MOTION & CONTROL

NSK

SUPER PRECISION BEARINGS

CUSCINETTI DI SUPER PRECISIONE

NSK

CUSCINETTI DI SUPER PRECISIONE

MOTION & CONTROL

NSK

Eco-awareness and reliability in motion

NSK

Catalogo: E1254/I/I/I/01.04 Stampato in Inghilterra - ©NSK Ltd. 2004

Introduzione

La tecnologia evolve ogni giorno, ed ogni produttore deve condividere
una responsabilità globale per rispettare e proteggere l'ambiente.
La tecnologia NSK Motion & Control riflette la politica aziendale
di piena responsabilità verso l'ambiente. I prodotti NSK contribuiscono non solo a migliorare
le prestazioni delle macchine in innumerevoli applicazioni, ma anche a risparmiare energia
e preservare le risorse naturali grazie alla nostra tecnologia di super precisione.

MOTION & CONTROL
NSK

Per soddisfare le ristrettive specifiche delle macchine utensili altamente evolute, abbiamo
sviluppato ogni aspetto della Ricerca & Sviluppo presso i nostri Centri Tecnici.
Come risultato, i cuscinetti NSK di precisione sono impiegati
in svariate applicazioni, dalla produzione dei semiconduttori all'industria robotica,
e la reputazione guadagnata sul campo è di ottime prestazioni.
Grazie anche all'acquisizione di RHP, NSK è in grado di combinare una vastissima esperienza e competenza,
unendo così gli sforzi nel migliorare continuamente la progettazione. Come risultato, i nostri cuscinetti
sono conosciuti in tutto il mondo per l'eccezionale precisione ed affidabilità.

Questo catalogo contiene molte informazioni tecniche, tra cui i nostri prodotti più recenti, i dati sperimentali,
le applicazioni tipiche, le produzioni disponibili, nonché una guida sul corretto utilizzo di ciascun tipo di cuscinetto.

Il nostro impegno nella Ricerca & Sviluppo per sviluppare tecnologie d'avanguardia
ha fatto di NSK una delle aziende leader mondiali ed un partner di riferimento
per i nostri clienti in tutto il mondo.

NSK
Cuscinetti di Super Precisione

Indice

Pagina

Capitolo 1. Cuscinetti NSK di Super Precisione 4–9

Una Rete Globale 4

Ricerca & Sviluppo 6

Qualità e Tecnologia nella Produzione 8

Capitolo 2. Caratteristiche dei Cuscinetti di Precisione 10–29

Tecnologia dei Materiali per Migliorare la Durata 12

Corpi Volventi in Ceramica 14

Gabbie 16

Gamma di Produzione 18

Prestazioni delle diverse Tipologie di Cuscinetti 20–29

Capitolo 3. Selezione dei Cuscinetti di Precisione 30–41

Capitolo 4. Tipologie di Cuscinetti 42–117

1. Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo (ACBB) 42–74

2. Cuscinetti a Rulli Cilindrici (CRB) 76–85

3. Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo 86–95

4. Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere 96–103

5. Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione 104–109

6. Strumenti e Centraline Aria-Olio 110–117

Capitolo 5. Guida Tecnica 118–175

Capitolo 6. Uso e Manutenzione dei Cuscinetti 176–197

Capitolo 7. Appendici 198–210

NSK *Una Rete Globale*

L'estensione della nostra rete è la chiave del successo nello sviluppare prodotti innovativi che includano le più recenti tecnologie.

La rete garantisce il collegamento con tutte le Filiali, i Centri Distribuzione, gli Stabilimenti ed i Centri Tecnici e consente di acquisire le informazioni da ogni località. I dati sono accessibili istantaneamente da ogni punto della rete, ottenendo così prodotti e servizi di altissima qualità.
Il nostro sistema operativo include anche le attività di ricevimento ed elaborazione degli ordini, la gestione operativa delle spedizioni ed il supporto tecnico alle Filiali.
Non importa quanto sia difficile o complessa la sfida, NSK è in grado di dare risposte subito!

La rete globale NSK significa disporre di prodotti eccellenti ed offrire un ottimo servizio ai clienti

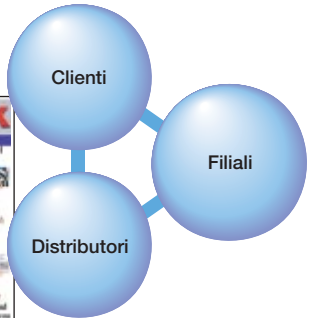
NSK ha installato un sistema di comunicazione che collega i principali mercati mondiali in Europa, Asia, Giappone ed America. Usiamo questo sistema altamente evoluto per condividere le informazioni in tempo reale sui cambiamenti e le evoluzioni di ciascun mercato. Grazie a questo, possiamo reagire tempestivamente per soddisfare ogni modifica nelle necessità dei clienti e fornire il miglior prodotto con la più alta qualità. La nostra rete globale rende NSK un'azienda realmente globale: superiamo i confini ed ogni impedimento per soddisfare le esigenze nei nostri clienti ovunque nel mondo.

Ovunque sia il nostro cliente nel mondo, può contare sul supporto globale della rete NSK

La nostra vasta rete è in grado di ricevere ordini e di fornire prodotti ovunque nel mondo. I Distributori Autorizzati NSK coprono le vendite in tutto il mondo e mantengono scorte di tutti i prodotti chiave nei principali mercati e nazioni, rendendo possibile la fornitura di qualsiasi prodotto con la massima tempestivitá. NSK fornisce inoltre il supporto tecnico globalmente, aiutando il cliente nella selezione del cuscinetto più appropriato in ciascuna applicazione, per rispondere velocemente ad ogni domanda tecnica e per risolvere immediatamente qualsiasi problema tecnico presso il cliente.

http://www.nsk.com

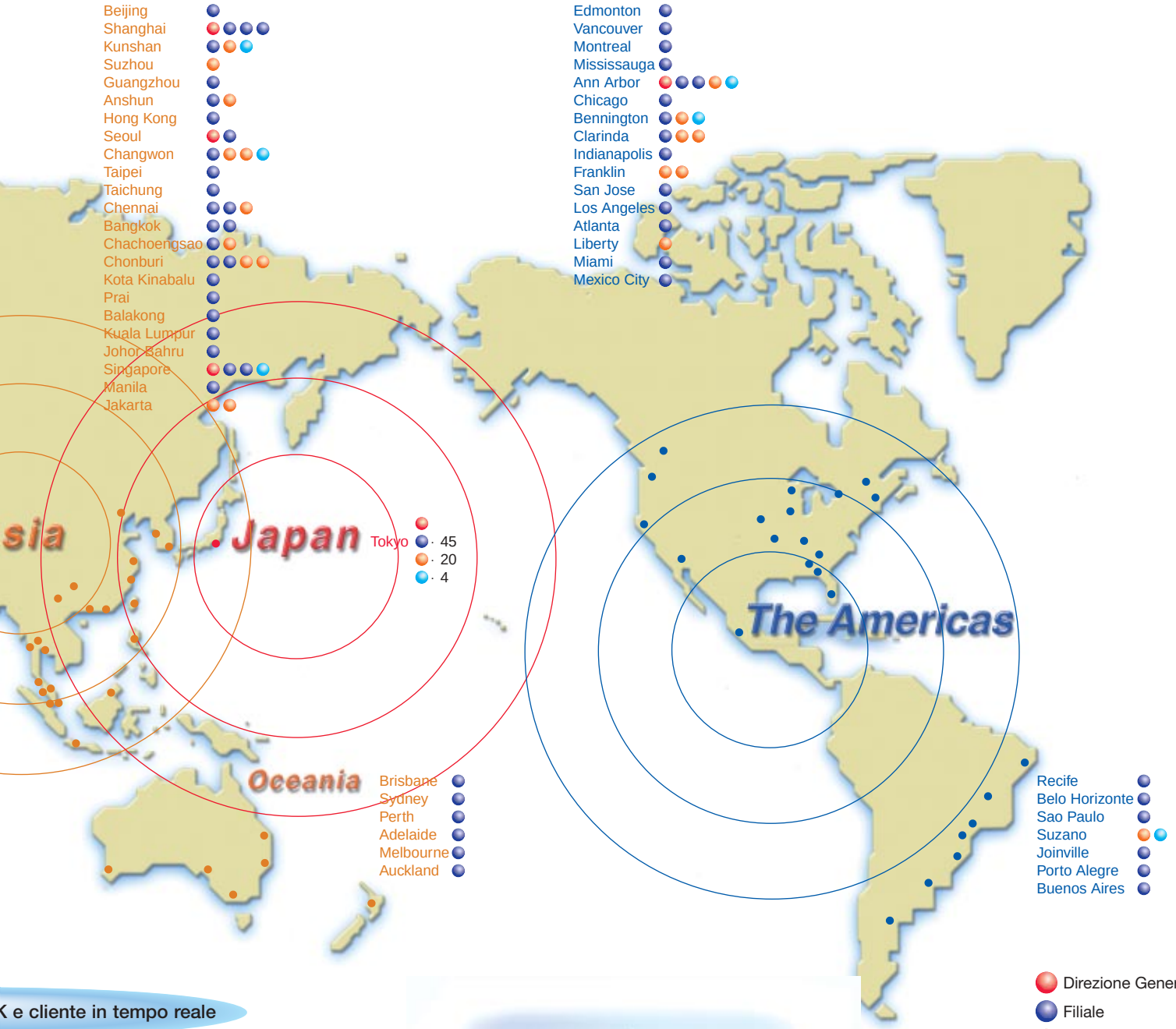
Il sistema operativo connette NSK



CHANCE Ⅱ
Sistema di comunicazione via Internet

Questo sistema consente ai clienti di accedere ad informazioni tra cui stock esistente, prodotti disponibili, prezzi, informazioni tecniche oltre che ad ordinare i nostri prodotti via Internet. E' anche possibile scaricare disegni CAD ed alcuni programmi, tra cui quello per il calcolo della durata.

CHANCE Ⅱ
Convenient Helpful Access environment for NSK Communication Exchange Ⅱ



K e cliente in tempo reale

PLANETS

Questo sistema connette le nostre Unità Produttive, le nostre Filiali ed i Centri Tecnici affinché possano scambiarsi informazioni in tempo reale per il continuo e reciproco sviluppo.

NSK

Programmi Tecnici, di Produzione e di Vendita

Stabilimento

Venditori

PLANETS
Practical Link by Advanced
NSK E-business Technology System

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.

La chiave del successo tecnologico di NSK è la tribologia – lo studio dell'attrito e dell'usura. Con la diminuzione dell'attrito e dell'usura è possibile risparmiare energia e conservare le risorse naturali, così come prevenire cedimenti delle macchine ed aumentarne l'affidabilità. NSK lavora con Centri Tecnici in Europa, Giappone ed USA. I Centri focalizzano le attenzioni sulla tribologia per sviluppare tecnologie innovative. Ciascun Centro Tecnico è di supporto ai clienti nel proprio continente e la comunicazione avviene attraverso la nostra rete globale per condividere informazioni e risultati delle ricerche.
Il Centro Tecnico in Giappone lavora come diretto supporto per i clienti in Asia. E' inoltre il Centro che sistematicamente raccoglie le informazioni sulle esigenze del mercato in Europa, Asia ed America per identificare le nuove esigenze e le tendenze del mercato, affinché NSK possa sviluppare attentamente e prontamente la nuova generazione di prodotti.

Un nuovo approccio per lo sviluppo di nuove tecnologie

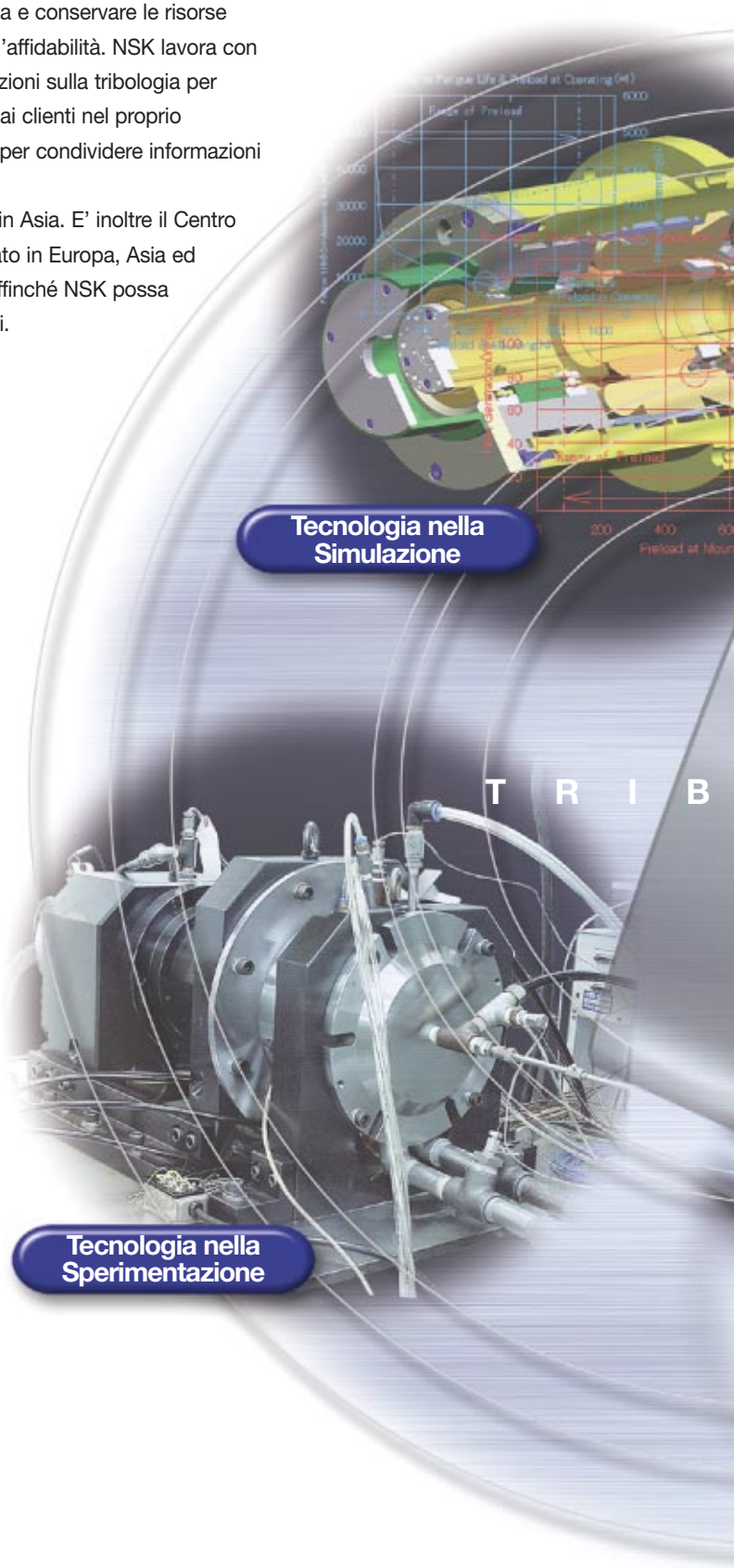
NSK sta sviluppando quattro diverse tecnologie di base: simulazioni analitiche, materiali, lubrificazione e sperimentazione. Impiegando queste tecnologie, NSK è in grado di produrre nuovi cuscinetti che soddisfano i requisiti caratteristici di ogni singola applicazione. Solo questo approccio garantisce un valore aggiunto ai propri clienti.

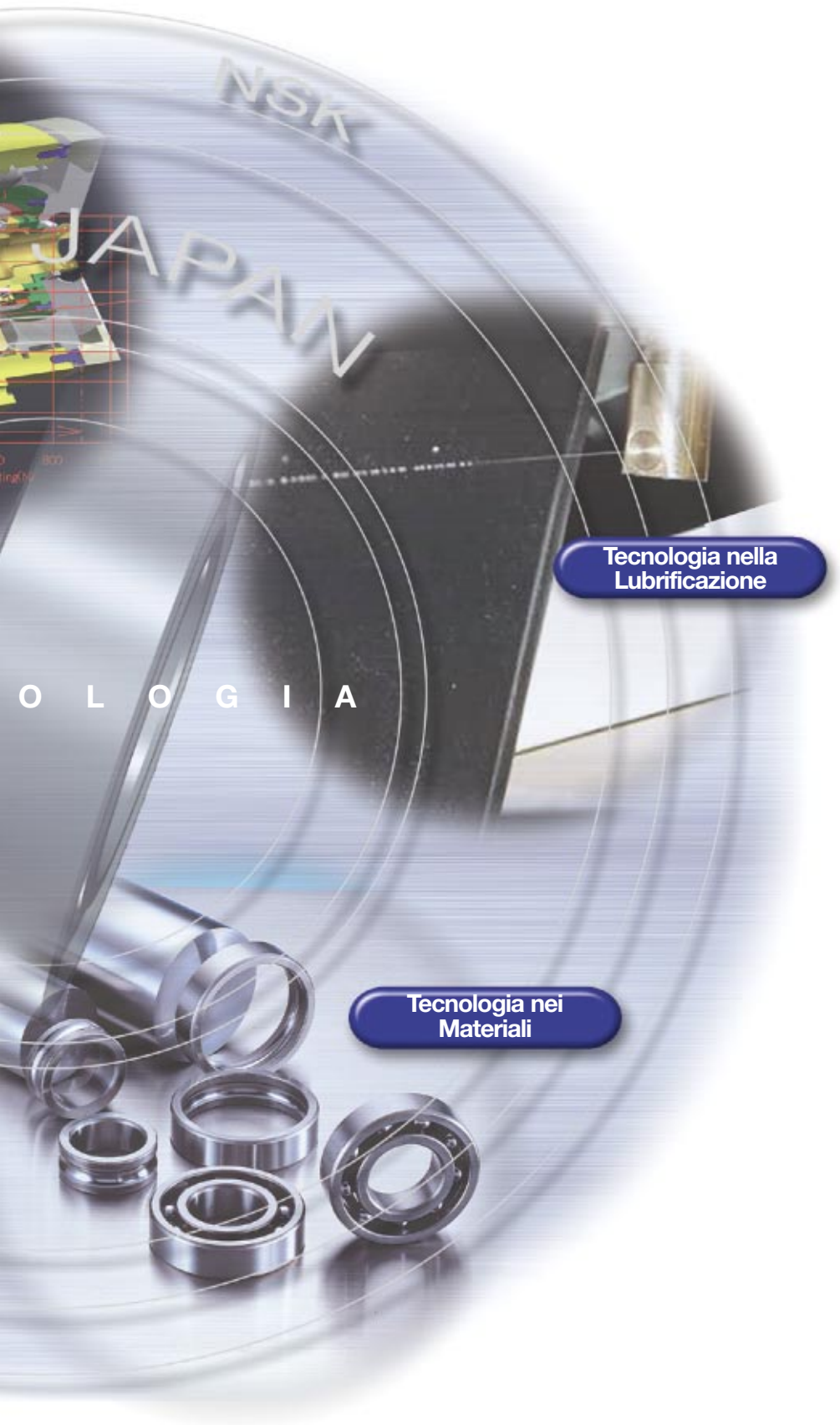
Prodotti specifici per le singole applicazioni dei clienti

Ogni Centro Tecnico lavora a stretto contatto con i nostri clienti per definire le loro specifiche esigenze applicative. Operando in questo modo, possiamo aiutare i clienti nell'identificare il miglior prodotto NSK per ogni applicazione, raggiungendo la massima efficienza e competitività nei costi. Su richiesta, possiamo anche fornire prodotti dedicati esclusivamente ad un cliente per soddisfare le più esigenti specifiche del cliente.

I Centri Tecnici ed il supporto ai clienti

In aggiunta alla ricerca & sviluppo, ogni Centro Tecnico garantisce tutto il supporto tecnico richiesto dalle filiali e dai clienti in ogni continente. Come risultato, i nostri clienti sono in grado di sfruttare totalmente le potenzialità dei prodotti NSK.





Centro Tecnico Cuscinetti
(Giappone)

Centro Tecnico Europeo
(Inghilterra)

Centro Tecnico Americano
(USA)

NSK *Qualità e Tecnologia nella Produzione*

NSK utilizza le più recenti tecnologie produttive e tecniche di controllo della qualità per produrre cuscinetti che sono riconosciuti ovunque nel mondo per l'elevatissima precisione.

I cuscinetti NSK di precisione garantiscono il più elevato livello qualitativo grazie alle nostre capacità produttive, alle strumentazioni più evolute, alla vasta esperienza nella produzione ed al nostro impegno nell'applicare le rigorose procedure del controllo qualità in ogni fase della produzione in ogni stabilimento NSK.

La tecnologia nella produzione per garantire prodotti di alta precisione

Per mantenere l'eccellente reputazione di produttori di cuscinetti di precisione con il più alto grado di accuratezza al mondo, tutti i cuscinetti sono controllati con una precisione pari al millesimo di micron.

Produzione globale, in Inghilterra e Giappone

I cuscinetti di precisione NSK sono prodotti sia in Inghilterra sia in Giappone. Combinando le esperienze di questi stabilimenti e grazie alla loro posizione strategica, siamo in grado di soddisfare ogni esigenze del cliente.

Stabilimento NSK di Newark (UK)

Stabilimento NSK di Fujisawa (Giappone)

Controlli di Qualità Totale e responsabilità ambientale

Essendo un'azienda certificata ISO 9001, ogni stabilimento NSK deve applicare le stesse rigorose procedure per il controllo qualità. I frequenti controlli sono una parte del processo produttivo che assicura che tutti i nostri prodotti mantengano lo stesso elevato livello di Qualità.
NSK ha anche ottenuto la certificazione ISO 14001 e tutti i nostri stabilimenti operano ai più elevati livelli di rispetto verso l'ambiente.

Certificazione ISO 14001

Certificazione ISO 9001

Il simbolo NSK

La scatola dorata NSK è la vostra assicurazione del più elevato livello di qualità nei cuscinetti di super precisione.

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.

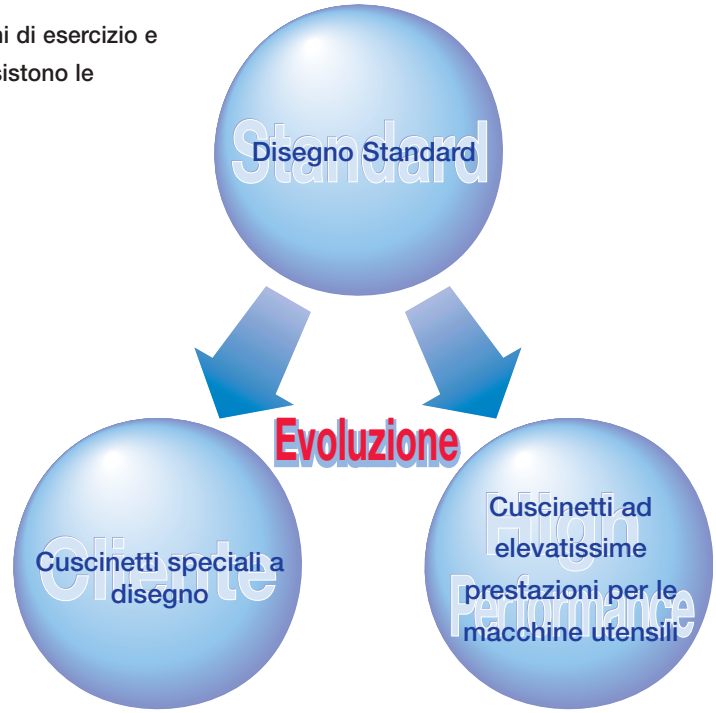
Utilizzando i materiali più innovativi e le più avanzate tecnologie d'analisi, siamo in grado di progettare e produrre cuscinetti di precisione con prestazioni elevatissime.

NSK mantiene sempre costante il proprio impegno nell'incrementare la qualità e le prestazioni dei propri prodotti, offrendo al mercato cuscinetti di precisione sempre all'avanguardia che soddisfino pienamente le richieste del settore della macchina utensile.

La Qualità NSK

I cuscinetti NSK sono rinomati nel mondo per la loro lunga durata e le loro elevate prestazioni.

A seconda delle condizioni di esercizio e del tipo di applicazione esistono le seguenti opzioni:



Cuscinetti di precisione NSK, disegno standard

La serie di cuscinetti NSK con disegno standard copre un vasta gamma di dimensioni conformi alle norme ISO. I cuscinetti sono prodotti in acciaio Z, una versione speciale dell'acciaio per cuscinetti SUJ2, ad elevatissima purezza, che permette di aumentare sensibilmente la durata dei cuscinetti.

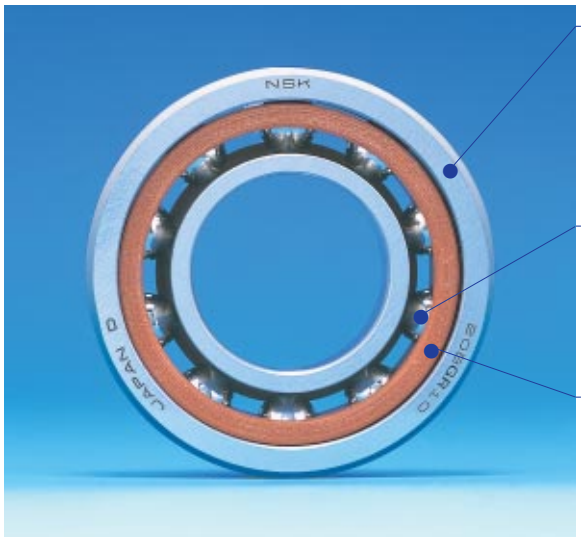
Cuscinetti di precisione NSK per macchine utensili ad elevatissime prestazioni

Utilizzando nuovi materiali ed una tecnologia di analisi innovativa che ha permesso di ottimizzare il disegno interno rendendolo adatto alle altissime velocità, NSK ha sviluppato la Serie ROBUST™ di cuscinetti di precisione per macchine utensili ad elevatissime prestazioni.

Cuscinetti speciali a disegno

NSK fornisce anche cuscinetti speciali sviluppati su richiesta dei propri clienti, utilizzando materiali innovativi ed un disegno interno ottimale adatto ad ogni particolare applicazione e condizione d'impiego.

Massima qualità nei componenti dei cuscinetti NSK



Acciaio per gli anelli

NSK utilizza esclusivamente acciai selezionati, come l'acciaio Z o EP (Extra Pure), per ottenere maggiori durate. NSK ha inoltre sviluppato l'acciaio SHX, che offre una resistenza al grippaggio molto elevata alle altissime velocità.

Materiali per i corpi volventi

I cuscinetti NSK offrono elevate prestazioni alle alte velocità impiegando corpi volventi in acciaio con precisione molto elevata, oppure performance elevatissime impiegando corpi volventi in ceramica.

Materiali per le gabbie

Le gabbie NSK vengono realizzate in diversi materiali, standard e speciali. Tra questi la resina fenolica, poliammidica e nuovi polimeri. Tali materiali offrono resistenza alle alte temperature, alta rigidezza e masse ridotte. Le gabbie NSK garantiscono la massima affidabilità in tutte le condizioni d'impiego.

La Qualità NSK *Nuove Tecnologie nel Campo degli Acciai Speciali per Aumentare la Durata del Cuscinetto*

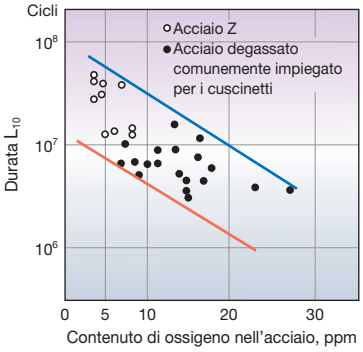
Materiali avanzati uniti a controlli di qualità molto severi permettono ai cuscinetti NSK di offrire lunga durata ed elevate prestazioni.

E' ben noto che la resistenza a fatica dell'acciaio al cromo ad alto tenore di carbonio (SAE 52100, SUJ2) utilizzato per la produzione dei cuscinetti volventi è fortemente influenzata dalle inclusioni non metalliche. Prove di durata in laboratorio mostrano che inclusioni di ossidi non metallici generano un effetto particolarmente negativo sulla resistenza a fatica. In collaborazione con produttori di acciai speciali, NSK ha migliorato il processo di produzione dell'acciaio riducendo drasticamente le impurità, ottenendo quindi una diminuzione delle inclusioni di ossidi non metallici. Ciò ha permesso di generare degli acciai per lunga durata noti come "acciaio Z" ed "acciaio EP".

