 34 | 39,6 | 6 000 | 8 000 |
| 17 TAC 47B | 17 | 47 | 15 | 1,0 | 0,6 | 27,2 | 34 | 34 | 39,6 | 6 000 | 8 000 |
| 20 TAC 47B | 20 | 47 | 15 | 1,0 | 0,6 | 27,2 | 34 | 34 | 39,6 | 6 000 | 8 000 |
| 25 TAC 62B | 25 | 62 | 15 | 1,0 | 0,6 | 37,0 | 45 | 45 | 50,7 | 4 500 | 6 000 |

(1) I valori delle velocità limite sono riferiti al precarico C10. Nel caso di precarico C9, moltiplicare il valore indicato in tabella per 1,3.

Nota: Codice cuscinetto TAC B: angolo di contatto nominale $\alpha$ = 60°

| Capacità di carico dinamico assiale $C_a$ | | | Carico assiale ammissibile | | | Massa (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Carico su una corona di sfere DF | Carico su due corone di sfere DT, DFD, DFF | Carico su tre corone di sfere DTD, DFT | Carico su una corona di sfere DF | Carico su due corone di sfere DT, DFD, DFF | Carico su tre corone di sfere DTD, DFT | (circa) |
| (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | (kN) | |
| 21,9 | 35,5 | 47,5 | 26,6 | 53,0 | 79,5 | 0,144 |
| 21,9 | 35,5 | 47,5 | 26,6 | 53,0 | 79,5 | 0,144 |
| 21,9 | 35,5 | 47,5 | 26,6 | 53,0 | 79,5 | 0,135 |
| 28,5 | 46,5 | 61,5 | 40,5 | 81,5 | 122,0 | 0,252 |
| 29,2 | 47,5 | 63,0 | 43,0 | 86,0 | 129,0 | 0,224 |
| 31,0 | 50,5 | 67,0 | 50,0 | 100,0 | 150,0 | 0,310 |
| 31,5 | 51,5 | 68,5 | 52,0 | 104,0 | 157,0 | 0,275 |
| 59,0 | 95,5 | 127,0 | 89,5 | 179,0 | 269,0 | 0,674 |
| 33,0 | 53,5 | 71,0 | 57,0 | 114,0 | 170,0 | 0,270 |
| 61,5 | 100,0 | 133,0 | 99,0 | 198,0 | 298,0 | 0,842 |
| 63,0 | 102,0 | 136,0 | 104,0 | 208,0 | 310,0 | 0,778 |
| 63,0 | 102,0 | 136,0 | 104,0 | 208,0 | 310,0 | 0,714 |
| 67,5 | 109,0 | 145,0 | 123,0 | 246,0 | 370,0 | 1,230 |
| 67,5 | 109,0 | 145,0 | 123,0 | 246,0 | 370,0 | 1,160 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| Capacità di carico dinamico assiale $C_a$ | | | Carico assiale ammissibile | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carico su una corona di sfere DF (kN) | Carico su due corone di sfere DT, DFD, DFF (kN) | Carico su tre corone di sfere DTD, DFT (kN) | Carico su una corona di sfere DF (kN) | Carico su due corone di sfere DT, DFD, DFF (kN) | Carico su tre corone di sfere DTD, DFT (kN) |
| 18,8 | 30,5 | 40,5 | 11,5 | 22,9 | 34,5 |
| 33,5 | 54,5 | 72,0 | 22,7 | 45,5 | 68,0 |
| 102,0 | 166,0 | 220,0 | 75,5 | 151,0 | 226,0 |
| 102,0 | 166,0 | 220,0 | 75,5 | 151,0 | 226,0 |
| 120,0 | 195,0 | 259,0 | 91,5 | 183,0 | 274,0 |
| 150,0 | 243,0 | 325,0 | 116,0 | 232,0 | 350,0 |
| 150,0 | 243,0 | 325,0 | 116,0 | 232,0 | 350,0 |
| 171,0 | 278,0 | 370,0 | 133,0 | 266,0 | 400,0 |
| 196,0 | 320,0 | 425,0 | 152,0 | 305,0 | 455,0 |
| 274,0 | 445,0 | 590,0 | 238,0 | 475,0 | 715,0 |
| 365,0 | 595,0 | 795,0 | 231,0 | 460,0 | 690,0 |
| 430,0 | 700,0 | 930,0 | 295,0 | 590,0 | 885,0 |



## Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione

Motori ad Alta Velocità, Elettromandrini ad Alta Velocità

Mandrini di Macchine per la Lavorazione del Legno

# Cuscinetti Radia

5

## Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione

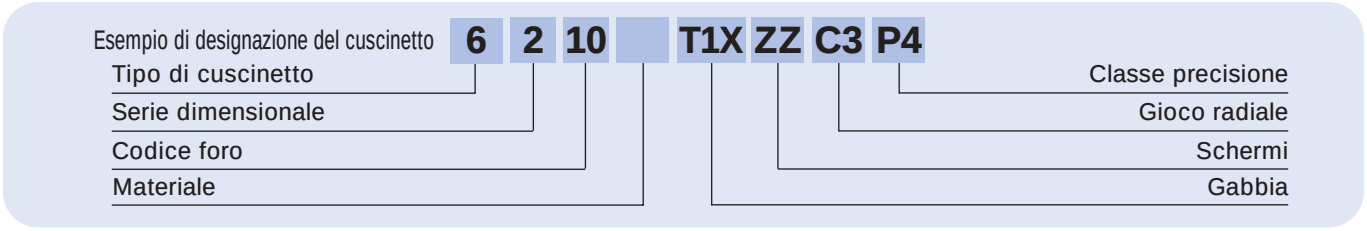
Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione . . . . . .106-109
Caratteristiche
Sistema di designazione
Tabelle dimensionali
Serie 60, 62 e 63 (con gabbia T1X e TYA)
Serie 60 e 62



# ali Rigidi a Sfere

# 5. CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A SFERE DI PRECISIONE

## Sistema di designazione dei Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione




| | | | Reference |
|---|---|---|---|
| **6** | Tipo cuscinetto | 6: cuscinetto radiale rigido a sfere ad una corona | 106 |
| **2** | Serie dimensionale | 0: Serie ISO 10; 2: Serie ISO 02; 3: Serie ISO 03 | 106 |
| **10** | Foro | 00: 10mm<br>01: 12mm<br>02: 15mm<br>03: 17mm<br>04 ed oltre: moltiplicare x 5 per ottenere il diametro in mm. | 108-109 |
| | Materiale | Nessun simbolo: acciaio per cuscinetti (SUJ2) SN24: sfere in ceramica ($Si_3N_4$) | 12-15, 25 |
| **T1X** | Gabbia | T1X: gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere<br>TYA: gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere per alta velocità<br>T: gabbia in resina fenolica guidata sull'anello interno | 106 |
| **ZZ** | Schermi | Nessun simbolo: esecuzione aperta; ZZ: esecuzione con schermi metallici; VV esecuzione con tenute non striscianti in gomma | 106 |
| **C3** | Gioco radiale | Nessun simbolo: gioco standard CM: gioco speciale per motori elettrici<br>C3: gioco superiore allo standard CG: gioco radiale speciale | – |
| **P4** | Classe di precisione | P2: classe ISO 2 P4: classe ISO 4 P5: classe ISO 5 | 158-161 |

# 5. CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A SFERE DI PRECISIONE

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| **6000T1X** | **ZZ** | **VV** | **10** | **26** | **8** | 0,3 | 4,55 | 1,87 | 38 900 |
| **6200T1X** | **ZZ** | **VV** | **10** | **30** | **9** | 0,6 | 5,10 | 2,39 | 35 000 |
| **6001T1X** | **ZZ** | **VV** | **12** | **28** | **8** | 0,3 | 5,10 | 2,37 | 35 000 |
| **6201T1X** | **ZZ** | **VV** | **12** | **32** | **10** | 0,6 | 6,80 | 3,05 | 31 900 |
| **6301T1X** | **ZZ** | **VV** | **12** | **37** | **12** | 1,0 | 9,70 | 4,20 | 28 600 |
| **6002T1X** | **ZZ** | **VV** | **15** | **32** | **9** | 0,3 | 5,60 | 2,83 | 29 800 |
| **6202T1X** | **ZZ** | **VV** | **15** | **35** | **11** | 0,6 | 7,65 | 3,75 | 28 000 |
| **6302T1X** | **ZZ** | **VV** | **15** | **42** | **13** | 1,0 | 11,40 | 5,45 | 24 600 |
| **6003T1X** | **ZZ** | **VV** | **17** | **35** | **10** | 0,3 | 6,00 | 3,25 | 27 000 |
| **6203T1X** | **ZZ** | **VV** | **17** | **40** | **12** | 0,6 | 9,55 | 4,80 | 24 600 |
| **6303T1X** | **ZZ** | **VV** | **17** | **47** | **14** | 1,0 | 13,60 | 6,65 | 21 900 |
| **6004T1X** | **ZZ** | **VV** | **20** | **42** | **12** | 0,6 | 9,40 | 5,00 | 22 600 |
| **6204T1X** | **ZZ** | **VV** | **20** | **47** | **14** | 1,0 | 12,80 | 6,60 | 20 900 |
| **6005T1X** | **ZZ** | **VV** | **25** | **47** | **12** | 0,6 | 10,10 | 5,85 | 19 500 |
| **6205T1X** | **ZZ** | **VV** | **25** | **52** | **15** | 1,0 | 14,00 | 7,85 | 18 200 |
| **6305T1X** | **ZZ** | **VV** | **25** | **62** | **17** | 1,5 | 20,60 | 11,20 | 16 100 |
| **6006T1X** | **ZZ** | **VV** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 13,20 | 8,30 | 16 500 |
| **6206T1X** | **ZZ** | **VV** | **30** | **62** | **16** | 1,0 | 19,50 | 11,30 | 15 300 |
| **6306T1X** | **ZZ** | **VV** | **30** | **72** | **19** | 2,0 | 26,70 | 14,10 | 13 800 |
| **6007T1X** | **ZZ** | **VV** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 16,00 | 10,30 | 14 500 |
| **6207T1X** | **ZZ** | **VV** | **35** | **72** | **17** | 1,0 | 25,70 | 15,30 | 13 100 |
| **6307T1X** | **ZZ** | **VV** | **35** | **80** | **21** | 2,5 | 33,50 | 18,00 | 12 200 |
| **6008T1X** | **ZZ** | **VV** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 16,80 | 11,50 | 13 000 |
| **6208T1X** | **ZZ** | **VV** | **40** | **80** | **18** | 1,0 | 29,10 | 17,90 | 11 700 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| **6004T** | **20** | **42** | **12** | 0,6 | 9,38 | 5,03 | 32 000 | 48 000 |
| **6204T** | **20** | **47** | **14** | 1,0 | 12,80 | 6,58 | 35 000 | 44 000 |
| **6005T** | **25** | **47** | **12** | 0,6 | 10,10 | 5,85 | 27 000 | 45 200 |
| **6205T** | **25** | **52** | **15** | 1,0 | 14,00 | 7,83 | 26 000 | 42 800 |
| **6006T** | **30** | **55** | **13** | 1,0 | 13,20 | 8,27 | 23 000 | 40 000 |
| **6206T** | **30** | **62** | **16** | 1,0 | 19,50 | 11,30 | 21 000 | 37 300 |
| **6007T** | **35** | **62** | **14** | 1,0 | 16,00 | 10,30 | 22 000 | 35 800 |
| **6207T** | **35** | **72** | **17** | 1,0 | 25,70 | 15,30 | 18 500 | 32 700 |
| **6008T** | **40** | **68** | **15** | 1,0 | 16,80 | 11,50 | 21 000 | 32 400 |
| **6208T** | **40** | **80** | **18** | 1,0 | 29,10 | 17,90 | 16 600 | 26 700 |
| **6009T** | **45** | **75** | **16** | 1,0 | 19,90 | 14,00 | 18 800 | 29 000 |
| **6209T** | **45** | **85** | **19** | 1,0 | 32,70 | 18 800 | 26 700 | **6209T** **45005T** |



# Strumenti di Misura e Centrali

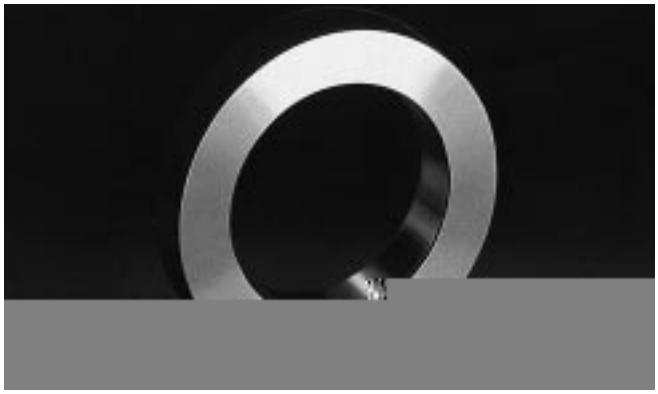
6

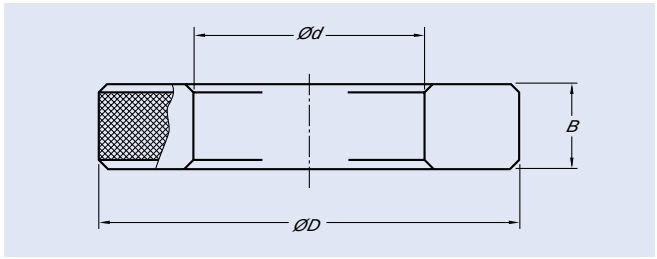
Strumenti di Misura e Centraline di Lubrificazione Aria-Olio



# ine di Lubrificazione Aria-Olio

## Calibri a Tampone – Serie GR
## Calibri di precisione per la misura del diametro del foro dell'alloggiamento






Per ottenere elevate prestazioni dai cuscinetti di precisione per mandrini di macchine utensili, è importante disporre di accoppiamenti accurati con l'albero e l'alloggiamento.
Per garantire un accoppiamento accurato, è necessario misurare con precisione il diametro esterno dell'albero ed il diametro del foro dell'alloggiamento.

I calibri a tampone NSK della serie GR sono calibri campione per la misurazione del diametro del foro dell'alloggiamento con una precisione di 0,001 mm.

### Caratteristiche

- Il design di questi calibri garantisce un affidabile settaggio del calibro cilindrico.
- Lo spessore dei calibri elimina ogni deformazione provocata dal carico di misura.
- Il trattamento termico eseguito su questi calibri elimina ogni effetto dell'invecchiamento e quindi di eventuali deformazioni delle loro dimensioni.
- La perfetta calibrazione è resa possibile grazie a dimensioni misurate accuratamente, marcate sul calibro in unità di 0,001 mm in entrambe le direzioni X ed Y.

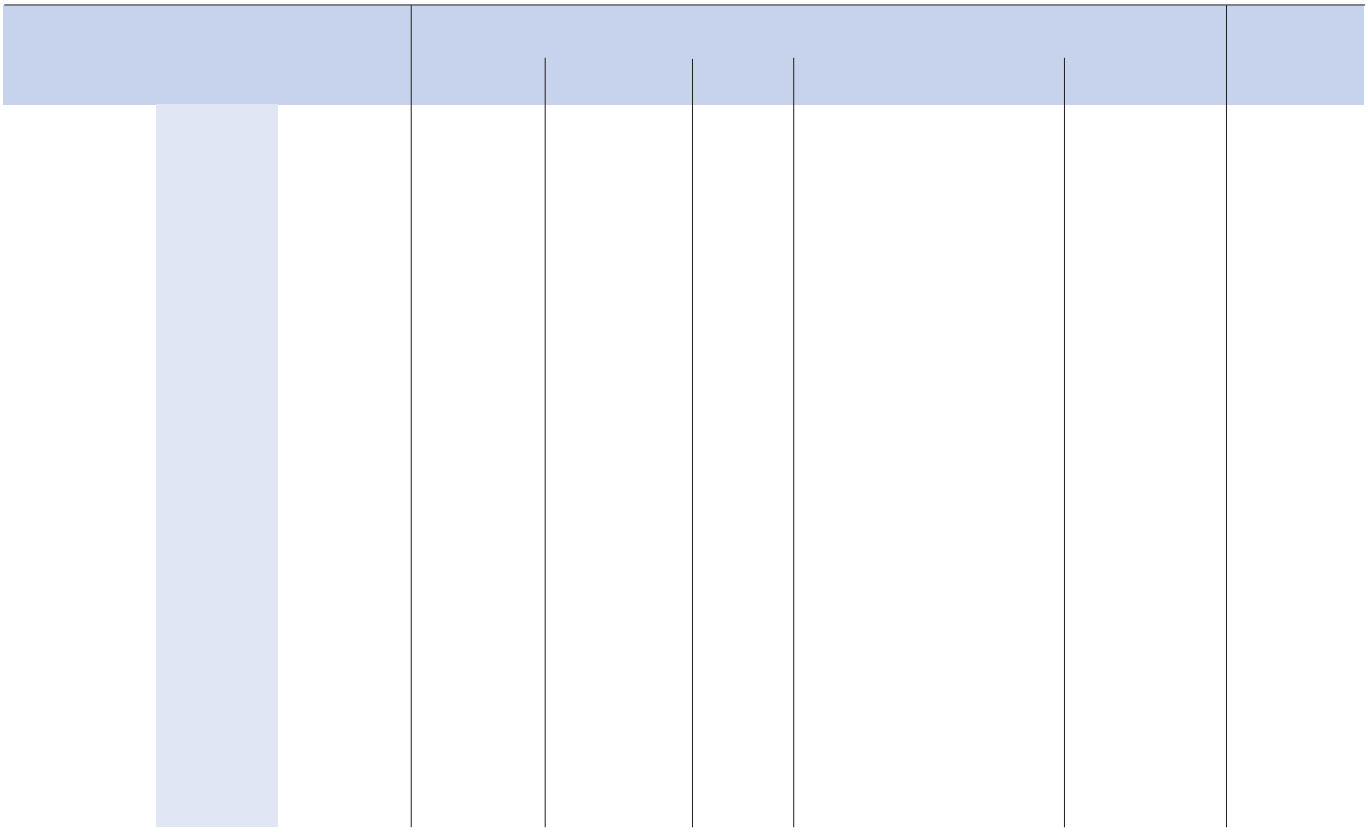
| Cuscinetti | | | | | Codice calibro | Dimensioni (mm) | | | Massa (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 79<br>69<br>NN39<br>NN49 | BNR19<br>BER19 | 70<br>60<br>N10<br>NN30 | BNR10<br>BER10 | 72<br>62<br>N2 | | *d* | *D* | *B* | (circa) |
| –<br>02<br>03 | –<br>–<br>– | 00<br>01<br>– | –<br>–<br>– | –<br>–<br>00 | GR 26<br>GR 28<br>GR 30 | 26<br>28<br>30 | 75<br>75<br>80 | 20<br>20<br>20 | 0.6<br>0.6<br>0.7 |
| –<br>–<br>04 | –<br>–<br>– | 02<br>03<br>– | –<br>–<br>– | 01<br>02<br>– | GR 32<br>GR 35<br>GR 37 | 32<br>35<br>37 | 80<br>85<br>85 | 20<br>20<br>20 | 0.7<br>0.7<br>0.7 |
| –<br>05<br>06 | –<br>–<br>– | –<br>04<br>05 | –<br>–<br>– | 03<br>–<br>04 | GR 40<br>GR 42<br>GR 47 | 40<br>42<br>47 | 90<br>95<br>95 | 20<br>20<br>20 | 0.8<br>0.9<br>0.8 |
| 07<br>–<br>08 | –<br>–<br>– | –<br>06<br>07 | –<br>30<br>35 | 05<br>–<br>06 | GR 52<br>GR 55<br>GR 62 | 52<br>55<br>62 | 100<br>100<br>100 | 20<br>20<br>20 | 0.9<br>0.9<br>0.8 |
| 09<br>10<br>– | –<br>50<br>– | 08<br>–<br>09 | 40<br>–<br>45 | –<br>07<br>– | GR 68<br>GR 72<br>GR 75 | 68<br>72<br>75 | 110<br>115<br>115 | 20<br>20<br>20 | 0.9<br>1.0<br>0.9 |
| 11<br>12<br>13 | 55<br>60<br>65 | 10<br>–<br>11 | 50<br>–<br>55 | 08<br>09<br>10 | GR 80<br>GR 85<br>GR 90 | 80<br>85<br>90 | 120<br>130<br>135 | 25<br>25<br>25 | 1.2<br>1.5<br>1.5 |
| –<br>14<br>15 | –<br>70<br>75 | 12<br>13<br>– | 60<br>65<br>– | –<br>11<br>– | GR 95<br>GR 100<br>GR 105 | 95<br>100<br>105 | 140<br>145<br>150 | 25<br>25<br>25 | 1.6<br>1.7<br>1.8 |
| 16<br>–<br>17 | 80<br>–<br>85 | 14<br>15<br>– | 70<br>75<br>– | 12<br>–<br>13 | GR 110<br>GR 115<br>GR 120 | 110<br>115<br>120 | 160<br>165<br>170 | 25<br>25<br>25 | 2.1<br>2.1<br>2.2 |
| 18<br>19<br>20 | 90<br>95<br>100 | 16<br>17<br>18 | 80<br>85<br>90 | 14<br>15<br>16 | GR 125<br>GR 130<br>GR 140 | 125<br>130<br>140 | 175<br>180<br>190 | 25<br>25<br>25 | 2.3<br>2.4<br>2.5 |
| 21<br>22<br>– | 105<br>110<br>– | 19<br>20<br>21 | 95<br>100<br>105 | –<br>17<br>18 | GR 145<br>GR 150<br>GR 160 | 145<br>150<br>160 | 200<br>205<br>215 | 30<br>30<br>30 | 3.5<br>3.6<br>3.8 |
| 24<br>–<br>26 | 120<br>–<br>130 | –<br>22<br>24 | –<br>110<br>120 | –<br>19<br>20 | GR 165<br>GR 170<br>GR 180 | 165<br>170<br>180 | 220<br>225<br>230 | 30<br>30<br>30 | 3.9<br>4.0<br>3.8 |
| 28<br>– | 140<br>– | –<br>26 | –<br>130 | 21<br>22 | GR 190<br>GR 200 | 190<br>200 | 240<br>250 | 30<br>30 | 4.0<br>4.1 |

# Calibri Conici – Serie GTR30
# Calibri per la misura della conicità dell'albero

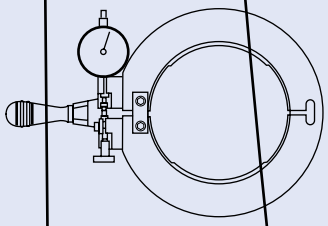
I cuscinetti della serie NN30xxKR sono cuscinetti a doppia corona di rulli cilindrici con foro conico ad elevata rigidezza e sono ideali per le alte velocità, tanto che sono frequentemente impiegati nei mandrini delle macchine utensili.

Per utilizzare al meglio questi cuscinetti, è importante accoppiare esattamente la conicità del foro del cuscinetto con quella dell'albero del mandrino. La conicità del cuscinetto (1:12) è realizzata con elevata precisione ed accuratamente controllata da NSK. Un calibro conico GTR30 è realizzato con un foro conico la cui precisione e finitura superficiale identica a quella di un cuscinetto di precisione NSK.

Realizzando la parte conica dell'albero del mandrino in modo che



# 6. STRUMENTI DI MISURA E CENTRALINE DI LUBRIFICAZIONE ARIA-OLIO



# 6. STRUMENTI DI MISURA E CENTRALINE DI LUBRIFICAZIONE ARIA-OLIO

## " Centraline di Lubrificazione FINE-LUBE

### Caratteristiche

Nel settore delle macchine utensili sono costantemente introdotte importanti innovazioni tecnologiche; in particolare, gli elettromandrini funzionano a velocità sempre più elevate. Risulta quindi vitale, per garantire velocità superiori, qualsiasi nuovo sviluppo mirato a migliorare sia i cuscinetti che i metodi di lubrificazione.

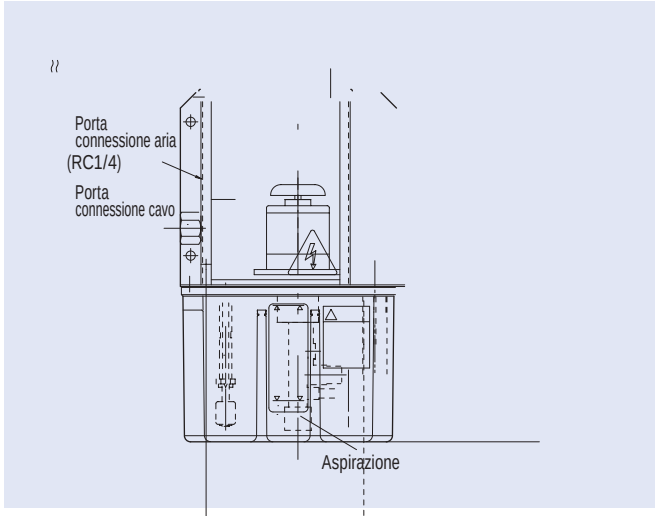
NSK ha introdotto molti miglioramenti negli impianti di lubrificazione aria-olio e nelle apparecchiature di alimentazione dell'olio. Nel 1984 NSK ha introdotto sul mercato la centralina di lubrificazione aria-olio FINE-LUBE, che continua ad essere un prodotto di enorme successo. La centralina FINE-LUBE è stata modificata nel tempo, in modo da poter essere utilizzata in diverse macchine utensili, diventando nel tempo un prodotto sicuro in termini di prestazioni ed affidabilità.

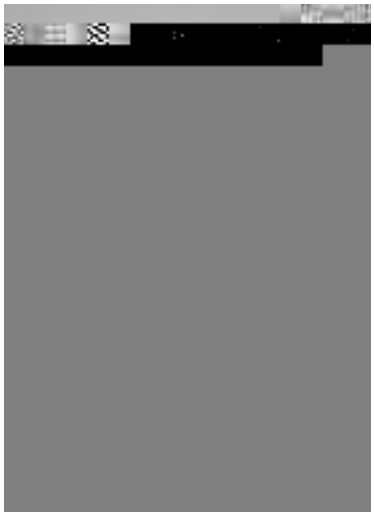
La centralina FINE LUBE risulta essere uno dei prodotti di maggiore successo nel mercato della lubrificazione aria-olio. Questa unità garantisce la lubrificazione aria-olio attraverso un impianto equipaggiato con una pompa, una valvola di miscelazione ed un'unità di comando. L'affidabilità è ulteriormente garantita dalla presenza di dispositivi di sicurezza.

### Precauzioni

" Utilizzare aria compressa pulita e secca ad una pressione pari a 0,2~0,4 MPa.
" Utilizzare olio pulito e nuovo con una viscosità superiore o uguale a ISO VG 10. Prestare la massima attenzione per evitare qualsiasi possibile contaminazione dell'olio, che potrebbe ridurre la durata dell'apparecchiatura e dei cuscinetti.
" Prestare molta attenzione nella scelta dei tubi dell'olio da utilizzare tra la pompa e le valvole di miscelazione. Contattare NSK nel caso in cui i tubi dell'olio superassero i 5 m di lunghezza.
" I tubi dell'olio dalla valvola di miscelazione al mandrino dovrebbero avere una lunghezza compresa tra 1,5 e 5 metri.

## " Unità Pompa OAEG



Designazione dei modelli:
OAEG (con controller)
OAEG-N (senza controller)

- Lubrificazione: olio per mandrino ad alta velocità
- Alimentazione: 100V
- Capacità del serbatoio: 2,7 litri
- Livello effettivo dell'olio: 1,7 litri

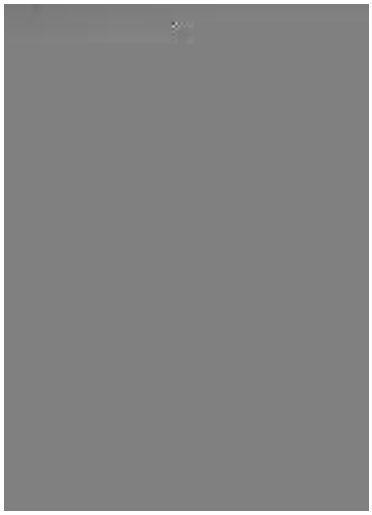
### Caratteristiche

" L'unità OEAG è dotata di un'innovativa pompa ad ingranaggi a bassa viscosità (range di viscosità dell'olio in esercizio: da 10 a 68 cSt).
" Un controller speciale viene utilizzato per impostare gli intervalli di lubrificazione a 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64 o 128 minuti.
" I dispositivi di sicurezza standard comprendono:
(1) Indicatore di livello dell'olio
(2) Spia di avvertimento mancanza alimentazione
(3) Pressostato aria
(4) Pressostato olio

" !Componenti della pompa: controller, pressostato aria, pressostato olio ed indicatore di livello.