Acciaio Z *a Lunga Durata*

Caratteristiche dell'acciaio Z

L'acciaio Z è prodotto riducendo la quantità di inclusioni non metalliche, ossidi ed altre inclusioni come Ti o S. I cuscinetti prodotti con questo acciaio hanno una durata in servizio fino ad 1,8 volte superiore rispetto ad un cuscinetto prodotto in acciaio degassato standard per cuscinetti.



NSK utilizza l'acciaio Z nel 100% della produzione di cuscinetti di precisione.

Cuscinetti a contatto obliquo

Cuscinetti a rulli cilindrici

Acciaio EP (Extra Pure) *A Lunghissima Durata ed Alta Affidabilità*

Caratteristiche dell'acciaio EP

I cuscinetti prodotti con acciaio EP offrono un'affidabilità incrementata grazie alla minima variazione nella durata ottenuta attraverso una nuova tecnica di analisi degli acciai ed alla massima riduzione delle impurità in essi contenuti.

● Nuova tecnica di analisi

Per migliorare le tecniche di valutazione delle inclusioni non metalliche, NSK ha sviluppato il metodo NSK-ISD2, un sistema di analisi dell'immagine unito ad un innovativo processo produttivo.

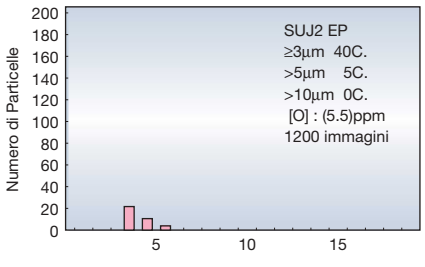
● Miglioramento del processo produttivo

L'introduzione di questa tecnica nel processo produttivo dell'acciaio ha permesso di ottenere un significativo innalzamento della purezza ed un'ulteriore riduzione delle inclusioni non metalliche rispetto all'acciaio Z. L'acciaio EP ha inclusioni di grandi dimensioni in numero minore non solo rispetto all'acciaio Z, ma persino rispetto all'acciaio VAR (Vacuum Arc Remelted), utilizzato nell'industria aeronautica.

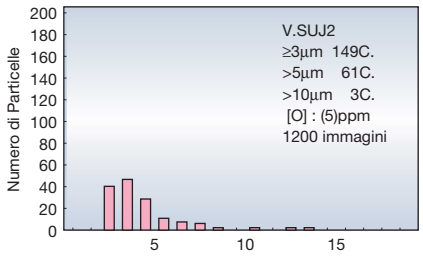
Cuscinetti supporto vite in acciaio EP per applicazioni nella macchina utensile.

Confronto fra le purezze attraverso l'analisi dell'immagine (metodo NSK – ISD2)

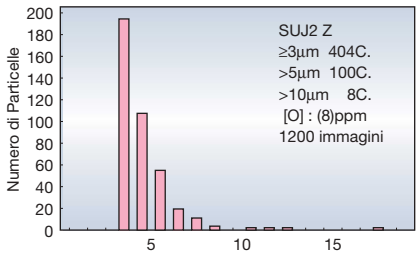
Acciaio EP



Acciaio VAR



Acciaio Z



SHX
alta
calore
rata

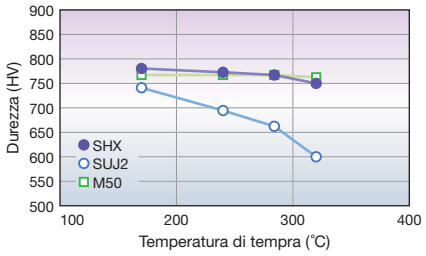
Acciaio SHX — *Acciaio SHX, Acciaio Speciale ad Alta Resistenza al Calore: aumenta la durata dei cuscinetti impiegati in applicazioni ad altissima velocità*

Caratteristiche dell'acciaio SHX

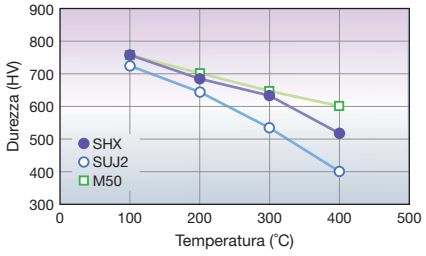
L'acciaio SHX (brevetto NSK) è un acciaio speciale ad alta resistenza al calore ottenuto attraverso un trattamento termico speciale sviluppato da NSK. L'acciaio SHX ha una resistenza al calore paragonabile a quella dell'acciaio M50, che viene utilizzato nelle turbine aeronautiche dove si hanno temperature di esercizio di 300°C. Questa resistenza al calore, sommata ad un basso coefficiente d'attrito e ad una resistenza agli urti, rende l'acciaio SHX ideale per i cuscinetti impiegati in macchine utensili ad altissima velocità. Brevetto numero 2961768JP

Resistenza al Calore

Temperatura di Tempra e Durezza

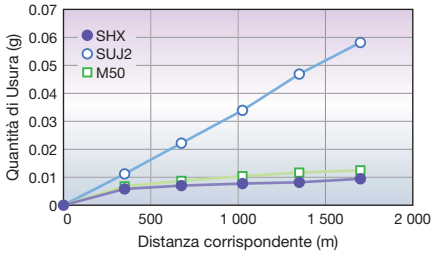


Durezza alle Alte Temperature

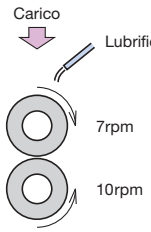


Resistenza all'Usura

Confronto della Resistenza all'Usura (test dei 2 rulli cilindrici)



Test dei 2 cilindri

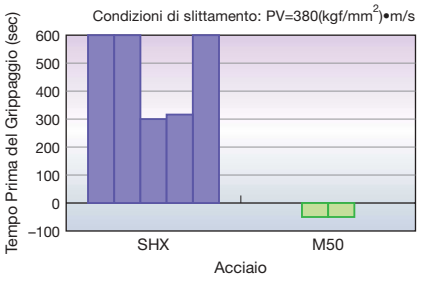


Condizioni della prova
Pressione superficiale : 880MPa
Rapporto Tra le velocità : 30%
Lubrificazione : olio per mandrini (2cc/min)
Temperatura : ambiente

Resistenza al Grippaggio

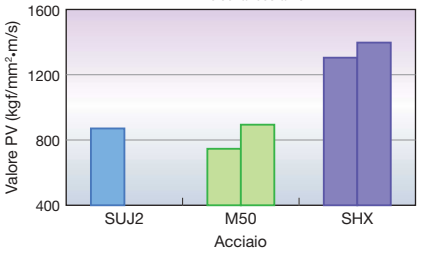
Prova Limite di Grippaggio a Secco (test delle 4 sfere)

Condizioni della prova Lubrificazione: nessuna
Condizioni di slittamento: PV=380(kgf/mm^2)•m/s

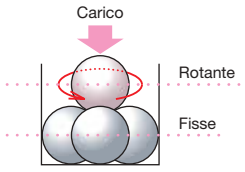


Prova Limite di Grippaggio in Bagno d'Olio (test delle 4 sfere)

Condizioni della prova Lubrificazione: bagno d'olio
Velocità: costante



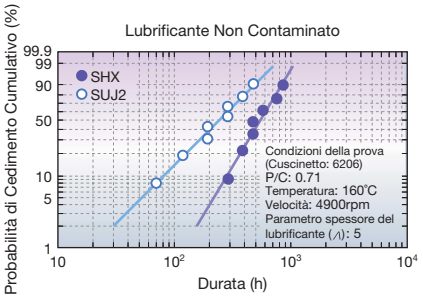
Test delle 4 Sfere



Durata a Fatica

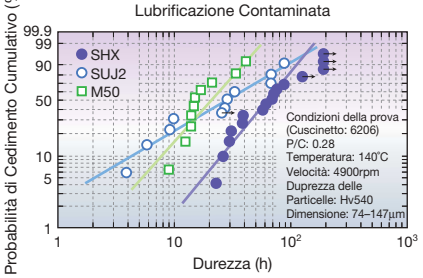
Prova a Fatica Sub-Superficiale

Lubrificante Non Contaminato



Prova a Fatica Superficiale

Lubrificazione Contaminata



Cuscinetti realizzati in acciaio SHX hanno una durata 4 volte maggiore dei cuscinetti prodotti in acciaio SUJ2.

Prodotti in Acciaio SHX

Cuscinetti a contato obliquo Serie ROBUST™ versione X e XE per altissime velocità.

Cuscinetti a rulli cilindrici Serie ROBUST™ versione RX e RXH per altissime velocità.

La Qualità NSK *Corpi Volventi in Ceramica*

Con l'utilizzo di corpi volventi in ceramica si ottengono velocità, rigidezza ed affidabilità superiori.

I cuscinetti con corpi volventi in ceramica offrono numerose caratteristiche eccellenti, come resistenza al calore, maggiore durata, massa ridotta, minore espansione termica, non conduttività elettrica e sono perciò utilizzati in un gran numero di moderne applicazioni come uno dei materiali di nuova generazione. La lunga esperienza di NSK in questo settore ha condotto all'utilizzo di un tipo di materiale ceramico in particolare, il nitruro di silicio (Si_3N_4), per i corpi volventi dei cuscinetti di precisione chiamati "cuscinetti ibridi". Questi cuscinetti si sono guadagnati un'eccellente reputazione per applicazioni a velocità e precisione molto elevate, una combinazione non ottenibile con cuscinetti con corpi volventi in acciaio.

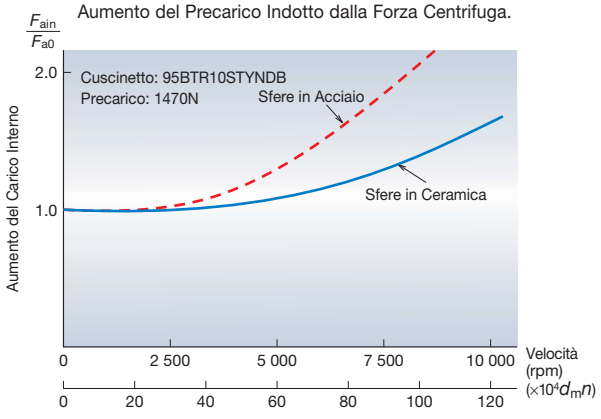
Cuscinetto a contatto obliquo con sfere in ceramica

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

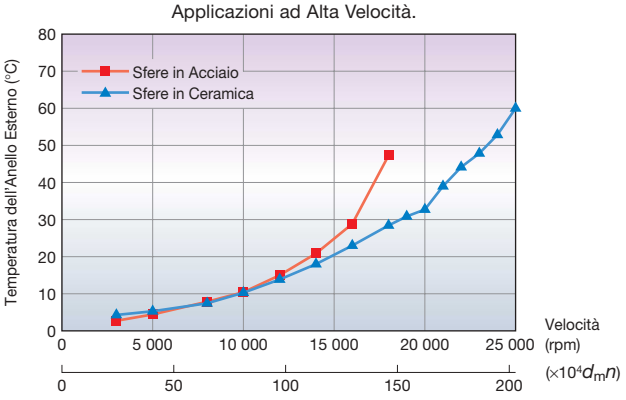
Basso coefficiente di dilatazione termica

In applicazioni ad alte velocità, sebbene la temperatura dei cuscinetti risulti elevata, il basso coefficiente di espansione termica permette di avere un minore precarico ed una minore generazione di calore.

Basso attrito

Lo slittamento dei corpi volventi in esercizio è ridotto, risultando in una minore generazione di calore.

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

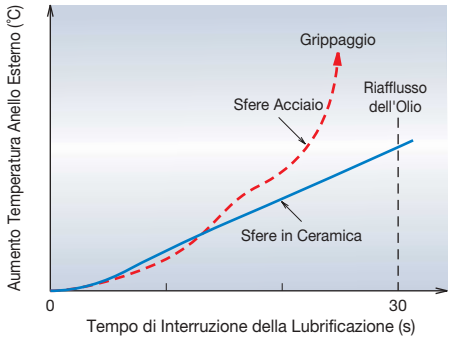


Cuscinetto: 65BNR10XTDB+KL144
Lubrificazione a grasso (Isoflex NBU15)
Precarico rigido (senza raffreddamento)
Precarico dopo montaggio: 300 (N)

Resistenza al grippaggio

Comparate alle sfere in acciaio, le sfere in ceramica hanno maggiore resistenza al grippaggio.

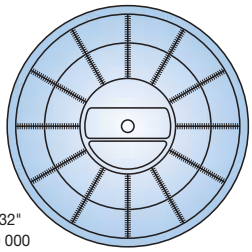
Risultati Prova di Interruzione Olio



Elevata precisione grazie alla tecnologia nella produzione

L'esperienza nella produzione di sfere e rulli, i continui miglioramenti nei processi di sinterizzazione e la purezza dei materiali garantisce a NSK la capacità di realizzare sfere e rulli di altissima precisione.

Circolarità delle sfere in ceramica

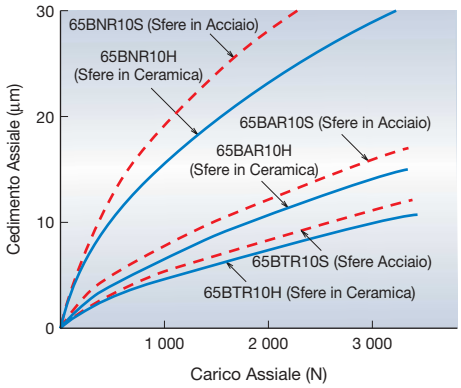


Diametro sfere: 9/32"
Ingrandimento: 50 000

Elevata rigidezza

Le sfere in ceramica hanno un modulo elastico che è il 50% più alto di quelle in acciaio, rendendo così la ceramica un materiale ideale per l'impiego nei mandrini delle macchine utensili che richiedono elevata rigidezza nelle lavorazioni.

Rigidezza Assiale dei Cuscinetti con Sfere in Ceramica



Alta qualità nella selezione dei migliori materiali

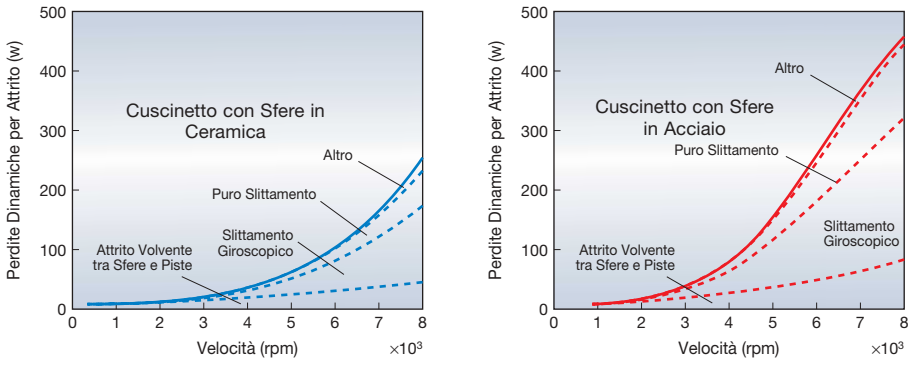
Con l'introduzione di severe procedure di Assicurazione Qualità nell'acquisto dei componenti, i cuscinetti NSK con corpi volventi in ceramica sono di eccellente qualità.

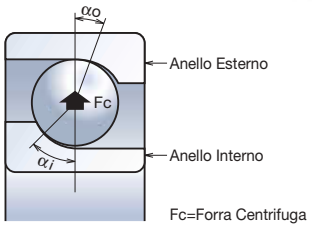
Vantaggi nell'utilizzo dei corpi volventi in ceramica alle alte velocità

Utilizzando corpi volventi in ceramica nei:

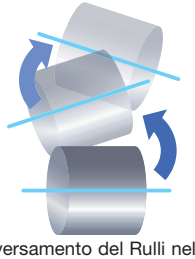
- ACBB: le minori forze centrifughe diminuiscono il momento giroscopico e lo slittamento nel funzionamento ad alta velocità;
- CRB: la minore densità del materiale riduce la generazione di calore causata dall'intraversamento dei rulli.

Simulazione del Calore Generato





ACBB: Differenza dell'angolo di Contatto nel Funzionamento ad Alta Velocità



CRB: Intraversamento del Rulli nel Funzionamento ad Alta Velocità

La Qualità NSK *Gabbie*

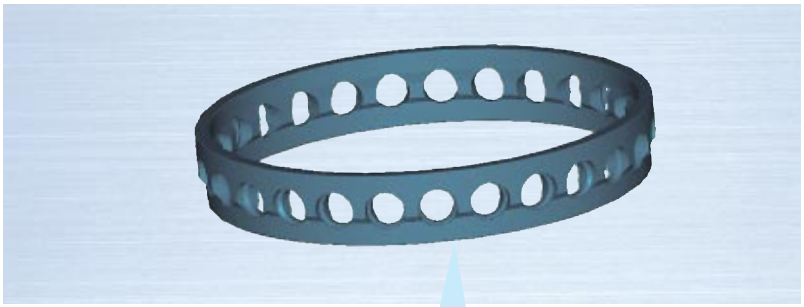
Gabbie in polimeri ottimizzati per il funzionamento alle alte velocità.

I materiali polimerici sono ampiamente impiegati nella realizzazione delle gabbie per cuscinetti per il loro peso contenuto (1/6 della densità, confrontato con l'ottone), per la buona stampabilità e per l'elevata resistenza alla corrosione. I polimeri possono essere ottimizzati per garantire minor attrito e quindi minor generazione di calore, consentendo di aumentarne il limite di velocità. I polimeri possono essere ottimizzati anche per diminuire l'usura, prolungando così la durata del grasso. Le gabbie realizzate in questi tecno-polimeri sono ottimali per i cuscinetti di super precisione per i mandrini delle macchine utensili.

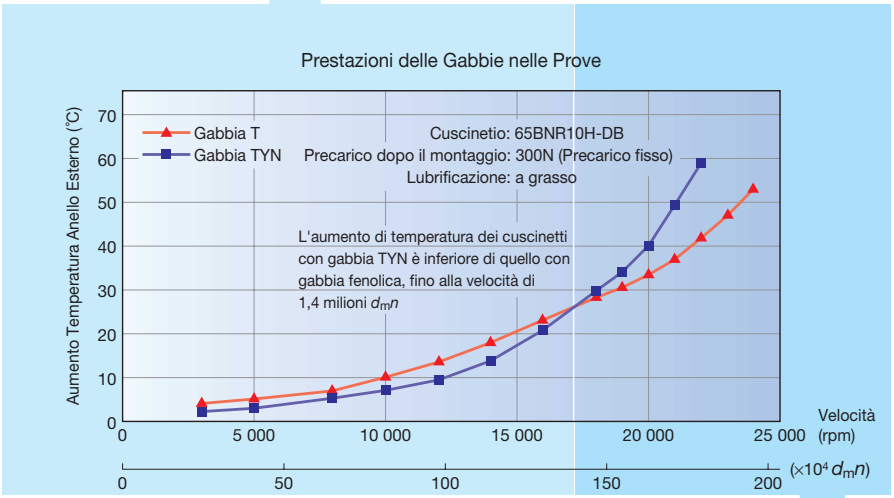
Gabbie per Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

Gabbia in Resina Poliammidica, Guidata sulle Sfere (TYN)

- Questo speciale design consente al cuscinetto di avere minor attrito e maggiore silenziosità.
- Questa gabbia è ottimale per la lubrificazione a grasso. Con questo design, la gabbia ha maggiore capacità di trattenere il grasso all'interno del cuscinetto rispetto alle tradizionali gabbie guidate sull'anello esterno.
- Un cuscinetto equipaggiato con questa gabbia e lubrificato a grasso ha un rodaggio più breve rispetto ai cuscinetti con gabbia in resina fenolica.



ACBB per altissime velocità -
Serie ROBUST™



Gabbia in Resina Fenolica, Guidata sull'Anello Esterno (T e TR)

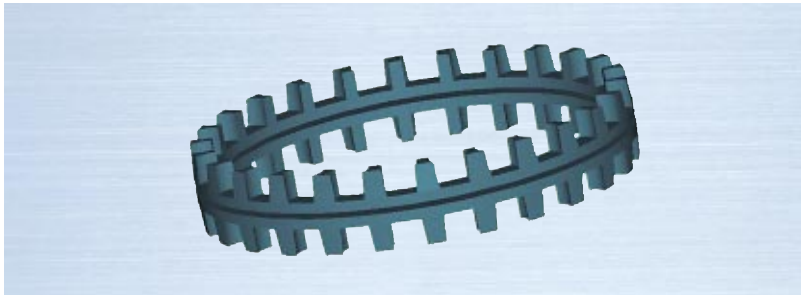
- Le vibrazioni della gabbia guidata sull'anello esterno sono inferiori durante la rotazione alle alte velocità.

ACBB standard – Serie STANDARD
ACBB per altissime velocità -
Serie ROBUST™

Gabbie per Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Gabbia in Resina PPS ad Elevata Resistenza, Guidata sui Rulli (TB)

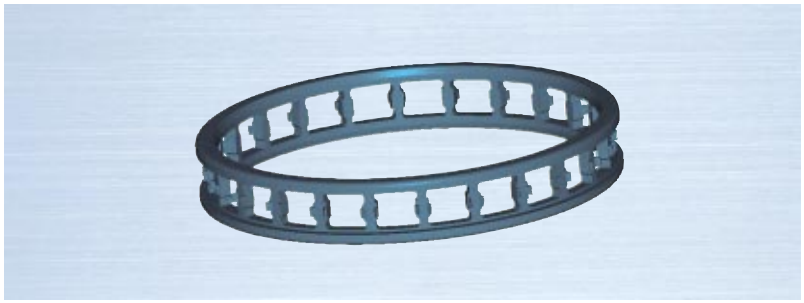
- Elevata resistenza alle alte temperature, fino a 220°C, grazie al materiale impiegato [PPS - PolyPhenyleneSulfide].
- Elevata resistenza chimica alla maggior parte degli acidi, delle sostanze basiche e delle soluzioni organiche.
- Eccellenti proprietà fisiche, tra cui elevata resistenza, robustezza, resistenza all'usura e alla fatica, se comparata alle attuali gabbie in poliammide.



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.

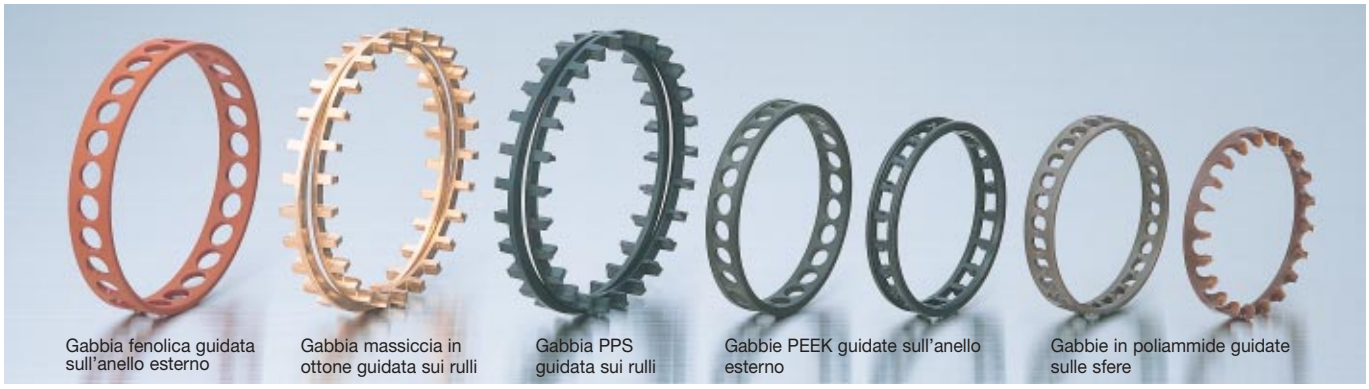


CRB ad una corona, per altissime velocità – Serie ROBUST™

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



NSK Cuscinetti di Super Precisione: Gamma di Produzione

Sono disponibili diverse tipologie di cuscinetti NSK di super precisione, tra cui la serie ROBUST™ di cuscinetti ad altissime prestazioni, le serie speciali di cuscinetti per applicazioni dedicate e la serie standard.

Serie Standard — Cuscinetti a sfere a contatto obliquo di precisione — Serie Standard

Cuscinetti NSK di super precisione, prodotti in conformità alle norme ISO.

- Serie 70xx, 72xx e 79xx
- Angoli di contatto: 15° (C), 25° (A5) e 30° (A)
- Materiali delle sfere: acciaio (nessun suffisso) e ceramica (SN24)
- Materiali della gabbia: resina fenolica (TR) o poliammidica (TYN), in funzione dei requisiti applicativi

Serie ROBUST — Cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità — Serie BNR e BER

Cuscinetti ad altissime prestazioni sviluppati per applicazioni ad altissime velocità e bassa generazione di calore. Adatti per macchine utensili per lavorazioni ad altissima precisione ed altissima velocità.

- Angoli di contatto: 18° (BNR) e 25° (BER)
- Materiali delle sfere: acciaio (suffisso S) e ceramica (suffissi H oppure X)
- Materiali della gabbia: resina fenolica (T) o poliammidica (TYN), in funzione dei requisiti applicativi
- La serie ROBUST™ può essere impiegata per applicazioni con velocità oltre i 3 milioni $d_m n$

Serie ROBUST — Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per alte velocità — Serie BAR e BTR

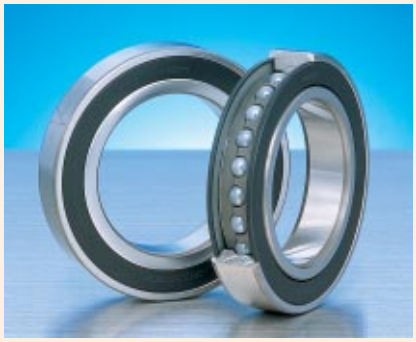
Cuscinetti assiali ad alta rigidezza per applicazioni nei torni.

- Angoli di contatto: 30° (BAR) e 40° (BTR)
- Materiali delle sfere: acciaio (suffisso S) e ceramica (suffisso H)

Serie BGR — Cuscinetti a sfere a contatto obliquo di super precisione — Serie BGR

Cuscinetti ad elevate prestazioni sviluppati specificatamente per rettificatrici per interni e per motori ad altissima velocità, con precarico costante.

- Gamma disponibile: diametro foro da 6 a 25 mm; angolo di contatto 15°
- Cuscinetti con anelli non separabili, per semplificare il montaggio
- Disponibili per il montaggio universale: cuscinetto singolo (SU) e coppia (DU)



Serie Schermata — Cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati — Serie Standard e ROBUST™

Cuscinetti schermati e pre-ingrassati per ridurre i problemi di montaggio. Adatti per la manutenzione dei mandrini di macchine utensili.

- Disponibili nelle serie Standard di cuscinetti a sfere a contato obliquo di super precisione
- Disponibili nelle serie ROBUST™ di cuscinetti a sfere a contato obliquo per altissime velocità
- Gamma disponibile: diametro foro da 30 a 100 mm nelle serie dimensionali ISO 10 e ISO 19 (cuscinetti 70xx e 79xx)

I cuscinetti della serie ROBUST™ sono di super precisione ad elevate prestazioni.

Serie ROBUST Serie Standard

Cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona, per altissime velocità

Serie ROBUST™ Serie Standard

Cuscinetti a rulli cilindrici ad alte prestazioni progettati per applicazioni ad altissime velocità, come centri di lavoro.

- **Materiali della gabbia: ottone (MR)[1] e resina PEEK (TP)**
- **Materiali per i rulli: acciaio standard, acciaio SHX e ceramica**
- **La serie ROBUST™ RXH per altissime velocità può essere impiegata fino a 3 milioni $d_m n$**

(1) La gabbia MR è standard

Serie Standard

Cuscinetti a rulli cilindrici a due corone Serie ad Alta Rigidezza

Progettata per conferire alta rigidezza nelle applicazioni ad elevata velocità, come i mandrini dei torni.