NSK può fornire anche un'unità pompa decisamente più economica, con marchio di approvazione CE.
La pompa potrà essere controllata unicamente dal controller originale o da un sequenziatore.

## " Valvola di Miscelazione MVX



### Caratteristiche

" Utilizza un controllo a pistone per scaricare piccole e ben definite quantità d'olio.
" E' possibile selezionare quantità pari a 0.01, 0.03 e 0.06 $cm^3$ per ogni corsa.
" Migliore capacità di spurgo dell'aria rispetto alle valvole di miscelazione tradizionali MVA.
" Il numero di uscite e le quantità scaricate possono essere selezionate in funzione delle specifiche necessità.

| Modello | Numero di valvole | L | A | P | B |
|---|---|---|---|---|---|

## " Componenti Opzionali

### Controller

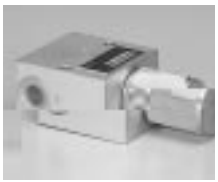
" Il controller permette di monitorare il funzionamento della pompa. Un allarme viene attivato alla prima indicazione di anomalia nella lubrificazione ed è possibile arrestare immediatamente il mandrino della macchina utensile.
" Un display a LED assiste l'utente nel rilevamento delle sette diverse possibili modalità di guasto (in dotazione su OAEG)



### Filtro dell'Olio

OAV-02/03

" I filtri permettono di rimuovere anche le piccolissime particelle estranee sospese nell'olio.
" Sono disponibili due modelli: 3$\mu$m e 20$\mu$m di filtraggio.



### Pressostato

OAG

" Controlla gli aumenti della pressione dell'aria e dell'olio, oltre che qualsiasi caduta di pressione dell'olio (in dotazione su OAEG).



### Valvola di Spurgo dell'Aria

OAV-01

" La valvola facilita lo spurgo dell'aria dopo aver scollegato i condotti dell'olio per la manutenzione della centralina.





# Guida

*Capitolo 5*

# 1. DURATA

## Durata a Fatica e Capacità di Carico

### Durata del Cuscinetto

Le diverse funzioni richieste ad un cuscinetto volvente variano in relazione alle applicazioni e devono essere garantite per un lungo periodo di tempo. Anche se i cuscinetti sono montati con cura ed operano correttamente, nel tempo può verificarsi un decadimento delle loro prestazioni dovuto ad una diminuzione della precisione di rotazione, un deterioramento del lubrificante oppure uno sfaldamento per fatica delle superfici di rotolamento, evidenziati da un aumento del livello di rumorosità e vibrazioni. La “durata del cuscinetto”, nel senso più ampio del termine, corrisponde al periodo durante il quale il cuscinetto continua a funzionare ed è in grado di svolgere in

## Carico Dinamico Equivalente

Solo in alcuni casi i carichi applicati sui cuscinetti risultano puramente radiali o assiali; nella maggior parte dei casi, infatti si tratta di una combinazione di entrambi. In relazione al fatto che tali carichi generalmente variano per intensità e direzione, non si possono utilizzare i carichi realmente applicati ai cuscinetti per determinare la durata nominale dei cuscinetti stessi. Si deve quindi

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

# 1. DURATA

## Calcolo della Durata di un Gruppo di Cuscinetti in Disposizione Multipla

Quando vengono utilizzati più cuscinetti nella stessa macchina, la durata a fatica dei singoli cuscinetti può essere determinata se si conosce il carico agente sui singoli cuscinetti. In generale, però, la macchina non funziona se uno dei cuscinetti si guasta. Potrebbe essere quindi necessario in alcuni casi conoscere la durata a fatica di un gruppo (set) di cuscinetti utilizzati nella stessa macchina. La durata a fatica dei cuscinetti varia molto e l'equazione per il calcolo della durata a fatica permette di determinare il 90% della durata, detta anche "durata a fatica nominale", che rappresenta o il numero dei giri o delle ore che possono raggiungere il 90% di un certo numero di cuscinetti simili sottoposti alle medesime condizioni di esercizio.
In altre parole, la durata a fatica calcolata per un cuscinetto ha una probabilità pari al 90%. Dato che la probabilità di durata di un gruppo di cuscinetti multipli per un dato periodo è rappresentata dal prodotto della probabilità di durata dei singoli cuscinetti per lo stesso lasso di tempo, la durata a fatica nominale di un gruppo di cuscinetti multipli non è determinata unicamente dalla durata a fatica nominale più breve tra i singoli cuscinetti. Infatti, la durata del gruppo è decisamente inferiore alla durata del singolo cuscinetto con la durata a fatica minore. Supponendo che la durata a fatica nominale di cuscinetti singoli corrisponda a $L_1$, $L_2$, $L_3$ ...$L_n$ e che la durata a fatica nominale dell'intero gruppo di cuscinetti corrisponda a L, si otterrà l'equazione riportata in seguito:

dove e = 1,1 (sia per cuscinetti a sfere, che per cuscinetti a rulli)

## Calcolo della Durata di Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo Precaricati

Per stabilire le componenti totali del carico radiale ($F_r$) e del carico assiale ($F_a$) su ogni cuscinetto in una disposizione multipla di cuscinetti a sfere a contatto obliquo precaricati, è necessario tenere conto del carico radiale ($F_{re}$

Quando $F_{a2}<0$ non c'è precarico e pertanto $F_{a1} = F_{ao}$ e $F_{a2} = 0$

La componente radiale complessiva del carico ($F_r$) su ogni cuscinetto è proporzionale al rapporto del carico assiale su ogni cuscinetto rispetto al carico assiale totale, in cui ogni componente è elevato alla potenza 2/3:

Il carico radiale equivalente dinamico ($Pr_1$) e ($Pr_2$) per ogni cuscinetto è calcolato in base alle seguenti formule:

$$P_{r1}=XF_{r1}\square YF_{a1}$$
$$P_{r2}=XF_{r2}\square YF_{a2}$$

I valori di X ed Y sono ricavati dalla tabella 1.1 (pagina 121).
La durata nominale a fatica ($L_{10}$) di ogni cuscinetto corrisponde a:

I due cuscinetti devono essere considerati un gruppo e, conformemente alla teoria della probabilità, la durata della coppia di cuscinetti risulterà inferiore rispetto alla minore delle durate nominali dei singoli cuscinetti. Di conseguenza:

Con carico radiale esterno ($F_{re}$), il precarico totale ($F_{ap}$) è il seguente:

| | | |
|---|---|---|
| se | $F_{ap1}<F_{ao}/2$ | utilizzare $F_{ap1}= F_{ao}/2$ |
| e | $F_{ap2}<F_{ao}$ | utilizzare $F_{ap2}= F_{ao}$ |

La componente assiale totale del carico ($F_{a1}$ e $F_{a2}$) agente su ogni cuscinetto soggetto a carico assiale è la seguente:

$$F_{a1}=0.4F_{ae}\square F_{ap1}$$
$$F_{a2}=F_{ap2}\square 0.2F_{ae}$$

Se $F_{a2}<0$ il precarico viene annullato e quindi

La componente radiale totale del carico ($F_r$) agente su ogni cuscinetto è la seguente:

# 1. DURATA

## Nuova Teoria della Durata

### Introduzione

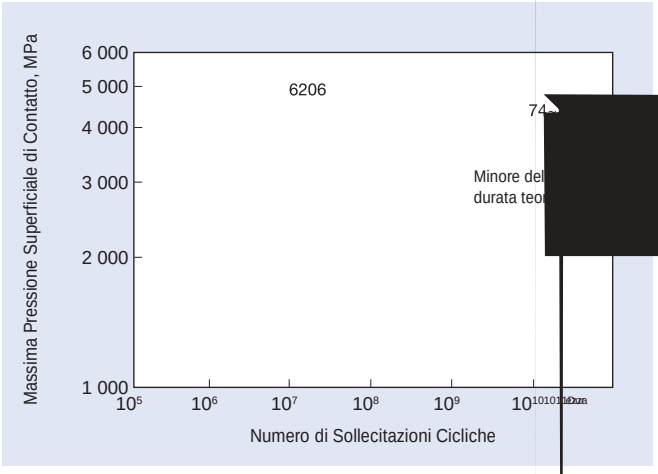
La tecnologia di produzione dei cuscinetti ha compiuto passi da gigante recentemente, soprattutto per quanto riguarda la precisione dimensionale e la purezza dei materiali. Di conseguenza i cuscinetti possono ora avere una durata a fatica decisamente superiore, in ambienti più puliti, rispetto alla durata ottenuta con la formula tradizionale ISO per il calcolo della durata.
Questa maggiore durata dipende anche dai notevoli progressi riscontrati nella tecnologia di utilizzo dei cuscinetti, quali la migliore pulizia e filtraggio del lubrificante.

La formula tradizionale per il calcolo della durata, basata sulle teorie di G. Lundberg e A. Palmgren (in seguito detta teoria L-P), considera unicamente la sfaldatura originata sotto la superficie.
Si tratta di un fenomeno in cui cricche e sfaldature si generano, inizialmente per tensioni dinamiche di taglio, immediatamente sotto la superficie di rotolamento e poi progressivamente raggiungono la superficie sotto forma di sfogliature.

La nuova formula NSK prevede che la durata a fatica rappresenti la somma degli effetti combinati della sfaldatura, che ha origine sotto la superficie, e della sfogliatura, che si origina simultaneamente sulla superficie di rotolamento.

## Nuova Formula NSK per il Calcolo della Durata

(1) Sfaldatura sub-superficiale
Una condizione necessaria affinché si verifichi la sfaldatura sub-superficiale dei cuscinetti volventi è rappresentata dal contatto dei




Il nuovo metodo di calcolo NSK considera la tendenza dei risultati delle prove di durata in condizione di lubrificante pulito ed a basso carico. In base a questi risultati, la nuova equazione della durata è una funzione di $(P\text{-}P_u)/C$, che è influenzato dalle specifiche condizioni di lubrificazione identificate dai parametri della lubrificazione stessa. Si ipotizza inoltre che gli effetti dei diversi tipi e forme di particelle contaminanti siano pesantemente influenzati dai carichi agenti sul cuscinetto e dalle condizioni di lubrificazione, e che tale rapporto possa essere espresso in funzione del carico.
Questa relazione per il nuovo calcolo della durata è de
pertanto dalla formula $(P\text{-}P_u)/C \bullet 1/a_c$.
La formula per il calcolo della fatica superficiale, in base al concetto espresso in precedenza, è la seguente:

Il fattore di contaminazione $a_c$ è riportato nella tabella 1.3, al variare della pulizia del lubrificante. I risultati delle numerose prove di durata su cuscinetti a sfere e su cuscinetti a rulli, mostrano che

pista di rotolamento compaiono incisi
danneggiamento che ne consegue può pr
fino allo sfaldamento. I risultati delle
numerosi cuscinetti a sfere ed a ru
contaminata, mostrano una du
1/10 della durata calcolata
In base a questi risultati
per la nuova teoria d
cinque livelli.

(3) Nuova
Per q
p

$$L_{able} = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot L_{10}$$

*dove V = ammontare della sollecitazione*

## Fattore di Correzione della Durata $a_{NSK}$

Il fattore di correzione della durata $a_{NSK}$ è funzione del parametro di lubrificazione $(P\text{-}P_u) / C \bullet 1/a_c$ come illustrato in seguito:

La nuova teoria NSK sulla durata a fatica considera la durata come un'estensione dell'effetto delle migliorie a livello di materiale e di trattamento termico, correggendo il fattore di contaminazione $a_c$. Questa teoria utilizza anche il rapporto di viscosità *k (k = v/v₁,* dove *v* rappresenta la viscosità operativa e $v_1$ la viscosità richiesta), poiché il parametro di lubrificazione $a_L$ cambia in funzione dello strato di olio, a seconda del lubrificante e della temperatura di esercizio. La teoria indica che migliori sono le condizioni di lubrificazione (*k più elevato*), maggiore sarà la durata.

Le figure 1.4 e 1.5 mostrano i diagrammi del fattore di correzione $a_{NSK}$ in funzione della nuova formula di calcolo della durata. In questa nuova formula, inoltre, si considerano separatamente il contatto puntiforme o il contatto lungo una linea, rispettivamente per i cuscinetti a sfere e per i cuscinetti a rulli.

## Nuova Formula di Calcolo della Durata $L_{ABLE}$

Il concetto alla base della nuova formula di calcolo della durata è ulteriormente semplificato in un fattore, come illustrato chiaramente nella formula seguente, in cui la tradizionale formula di calcolo della durata ($L_{10}$) è moltiplicata per un fattore di correzione ($a_{NSK}$) e per oTD 0.0499 Tc (0 T53 0.ata è)Tj T* 0.38 mc558 Tm 0 TD *6a054 (mk[() P0nne 1.a49 Twula02 Tc 0412MrTj 3.11ata9Tc (NSK

## Durata dei Cuscinetti per Alta Velocità

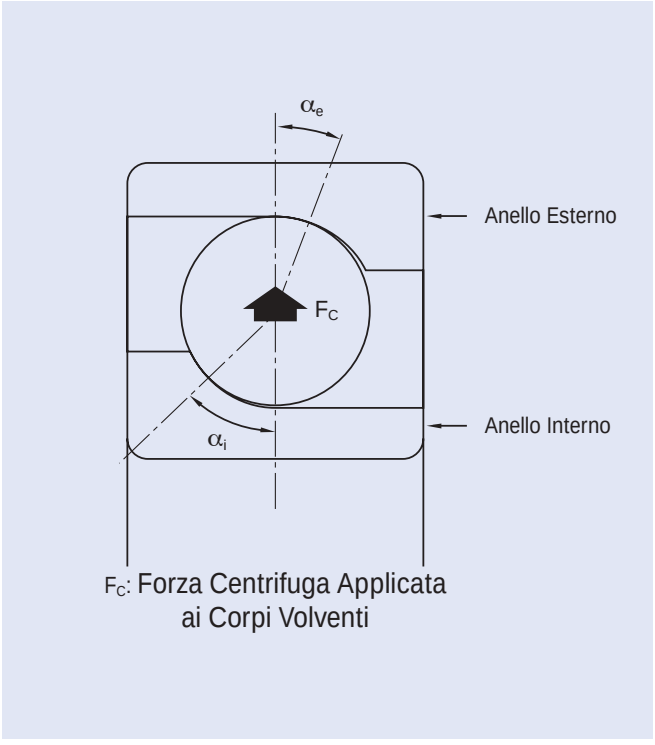
Quando i cuscinetti funzionano ad alta velocità, oltre al carico esterno è da considerare anche il carico interno generato dalla forza centrifuga che agisce sui corpi volventi.
Si dovrebbe utilizzare un computer per calcolare le condizioni di carico sui cuscinetti che funzionano ad alta velocità (oltre 800.000 $d_m n$).
E' possibile ottenere un equilibrio tra le forze che agiscono sui corpi volventi e sugli anelli interno/esterno, così come il cambiamento dell'angolo di contatto, utilizzando metodi di calcolo di convergenza (1), in base alle condizioni di carico sul cuscinetto (carico radiale, carico assiale, forza centrifuga sui corpi volventi, ecc.).

La durata viene inizialmente calcolata su ogni singolo corpo volvente sotto carico tra l'anello interno e l'anello esterno, e successivamente si ottiene la durata di ogni singola corona di sfere o rulli.

(1) Il metodo di calcolo di convergenza permette a NSK di calcolare con buona precisione la forza centrifuga sulle sfere e di effettuare con efficacia i calcoli del carico su ogni corpo volvente.

Per i calcoli della durata sui cuscinetti utilizzati per applicazioni ad alta velocità, contattare NSK.

Figura 1.6 Variazione dell'Angolo di Contatto a Causa della Forza Centrifuga




## Durata dei Cuscinetti Ibridi in Ceramica

I valori $C_r$, $C_{or}$ e di durata $L_{10}$ non esistono nella norma ISO281 per i cuscinetti con corpi volventi in ceramica. Tuttavia, la durata dei cuscinetti con corpi volventi in ceramica tende ad essere maggiore della durata dei cuscinetti in acciaio, a parità di condizioni di esercizio.
Questo vale soprattutto per applicazioni in cui la forza centrifuga agente sui cuscinetti risulta essere particolarmente significativa.

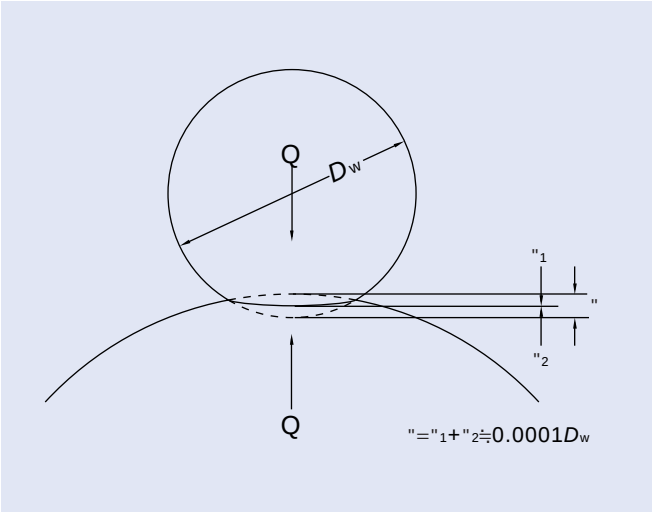
# 2. CAPACITA' DI CARICO STATICO E CARICO STATICO EQUIVALENTE

## Capacità di Carico Statico

Se sottoposti ad un carico eccessivo che superi il limite elastico o ad un carico d'urto eccessivo, i cuscinetti volventi possono subire una deformazione permanente locale dei corpi volventi e della superficie della pista di rotolamento. La deformazione non elastica aumenta per area e per profondità all'aumentare del carico e, quando il carico supera un dato limite, il cuscinetto non è più in grado di ruotare in modo regolare.
Il valore nominale della capacità di carico statico è definito come quel carico statico che produce le seguenti sollecitazioni da contatto calcolate al centro dell'area di contatto tra il corpo volvente sottoposto alla massima sollecitazione di carico e la pista di rotolamento.

Per cuscinetti a sfere : 4200MPa
Per cuscinetti a rulli : 4000MPa

Nel punto sottoposto al maggior carico di contatto, la somma delle deformazioni permanenti del corpo volvente e della pista di rotolamento risulta pari a circa 0,0001 volte il diametro del corpo volvente. Il valore nominale della capacità di carico statico $C_o$ corrisponde a $C_{or}$ per i cuscinetti radiali ed a $C_{oa}$ per i cuscinetti assiali. Tali valori sono indicati nelle tabelle dei cuscinetti.




## Carico Statico Equivalente

Si definisce carico statico equivalente quel carico ipotetico che produce una sollecitazione da contatto corrispondente alla sollecitazione massima prima menzionata nelle condizioni reali di funzionamento. Se non vi sono anche carichi assiali applicati, nel caso di cuscinetti radiali il carico statico radiale che passa attraverso il centro del cuscinetto può essere considerato come il carico statico equivalente31jnalogamente, il carico statico assiale nella direzione che coincide con l'asse del cuscinetto, può essere considerato come il carico statico equivalente per i cuscinetti assiali.

### Carico Statico Equivalente nei Cuscinetti Radiali

Nel caso invece vi fossero applicati sul cuscinetto sia carichi radiali che assiali, il più alto dei due valori ottenuti dalle seguenti equazioni dovrà essere adottato come carico statico equivalente sui cuscinetti radiali:

$$P_o = X_o F_{rP}$$
$$_o = F_r$$

### Carico Statico Equivalente nei Cuscinetti Assiali

$$P_o = X_o F_r + F_a \quad \square \; ! \; 90^\circ$$

dove

$P_o$ : Carico statico equivalente (N)
$F_r$ : Carico radiale (N)
$F_a$ : Carico assiale (N)
$X_o$ : Fattore di carico radiale statico
$Y_o$ : Fattore di carico assiale statico

Nel caso di cuscinetto singolo o con disposizione DT quando $F_r > 0.5F_{r1} \square Y_o F_a$, considerare $P_o = F_r$

### Fattore di Carico Statico Ammissibile

Il carico statico equivalente ammissibile varia a seconda della capacità di carico statico del cuscinetto ma anche a seconda del tipo di applicazione e delle condizioni di esercizio. Il fattore di carico statico ammissibile è un fattore di sicurezza con cui si corregge la capacità di carico statico ed è definito dal rapporto indicato nella seguente equazione:

$$f_S = (C_o / P_o)$$

dove

$C_o$: Capacità di carico statico (N)
$P_o$: Carico statico equivalente (N)

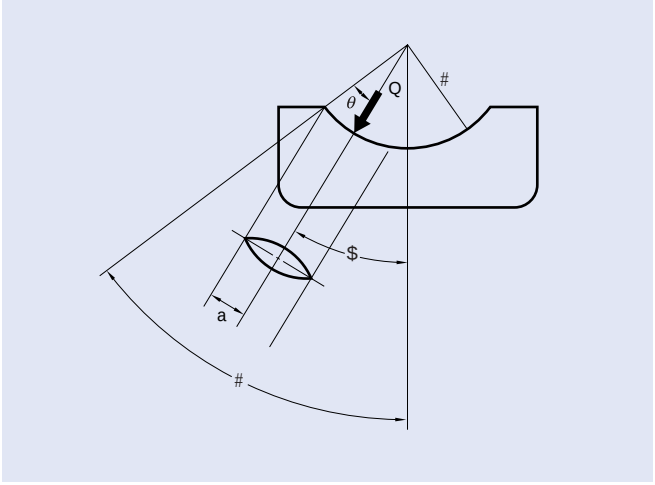
## Carichi Assiali Ammissibili

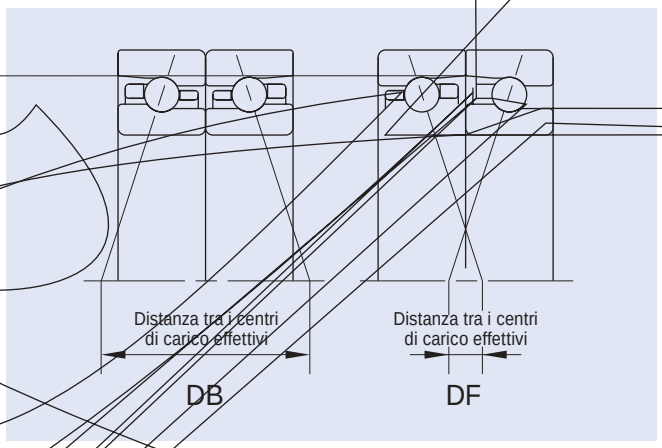
Per ottimizzare le prestazioni dei cuscinetti, NSK ha definito statisticamente (vedi catalogo) i carichi assiali ammissibili per ogni tipologia di cuscinetto, basandosi sulle due seguenti condizioni:

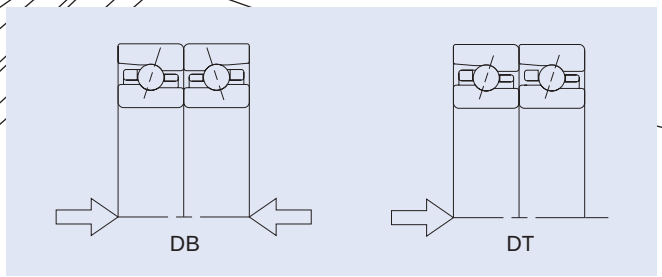
1 - il carico in corrispondenza del quale l'ellisse di contatto, che si genera dal contatto tra la sfera e la pista di rotolamento, rimane all'interno della pista di rotolamento, nonostante il cambiamento dell'angolo di contatto dovuto all'azione del carico assiale applicato sul cuscinetto.
2 - il carico statico equivalente $P_o$ che è determinato partendo dal valore nominale della capacità di carico statico $C_o$ ed utilizzando il fattore di carico assiale statico $Y_o$.

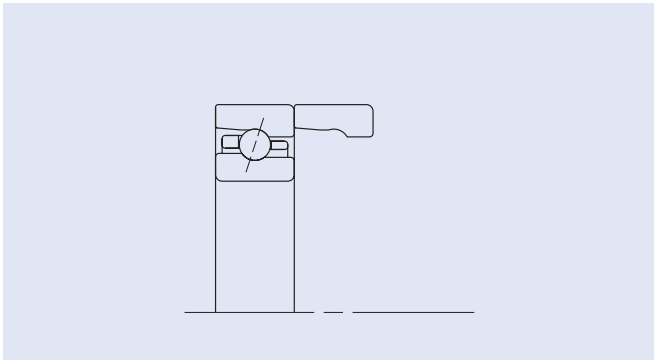
Il valore minore tra le due condizioni sopra descritte risulta essere il carico assiale ammissibile.
Questo valore è il risultato dell'esperienza acquisita da NSK ed include un fattore di sicurezza. Per quanto riguarda i carichi assiali ammissibili, fare riferimento alle tabelle relative ai cuscinetti.

Fig. 2.2 Ellisse di Contatto e Carico Assiale Ammissibile




Distanza tra i centri
di carico effettivi
Distanza tra i centri
di carico effettivi
DB
DF


DB
DT



## Confronto della Flessione dell'Albero tra le Disposizioni Dorso a Dorso e Faccia a Faccia

La rigidezza di una disposizione Dorso a Dorso è diversa da quella di una disposizione Faccia a Faccia, come di seguito illustrato nell'esempio relativo al calcolo della flessione dell'albero. In questo esempio sono stati considerati, come supporti sul naso mandrino, cuscinetti a sfere a contatto obliquo tipo 75BNR10XET. Le flessioni dell'albero sono illustrate per le configurazioni DB e DF. Quando viene applicato un carico radiale pari a 1000N sul naso del mandrino, i cedimenti radiali su tale punto possono essere calcolati come segue.

$\delta_{DB} = 2.4079 \times 10^{-2}$

$\delta_{DF} = 2.9853 \times 10^{-2}$

Questo dimostra gli importanti effetti sulla flessione del mandrino della disposizione DB rispetto a quella DF.

Istruzioni di Montaggio per i Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo – Metodo di Disposizione.

## Direzione della Disposizione

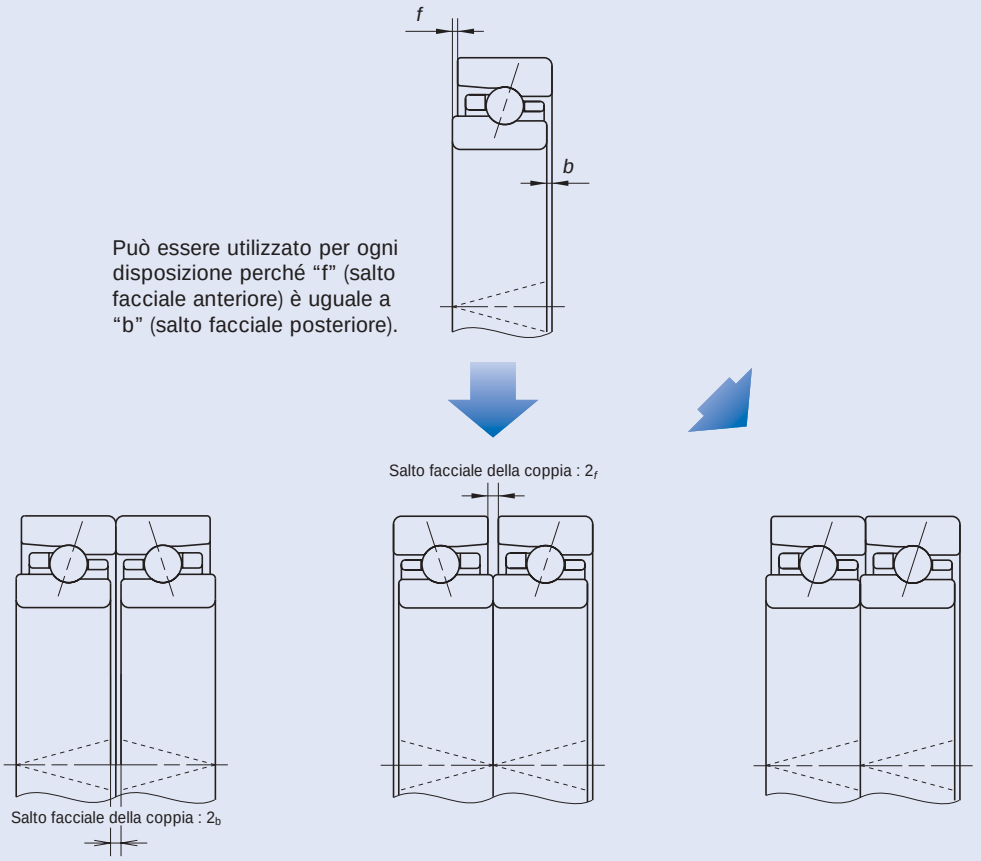
Per cuscinetti disposti in gruppo, l'ordine di montaggio e la direzione di applicazione del carico risultano particolarmente importanti. Sulla superficie del diametro esterno dell'anello esterno cuscinetti è riportata una "V" d'allineamento, come illustrato nella figura 3.6. Affinché i cuscinetti siano correttamente disposti ed allineati, le incisioni sui diametri esterni devono formare una "V" unica per tutti i cuscinetti del gruppo.