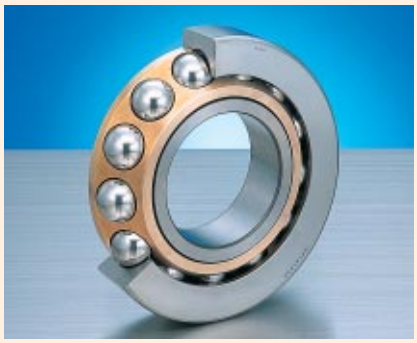
- **Materiali della gabbia: ottone (MB) e resina PPS (TB)**
- **Configurazione standard per la scanalatura ed i fori di lubrificazione: suffisso E44**

Serie TAC

Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per supporto viti a ricircolazione di sfere per Applicazioni in Macchine Utensili

Cuscinetti assiali ad alta rigidezza progettati specificatamente per il supporto delle viti a ricircolazione di sfere nelle macchine utensili.

- **Angolo di contatto: 40°**
- **Disponibili per il montaggio universale, per soddisfare qualunque requisito di rigidezza e durata**
- **Disponibili anche pre-ingrassati, su richiesta**



Serie TAC

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**

Serie Radiale

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**

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità

Progettati per raggiungere elevatissime velocità e bassa generazione di calore – Serie ROBUST™

Eccellenti Prestazioni e Qualità

1
Bassa generazione di calore

2
Elevata resistenza al grippaggio

3
Migliore stabilità dimensionale alle alte temperature

4
Minori vibrazioni alle alte velocità

Prestazioni elevate

Spinshot™ Versione XE di 2° 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 $d_m n$
  – resina PEEK guidata sull'anello esterno, oltre 2,5 milioni $d_m n$

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 $d_m n$

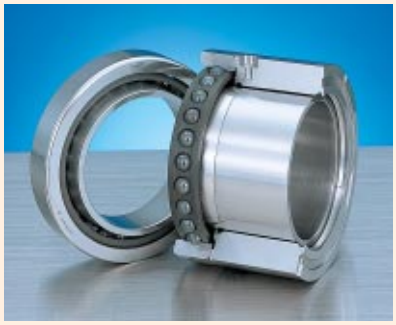
ROBUST™ Versione S

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

Caratteristiche della Versione XE



Ottime prestazioni alle alte velocità (con precarico rigido)

Limite di velocità con precarico fisso fino ad un massimo di 2.5 milioni $d_m n$ con raffreddamento (fino a 2.7 milioni $d_m n$ senza raffreddamento)

Silenziosità

Il funzionamento è da 3 a 5 dB più silenzioso rispetto alla lubrificazione aria-olio.

Tipo di applicazioni

Il funzionamento è regolare e senza vibrazioni sia per applicazioni ad asse verticale che orizzontale.

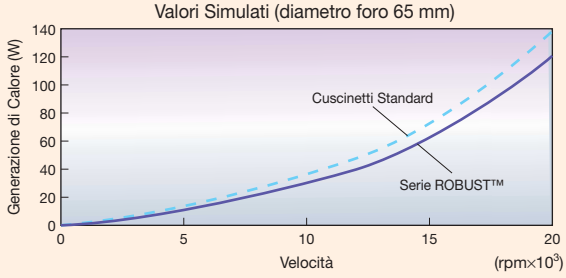
Dimensioni ISO

Il diametro interno ed esterno sono conformi alle norme ISO per garantire l'intercambiabilità con i cuscinetti standard.

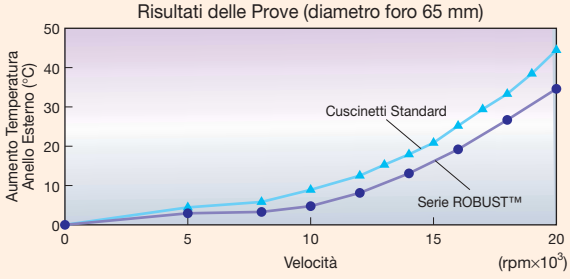
Simulazioni

NSK ha ottimizzato il design interno grazie a sofisticati software di analisi che tengono conto dello slittamento all'interno del cuscinetto e simulano l'incremento di temperatura. Riducendo la generazione di calore, i cuscinetti della serie ROBUST™ mantengono la stabilità durante il funzionamento alle alte velocità.

Generazione di Calore con Lubrificazione a Grasso
Valori Simulati (diametro foro 65 mm)

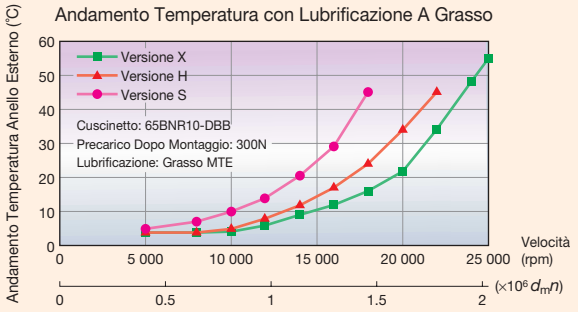


Aumento Temperatura Anello Esterno con Lubrificazione a Grasso
Risultati delle Prove (diametro foro 65 mm)

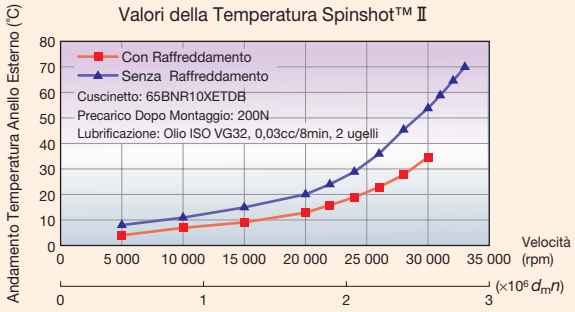


Valori sperimentali

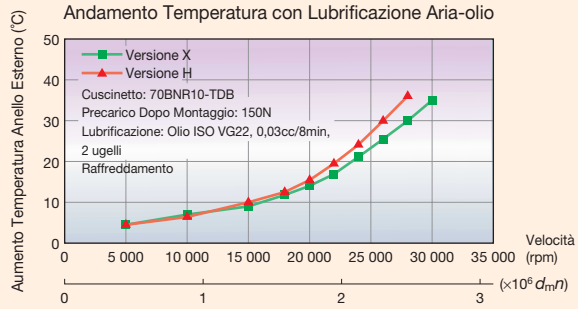
Andamento Temperatura con Lubrificazione A Grasso



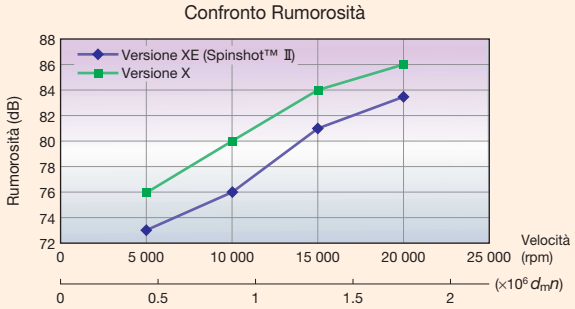
Valori della Temperatura Spinshot™ Ⅱ



Andamento Temperatura con Lubrificazione Aria-olio



Confronto Rumorosità



Serie ROBUST Serie Standard

Cuscinetti a Rulli Cilindrici ad Elevate Prestazioni

Progettati per offrire prestazioni elevate ed alta rigidezza alle alte velocità

Eccellenti Prestazioni e Qualità

1
Bassa generazione di calore

2
Elevata resistenza al grippaggio

3
Minori vibrazioni alle altissime velocità

Prestazioni elevate

ROBUST Versione RXH
Cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona per altissime velocità
Le migliori prestazioni con un'eccezionale resistenza al grippaggio nelle applicazioni ad altissima velocità
- Materiale degli anelli: acciaio SHX
- Rulli in ceramica
- Gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno

ROBUST™ Versione RX
Cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona per altissime velocità
Alte prestazioni con un'eccezionale resistenza al grippaggio e all'usura nelle applicazioni ad altissima velocità
- Materiale degli anelli: acciaio SHX
- Rulli in acciaio SHX
- Gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno

Versione ad elevata rigidezza
Cuscinetti a rulli cilindrici a doppia corona
Elevate prestazioni grazie all'innovativo polimero impiegato per la gabbia
- Materiale degli anelli e dei rulli: acciaio standard
- Gabbia in resina PPS guidata sui rulli o massiccia in ottone guidata sui rulli, in funzione dell'applicazione

ROBUST™ Versione RS
Cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona per altissime velocità
Progettati per ottimizzare il rapporto costi – prestazioni alle alte velocità
- Materiale degli anelli: e dei rulli: acciaio standard
- Gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno

Versione Standard
Cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona
Serie standard di cuscinetti con gabbia in ottone
- Materiale degli anelli e dei rulli: acciaio standard
- Gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli

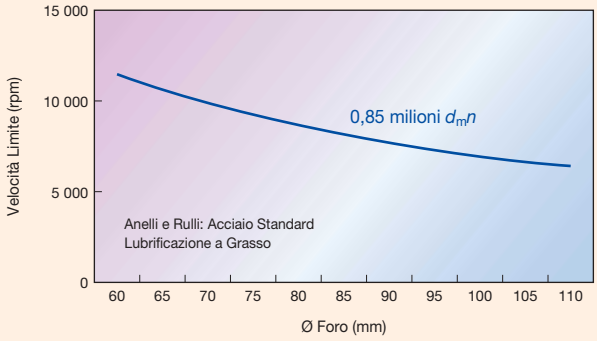
Alta velocità

Caratteristiche dei cuscinetti a rulli cilindrici a doppia corona ad elevata rigidezza

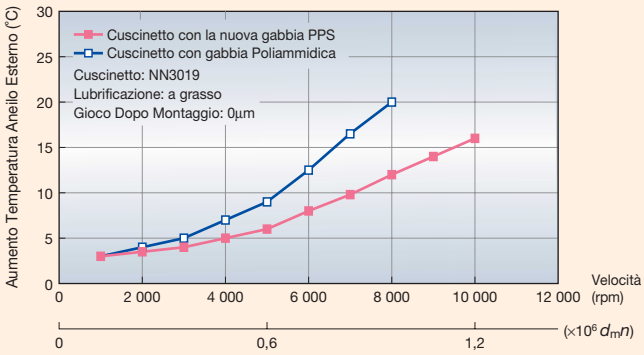
Maggiore durata

La gabbia in resina PPS è resistente al calore e conferisce elevata rigidezza. Comparata con la gabbia massiccia in ottone, questa gabbia riduce al minimo le particelle contaminanti, garantendo così una maggior durata del grasso.

Velocità Limite



Aumento della Temperatura con Lubrificazione a Grasso



Caratteristiche dei cuscinetti a rulli cilindrici ad una corona della serie ROBUST per altissime velocità

Bassa generazione di calore

Il design interno e l'innovativo materiale della gabbia contribuiscono a minimizzare lo sviluppo di calore.

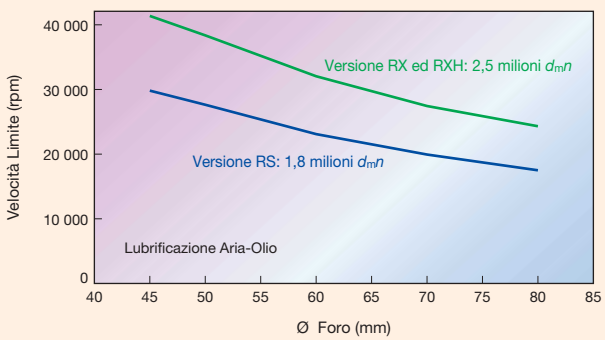
Resistenza al grippaggio

Le versioni RX ed RXH sono realizzate in acciaio SHX, che conferisce un'eccezionale resistenza al grippaggio.

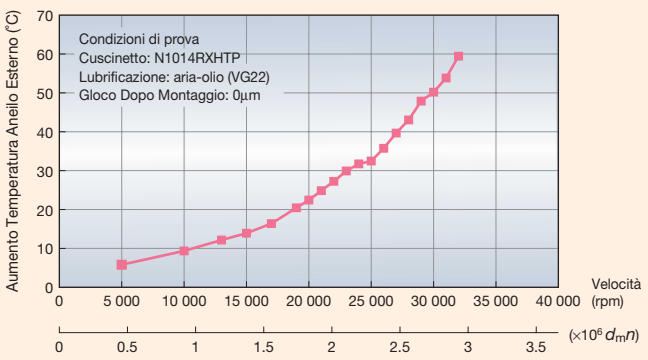
Funzionalità alle altissime velocità

Le versioni RS, RX ed RXH sono dotate di gabbie in resina PEEK resistente al calore per applicazioni ad altissima velocità (oltre 2,5 milioni $d_m n$).

Velocità Limite



Aumento della Temperatura con Lubrificazione Aria-Olio



Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alte Velocità

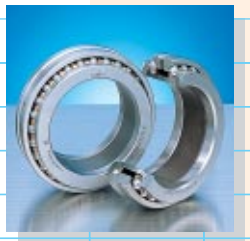
Cuscinetti ad alte prestazioni che garantiscono elevata rigidezza alle alte velocità – Serie ROBUST™

Eccellenti Prestazioni e Qualità

1
Funzionalità alle alte velocità

2
Basso sviluppo di calore

3
Elevata precisione



Cuscinetti assiali a doppia corona di sfere a contatto obliquo

Serie TAC

L'angolo di contatto di 60° garantisce maggiore rigidezza assiale rispetto alle altre serie.

Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per alte velocità

Serie BTR10

Angolo di contatto di 40° con elevata rigidezza assiale e bassa generazione di calore. Intercambiabile con la serie TAC e BAR.

Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per alte velocità

Serie BAR10

L'angolo di contatto di 30° consente di raggiungere velocità superiori rispetto alle altre serie. Intercambiabile con la serie TAC e BTR.

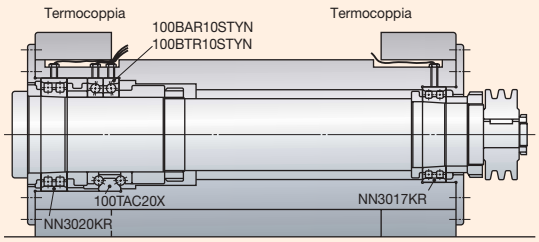
Caratteristiche dei cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo

Elevata precisione

Grazie all'elevata precisione di rotolamento, sono particolarmente indicati per le applicazioni nei mandrini per torni

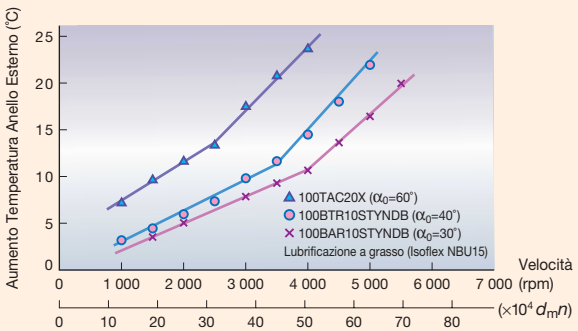
Intercambiabilità

Essendo le serie BTR e BAR dimensionalmente intercambiabili con la serie TAC, permettono di variare la rigidezza del mandrino introducendo semplicemente un distanziale sull'anello esterno (vedi figura di destra).

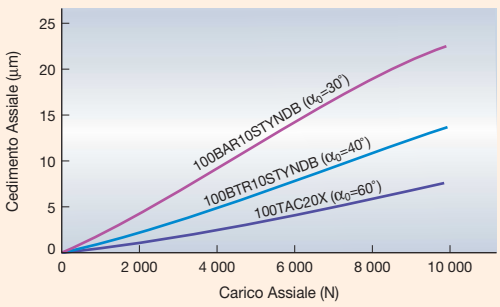


Configurazione Banco di Prova

Diagramma con Lubrificazione a grasso



Carico Assiale e Cedimento Assiale



Serie BGR

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Super Precisione

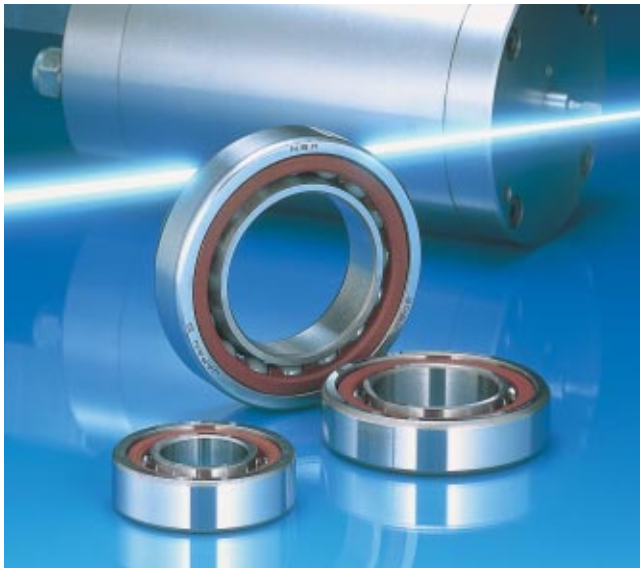
Cuscinetti per rettificatrici per interni ad altissima velocità, per elevata precisione e lunga durata – Serie BGR

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**

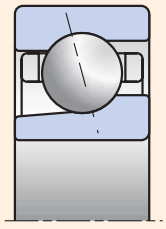
  Gli anelli non separabili rendono più facile il montaggio.

- **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

Serie TAC

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

(per applicazioni in macchine utensili)

Cuscinetti assiali ad elevate prestazioni ed elevata rigidezza – Serie TAC B

Eccellenti Prestazioni e Qualità

1
Maggiore Durata
2
Minor attrito
3
Facilità di montaggio
4
Elevata precisione

Caratteristiche dei cuscinetti per supporto di viti a ricircolazione di sfere

- **Maggiore durata**

  Componenti realizzati in acciaio a lunga durata EP (Extra Pure) che offre una durata 3 volte superiore.

- **Elevata rigidezza**

  Maggiore rigidezza grazie al disegno interno speciale (maggior numero di sfere ed angolo di contatto di 60°).

- **Minore attrito**

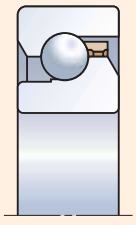
  Minore coppia di spunto rispetto ai cuscinetti a rulli conici e cilindrici. Ciò significa elevata precisione di rotazione anche a basse potenze.

- **Accoppiamento universale**

  I cuscinetti nascono in esecuzione universale e possono quindi essere accoppiati in qualsiasi configurazione richiesta dal cliente DB, DF, DT, etc. Sono disponibili anche nella versione pre-ingrassata.

- **Elevata precisione di rotazione**

  La nuova gabbia in poliammide è stata disegnata per un'elevata precisione di rotazione.



Sezione TAC B

Serie TAC

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

(per applicazioni in macchine per stampaggio a iniezione)

Questi cuscinetti assiali ad alte prestazioni possono semplificare il progetto delle macchine e ridurne i costi – Serie TAC 02, 03

Eccellenti Prestazioni e Qualità

1
Riduzione degli ingombri
2
Alta affidabilità
3
Facilità di montaggio
4
Minore coppia di rotolamento grazie al disegno ottimizzato

Caratteristiche dei cuscinetti per supporto di viti a ricircolazione di sfere in macchine per stampaggio a iniezione

- **Alta affidabilità**

  Il disegno interno speciale conferisce al cuscinetto una capacità di carico che garantisce una durata 5 volte superiore rispetto al corrispondente cuscinetto della Serie TAC B.

- **Facilità di montaggio**

  I cuscinetti non sono scomponibili, quindi offrono una maggiore facilità di montaggio rispetto ai cuscinetti a rulli conici o cuscinetti assiali scomponibili.

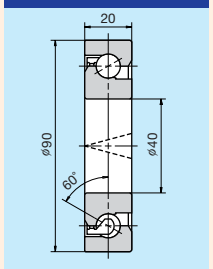
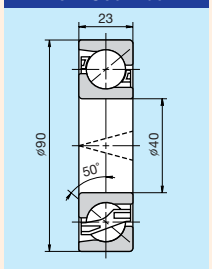
- **Un progetto semplificato riduce i costi della macchina**

  Il livello di precarico prestabilito viene realizzato direttamente in produzione. Ciò semplifica l'assemblaggio, eliminando la necessità di lavorazioni supplementari in fase di montaggio.

- **Minore coppia di rotolamento**

  Disegno interno ottimizzato per ridurre la coppia di rotolamento (ad esempio, se impiegati al posto di cuscinetti a rulli cilindrici, questi cuscinetti generano una coppia di attrito ridotta).

Sezione del cuscinetto per macchine utensili e per macchine per stampaggio a iniezione

Per macchine utensili 40TAC90B	Per macchine per stampaggio a iniezione 40TAC03AT85
	

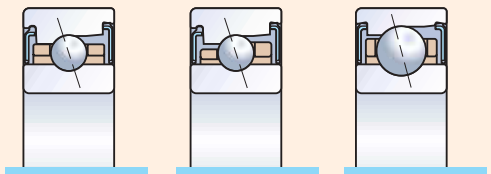
Serie Schermata

Cuscinetti a Contatto Obliquo Schermati

Utilizzabili anche per manutenzione di mandrini – Disponibili nella Serie ROBUST™ e Serie Standard

Caratteristiche dei cuscinetti a contatto obliquo schermati

- **Facilità di montaggio**
  Non è necessaria l'operazione di ingrassaggio prima del montaggio nel mandrino.
- **Rispetto per l'ambiente**
  I cuscinetti schermati contengono una quantità ottimale di grasso e non disperdono grasso durante il funzionamento, a tutto vantaggio della salvaguardia dell'ambiente.



Serie ROBUST™ con gabbia T | Serie ROBUST™ con gabbia TYN | Serie Standard con gabbia TR

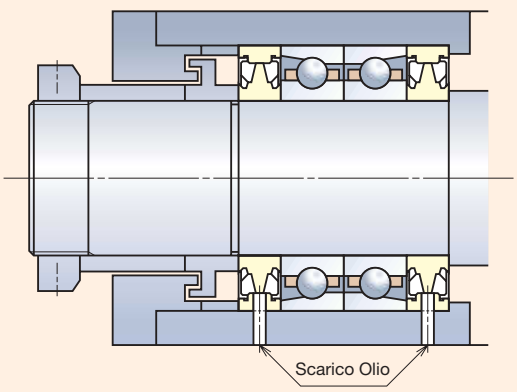
Altri Prodotti

Distanziali di Precisione Schermati

I distanziali di precisione schermati eliminano i rischi di contaminazione. Disponibili su richiesta per mandrini di macchine utensili

Caratteristiche dei distanziali di precisione schermati

- **Rispetto per l'ambiente**
  Riduzione della fuoriuscita di grasso a tutto vantaggio della salvaguardia ambientale.
- **Alta affidabilità**
  Riduzione della contaminazione da polveri e liquidi refrigeranti nei mandrini lubrificati a grasso.



Altri Prodotti

Grassi ad Elevate Prestazioni per Mandrini di Macchine Utensili

MTS, MTE, ENS

Caratteristiche dei grassi per mandrini di macchine utensili

MTS Contiene sapone di urea ed offre una maggiore resistenza al calore. Raccomandato per un utilizzo nei mandrini ad altissima velocità.

MTE Formulato per ottenere maggiore resistenza ai carichi. Raccomandato per un utilizzo nei mandrini ad alta velocità.

ENS Grasso biodegradabile e quindi non inquinante, a tutto vantaggio della salvaguardia ambientale.

MTS e MTE sono disponibili su richiesta in tubetti da 100 gr. o barattoli da 1 kg. ENS è disponibile in barattoli da 2,5 kg.

Caratteristiche dei grassi

Caratteristica	Condizione di prova	MTS	MTE	ENS	Metodo di prova
Addensante	—	urea	complesso al bario	urea	—
Olio di base	—	sintetico	estere	estere	—
Viscosità cinematica dell'olio di base (mm^2/s)	40°C	22	20	32	JIS K 2220 5.19
Penetrazione lavorata secondo NLGI	25°C, 60W	2–3	2	2	JIS K 2220 5.3
Punto di goccia (°C)	—	> 220	> 200	> 260	JIS K 2220 5.4
Evaporazione (% in massa)	99°Cx22H	0,3	0,4	0,4	JIS K 2220 5.6B
Separazione dell'olio (% in massa)	100°Cx24H	0,4	1,0	1,1	JIS K 2220 5.7

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

Capitolo 3

Selezione del Cuscinetto ····· 32

Configurazioni Tipiche di Mandrini ad Altissima Velocità ····· 34

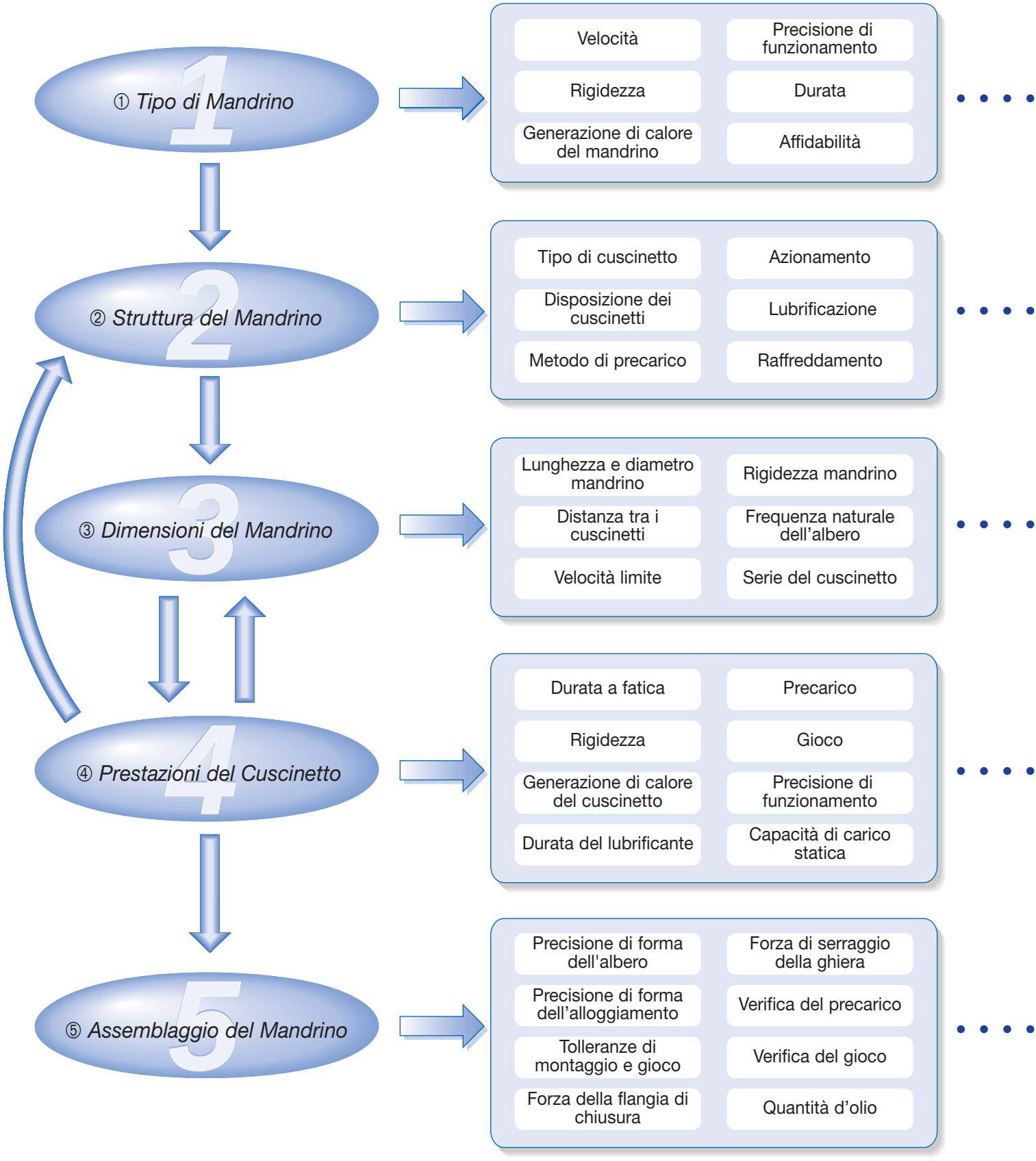
Altre Configurazioni di Mandrini ····· 36

Caratteristiche dei Cuscinetti a Contatto Obliquo ····· 38

Caratteristiche dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici ····· 40

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.



Il servizio tecnico NSK è sempre a Vostra disposizione per supportarvi nella progettazione di nuovi mandrini, mandrini per velocità molto elevate o mandrini per applicazioni speciali. NSK offre al cliente la propria esperienza e conoscenza in soluzioni all'avanguardia.

Quando si progetta un nuovo mandrino è importante analizzare nel dettaglio le caratteristiche richieste al mandrino stesso, prima ancora di selezionare i cuscinetti. Nella progettazione di un mandrino è necessario individuare quale, tra le sue diverse caratteristiche, è la più importante. Per esempio, va definito se la velocità massima di rotazione è più importante della rigidezza o viceversa. Una volta fissata la scala delle priorità, si procede al passo successivo.

Dopo l'analisi delle prestazioni richieste al mandrino, il passo successivo consiste nel determinarne la sua configurazione. Ogni singolo componente deve essere attentamente valutato: il tipo di cuscinetto (a sfere o a rulli cilindrici), il numero di cuscinetti e il loro accoppiamento, il tipo di motorizzazione (cinghia, ingranaggio, motorizzazione esterna o integrata), il sistema di lubrificazione (grasso, aria-olio, nebbia d'olio, getto d'olio). Bisogna poi sempre assicurarsi che la configurazione sia compatibile con le priorità definite nell'analisi delle prestazioni richieste al mandrino. Il diagramma alle pagine 34 e 35 mostra la relazione tra la configurazione del mandrino e le sue caratteristiche in termini di velocità e di rigidezza.

Vedi Capitolo 3

Una volta che la configurazione del mandrino è stata fissata, vanno determinate le dimensioni dell'albero, il diametro, la lunghezza e la distanza tra i cuscinetti. La dimensione dell'albero influenza la velocità massima raggiungibile dal cuscinetto, la rigidezza del mandrino e la sua frequenza naturale. Anche la dimensione, il tipo, la disposizione ed il metodo di lubrificazione dei cuscinetti limitano le prestazioni massime raggiungibili dal mandrino. Si consiglia quindi di consultare il Capitolo 4 e 5 prima di effettuare la scelta finale.

Vedi Capitolo 4 e Capitolo 5

Quando la dimensione ed il tipo di cuscinetti sono stati identificati, si procede alla definizione completa delle loro caratteristiche. Per definire il valore appropriato di gioco o precarico dei cuscinetti è necessario considerare alcuni fattori come la durata a fatica, la rigidezza assiale e radiale e la generazione di calore. Il gioco od il precarico vanno selezionati con estrema cura, in quanto essi hanno un notevole impatto sulle prestazioni del mandrino, particolarmente durante il funzionamento ad altissime velocità. Se il precarico selezionato non fosse idoneo, potrebbero manifestarsi danneggiamenti o fenomeni di prematura usura dei cuscinetti.
Alcune volte è necessario ripetere il passo 3, o addirittura il passo 2 ed il passo 3, prima di ottenere il disegno ottimale del mandrino.

Vedi Capitolo 5

Dopo aver definito le specifiche principali del mandrino, non rimane che definirne la procedura di montaggio. L'accuratezza dell'albero e dell'alloggiamento dei cuscinetti sono molto importanti. L'interferenza dei cuscinetti con l'albero e con la sede deve essere selezionata con estrema cura. Va poi fissata la corretta coppia di serraggio della ghiera di chiusura dei cuscinetti. A questo punto non resta che verificare per maggiore sicurezza che il gioco o il precarico dei cuscinetti dopo il montaggio sia conforme a quanto previsto.

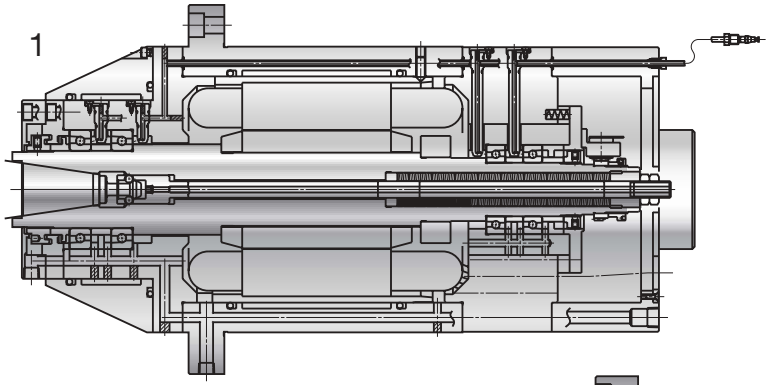
Vedi Capitolo 6

CONFIGURAZIONI TIPICHE DEI MANDRINI AD ALTA V

(Velocità superiori a 0,7 Milioni $d_m n$)

velocità di rotazione ($d_m n$)

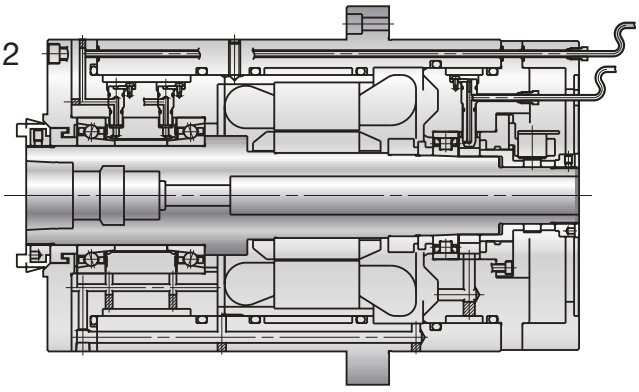
1



Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 3.5M

Lubrificazione a grasso $d_m n$ 2.0M

2



Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 2.5M

Lubrificazione a grasso $d_m n$ 1.5M

Configurazione 3

Naso mandrino: quaterna di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità con disposizione dorso a dorso (DBB). E' possibile adottare sia il precarico di tipo rigido che il precarico di tipo costante.

Coda mandrino: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissime velocità.

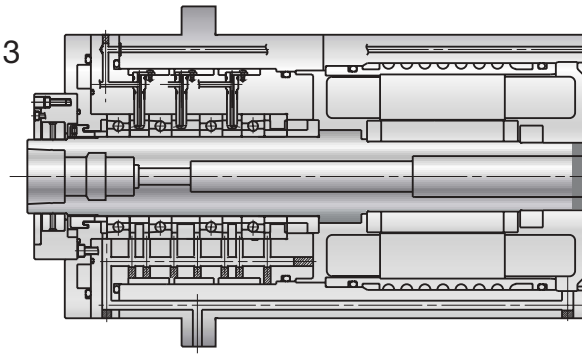
Mandrini così configurati raggiungono velocità di rotazione inferiori a quelle della configurazione 2, ma hanno valori di rigidezza radiale ed assiale superiori.

Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 2.2M

Lubrificazione a grasso $d_m n$ 1.3M

Applicazioni: Torni CN, Fresatrici CN, Centri di lavoro, etc.

3



Configurazione 5

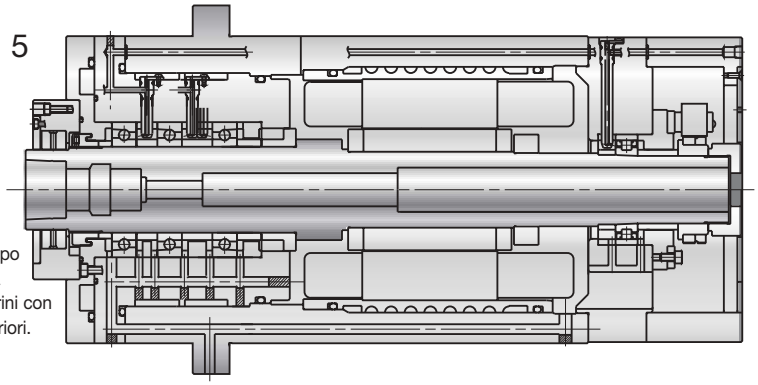
Naso mandrino: terna di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità con disposizione (DBD). E' possibile adottare sia il precarico di tipo rigido che il precarico di tipo costante.

Coda mandrino: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissime velocità.

Al confronto con mandrini con una configurazione di tipo 2, questo tipo di mandrini raggiungono velocità di rotazione inferiori ma offrono una rigidezza radiale ed assiale superiore. Inoltre, al confronto con mandrini con una configurazione di tipo 3 e 4, essi offrono velocità e rigidezze inferiori.

Applicazioni: Torni CN, Fresatrici CN, Centri di lavoro, etc.

5



Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 1.8M

Lubrificazione a grasso $d_m n$ 1.2M

rigidezza del mandrino

Configurazione 1

Naso mandrino: coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità, con disposizione in tandem (DT)
Coda mandrino: coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità, con disposizione in tandem (DT)

Mandrini così configurati sono ideali per applicazioni ad altissima velocità e normalmente impiegano sistemi di precarico costante. Questa configurazione di mandrino non offre una rigidezza molto elevata ma, se paragonato ad un mandrino con precarico di tipo rigido, consente di ottenere altissime velocità di rotazione e bassa generazione di calore.

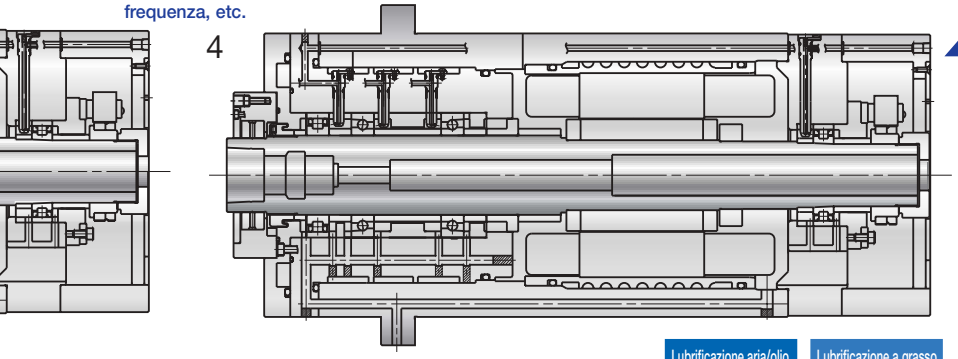
Applicazioni: Centri di lavoro, Rettifiche, Elettromandrini ad alta frequenza, etc.

Configurazione 2

Naso mandrino: coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità con disposizione dorso a dorso (DB). E' possibile adottare sia il precarico di tipo rigido che il precarico di tipo costante.
Coda mandrino: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissime velocità.

Mandrini così configurati sono ideali per applicazioni ad altissima velocità e normalmente impiegano sistemi di precarico rigido. Questa configurazione di mandrino offre una rigidezza radiale ed assiale superiore rispetto alla configurazione 1. L’impiego di un cuscinetto a rulli cilindrici in coda permette di avere un supporto scorrevole, semplificando quindi la struttura del mandrino.

Applicazioni: Centri di lavoro, Rettifiche, Elettromandrini ad alta frequenza, etc.



Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 2.2M

Lubrificazione a grasso $d_m n$ 1.3M

Configurazione 4

Naso mandrino: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissime velocità e coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo con disposizione dorso a dorso (DB). Per la coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo, è possibile adottare sia il precarico di tipo rigido che il precarico di tipo costante.
Coda mandrino: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissime velocità.

Mandrini così configurati raggiungono velocità di rotazione simili alla configurazione 3. La presenza però di un cuscinetto a rulli cilindrici sul naso mandrino, permette di avere alte velocità di rotazione ed al tempo stesso pesanti asportazioni.

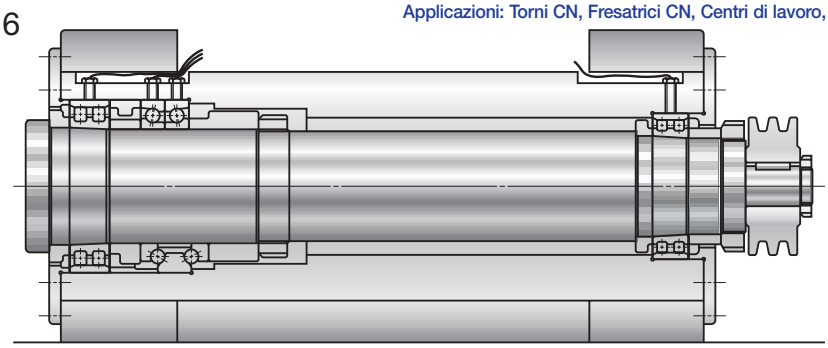
Applicazioni: Torni CN, Fresatrici CN, Centri di lavoro, etc.

Configurazione 6

Naso mandrino: cuscinetto a due corone di rulli cilindrici ad elevata rigidezza, coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo in disposizione dorso a dorso (DB).
Coda mandrino: cuscinetto a due corone di rulli cilindrici ad elevata rigidezza

Le velocità di rotazione ammissibili per questo tipo di configurazione non sono elevate, tuttavia essi offrono le più elevate rigidezze radiali ed assiali.

Applicazioni: Torni CN, Fresatrici CN, Centri di lavoro, etc.

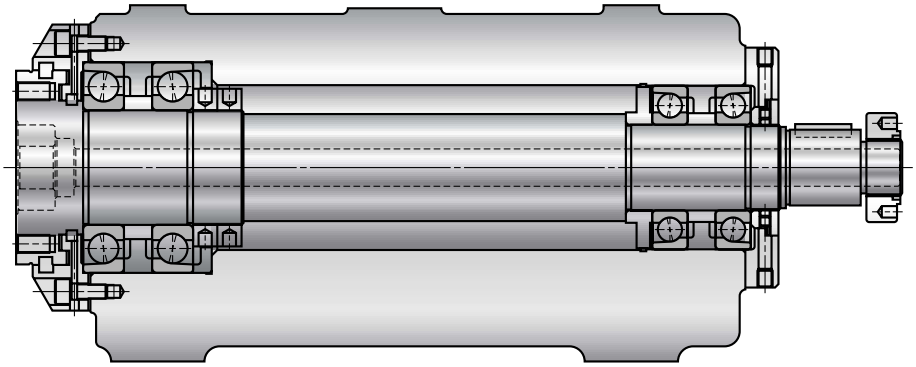


Lubrificazione aria/olio $d_m n$ 1.0M

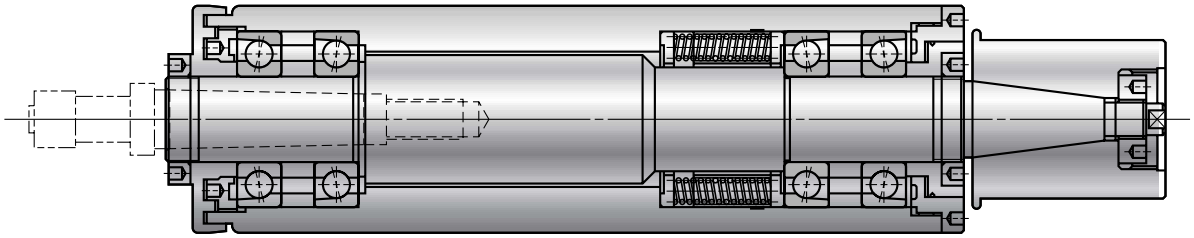
Lubrificazione a grasso $d_m n$ 0.8M

ALTRE CONFIGURAZIONI TIPICHE DI MANDRINI

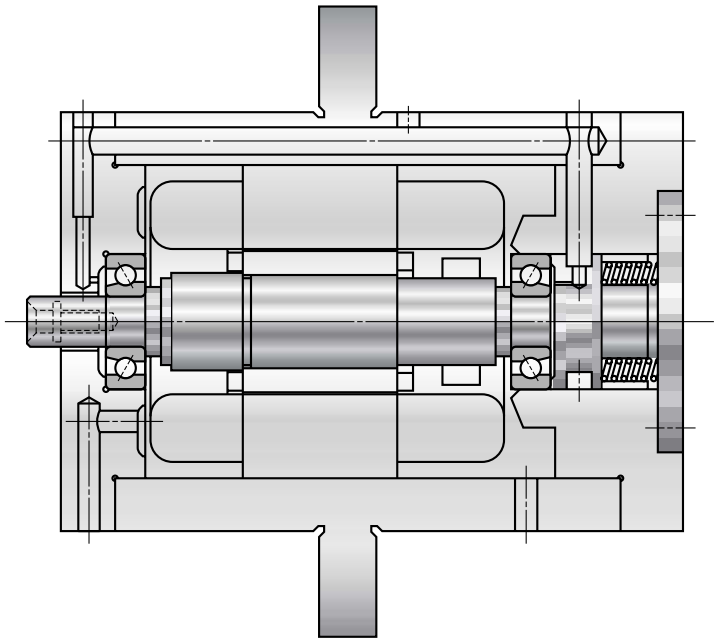
Testa Foratrice



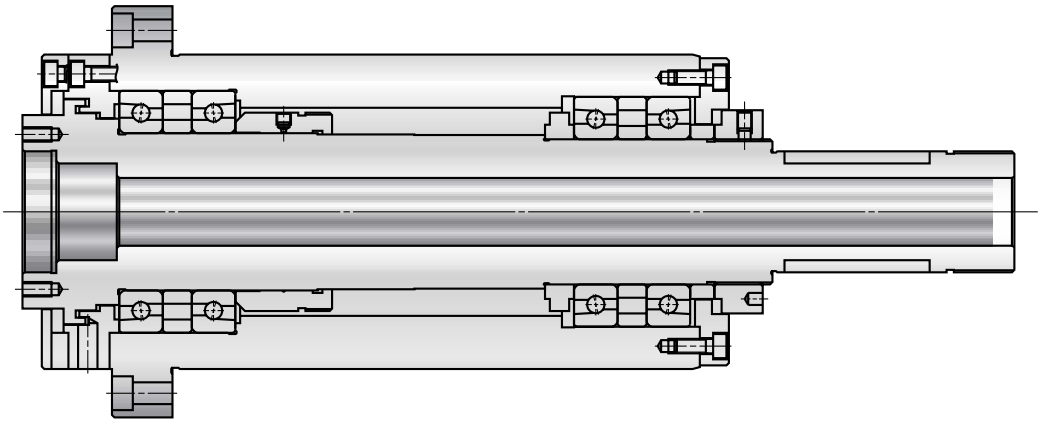
Mandrino per Rettifica



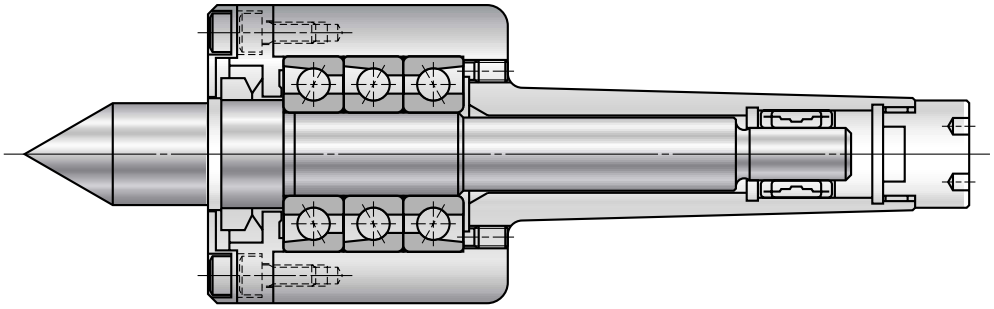
Elettromandrino ad Alt



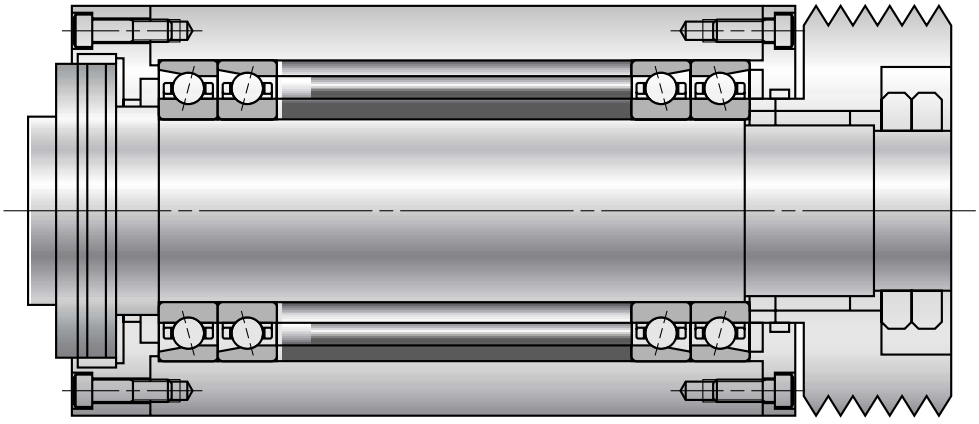
Mandrino per Tornio di Alta Precisione



Contropunta



Unita' Mandrino di Lav



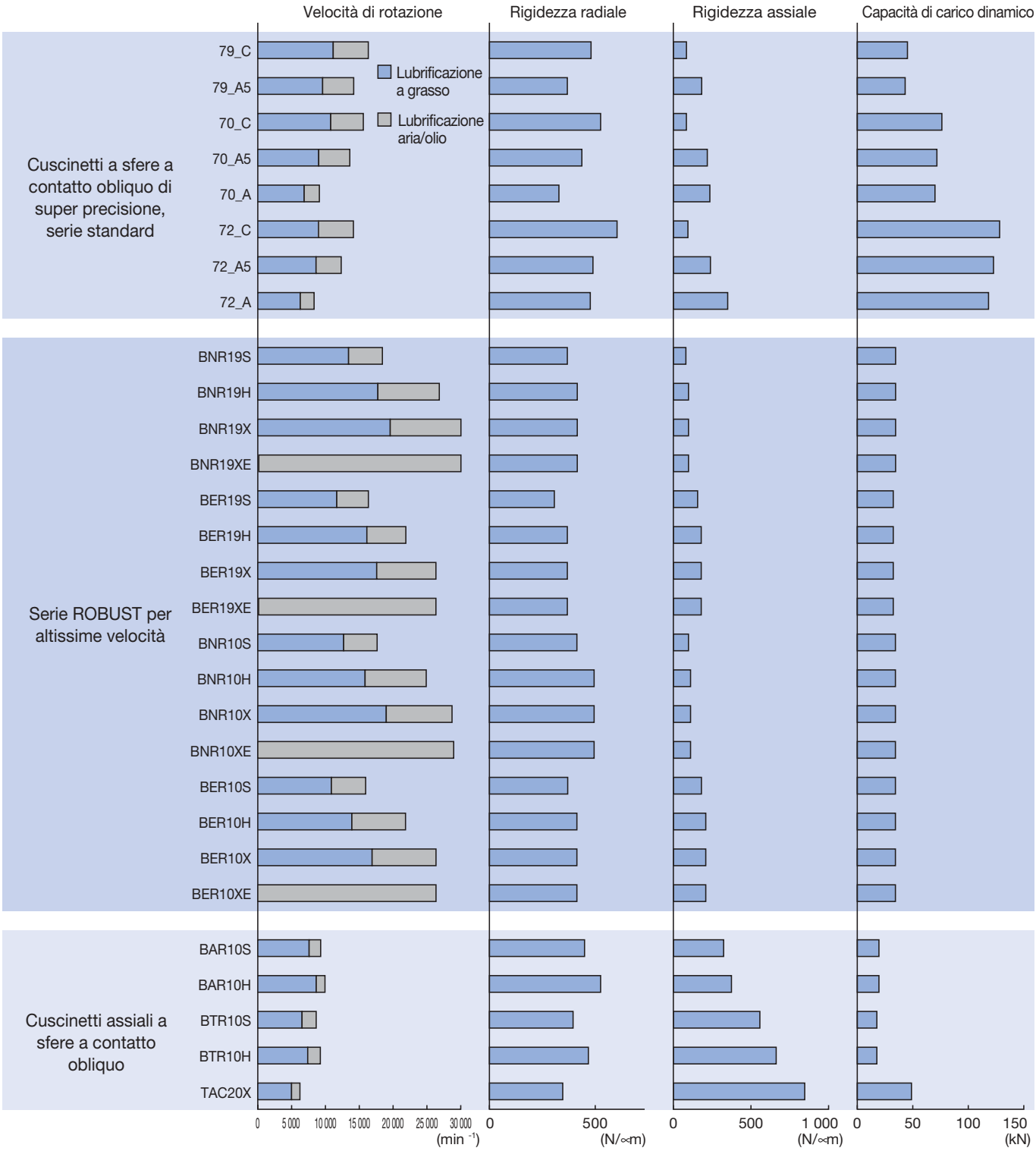
CARATTERISTICHE DEI CUSCINETTI A SFERE A CONTA

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.

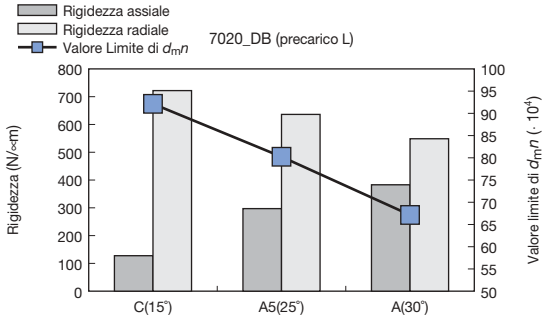
Il grafico seguente mostra le diverse prestazioni di ogni tipo di cuscinetto al variare dell'angolo di contatto, mantenendo costanti le dimensioni dell'albero, il precarico e la disposizione.

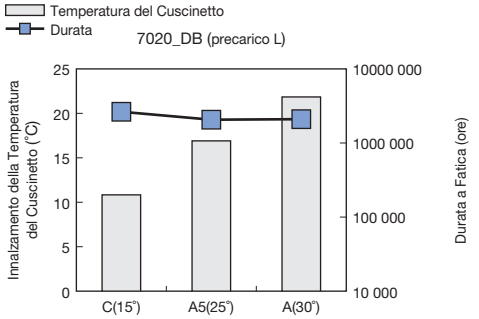
Confronto tra le caratteristiche dei diversi tipi di cuscinetti a sfere a contatto obliquo (albero 70 mm, disposizione DB, precarico L)



Effetti Dovuti all'Angolo di Contatto

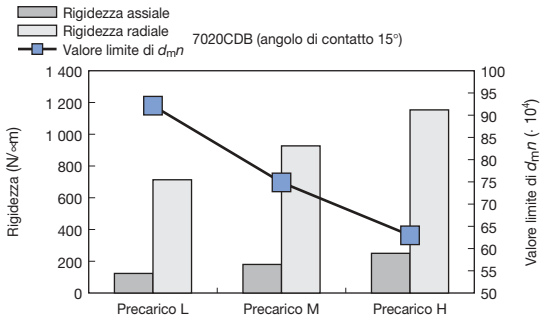
All'aumentare dell'angolo di contatto, nei cuscinetti a sfere a contatto obliquo aumenta la capacità di carico assiale, ma diminuisce la velocità massima ammissibile. Pertanto, nelle applicazioni dove è richiesta un'elevata velocità di rotazione ed un'elevata capacità di carico radiale, è preferibile 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.