Il simbolo "O" presente sul fianco dell anello interno coincide con il punto di massima eccentricità. Per ottenere la massima precisione di rotazione, tale punto deve essere disposto a 180° rispetto al punto di massima eccentricità dell'albero.

# 3. DISPOSIZIONI DI CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

## Disposizione Universale

NSK fornisce anche cuscinetti a sfere a contatto obliquo per disposizioni universali, chiamati singoli universali (SU) o coppie universali (DU). Questi cuscinetti hanno lo stesso salto facciale su entrambe le facce. Ciò significa che qualsiasi possa essere la disposizione, una volta accoppiati tra di loro il precarico prestabilito si divide equamente ed in modo automatico tra i cuscinetti componenti la coppia, la terna, la quaterna, etc. Ovviamente, tali cuscinetti devono avere lo stesso codice prodotto. Per i cuscinetti singoli universali è prevista una “V” d’allineamento sulla superficie del diametro esterno dell’anello esterno, che permette di identificare il verso di disposizione dei cuscinetti impedendo così possibili errori, oltre che indicare la direzione dell’angolo di contatto.




### Disposizione DB

Il precarico viene generato dal salto facciale posteriore x 2 = 2b (= 2f) e corrisponde al valore di precarico prestabilito per ogni livello di precarico prescelto EL, L, M, H.

### Disposizione DF

Il precarico viene generato dal salto facciale anteriore x 2 = 2f (= 2b) e corrisponde al valore di precarico prestabilito per ogni livello di precarico standard prescelto EL, L, M, H.

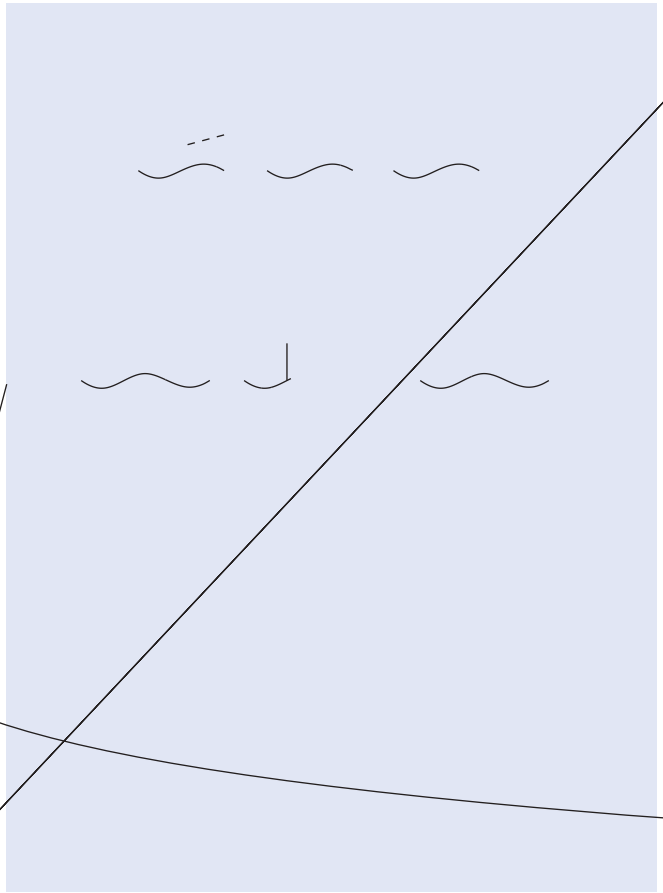
### Disposizione DT

Non si crea alcun precarico perché i salti facciali tra i due cuscinetti sono uguali (“f” coincide a “b”). Tale situazione si verifica con i cuscinetti aventi disposizione DT.

## Differenza tra Cuscinetti SU e DU

Esistono due tipi di cuscinetti a disposizione universale NSK, come illustrato nella seguente tabella.

Unità : $\mu$m



# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

Per quanto riguarda la rigidezza dei mandrini delle macchine utensili, è possibile pensare ai cuscinetti come a delle molle. Quando si applica un carico assiale sul mandrino, il cedimento assiale è determinato dalla rigidezza assiale del gruppo di cuscinetti bloccati assialmente. Quando è applicato un carico radiale sull'albero, la maggiore flessione radiale è dovuta alla flessione dell'albero stesso; tuttavia, non deve essere ignorata anche la deformazione dei cuscinetti.
Quando è richiesta una elevata rigidezza radiale, buona norma utilizzare cuscinetti a rulli cilindrici. I carichi assiali, invece sono sostenuti da cuscinetti a sfere a contatto obliquo. Maggiore è l'angolo di contatto dei cuscinetti a contatto obliquo, maggiore è la rigidezza assiale. A parità di dimensioni esterne, i cuscinetti con un maggior numero di corpi volventi (serie standard 70 e 79, oppure serie ROBUST BNR10 o BNR19) presentano una maggiore rigidezza, anche se il diametro dei loro corpi volventi è minore.
Per aumentare la rigidezza del mandrino della macchina utensile, solitamente i cuscinetti vengono utilizzati precaricati; ma se il precarico `e eccessivamente elevato è possibile che si manifesti un prematuro sfaldamento delle piste di rotolamento e persino il grippaggio dei cuscinetti. Molti utilizzatori aumentano la rigidezza adottando una combinazione di due o più cuscinetti a contatto obliquo. Questo vale soprattutto per i cuscinetti per supporto di viti a ricircolo di sfere, dove è richiesta una elevata rigidezza assiale e dove l'angolo di contatto ed il precarico sono maggiori rispetto ai cuscinetti per mandrini. In queste applicazioni i carichi assiali sono sostenuti solitamente da almeno due o tre cuscinetti.

## Finalità del Precarico

Gli scopi principali per cui si precaricano i cuscinetti di un mandrino per macchina utensile sono i seguenti:

- Migliorare e mantenere la precisione di rotazione dell'albero
- Aumentare la rigidezza del cuscinetto
- Diminuire la rumorosità provocata dalle vibrazioni assiali e dalla risonanza
- Evitare il fenomeno di falsa brinellatura
- Prevenire lo slittamento dei corpi volventi sulle piste di rotolamento
- Mantenere i corpi volventi nella loro corretta posizione.

Solitamente viene applicato un precarico ai cuscinetti utilizzando due o più cuscinetti accoppiati tra loro, come nel caso dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo o dei cuscinetti a rulli conici. I cuscinetti a rulli cilindrici possono invece essere precaricati rendendo negativo il loro gioco radiale interno.

## (1) Precarico Rigido

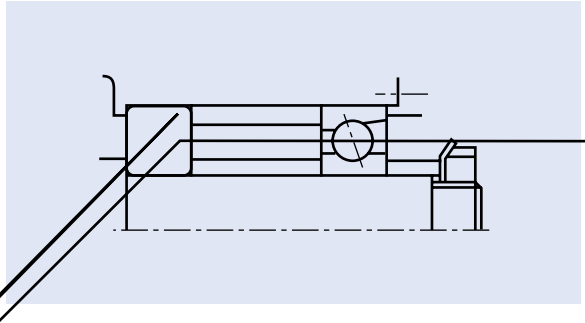
Un precarico rigido si ottiene bloccando due cuscinetti assialmente opposti tra loro, in una posizione che rimane inalterata anche durante l'esercizio. In pratica, per ottenere un precarico rigido generalmente si adottano i tre seguenti metodi:

1. Installando una serie di cuscinetti accoppiabili con salto facciale e gioco assiale predefinito
2. Utilizzando distanziali o spessori aventi dimensioni tali da ottenere la spaziatura ed il precarico richiesti (vedere la figura 4.1)

3.1. Utilizzando ghiere di bloccaggio o rasamenti con viti per consentire la regolazione del precarico assiale. In questo caso, per verificare che il precarico sia corretto, deve essere misurata la coppia di spunto.

Le difficoltà legate a tale operazione, con conseguente elevato rischio di generare disallineamento verticale (tilting) tra i cuscinetti, non rendono consigliabile questo metodo in applicazioni per mandrini di macchine utensili di alta precisione.

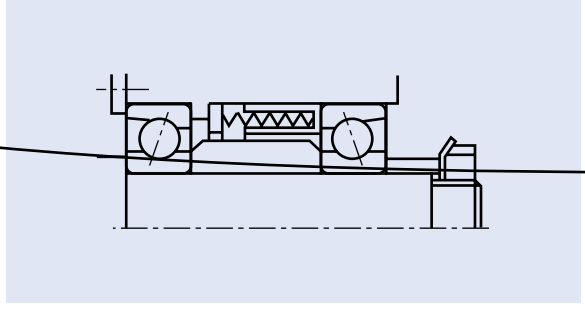
Figura 4.1 – Precarico Rigido



## (2) Precarico Costante

E' possibile ottenere un precarico costante utilizzando un sistema di molle.
Anche se la posizione relativa dei cuscinetti dovesse cambiare al variare delle condizioni di funzionamento, il precarico rimarrà costante. In figura 4.2 è illustrato un esempio di disposizione di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per applicazioni ad alta velocità.

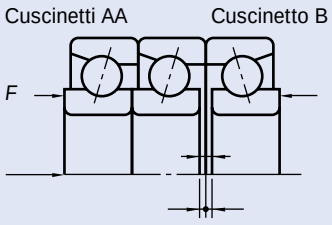
Figura 4.2 – Precarico Costante

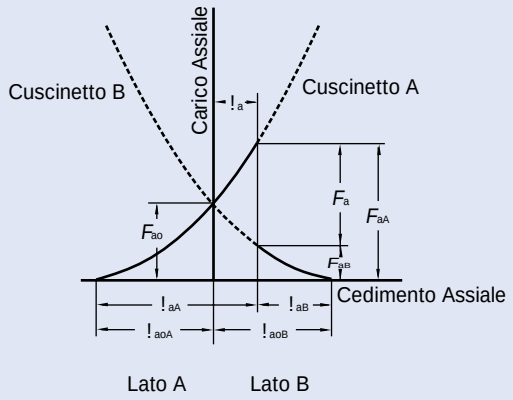


## Variazione della Rigidezza attraverso il Precarico

### Precarico Rigido e Rigidezza Assiale

Quando una coppia di cuscinetti universali A e B vengono bloccati assialmente come illustrato nella figura 4.3, gli anelli interni vengono spostati di $\delta_{aoA}$ e $\delta_{aoB}$ e portati a contatto eliminando lo spazio assiale $\delta_{ao}$ originariamente esistente tra le facce degli anelli interni. Imponendo questa condizione, viene generato un precarico $F_{ao}$ su ogni cuscinetto. La relazione tra il carico assiale Fa ed il cedimento di una coppia di cuscinetti è illustrata nella figura 4.4. Le figure 4.5 e 4.6 illustrano lo stesso concetto ma per una disposizione in terna DBD.



## Precarico Costante e Rigidezza Assiale

La figura 4.7 illustra una coppia di cuscinetti universali con precarico costante. La curva del cedimento della molla è quasi parallela all'asse orizzontale. Ciò deriva dal fatto che la rigidezza delle molle risulta inferiore alla rigidezza dei cuscinetti. Come conseguenza, la rigidezza con precarico costante corrisponde circa alla rigidezza di un singolo cuscinetto con un precarico Fao applicato.

La figura 4.8 confronta la rigidezza di un cuscinetto con precarico rigido con quella di un cuscinetto con precarico costante.

Figura 4.7 – Cedimento Assiale con Precarico Costante

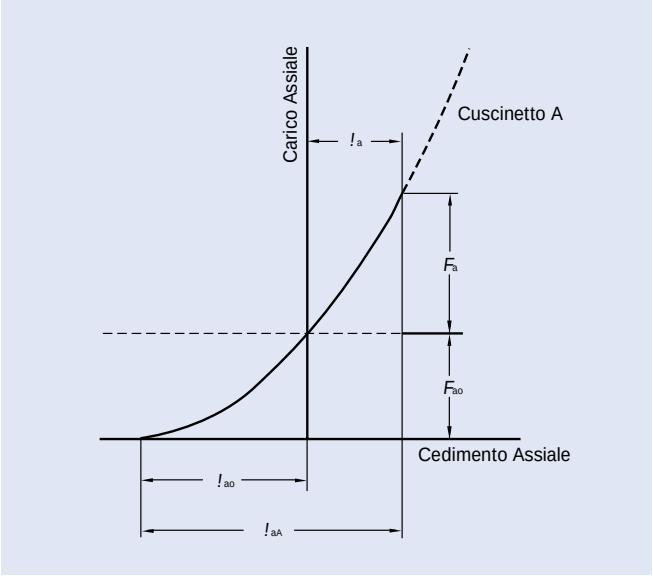
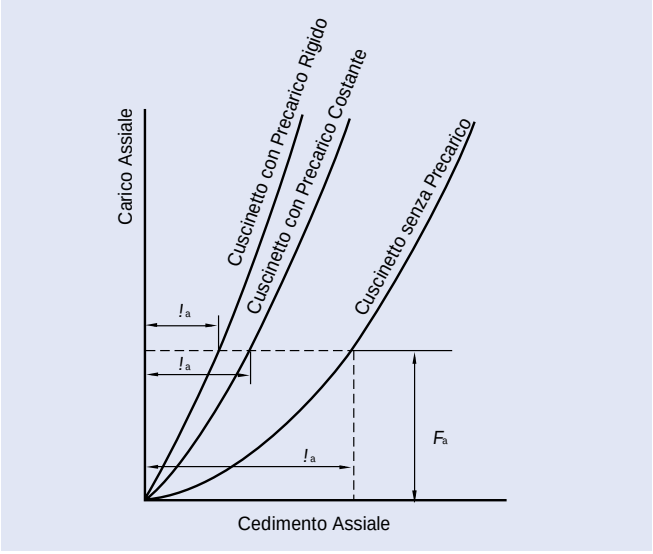



Figura 4.8 – Confronto tra Rigidezza e Precarico




## Confronto tra i Metodi di Precarico

Il precarico rigido ed il precarico costante possono essere confrontati come segue:

(1) A parità di precarico applicato, il precarico rigido offre una maggiore rigidezza del cuscinetto. In altre parole, il cedimento in presenza di carichi esterni è inferiore nel caso di cuscinetti con precarico rigido.

(2) In caso di precarico rigido, il precarico varia a seconda di fattori quali la differenza di espansione termica assiale dovuta ad una differenza di temperatura tra l'albero e l'alloggiamento, una differenza di espansione termica radiale dovuta ad una differenza di temperatura tra l'anello interno ed esterno, un cedimento dovuto al carico esterno. Con il precarico costante è possibile ridurre al minimo queste variazioni di precarico, poiché la variazione del precarico generato dalla compressione o distensione delle molle in seguito all'espansione o contrazione dell'albero, risulta del tutto trascurabile.

Dalla precedente spiegazione si deduce che, come regola generale, i precarichi rigidi sono preferibili per aumentare la rigidezza, mentre i precarichi costanti sono più adatti per le applicazioni ad alta velocità.

## Valore del Precarico

Un precarico maggiore genera una maggiore rigidezza. Tuttavia, se il precarico risultasse eccessivo, verrebbe generato un calore anomalo che ridurrebbe la durata a fatica del cuscinetto. Nei casi estremi potrebbe anche prodursi un'eccessiva usura e persino un grippaggio. Quindi, il valore del precarico deve essere attentamente selezionato in funzione del tipo di applicazione e delle condizioni di esercizio.

## Mandrini ad Alta Velocità e Precarico

Quando i cuscinetti ruotano ad alta velocità, la pressione specifica sulla superficie di contatto tra le sfere e le piste di rotolamento

una differ

denti sono p360netto. Nei0014 7Tc nata a faTc -0.0104avee i , vanduco1587 Tw [(

(*) Il diametro 10 mm è incluso

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

## Precarico e Rigidezza (accoppiamenti DB e DF)

### Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Standard)

**Calcolo della rigidezza radiale**
Moltiplicare il valore della rigidezza assiale per i fattori in tabella A

Tabella A

| | EL | L | M | H |
|---|---|---|---|---|
| 15º | 6.5 | 6.0 | 5.0 | 4.5 |
| 18º | 4.5 | | | |
| 25º | 2.0 | | | |
| 30º | 1.4 | | | |
| 40º | 0.7 | | | |

### Serie 79, Angolo C
### Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio e Sfere in Ceramica*

| Codice foro | Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/µm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/µm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/µm) | H Precarico (N) | H Rigidezza assiale (N/µm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 10 | 7,0 | (5) 10 | 15 | (2) 14 | 29 | (-1) 19 | 59 | (-6) 27 |
| 01 | 12 | 8,6 | (4) 12 | 15 | (2) 16 | 39 | (-3) 24 | 78 | (-8) 34 |
| 02 | 15 | 12,0 | (3) 14 | 25 | (0) 20 | 49 | (-4) 26 | 100 | (-11) 38 |
| 03 | 17 | 12,0 | (3) 15 | 25 | (0) 20 | 59 | (-5) 30 | 120 | (-12) 43 |
| 04 | 20 | 19,0 | (1) 19 | 39 | (-3) 26 | 78 | (-8) 35 | 150 | (-15) 48 |
| 05 | 25 | 19,0 | (1) 21 | 39 | (-2) 28 | 100 | (-9) 43 | 200 | (-17) 61 |
| 06 | 30 | 24,0 | (0) 25 | 49 | (-3) 33 | 100 | (-8) 45 | 200 | (-16) 65 |
| 07 | 35 | 34,0 | (2) 29 | 69 | (-2) 39 | 150 | (-9) 55 | 290 | (-18) 78 |
| 08 | 40 | 39,0 | (1) 32 | 78 | (-3) 42 | 200 | (-12) 63 | 390 | (-22) 88 |
| 09 | 45 | 50,0 | (0) 37 | 100 | (-5) 50 | 200 | (-11) 66 | 390 | (-21) 94 |
| 10 | 50 | 50,0 | (0) 39 | 100 | (-4) 51 | 250 | (-13) 78 | 490 | (-24) 111 |
| 11 | 55 | 60,0 | (-1) 45 | 120 | (-5) 58 | 290 | (-15) 90 | 590 | (-26) 127 |
| 12 | 60 | 60,0 | (-1) 46 | 120 | (-5) 60 | 290 | (-15) 93 | 590 | (-25) 128 |
| 13 | 65 | 75,0 | (-2) 53 | 150 | (-7) 71 | 340 | (-16) 104 | 690 | (-27) 146 |
| 14 | 70 | 100,0 | (-4) 59 | 200 | (-10) 79 | 490 | (-22) 119 | 980 | (-36) 168 |
| 15 | 75 | 100,0 | (-4) 61 | 200 | (-9) 79 | 490 | (-21) 120 | 980 | (-35) 171 |
| 16 | 80 | 100,0 | (-4) 62 | 200 | (-9) 80 | 490 | (-21) 124 | 980 | (-34) 173 |
| 17 | 85 | 145,0 | (-6) 73 | 290 | (-14) 98 | 640 | (-25) 138 | 1 270 | (-41) 191 |
| 18 | 90 | 145,0 | (-3) 79 | 290 | (-9) 102 | 740 | (-23) 156 | 1 470 | (-39) 219 |
| 19 | 95 | 145,0 | (-3) 81 | 290 | (-9) 105 | 780 | (-24) 165 | 1 570 | (-40) 231 |
| 20 | 100 | 195,0 | (-5) 83 | 390 | (-13) 112 | 880 | (-28) 164 | 1 770 | (-46) 231 |
| 21 | 105 | 195,0 | (-5) 86 | 390 | (-13) 116 | 880 | (-27) 167 | 1 770 | (-45) 235 |
| 22 | 110 | 195,0 | (-5) 89 | 390 | (-13) 120 | 930 | (-27) 173 | 1 860 | (-45) 244 |
| 24 | 120 | 270,0 | (-8) 102 | 540 | (-17) 135 | 1 270 | (-35) 200 | 2 550 | (-56) 278 |
| 26 | 130 | 320,0 | (-10) 108 | 640 | (-20) 148 | 1 470 | (-38) 214 | 2 940 | (-61) 302 |
| 28 | 140 | 320,0 | (-10) 111 | 640 | (-19) 150 | 1 470 | (-37) 218 | 2 940 | (-60) 309 |
| 30 | 150 | 395,0 | (-7) 124 | 790 | (-19) 168 | 1 790 | (-41) 248 | 3 560 | (-68) 351 |
| 32 | 160 | 425,0 | (-8) 134 | 855 | (-19) 179 | 1 930 | (-39) 258 | 3 840 | (-64) 361 |
| 34 | 170 | 485,0 | (-9) 151 | 970 | (-20) 200 | 2 180 | (-40) 288 | 4 310 | (-65) 403 |
| 36 | 180 | 595,0 | (-12) 158 | 1 190 | (-25) 211 | 2 650 | (-48) 302 | 5 340 | (-78) 425 |
| 38 | 190 | 605,0 | (-12) 162 | 1 210 | (-25) 217 | 2 790 | (-49) 315 | 5 600 | (-79) 443 |
| 40 | 200 | 785,0 | (-16) 183 | 1 570 | (-31) 244 | 3 570 | (-58) 352 | 7 110 | (-92) 493 |

### Serie 79, Angolo A5
### Angolo di Contatto 25°, Sfere in Acciaio e Sfere in Ceramica*

| Codice foro | Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/µm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/µm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/µm) | H Precarico (N) | H Rigidezza assiale (N/µm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 10 | 9,8 | (2) 24 | 20 | (1) 31 | 49 | (-3) 44 | 100 | (-6) 59 |
| 01 | 12 | 16,0 | (1) 32 | 29 | (0) 38 | 59 | (-3) 52 | 120 | (-7) 70 |
| 02 | 15 | 16,0 | (1) 33 | 39 | (-1) 46 | 78 | (-4) 60 | 150 | (-9) 78 |
| 03 | 17 | 19,0 | (1) 34 | 39 | (-1) 46 | 78 | (-4) 62 | 150 | (-8) 81 |
| 04 | 20 | 29,0 | (0) 43 | 59 | (-3) 60 | 120 | (-6) 75 | 250 | (-12) 103 |
| 05 | 25 | 34,0 | (-1) 56 | 69 | (-3) 70 | 150 | (-7) 95 | 290 | (-12) 123 |
| 06 | 30 | 39,0 | (-1) 61 | 78 | (-3) 77 | 150 | (-6) 99 | 290 | (-11) 131 |
| 07 | 35 | 50,0 | (0) 70 | 100 | (-3) 94 | 250 | (-8) 127 | 490 | (-15) 170 |
| 08 | 40 | 60,0 | (-1) 72 | 120 | (-3) 97 | 290 | (-9) 139 | 590 | (-16) 182 |
| 09 | 45 | 75,0 | (-1) 87 | 150 | (-4) 114 | 340 | (-10) 160 | 690 | (-17) 207 |
| 10 | 50 | 75,0 | (-1) 94 | 150 | (-4) 124 | 390 | (-10) 175 | 780 | (-18) 235 |
| 11 | 55 | 100,0 | (-2) 112 | 200 | (-5) 144 | 440 | (-11) 198 | 880 | (-18) 263 |
| 12 | 60 | 100,0 | (-2) 117 | 200 | (-5) 150 | 440 | (-10) 198 | 880 | (-18) 267 |
| 13 | 65 | 100,0 | (-2) 125 | 200 | (-5) 161 | 490 | (-11) 223 | 980 | (-18) 289 |
| 14 | 70 | 145,0 | (-3) 138 | 290 | (-7) 183 | 690 | (-14) 249 | 1 370 | (-24) 334 |
| 15 | 75 | 145,0 | (-3) 142 | 290 | (-7) 188 | 740 | (-15) 267 | 1 470 | (-24) 347 |
| 16 | 80 | 170,0 | (-4) 156 | 340 | (-8) 203 | 780 | (-15) 274 | 1 570 | (-25) 367 |
| 17 | 85 | 220,0 | (-5) 172 | 440 | (-9) 229 | 980 | (-17) 306 | 1 960 | (-28) 396 |
| 18 | 90 | 245,0 | (-4) 188 | 490 | (-8) 253 | 1 080 | (-16) 340 | 2 160 | (-27) 449 |
| 19 | 95 | 245,0 | (-3) 195 | 490 | (-8) 262 | 1 180 | (-17) 363 | 2 350 | (-28) 475 |
| 20 | 100 | 295,0 | (-5) 197 | 590 | (-10) 266 | 1 270 | (-18) 346 | 2 550 | (-31) 463 |
| 21 | 105 | 295,0 | (-4) 203 | 590 | (-9) 264 | 1 370 | (-19) 368 | 2 750 | (-32) 490 |
| 22 | 110 | 320,0 | (-5) 222 | 640 | (-10) 284 | 1 470 | (-20) 391 | 2 940 | (-33) 517 |
| 24 | 120 | 440,0 | (-7) 244 | 880 | (-13) 328 | 1 960 | (-24) 441 | 3 920 | (-39) 580 |
| 26 | 130 | 490,0 | (-7) 262 | 980 | (-14) 346 | 2 160 | (-25) 460 | 4 310 | (-41) 611 |
| 28 | 140 | 490,0 | (-7) 273 | 980 | (-13) 348 | 2 260 | (-25) 479 | 4 510 | (-41) 635 |
| 30 | 150 | 625,0 | (-7) 308 | 1 250 | (-14) 393 | 2 880 | (-28) 540 | 5 860 | (-47) 719 |
| 32 | 160 | 665,0 | (-7) 330 | 1 330 | (-14) 422 | 3 230 | (-29) 592 | 6 290 | (-47) 775 |
| 34 | 170 | 775,0 | (-8) 376 | 1 550 | (-15) 478 | 3 520 | (-29) 653 | 7 110 | (-48) 867 |
| 36 | 180 | 1 010,0 | (-10) 397 | 2 020 | (-19) 514 | 4 420 | (-35) 693 | 8 830 | (-57) 917 |
| 38 | 190 | 1 035,0 | (-10) 409 | 2 070 | (-19) 531 | 4 550 | (-35) 717 | 9 110 | (-57) 949 |
| 40 | 200 | 1 280,0 | (-12) 453 | 2 560 | (-22) 585 | 5 840 | (-41) 801 | 11 620 | (-66) 1 057 |

* Nel caso di cuscinetti con sfere in ceramica, i valori del precarico e della rigidezza assiale si ottengono moltiplicando per 1,2 i valori corrispondenti per i cuscinetti con sfere in acciaio. Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

Serie 70, Angolo C
Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio e Sfere in Ceramica*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Serie 70, Angolo A5
Angolo di Contatto 25°, Sfere in Acciaio e Sfere in Ceramica*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

## Precarico e Rigidezza (accoppiamenti DB e DF)

### Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Standard)

**Calcolo della rigidezza radiale**
Moltiplicare il valore della rigidezza assiale per i fattori in tabella A

Tabella A

| | EL | L | M | H |
|---|---|---|---|---|
| 15º | 6.5 | 6.0 | 5.0 | 4.5 |
| 18º | 4.5 | | | |
| 25º | 2.0 | | | |
| 30º | 1.4 | | | |
| 40º | 0.7 | | | |

### Serie 70, Angolo A
### Angolo di Contatto 30°, Sfere in Acciaio

| Codice foro | Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/μm) | H Precarico (N) | H Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 10 | 25 | (0) 44 | 100 | (-5) 71 | 210 | (-10) 94 | 330 | (-15) 115 |
| 01 | 12 | 25 | (0) 48 | 110 | (-5) 78 | 220 | (-10) 104 | 360 | (-15) 127 |
| 02 | 15 | 25 | (0) 50 | 110 | (-5) 85 | 240 | (-10) 113 | 390 | (-15) 139 |
| 03 | 17 | 25 | (0) 52 | 120 | (-5) 91 | 250 | (-10) 122 | 420 | (-15) 151 |
| 04 | 20 | 25 | (0) 58 | 130 | (-5) 103 | 280 | (-10) 139 | 470 | (-15) 170 |
| 05 | 25 | 25 | (0) 61 | 140 | (-5) 111 | 290 | (-10) 149 | 510 | (-15) 183 |
| 06 | 30 | 50 | (0) 85 | 190 | (-5) 138 | 390 | (-10) 180 | 640 | (-15) 217 |
| 07 | 35 | 50 | (0) 92 | 210 | (-5) 150 | 420 | (-10) 196 | 700 | (-15) 237 |
| 08 | 40 | 50 | (0) 100 | 220 | (-5) 168 | 460 | (-10) 220 | 760 | (-15) 267 |
| 09 | 45 | 50 | (0) 103 | 230 | (-5) 175 | 480 | (-10) 230 | 1 180 | (-20) 324 |
| 10 | 50 | 50 | (0) 110 | 250 | (-5) 194 | 530 | (-10) 255 | 1 270 | (-20) 360 |
| 11 | 55 | 50 | (0) 112 | 250 | (-5) 196 | 880 | (-15) 311 | 1 270 | (-20) 360 |
| 12 | 60 | 50 | (0) 116 | 250 | (-5) 205 | 930 | (-15) 327 | 1 370 | (-20) 380 |
| 13 | 65 | 50 | (0) 124 | 270 | (-5) 224 | 980 | (-15) 360 | 1 470 | (-20) 417 |
| 14 | 70 | 50 | (0) 127 | 270 | (-5) 230 | 1 080 | (-15) 370 | 2 060 | (-25) 482 |
| 15 | 75 | 50 | (0) 131 | 280 | (-5) 241 | 1 080 | (-15) 387 | 2 160 | (-25) 505 |
| 16 | 80 | 100 | (0) 168 | 760 | (-10) 340 | 1 770 | (-20) 464 | 3 040 | (-30) 572 |
| 17 | 85 | 100 | (0) 173 | 780 | (-10) 355 | 1 860 | (-20) 486 | 3 240 | (-30) 600 |
| 18 | 90 | 100 | (0) 174 | 780 | (-10) 358 | 2 450 | (-25) 542 | 3 920 | (-35) 650 |
| 19 | 95 | 100 | (0) 180 | 810 | (-10) 372 | 2 550 | (-25) 568 | 4 120 | (-35) 680 |
| 20 | 100 | 100 | (0) 185 | 840 | (-10) 368 | 2 750 | (-25) 595 | 4 310 | (-35) 713 |
| 21 | 105 | 100 | (0) 185 | 840 | (-10) 388 | 2 750 | (-25) 591 | 4 310 | (-35) 707 |
| 22 | 110 | 100 | (0) 180 | 1 320 | (-15) 443 | 3 330 | (-30) 620 | 5 980 | (-45) 774 |
| 24 | 120 | 100 | (0) 193 | 1 470 | (-15) 486 | 3 630 | (-30) 683 | 6 570 | (-45) 853 |
| 26 | 130 | 100 | (0) 200 | 1 470 | (-15) 507 | 4 710 | (-35) 772 | 7 940 | (-50) 942 |
| 28 | 140 | 100 | (0) 206 | 1 770 | (-15) 557 | 5 300 | (-35) 828 | 8 730 | (-50) 1 005 |
| 30 | 150 | 200 | (0) 256 | 1 830 | (-15) 573 | 5 850 | (-37) 876 | 11 700 | (-60) 1 146 |
| 32 | 160 | 200 | (0) 260 | 1 880 | (-15) 591 | 5 545 | (-35) 870 | 11 090 | (-57) 1 143 |
| 34 | 170 | 200 | (0) 262 | 2 669 | (-20) 669 | 6 024 | (-37) 899 | 12 048 | (-60) 1 178 |
| 36 | 180 | 200 | (0) 273 | 3 580 | (-24) 778 | 7 157 | (-40) 1 001 | 14 314 | (-64) 1 311 |
| 38 | 190 | 200 | (0) 276 | 3 851 | (-25) 809 | 8 081 | (-43) 1 060 | 16 162 | (-69) 1 389 |
| 40 | 200 | 200 | (0) 279 | 5 012 | (-30) 902 | 13 314 | (-60) 1 294 | 26 628 | (-95) 1 708 |

Il valore in parentesi( ) indica il gioco assiale misurato.

## Serie 72, Angolo C
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio

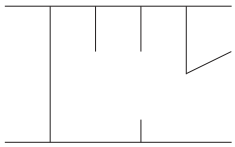
| Codice foro | Diametro foro (mm) | EL | | L | | M | | H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) |
| 00 | 10 | 14 | 13 | 29 | 18 | 69 | 27 | 150 | 38 |
| D | | | | | | | | | |

## Serie 72, Angolo A5
## Angolo di contatto 25°, Sfere in Acciaio

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|

Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA



Serie 72, Angolo A
Angolo di Contatto 30°, Sfere in Acciaio

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità (Serie ROBUST™)

**Calcolo del precarico e della rigidezza assiale per cuscinetti accoppiati**

Moltiplicare per i fattori indicati in tabella B. Per la rigidezza radiale, moltiplicare i valori ottenuti dalla tabella A per i fattori in tabella B.

Tabella B

| | DBD | DBB |
|---|---|---|
| Precarico | 1.36 | 2 |
| Rigidezza Assiale | 1.48 | 2 |
| Rigidezza Radiale | 1.54 | 2 |

## Serie BNR19S
## Angolo di Contatto 18°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 25 (0) | 26 | 94 (-8) | 43 | 188 (-16) | 57 |
| 30 | 25 (0) | 28 | 100 (-8) | 48 | 200 (-15) | 63 |
| 35 | 50 (0) | 37 | 140 (-8) | 55 | 280 (-17) | 73 |
| 40 | 50 (0) | 38 | 140 (-8) | 57 | 280 (-16) | 74 |
| 45 | 50 (0) | 41 | 150 (-8) | 62 | 300 (-16) | 82 |
| 50 | 50 (0) | 44 | 160 (-8) | 68 | 320 (-16) | 89 |
| 55 | 50 (0) | 46 | 170 (-8) | 71 | 340 (-16) | 94 |
| 60 | 50 (0) | 47 | 170 (-8) | 74 | 340 (-16) | 97 |
| 65 | 50 (0) | 50 | 180 (-8) | 79 | 360 (-16) | 104 |
| 70 | 50 (0) | 50 | 180 (-8) | 80 | 360 (-16) | 104 |
| 75 | 50 (0) | 52 | 180 (-8) | 83 | 460 (-19) | 117 |
| 80 | 50 (0) | 53 | 190 (-8) | 86 | 474 (-19) | 121 |
| 85 | 50 (0) | 54 | 190 (-8) | 88 | 646 (-24) | 138 |
| 90 | 100 (0) | 75 | 280 (-8) | 110 | 709 (-21) | 154 |
| 95 | 100 (0) | 76 | 290 (-8) | 110 | 768 (-22) | 163 |
| 100 | 100 (0) | 72 | 330 (-10) | 110 | 871 (-26) | 161 |
| 105 | 100 (0) | 74 | 330 (-10) | 120 | 898 (-26) | 166 |
| 110 | 100 (0) | 76 | 400 (-12) | 130 | 925 (-26) | 172 |
| 120 | 100 (0) | 78 | 410 (-12) | 130 | 1 275 (-33) | 198 |
| 130 | 100 (0) | 80 | 712 (-20) | 160 | 1 408 (-35) | 209 |
| 140 | 100 (0) | 82 | 732 (-20) | 160 | 1 508 (-36) | 220 |
| 150 | 200 (0) | 110 | 930 (-20) | 185 | 1 894 (-38) | 242 |

## Serie BER19S
## Angolo di Contatto 25°, Sfere in Acciaio

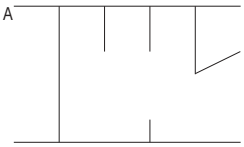
| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 25 (0) | 42 | 150 (-8) | 80 | 300 (-14) | 105 |
| 30 | 25 (0) | 47 | 160 (-8) | 90 | 320 (-14) | 116 |
| 35 | 50 (0) | 61 | 210 (-8) | 100 | 420 (-15) | 132 |
| 40 | 50 (0) | 63 | 220 (-8) | 110 | 440 (-15) | 137 |
| 45 | 50 (0) | 67 | 240 (-8) | 120 | 480 (-15) | 152 |
| 50 | 50 (0) | 72 | 250 (-8) | 130 | 500 (-15) | 164 |
| 55 | 50 (0) | 75 | 260 (-8) | 140 | 520 (-15) | 174 |
| 60 | 50 (0) | 78 | 270 (-8) | 140 | 540 (-15) | 181 |
| 65 | 50 (0) | 82 | 290 (-8) | 150 | 580 (-15) | 196 |
| 70 | 50 (0) | 83 | 290 (-8) | 150 | 598 (-15) | 198 |
| 75 | 50 (0) | 86 | 300 (-8) | 160 | 619 (-15) | 206 |
| 80 | 50 (0) | 88 | 310 (-8) | 170 | 639 (-15) | 214 |
| 85 | 50 (0) | 90 | 310 (-8) | 170 | 889 (-19) | 245 |
| 90 | 100 (0) | 120 | 430 (-8) | 210 | 968 (-17) | 273 |
| 95 | 100 (0) | 130 | 440 (-8) | 210 | 996 (-17) | 282 |
| 100 | 100 (0) | 120 | 520 (-10) | 210 | 1 131 (-20) | 279 |
| 105 | 100 (0) | 120 | 530 (-10) | 220 | 1 169 (-20) | 290 |
| 110 | 100 (0) | 130 | 550 (-10) | 230 | 1 206 (-20) | 301 |
| 120 | 100 (0) | 130 | 680 (-12) | 250 | 1 743 (-26) | 351 |
| 130 | 100 (0) | 135 | 972 (-16) | 289 | 1 880 (-27) | 368 |
| 140 | 100 (0) | 135 | 1 002 (-16) | 300 | 1 944 (-27) | 381 |
| 150 | 200 (0) | 175 | 1 308 (-17) | 336 | 2 555 (-30) | 428 |

Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

**Calcolo della rigidezza radiale**
Moltiplicare il valore della rigidezza assiale per i fattori in tabella A

Tabella A



| Diametro foro (mm) | EL Frecarico (N) | | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 25 | (0) | 29 | 105 | (-8) | 51 | 210 | (-16) | 67 |
| 30 | 25 | (0) | 32 | 110 | (-8) | 55 | 220 | (-15) | 72 |
| 35 | 50 | (0) | 41 | 150 | (-8) | 64 | 320 | (-17) | 86 |
| 40 | 50 | (0) | 42 | 160 | (-8) | 66 | 320 | (-16) | 87 |
| 45 | 50 | (0) | 45 | 170 | (-8) | 72 | 340 | (-16) | 95 |
| 50 | 50 | (0) | 49 | 180 | (-8) | 78 | 360 | (-16) | 103 |
| 55 | 50 | (0) | 51 | 180 | (-8) | 82 | 360 | (-16) | 106 |
| 60 | 50 | (0) | 52 | 190 | (-8) | 85 | 380 | (-16) | 112 |
| 65 | 50 | (0) | 55 | 200 | (-8) | 91 | 400 | (-16) | 120 |
| 70 | 50 | (0) | 56 | 200 | (-8) | 92 | 400 | (-16) | 120 |
| 75 | 50 | (0) | 58 | 200 | (-8) | 96 | 525 | (-19) | 137 |
| 80 | 50 | (0) | 59 | 210 | (-8) | 99 | 542 | (-19) | 142 |
| 85 | 50 | (0) | 61 | 210 | (-8) | 100 | 744 | (-24) | 162 |
| 90 | 100 | (0) | 83 | 310 | (-8) | 130 | 804 | (-21) | 180 |
| 95 | 100 | (0) | 85 | 310 | (-8) | 130 | 873 | (-22) | 190 |
| 100 | 100 | (0) | 81 | 360 | (-10) | 130 | 994 | (-26) | 188 |
| 105 | 100 | (0) | 83 | 370 | (-10) | 130 | 1 026 | (-26) | 194 |
| 110 | 100 | (0) | 85 | 450 | (-12) | 150 | 1 058 | (-26) | 201 |
| 120 | 100 | (0) | 87 | 460 | (-12) | 150 | 1 469 | (-33) | 233 |
| 130 | 100 | (0) | 90 | 809 | (-20) | 158 | 1 625 | (-35) | 245 |
| 140 | 100 | (0) | 92 | 833 | (-20) | 195 | 1 744 | (-36) | 259 |
| 150 | 200 | (0) | 120 | 1 040 | (-20) | 214 | 2 166 | (-38) | 284 |

## Serie BER19H, BER19X, BER19XE
## Angolo di Contatto 25°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 25 | (0) | 47 | 172 | (-8) | 96 | 342 | (-14) | 124 |
| 30 | 25 | (0) | 52 | 180 | (-8)(0) | 61c5(180)-29TJ 7s 0.5559 0 TD -0.0004 Tc 51.8 | | | 504-2779.5((0))-2551.6(52)-2269.5(180)4 |
| 87-3006.3(1025-2779.5((0))-2551.6(52)-2269.5(180)50)-2453.7((-88)-3183.1(1)0616.8(804)-14-29TJ 7s 0.5559 0 TD -0.0004 Tc 51.7 | | | | | | | | | 506-2779.5((0))-2 |

Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

**Calcolo del precarico e della rigidezza assiale per cuscinetti accoppiati**

Tabella B

Moltiplicare per i fattori indicati in tabella B. Per la rigidezza radiale, moltiplicare i valori ottenuti dalla tabella A per i fattori in tabella B.

## Serie BNR10S
## Angolo di Contatto 18°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 50 (0) | 39 | 110 (-5) | 52 | 220 (-13) | 69 |
| 35 | 50 (0) | 41 | 110 (-5) | 55 | 220 (-12) | 73 |
| 40 | 50 (0) | 44 | 110 (-5) | 60 | 220 (-11) | 77 |
| 45 | 50 (0) | 44 | 110 (-5) | 60 | 220 (-11) | 77 |
| 50 | 50 (0) | 47 | 120 (-5) | 64 | 249 (-12) | 85 |
| 55 | 50 (0) | 48 | 120 (-5) | 67 | 302 (-14) | 95 |
| 60 | 50 (0) | 51 | 130 (-5) | 71 | 345 (-15) | 104 |
| 65 | 50 (0) | 53 | 130 (-5) | 75 | 364 (-15) | 111 |
| 70 | 50 (0) | 53 | 230 (-10) | 93 | 505 (-20) | 125 |
| 75 | 50 (0) | 54 | 240 (-10) | 96 | 520 (-20) | 129 |
| 80 | 100 (0) | 71 | 330 (-10) | 110 | 606 (-19) | 141 |
| 85 | 100 (0) | 73 | 330 (-10) | 110 | 622 (-19) | 145 |
| 90 | 100 (0) | 74 | 340 (-10) | 120 | 823 (-24) | 163 |
| 95 | 100 (0) | 76 | 350 (-10) | 120 | 846 (-24) | 168 |
| 100 | 100 (0) | 78 | 350 (-10) | 120 | 870 (-24) | 174 |
| 105 | 100 (0) | 80 | 420 (-12) | 130 | 1 054 (-27) | 195 |
| 110 | 100 (0) | 81 | 540 (-15) | 150 | 1 144 (-29) | 200 |
| 120 | 100 (0) | 85 | 560 (-15) | 160 | 1 208 (-29) | 213 |
| 130 | 100 (0) | 85 | 732 (-20) | 166 | 1 508 (-36) | 220 |
| 140 | 200 (0) | 105 | 775 (-15) | 178 | 1 606 (-31) | 236 |
| 150 | 200 (0) | 110 | 916 (-18) | 190 | 1 917 (-35) | 253 |

## Serie BER10S
## Angolo di Contatto 25°, Sfere in Acciaio

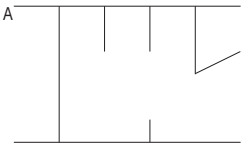
| Diametro Foro | EL Precarico | EL Rigidezza assiale | L Precarico | L Rigidezza assiale | M Precarico | M Rigidezza assiale |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

**Calcolo della rigidezza radiale**
Moltiplicare il valore della rigidezza assiale per i fattori in tabella A

Tabella A



## Serie BNR10H, BNR10X, BNR10XE
## Angolo di Contatto 18°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) | L Precarico (N) | L Rigidezza assiale (N/μm) | M Precarico (N) | M Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

## Serie BER10H, BER10X, BER10XE
## Angolo di Contatto 25°, Sfere in Ceramica

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Il valore in parentesi ( ) indica il gioco assiale misurato.

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Altissima Precisione (Serie BGR)

**Calcolo del precarico e della rigidezza assiale per cuscinetti accoppiati**

Moltiplicare per i fattori indicati in tabella B. Per la rigidezza radiale, moltiplicare i valori ottenuti dalla tabella A per i fattori in tabella B.

Tabella B

| | DBD | DBB |
|---|---|---|
| Precarico | 1.36 | 2 |
| Rigidezza assiale | 1.48 | 2 |
| Rigidezza radiale | 1.54 | 2 |

## Serie BGR19S
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 10 | 25 | 15.2 |
| 12 | 25 | 16.8 |
| 15 | 25 | 16.6 |
| 17 | 25 | 17.5 |
| 20 | 25 | 18.1 |
| 25 | 25 | 20.6 |

## Serie BGR19H, BGR19X
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 10 | 25 | 16.8 |
| 12 | 25 | 18.5 |
| 15 | 25 | 18.4 |
| 17 | 25 | 19.3 |
| 20 | 25 | 20.1 |
| 25 | 25 | 22.9 |

## Serie BGR10S
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio

| Diametro Foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 6 | 25 | 11.0 |
| 7 | 25 | 12.0 |
| 8 | 25 | 13.0 |
| 10 | 25 | 14.0 |
| 12 | 25 | 15.0 |
| 15 | 25 | 16.0 |
| 17 | 25 | 17.0 |
| 20 | 25 | 18.0 |
| 25 | 25 | 19.0 |

## Serie BGR10H, BGR10X
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 6 | 25 | 12.6 |
| 7 | 25 | 13.7 |
| 8 | 25 | 14.4 |
| 10 | 25 | 15.9 |
| 12 | 25 | 16.9 |
| 15 | 25 | 18.0 |
| 17 | 25 | 19.0 |
| 20 | 25 | 20.0 |
| 25 | 25 | 21.6 |

## Serie BGR02S
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 10 | 25 | 14.5 |
| 12 | 25 | 15.2 |
| 15 | 25 | 16.2 |
| 17 | 25 | 16.7 |
| 20 | 25 | 17.4 |
| 25 | 50 | 25.3 |

## Serie BGR02H, BGR02X
## Angolo di Contatto 15°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL Precarico (N) | EL Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|
| 10 | 25 | 16.0 |
| 12 | 25 | 17.0 |
| 15 | 25 | 18.0 |
| 17 | 25 | 18.6 |
| 20 | 25 | 19.4 |
| 25 | 50 | 28.1 |

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

## Precarico e Rigidezza (accoppiamenti DB e DF)

### Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alte Velocità (Serie ROBUST™)

#### Serie BAR10S
#### Angolo di Contatto 30°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL | | L | |
|---|---|---|---|---|
| | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) |
| 40 | 210 | 150 | 430 | 200 |
| 45 | 210 | 150 | 430 | 200 |
| 50 | 220 | 170 | 460 | 220 |
| 55 | 230 | 180 | 600 | 250 |
| 60 | 240 | 190 | 650 | 270 |
| 65 | 250 | 200 | 690 | 290 |
| 70 | 250 | 200 | 910 | 320 |
| 75 | 260 | 210 | 940 | 330 |
| 80 | 340 | 240 | 1 100 | 360 |
| 85 | 350 | 240 | 1 130 | 370 |
| 90 | 360 | 250 | 1 660 | 430 |
| 95 | 360 | 260 | 1 720 | 450 |
| 100 | 370 | 270 | 1 770 | 460 |
| 105 | 380 | 280 | 1 820 | 470 |
| 110 | 390 | 280 | 1 870 | 490 |
| 120 | 390 | 300 | 1 980 | 520 |
| 130 | 390 | 300 | 2 530 | 550 |
| 140 | 580 | 360 | 3 190 | 655 |
| 150 | 580 | 360 | 3 690 | 690 |
| 160 | 590 | 370 | 4 080 | 720 |
| 170 | 600 | 380 | 4 210 | 750 |
| 180 | 605 | 385 | 5 200 | 800 |
| 190 | 610 | 390 | 5 370 | 830 |
| 200 | 610 | 390 | 5 990 | 860 |

#### Serie BAR10H
#### Angolo di Contatto 30°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL | | L | |
|---|---|---|---|---|
| | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) |
| 40 | 230 | 175 | 485 | 230 |
| 45 | 230 | 180 | 490 | 235 |
| 50 | 245 | 195 | 525 | 255 |
| 55 | 255 | 200 | 690 | 290 |
| 60 | 270 | 220 | 750 | 320 |
| 65 | 285 | 240 | 800 | 340 |
| 70 | 285 | 240 | 1 060 | 375 |
| 75 | 290 | 245 | 1 090 | 390 |
| 80 | 380 | 275 | 1 260 | 420 |
| 85 | 390 | 280 | 1 280 | 430 |
| 90 | 400 | 290 | 1 930 | 510 |
| 95 | 405 | 300 | 1 970 | 520 |
| 100 | 420 | 310 | 2 060 | 550 |
| 105 | 420 | 315 | 2 090 | 555 |
| 110 | 440 | 330 | 2 180 | 580 |
| 120 | 455 | 350 | 2 310 | 620 |
| 130 | 455 | 350 | 2 960 | 650 |

#### Serie BTR10S
#### Angolo di Contatto 40°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | EL | | L | |
|---|---|---|---|---|
| | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) |
| 40 | 310 | 260 | 700 | 350 |
| 45 | 310 | 260 | 700 | 350 |
| 50 | 330 | 290 | 760 | 390 |
| 55 | 350 | 310 | 800 | 410 |
| 60 | 370 | 330 | 860 | 440 |
| 65 | 390 | 350 | 910 | 470 |
| 70 | 390 | 350 | 1 560 | 560 |
| 75 | 400 | 360 | 1 610 | 590 |
| 80 | 510 | 400 | 1 820 | 630 |
| 85 | 520 | 420 | 1 880 | 650 |
| 90 | 530 | 430 | 2 830 | 770 |
| 95 | 550 | 450 | 2 930 | 790 |
| 100 | 560 | 460 | 3 030 | 820 |
| 105 | 570 | 470 | 3 120 | 850 |
| 110 | 580 | 490 | 3 210 | 870 |
| 120 | 610 | 520 | 3 420 | 930 |
| 130 | 610 | 520 | 4 410 | 980 |
| 140 | 810 | 600 | 5 310 | 1 140 |
| 150 | 820 | 605 | 5 370 | 1 160 |
| 160 | 830 | 615 | 5 480 | 1 180 |
| 170 | 850 | 635 | 7 280 | 1 330 |
| 180 | 855 | 640 | 9 080 | 1 450 |
| 190 | 875 | 660 | 9 390 | 1 500 |
| 200 | 875 | 660 | 11 290 | 1 600 |

#### Serie BTR10H
#### Angolo di Contatto 40°, Sfere in Ceramica

| Diametro foro (mm) | EL | | L | |
|---|---|---|---|---|
| | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) | Precarico (N) | Rigidezza assiale (N/μm) |
| 40 | 350 | 300 | 800 | 410 |
| 45 | 355 | 310 | 810 | 415 |
| 50 | 375 | 335 | 875 | 450 |
| 55 | 395 | 350 | 915 | 475 |
| 60 | 425 | 390 | 1 000 | 520 |
| 65 | 450 | 415 | 1 060 | 560 |
| 70 | 450 | 415 | 1 830 | 670 |
| 75 | 460 | 430 | 1 890 | 700 |
| 80 | 570 | 475 | 2 120 | 745 |
| 85 | 580 | 475 | 2 160 | 780 |
| 90 | 600 | 505 | 3 320 | 910 |
| 95 | 605 | 505 | 3 390 | 940 |
| 100 | 630 | 540 | 3 560 | 980 |
| 105 | 640 | 540 | 3 610 | 1 010 |
| 110 | 665 | 575 | 3 770 | 1 040 |
| 120 | 700 | 615 | 4 020 | 1 115 |
| 130 | 700 | 615 | 5 200 | 1 170 |

## Precarico e Rigidezza

### Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo a Doppio Effetto (Serie TAC)

### Serie TAC20
### Angolo di Contatto 60°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | C6 Precarico (N) | C6 Rigidezza assiale (N/μm) | C7 Precarico (N) | C7 Rigidezza assiale (N/μm) | C8 Precarico (N) | C8 Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | – | – | 343 | 470 | 588 | 570 |
| 40 | – | – | 343 | 510 | 588 | 620 |
| 45 | – | – | 343 | 530 | 784 | 700 |
| 50 | – | – | 392 | 570 | 882 | 760 |
| 55 | – | – | 588 | 680 | 1 176 | 865 |
| 60 | – | – | 588 | 730 | 1 274 | 935 |
| 65 | – | – | 588 | 790 | 1 274 | 1 005 |
| 70 | – | – | 882 | 850 | 1 568 | 1 050 |
| 75 | – | – | 882 | 880 | 1 568 | 1 090 |
| 80 | – | – | 980 | 965 | 2 156 | 1 240 |
| 85 | – | – | 980 | 1 000 | 2 156 | 1 285 |
| 90 | – | – | 1 372 | 1 110 | 2 646 | 1 380 |
| 95 | 10 | 200 | 1 372 | 1 150 | 2 646 | 1 435 |
| 100 | 10 | 200 | 1 470 | 1 190 | 2 744 | 1 485 |
| 105 | 98 | 500 | 1 764 | 1 320 | 3 234 | 1 610 |
| 110 | 245 | 700 | 1 862 | 1 365 | 3 822 | 1 740 |
| 120 | 490 | 900 | 1 960 | 1 460 | 4 018 | 1 860 |
| 130 | 686 | 980 | 2 548 | 1 530 | 5 194 | 1 940 |
| 140 | 980 | 1 200 | 3 626 | 1 900 | 9 310 | 2 600 |
| 150 | 980 | 1 210 | 4 704 | 2 060 | 9 408 | 2 640 |
| 160 | 1 274 | 1 370 | 4 802 | 2 140 | 10 780 | 2 830 |
| 170 | 2 058 | 1 650 | 6 762 | 2 450 | 13 720 | 3 120 |
| 180 | 2 940 | 1 875 | 6 762 | 2 475 | 15 680 | 3 265 |
| 190 | 3 038 | 1 940 | 7 056 | 2 560 | 18 620 | 3 560 |
| 200 | 3 038 | 1 950 | 7 056 | 2 570 | 18 620 | 3 570 |

### Serie TAC29
### Angolo di Contatto 60°, Sfere in Acciaio

| Diametro foro (mm) | C6 Precarico (N) | C6 Rigidezza assiale (N/μm) | C7 Precarico (N) | C7 Rigidezza assiale (N/μm) | C8 Precarico (N) | C8 Rigidezza assiale (N/μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | – | – | 1 176 | 1 150 | 2 156 | 1 410 |
| 105 | – | – | 1 274 | 1 215 | 2 254 | 1 490 |
| 110 | – | – | 1 274 | 1 250 | 2 254 | 1 530 |
| 120 | 98 | 550 | 1 274 | 1 310 | 2 842 | 1 700 |
| 130 | 98 | 580 | 1 764 | 1 415 | 3 528 | 1 915 |
| 140 | 98 | 750 | 2 254 | 1 700 | 5 194 | 2 260 |
| 150 | 196 | 775 | 4 116 | 2 150 | 7 056 | 2 590 |
| 160 | 196 | 800 | 4 410 | 2 260 | 7 448 | 2 720 |
| 170 | 196 | 800 | 4 410 | 2 370 | 7 742 | 2 860 |
| 180 | 1 078 | 1 470 | 4 410 | 2 320 | 9 800 | 3 040 |
| 190 | 1 078 | 1 440 | 4 606 | 2 440 | 10 290 | 3 200 |
| 200 | 1 078 | 1 500 | 4 606 | 2 430 | 11 760 | 3 340 |
| 220 | 1 176 | 1 615 | 4 900 | 2 620 | 12 740 | 3 615 |
| 240 | 1 176 | 1 690 | 5 096 | 2 750 | 13 230 | 3 800 |
| 260 | 1 176 | 1 670 | 5 096 | 2 720 | 13 230 | 3 750 |
| 280 | 1 274 | 1 755 | 5 390 | 2 865 | 13 720 | 3 950 |

# 4. PRECARICO E RIGIDEZZA

Serie TAC B (per macchine utensili)

## Gioco Radiale Interno dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Gioco dei Cuscinetti con Anelli Non Intercambiabili e Foro Conico

Unità: $\mu$m

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **24** | **30** | 5 | 10 | 8 | 15 | 10 | 25 | 25 | 35 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 | 70 | 80 | **2 90 151** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(1) Applicabile ai cuscinetti con precisione in classe ISO 4 ed ISO 5 e foro conico

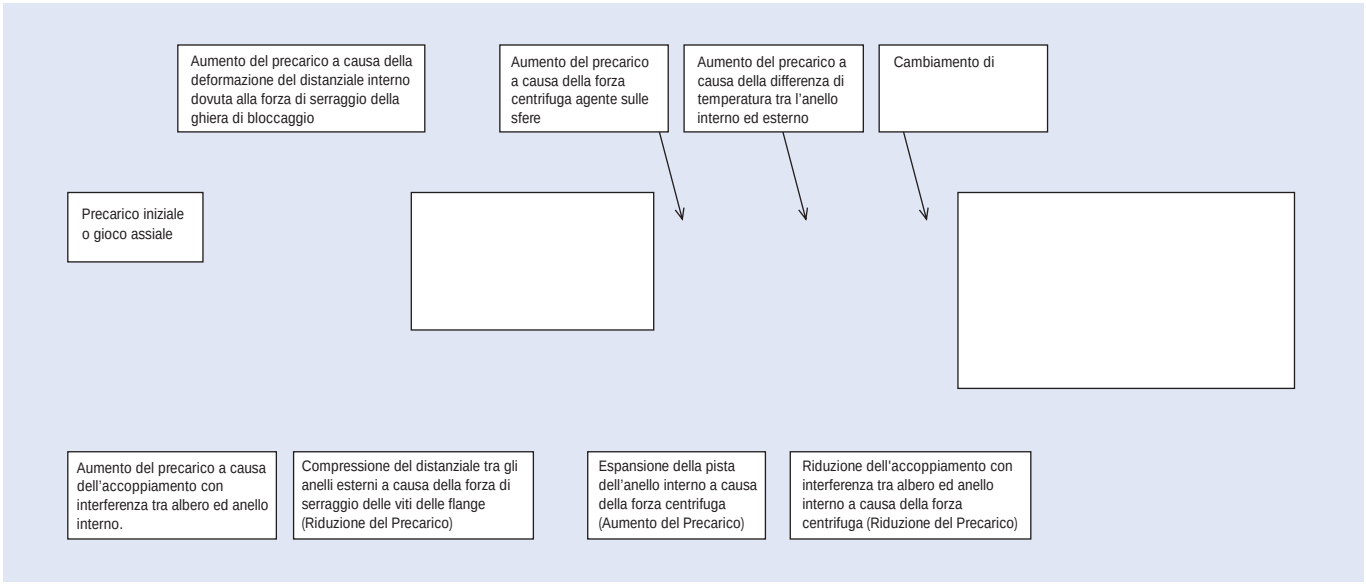
(2) Gioco radiale standard per cuscinetti a rulli cilindrici con anelli non intercambiabili.