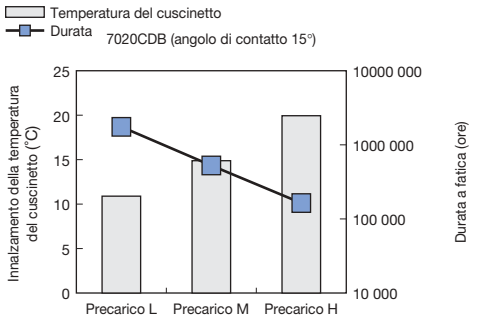




Effetti Dovuti al Precarico

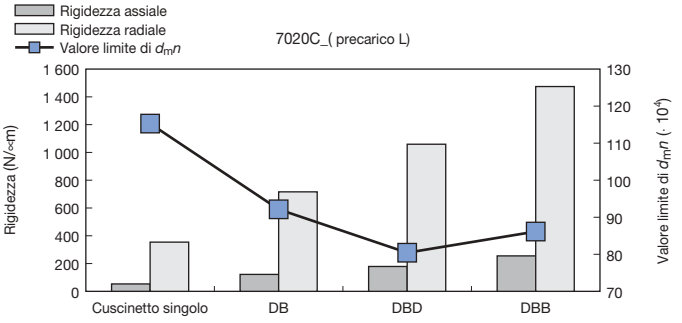
Il precarico influenza le prestazioni dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo così come l'angolo di contatto. All'aumentare del precarico aumenta la rigidezza, a discapito della velocità massima raggiungibile. NSK ha definito dei valori di precarico standard. Essi sono: Extra Leggero (EL), Leggero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

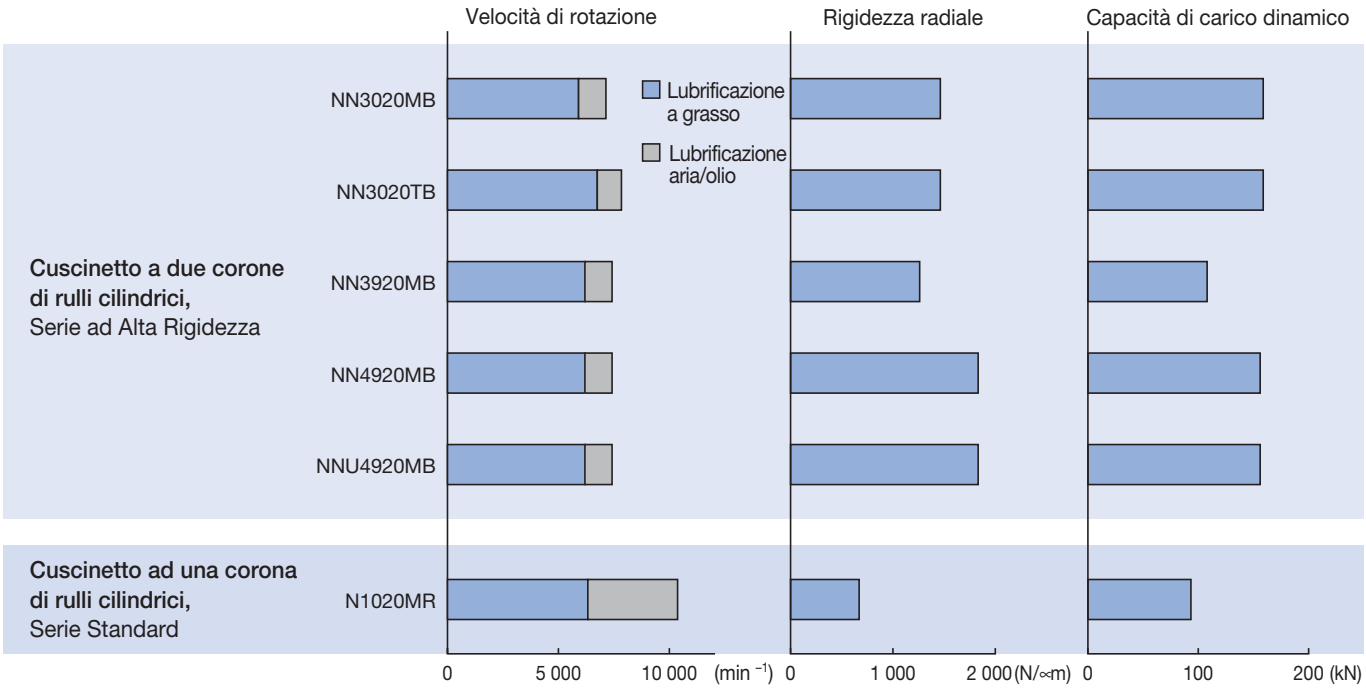


CARATTERISTICHE DEI CUSCINETTI A RULLI CILIND

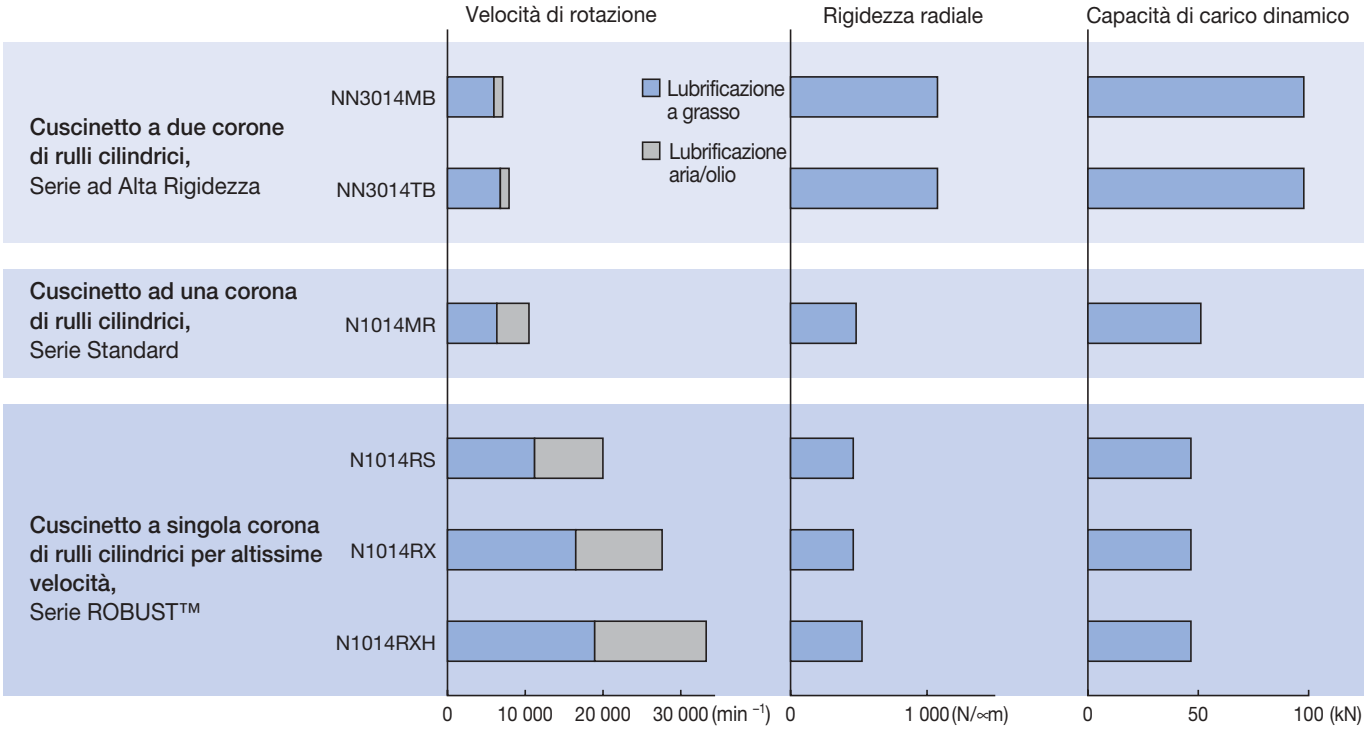
A differenza dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo che supportano sia carichi radiali che assiali, i cuscinetti a rulli cilindrici supportano solo carichi radiali. Chiaramente la capacità di carico dei rulli cilindrici è maggiore rispetto ai cuscinetti a sfere a contatto obliquo. In relazione al tipo di applicazione sono normalmente impiegati cuscinetti a due corone di rulli cilindrici (tipo NN o NNU) o cuscinetti ad una corona di rulli (tipo N).

Normalmente, i cuscinetti a due corone di rulli cilindrici vengono impiegati in applicazioni ad elevata rigidezza come torni, mentre l'esecuzione ad una corona di rulli viene impiegata nei centri di lavoro ad alta velocità. I grafici di seguito riportati mostrano le caratteristiche dei vari tipi di cuscinetti a rulli cilindrici.

Confronto tra le caratteristiche dei vari tipi di cuscinetti a rulli cilindrici (diametro foro 100 mm)



Confronto tra le caratteristiche dei vari tipi di cuscinetti a rulli cilindrici (diametro foro 70 mm)



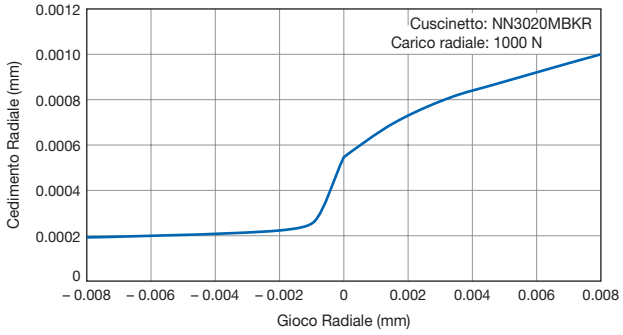
Effetti Dovuti al Gioco Radiale

Quando si impiegano i cuscinetti a rulli cilindrici, è importante controllarne il gioco radiale perché esso ha un notevole impatto sulle prestazioni del cuscinetto.

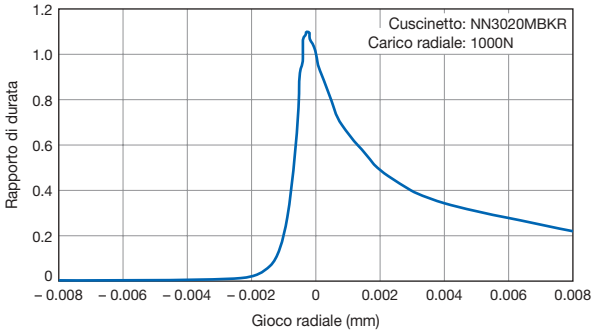
Infatti all'aumentare del gioco radiale, diminuisce la rigidezza e si riduce la durata del cuscinetto. Inoltre, all'aumentare del gioco radiale anche la generazione di calore diminuisce. Tuttavia, come mostrato nei grafici sottostanti, se il precarico cresce oltre –0,003 mm, si ottiene solo un lieve miglioramento della rigidezza ma la durata a fatica diminuisce molto velocemente.

Ciò evidenzia che la registrazione ottimale del gioco per ottenere alta rigidezza e lunga durata è compresa tra gioco zero ed un leggero precarico. Per applicazioni ad altissima velocità, è necessario verificare con precisione quale sarà il gioco effettivo durante il funzionamento. Adattare il gioco radiale dopo montaggio ad un valore ottimale permetterà di compensare gli effetti dovuti all'impiego del cuscinetto ad altissime velocità.

Rigidezza del Cuscinetto

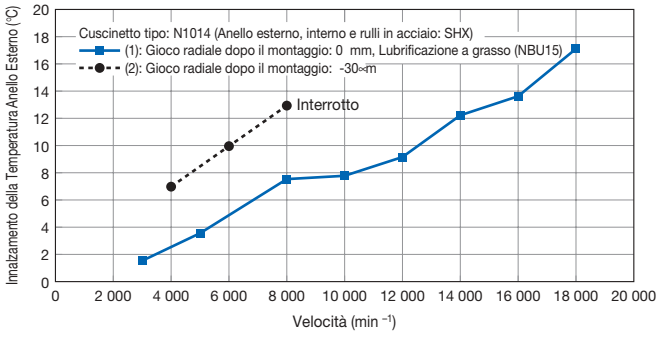


Rapporto tra le Durate



Relazione tra Gioco Radiale ed Innalzamento della Temperatura

Il grafico a destra mostra il risultato di un test condotto per verificare l'innalzamento della temperatura in un cuscinetto a rulli cilindrici.
Gioco Radiale dopo il montaggio
Cuscinetto (1): 0 µm
Cuscinetto (2): -30 µm
L'innalzamento della temperatura per il cuscinetto (2) è notevolmente superiore ed il limite di velocità massima raggiungibile risulta inferiore rispetto al cuscinetto (1). Ciò dimostra in modo chiaro quanto sia importante un accurato controllo del gioco radiale del cuscinetto.



I cuscinetti a rulli cilindrici con foro conico vengono spesso utilizzati perché con essi è possibile registrare più facilmente il gioco radiale durante le fasi di assemblaggio del mandrino. Per i cuscinetti a rulli cilindrici con foro conico (con anelli non intercambiabili), i valori di gioco radiale prima del montaggio maggiormente diffusi sono CC9, CC0 e CC1. Le specifiche tecniche di tali classi di gioco sono descritte di seguito.

Gioco CC0 (valore raccomandato da NSK)

Valore di gioco radiale inferiore a CC1. Questo valore si sovrappone per il suo limite superiore con il gioco CC9 e per il suo limite inferiore con il gioco CC1. Questo gioco facilita la registrazione da parte del cliente, ed è perciò il gioco raccomandato da NSK per i cuscinetti a rulli cilindrici con foro conico.

● Gioco CC1

L'ampiezza del gioco è superiore al valore CC0. Non è un valore standard, ma è molto diffuso nel settore. Molta cura va posta quando l'ampiezza del gioco è prossima al valore massimo. In tale condizione, per ridurre il gioco si rischia durante il montaggio di generare una notevole espansione dell'anello interno, che in alcuni casi può causare la deformazione del cuscinetto o dell'albero stesso, in particolar modo quando esso presenta una sezione sottile.

● Gioco CC9

L'ampiezza del gioco è inferiore al valore CC0. Questo valore può aiutare a prevenire potenziali deformazioni dell'anello interno o dell'albero come descritto nel caso di CC0. Tuttavia, poiché l'ampiezza del gioco radiale è spostata verso il suo valore minimo, ne deriva un'interferenza di montaggio sull'albero più ridotta. Nelle applicazioni ad alta velocità, ciò può causare la rotazione dell'anello interno sull'albero, con conseguente danneggiamento di entrambe le parti.

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Alta Precisione (Serie Standard). 44-56

- Caratteristiche
- Sistema di designazione
- Tabelle dimensionali
  - Serie Miniatura
  - Serie 79
  - Serie 70
  - Serie 72

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo per Altissime Velocità (Serie ROBUST™). . . 58-69

- Caratteristiche
- Sistema di designazione
- Tabelle dimensionali
  - Serie BNR19, BER19
  - Serie BNR10, BER10
  - Serie BNR19XE, BER19XE (Spinshot™ Ⅱ)
  - Serie BNR10XE, BER10XE (Spinshot™ Ⅱ)

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Altissima Precisione (Serie BGR) 70-74

- Caratteristiche
- Sistema di designazione
- Tabelle dimensionali
  - Serie BGR19
  - Serie BGR10
  - Serie BGR02

a Contatto Obliquo

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Caratteristiche

I cuscinetti a contatto obliquo ad una corona di sfere hanno un angolo di contatto compreso tra l'asse verticale e l'asse che unisce i punti contatto tra sfere e piste di rotolamento. L'angolo di contatto permette al cuscinetto di sopportare carichi radiali, carichi assiali in una direzione ed anche carichi combinati. Poiché un carico radiale applicato genera una forza assiale nel cuscinetto, questi cuscinetti normalmente sono utilizzati in coppie, terne, quaterne oppure in set multipli.

Angolo di Contatto

Fig. 1.2

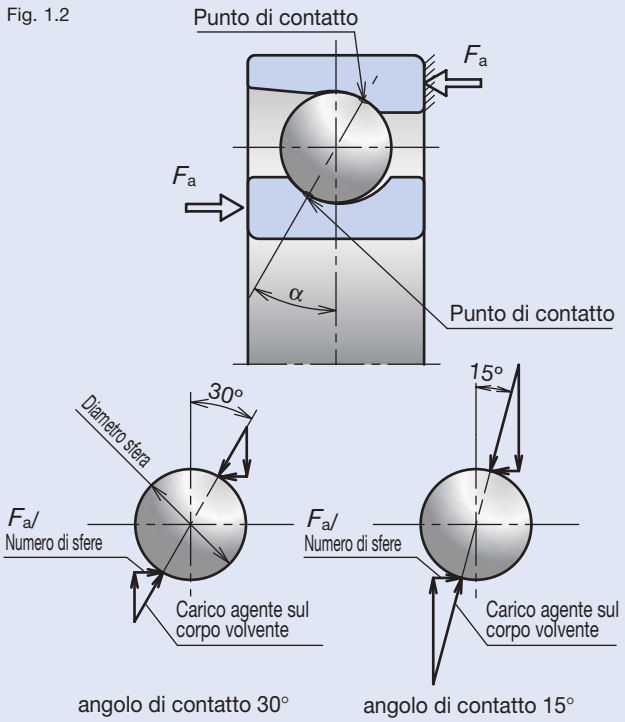
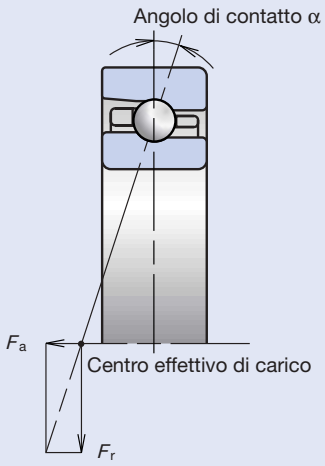


Fig. 1.1



Quando un carico è applicato ad un cuscinetto a sfere a contatto obliquo, la deformazione elastica e lo stress nel punto di contatto cambiano al variare delle condizioni di carico delle sfere, dell'anello interno e dell'anello esterno.

Nella figura 1.2 sono illustrati i carichi che agiscono sui corpi volventi nel caso di angolo di contatto 30° e 15°. La relazione tra il carico assiale applicato al cuscinetto ed il carico risultante che agisce sul corpo volvente può essere così espressa:

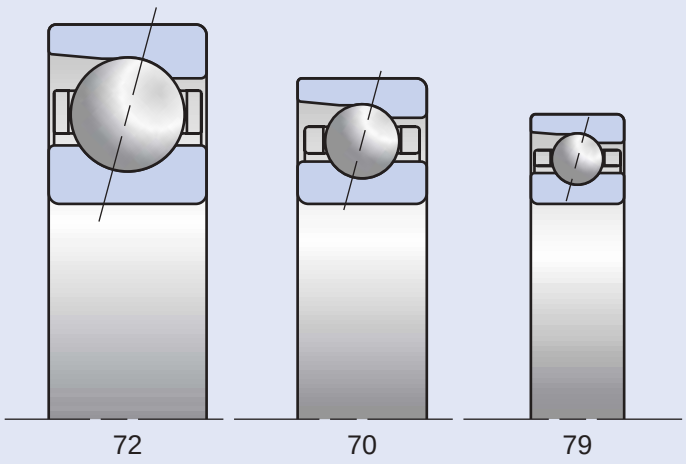
Carico agente sul corpo volvente = Fa/(Numero di sfere x sen α).

Quindi, nel caso di carico assiale, maggiore è l'angolo di contatto minore è il carico che agisce sull'elemento volvente. Il carico nel punto di contatto e la conseguente deformazione si riducono a favore di un aumento della durata. Analogamente, quando è applicato un carico radiale, minore è l'angolo di contatto, minore è il carico agente sull'elemento volvente, con conseguente riduzione del carico nel punto di contatto ed aumento della durata.

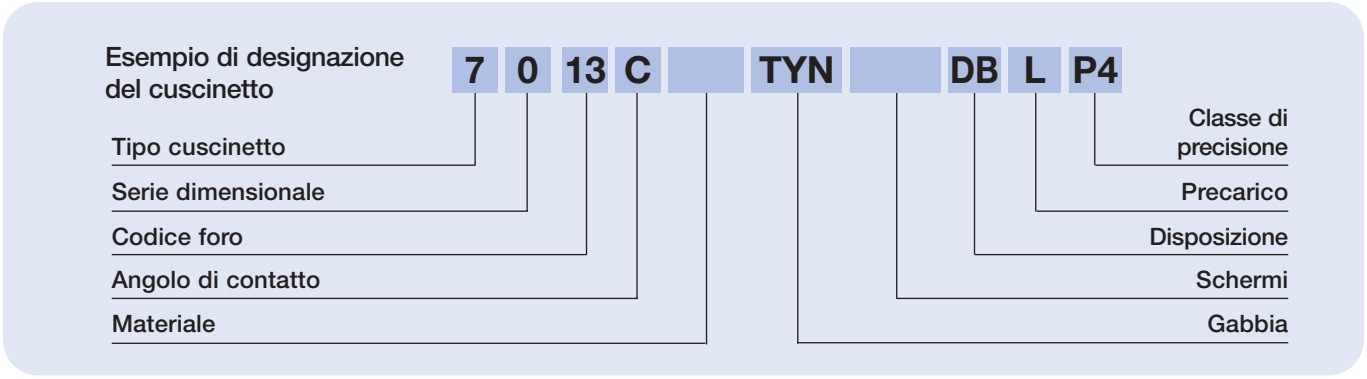
(Consultare alle pagine 38 e 39 il paragrafo relativo agli effetti dell'angolo di contatto.)

Serie Dimensionali

Fig. 1.3



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 01: 12mm 02: 15mm 03: 17mm 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 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 DB: coppia dorso-dorso; DF: coppia faccia a faccia; DT: coppia in tandem 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 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 P3: classe speciale (precisione dimensionale: classe ISO 4; precisione di rotazione: classe ISO 2) 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.

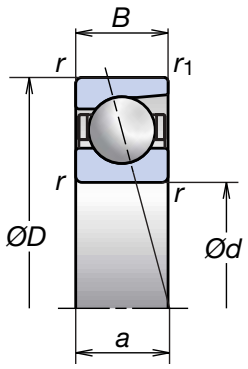
(2) I cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati sono disponibili come standard nella versione singolo universale (SU) e classe di precisione P3.
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati delle serie 79 e 70: disponibili nella gamma ø foro 30-100mm.

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 α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

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

Serie 79

Diametro foro 10-55 mm

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 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
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.

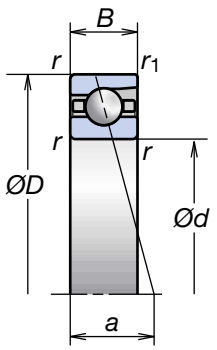
Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

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

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



Serie 79

Diametro foro 60-280 mm

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
7912C	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6	19,4	18,7	11,5	16,5	16,2	0,195	15 900	24 200
7912A5	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6	18,3	17,7	13,0	–	23,4	0,198	13 800	20 700
7913C	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6	20,2	20,5	12,5	16,7	16,9	0,208	14 900	22 600
7913A5	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6	19,1	19,4	14,2	–	24,6	0,211	13 000	19 400
7914C	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6	28,1	27,8	17,3	16,4	19,4	0,338	13 600	20 600
7914A5	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6	26,5	26,3	20,3	–	27,8	0,341	11 800	17 700
7915C	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6	28,6	29,3	18,0	16,6	20,1	0,358	12 800	19 500
7915A5	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6	26,9	27,7	21,2	–	29,0	0,355	11 200	16 700
7916C	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6	29,0	30,5	18,7	16,7	20,7	0,377	12 200	18 500
7916A5	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6	27,3	29,0	22,1	–	30,2	0,381	10 600	15 800
7917C	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6	39,0	40,5	25,9	16,5	22,7	0,534	11 300	17 100
7917A5	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6	36,5	38,5	30,0	–	32,9	0,541	9 800	14 700
7918C	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6	41,5	46,0	29,1	16,6	23,4	0,568	10 700	16 300
7918A5	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6	39,5	43,5	33,5	–	34,1	0,560	9 400	14 000
7919C	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6	42,5	48,0	30,0	16,7	24,1	0,597	10 300	15 600
7919A5	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6	40,0	45,5	35,0	–	35,2	0,603	8 900	13 400
7920C	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6	50,0	54,0	33,0	16,5	26,1	0,800	9 600	14 600
7920A5	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6	47,5	51,5	39,5	–	38,0	0,808	8 400	12 500
7921C	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6	51,0	57,0	34,5	16,6	26,7	0,831	9 200	14 000
7921A5	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6	48,0	54,0	41,0	–	39,2	0,820	8 000	12 000
7922C	**110**	**150**	**20**	1,1	0,6	52,0	59,5	35,5	16,7	27,4	0,867	8 900	13 500
7922A5	**110**	**150**	**20**	1,1	0,6	49,0	56,0	43,0	–	40,3	0,877	7 700	11 600
7924C	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6	72,0	81,0	50,5	16,5	30,1	1,160	8 100	12 300
7924A5	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6	67,5	77,0	59,5	–	44,2	1,150	7 100	10 600

(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 α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

Per cuscinetto con sfere in ceramica, moltiplicare per 1,25 il valore della velocità limite con sfere in acciaio indicato in tabella.

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

Serie 79 (seguito)

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
7926C	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0	78,5	91,0	55,0	16,5	32,8	1,500	7 500	11 300
7926A5	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0	74,0	86,0	63,5	–	48,1	1,540	6 500	9 700
7928C	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0	79,5	95,5	58,0	16,7	34,1	1,630	7 000	10 700
7928A5	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0	75,0	90,0	68,0	–	50,5	1,630	6 100	9 100
7930C	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0	102,0	122,0	74,0	16,6	38,1	2,960	6 400	9 800
7930A5	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0	96,5	115,0	84,5	–	56,0	2,970	5 600	8 400
7932C	**160**	**220**	**28**	2,0	1,0	106,0	133,0	80,0	16,7	39,4	3,100	6 100	9 300
7932A5	**160**	**220**	**28**	2,0	1,0	100,0	125,0	93,5	–	58,3	3,120	5 300	7 900
7934C	**170**	**230**	**28**	2,0	1,0	113,0	148,0	88,5	16,8	40,8	3,360	5 800	8 800
7934A5	**170**	**230**	**28**	2,0	1,0	106,0	140,0	103,0	–	60,6	3,360	5 000	7 500
7936C	**180**	**250**	**33**	2,0	1,0	145,0	184,0	111,0	16,6	45,3	4,900	5 400	8 200
7936A5	**180**	**250**	**33**	2,0	1,0	137,0	174,0	127,0	–	66,6	4,940	4 700	7 000
7938C	**190**	**260**	**33**	2,0	1,0	147,0	192,0	115,0	16,7	46,6	4,980	5 200	7 800
7938A5	**190**	**260**	**33**	2,0	1,0	139,0	182,0	131,0	–	69,0	5,120	4 500	6 700
7940C	**200**	**280**	**38**	2,1	1,1	189,0	244,0	144,0	16,5	51,2	6,850	4 800	7 300
7940A5	**200**	**280**	**38**	2,1	1,1	178,0	231,0	169,0	–	75,0	6,920	4 200	6 300
7944C	**220**	**300**	**38**	2,1	1,1	190,0	256,0	235,0	16,7	53,8	6,665	4 500	6 800
7944A5	**220**	**300**	**38**	2,1	1,1	179,0	242,0	174,0	–	79,6	6,665	3 900	5 800
7948C	**240**	**320**	**38**	2,1	1,1	200,0	286,0	260,0	16,8	56,5	7,224	4 200	6 300
7948A5	**240**	**320**	**38**	2,1	1,1	189,0	270,0	193,0	–	84,3	7,224	3 600	5 400
7952C	**260**	**360**	**46**	2,1	1,1	256,0	365,0	340,0	16,6	64,5	11,936	3 800	5 700
7952A5	**260**	**360**	**46**	2,1	1,1	241,0	345,0	252,0	–	95,3	11,936	3 300	4 900
7956C	**280**	**380**	**46**	2,1	1,1	272,0	410,0	380,0	16,7	67,2	12,853	3 500	5 400
7956A5	**280**	**380**	**46**	2,1	1,1	256,0	390,0	283,0	–	99,9	12,853	3 100	4 600

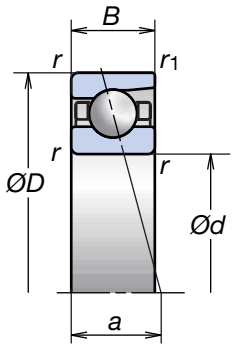
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

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

Note: Codice cuscinetto con suffisso "C": angolo di contatto nominale α=15°
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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



Serie 70

Diametro foro 10-75 mm

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
7000C	**10**	**26**	**8**	0,3	0,15	5,30	2,49	2,16	12,6	6,4	0,019	63 900	97 300
7000A5	**10**	**26**	**8**	0,3	0,15	5,15	2,41	2,48	–	8,2	0,019	55 600	83 400
7000A	**10**	**26**	**8**	0,3	0,15	5,00	2,34	1,91	–	9,2	0,019	41 700	55 600
7001C	**12**	**28**	**8**	0,3	0,15	5,80	2,90	2,40	13,2	6,7	0,021	57 500	87 500
7001A5	**12**	**28**	**8**	0,3	0,15	5,60	2,79	2,82	–	8,7	0,021	50 000	75 000
7001A	**12**	**28**	**8**	0,3	0,15	5,40	2,71	2,13	–	9,8	0,021	37 500	50 000
7002C	**15**	**32**	**9**	0,3	0,15	6,25	3,40	2,63	14,1	7,6	0,030	49 000	74 500
7002A5	**15**	**32**	**9**	0,3	0,15	5,95	3,25	3,05	–	10,0	0,030	42 600	63 900
7002A	**15**	**32**	**9**	0,3	0,15	5,80	3,15	2,36	–	11,3	0,030	32 000	42 600
7003C	**17**	**35**	**10**	0,3	0,15	6,60	3,80	2,85	14,5	8,5	0,039	44 300	67 400
7003A5	**17**	**35**	**10**	0,3	0,15	6,30	3,65	3,35	–	11,1	0,040	38 500	57 700
7003A	**17**	**35**	**10**	0,3	0,15	6,10	3,50	2,59	–	12,5	0,040	28 900	38 500
7004C	**20**	**42**	**12**	0,6	0,30	11,10	6,55	4,80	14,0	10,1	0,067	37 100	56 500
7004A5	**20**	**42**	**12**	0,6	0,30	10,60	6,25	5,45	–	13,2	0,067	32 300	48 400
7004A	**20**	**42**	**12**	0,6	0,30	10,30	6,10	4,20	–	14,9	0,068	24 200	32 300
7005C	**25**	**47**	**12**	0,6	0,30	11,70	7,40	5,20	14,7	10,8	0,078	32 000	48 700
7005A5	**25**	**47**	**12**	0,6	0,30	11,10	7,10	5,95	–	14,4	0,077	27 800	41 700
7005A	**25**	**47**	**12**	0,6	0,30	10,70	6,85	4,55	–	16,4	0,079	20 900	27 800
7006C	**30**	**55**	**13**	1,0	0,60	15,10	10,30	6,85	14,9	12,2	0,114	27 100	41 200
7006A5	**30**	**55**	**13**	1,0	0,60	14,40	9,80	8,05	–	16,4	0,114	23 600	35 300
7006A	**30**	**55**	**13**	1,0	0,60	13,90	9,45	6,20	–	18,8	0,116	17 700	23 600
7007C	**35**	**62**	**14**	1,0	0,60	19,10	13,70	9,35	15,0	13,5	0,151	23 800	36 100
7007A5	**35**	**62**	**14**	1,0	0,60	18,20	13,00	11,40	–	18,3	0,151	20 700	31 000
7007A	**35**	**62**	**14**	1,0	0,60	17,50	12,60	8,75	–	21,0	0,153	15 500	20 700

(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 α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

Per cuscinetto con sfere in ceramica, moltiplicare per 1,25 il valore della velocità limite con sfere in acciaio indicato in tabella.