Gioco dei Cuscinetti con Anelli Non intercambiabili e Foro Cilindrico

Unità: $\mu$m

| Diametro foro (mm) | Gioco dei cuscinetti con anelli non intercambiabili e foro cilindrico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CC1 | CC2 | CC(3) | CC3 | CC4 | CC5 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

(3) Gioco radiale standard per cuscinetti a rulli cilindrici con anelli non intercambiabili.


Aumento del precarico a causa della deformazione del distanziale interno dovuta alla forza di serraggio della ghiera di bloccaggio
Aumento del precarico a causa della forza centrifuga agente sulle sfere
Aumento del precarico a causa della differenza di temperatura tra l'anello interno ed esterno
Cambiamento di
Precarico iniziale o gioco assiale
Aumento del precarico a causa dell'accoppiamento con interferenza tra albero ed anello interno.
Compressione del distanziale tra gli anelli esterni a causa della forza di serraggio delle viti delle flange (Riduzione del Precarico)
Espansione della pista dell'anello interno a causa della forza centrifuga (Aumento del Precarico)
Riduzione dell'accoppiamento con interferenza tra albero ed anello interno a causa della forza centrifuga (Riduzione del Precarico)

# 6. LUBRIFICAZIONE

## Finalità della Lubrificazione

Scopo fondamentale della lubrificazione è ridurre l'attrito e l'usura all'interno del cuscinetto, poiché questi fenomeni potrebbero causare un cedimento prematuro. Gli effetti della lubrificazione possono essere così riassunti:

### (1) Riduzione dell'Attrito e dell'Usura

Il contatto metallico diretto tra le piste di rotolamento, i corpi volventi e la gabbia, che rappresentano i componenti fondamentali di un cuscinetto, si previene grazie alla presenza di un film d'olio che riduce l'attrito e l'usura nelle aree di contatto.

### (2) Prolungamento della Durata a Fatica

La durata a fatica dei cuscinetti dipende considerevolmente dalla viscosità e dallo spessore del film lubrificante tra le superfici di contatto. Generalmente, un elevato spessore della pellicola di lubrificante determina una maggiore durata a fatica. Viceversa, uno spessore ridotto dovuto ad un'insufficiente viscosità, la induce.

### (3) Dissipazione del Calore

La lubrificazione a circolazione di olio può essere adottata per asportare il calore generato dalla rotazione del cuscinetto o il calore indotto dagli elementi adiacenti, prevenendo così sia il surriscaldamento del cuscinetto e dell'olio che il conseguente decadimento della viscosità.

### (4) Ulteriori Finalità

Una corretta lubrificazione previene l'ingresso di impurità, oltre ad evitare la formazione di ruggine od ossidazione.

## Metodi di Lubrificazione

Nei mandrini di macchine utensili dove è richiesta un'elevata precisione di funzionamento, per ridurre le deformazioni termiche del mandrino è necessario evitare un eccessivo innalzamento della temperatura.

La generazione di calore all'interno di un cuscinetto è influenzata dal fattore "carico", che dipende dal tipo di cuscinetto e dal carico applicato, e dal fattore "velocità", che dipende dal metodo di lubrificazione e dalla velocità massima di rotazione.

Generalmente, il fattore "velocità" è il maggiore dei due; se però viene adottato un metodo di lubrificazione che genera un basso fattore "velocità", allora l'influenza del fattore "carico" può diventare predominante.

E' quindi importante selezionare un cuscinetto a bassa generazione di calore (fattore "carico") ed un appropriato metodo di lubrificazione (fattore "velocità").

Sia il metodo di lubrificazione che la quantità di lubrificante utilizzata sono molto importanti al fine della generazione di calore.

La lubrificazione a grasso è la più comune, in quanto economica, esente da manutenzione e con bassa generazione di calore. Per le alte velocità, è stato sviluppato il metodo di lubrificazione minimale aria-olio, che richiede una quantità limitata di olio e consente di mantenere costante la temperatura operativa.

La relazione tra quantità di olio e generazione di calore, cioè potenza dissipata per attrito ed innalzamento della temperatura, è nota ed è illustrata nella figura 6.1. Per evitare un eccessivo innalzamento della temperatura nei mandrini delle macchine utensili, pertanto, è necessario adottare un metodo di lubrificazione definito nelle aree A oppure B.

Tali metodi di lubrificazione riassunti nella tabella 6.1.

Fattore "carico" (determinato dal tipo di cuscinetto e dal carico)
$MI = f_1 F d_m$
dove $f_1$: coefficiente determinato dal tipo di cuscinetto e dal carico
$F$: carico applicato
$d_m$: diametro primitivo
Fattore "velocità" (determinato dalla viscosità e quantità di olio e dalla velocità di rotazione)
$Mv = f_o (v_o n)^{2/3} d_m^3$
dove $f_o$tipo do lubri.50otazioco
*(v*

Figura 6.1 Quantità di Olio ed Innalzamento della Temperatura

- ❍ Costo limitato
- ❍ Bassa generazione di calore
- ❍ Esente da manutenzione
- ❍ Nessun rischio di deterioramento dell'olio, se viene regolarmente sostituito
- ❍ Sporcizia o liquido da taglio difficilmente possono penetrare

- ❍ Se la portata di olio è elevata, sporcizia o liquido da taglio difficilmente possono penetrare
- ❍ Poiché l'olio viene refrigerato, la temperatura dei cuscinetti può essere controllata
- ❍ Grazie alla possibilità di controllo della quantità di olio, la generazione di calore è bassa
- ❍ Il flusso di aria aiuta la dissipazione del calore, pertanto la temperatura operativa è bassa
- ❍ Nessun rischio di deterioramento dell'olio, se viene regolarmente sostituito
- ❍ Sporcizia o liquido da taglio difficilmente possono penetrare
- ❍ Si riesce a limitare la contaminazione ambientale

- ❍ Se si deteriora il grasso, il cuscinetto si danneggia
- ❍ E' possibile che sporcizia o liquido da taglio penetrino nei cuscinetti
- ❍ Contaminazione ambientale
- ❍ La quantità di olio varia in funzione della sua viscosità e temperatura, ed è quindi difficile gestire basse portate
- ❍ Difficile determinare se l'olio è stato recentemente sostituito
- ❍ Elevate perdite per attrito
- ❍ E' di difficile adozione nei mandrini verticali, causa il trafilamento dell'olio
- ❍ Costi elevati
- ❍ Costi piuttosto elevati
- ❍ Difficile verificare se la corretta quantità arriva ai cuscinetti

## Lubrificazione a Grasso

### (1) Grassi Raccomandati

Grassi a base di litio ed olio minerale hanno ottime proprietà di adesività ed eccellenti caratteristiche di lubrificazione. Sono normalmente utilizzabili in un campo di temperatura compresa tra –10°C e +110°C.

Per i mandrini di macchine utensili, dove è richiesto un basso innalzamento della temperatura ed una lunga durata, si raccomanda un grasso di consistenza 2 con olio di base sintetico (diestere, diestere + olio minerale, etc.).

La tabella 6.2 elenca una serie di grassi con i relativi produttori, normalmente utilizzati nelle macchine utensili per lubrificare i mandrini ed i cuscinetti di supporto delle viti a ricircolazione di sfere.

### (2) Durata del Grasso

La durata del grasso dipende prevalentemente dalla temperatura di esercizio, quindi, al fine di aumentare la durata del grasso, è necessario mantenere la più bassa possibile la temperatura del cuscinetto (includendo la temperatura ambiente). Nei cuscinetti per mandrini o elettromandrini sono normalmente utilizzati grassi ad alte prestazioni e ad ampio campo d'impiego. La seguente equazione determina la durata media di questi tipi di grasso.

$$\log t = 6.12 - 1.4\, n/N_{max} - (0.018 - 0.006\, n/N_{max})\, T$$

dove $t$: Durata media del grasso (ore)
$N_{max}$: Velocità limite del cuscinetto ($min^{-1}$)
$n$: Velocità di funzionamento ($min^{-1}$)
$T$: Temperatura del cuscinetto (°C)

### (3) Quantità di Grasso nei Cuscinetti per Mandrini ad Alta Velocità

Per un buon funzionamento dei cuscinetti per mandrini ad alta velocità lubrificati a grasso, si raccomanda una quantità di riempimento compresa tra il 10 ed il 20% del volume libero del cuscinetto. Se il riempimento di grasso è eccessivo, durante il rodaggio si manifesta un anomalo innalzamento della temperatura che può deteriorare il grasso stesso. 2(che3dunrar)17.6(etalel rschivo,èl)]T
e il grassoinè eccdenza.l
o
c
r
raccomandite di grassostioiindficate pagunr 157.n

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MTE | NSK | Complesso al Bario | Estere | 20 | 200 | –30~+120 | Cuscinetti per mandrini ad alta velocità, a sfere ed a rulli cilindrici |
| MTS | NSK | Urea | Estere + Idrocarburi sintetici | 22 | 220 | –40~+130 | Cuscinetti per mandrini ad alta velocità |
| Isoflex NBU15 | Klüber | Complesso al Bario | Diestere + Minerale | 20 | 250 | –30~+120 | Cuscinetti per mandrini |
| Isoflex NCA15 | Klüber | Speciale al Calcio | Estere | 23 | 180 | –40~+130 | Cuscinetti per mandrini |
| Mobilux 2 | Mobil | Litio | Minerale | 26 | 190 | –10~+110 | Cuscinetti per teste di foratura e contropunte |
| Multemp LRL3 | Kyodo Yushi | Litio | Tetraestere | 37 | 208 | –30~+130 | Cuscinetti per mandrini |
| Staburags NBU8EP | Klüber | Complesso al Bario | Minerale | 105 | 220 | –30~+130 | Cuscinetti per teste di foratura e contropunte |
| Alvania 2 | Shell | Litio | Minerale | 130 | 182 | –10~+110 | Cuscinetti supporto viti a ricircolazione |
| ENS | NSK | Diurea | Tetraestere | 32 | 260 | –40~+160 | Cuscinetti per motori elettrici |

# 6. LUBRIFICAZIONE

## Lubrificazione ad Olio

### (1) Lubrificazione a Nebbia d'Olio e Lubrificazione Aria-Olio (Lubrificazione Minimale)

Nebulizzare olio consiste nel lubrificare grazie ad un flusso d'aria compressa in cui viene atomizzato l'olio. Questo metodo è chiamato anche lubrificazione a nebbia d'olio.

La lubrificazione minimale aria-olio è un metodo in cui l'olio viene costantemente iniettato in un flusso d'aria compressa attraverso un valvola miscelatrice che, per mezzo di un pistone, alimenta ciclicamente l'olio.

La figura 6.2 illustra la quantità di olio raccomandata per il singolo cuscinetto nei metodi di lubrificazione precedentemente descritti.

Quantità Raccomandata di Grasso per Cuscinetti di Mandrini ad Alta Velocità

Unità: cc/cuscinetto

| Codice foro | Diametro foro (mm) | ACBB: 15% del volume interno libero (codice NSK: X) | | | | CRB: 10% del volume interno libero (codice NSK: X) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BNR19 BER19 BGR19 79xx | BGR10 70xx | BGR02 72xx | BNR10 BER10 BAR10 BTR10 | NN49 | NN39 | NN30 | N10 |
| 5 | 5 | – | – | 0,03 | – | – | – | – | – |
| 6 | 6 | – | 0,04 | 0,07 | – | – | – | – | – |
| 7 | 7 | – | 0,07 | – | – | – | – | – | – |
| 8 | 8 | – | 0,12 | 0,10 | – | – | – | – | – |
| 00 | 10 | 0,06 | 0,13 | 0,16 | – | – | – | – | – |
| 01 | 12 | 0,06 | 0,14 | 0,23 | – | – | – | – | – |
| 02 | 15 | 0,11 | 0,18 | 0,29 | – | – | – | – | – |
| 03 | 17 | 0,13 | 0,24 | 0,41 | – | – | – | – | – |
| 04 | 20 | 0,23 | 0,44 | 0,68 | – | – | – | – | – |
| 05 | 25 | 0,27 | 0,52 | 0,85 | – | – | – | 4,0 | – |
| 06 | 30 | 0,31 | 0,69 | 1,20 | 0,58 | – | – | 6,0 | 4,0 |
| 07 | 35 | 0,48 | 0,98 | 1,70 | 0,78 | – | – | 8,0 | 6,0 |
| 08 | 40 | 0,75 | 1,20 | 2,10 | 0,92 | – | – | 1,0 | 7,0 |
| 09 | 45 | 0,83 | 1,50 | 2,60 | 1,20 | – | – | 1,3 | 1,0 |
| 10 | 50 | 0,91 | 1,60 | 3,00 | 1,20 | – | – | 1,4 | 1,1 |
| 11 | 55 | 1,10 | 2,40 | 3,90 | 1,70 | – | – | 2,0 | 1,5 |
| 12 | 60 | 1,20 | 2,60 | 4,80 | 1,80 | – | – | 2,1 | 1,6 |
| 13 | 65 | 1,30 | 2,60 | 5,70 | 1,90 | – | – | 2,2 | 1,6 |
| 14 | 70 | 2,10 | 3,60 | 6,50 | 2,80 | – | – | 3,2 | 2,4 |
| 15 | 75 | 2,30 | 3,60 | 7,00 | 2,90 | – | – | 3,5 | 2,5 |
| 16 | 80 | 2,40 | 5,10 | 8,70 | 3,80 | – | – | 4,7 | 3,5 |
| 17 | 85 | 3,50 | 5,30 | 11,00 | 4,00 | – | – | 4,9 | 3,7 |
| 18 | 90 | 3,60 | 6,60 | 13,00 | 5,50 | – | – | 6,5 | 4,5 |
| 19 | 95 | 3,60 | 6,80 | 16,00 | 5,70 | – | – | 6,6 | 4,7 |
| 20 | 100 | 4,90 | 7,20 | 19,00 | 6,10 | 5,4 | 4,5 | 6,8 | 4,9 |
| 21 | 105 | 5,10 | 9,00 | 23,00 | 7,60 | 5,6 | 4,6 | 9,3 | 5,9 |
| 22 | 110 | 5,20 | 12,00 | 27,00 | 9,10 | 5,7 | 4,8 | 11,0 | 7,5 |
| 24 | 120 | 7,90 | 12,00 | 31,00 | 9,80 | 8,4 | 6,5 | 12,0 | 8,1 |
| 26 | 130 | 9,00 | 18,00 | 34,00 | 15,00 | 11,0 | 8,5 | 18,0 | 12,4 |
| 28 | 140 | 9,90 | 20,00 | 42,00 | 17,00 | 12,0 | 9,3 | 20,0 | 12,9 |
| 30 | 150 | 14,00 | 25,00 | 53,00 | 22,00 | 24,0 | 14,0 | 23,0 | – |
| 32 | 160 | 16,00 | 34,00 | – | 26,00 | 20,0 | 15,0 | 29,0 | – |
| 34 | 170 | 14,00 | 42,00 | – | 33,00 | 21,0 | 15,0 | 38,0 | – |
| 36 | 180 | 22,00 | 51,00 | – | 46,00 | 28,0 | 23,0 | 51,0 | – |
| 38 | 190 | 27,00 | 47,00 | – | 50,00 | 30,0 | 24,0 | 54,0 | – |
| 40 | 200 | 39,00 | 76,00 | – | 61,00 | 44,0 | 35,0 | 69,0 | – |
| 44 | 220 | 42,00 | – | – | – | | 37,0 | – | – |
| 48 | 240 | 41,00 | – | – | – | – | 40,0 | – | – |
| 52 | 260 | 77,00 | – | – | – | – | 70,0 | – | – |
| 56 | 280 | 80,00 | – | – | – | – | 75,0 | – | – |

La quantità di grasso per il cuscinetto „xxTAC20(29)X(D)“ deve essere la stessa prevista per il cuscinetto a due corone di rulli cilindrici insieme al quale viene utilizzato.

## Fattori che Influenzano la Velocità Limite

La velocità limite di un cuscinetto impiegato in un mandrino è influenzata dai seguenti fattori applicativi:

### 1. Sistema di Lubrificazione

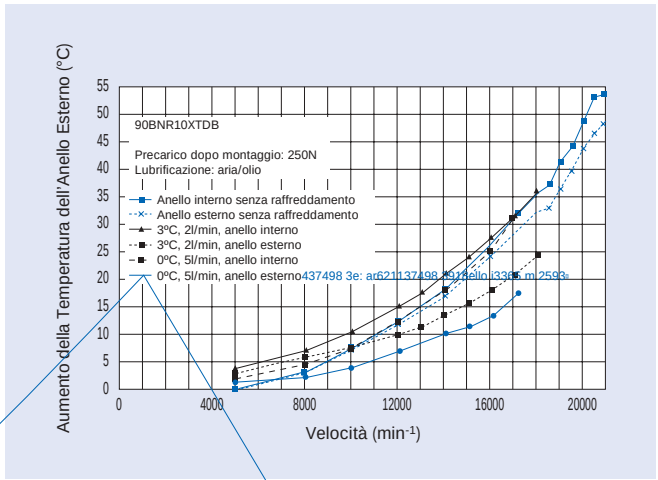
Lo spessore della pellicola di lubrificante generata da un sistema di lubrificazione aria-olio o a nebbia d'olio è maggiore di quello generato da un sistema di lubrificazione a grasso. Quindi la velocità limite è maggiore quando è impiegato un sistema di lubrificazione ad aria-olio o a nebbia d'olio.
Nel caso della lubrificazione a getto d'olio, la grande quantità di olio che attraversa il cuscinetto per lubrificarlo ne asporta anche il calore, consentendo di raggiungere velocità ancora superiori.

### 2. Disposizioni

Quando si accoppiano cuscinetti singoli per formare un gruppo, la velocità limite risultante per il gruppo stesso sarà inferiore a causa della minore possibilità per i singoli cuscinetti di dissipare il calore. Per tale ragione, la velocità limite di un gruppo di cuscinetti è inferiore a quella del singolo cuscinetto.

### 3. Precarico

Se il precarico dopo montaggio è elevato, la pressione di contatto tra le sfere e le piste aumenta, causando una notevole generazione di calore. Come risultato, il precarico aumenterà ulteriormente durante il funzionamento ed il rischio di cedimenti dei cuscinetti sarà elevato. Per escludere tale evenienza, la velocità limite viene ridotta all'aumentare del precarico dopo montaggio. La stessa regola deve essere osservata anche nelle applicazioni di cuscinetti a rulli cilindrici.




### 4. Azionamento del Mandrino

La velocità limite di un cuscinetto è influenzata anche dal tipo di azionamento del mandrino. Nel caso di elettromandrini, il calore generato all'interno del mandrino è maggiore. Se poi è utilizzato anche un sistema di raffreddamento, la differenza di temperatura tra anello interno ed esterno aumenta, generando un aumento del precarico. In tali casi, la velocità limite è inferiore (vedere la figura 5.2). Il raffreddamento del mandrino modifica anche il gioco tra il cuscinetto e l'alloggiamento (vedere la figura 5.3). In alcuni casi esso può anche diventare negativo, con conseguente aumento del precarico.

# 7. PRECISIONE DEI CUSCINETTI

La precisione dei cuscinetti volventi NSK è determinata dalle tolleranze dimensionali (dimensioni di ingombro) e dalla precisione di rotazione; tali valori sono conformi a quanto riportato nelle norme ISO 492, 199, 582 e 1132-1 e nella norma JIS B 1514. In aggiunta alle tolleranze sopra descritte, NSK produce cuscinetti a sfere a contatto obliquo in classe di precisione ABEC 5, 7 e 9 come specificato dalla American Bearing Manufacturers Association (ABMA) nella norma 20.

Le principali definizioni dei simboli relativi alla precisione in rotazione ed ai loro metodi di misurazione sono descritti nella figura 7.1 e nella tabella 7.1. Ulteriori dettagli sono disponibili nella norma ISO 5593, il Vocabolario dei Cuscinetti Volventi nella norma JIS B 0104 ed i Metodi di Misurazione dei Cuscinetti Volventi nella norma JIS B 1515.

Tabella 7.1

| Precisione di rotazione | Anello interno | Anello esterno | Comparatore millesimale |
|---|---|---|---|
| Concentricità (precisione radiale) di rotazione dell'anello interno di un cuscinetto completo - $K_{ia}$ | Rotante | Stazionario | A |
| Concentricità (precisione radiale) di rotazione dell'anello esterno di un cuscinetto completo - $K_{ea}$ | Stazionario | Rotante | A |
| Planarità (precisione assiale) di rotazione della faccia laterale dell'anello interno rispetto alla pista di rotolamento dell'anello interno di un cuscinetto completo - $S_{ia}$ | Rotante | Stazionario | $B_1$ |
| Planarità (precisione assiale) di rotazione della faccia laterale dell'anello esterno rispetto alla pista di rotolamento dell'anello esterno di un cuscinetto completo - $S_{ea}$ | Stazionario | Rotante | $B_2$ |
| Planarità di rotazione (errore di quadratura) della superficie di riferimento dell'anello interno rispetto al foro - $S_d$ | Rotante | Stazionario | C |
| Variazione d'inclinazione (errore di quadratura) della superficie cilindrica esterna rispetto alla faccia laterale di riferimento dell'anello esterno - $S_D$ | N/A | Rotante | D |

## Precisione dei Cuscinetti Radiali

### Anello Interno

Tabella 7.2 Anello Interno (Precisione in Classe 5)

Unità: $\mu$m

| Diametro nominale del foro $d$ (mm) | | Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano $\Delta_{dmp}$(1) | | | | Variazione del diametro medio del foro $V_{dmp}$(1) | Concentricità di rotazione dell'anello interno $K_{ia}$ | Errore di quadratura dell'anello interno $S_d$ | Errore di quadratura della faccia dell'anello interno $S_{ia}$(2) | Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello interno $\Delta B_s$ | | | Variazione della larghezza dell'anello interno $V_{B_s}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Cuscinetto singolo – Cuscinetto universale | Cuscinetto singolo | Cuscinetto universale (3) | |
| oltre | fino a | sup | inf | max | | max | max | max | max | sup | inf | | max |
| **2.5** | **10** | 0 | – 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 | 7 | 0 | – 40 | –250 | 5 |
| **10.0** | **18** | 0 | – 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 7 | 7 | 0 | – 80 | –250 | 5 |
| **18.0** | **30** | 0 | – 6 | 6 | 5 | 3 | 4 | 8 | 8 | 0 | –120 | –250 | 5 |
| **30.0** | **50** | 0 | – 8 | 8 | 6 | 4 | 5 | 8 | 8 | 0 | –120 | –250 | 5 |
| **50.0** | **80** | 0 | – 9 | 9 | 7 | 5 | 5 | 8 | 8 | 0 | –150 | –250 | 6 |
| **80.0** | **120** | 0 | –10 | 10 | 8 | 5 | 6 | 9 | 9 | 0 | –200 | –380 | 7 |
| **120.0** | **180** | 0 | –13 | 13 | 10 | 7 | 8 | 10 | 10 | 0 | –250 | –380 | 8 |
| **180.0** | **250** | 0 | –15 | 15 | 12 | 8 | 10 | 11 | 13 | 0 | –300 | –500 | 10 |
| **250.0** | **315** | 0 | –18 | 18 | 14 | 9 | 13 | 13 | 15 | 0 | –350 | –500 | 13 |

Tabella 7.3 Anello Interno (Precisione in Classe 4)

Unità: $\mu$m

| Diametro nominale del foro $d$ (mm) | | Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano $\Delta_{dmp}$(1) | | Scostamento della singola misura del diametro interno $\Delta_{dS}$(1) | | | | Variazione del diametro medio del foro $V_{dmp}$(1) | Concentricità di rotazione dell'anello interno $K_{ia}$ | Errore di quadratura dell'anello interno $S_d$ | Errore di quadratura della faccia dell'anello interno $S_{ia}$(2) | Cuscinetto singolo | | | Variazione della larghezza dell'anello interno $V_{B_s}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| oltre | fino a | sup | inf | sup | inf | max | | max | max | max | max | sup | inf | | max |
| **30.0** | **50** | 0 | – 6 | 0 | –6 | 6 | 5 | 3.0 | 4.0 | 4 | 4 | 0 | –120 | –250 | 3.0 |
| **50.0** | **80** | 0 | – 7 | 0 | –7 | 7 | 5 | 3.5 | 4.0 | 5 | 5 | 0 | –150 | –250 | 4.0 |
| **80.0** | **120** | 0 | – 8 | 0 | –8 | 8 | 6 | 4.0 | 5.0 | 5 | 5 | 0 | –200 | –380 | 4.0 |
| **120.0** | **180** | 0 | –10 | 0 | –10 | 10 | 8 | 5.0 | 6.0 | 6 | 7 | 0 | –250 | –380 | 5.0 |
| **180.0** | **250** | 0 | –12 | 0 | –12 | 12 | 9 | 6.0 | 8.0 | 7 | 8 | 0 | –300 | –500 | 6.0 |

(1) Valido solo per cuscinetti con foro cilindrico.

(2) Valido per cuscinetti a sfere.

(3) Valido per singoli anelli prodotti per i cuscinetti universali (disponibili per l'accoppiamento universale).

Note:

1. Il limite (superiore) di tolleranza del foro cilindrico, lato "non-passa" di un calibro a tampone come specificato in tabella, generalmente non si applica al di sotto di una distanza dalla faccia dell'anello interno pari a 1,2 volte il valore del raggio r (max) del raggio di raccordo.
2. Le classi di precisione ABMA ABEC 5, ABEC 7 e ABEC 9 sono equivalenti rispettivamente alle classi ISO (JIS) 5, 4 e 2. Le normative ABMA sono applicabili ai cuscinetti a sfere a contatto obliquo.