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

Serie 70 (seguito)

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
7008C	**40**	**68**	**15**	1,0	0,6	20,6	15,9	10,60	15,4	14,7	0,189	21 300	32 500
7008A5	**40**	**68**	**15**	1,0	0,6	19,5	15,1	12,00	–	20,1	0,188	18 600	27 800
7008A	**40**	**68**	**15**	1,0	0,6	18,8	14,6	9,15	–	23,1	0,191	13 900	18 600
7009C	**45**	**75**	**16**	1,0	0,6	24,4	19,3	12,40	15,4	16,0	0,238	19 200	29 200
7009A5	**45**	**75**	**16**	1,0	0,6	23,1	18,3	14,50	–	22,0	0,250	16 700	25 000
7009A	**45**	**75**	**16**	1,0	0,6	22,3	17,7	11,10	–	25,3	0,241	12 500	16 700
7010C	**50**	**80**	**16**	1,0	0,6	26,0	21,9	13,90	15,7	16,7	0,259	17 700	27 000
7010A5	**50**	**80**	**16**	1,0	0,6	24,6	20,8	16,20	–	23,2	0,270	15 400	23 100
7010A	**50**	**80**	**16**	1,0	0,6	23,7	20,1	12,50	–	26,8	0,262	11 600	15 400
7011C	**55**	**90**	**18**	1,1	0,6	34,0	28,6	18,90	15,5	18,7	0,380	15 900	24 200
7011A5	**55**	**90**	**18**	1,1	0,6	32,5	27,2	21,80	–	25,9	0,383	13 800	20 700
7011A	**55**	**90**	**18**	1,1	0,6	31,0	26,3	16,60	–	29,9	0,385	10 400	13 800
7012C	**60**	**95**	**18**	1,1	0,6	35,0	30,5	19,90	15,7	19,4	0,405	14 900	22 600
7012A5	**60**	**95**	**18**	1,1	0,6	33,0	29,1	23,00	–	27,1	0,408	13 000	19 400
7012A	**60**	**95**	**18**	1,1	0,6	32,0	28,1	17,60	–	31,4	0,410	9 700	13 000
7013C	**65**	**100**	**18**	1,1	0,6	37,0	34,5	22,00	15,9	20,0	0,435	14 000	21 300
7013A5	**65**	**100**	**18**	1,1	0,6	35,0	32,5	25,40	–	28,2	0,455	12 200	18 200
7013A	**65**	**100**	**18**	1,1	0,6	33,5	31,5	19,50	–	32,8	0,441	9 100	12 200
7014C	**70**	**110**	**20**	1,1	0,6	47,0	43,0	26,80	15,7	22,1	0,606	12 800	19 500
7014A5	**70**	**110**	**20**	1,1	0,6	44,5	41,0	32,00	–	31,0	0,625	11 200	16 700
7014A	**70**	**110**	**20**	1,1	0,6	42,5	39,5	24,60	–	36,0	0,613	8 400	11 200
7015C	**75**	**115**	**20**	1,1	0,6	48,0	45,5	28,10	15,9	22,7	0,643	12 200	18 500
7015A5	**75**	**115**	**20**	1,1	0,6	45,5	43,5	33,50	–	32,1	0,652	10 600	15 800
7015A	**75**	**115**	**20**	1,1	0,6	43,5	41,5	25,90	–	37,4	0,650	7 900	10 600

(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 α=15°

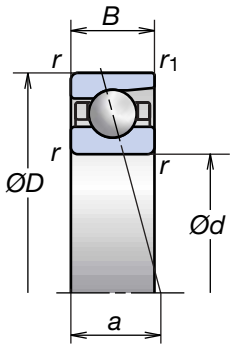
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

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

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



Serie 70

Diametro foro 80-200 mm

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
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

(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 α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

Per cuscinetto con sfere in ceramica, moltiplicare per 1,25 il valore della velocità limite con sfere in acciaio indicato in tabella.

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

Serie 70 (seguito)

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

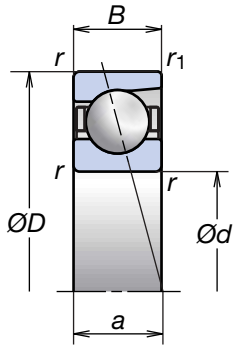
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

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

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

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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



Serie 72

Diametro foro 10-105 mm

Codice cuscinetto	Dimensioni (mm)					Capacità di carico (kN)		Carico assiale ammissibile(1) (kN)	Fattore	Centro effettivo di carico (mm)	Massa (kg)	Velocità limite(2) (min-1)	
	d	D	B	r (min)	r1 (min)	Cr (Dinamico)	Cor (Statico)		f0	a	(circa)	Grasso	Olio
7200C	10	30	9	0,6	0,3	5,40	2,61	2,16	13,2	7,2	0,032	57 500	87 500
7200A5	10	30	9	0,6	0,3	5,20	2,51	2,49	–	9,2	0,031	50 000	75 000
7200A	10	30	9	0,6	0,3	5,05	2,44	1,92	–	10,3	0,032	37 500	50 000
7201C	12	32	10	0,6	0,3	7,90	3,85	3,45	12,5	7,9	0,036	52 300	79 600
7201A5	12	32	10	0,6	0,3	7,65	3,70	3,55	–	10,1	0,036	45 500	68 200
7201A	12	32	10	0,6	0,3	7,45	3,65	2,72	–	11,4	0,030	34 100	45 500
7202C	15	35	11	0,6	0,3	8,65	4,55	3,85	13,2	8,8	0,045	46 000	70 000
7202A5	15	35	11	0,6	0,3	8,35	4,35	3,95	–	11,3	0,044	40 000	60 000
7202A	15	35	11	0,6	0,3	8,10	4,25	3,00	–	12,7	0,045	30 000	40 000
7203C	17	40	12	0,6	0,3	10,90	5,85	4,85	13,3	9,8	0,065	40 400	61 500
7203A5	17	40	12	0,6	0,3	10,40	5,60	5,30	–	12,6	0,064	35 100	52 700
7203A	17	40	12	0,6	0,3	10,10	5,45	4,05	–	14,2	0,065	26 400	35 100
7204C	20	47	14	1,0	0,6	14,60	8,05	6,30	13,3	11,5	0,103	34 400	52 300
7204A5	20	47	14	1,0	0,6	14,00	7,75	7,40	–	14,8	0,102	29 900	44 800
7204A	20	47	14	1,0	0,6	13,60	7,55	5,75	–	16,7	0,104	22 400	29 900
7205C	25	52	15	1,0	0,6	16,60	10,20	7,50	14,0	12,7	0,127	29 900	45 500
7205A5	25	52	15	1,0	0,6	15,90	9,80	9,05	–	16,5	0,130	26 000	39 000
7205A	25	52	15	1,0	0,6	15,40	9,45	6,95	–	18,6	0,129	19 500	26 000
7206C	30	62	16	1,0	0,6	23,00	14,70	10,30	13,9	14,2	0,194	25 000	38 100
7206A5	30	62	16	1,0	0,6	22,10	14,10	12,00	–	18,7	0,194	21 800	32 700
7206A	30	62	16	1,0	0,6	21,30	13,60	9,20	–	21,3	0,197	16 400	21 800
7207C	35	72	17	1,1	0,6	30,50	19,90	14,40	13,9	15,7	0,280	21 500	32 800
7207A5	35	72	17	1,1	0,6	29,10	19,10	16,60	–	21,0	0,277	18 700	28 100
7207A	35	72	17	1,1	0,6	28,20	18,50	12,70	–	23,9	0,284	14 100	18 700
7208C	40	80	18	1,1	0,6	36,50	25,20	17,60	14,1	17,0	0,366	19 200	29 200
7208A5	40	80	18	1,1	0,6	34,50	24,10	20,60	–	23,0	0,362	16 700	25 000
7208A	40	80	18	1,1	0,6	33,50	23,30	15,80	–	26,3	0,370	12 500	16 700
7209C	45	85	19	1,1	0,6	41,00	28,80	19,60	14,2	18,2	0,406	17 700	27 000
7209A5	45	85	19	1,1	0,6	39,00	27,60	23,30	–	24,7	0,402	15 400	23 100
7209A	45	85	19	1,1	0,6	37,50	26,70	18,00	–	28,3	0,410	11 600	15 400
7210C	50	90	20	1,1	0,6	43,00	31,50	21,10	14,5	19,4	0,457	16 500	25 000
7210A5	50	90	20	1,1	0,6	41,00	30,50	25,20	–	26,3	0,453	14 300	21 500
7210A	50	90	20	1,1	0,6	39,50	29,30	19,40	–	30,2	0,462	10 800	14 300

(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 α=15°
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°
Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

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

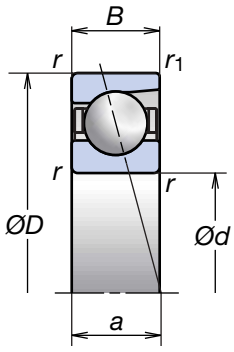
Serie 72 (seguito)

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
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) 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 α=15°
Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°
Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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



Serie 72

Diametro foro 110-150 mm

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
7222C	**110**	**200**	**38**	2,1	1,1	176	160	108,0	14,5	39,8	4,450	7 500	11 300
7222A5	**110**	**200**	**38**	2,1	1,1	168	153	126,0	–	55,1	4,450	6 500	9 700
7222A	**110**	**200**	**38**	2,1	1,1	162	148	97,0	–	63,7	4,490	4 900	6 500
7224C	**120**	**215**	**40**	2,1	1,1	199	192	132,0	14,6	42,4	5,420	6 900	10 500
7224A5	**120**	**215**	**40**	2,1	1,1	189	184	150,0	–	59,1	5,420	6 000	9 000
7224A	**120**	**215**	**40**	2,1	1,1	183	177	116,0	–	68,3	5,450	4 500	6 000
7226C	**130**	**230**	**40**	3,0	1,1	206	209	144,0	14,9	44,1	6,230	6 400	9 800
7226A5	**130**	**230**	**40**	3,0	1,1	196	199	163,0	–	62,0	6,220	5 600	8 400
7226A	**130**	**230**	**40**	3,0	1,1	189	193	127,0	–	72,0	6,280	4 200	5 600
7228C	**140**	**250**	**42**	3,0	1,1	238	254	172,0	14,8	47,1	7,910	5 900	9 000
7228A5	**140**	**250**	**42**	3,0	1,1	226	242	194,0	–	66,5	7,910	5 200	7 700
7228A	**140**	**250**	**42**	3,0	1,1	218	234	150,0	–	77,3	7,970	3 900	5 200
7230C	**150**	**270**	**45**	3,0	1,1	270	305	205,0	14,7	50,6	11,100	5 500	8 400
7230A5	**150**	**270**	**45**	3,0	1,1	258	290	231,0	–	71,5	11,100	4 800	7 200
7230A	**150**	**270**	**45**	3,0	1,1	248	280	179,0	–	83,1	11,200	3 600	4 800

(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 α=15°

Codice cuscinetto con suffisso "A5": angolo di contatto nominale α=25°

Codice cuscinetto con suffisso "A": angolo di contatto nominale α=30°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Caratteristiche

Disegno ottimizzato

Disegno ROBUST™ ottenuto con la esclusiva tecnologia analitica di NSK

L'ottimizzazione del disegno interno è stata raggiunta grazie alla simulazione computerizzata dell'incremento della temperatura risultante dall'analisi della cinematica dei corpi volventi.

Lunga durata

Nuovo acciaio speciale SHX con elevata resistenza all'usura

Maggiore durata in servizio grazie ad una maggiore resistenza all'usura in condizioni di alta velocità e scarsa lubrificazione.

Elevata precisione

Corpi volventi in materiale specifico per le varie applicazioni

La serie ROBUST™ comprende anche corpi volventi in ceramica di alta precisione.
Disponibile nella più elevata classe di precisione ISO P2.
Questi prodotti consentono applicazioni ad altissima velocità.

Alta velocità

Gabbia disegnata per impieghi ad alta velocità

I vantaggi indotti dal minor peso, dalla resistenza al calore, dalle elevate caratteristiche meccaniche e di rigidezza della gabbia in resina fenolica, rendono questo tipo di gabbia indispensabile per le applicazioni ad alta velocità.

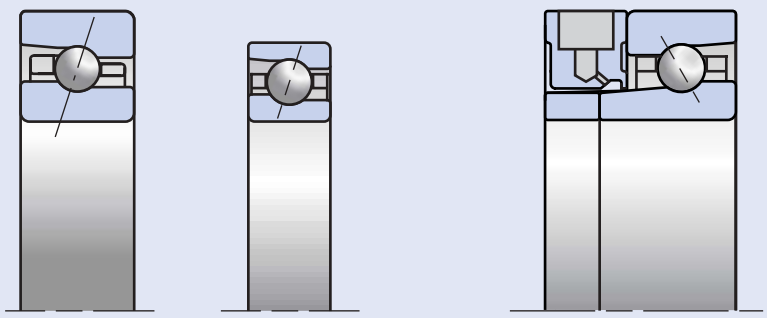
Bassa rumorosità

Funzionamento più silenzioso alle alte velocità con il sistema di lubrificazione Spinshot™

Elimina la rumorosità causata dall'aria ad alta pressione circolante nei sistemi di lubrificazione ad aria-olio.

Serie dimensionali

Fig. 1.4

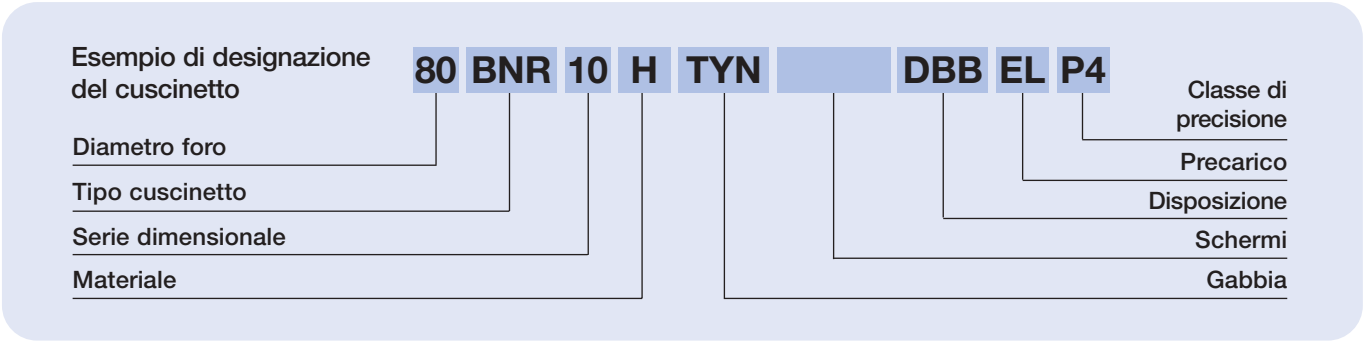


BNR10
BER10

BNR19
BER19

Spinshot™ Ⅱ
(Versione XE)

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



			Pagina
80	Foro	Diametro foro (mm)	60-69
BNR	Tipo cuscinetto	BNR: angolo di contatto 18°; BER: angolo di contatto 25°	38-39, 44
10	Serie dimensionale	10: serie ISO 10 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™ Ⅱ)</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 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 DB: coppia dorso-dorso; DF: coppia faccia a faccia; DT: coppia in tandem 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 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 P3: classe speciale (precisione dimensionale: classe ISO 4; precisione di rotazione: classe ISO 2) P4Y: precisione speciale (tolleranza del foro e diametro esterno secondo specifiche NSK; tutti gli altri valori secondo classe ISO 4.)	133, 158-161

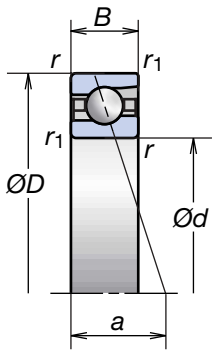
(1) I cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati sono disponibili come standard nella versione singolo universale (SU) e classe di precisione P3.
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo schermati delle serie BNR19, BER19, BNR10, BER10: disponibili nella gamma diametro foro 30-100mm.

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Serie BNR 19
Serie BER 19

Diametro foro 25-80 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
25BNR19S	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15	5,95	3,50	4,95	9,9	0,042	41 800	59 800
25BNR19H	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15			3,25		0,038	53 800	83 600
25BNR19X	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15					0,038	62 700	98 600
25BER19S	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15	5,70	3,40	5,90	12,3	0,042	35 900	50 800
25BER19H	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15			3,95		0,038	47 800	74 700
25BER19X	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15					0,038	56 800	89 600
30BNR19S	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15	6,30	4,05	5,75	10,8	0,048	36 400	52 000
30BNR19H	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15			3,80		0,043	46 800	72 800
30BNR19X	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15					0,043	54 600	85 800
30BER19S	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15	6,00	3,90	6,80	13,5	0,048	31 200	44 200
30BER19H	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15			4,60		0,043	41 600	65 000
30BER19X	**30**	**47**	**9**	0,3	0,15					0,043	49 400	78 000
35BNR19S	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30	9,20	6,00	8,55	12,3	0,072	31 200	44 500
35BNR19H	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30			5,60		0,063	40 000	62 300
35BNR19X	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30					0,063	46 700	73 400
35BER19S	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30	8,80	5,75	10,00	15,5	0,072	26 700	37 800
35BER19H	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30			6,80		0,063	35 600	55 600
35BER19X	**35**	**55**	**10**	0,6	0,30					0,063	42 300	66 700
40BNR19S	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30	11,50	7,65	10,80	14,3	0,105	27 500	39 300
40BNR19H	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30			7,10		0,092	35 300	55 000
40BNR19X	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30					0,092	41 200	64 800
40BER19S	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30	11,00	7,35	12,80	17,9	0,105	23 600	33 400
40BER19H	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30			8,65		0,092	31 400	49 100
40BER19X	**40**	**62**	**12**	0,6	0,30					0,092	37 300	58 900
45BNR19S	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30	12,10	8,70	12,40	15,2	0,125	24 800	35 400
45BNR19H	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30			8,10		0,111	31 900	49 600
45BNR19X	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30					0,111	37 200	58 500
45BER19S	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30	11,60	8,35	14,60	19,2	0,125	21 300	30 100
45BER19H	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30			9,85		0,111	28 400	44 300
45BER19X	**45**	**68**	**12**	0,6	0,30					0,111	33 700	53 100
50BNR19S	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30	12,80	9,75	13,90	15,9	0,127	23 000	32 800
50BNR19H	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30			9,10		0,111	29 600	46 000
50BNR19X	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30					0,111	34 500	54 100
50BER19S	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30	12,30	9,35	16,30	20,2	0,127	19 700	27 900
50BER19H	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30			11,00		0,111	26 300	41 000
50BER19X	**50**	**72**	**12**	0,6	0,30					0,111	31 200	49 200

(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 α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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

Serie BNR 19
Serie BER 19

(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	B	r (min)	r_1 (min)	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)				Grasso	Olio
55BNR19S	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6	14,4	11,4	16,2	17,5	0,178	20 800	29 700
55BNR19H	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6			10,6		0,158	26 700	41 500
55BNR19X	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6					0,158	31 200	48 900
55BER19S	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6	13,8	10,9	16,1	22,2	0,178	17 800	25 200
55BER19H	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6			12,9		0,158	23 800	37 100
55BER19X	**55**	**80**	**13**	1,0	0,6					0,158	28 200	44 500
60BNR19S	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6	14,6	12,0	17,1	18,3	0,190	19 400	27 600
60BNR19H	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6			11,2		0,170	24 900	38 700
60BNR19X	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6					0,170	29 000	45 600
60BER19S	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6	14,0	11,5	20,1	23,4	0,190	16 600	23 500
60BER19H	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6			13,6		0,170	22 100	34 500
60BER19X	**60**	**85**	**13**	1,0	0,6					0,170	26 300	41 400
65BNR19S	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6	15,2	13,2	18,7	19,1	0,204	18 100	25 900
65BNR19H	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6			12,3		0,181	23 300	36 200
65BNR19X	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6					0,181	27 100	42 600
65BER19S	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6	14,5	12,6	22,1	24,6	0,204	15 500	22 000
65BER19H	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6			14,9		0,181	20 700	32 300
65BER19X	**65**	**90**	**13**	1,0	0,6					0,181	24 600	38 800
70BNR19S	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6	21,3	18,1	26,1	21,8	0,328	16 500	23 600
70BNR19H	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6			17,1		0,292	21 200	33 000
70BNR19X	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6					0,292	24 800	38 900
70BER19S	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6	20,4	17,3	30,5	27,8	0,328	14 200	20 000
70BER19H	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6			20,7		0,292	18 900	29 500
70BER19X	**70**	**100**	**16**	1,0	0,6					0,292	22 400	35 300
75BNR19S	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6	21,6	19,0	27,5	22,6	0,348	15 600	22 300
75BNR19H	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6			18,0		0,310	20 000	31 200
75BNR19X	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6					0,310	23 400	36 700
75BER19S	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6	20,7	18,2	32,5	29,0	0,348	13 400	18 900
75BER19H	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6			21,7		0,310	17 800	27 800
75BER19X	**75**	**105**	**16**	1,0	0,6					0,310	21 200	33 400
80BNR19S	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6	22,0	19,9	28,9	23,4	0,366	14 800	21 100
80BNR19H	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6			18,9		0,326	19 000	29 500
80BNR19X	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6					0,326	22 200	34 800
80BER19S	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6	21,0	19,1	34,0	30,1	0,366	12 700	17 900
80BER19H	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6			22,8		0,326	16 900	26 400
80BER19X	**80**	**110**	**16**	1,0	0,6					0,326	20 000	31 600

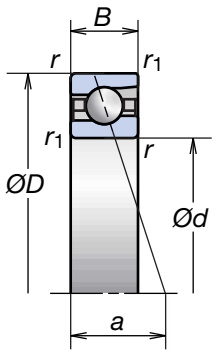
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.
(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.
Note: Codice cuscinetto BNR: angolo di contatto nominale α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Serie BNR 19
Serie BER 19

Diametro foro 85-150 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
85BNR19S	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6	29,4	26,3	38,0	25,7	0,527	13 700	19 600
85BNR19H	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6			24,8		0,456	17 600	27 400
85BNR19X	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6					0,456	20 500	32 200
85BER19S	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6	28,1	25,2	35,5	32,9	0,527	11 800	16 600
85BER19H	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6			30,0		0,456	15 700	24 400
85BER19X	**85**	**120**	**18**	1,1	0,6					0,456	18 600	29 300
90BNR19S	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6	31,5	29,7	43,0	26,5	0,552	13 100	18 700
90BNR19H	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6			28,1		0,480	16 800	26 100
90BNR19X	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6					0,480	19 600	30 700
90BER19S	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6	30,0	28,5	50,5	34,1	0,552	11 200	15 900
90BER19H	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6			34,0		0,480	14 900	23 300
90BER19X	**90**	**125**	**18**	1,1	0,6					0,480	17 700	28 000
95BNR19S	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6	32,0	31,0	50,0	28,3	0,571	12 500	17 800
95BNR19H	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6			32,5		0,497	16 000	24 900
95BNR19X	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6					0,497	18 700	29 400
95BER19S	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6	30,5	29,7	58,5	36,7	0,571	10 700	15 200
95BER19H	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6			39,5		0,497	14 300	22 300
95BER19X	**95**	**130**	**18**	1,1	0,6					0,497	16 900	26 700
100BNR19S	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6	38,0	35,0	50,5	29,5	0,571	11 700	16 700
100BNR19H	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6			33,0		0,497	15 000	23 400
100BNR19X	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6					0,497	17 500	27 500
100BER19S	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6	36,0	33,5	59,5	38,0	0,770	10 000	14 200
100BER19H	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6			40,0		0,673	13 400	20 900
100BER19X	**100**	**140**	**20**	1,1	0,6					0,673	15 900	25 000
105BNR19S	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6	38,5	36,5	53,0	31,5	0,795	11 200	16 000
105BNR19H	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6			39,0		0,693	14 400	22 400
105BNR19X	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6					0,693	16 800	26 400
105BER19S	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6	37,0	35,0	62,0	40,9	0,795	9 600	13 600
105BER19H	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6			42,0		0,693	12 800	20 000
105BER19X	**105**	**145**	**20**	1,1	0,6					0,693	15 200	24 000

(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 α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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

Serie BNR 19
Serie BER 19

(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*	*B*	*r* (min)	r_1 (min)	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)				Grasso	Olio
110BNR19S	**110**	**150**	**20**	1,1	0,6	39,0	38,0	55,5	31,1	0,838	10 800	15 400
110BNR19H	**110**	**150**	**20**	1,1	0,6			42,0		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	37,5	36,5	65,0	40,3	0,838	9 300	13 100
110BER19H	**110**	**150**	**20**	1,1	0,6			44,0		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	54,0	52,0	75,0	34,2	1,124	9 900	14 100
120BNR19H	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6			49,0		0,949	12 700	19 700
120BNR19X	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6					0,949	14 800	23 200
120BER19S	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6	51,5	50,0	88,0	44,2	1,124	8 500	12 000
120BER19H	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6			59,5		0,949	11 300	17 600
120BER19X	**120**	**165**	**22**	1,1	0,6					0,949	13 400	21 100
130BNR19S	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0	59,5	58,5	85,0	37,2	1,477	9 100	13 000
130BNR19H	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0			56,0		1,265	11 700	18 100
130BER19S	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0	57,0	56,5	100,0	48,1	1,477	7 800	11 000
130BER19H	**130**	**180**	**24**	1,5	1,0			67,5		1,265	10 400	16 200
140BNR19S	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0	60,0	61,5	89,5	38,8	1,567	8 500	12 200
140BNR19H	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0			58,5		1,353	11 000	17 000
140BER19S	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0	57,5	59,0	105,0	50,5	1,567	7 300	10 400
140BER19H	**140**	**190**	**24**	1,5	1,0			70,5		1,353	9 700	15 200
150BNR19S	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0	77,0	78,5	114,0	43,2	2,459	7 800	11 200
150BNR19H	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0			75,0		2,139	10 000	15 600
150BER19S	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0	73,5	75,5	134,0	55,9	2,459	6 700	9 500
150BER19H	**150**	**210**	**28**	2,0	1,0			90,5		2,139	8 900	13 900