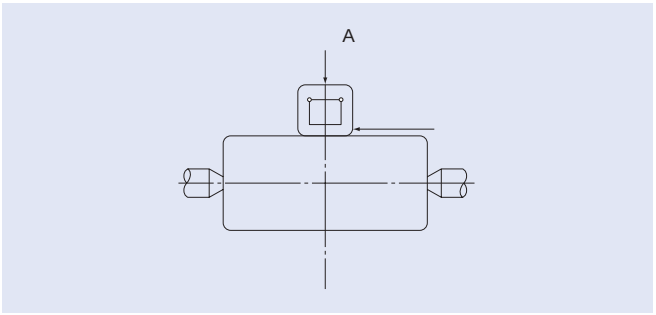



Tabella 7.4 Anello Interno (Precisione in Classe 3) (4)

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

# 7. PRECISIONE DEI CUSCINETTI

## Precisione dei Cuscinetti Radiali

### Anello Esterno

Tabella 7.6 Anello Esterno (Precisione in Classe 5)

Unità: $\mu$m

| Diametro esterno nominale *D* (mm) | Scostamento del | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Tabella 7.7 Anello Esterno (Precisione in Classe 4)

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

(1) Valido per cuscinetti a sfere.

Note:
1. Il limite (superiore) di tolleranza del foro cilindrico, lato “non-passa” di un calibro a tampone come specificato in tabella, generalmente non si applica al di sotto di una distanza dalla faccia dell’anello interno pari a 1,2 volte il valore del raggio r (max) del raggio di raccordo.
2. Le classi di precisione ABMA ABEC 5, ABEC 7 e ABEC 9 sono equivalenti rispettivamente alle classi ISO (JIS) 5, 4 e 2.
   Le normative ABMA sono applicabili ai cuscinetti a sfere a contatto obliquo.

$\mu$m

| Diametro esterno nominale $D$ (mm) | Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano $\Delta_{Dmp}$ | Scostamento di una singola misura del diametro esterno $\Delta_{Ds}$ | Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale $V_{Dp}$ | Variazione del diametro esterno medio $V_{Dmp}$ | Variazione della larghezza dell'anello esterno |
|---|---|---|---|---|---|

Unità: $\mu$m

(1) Valido per cuscinetti a sfere.

(2) La precisione in Classe 3 è stata definita da NSK. Le tolleranze del diametro del foro e del diametro esterno sono in Classe 4, mentre la precisione di rotolamento è in Classe 2.

Note: 1. Il limite (superiore) di tolleranza del foro cilindrico, lato "non-passa" di un calibro a tampone come specificato in tabella, generalmente non si applica al di sotto di una distanza dalla faccia dell'anello interno pari a 1,2 volte il valore del raggio r (max) del raggio di raccordo.

2. Le classi di precisione ABMA ABEC 5, ABEC 7 e ABEC 9 sono equivalenti rispettivamente alle classi ISO (JIS) 5, 4 e 2.
Le normative ABMA sono applicabili ai cuscinetti a sfere a contatto obliquo.

# 7. PRECISIONE DEI CUSCINETTI

μm

| $d$ (mm) | | $\Delta_{dmp}$ | | (Riferimento) (2) $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ | | $V_{dp}$ (1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| oltre | fino a | superiore | inferiore | superiore | inferiore | max |
| **18** | **30** | +13 | 0 | +3 | 0 | 4 |
| **30** | **50** | +16 | 0 | +3 | 0 | 5 |
| **50** | **80** | +19 | 0 | +4 | 0 | 6 |
| **80** | **120** | +22 | 0 | +5 | 0 | 7 |
| **120** | **180** | +25 | 0 | +7 | 0 | 9 |
| **180** | **250** | +29 | 0 | +9 | 0 | 12 |

(1) Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale, applicabile a tutti i piani radiali dei fori conici.

(2) Tolleranza dell'angolo di conicità 4°46′18.8″ $^{+25}_{0}$″

Tabella 7.11 Foro Conico K

Unità: μm

| $d$ (mm) | | $\Delta_{dmp}$ | | $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ | | $V_{dp}$ (1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| oltre | fino a | superiore | inferiore | superiore | inferiore | max |
| **18** | **30** | +21 | 0 | +21 | 0 | 4 |
| **30** | **50** | +25 | 0 | +25 | 0 | 5 |
| **50** | **80** | +30 | 0 | +30 | 0 | 6 |
| **80** | **120** | +35 | 0 | +35 | 0 | 7 |
| **120** | **180** | +40 | 0 | +40 | 0 | 9 |
| **180** | **250** | +46 | 0 | +46 | 0 | 12 |
| **250** | **315** | +52 | 0 | +52 | 0 | 14 |
| **315** | **400** | +57 | 0 | +57 | 0 | 16 |
| **400** | **500** | +63 | 0 | +63 | 0 | 18 |

(1) Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale, applicabile a tutti i piani radiali dei fori conici.

# 7. PRECISIONE DEI CUSCINETTI

## Precisione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo

### Precisione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alta Velocità - Serie BAR e BTR in Classe 4A (1)

Tabella 7.12 Anello Interno

Unità: $\mu$m

| oltre | fino a | sup | inf | sup | inf | max | max | max | max | max | max | max | sup | inf |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| – | **50** | 0 | – 6 | 0 | – 6 | 6 | 5 | 3.0 | 4 | 4 | 4 | 3 | 0 | – 300 |
| **50** | **80** | 0 | – 7 | 0 | – 7 | 7 | 5 | 3.5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 0 | – 500 |
| **80** | **120** | 0 | – 8 | 0 | – 8 | 8 | 6 | 4.0 | 5 | 5 | 5 | 4 | 0 | – 500 |
| **120** | **150** | | | | | | | | | | | | | |

Unità: $\mu$m

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

## Precisione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Doppio Effetto a Contatto Obliquo - Serie TAC in Classe 7 (2)

Tabella 7.14 Precisione dell'Anello Interno, dell'Anello Esterno e dell'Altezza del Cuscinetto

Unità: $\mu$m

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabella 7.15 Tolleranze dell'Anello Esterno

Unità: $\mu$m

| | |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

(1) Specifica NSK equivalente alla Classe ISO 4, ad eccezione della tolleranza del diametro esterno dell'anello esterno.

(2) Specifica NSK.

## Precisione dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto di Viti a Ricircolazione di Sfere

### Applicazioni per Macchine Utensili

Tabella 7.16 Serie TAC B

Unità: $\mu$m

| Diametro nominale del foro o diametro esterno (mm) | | Scostamento del diametro del foro | | | | Scostamento del diametro esterno | | | | Scostamento della larghezza dell'anello interno | | Errore radiale di rotazione dell'anello interno o esterno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Classi di precisione | | | | Classi di precisione | | | | Classi di precisione | | Classi di precisione |
| | | PN7A | | PN7B | | PN7A | | PN7B | | PN7A PN7B | | PN7A PN7B |
| oltre | fino a | sup | inf | sup | inf | sup | inf | sup | inf | sup | inf | max |
| **10** | **18** | 0 | –4 | 0 | –4 | – | – | – | – | 0 | –120 | 2.5 |
| **18** | **30** | 0 | –5 | 0 | –4 | – | – | – | – | 0 | –120 | 2.5 |
| **30** | **50** | 0 | –6 | 0 | –4 | 0 | –6 | 0 | –4 | 0 | –120 | 2.5 |
| **50** | **80** | 0 | –7 | 0 | –5 | 0 | –7 | 0 | –5 | 0 | –150 | 2.5 |
| **80** | **120** | 0 | –8 | 0 | –6 | 0 | –8 | 0 | –6 | 0 | –200 | 2.5 |

Nota: lo scostamento della larghezza dell'anello esterno è uguale a quello dell'anello interno dello stesso cuscinetto.

La Classe PN7A è la classe di precisione standard di questi cuscinetti. Corrisponde alla Classe ISO 4 per cuscinetti radiali a sfere, ma con tolleranze più ristrette sugli errori di rotazione dell'anello interno ed esterno.

La Classe PN7B è più precisa e si applica alle tolleranze dimensionali dei diametri del foro ed esterno dei cuscinetti universale ad una corona (SU).

### Applicazioni per Macchine per Stampaggio ad Iniezione

Tabella 7.17 Serie TAC 02 e 03

Unità: $\mu$m

| Diametro nominale del foro o diametro esterno (mm) | | Scostamento del diametro del foro | | Scostamento del diametro esterno | | Scostamento della larghezza dell'anello interno | | Errore radiale di rotazione dell'anello interno o esterno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Classe di precisione | | | | | | |
| | | PN5D | | | | | | |
| oltre | fino a | sup | inf | sup | inf | sup | inf | max |
| **10** | **18** | 0 | – 5 | – | – | 0 | – 80 | 5 |
| **18** | **30** | 0 | – 6 | – | – | 0 | –120 | 5 |
| **30** | **50** | 0 | – 8 | 0 | – 7 | 0 | –120 | 8 |
| **50** | **80** | 0 | – 9 | 0 | – 9 | 0 | –150 | 8 |
| **80** | **120** | 0 | –10 | 0 | –10 | 0 | –200 | 8 |
| **120** | **150** | – | – | 0 | –11 | – | – | – |
| **150** | **180** | – | – | 0 | –13 | – | – | – |
| **180** | **250** | – | – | 0 | –15 | – | – | – |
| **250** | **315** | – | – | 0 | –18 | – | – | – |

Nota: lo scostamento della larghezza dell'anello esterno è uguale a quello dell'anello interno dello stesso cuscinetto.

La Classe PN5D è la classe di precisione standard di questi cuscinetti. Corrisponde alla Classe ISO 5 per cuscinetti radiali a sfere, ma con tolleranze più ristrette sugli errori di rotazione dell'anello interno ed esterno.

# 8. PROGETTAZIONE DELL'ALBERO E DELL'ALLOGGIAMENTO

Tabella 8.1 Tolleranze dell'Albero (1)

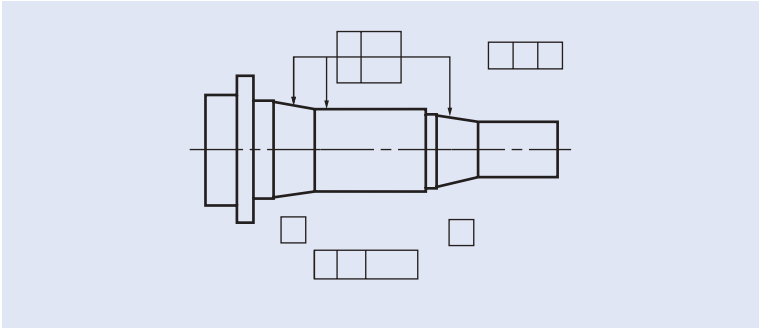
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Tabella 8.2 Tolleranze dell'Alloggiamento (1)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

(1

Se la conicità dell'anello interno nei cuscinetti a due corone di rulli cilindrici a due corone con foro conico non si accoppia correttamente con la conicità dell'albero, il gioco residuo tra le due corone dopo la registrazione sarà differente. Pertanto, il carico non sarà ripartito equamente tra le due corone e di conseguenza anche la rigidezza verrà compromessa, generando un movimento anomalo dei rulli dovuto alla conicità della pista di rotolamento. Si raccomanda pertanto di verificare, con i calibri specifici, la correttezza della conicità delle parti per eseguire un perfetto accoppiamento con il cuscinetto. Il contatto superficiale deve essere superiore all'80% della superficie totale (si può verificare con il *Blu di Prussia)*. Le tolleranze e la rugosità superficiale raccomandate sono indicate nelle tabelle di seguito.



| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

## Dimensioni degli Spallamenti e dei Raggi di Raccordo

Tabella 8.5 Dimensioni degli Spallamenti e dei Raggi di Raccordo per Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

Unità: $\mu$m

| Diametro nominale del foro (mm) | Serie dimensionale ISO 19 79xx, BNR19, BER19, BAR19, BTR19, BGR19, TAC29X | | | | | Serie dimensionale ISO 10 70xx, BNR10, BER10, BAR10, BTR10, BGR10, TAC20X | | | | | Serie dimensionale ISO 02 72xx, BGR02 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $d_a$ (min) | $D_a$ (max) | $D_b$ (max) | $r_a$ (max) | $r_b$ (max) | $d_a$ (min) | $D_a$ (max) | $D_b$ (max) | $r_a$ (max) | $r_b$ (max) | $d_a$ (min) | $D_a$ (max) | $D_b$ (max) | $r_a$ (max) | $r_b$ (max) |
| **5** | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,5 | 13,5 | — | 0,3 | — |
| **6** | — | — | — | — | — | 8,5 | 14,5 | — | 0,3 | — | 8,5 | 16,5 | — | 0,3 | — |
| **7** | — | — | — | — | — | 9,5 | 16,5 | — | 0,3 | — | — | — | — | — | — |
| **8** | — | — | — | — | — | 10,5 | 19,5 | — | 0,3 | — | 10,5 | 21,5 | — | 0,3 | — |
| **10** | 12,5 | 19,5 | 20,8 | 0,3 | 0,15 | 12,5 | 23,5 | 24,8 | 0,3 | 0,15 | 15,0 | 25,0 | 27,5 | 0,6 | 0,3 |
| **12** | 14,5 | 21,5 | 22,8 | 0,3 | 0,15 | 14,5 | 25,5 | 26,8 | 0,3 | 0,15 | 17,0 | 27,0 | 29,5 | 0,6 | 0,3 |
| **15** | 17,5 | 25,5 | 26,8 | 0,3 | 0,15 | 17,5 | 29,5 | 30,8 | 0,3 | 0,15 | 20,0 | 30,0 | 32,5 | 0,6 | 0,3 |
| **17** | 19,5 | 27,5 | 28,8 | 0,3 | 0,15 | 19,5 | 32,5 | 33,8 | 0,3 | 0,15 | 22,0 | 35,0 | 37,5 | 0,6 | 0,3 |
| **20** | 22,5 | 34,5 | 35,8 | 0,3 | 0,15 | 25,0 | 37,0 | 39,5 | 0,6 | 0,30 | 26,0 | 41,0 | 42,0 | 1,0 | 0,5 |
| **25** | 27,5 | 39,5 | 40,8 | 0,3 | 0,15 | 30,0 | 42,0 | 44,5 | 0,6 | 0,30 | 31,0 | 46,0 | 47,0 | 1,0 | 0,5 |
| **30** | 32,5 | 44,5 | 45,8 | 0,3 | 0,15 | 36,0 | 49,0 | 50,0 | 1,0 | 0,50 | 36,0 | 56,0 | 57,0 | 1,0 | 0,5 |
| **35** | 40,0 | 50,0 | 52,5 | 0,6 | 0,30 | 41,0 | 56,0 | 57,0 | 1,0 | 0,50 | 42,0 | 65,0 | 67,0 | 1,0 | 0,6 |
| **40** | 45,0 | 57,0 | 59,5 | 0,6 | 0,30 | 46,0 | 62,0 | 63,0 | 1,0 | 0,50 | 47,0 | 73,0 | 75,0 | 1,0 | 0,6 |
| **45** | 50,0 | 63,0 | 65,5 | 0,6 | 0,30 | 51,0 | 69,0 | 70,0 | 1,0 | 0,50 | 52,0 | 78,0 | 80,0 | 1,0 | 0,6 |
| **50** | 55,0 | 67,0 | 69,5 | 0,6 | 0,30 | 56,0 | 74,0 | 75,0 | 1,0 | 0,50 | 57,0 | 83,0 | 85,0 | 1,0 | 0,6 |
| **55** | 61,0 | 74,0 | 75,0 | 1,0 | 0,50 | 62,0 | 83,0 | 85,0 | 1,0 | 0,60 | 64,0 | 91,0 | 94,0 | 1,5 | 0,8 |
| **60** | 66,0 | 79,0 | 80,0 | 1,0 | 0,50 | 67,0 | 88,0 | 90,0 | 1,0 | 0,60 | 69,0 | 101,0 | 104,0 | 1,5 | 0,8 |
| **65** | 71,0 | 84,0 | 85,0 | 1,0 | 0,50 | 72,0 | 93,0 | 95,0 | 1,0 | 0,60 | 74,0 | 111,0 | 114,0 | 1,5 | 0,8 |
| **70** | 76,0 | 94,0 | 95,0 | 1,0 | 0,50 | 77,0 | 103,0 | 105,0 | 1,0 | 0,60 | 79,0 | 116,0 | 119,0 | 1,5 | 0,8 |
| **75** | 81,0 | 99,0 | 100,0 | 1,0 | 0,50 | 82,0 | 108,0 | 110,0 | 1,0 | 0,60 | 84,0 | 121,0 | 124,0 | 1,5 | 0,8 |
| **80** | 86,0 | 104,0 | 105,0 | 1,0 | 0,50 | 87,0 | 118,0 | 120,0 | 1,0 | 0,60 | 90,0 | 130,0 | 134,0 | 2,0 | 1,0 |
| **85** | 92,0 | 113,0 | 115,0 | 1,0 | 0,60 | 92,0 | 123,0 | 125,0 | 1,0 | 0,60 | 95,0 | 140,0 | 144,0 | 2,0 | 1,0 |
| **90** | 97,0 | 118,0 | 120,0 | 1,0 | 0,60 | 99,0 | 131,0 | 134,0 | 1,5 | 0,80 | 100,0 | 150,0 | 154,0 | 2,0 | 1,0 |
| **95** | 102,0 | 123,0 | 125,0 | 1,0 | 0,60 | 104,0 | 136,0 | 139,0 | 1,5 | 0,80 | 107,0 | 158,0 | 163,0 | 2,0 | 1,0 |
| **100** | 107,0 | 133,0 | 135,0 | 1,0 | 0,60 | 109,0 | 141,0 | 144,0 | 1,5 | 0,80 | 112,0 | 168,0 | 173,0 | 2,0 | 1,0 |
| **105** | 112,0 | 138,0 | 140,0 | 1,0 | 0,60 | 115,0 | 150,0 | 154,0 | 2,0 | 1,00 | 117,0 | 178,0 | 183,0 | 2,0 | 1,0 |
| **110** | 117,0 | 143,0 | 145,0 | 1,0 | 0,60 | 120,0 | 160,0 | 164,0 | 2,0 | 1,00 | 122,0 | 188,0 | 193,0 | 2,0 | 1,0 |
| **120** | 127,0 | 158,0 | 160,0 | 1,0 | 0,60 | 130,0 | 170,0 | 174,0 | 2,0 | 1,00 | 132,0 | 203,0 | 208,0 | 2,0 | 1,0 |
| **130** | 139,0 | 171,0 | 174,0 | 1,5 | 0,80 | 140,0 | 190,0 | 194,0 | 2,0 | 1,00 | 144,0 | 216,0 | 223,0 | 2,5 | 1,0 |
| **140** | 149,0 | 181,0 | 184,0 | 1,5 | 0,80 | 150,0 | 200,0 | 204,0 | 2,0 | 1,00 | 154,0 | 236,0 | 243,0 | 2,5 | 1,0 |
| **150** | 160,0 | 200,0 | 204,0 | 2,0 | 1,00 | 162,0 | 213,0 | 218,0 | 2,0 | 1,00 | 164,0 | 256,0 | 263,0 | 2,5 | 1,0 |
| **160** | 170,0 | 210,0 | 214,0 | 2,0 | 1,00 | 172,0 | 228,0 | 233,0 | 2,0 | 1,00 | 174,0 | 276,0 | 283,0 | 2,5 | 1,0 |
| **170** | 180,0 | 220,0 | 224,0 | 2,0 | 1,00 | 182,0 | 248,0 | 253,0 | 2,0 | 1,00 | 188,0 | 292,0 | 301,0 | 3,0 | 1,5 |
| **180** | 190,0 | 240,0 | 244,0 | 2,0 | 1,00 | 192,0 | 268,0 | 273,0 | 2,0 | 1,00 | 198,0 | 302,0 | 311,0 | 3,0 | 1,5 |
| **190** | 200,0 | 250,0 | 254,0 | 2,0 | 1,00 | 202,0 | 278,0 | 283,0 | 2,0 | 1,00 | 208,0 | 322,0 | 331,0 | 3,0 | 1,5 |
| **200** | 212,0 | 268,0 | 273,0 | 2,0 | 1,00 | 212,0 | 298,0 | 303,0 | 2,0 | 1,00 | 218,0 | 342,0 | 351,0 | 3,0 | 1,5 |
| **220** | 242,0 | 282,0 | 287,0 | 2,0 | 1,00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **240** | 263,0 | 301,0 | 306,0 | 2,0 | 1,00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **260** | 283,0 | 341,0 | 345,0 | 2,0 | 1,00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| **280** | 304,0 | 360,0 | 365,0 | 2,0 | 1,00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

# Capitolo 5

$\mu$m

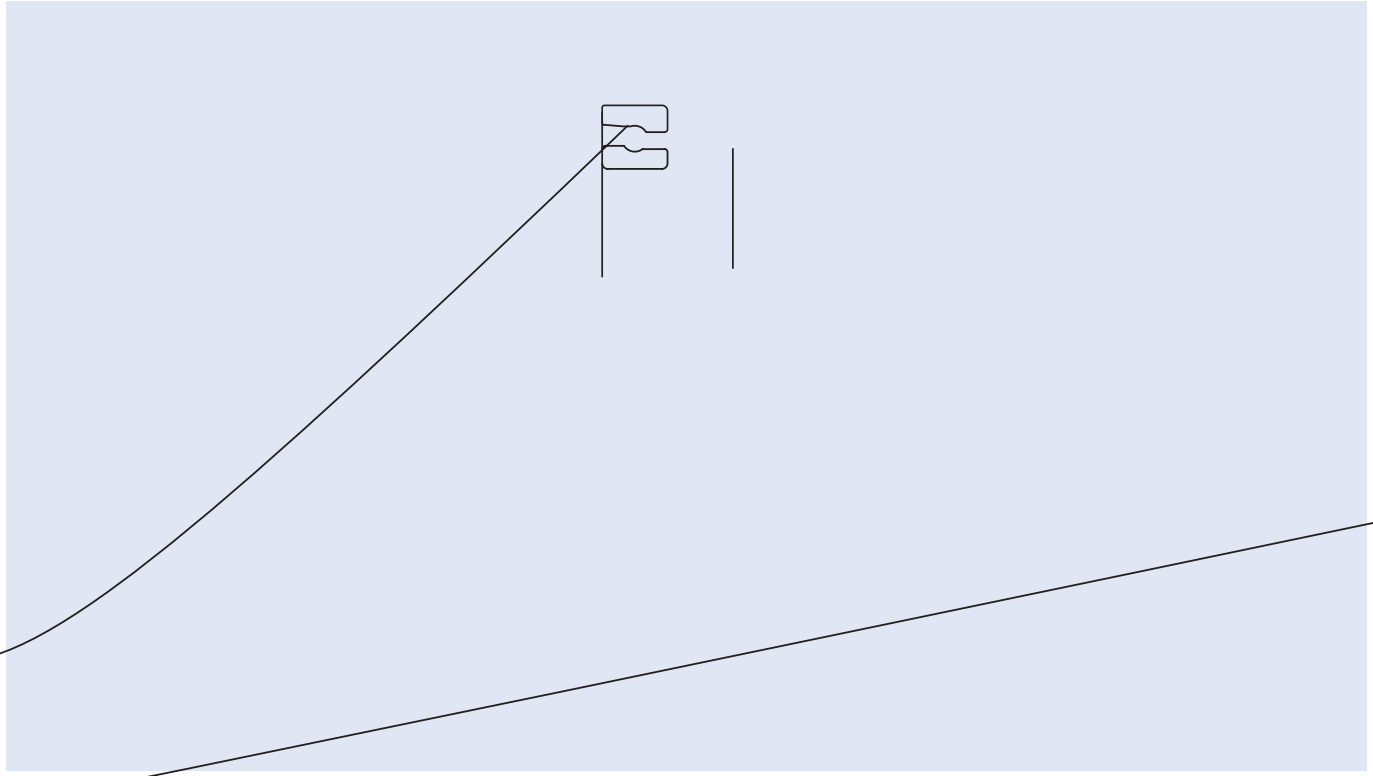
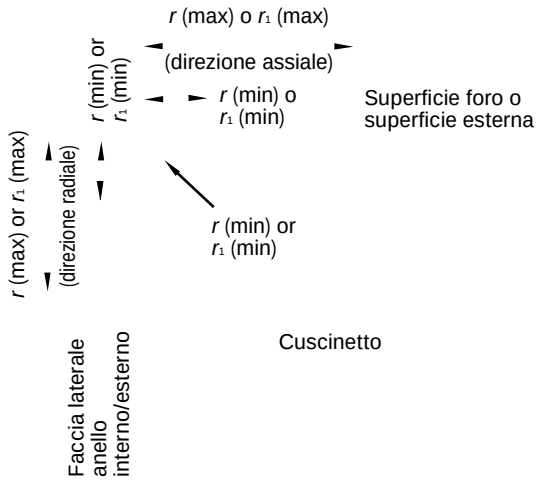


Figura 8.2 – Dimensione degli Smussi dei Cuscinetti




*r*: dimensione dello smusso per anello interno/esterno
$r_1$: dimensione dello smusso per anello interno/esterno (faccia laterale)

Nota: La forma esatta della superficie del raccordo non viene prescritta; tuttavia il suo profilo sul piano assiale non deve sporgere oltre l'arco circolare immaginario formato dal raggio r (min) o r1 (min) tangente alla faccia laterale dell'anello stesso al foro ed alla superficie cilindrica esterna, come illustrato in figura 8.2.

T

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Nota(1) Per cuscinetti con larghezza nominale inferiore a 2 mm, il valore *r*(max) in direzione assiale è uguale a quello in direzione radiale.

Informazioni Aggiuntive

Materiale dei distanziali: acciaio SUJ2 (equivalente a SAE 52100) o acciaio S(xx)C.
Quando si utilizzano i distanziali, il parallelismo delle loro facce deve essere inferiore a 0,003 mm.

## SERIE ISO 19

Distanziali Standard per Cuscinetti delle Serie Dimensionali ISO 19 (79, BNR19, BER19 e BGR19)

Unità: mm

| Codice foro cuscinetto | Diametro nominale foro | Diametro esterno | Distanziale Anello Esterno | | Distanziale Anello Interno | | Smussi dei distanziali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Diametro esterno (1) | Diametro interno | Diametro esterno | Diametro interno (2) | |
| 00 | 10 | 22 | 21,5 | 17,5 | 14,5 | 10,5 | 0,2 |
| 01 | 12 | 24 | 23,5 | 19,5 | 16,5 | 12,5 | 0,2 |
| 02 | 15 | 28 | 27,5 | 23,5 | 19,5 | 15,5 | 0,2 |
| 03 | 17 | 30 | 29,5 | 25,5 | 21,5 | 17,5 | 0,2 |
| 04 | 20 | 37 | 36,5 | 31,5 | 26,0 | 20,5 | 0,2 |
| 05 | 25 | 42 | 41,5 | 36,0 | 31,0 | 25,5 | 0,2 |
| 06 | 30 | 47 | 46,5 | 41,0 | 36,0 | 30,5 | 0,2 |
| 07 | 35 | 55 | 54,5 | 48,0 | 42,0 | 35,5 | 0,3 |
| 08 | 40 | 62 | 61,5 | 54,5 | 47,5 | 40,5 | 0,3 |
| 09 | 45 | 68 | 67,5 | 60,0 | 53,0 | 45,5 | 0,3 |
| 10 | 50 | 72 | 71,5 | 66,0 | 56,0 | 50,5 | 0,3 |
| 11 | 55 | 80 | 79,5 | 72,0 | 64,0 | 55,5 | 0,5 |
| 12 | 60 | 85 | 84,5 | 77,0 | 68,0 | 60,5 | 0,5 |
| 13 | 65 | 90 | 89,5 | 82,0 | 73,0 | 65,5 | 0,5 |
| 14 | 70 | 100 | 99,5 | 91,5 | 79,0 | 70,5 | 0,5 |
| 15 | 75 | 105 | 104,5 | 96,5 | 84,0 | 75,5 | 0,5 |
| 16 | 80 | 110 | 109,5 | 101,5 | 89,5 | 80,5 | 0,5 |
| 17 | 85 | 120 | 119,5 | 110,0 | 95,0 | 85,5 | 0,5 |
| 18 | 90 | 125 | 124,2 | 116,0 | 100,0 | 90,5 | 0,5 |
| 19 | 95 | 130 | 129,2 | 120,0 | 106,0 | 95,5 | 0,5 |
| 20 | 100 | 140 | 139,2 | 129,0 | 112,0 | 100,5 | 0,5 |
| 21 | 105 | 145 | 144,2 | 133,0 | 117,0 | 105,5 | 0,5 |
| 22 | 110 | 150 | 149,2 | 138,0 | 122,0 | 110,5 | 0,5 |
| 24 | 120 | 165 | 164,2 | 152,0 | 133,0 | 120,5 | 0,5 |
| 26 | 130 | 180 | 179,2 | 166,0 | 144,0 | 130,8 | 0,8 |
| 28 | 140 | 190 | 189,2 | 176,0 | 154,0 | 140,8 | 0,8 |
| 30 | 150 | 210 | 209,2 | 193,0 | 167,0 | 150,8 | 1,0 |
| 32 | 160 | 220 | 219,2 | 213,0 | 175,0 | 160,8 | 1,0 |
| 34 | 170 | 230 | 229,2 | 214,0 | 188,0 | 170,8 | 1,0 |
| 36 | 180 | 250 | 249,2 | 231,0 | 200,0 | 180,8 | 1,0 |
| 38 | 190 | 260 | 259,2 | 242,0 | 206,0 | 190,8 | 1,0 |
| 40 | 200 | 280 | 279,2 | 255,0 | 225,0 | 200,8 | 1,0 |

(1) In presenza di lubrificazione a nebbia d'olio od a getto d'olio, il diametro esterno del distanziale dell'anello esterno è pari al diametro esterno del cuscinetto; si raccomanda di adottare una tolleranza "g5" o migliore.

(2) Per applicazioni con velocità di rotazione superiore a 700.000 $d_m n$, il diametro interno del distanziale per l'anello interno è pari al diametro interno del cuscinetto; si raccomanda di adottare una tolleranza "F6" o migliore.

# 9. DISTANZIALI

## SERIE ISO 02

Distanziali Standard per Cuscinetti delle Serie Dimensionali ISO 02 (72 e BGR02)

| Codice foro cuscinetto | Diametro nominale foro | Diametro esterno | Distanziale Anello Esterno | | Distanziale Anello Interno | | Smussi dei distanziali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Diametro esterno (1) | Diametro interno | Diametro esterno | Diametro interno (2) | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(1) In presenza di lubrificazione a nebbia d'olio od a getto d'olio, il diametro esterno del distanziale dell'anello esterno è pari al diametro esterno del cuscinetto; si raccomanda di adottare una tolleranza "g5" o migliore.

(2)

## Posizione degli Ugelli

La tabella seguente riporta la corretta posizione diametrale da prevedere per gli ugelli nel caso di lubrificazione aria-olio,

Figura 9.2 – Posizione e Direzione dell'Ugello



# Montaggio, Rodag

## Montaggio, Rodaggio e Manutenzione

1. Montaggio . . . . . .178-191
1. Pulizia dei Cuscinetti e delle Parti Adiacenti
2. Controllo delle Dimensioni delle Parti Adiacenti
3. Procedure di Montaggio
4. Verifiche dopo il Montaggio
2. Procedure di Rodaggio . . . . . .192-193
3. Manutenzione ed Ispezione . . . . . .194-197

# gio e Manutenzione

# 1. MONTAGGIO

## Introduzione

### Procedure di Montaggio

Il metodo con cui si montano i cuscinetti ne influenza notevolmente la precisione, la durata e le prestazioni. Si raccomanda che le procedure di montaggio siano analizzate a fondo da progettisti e tecnici al fine di stabilire regole precise a cui attenersi relativamente ai seguenti punti:

1. Pulizia dei cuscinetti e delle parti adiacenti
2. Controllo dimensionale delle parti adiacenti
3. Procedure di montaggio
4. Ispezione dopo il montaggio

I cuscinetti non devono essere rimossi dalla loro confezione originale fino al momento del montaggio. Nel caso di utilizzo in strumentazioni di precisione o macchine a velocità elevate, i cuscinetti devono essere lavati prima del montaggio per rimuovere il protettivo anticorrosione presente con un olio di lavaggio finemente filtrato.
Dopo tale operazione, essi devono essere adeguatamente protetti per evitarne la corrosione.
I cuscinetti pre-ingrassati, invece, non devono essere lavati prima del montaggio.
Le procedure di montaggio dei cuscinetti variano a seconda della loro tipologia e del tipo di accoppiamento.
L'utilizzo più diffuso dei cuscinetti di precisione è con alberi rotanti, ed i loro anelli interni devono essere montati con interferenza sull'albero.
I cuscinetti con foro cilindrico sono montati solitamente tramite una pressa o attraverso un preriscaldamento che determina un'espansione dell'anello interno. L'anello esterno viene invece inserito libero nell'alloggiamento. Nel caso in cui sia previsto un accoppiamento forzato anche per l'anello esterno, il montaggio potrà essere effettuato tramite una pressa.

### Precauzioni per un Corretto Montaggio dei Cuscinetti

Poiché i cuscinetti sono parti di macchinari di alta precisione, devono essere maneggiati con la dovuta cautela ed attenzione. In caso contrario, anche con cuscinetti di alta qualità non si otterrebbero appieno le prestazioni previste. Le principali precauzioni da seguire sono:

- Tenere puliti i cuscinetti e l'area circostante
  Le particelle estranee, anche se non visibili ad occhio nudo, possono avere effetti particolarmente dannosi sui cuscinetti. Mantenere quindi pulito l'ambiente di lavoro prestando la massima attenzione per evitare che sporco e particelle esterne possano contaminarli.

- Maneggiare i cuscinetti con cura
  Evitare colpi o urti mentre si maneggiano i cuscinetti, che possono rigarli o danneggiarli ed innescare un conseguente successivo guasto o rottura. Un impatto eccessivamente forte può provocare incisioni, fratture o cricche.

- Utilizzo degli strumenti adeguati
  Utilizzare sempre strumenti adeguati per maneggiare i cuscinetti. Evitare l'utilizzo di utensili generici od impropri.

- Evitare la corrosione
  Maneggiare i cuscinetti a mani nude può provocarne la corrosione delle superfici, a causa dell'umidità acida o di altri contaminanti presenti sulle mani.
  Lavarsi quindi le mani prima di toccarli, ed indossare, quando possibile, guanti anti-polvere. Adottare tutte le corrette misure per evitare che i cuscinetti possano arrugginire causa della presenza di umidità o di gas corrosivi.

### Metodo di Stoccaggio

- Anche se i cuscinetti sono rivestiti con un agente anti-corrosivo e poi adeguatamente confezionati, è impossibile evitare completamente l'esposizione all'aria che li circonda. E'importante quindi stoccarli in un locale asciutto, evitando il più possibile la loro esposizione all'umidità.
- I cuscinetti dovono essere conservati in un ambiente pulito, asciutto e ben ventilato, che garantisca la massima protezione dai raggi diretti del sole, su scaffali o ripiani ad almeno 30 cm da terra.
- L'eventuale ispezione dei cuscinetti al ricevimento della merce, che preveda la rimozione del confezionamento originale, deve essere eseguita con idonee misure atte a prevenire una loro possibile contaminazione o corrosione. Dopo l'ispezione, seguire le indicazioni date in precedenza per garantire il loro corretto stoccaggio.

# 1. MONTAGGIO

## 3.1. Montaggio dei Cuscinetti con Foro Cilindrico

### (1) Accoppiamento con interferenza a freddo

I cuscinetti di piccole dimensioni sono solitamente montati con una pressa.

E' consigliabile applicare inizialmente un leggero strato d'olio sulle superfici di contatto prima del montaggio, in modo tale da ridurre la forza necessaria al montaggio stesso.

In seguito, posizionare contro gli anelli interni una boccola per il montaggio, come illustrato nella figura 1.1. Applicare una pressione costante e continua finché il cuscinetto non è completamente appoggiato allo spallamento dell'albero, evitando sovraccarichi, urti o colpi dovuti all'utilizzo di attrezzi impropri quali il martello.

Nel caso di cuscinetti scomponibili, come i cuscinetti a rulli cilindrici, gli anelli interni ed esterni possono essere montati sull'albero e nell'alloggiamento come singole unità separate.

Quando successivamente le due unità si assemblano tra loro, è necessario prestare la massima attenzione all'allineamento corretto degli anelli interni ed esterni. Un montaggio senza la dovuta precisione o addirittura un montaggio forzato, può provocare la formazione di crepe sulle superfici delle piste di rotolamento.

### (2) Accoppiamento con interferenza a caldo

Poiché nel caso di accoppiamento con interferenza di cuscinetti di dimensioni maggiori è necessario applicare una forza elevata, solitamente si utilizza il metodo di accoppiamento a caldo. Il cuscinetto viene scaldato inizialmente in modo da favorire l'espansione dell'anello interno prima del suo montaggio sull'albero. Questo metodo evita la necessità di esercitare una forza eccessiva sui cuscinetti e permette una loro più veloce messa in opera.

La dilatazione dell'anello interno in funzione della temperatura del cuscinetto e delle sue dimensioni è illustrata nella figura 1.2.

Nel caso di accoppiamento a caldo è necessario adottare le seguenti precauzioni:

1. Non scaldare i cuscinetti oltre i 120º C.
2. Scaldare i cuscinetti ad una temperatura superiore di 20° o 30°C rispetto alla temperatura minima richiesta per l'accoppiamento senza interferenza, poiché l'anello interno si raffredderà velocemente durante il montaggio.
3. Dopo il montaggio, raffreddandosi, i cuscinetti si restringeranno sia in direzione assiale che radiale. Bisogna quindi accertarsi che a cuscinetto freddo non vi sia luce residua tra lo spallamento dell'albero ed il fianco dell'anello interno.

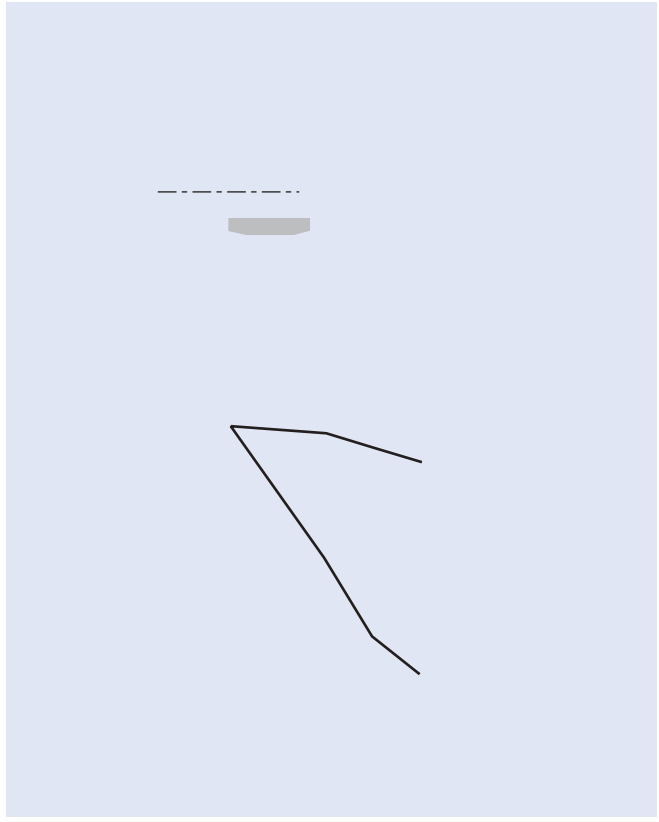


Tabella 1.1 Coppia di Serraggio della Ghiera e Gioco tra Flangia ed Alloggiamento

| Diametro interno del cuscinetto (mm) | Forza di serraggio della ghiera (N) | Coppia di serraggio della ghiera (N·m) | Gioco tra flangia e alloggiamento (mm) |
|---|---|---|---|
| **20** | 4 900 | 17 | 0.01 □0.03 |
| **25** | | 21 | |
| **30** | | 25 | |
| **35** | 9 800 | 57 | |
| **40** | | 64 | |
| **45** | | 72 | |
| **50** | | 80 | |
| **55** | 14 700 | 132 | |
| **60** | | 142 | |
| **65** | | 153 | |
| **70** | | 166 | |
| **75** | | 176 | |
| **80** | 19 600 | 251 | |
| **85** | | 267 | |
| **90** | | 281 | |
| **95** | | 296 | |
| **100** | | 311 | |
| **105** | | 327 | |
| **110** | | 343 | |
| **120** | | 371 | |
| **130** | | 403 | |
| **140** | 29 400 | 649 | 0.03 □0.05 |
| **150** | | 695 | |
| **160** | | 745 | |
| **170** | | 796 | |
| **180** | | 841 | |
| **190** | | 886 | |
| **200** | | 932 | |
| **220** | 39 200 | – | |
| **240** | | – | |
| **260** | | – | |
| **280** | | – | |
| **300** | | – | |

Per le applicazioni ad alta velocità con aumento dell'interferenza di accoppiamento, il valore della coppia di serraggio deve essere aumentato in proporzione.

● Formula per la conversione della coppia di serraggio della ghiera:

$$T = 0.5F\{d_p \cdot \tan(p^* + \beta) + d_w \cdot \mu_w\} \quad (\text{N·mm})$$

in cui:

- $T$ : coppia di serraggio della ghiera (N·mm)
- $F$ : forza di serraggio della ghiera (N)
- $d_p$ : diametro effettivo della ghiera (mm)
- $p^*$ : coefficiente d'attrito della superficie della ghiera $p^* = \tan^{-1}\mu_s$
- $\mu_s$ : coefficiente d'attrito sulla superficie della ghiera
- $d_w$ : diametro equivalente della coppia di attrito sulla superficie della ghiera (mm)
- $\mu_w$ : coefficiente d'attrito sulla superficie della ghiera
- $\beta$ : angolo della filettatura delle viti

Nota: i valori della coppia di serraggio della ghiera indicati in tabella sono stati calcolati prevedendo un coefficiente di attrito pari a 0,15

● Formula della forza di pressione

$$K = \mu \cdot P_m \cdot \pi \cdot d \cdot B \quad (\text{N})$$

$$P_m = \frac{E}{2} \frac{\Delta d}{d} \frac{(1 - k^2)(1 - k_o^2)}{1 - k^2 k_o^2}$$

in cui:

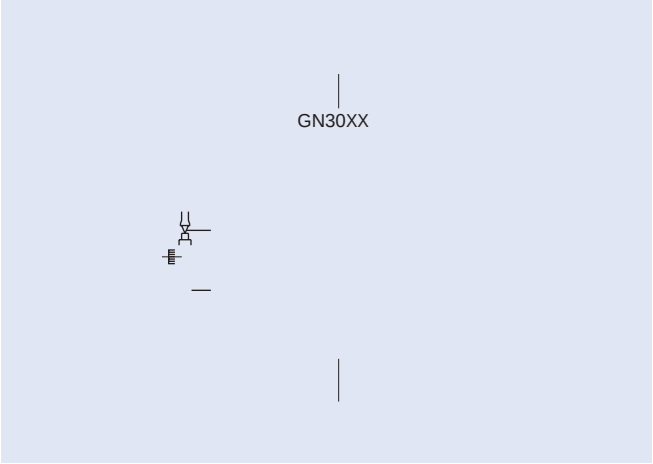
- $\mu$ : coefficiente di attrito sulla superficie di contatto (=0.12)
- $P_m$ : pressione superficiale (Mpa)
- $d$ : diametro dell'albero (mm)
- $B$ : larghezza del cuscinetto (mm)
- $\Delta_d$ : interferenza effettiva (mm)
- $E$ : modulo elastico dell'acciaio (Mpa)
- $k$ : rapporto tra i diametri $(k=d/D_i)$
- $D_i$ : diametro della pista di rotolamento dell'anello interno (mm)
- $k_0$ : rapporto dello spessore della parete dell'albero cavo $(k_0=d_0/d)$
- $d_0$ : diametro interno dell'albero cavo (mm)

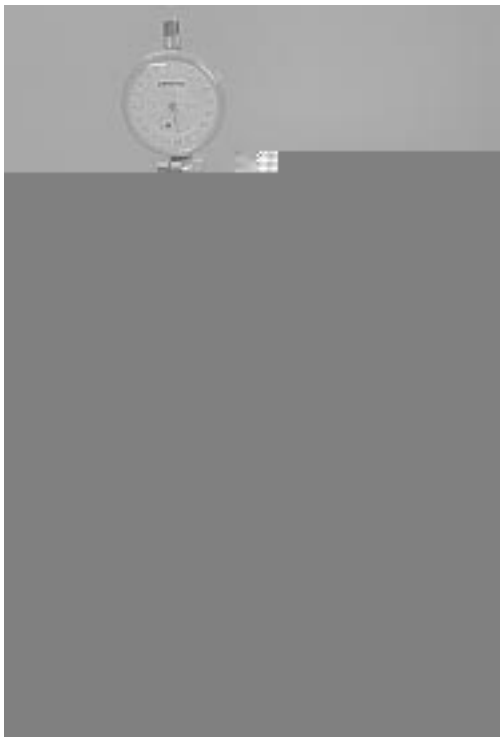
## 3.4. Montaggio dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici

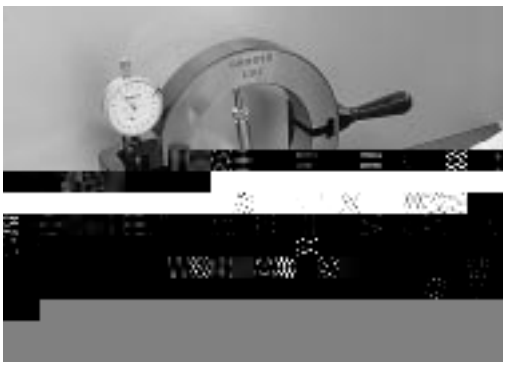
### (1) Come misurare il gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici

Un calibro ad anello GN è uno stru76Mto che permette di accoppiare la conicità di un albero con l'alesaggio conico del cuscinetto a rulli cilindrici, durante il suo montaggio sul mandrino di una macchina utensile. Dopo il montaggio, il calibro ad anello GN viene utilizzato per permettere la verifica precisa ed accurata del gioco radiale interno residuo del cuscinetto. Questo stru76Mto risulta essere particolar76Mte utile per cuscinetti a rulli cilindrici utilizzati con un precarico radiale.

La Figura 1.9 descrive i diversi compon6Mti di un calibro ad anello della serie GN.





### (5) Montaggio dell'anello interno

Montare l'anello interno sull'albero e serrare leggermente la ghiera di bloccaggio. Durante questa fase, i cuscinetti dovranno essere lavati ma non ancora ingrassati.

Figura 1.12 Inserimento dell'Anello Interno



### (6) Impostazione del calibro GN

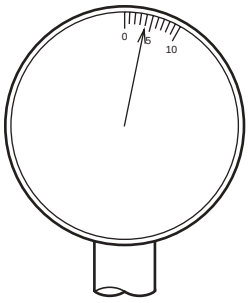
Regolare la vite di bloccaggio sul calibro GN (da 0,2 mm a 0,3 mm sullo strumento) per allentare il comparatore GN. Il calibro GN va posizionato sull'anello interno con la vite di arresto allentata.

Figura 1.13 Impostazione del Calibro GN

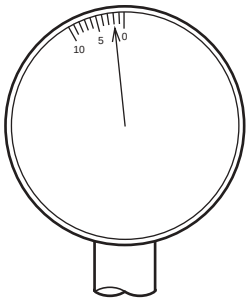


### (7) Lettura della scala

A questo punto leggere la scala sul comparatore del calibro GN.
Esempio 1: mezzo giro del quadrante in senso orario, rispetto allo zero, indica un gioco radiale positivo.
Esempio 2: mezzo giro del quadrante in senso antiorario, rispetto allo zero, indica un gioco radiale negativo (precarico).




Esempio 1: il posizionamento su "4" in senso orario indica un gioco radiale pari a + 0,002 mm




Esempio 2: il posizionamento su "2" in senso antiorario indica un gioco radiale pari a – 0,001 mm

Figura 1.14 Lettura della Scala



### (8) Regolazione

Giunti alle istruzioni descritte nella fase (6), allentare il calibro GN, rimuoverlo dall'anello interno e stringere la ghiera di bloccaggio. Ripetere le fasi da (6) a (8) fino a quando sul micrometro non si leggerà il valore di gioco desiderato.

Figura 1.15 Misurazione della Larghezza del Distanziale



### (9) Regolazione del distanziale

Utilizzando blocchetti di riscontro, misurare il gioco tra lo spallamento dell'albero e la faccia dell'anello interno del cuscinetto NN30XXKR dal lato con diametro maggiore.
Misurare almeno in tre punti della circonferenza e calcolare la media; inserire quindi il distanziale avente larghezza di pari valore.

## (2) Come misurare il gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici (quando non viene utilizzato un calibro GN)

Quando non viene utilizzato un calibro GN, la larghezza del distanziale deve essere determinata considerando i due seguenti fattori:

- compressione del diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno a causa del montaggio nell'alloggiamento ($\Delta r_e$)
- espansione del diametro della pista di rotolamento dell'anello interno a causa del montaggio sull'albero, tenendo conto del rapporto tra i diversi diametri in caso di albero cavo ($\Delta r_i$)

● Calcolo del gioco radiale $\Delta r$ dopo il montaggio

La larghezza finale (La) del distanziale che viene utilizzato per impostare il gioco radiale $\Delta r$ dopo il montaggio, può essere calcolata come segue:

$$L_a = L - K\,(\Delta r_m - \Delta r \square \Delta r_e)$$

Tabella 1.2. Rapporto $K_0$ tra i Diametri in caso di Albero Cavo e Coefficiente *k*

| Rapporto $k_0$ dell'albero cavo | Coefficiente *k* |
|---|---|
| 45 – 55% | 14 |
| 55 – 65% | 15 |
| 65 – 75% | 16 |

in cui:

$L_a$ : dimensione finale del distanziale per l'impostazione del gioco radiale dopo montaggio
L : larghezza del blocchetti di riscontro (risultato delle misurazioni dalla fase (5) a pagina 187)
$\Delta r_m$ : movimento dell'anello esterno in direzione radiale (risultato delle misurazioni dalla fase (4) a pagina 187)
$\Delta r$ : gioco radiale dopo il montaggio
$\Delta r_e$ : compressione del diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno a causa del montaggio nell'alloggiamento
K : coefficiente (valore convertito che include la compressione dell'albero cavo con un foro di conicità 1/12)
$k_0$ : A/B□100
A : diametro interno dell'albero
B : diametro esterno dell'albero

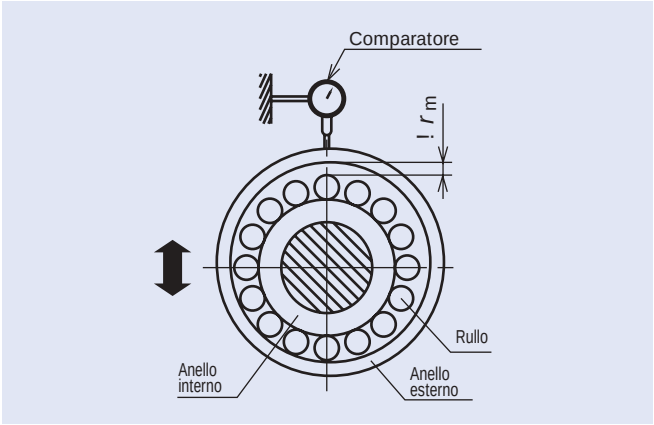
● Calcolo della compressione $\Delta r_e$ dopo il montaggio

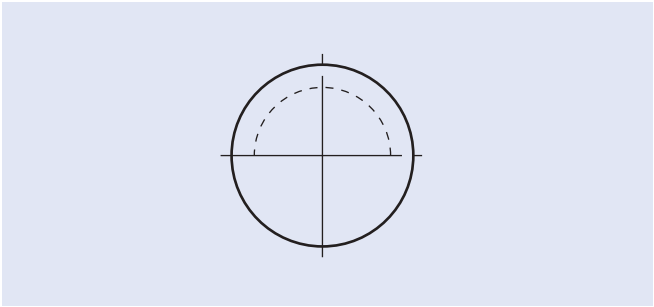
$\Delta r_e \square (D_h \square D) \square h$

quando $\Delta r_e \square 0$ considerare $\Delta r_e \square 0$

in cui:

$D_h$ : diametro dell'alloggiamento
$D$ : diametro esterno dell'anello esterno (fare riferimento al documento relativo all'ispezione dei cuscinetti)
$h$ : coefficiente di compressione del diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno
(0,62 per le serie NN30 e N10)
(0,7 per le serie NN39 e NN49)


Comparatore
! r m
Rullo
Anello interno
Anello esterno



## 3.5. Ingrassaggio

### Procedura di ingrassaggio dopo il lavaggio dei cuscinetti

Al momento dell'utilizzo iniziale, potrebbe verificarsi un rapido aumento della temperatura causato da un errato ingrassaggio. Questo potrebbe poi provocare un eccessivo allungamento del periodo di rodaggio, oppure il grippaggio o la rottura del cuscinetto. E' quindi necessario prestare la massima attenzione, seguendo correttamente la procedura di ingrassaggio ed utilizzando il corretto quantitativo di grasso. La procedura consigliata è di seguito descritta:

(1) Pre-ispezione
Assicurarsi che non ci siano corpi estranei all'interno dei cuscinetti. I cuscinetti per mandrini ad alta velocità dovranno essere ingrassati solo dopo averli puliti accuratamente rimuovendo il protettivo.

(2) Distributore di grasso
Utilizzare un distributore di grasso, come una siringa in plastica, per distribuire il grasso con precisione. Se possibile, utilizzare un distributore che abbia in dotazione un indicatore per dosare il quantitativo corretto di grasso.

(3) Quantitativo di grasso
I quantitativi consigliati di grasso per i cuscinetti di precisione sono i seguenti:

- Cuscinetti a sfere a contatto obliquo per mandrini di macchine utensili ad alta velocità: 15% ± 2 % del volume libero interno.
- Cuscinetti a rulli cilindrici per mandrini per macchine utensili ad alta velocità: 10% ± 2% del volume libero interno.
- Cuscinetti a sfere per motori: da 20% a 30% del volume libero interno.

I quantitativi esatti di grasso in funzione dei diversi tipi di cuscinetto sono riportati a pagina 157.

### ● Metodo di ingrassaggio per i cuscinetti a sfere

(1) Distribuire uniformemente il grasso anche tra le sfere. Se si utilizzano cuscinetti con la gabbia guidata sull'anello esterno, come nel caso della gabbia in resina fenolica, applicare un leggero strato di grasso sulla superficie di guida della gabbia.
(2) Ruotare il cuscinetto manualmente per favorire la distribuzione uniforme del grasso sulle superfici delle piste di rotolamento, sulle sfere e sulla gabbia.

### ● Metodo di ingrassaggio per i cuscinetti a rulli cilindrici

(1) Distribuire uniformemente sulla pista di rotolamento interna dei rulli circa l'80% del quantitativo di grasso prestabilito. Evitare di introdurre troppo grasso nelle tasche della gabbia poichè, essendo poi di difficile distribuzione durante il funzionamento, potrebbe provocare un rapido aumento della temperatura o richiedere un periodo di rodaggio molto prolungato.

Figura 1.19 Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo Ingrassati



Figura 1.20 Cuscinetti a Rulli Cilindrici Ingrassati



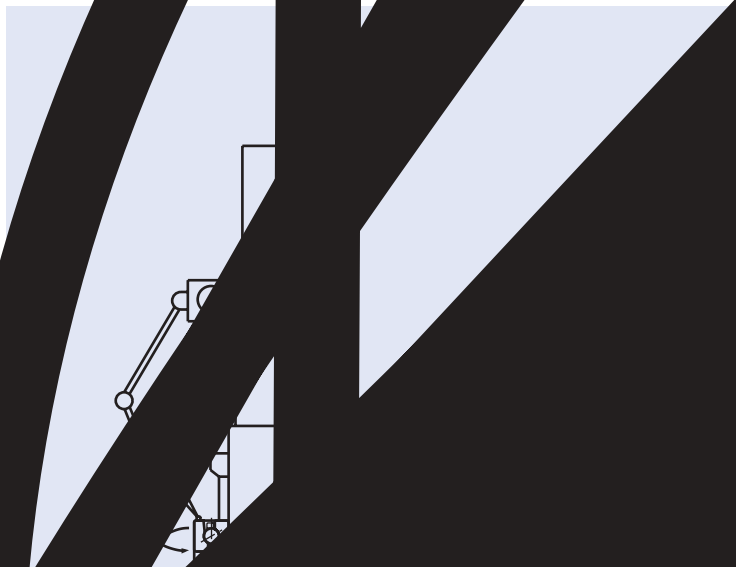
## 4. Ispezione dopo il Mo

### 4.1. Precisione di rotazion

Un montaggio accurato e ione delle relative parti sono indispensabili per garantire uratezza ed una precisione lavorazione del mandrino acchina utensile.

1: errore di rotazione accia dell'anello la pista di rotolamen cuscinetti a bliquo assemblati.

2: variazione della su del cuscinetto co superficie della fa ento dell'anello e per i cuscinetti a ntatto obliquo. Regolare ad u di 0,005 mm o inclinando la ccaggio (figura



## 4.2. Controllo del precarico dopo il montato del cuscinetto

Se il precarico del cuscinetto è troppo elevato, la rigidezza del cuscinetto aumenta ma con essa aumenta anche la generazione di calore e, nei casi estremi, può verificarsi il grippaggio del cuscinetto. E' quindi necessario determinare il precarico ottimale con la massima attenzione, in funzione delle specifiche condizioni di esercizio. I metodi di misurazione del precarico dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo sono precisati in seguito. La verifica del precarico dei cuscinetti a rulli cilindrici, invece, deve essere eseguita prevedendo l'utilizzo di un calibro GN e secondo la procedura descritta a pagina 184.