(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 α=18°

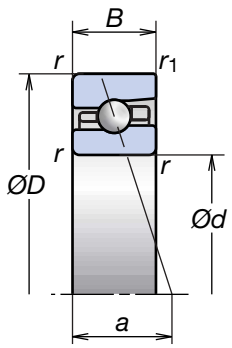
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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 α=18°

Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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

Serie BNR 10
Serie BER 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	B	r (min)	r_1 (min)	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)				Grasso	Olio
55BNR10S	55	90	18	1,1	0,6	15,1	12,5	17,8	20,6	0,414	19 400	27 600
55BNR10H	55	90	18	1,1	0,6			11,7		0,393	24 900	38 700
55BNR10X	55	90	18	1,1	0,6					0,393	29 000	45 600
55BER10S	55	90	18	1,1	0,6	14,4	12,0	21,0	25,7	0,414	16 600	23 500
55BER10H	55	90	18	1,1	0,6			14,1		0,393	22 100	34 500
55BER10X	55	90	18	1,1	0,6					0,393	26 300	41 400
60BNR10S	60	95	18	1,1	0,6	15,6	13,7	19,5	21,5	0,443	18 100	25 900
60BNR10H	60	95	18	1,1	0,6			12,8		0,419	23 300	36 200
60BNR10X	60	95	18	1,1	0,6					0,419	27 100	42 600
60BER10S	60	95	18	1,1	0,6	15,0	13,1	22,9	26,9	0,443	15 500	22 000
60BER10H	60	95	18	1,1	0,6			15,5		0,419	20 700	32 300
60BER10X	60	95	18	1,1	0,6					0,419	24 600	38 800
65BNR10S	65	100	18	1,1	0,6	16,2	14,8	21,1	22,3	0,472	17 000	24 300
65BNR10H	65	100	18	1,1	0,6			13,9		0,447	21 900	34 000
65BNR10X	65	100	18	1,1	0,6					0,447	25 500	40 000
65BER10S	65	100	18	1,1	0,6	15,5	14,2	24,9	28,0	0,472	14 600	20 700
65BER10H	65	100	18	1,1	0,6			16,8		0,447	19 400	30 400
65BER10X	65	100	18	1,1	0,6					0,447	23 100	36 400
70BNR10S	70	110	20	1,1	0,6	22,3	19,8	28,6	24,5	0,645	15 600	22 300
70BNR10H	70	110	20	1,1	0,6			18,8		0,605	20 000	31 200
70BNR10X	70	110	20	1,1	0,6					0,605	23 400	36 700
70BER10S	70	110	20	1,1	0,6	21,3	18,9	33,5	30,8	0,645	13 400	18 900
70BER10H	70	110	20	1,1	0,6			22,6		0,605	17 800	27 800
70BER10X	70	110	20	1,1	0,6					0,605	21 200	33 400
75BNR10S	75	115	20	1,1	0,6	22,6	20,7	30,0	25,3	0,679	14 800	21 100
75BNR10H	75	115	20	1,1	0,6			19,7		0,638	19 000	29 500
75BNR10X	75	115	20	1,1	0,6					0,638	22 200	34 800
75BER10S	75	115	20	1,1	0,6	21,6	19,8	35,0	31,9	0,679	12 700	17 900
75BER10H	75	115	20	1,1	0,6			23,7		0,638	16 900	26 400
75BER10X	75	115	20	1,1	0,6					0,638	20 000	31 600
80BNR10S	80	125	22	1,1	0,6	26,5	24,5	35,5	27,5	0,921	13 700	19 600
80BNR10H	80	125	22	1,1	0,6			23,4		0,867	17 600	27 400
80BNR10X	80	125	22	1,1	0,6					0,867	20 500	32 200
80BER10S	80	125	22	1,1	0,6	25,3	23,5	42,0	34,6	0,921	11 800	16 600
80BER10H	80	125	22	1,1	0,6			28,2		0,867	15 700	24 400
80BER10X	80	125	22	1,1	0,6					0,867	18 600	29 300

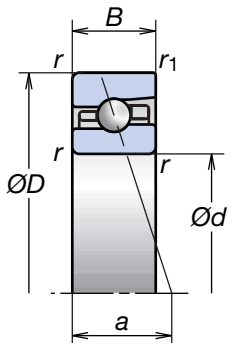
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.
(2) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.
Note: Codice cuscinetto BNR: angolo di contatto nominale α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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 85-150 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
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
90BNR10S	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0	35,0	33,0	48,0	30,7	1,241	12 200	17 400
90BNR10H	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0			31,5		1,155	15 700	24 400
90BNR10X	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0					1,155	18 300	28 700
90BER10S	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0	33,5	31,5	56,0	38,8	1,241	10 500	14 800
90BER10H	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0			38,0		1,155	14 000	21 800
90BER10X	**90**	**140**	**24**	1,5	1,0					1,155	16 600	26 100
95BNR10S	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0	35,5	34,5	50,0	31,3	1,298	11 700	16 700
95BNR10H	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0			32,5		1,209	15 000	23 400
95BNR10X	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0					1,209	17 500	27 500
95BER10S	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0	34,0	33,0	58,5	39,7	1,298	10 000	14 200
95BER10H	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0			39,5		1,209	13 400	20 900
95BER10X	**95**	**145**	**24**	1,5	1,0					1,209	15 900	25 000
100BNR10S	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0	36,0	36,0	52,0	32,3	1,245	11 200	16 000
100BNR10H	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0			34,0		1,253	14 400	22 400
100BNR10X	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0					1,253	16 800	26 400
100BER10S	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0	34,5	34,5	61,0	41,2	1,245	9 600	13 600
100BER10H	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0			41,0		1,253	12 800	20 000
100BER10X	**100**	**150**	**24**	1,5	1,0					1,253	15 200	24 000
105BNR10S	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0	41,0	41,0	59,5	34,5	1,698	10 600	15 100
105BNR10H	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0			39,0		1,585	13 600	21 200
105BNR10X	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0					1,585	15 900	25 000
105BER10S	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0	39,0	39,5	70,0	43,9	1,698	9 100	12 900
105BER10H	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0			47,5		1,585	12 100	18 900
105BER10X	**105**	**160**	**26**	2,0	1,0					1,585	14 400	22 700

(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 α=18°

Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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

Serie BNR 10
Serie BER 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*	*B*	*r* (min)	r_1 (min)	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)				Grasso	Olio
110BNR10S	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0	46,0	47,0	68,0	36,7	2,133	10 000	14 300
110BNR10H	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0			44,5		1,996	12 900	20 000
110BNR10X	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0					1,996	15 000	23 600
110BER10S	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0	44,0	45,0	79,5	46,7	2,133	8 600	12 200
110BER10H	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0			54,0		1,996	11 500	17 900
110BER10X	**110**	**170**	**28**	2,0	1,0					1,996	13 600	21 500
120BNR10S	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0	47,5	50,5	73,5	38,4	2,286	9 400	13 400
120BNR10H	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0			48,0		2,139	12 000	18 700
120BNR10X	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0					2,139	14 000	22 000
120BER10S	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0	45,5	48,5	86,0	49,0	2,286	8 000	11 400
120BER10H	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0			58,0		2,139	10 700	16 700
120BER10X	**120**	**180**	**28**	2,0	1,0					2,139	12 700	20 000
130BNR10S	**130**	**200**	**33**	2,0	1,0	60,0	61,5	89,5	43,0	3,408	8 500	12 200
130BNR10H	**130**	**200**	**33**	2,0	1,0			58,5		3,194	11 000	17 000
130BER10S	**130**	**200**	**33**	2,0	1,0	57,5	59,0	105,0	54,6	3,408	7 300	10 400
130BER10H	**130**	**200**	**33**	2,0	1,0			70,5		3,194	9 700	15 200
140BNR10S	**140**	**210**	**33**	2,0	1,0	62,5	66,5	97,0	44,6	3,647	8 000	11 500
140BNR10H	**140**	**210**	**33**	2,0	1,0			63,5		3,419	10 300	16 000
140BER10S	**140**	**210**	**33**	2,0	1,0	59,5	64,0	113,0	56,9	3,647	6 900	9 800
140BER10H	**140**	**210**	**33**	2,0	1,0			76,5		3,419	9 200	14 300
150BNR10S	**150**	**225**	**35**	2,1	1,0	73,5	78,0	114,0	47,6	4,405	7 500	10 700
150BNR10H	**150**	**225**	**35**	2,1	1,0			74,5		4,129	9 600	15 000
150BER10S	**150**	**225**	**35**	2,1	1,0	70,0	75,0	99,5	60,8	4,405	6 400	9 100
150BER10H	**150**	**225**	**35**	2,1	1,0			90,0		4,129	8 600	13 400

(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 α=18°

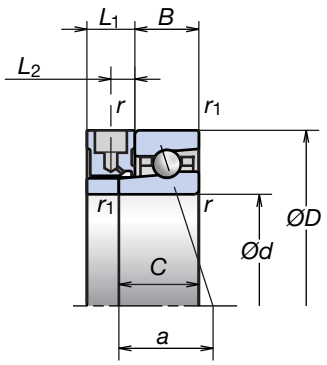
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Serie BNR 19XE
Serie BER 19XE

Diametro foro 40-110 mm



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
40BNR19XE	**40**	**62**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	11,5	7,65	7,10	19,3	0,106	64 800
40BER19XE	**40**	**62**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	11,0	7,35	8,65	22,9	0,106	58 900
45BNR19XE	**45**	**68**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	12,1	8,70	8,10	20,2	0,128	58 500
45BER19XE	**45**	**68**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	11,6	8,35	9,85	24,2	0,128	53 100
50BNR19XE	**50**	**72**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	12,8	9,75	9,10	20,9	0,129	54 100
50BER19XE	**50**	**72**	**12**	**17**	0,6	0,3	15	7,5	12,3	9,35	11,00	25,2	0,129	49 200
55BNR19XE	**55**	**80**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	14,4	11,40	10,60	22,5	0,182	48 900
55BER19XE	**55**	**80**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	13,8	10,90	12,90	27,2	0,182	44 500
60BNR19XE	**60**	**85**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	14,6	12,00	11,20	23,3	0,196	45 600
60BER19XE	**60**	**85**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	14,0	11,50	13,60	28,4	0,196	41 400
65BNR19XE	**65**	**90**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	15,2	13,20	12,30	24,1	0,209	42 600
65BER19XE	**65**	**90**	**13**	**18**	1,0	0,6	15	7,5	14,5	12,60	14,90	29,6	0,209	38 800
70BNR19XE	**70**	**100**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	21,3	18,10	17,10	26,8	0,328	38 900
70BER19XE	**70**	**100**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	20,4	17,30	20,70	32,8	0,328	35 300
75BNR19XE	**75**	**105**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	21,6	19,00	18,00	27,6	0,348	36 700
75BER19XE	**75**	**105**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	20,7	18,20	21,70	34,0	0,348	33 400
80BNR19XE	**80**	**110**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	22,0	19,90	18,90	28,4	0,366	34 800
80BER19XE	**80**	**110**	**16**	**21**	1,0	0,6	15	7,5	21,0	19,10	22,80	35,1	0,366	31 600
85BNR19XE	**85**	**120**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	29,4	26,30	24,80	30,7	0,506	32 200
85BER19XE	**85**	**120**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	28,1	25,20	30,00	37,9	0,506	29 300
90BNR19XE	**90**	**125**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	31,5	29,70	28,10	31,5	0,532	30 700
90BER19XE	**90**	**125**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	30,0	28,50	34,00	39,1	0,532	28 000
95BNR19XE	**95**	**130**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	35,5	34,50	32,50	33,3	0,589	29 400
95BER19XE	**95**	**130**	**18**	**23**	1,1	0,6	15	7,5	34,0	33,00	39,50	41,7	0,589	26 700
100BNR19XE	**100**	**140**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	38,0	35,00	33,00	34,5	0,739	27 500
100BER19XE	**100**	**140**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	36,0	33,50	40,00	43,0	0,739	25 000
105BNR19XE	**105**	**145**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	41,0	41,00	39,00	36,5	0,758	26 400
105BER19XE	**105**	**145**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	39,0	39,50	47,50	45,9	0,758	24 000
110BNR19XE	**110**	**150**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	39,0	38,00	36,50	36,1	0,804	25 400
110BER19XE	**110**	**150**	**20**	**25**	1,1	0,6	15	7,5	37,5	36,50	44,00	45,3	0,804	23 100

(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 α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

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 α=18°
Codice cuscinetto BER: angolo di contatto nominale α=25°

1. CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Caratteristiche

Disegno ottimizzato

L'impiego della gabbia guidata sull'anello esterno migliora gli effetti della lubrificazione. Lo scarico sull'anello interno consente un migliore afflusso del lubrificante e ne assicura un costante apporto.

Lunga durata

L'utilizzo dell'acciaio speciale SHX e delle sfere in ceramica aumenta sensibilmente la durata (cuscinetti versione X).

Facilità di montaggio

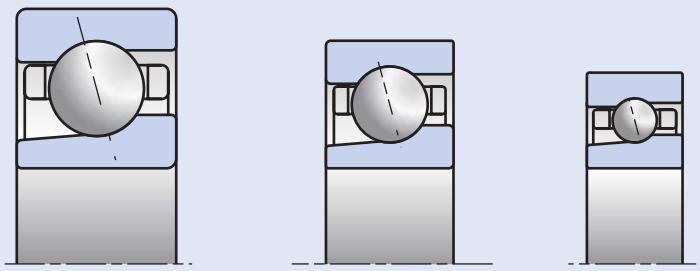
Il disegno con anello interno non separabile semplifica le operazioni di montaggio e smontaggio.
Intercambiabilità di assemblaggio per consentire qualunque disposizione di montaggio secondo le necessità del cliente.

Elevata precisione

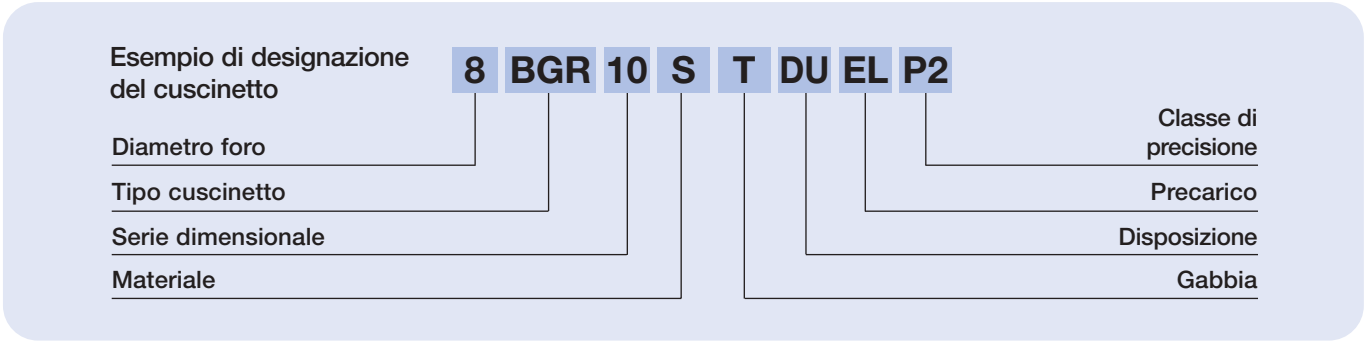
Le serie BGR sono prodotte esclusivamente in classe di precisione ISO 2 (ABMA ABEC 9).

Serie dimensionali

Fig.1.5



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



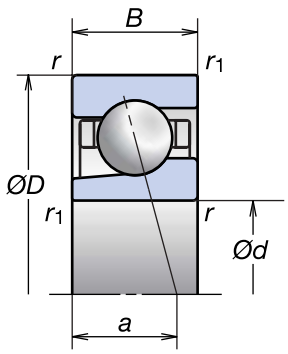
			Pagina
8	Foro	Diametro foro (mm)	72-74
BGR	Tipo cuscinetto	BGR: angolo di contatto 15°	38-39, 44
10	Serie dimensionale	10: serie ISO 10; 19: serie ISO 19; 02: Serie ISO 02	38-39, 70
H	Materiale		12-15, 25

Versione	Materiale	
	Anelli	Corpi volventi
S	Acciaio per cuscinetti (SUJ2)	Acciaio per cuscinetti (SUJ2)
H	Acciaio per cuscinetti (SUJ2)	Ceramica (Si_3N_4)
X	Acciaio speciale (SHX)	Ceramica (Si_3N_4)

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, 147
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 19

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
10BGR19S	**10**	**22**	**6**	0,3	0,15	2,03	0,78	0,93	5,1	0,010	100 000	138 000
10BGR19H	**10**	**22**	**6**	0,3	0,15			0,61		0,009	119 000	175 000
10BGR19X	**10**	**22**	**6**	0,3	0,15					0,009	138 000	188 000
12BGR19S	**12**	**24**	**6**	0,3	0,15	2,28	0,95	1,14	5,4	0,011	88 900	123 000
12BGR19H	**12**	**24**	**6**	0,3	0,15			0,74		0,010	106 000	156 000
12BGR19X	**12**	**24**	**6**	0,3	0,15					0,010	123 000	167 000
15BGR19S	**15**	**28**	**7**	0,3	0,15	3,25	1,35	1,67	6,4	0,016	74 500	103 000
15BGR19H	**15**	**28**	**7**	0,3	0,15			1,09		0,014	88 400	131 000
15BGR19X	**15**	**28**	**7**	0,3	0,15					0,014	103 000	140 000
17BGR19S	**17**	**30**	**7**	0,3	0,15	3,40	1,50	1,86	6,6	0,017	68 100	93 700
17BGR19H	**17**	**30**	**7**	0,3	0,15			1,21		0,015	80 900	120 000
17BGR19X	**17**	**30**	**7**	0,3	0,15					0,015	93 700	128 000
20BGR19S	**20**	**37**	**9**	0,3	0,15	4,75	2,16	2,66	8,3	0,036	56 200	77 200
20BGR19H	**20**	**37**	**9**	0,3	0,15			1,73		0,033	66 700	98 300
20BGR19X	**20**	**37**	**9**	0,3	0,15					0,033	77 200	106 000
25BGR19S	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15	5,40	2,76	3,40	9,0	0,043	47 800	65 700
25BGR19H	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15			2,22		0,039	56 800	83 600
25BGR19X	**25**	**42**	**9**	0,3	0,15					0,039	65 700	89 600

(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 α=15°

Serie BGR 10

Diametro foro 6-25 mm

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 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
6BGR10S	6	17	6	0,3	0,15	1,42	0,43	0,51	4,5	0,006	140 000	192 000
6BGR10H	6	17	6	0,3	0,15			0,34		0,005	166 000	244 000
6BGR10X	6	17	6	0,3	0,15					0,005	192 000	261 000
7BGR10S	7	19	6	0,3	0,15	1,60	0,52	0,62	4,7	0,008	124 000	170 000
7BGR10H	7	19	6	0,3	0,15			0,40		0,007	147 000	216 000
7BGR10X	7	19	6	0,3	0,15					0,007	170 000	231 000
8BGR10S	8	22	7	0,3	0,15	2,37	0,80	0,97	5,5	0,012	107 000	147 000
8BGR10H	8	22	7	0,3	0,15			0,63		0,011	127 000	187 000
8BGR10X	8	22	7	0,3	0,15					0,011	147 000	200 000
10BGR10S	10	26	8	0,3	0,15	3,50	1,27	1,55	6,4	0,019	88 900	123 000
10BGR10H	10	26	8	0,3	0,15			1,00		0,016	106 000	156 000
10BGR10X	10	26	8	0,3	0,15					0,016	123 000	167 000
12BGR10S	12	28	8	0,3	0,15	3,85	1,48	1,80	6,7	0,021	80 000	110 000
12BGR10H	12	28	8	0,3	0,15			1,17		0,018	95 000	140 000
12BGR10X	12	28	8	0,3	0,15					0,018	110 000	150 000
15BGR10S	15	32	9	0,3	0,15	4,20	1,72	2,12	7,6	0,029	68 100	93 700
15BGR10H	15	32	9	0,3	0,15			1,37		0,026	80 900	120 000
15BGR10X	15	32	9	0,3	0,15					0,026	93 700	128 000
17BGR10S	17	35	10	0,3	0,15	4,45	1,93	2,39	8,5	0,038	61 600	84 700
17BGR10H	17	35	10	0,3	0,15			1,55		0,035	73 100	108 000
17BGR10X	17	35	10	0,3	0,15					0,035	84 700	116 000
20BGR10S	20	42	12	0,6	0,30	7,45	3,35	4,10	10,2	0,066	51 700	71 000
20BGR10H	20	42	12	0,6	0,30			2,67		0,059	61 300	90 400
20BGR10X	20	42	12	0,6	0,30					0,059	71 000	96 800
25BGR10S	25	47	12	0,6	0,30	7,90	3,75	4,65	10,8	0,076	44 500	61 200
25BGR10H	25	47	12	0,6	0,30			3,05		0,068	52 800	77 800
25BGR10X	25	47	12	0,6	0,30					0,068	61 200	83 400

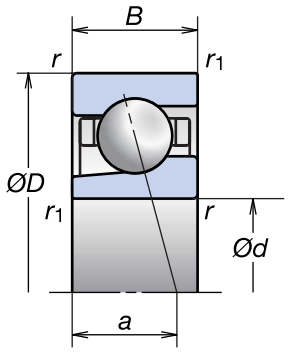
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pagina 129.

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

Note: Codice cuscinetto BGR: angolo di contatto nominale α=15°

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 α=15°

2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI

Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici

Serie ad Elevata Rigidezza

Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici

Serie Standard

Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici per Altissime Velocità

Serie ROBUST™

Cuscinetti a

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

Caratteristiche

I cuscinetti NSK, grazie alla loro elevata rigidezza, vengono largamente impiegati nei mandrini delle macchine utensili. I cuscinetti a rulli cilindrici ad una o due corone di rulli sono disponibili con il foro cilindrico o conico. I cuscinetti a due corone di rulli cilindrici con foro conico sono molto utilizzati nel supporto libero di coda dei mandrini. La semplicità costruttiva delle parti adiacenti e la facilità nella registrazione del gioco radiale dopo il montaggio rendono questi cuscinetti molto diffusi tra i costruttori di macchine utensili.

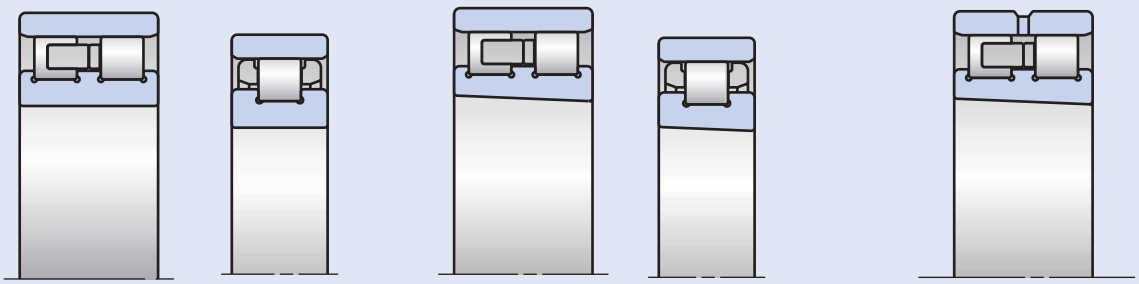
NSK è in grado di offrire diverse tipologie di cuscinetti a rulli cilindrici. Il cliente può richiedere l'esecuzione E44, che prevede sia la gola sia i fori di lubrificazione sull'anello esterno del cuscinetto. Sono inoltre inclusi i cuscinetti della serie NNU che prevedendo due orletti di ritegno sull'anello esterno, che favoriscono la fuoriuscita del grasso in eccesso durante il periodo di rodaggio o, nel caso di lubrificazione ad olio, semplificano l'afflusso del lubrificante.

Nei cuscinetti a sezione sottile, la serie NN39 è maggiormente diffusa rispetto alla serie NN49, grazie ad una maggiore stabilità dei corpi volventi ed una minore generazione di calore. Per questo tipo di cuscinetti, la gabbia più diffusa è quella massiccia in ottone. Per la serie NN30, NSK è in grado di offrire anche una gabbia in resina PPS guidata sui rulli, mentre per la serie N10 ad una corona di rulli ad altissima velocità è disponibile una gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno.

Tipo Cuscinetto	Simbolo gabbia	Caratteristiche	Gamma disponibile
NN	MB	Gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli	NN3005-NN3040 NN3920-NN3956 NN4920-NN4940
	TB	Gabbia in resina PPS guidata sui rulli	NN3006-NN3026
NNU	MB	Gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli	NNU4920-NNU4940
N	MR	Gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli	N1006-N1028
	TP	Gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno	N1009-N1017

Caratteristiche del foro e della gola di lubrificazione

Fig. 2.1



Versione con foro cilindrico

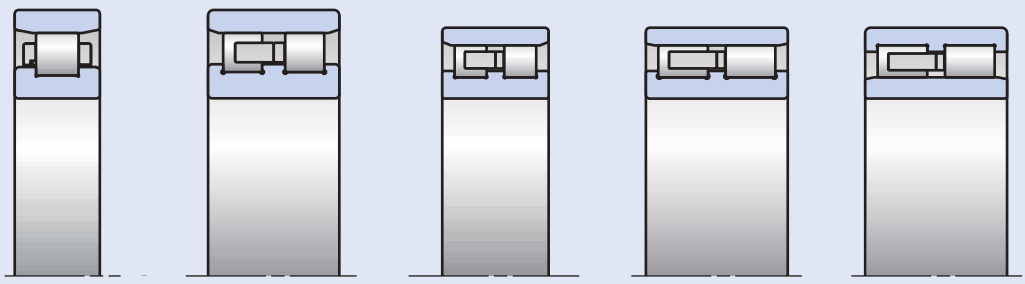
Versione con foro conico

Anello esterno con gola e fori di lubrificazione (suffisso E44)

I cuscinetti ad una corona ed a due corone di rulli cilindrici sono disponibili sia con foro cilindrico che con foro conico.
I cuscinetti a due corone di rulli cilindrici sono disponibili con la gola ed i fori di lubrificazione (migliore soluzione per lubrificazione ad olio).