### Misurazione del precarico di un cuscinetto a sfere a contatto obliquo

Per il controllo del precarico dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo, dopo il loro montaggio sull'albero, è possibile adottare tre diversi metodi: misurando la coppia di spunto, misurando la rigidezza assiale statica, o attraverso la misurazione della frequenza naturale.
Le caratteristiche di questi tre metodi sono riassunte nella tabella 1.3.

Tabella 1.3

| | Coppia di spunto | Rigidezza assiale statica | Frequenza naturale |
|---|---|---|---|
| Vantaggi | Da utilizzarsi in caso di precarico elevato<br>Se la coppia di spunto è elevata, l'errore di misurazione risulterà trascurabile. | Da utilizzarsi in caso di precarico leggero. | La precisione della misurazione è molto elevata, con buona ripetitività. |
| Svantaggi | Da non utilizzarsi in caso di precarico leggero.<br>Se la coppia di spunto è bassa, l'errore di misurazione risulterà importante. | Da non utilizzarsi in caso di precarico elevato. L'apparecchiatura di carico avrebbe una scala troppo ampia e la misura sarebbe falsata dalle deformazioni delle parti adiacenti al cuscinetto. | L'influenza della condizioni di fissaggio del mandrino non è trascurabile. |

### (1) Metodo di misurazione della coppia di spunto

Caratteristiche

I cuscinetti per mandrini ad alta velocità molto spesso sono utilizzati con precarico leggero. Quindi la coppia di spunto è bassa e l'errore di misurazione risulta essere piuttosto consistente.

Metodo

La coppia di spunto si ottiene attraverso la misurazione della forza tangenziale (figura 1.23).
Il precarico dopo il montaggio si ottiene dal rapporto tra la coppia di spunto rilevata ed il precarico iniziale (figura 1.24).

Quando la pellicola di lubrificante genera un incollaggio leggero tra le piste ed i corpi volventi, una forza tangenziale anche superiore al valore realmente necessario non è sufficiente a generare la rotazione, salvo averne poi un improvviso avviamento. In tal caso, il valore misurato non deve essere considerato perché è sicuramente superiore al reale valore.

Figura 1.23 Metodi di Misurazione della Coppia di Spunto

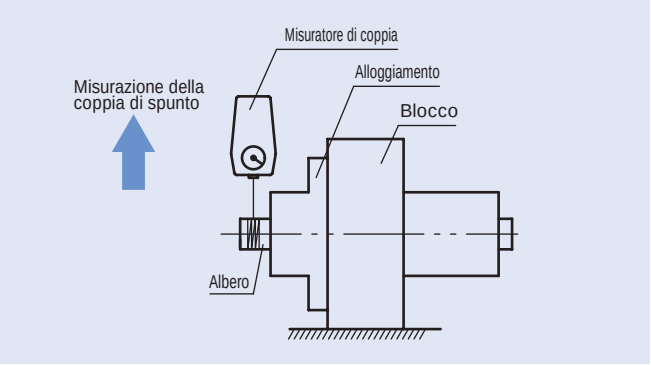
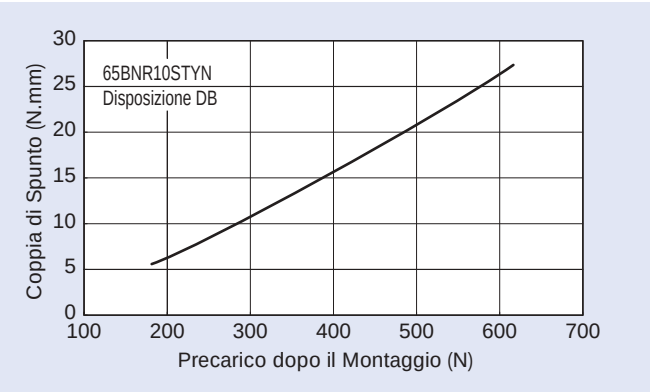



Figura 1.24 Relazione tra la Coppia di Spunto ed il Precarico



(2) Metodo di misurazione della rigidezza assiale statica

Caratteristiche

Quando la rigidezza assiale del cuscinetto è elevata, la forza assiale necessaria per la misurazione diventa molto alta ed è necessaria un'apparecchiatura di carico. Se ad esempio la rigidezza assiale corrisponde a 200N/$\mu$m, è necessario un carico pari a 2000N per generare uno spostamento pari a 10$\mu$m. Quando il carico di misurazione è molto alto, alla deformazione elastica dell'interno del cuscinetto si aggiungono anche effetti evidenti di deformazione superficiale e di deformazione elastica

# 2. PROCEDURE DI RODAGGIO

## Preparazione alle fasi di rodaggio

Dopo il corretto montaggio dei cuscinetti e' necessario attenersi alle seguenti procedure di rodaggio.

### ● Bilanciamento dell'albero e del gruppo cuscinetti

Qualsiasi squilibrio dei componenti rotanti provocherà una sollecitazione ripetuta e vibrazioni eccessive, a causa della forza centrifuga. Questo vale soprattutto per i mandrini operanti ad un valore $d_m n$ pari o superiore a 1.000.000. E' quindi fondamentale che il gruppo dei cuscinetti e l'albero siano perfettamente bilanciati.

### ● Unità mandrino

Le unità mandrino con trasmissione a cinghia devono avere un disallineamento massimo tra il centro della puleggia del mandrino ed il centro della puleggia pari a 0,1 mm. In caso di impiego di giunti di collegamento il disallineamento massimo tra i due alberi deve essere pari a 0,01 mm.

## Metodo di Rodaggio

Un funzionamento ad alta velocità dei cuscinetti subito dopo il montaggio causerebbe un brusco innalzamento della loro temperatura, con possibili danni o addirittura il loro grippaggio. I cuscinetti lubrificati a grasso, soprattutto, richiedono una corretta procedura di rodaggio. La velocità di rotazione deve essere progressivamente aumentata per permettere una regolare distribuzione del grasso al loro interno. L'avviamento deve avvenire a temperatura ambiente (da 15°C a 25°C) tenendo comunque sotto controllo la temperatura sia dei cuscinetti che dell'alloggiamento. La temperatura massima d'esercizio del corpo esterno del mandrino corrispondente alla zona dei cuscinetti, non deve mai superare i 55°C. Se invece si verifica un rapido aumento della temperatura, è necessario interrompere temporaneamente la rotazione o decelerare per permettere un suo abbassamento. Per i mandrini equipaggiati con cuscinetti a rulli cilindrici e cuscinetti a sfere a contatto obliquo, poiché i cuscinetti a rulli tendenzialmente subiscono aumenti di temperatura più rapidi rispetto ai cuscinetti a sfere, il rodaggio deve essere effettuato sulla base delle tempistiche richieste dai cuscinetti a rulli.

Importante

Se i mandrini funzionanti con lubrificazione a nebbia d'olio ed aria-olio non sono stati attivati per un certo periodo, al loro avviamento possono subire un brusco innalzamento della temperatura, causato dalla improvvisa adduzione ai cuscinetti dell'eventuale olio in eccesso raccoltosi nei condotti dell'impianto di lubrificazione. Il rodaggio con questo tipo di lubrificazione risulta comunque essere più breve rispetto a quello con lubrificazione a grasso.

## (1) Procedura di rodaggio in continuo

Caratteristiche

Il rodaggio in continuo si esegue partendo da una velocità di rotazione molto bassa ed aumentandola gradualmente. Anche se piuttosto lunga, questa procedura permette all'operatore di rilevare potenziali problemi di funzionamento, evitando così costosi danni ai cuscinetti.

Metodo

La massima velocità di rotazione deve essere raggiunta solo dopo la ripetizione ciclica di diverse fasi.

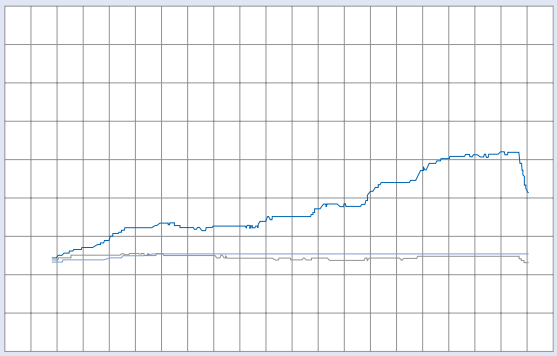
Fase 1. Avviare il mandrino ad una velocità di rotazione relativamente bassa.

Fase 2. Monitorare la temperatura.

Fase 3. Attendere che la temperatura si stabilizzi.

Fase 4. Aumentare leggermente la velocità di rotazione.

Dividendo per dieci la velocità massima di rotazione del mandrino, si stabiliscono le dieci fasi di velocità target che dovranno essere raggiunte durante il rodaggio. Il ciclo sopra descritto va ripetuto per una o due ore, fino a quando non si sarà raggiunta la velocità target di ogni singola fase. Si continua a ripetere tale procedura fino a quando non viene ottenuta una temperatura d'equilibrio alla velocità massima di rotazione (figura 2.2).



(2) Pr

Caratteristiche

La pr

nell'interrompere il funzionamento e stabilizzando la temperatura, prima che si verifichi un suo rapido aumento provocato dall'improvviso ingresso del grasso all'interno dei corpi volventi del cuscinetto. Questa pr da macchina a

macchina ed a seconda della disposizione dei cuscinetti, riduce il tempo normalmente necessario per il rodaggio. Vrificar attentamente, quindi, l'esatta disposizione dei cuscinetti per ogni singola applicazione.

Metodo

Dividere la velocità massima di rotazione prevista per il mandrino in otto o dieci fasi, per determinarget massima di

ogni fase. Ogni fase va poi divisa in ulteriori dieci cicli, della durata di circa un minuto ciascuno.

Durante ogni ciclo, da ripetersi per circa dieci volte, occorre accelerarget

pr

Passare quindi alla fase successiva, ripetendo il ciclo per altre dieci volte, fino a raggiungere la velocità target prevista per tale fase.

Nella figura 2.3 sono rappresentati i dati r

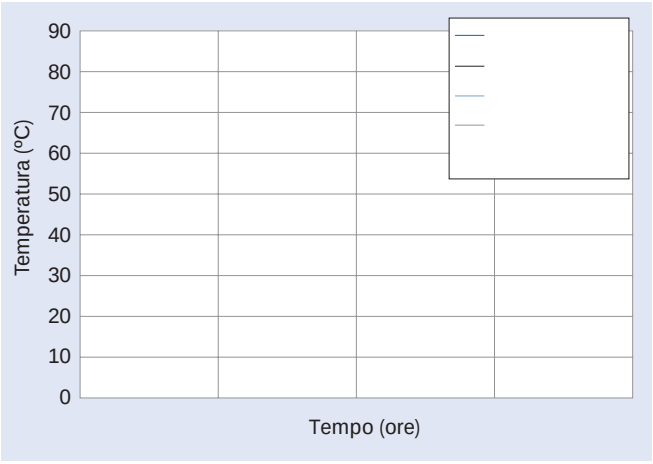
temperatura per un cuscinetto operante ad una velocità massima di rotazione di 16.000 giri al minuto. La velocità massima è divisa in otto fasi, con dieci cicli ciascuna di rapida accelerazione e decelerazione. La figura 2.4. mostra un esempio del singolo ciclo.

Prima di avviare il rodaggio, è consigliabile ruotare il mandrino lentamente (velocità 500 rpm) per un br

facilitarno dei

cuscinetti e scongiurare eventuali problemi del gruppo.

A rodaggio ultimato, inoltre, si consiglia di lasciare per circa 1 ora il mandrino in rotazione alla massima velocità.



# 3. MANUTENZIONE ED ISPEZIONE

Tabella 3.1 Irregolarità di esercizio e Provvedimenti da Adottare

| Tipo di irregolarità | | Possibile causa | Soluzione |
|---|---|---|---|
| Rumorosità | Forte suono metallico (1) | Carichi anomali | Migliorare l'accoppiamento, il gioco interno od il precarico, la posizione dello spallamento dell'alloggiamento |
| | | Montaggio non corretto | Migliorare la precisione di montaggio e l'allineamento tra albero ed alloggiamento, maggiore precisione del metodo di montaggio |
| | | Lubrificante insufficiente o non idoneo | Aggiungere lubrificante o selezionare un lubrificante diverso |
| | | Contatto tra le parti in movimento | Modificare i sistemi di tenuta del labirinto. |
| | Suono metallico regolare | Incisioni generate dall'ingresso di corpi estranei, corrosione, incrinature o cricche sulle piste di rotolamento | Sostituire o lavare i cuscinetti, migliorare i sistemi di tenuta ed utilizzare un lubrificante pulito |
| | | Brinellatura | Sostituire i cuscinetti, prestando la massima attenzione durante la loro manipolazione ed il montaggio |
| | | Sfaldamento sulle piste di rotolamento | Sostituire i cuscinetti |
| | Suono irregolare | Gioco eccessivo | Migliorare l'accoppiamento, il gioco interno od il precarico |
| | | Ingresso di corpi estranei | Sostituire o lavare i cuscinetti, migliorare i sistemi di tenuta ed utilizzare un lubrificante pulito |
| | | Incrinature o sfaldamento sulle sfere | Sostituire i cuscinetti |
| Aumento anomalo della temperatura | | Eccessivo quantitativo di lubrificante | Ridurre il quantitativo di lubrificante o selezionare un grasso più denso |
| | | Lubrificante insufficiente o non idoneo | Aggiungere lubrificante o selezionare un lubrificante di qualità superiore |
| | | Carichi anomali | Migliorare l'accoppiamento, il gioco interno od il precarico, la posizione dello spallamento dell'alloggiamento |
| | | Montaggio non corretto | Migliorare la precisione della macchina e l'allineamento tra albero ed alloggiamento, la precisione del montaggio od il metodo di montaggio |
| | | Rotazione tra le superfici di accoppiamento, eccessivo attrito tra i dispositivi di tenuta | Correggere i sistemi di tenuta, sostituire i cuscinetti, migliorare l'accoppiamento od il metodo di montaggio |
| Vibrazione (errore di rotazione dell'albero) | | Brinellatura | Sostituire i cuscinetti, prestando la massima attenzione durante la loro manipolazione ed il montaggio |
| | | Sfaldamento | Sostituire i cuscinetti |
| | | Montaggio non corretto | Correggere l'ortogonalità tra lo spallamento dell'albero e dell'alloggiamento o le facce del distanziale |
| | | Ingresso di corpi estranei | Sostituire o lavare i cuscinetti, migliorare i sistemi di tenuta |
| Perdite o imbrunimento del lubrificante | | Lubrificante in eccesso, ingresso di corpi estranei o particelle abrasive | Ridurre il quantitativo di lubrificante o selezionare un grasso più denso. Sostituire il cuscinetto o il lubrificante. Pulire l'alloggiamento e le parti adiacenti. |

Nota (1) I cuscinetti a sfere ed i cuscinetti a rulli cilindrici lubrificati con grasso ed aventi dimensioni da medie a grandi, possono emettere un suono irregolare, chiamato "squeaking".
Questo può verificarsi soprattutto in inverno, quando le temperature sono più basse. In generale, in questi casi la temperatura dei cuscinetti non è destinata ad aumentare e la loro durata a fatica non diminuirà. Pertanto, anche in presenza di questo fenomeno si potrà continuare ad utilizzare la macchina. Contattare NSK se tale rumorosità dovesse aumentare sensibilmente.

# 3. MANUTENZIONE ED ISPEZIONE

## Manutenzione, Ispezione e Correzione delle Possibili Irregolarità

Per garantire il più a lungo possibile le prestazioni originali dei cuscinetti, è necessario effettuare l'ispezione e la manutenzione opportune. Se ci si attiene correttamente alle procedure, è possibile evitare molti potenziali problemi ai cuscinetti, migliorando al tempo stesso l'affidabilità, la produttività ed i costi di esercizio delle diverse apparecchiature che li contengono. E' consigliabile effettuare la manutenzione periodica, seguendo la procedura precisata. La manutenzione periodica prevede la supervisione delle condizioni di esercizio, la distribuzione o la sostituzione dei lubrificanti e l'ispezione periodica dei diversi componenti.

Di norma, durante l'esercizio è necessario controllare la rumorosità, le vibrazioni, la temperatura e la lubrificazione dei cuscinetti. Qualora fossero rilevate irregolarità, determinarne le cause e possibilmente adottare le necessarie contromisure correttive, come precisato nella tabella 3.1. Se necessario, smontare ed esaminare dettagliatamente i cuscinetti.

## Danneggiamenti dei Cuscinetti e Possibili Azioni preventive

In generale, se i cuscinetti volventi sono utilizzati correttamente, potranno raggiungere e superare la durata prevista. Tuttavia, in caso di errori spesso facilmente evitabili, essi potrebbero cedere prematuramente. Rispetto alla loro durata a fatica calcolata, la possibile rottura o guasto prematuro potrebbe dipendere dal montaggio, dalla lubrificazione non corretta, dall'ingresso di corpi estranei o dall'anomala generazione di calore. Per esempio, la presenza di abrasioni continue potrebbe dipendere dall'utilizzo di un lubrificante non corretto, da un sistema di lubrificazione difettoso, dall'ingresso di corpi estranei, da errori di montaggio, dall'eccessiva flessione dell'albero o da una combinazione di tutte queste cause. Di conseguenza, non è sempre facile determinare la reale causa di alcuni prematuri cedimenti. Se si é a conoscenza di tutte le condizioni al momento del guasto e precedenti al guasto stesso, comprese l'applicazione, le condizioni di esercizio e l'ambiente operativo, studiando la natura del guasto e la sua possibile causa, sarà possibile evitare il ripetersi in futuro di inconvenienti simili. Nella tabella 3.2, sono elencati i danni più frequenti che si possono verificare nei cuscinetti, insieme alle principali cause ed alle più appropriate azioni correttive da intraprendere.

Tabella 3.2. Danni Tipici e Provvedimenti da Adottare

| Tipo di danno | Possibili causa | Soluzione |
|---|---|---|
| Sfaldamento | | |
| Sfaldamento di un lato della pista di rotolamento del cuscinetto | Carico assiale anomalo | Prevedere un accoppiamento più libero dell'anello esterno dei cuscinetti nell supporto flottante, e un'estremità libera per permettere la dilatazione termica assiale dell'albero |
| Sfaldamento obliquo della pista di rotolamento del cuscinetto<br>Sfaldamento del bordo della pista di rotolamento e della superficie di rotolamento dei cuscinetti a rulli | Montaggio non corretto, flessione dell'albero, tolleranze non adeguate tra albero ed alloggiamento | Prestare la massima cura nel corso del montaggio e del centraggio delle parti, selezionare un cuscinetto con maggiore gioco radiale e migliorare gli spallamenti dell'albero e dell'alloggiamento |
| Sfaldamento della pista di rotolamento con spaziatura pari all'interasse dei corpi volventi | Importante carico da urto durante il montaggio, corrosione quando il cuscinetto non è utilizzato per un periodo prolungato | Prestare la massima cura durante il montaggio ed applicare un prodotto per evitare la formazione di ruggine quando il funzionamento della macchina è sospeso per un prolungato periodo |
| Sfaldamento prematuro della pista di rotolamento e dei corpi volventi | Gioco insufficiente, carico eccessivo, lubrificazione non corretta, corrosione | Migliorare l'accoppiamento, il gioco dei cuscinetti ed il tipo di lubrificante |
| Sfaldamento prematuro dei cuscinetti accoppiati | Precarico eccessivo | Regolare il precarico |
| Abrasione | | |
| Abrasione o rigatura tra la pista di rotolamento e la superficie di rotolamento | Lubrificazione iniziale non corretta, grasso troppo denso ed eccessiva accelerazione durante l'avviamento | Utilizzare un grasso meno denso ed evitare accelerazioni troppo rapide |
| Abrasione o rigatura tra la faccia dei rulli e gli orletti di ritegno | Lubrificazione non adeguata, montaggio non corretto, carico assiale eccessivo | Utilizzare un lubrificante corretto e modificare il montaggio |

| Tipo di danno | Possibili cause | Soluzione |
| --- | --- | --- |
| | | |

Unità: $\mu$m

| j5 | j6 | j7 | k5 | k6 | k7 | m5 | m6 | n6 | p6 | r6 | r7 | Diametro albero (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | oltre | fino a |
| + 3<br>– 2 | + 6<br>– 2 | + 8<br>– 4 | + 6<br>+ 1 | + 9<br>+ 1 | +13<br>+ 1 | + 9<br>+ 4 | + 12<br>+ 4 | + 16<br>+ 8 | + 20<br>+ 12 | + 23<br>+ 15 | + 27<br>+ 15 | **3** | **6** |
| + 4<br>– 2 | + 7<br>– 2 | +10<br>– 5 | + 7<br>+ 1 | +10<br>+ 1 | +16<br>+ 1 | +12<br>+ 6 | + 15<br>+ 6 | + 19<br>+ 10 | + 24<br>+ 15 | + 28<br>+ 19 | + 34<br>+ 19 | **6** | **10** |
| + 5<br>– 3 | + 8<br>– | +12 | + 9 | +12 | +19 | +15 | + 18 | + 23 | + 29 | + 34 | + 41 | **10** | **18** |

Unità: μm

| K5 | K6 | K7 | M5 | M6 | M7 | N5 | N6 | N7 | P6 | P7 | oltre | fino a |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 2<br>– 6 | + 2<br>– 9 | + 6<br>– 12 | – 4<br>– 12 | – 4<br>– 15 | 0<br>– 18 | – 9<br>– 17 | – 9<br>– 20 | – 5<br>– 23 | – 15<br>– 26 | – 11<br>– 29 | **10** | **18** |
| + 1<br>– 8 | + 2<br>– 11 | + 6<br>– 15 | – 5<br>– 14 | – 4<br>– 17 | 0<br>– 21 | – 12<br>– 21 | – 11<br>– 24 | – 7<br>– 28 | – 18<br>– 31 | – 14<br>– 35 | **18** | **30** |
| + 2<br>– 9 | + 3<br>– 13 | + 7<br>– 18 | – 5<br>– 16 | – 4<br>– 20 | 0<br>– 25 | – 13<br>– 24 | – 12<br>– 28 | – 8<br>– 33 | – 21<br>– 37 | – 17<br>– 42 | **30** | **50** |
| + 3<br>– 10 | + 4<br>– 15 | + 9<br>– 21 | – 6<br>– 19 | – 5<br>– 24 | 0<br>– 30 | – 15<br>– 28 | – 14<br>– 33 | – 9<br>– 39 | – 26<br>– 45 | – 21<br>– 51 | **50** | **80** |
| + 2 | + 4 | + 10 | – 8 | – 6 | 0 | – 18 | – 16 | – 10 | – 30 | – 24 | **80** | **120** |

Valori delle Tolleranze per la Qualità di Lavorazione – Gradazioni IT

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | **3** | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 |
| **3** | **6** | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 |
| **6** | **10** | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 |
| **10** | **18** | 1.2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 |
| **18** | **30** | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 |
| **30** | **50** | 1.5 | 2.5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 |
| **50** | **80** | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 |
| **80** | **120** | 2.5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 |
| **120** | **180** | | | | | | | | | |

| Durezza Rockwell Scala C 1471 N | Durezza Vickers | Durezza Brinell | | Durezza Rockwell | | Durezza Shore |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sfera standard | Sfera in carburo di Tungsteno | Scala A Carico 588.4 N Cono di diamante | Scala B Carico 980.7 N Sfera da 1.588 mm | |
| 68 | 940 | — | — | 85.6 | — | 97 |
| 67 | 900 | — | — | 85.0 | — | 95 |
| 66 | 865 | — | — | 84.5 | — | 92 |
| 65 | 832 | — | 739 | 83.9 | — | 91 |
| 64 | 800 | — | 722 | 83.4 | — | 88 |
| 63 | 772 | — | 705 | 82.8 | — | 87 |
| 62 | 746 | — | 688 | 82.3 | — | 85 |
| 61 | 720 | — | 670 | 81.8 | — | 83 |
| 60 | 697 | — | 654 | 81.2 | — | 81 |
| 59 | 674 | — | 634 | 80.7 | — | 80 |
| 58 | 653 | — | 615 | 80.1 | — | 78 |
| 57 | 633 | — | 595 | 79.6 | — | 76 |
| 56 | 613 | — | 577 | 79.0 | — | 75 |
| 55 | 595 | — | 560 | 78.5 | — | 74 |
| 54 | 577 | — | 543 | 78.0 | — | 72 |
| 53 | 560 | — | 525 | 77.4 | — | 71 |
| 52 | 544 | 500 | 512 | 76.8 | — | 69 |
| 51 | 528 | 487 | 496 | 76.3 | — | 68 |
| 50 | 513 | 475 | 481 | 75.9 | — | 67 |
| 49 | 498 | 464 | 469 | 75.2 | — | 66 |
| 48 | 484 | 451 | 455 | 74.7 | — | 64 |
| 47 | 471 | 442 | 443 | 74.1 | — | 63 |
| 46 | 458 | 432 | 432 | 73.6 | — | 62 |
| 45 | 446 | 421 | 421 | 73.1 | — | 60 |
| 44 | 434 | 409 | 409 | 72.5 | — | 58 |
| 43 | 423 | 400 | 400 | 72.0 | — | 57 |
| 42 | 412 | 390 | 390 | 71.5 | — | 56 |
| 41 | 402 | 381 | 381 | 70.9 | — | 55 |
| 40 | 392 | 371 | 371 | 70.4 | | |

| Applicazione | Materiale | Trattamento termico | Densità g/cm$^3$ | Calore specifico kJ/(kg·K) | Conducibilità termica W/(m·K) | Resistenza elettrica $\mu$ ! ·cm | Coefficiente dilatazione lineare (0˚□100˚C) x10$^{-6}$/˚C | Modulo di elasticità | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | Materiale | Trattamento termico | Densità | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 48 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

## Modulo per la Richiesta di Verifiche Tecniche

Per richiedere una verifica tecnica, siete pregati di rivolgerVi alla filiale NSK più vicina fornendo le seguenti informazioni:

### Richiesta di verifica tecnica di cuscinetti di super precisione

Nome dell'azienda _____

- Condizioni operative

Tipo di macchina [Centro di lavoro, Tornio, Rettificatrice per interni, Motore, altro ( )]

Modello _____

Posizione cuscinetto [Mandrino, Supporto vite a ricircolazione di sfere] [Supporto Libero o Bloccato]

Posizione dell'albero [Verticale, Orizzontale, altro ( )]

Tipo di cuscinetto cerchiare l'opzione di Vs. interesse

| | |
|---|---|
| Cuscinetti a sfere a contatto obliquo | [Serie Standard, serie ROBUST™ BNR, BER e BGR] |
| Cuscinetti a rulli cilindrici | [Cuscinetti ad una corona di rulli cilindrici, cuscinetti a due corone di rulli cilindrici serie ROBUST per altissime velocità] |
| Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo | [Serie TAC, serie ROBUST™ BAR e BTR] |
| Cuscinetti radiali rigidi a sfere | [Cuscinetti radiali rigidi a sfere di super precisione per motori] |
| Cuscinetti per supporto viti RDS | [Per macchine utensili, per macchine per stampaggio ad iniezione] |

Disposizione [DB – DBD – DBB – DF – DFD – DFF – altro ( )]

Designazione cuscinetto NSK _____

Designazione cuscinetto della concorrenza _____

Foro _____ mm Diametro esterno _____ mm Larghezza totale _____ mm

Larghezza anello esterno _____ mm Larghezza anello interno _____ mm

Classe di precisione _____ Gioco/Precarico _____

- Condizioni di carico

Velocità di rotazione _____ $min^{-1}$ Carico radiale _____ N Carico assiale _____ N

Momento _____ N·mm Forza di sbloccaggio _____ N

- Albero ed alloggiamento

Tolleranza dell'albero _____ Tolleranza dell'alloggiamento _____ Diametro esterno dell'alloggiamento _____ mm

Materiale albero _____ Materiale alloggiamento _____ Diametro interno dell'albero cavo _____ mm

Motorizzazione _____ Metodo di raffreddamento _____ (raffreddamento esterno: sì o no) Tipo di precarico _____ (precarico rigido o precarico costante)

Lunghezza del distanziale _____ mm Temperatura ambiente _____ °C

- Requisiti

Rigidezza _____ N/µm Precarico _____ N Durata _____ ore

- Commenti

Indicare requisiti particolari, domande o Vs. commenti:

Allegati: (sì) (no)

In caso di codici non riportati in questa tabella, contattare direttamente NSK.