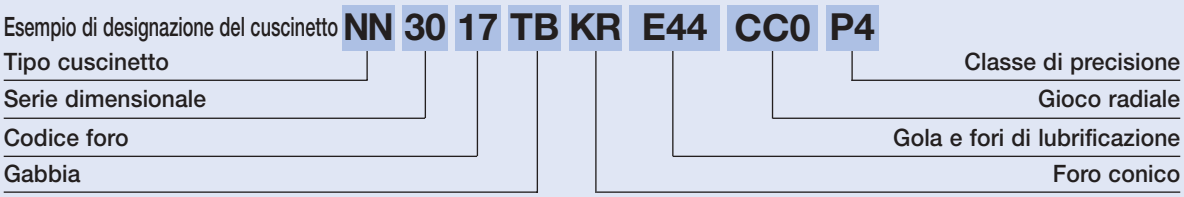
Tipi di cuscinetti e serie dimensionali

Fig. 2.2



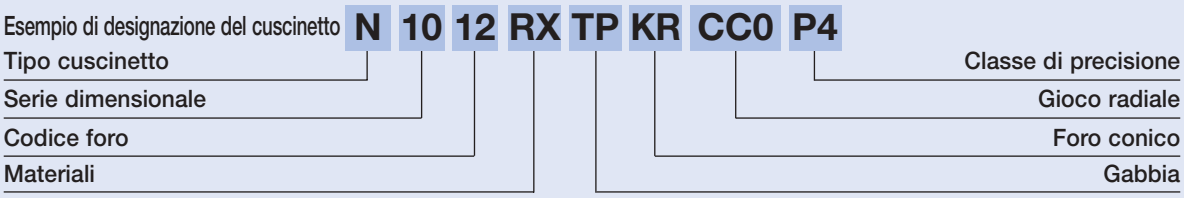
N10 NN30 NN39 NN49 NNU49

Sistema di designazione dei Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici (Serie ad Elevata Rigidezza)



			Pagine
NN	Tipo cuscinetto	NN: cuscinetto a due corone di rulli cilindrici con tre orletti di ritegno sull'anello interno NNU: cuscinetto a due corone di rulli cilindrici con tre orletti di ritegno sull'anello esterno	40-41, 78
30	Serie dimensionale	30: serie ISO 30; 39: serie ISO 39; 49: serie ISO 49	40-41, 78
17	Foro	Moltiplicare x 5 per ottenere il diametro foro in mm	80-83
MB	Gabbia	TB: gabbia in resina PPS guidata sui rulli; temperatura massima di esercizio = 220°C MB: gabbia massiccia in ottone; temperatura massima di esercizio = 300°C	16-17, 22-23
KR	Foro conico	Nessun simbolo: foro cilindrico KR: conicità 1/12	162-163
E44	Fori di lubrificazione	Nessun simbolo: senza gola e fori di lubrificazione sull'anello esterno E44: con gola e fori di lubrificazione sull'anello esterno	80-83
CC0	Gioco radiale	CC1: gioco radiale standard per cuscinetti con foro cilindrico CC0: gioco radiale standard per cuscinetti con foro conico CCG: gioco radiale speciale	40-41, 151
P4	Classe di precisione	P2: classe di precisione ISO 2; P4: classe di precisione ISO 4; P4Y: classe di precisione speciale (tolleranza del foro e diametro esterno secondo specifiche NSK; tutti gli altri valori secondo classe ISO 4)	133, 158-163

Sistema di designazione dei Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici (Serie Standard e Serie ROBUST)



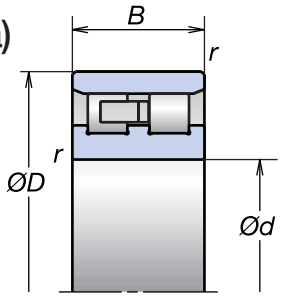
			Pagine
N	Tipo cuscinetto	N: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici con due orletti di ritegno sull'anello interno	40-41, 78
10	Serie dimensionale	10: serie ISO 10	40-41, 78
12	Foro	moltiplicare x 5 per ottenere il diametro foro in mm	84-85
RX	Materiale	Nessun simbolo: cuscinetto a rulli cilindrici standard (anelli e rulli sono in acciaio per cuscinetti SUJ2). RS-RX-RXH: cuscinetto ad una corona di rulli cilindrici per altissima velocità (serie ROBUST):	12-15, 22-23

Versione	Materiale	
	Anelli	Corpi volventi
RS	Acciaio per cuscinetti (SUJ2)	Acciaio per cuscinetti (SUJ2)
RX	Acciaio speciale (SHX)	Acciaio speciale (SHX)
RXH	Acciaio speciale (SHX)	Ceramica (Si_3N_4)

TP	Gabbia	TP: gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno; temperatura massima di esercizio = 240°C MR: gabbia massiccia in ottone guidata sui rulli; temperatura massima di esercizio = 300°C	16-17
KR	Foro conico	Nessun simbolo: foro cilindrico KR: conicità 1/12	162-163
CC0	Gioco radiale	CC1: gioco radiale standard per cuscinetti con foro cilindrico CC0: gioco radiale standard per cuscinetti con foro conico CCG: gioco radiale speciale	40-41, 151
P4	Classe di precisione	P2: classe di precisione ISO 2; P4: classe di precisione ISO 4; P4Y: classe di precisione speciale (tolleranza del foro e diametro esterno secondo specifiche NSK; tutti gli altri valori secondo classe ISO 4)	133, 158-163

2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI

Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici (Serie ad Alta Rigidezza)



Foro cilindrico

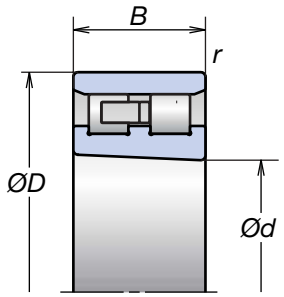
Serie 30

(Diametro foro 25-200 mm)

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
NN3005MBKR	**25**	**47**	**16**	0,6	25,8	30,0	0,127	20 900	25 000
NN3006MBKR	**30**	**55**	**19**	1,0	31,0	37,0	0,198	17 700	21 200
NN3006TBKR	**30**	**55**	**19**	1,0	31,0	37,0	0,172	20 000	23 600
NN3007MBKR	**35**	**62**	**20**	1,0	39,5	50,0	0,258	15 500	18 600
NN3007TBKR	**35**	**62**	**20**	1,0	39,5	50,0	0,224	17 600	20 700
NN3008MBKR	**40**	**68**	**21**	1,0	43,5	55,5	0,309	13 900	16 700
NN3008TBKR	**40**	**68**	**21**	1,0	43,5	55,5	0,283	15 800	18 600
NN3009MBKR	**45**	**75**	**23**	1,0	52,0	68,5	0,407	12 500	15 000
NN3009TBKR	**45**	**75**	**23**	1,0	52,0	68,5	0,373	14 200	16 700
NN3010MBKR	**50**	**80**	**23**	1,0	53,0	72,5	0,436	11 600	13 900
NN3010TBKR	**50**	**80**	**23**	1,0	53,0	72,5	0,402	13 100	15 400
NN3011MBKR	**55**	**90**	**26**	1,1	69,5	96,5	0,647	10 400	12 500
NN3011TBKR	**55**	**90**	**26**	1,1	69,5	96,5	0,592	11 800	13 800
NN3012MBKR	**60**	**95**	**26**	1,1	73,5	106,0	0,693	9 700	11 700
NN3012TBKR	**60**	**95**	**26**	1,1	73,5	106,0	0,635	11 000	13 000
NN3013MBKR	**65**	**100**	**26**	1,1	77,0	116,0	0,741	9 100	11 000
NN3013TBKR	**65**	**100**	**26**	1,1	77,0	116,0	0,681	10 400	12 200
NN3014MBKR	**70**	**110**	**30**	1,1	94,5	143,0	1,060	8 400	10 000
NN3014TBKR	**70**	**110**	**30**	1,1	94,5	143,0	0,988	9 500	11 200
NN3015MBKR	**75**	**115**	**30**	1,1	96,5	149,0	1,110	7 900	9 500
NN3015TBKR	**75**	**115**	**30**	1,1	96,5	149,0	1,030	9 000	10 600
NN3016MBKR	**80**	**125**	**34**	1,1	119,0	186,0	1,540	7 400	8 800
NN3016TBKR	**80**	**125**	**34**	1,1	119,0	186,0	1,440	8 300	9 800
NN3017MBKR	**85**	**130**	**34**	1,1	122,0	194,0	1,630	7 000	8 400
NN3017TBKR	**85**	**130**	**34**	1,1	122,0	194,0	1,520	8 000	9 400

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

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



Foro conico

Serie 30 (seguito)

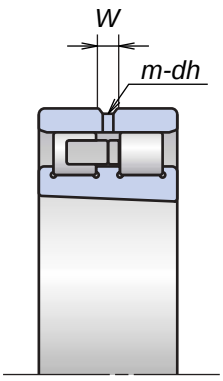
Codice cuscinetto	Dimensioni (mm)				Capacità di carico (kN)		Massa (kg)	Velocità limite(1) (min^{-1})	
	d	*D*	*B*	*r*	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)	(circa)	Grasso	Olio
NN3018MBKR	**90**	**140**	**37**	1,5	143	228	2,090	6 600	7 900
NN3018TBKR	**90**	**140**	**37**	1,5	143	228	1,930	7 400	8 700
NN3019MBKR	**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
NN3020MBKR	**100**	**150**	**37**	1,5	149	247	2,280	6 000	7 200
NN3020TBKR	**100**	**150**	**37**	1,5	149	247	2,120	6 800	8 000
NN3021MBKR	**105**	**160**	**41**	2,0	192	310	2,880	5 700	6 800
NN3021TBKR	**105**	**160**	**41**	2,0	192	310	2,690	6 500	7 600
NN3022MBKR	**110**	**170**	**45**	2,0	222	360	3,710	5 400	6 500
NN3022TBKR	**110**	**170**	**45**	2,0	222	360	3,440	6 100	7 200
NN3024MBKR	**120**	**180**	**46**	2,0	233	390	4,040	5 000	6 000
NN3024TBKR	**120**	**180**	**46**	2,0	233	390	3,750	5 700	6 700
NN3026MBKR	**130**	**200**	**52**	2,0	284	475	5,880	4 600	5 500
NN3026TBKR	**130**	**200**	**52**	2,0	284	475	5,470	5 200	6 100
NN3028MBKR	**140**	**210**	**53**	2,0	298	515	6,340	4 300	5 200
NN3030MBKR	**150**	**225**	**56**	2,1	335	585	7,760	4 000	4 800
NN3032MBKR	**160**	**240**	**60**	2,1	375	660	9,410	3 800	4 500
NN3034MBKR	**170**	**260**	**67**	2,1	450	805	12,800	3 500	4 200
NN3036MBKR	**180**	**280**	**74**	2,1	565	995	16,800	3 300	4 000
NN3038MBKR	**190**	**290**	**75**	2,1	595	1 080	17,800	3 200	3 800
NN3040MBKR	**200**	**310**	**82**	2,1	655	1 170	22,700	3 000	3 600

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

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

Dimensioni dei fori di lubrificazione (suffisso E44) Unità: mm

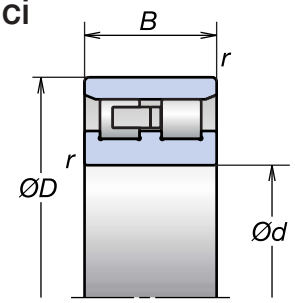
Larghezza anello esterno		Foro di lubrificazione *dh*	Larghezza gola di lubrificazione *W*	Numero dei fori di lubrificazione *m*
oltre	fino a			
–	30	2,0	3,5	4
30	40	2,5	5,0	
40	50	3,0	6,0	
50	60	4,0	8,0	
60	80	5,0	9,0	
80	120	6,0	12,0	
120	160	8,0	15,0	
160	200	10,0	18,0	
200	–	12,0	20,0	



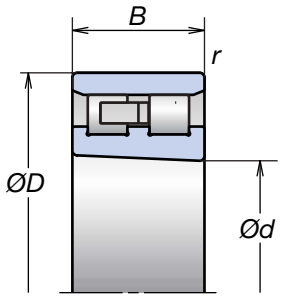
Per informazioni aggiuntive: Pagina
- Carico dinamico equivalente 121
- Carico statico equivalente 128
- Gioco radiale 151
- Dimensioni delle parti adiacenti ...168
- Posizione degli ugelli di lubrificazione .174
- Quantità di riempimento di grasso ..157

2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI

Cuscinetti a Due Corone di Rulli Cilindrici (Serie ad Alta Rigidezza)



*NN39 Foro cilindrico



NN39 Foro conico

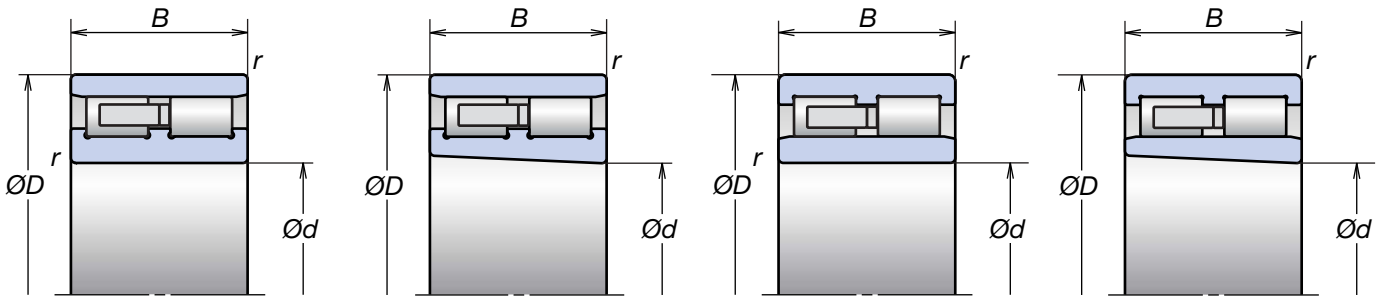
Serie 39

(Diametro foro 100-200 mm)

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
NN3920MBKR	**100**	**140**	**30**	1,1	106	182	1,32	6 300	7 500
NN3921MBKR	**105**	**145**	**30**	1,1	110	194	1,50	6 000	7 200
NN3922MBKR	**110**	**150**	**30**	1,1	114	207	1,41	5 800	7 000
NN3924MBKR	**120**	**165**	**34**	1,1	138	251	1,99	5 300	6 400
NN3926MBKR	**130**	**180**	**37**	1,5	173	325	2,64	4 900	5 900
NN3928MBKR	**140**	**190**	**37**	1,5	201	375	2,97	4 600	5 500
NN3930MBKR	**150**	**210**	**45**	2,0	262	490	4,47	4 200	5 000
NN3932MBKR	**160**	**220**	**45**	2,0	271	520	4,75	4 000	4 800
NN3934MBKR	**170**	**230**	**45**	2,0	280	550	5,01	3 800	4 500
NN3936MBKR	**180**	**250**	**52**	2,0	340	655	7,76	3 500	4 200
NN3938MBKR	**190**	**260**	**52**	2,0	345	680	7,46	3 400	4 000
NN3940MBKR	**200**	**280**	**60**	2,1	420	815	10,60	3 200	3 800
NN3944MBKR	**220**	**300**	**60**	2,1	440	895	11,40	2 900	3 500
NN3948MBKR	**240**	**320**	**60**	2,1	460	975	12,10	2 700	3 300
NN3952MBKR	**260**	**360**	**75**	2,1	670	1 380	21,40	2 500	3 000
NN3956MBKR	**280**	**380**	**75**	2,1	695	1 460	22,70	2 300	2 800

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

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



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

Serie 49

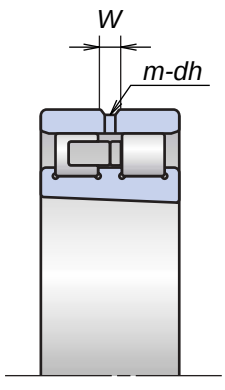
(Diametro foro 100-200 mm)

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
NN4920MBKR	**100**	**140**	**40**	1,1	155	295	1,76	6 300	7 500
NNU4920MBKR	**100**	**140**	**40**	1,1	155	295	1,90	6 300	7 500
NN4921MBKR	**105**	**145**	**40**	1,1	161	315	2,00	6 000	7 200
NNU4921MBKR	**105**	**145**	**40**	1,1	161	315	1,99	6 000	7 200
NN4922MBKR	**110**	**150**	**40**	1,1	167	335	2,10	5 800	7 000
NNU4922MBKR	**110**	**150**	**40**	1,1	167	335	2,07	5 800	7 000
NN4924MBKR	**120**	**165**	**45**	1,1	183	360	2,87	5 300	6 400
NNU4924MBKR	**120**	**165**	**45**	1,1	183	360	2,85	5 300	6 400
NN4926MBKR	**130**	**180**	**50**	1,5	274	545	3,84	4 900	5 900
NNU4926MBKR	**130**	**180**	**50**	1,5	274	545	3,85	4 900	5 900
NN4928MBKR	**140**	**190**	**50**	1,5	283	585	4,07	4 600	5 500
NNU4928MBKR	**140**	**190**	**50**	1,5	283	585	4,08	4 600	5 500
NN4930MBKR	**150**	**210**	**60**	2,0	350	715	6,36	4 200	5 000
NNU4930MBKR	**150**	**210**	**60**	2,0	350	715	6,39	4 200	5 000
NN4932MBKR	**160**	**220**	**60**	2,0	365	760	6,77	4 000	4 800
NNU4932MBKR	**160**	**220**	**60**	2,0	365	760	6,76	4 000	4 800
NN4934MBKR	**170**	**230**	**60**	2,0	375	805	7,13	3 800	4 500
NNU4934MBKR	**170**	**230**	**60**	2,0	375	805	7,12	3 800	4 500
NN4936MBKR	**180**	**250**	**69**	2,0	480	1 020	10,40	3 500	4 200
NNU4936MBKR	**180**	**250**	**69**	2,0	480	1 020	10,40	3 500	4 200
NN4938MBKR	**190**	**260**	**69**	2,0	485	1 060	10,90	3 400	4 000
NNU4938MBKR	**190**	**260**	**69**	2,0	485	1 060	10,90	3 400	4 000
NN4940MBKR	**200**	**280**	**80**	2,1	570	1 220	15,30	3 200	3 800
NNU4940MBKR	**200**	**280**	**80**	2,1	570	1 220	15,30	3 200	3 800

(1) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.
* Per cuscinetti con foro cilindrico, rimuovere il suffisso KR.

Dimensioni dei fori di lubrificazione (suffisso E44) Unità: mm

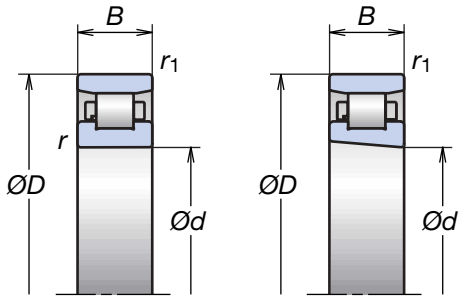
Larghezza anello esterno		Foro di lubrificazione *dh*	Larghezza gola di lubrificazione *W*	Numero dei fori di lubrificazione *m*
oltre	fino a			
–	30	2	3,5	4
30	40	2	5,0	
40	50	3	6,0	
50	60	4	8,0	
60	80	5	9,0	
80	120	6	12,0	
120	160	8	15,0	
160	200	10	18,0	
200	–	12	20,0	



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

2. CUSCINETTI A RULLI CILINDRICI

Cuscinetti ad Una Corona di Rulli Cilindrici (Serie Standard)



*Foro cilindrico Foro conico

Serie 10

(Diametro foro 30-140 mm)

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
N1006MR1KR	**30**	**55**	**13**	1,0	0,6	19,7	19,6	0,133	19 000	31 000
N1007MRKR	**35**	**62**	**14**	1,0	0,6	22,6	23,2	0,153	17 000	27 000
N1008MRKR	**40**	**68**	**15**	1,0	0,6	27,3	29,0	0,192	15 000	25 000
N1009MRKR	**45**	**75**	**16**	1,0	0,6	32,5	35,5	0,318	14 000	22 000
N1010MRKR	**50**	**80**	**16**	1,0	0,6	32,0	36,0	0,339	13 000	20 000
N1011BMR1KR	**55**	**90**	**18**	1,1	1,0	37,5	44,0	0,487	12 000	18 000
N1012BMR1KR	**60**	**95**	**18**	1,1	1,0	40,0	48,5	0,519	11 000	17 000
N1013BMR1KR	**65**	**100**	**18**	1,1	1,0	41,0	51,0	0,541	10 000	16 000
N1014BMR1KR	**70**	**110**	**20**	1,1	1,0	50,0	63,0	0,752	9 000	15 000
N1015MRKR	**75**	**115**	**20**	1,1	1,0	60,0	74,5	0,935	8 500	13 700
N1016BMR1KR	**80**	**125**	**22**	1,1	1,0	63,5	82,0	1,038	7 900	12 700
N1017BMR1KR	**85**	**130**	**22**	1,1	1,0	65,0	86,0	1,067	7 500	12 100
N1018MRKR	**90**	**140**	**24**	1,5	1,1	88,0	114,0	1,200	7 000	11 400
N1019BMR1KR	**95**	**145**	**24**	1,5	1,1	83,0	114,0	1,260	6 700	10 900
N1020MRKR	**100**	**150**	**24**	1,5	1,1	93,0	126,0	1,320	6 400	10 400
N1021MRKR	**105**	**160**	**26**	2,0	1,1	109,0	149,0	1,670	6 100	9 900
N1022BMR1KR	**110**	**170**	**28**	2,0	1,1	126,0	173,0	2,070	5 800	9 300
N1024MRKR	**120**	**180**	**28**	2,0	1,1	139,0	191,0	2,190	5 400	8 700
N1026MRKR	**130**	**200**	**33**	2,0	1,1	172,0	238,0	3,320	4 900	7 900
N1028BMR1KR	**140**	**210**	**33**	2,0	1,1	164,0	240,0	3,810	4 600	7 500

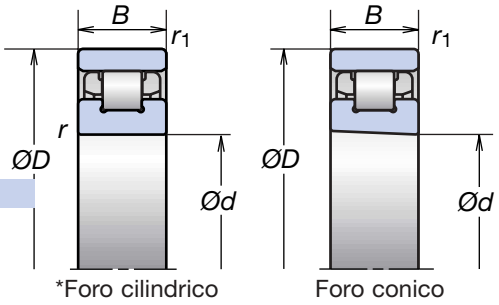
(1) Per l'applicazione della velocità limite, consultare pagina 152.

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

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.

3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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 Sf

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

Caratteristiche

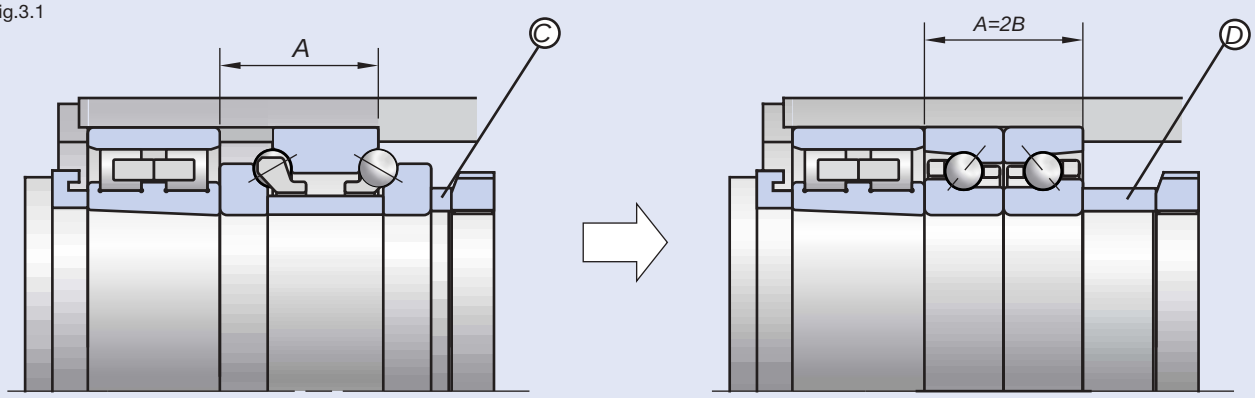
Nei mandrini delle macchine utensili viene richiesta elevata velocità di rotazione ed elevata rigidezza per i cuscinetti a sfere abbinati ai cuscinetti a due corone di rulli cilindrici. NSK fornisce tre tipologie diverse di cuscinetti per queste applicazioni, per offrire il prodotto più idoneo alle caratteristiche della macchina utensile.

Tutte le tre tipologie prevedono una tolleranza speciale del diametro esterno (classe P4A e classe P2A) per garantire gioco tra l'anello esterno e l'alloggiamento e quindi non trasferire carichi radiali sui cuscinetti. La Serie NSK ROBUST™ di cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per alte velocità garantisce elevate velocità di rotazione mantenendo un'elevata rigidezza. La dimensione dei corpi volventi ed il loro numero sono identici a quelli adottati nella serie TAC. La serie BTR prevede l'angolo di contatto di 40° e la Serie BAR prevede l'angolo di contatto pari a 30°. Il risultato è una velocità di rotazione superiore, minimizzando l'innalzamento di temperatura.

Intercambiabilità

I clienti possono sostituire facilmente i cuscinetti della Serie TAC20X con quelli della Serie BAR o BTR senza modificare le dimensioni dell'albero e dell'alloggiamento del mandrino della macchina utensile. Entrambi i tipi di cuscinetti prevedono un'unica larghezza tale da dover realizzare solo un nuovo distanziale (D), al posto del vecchio distanziale (C) (Vedi Fig. 3.1).

Fig.3.1



Angolo di contatto

Visto il diverso angolo di contatto, la rigidezza offerta dai cuscinetti della Serie TAC è la più elevata, seguita dalla Serie BTR e quindi dalla Serie BAR che ha il valore di rigidezza inferiore. Per l'innalzamento della temperatura, l'ordine dei valori è inverso.
Assicurarsi di selezionare il prodotto che meglio soddisfi i requisiti applicativi della vostra specifica applicazione.

Fig. 3.2

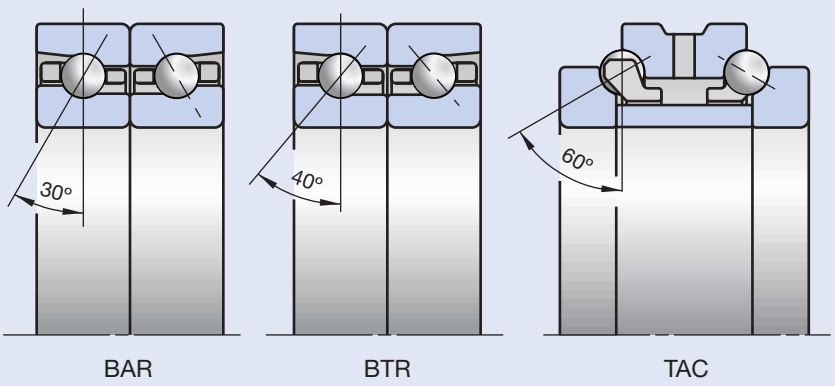
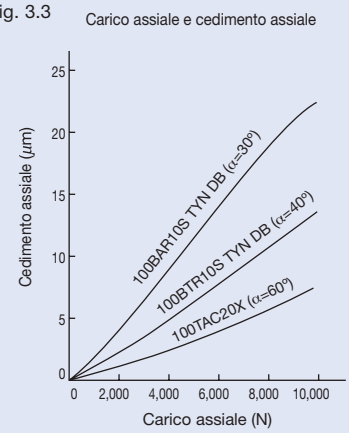
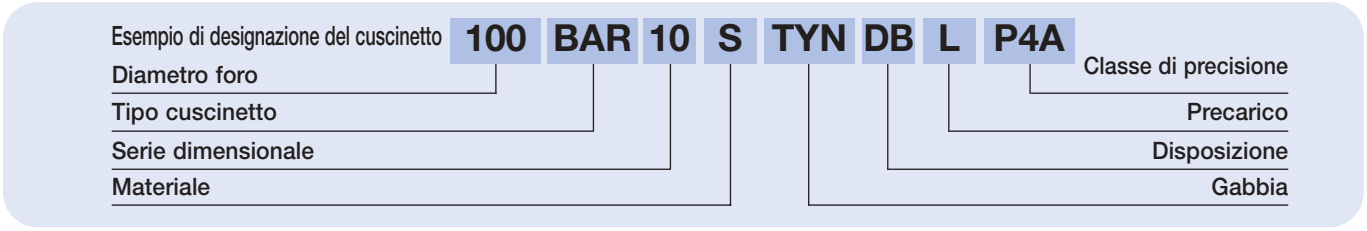


Fig. 3.3

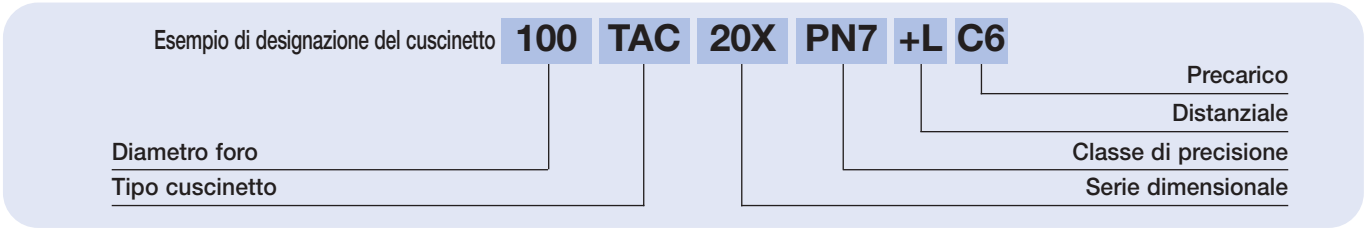


Sistema di designazione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Alte Velocità (Serie ROBUST™)



			Pagine
100	Foro	Diametro foro (mm)	90-93
BAR	Tipo cuscinetto	BAR: angolo di contatto 30° BTR: angolo di contatto 40°	24, 38-39, 88
10	Serie dimensionale	10: serie ISO 10 (foro e diametro esterno, ma larghezza secondo specifiche dimensionali NSK)	38-39, 88
S	Materiale	S: acciaio per cuscinetti (SUJ2) H: sfere in ceramica (Si_3N_4)	12-15, 24
TYN	Gabbia	Nessun simbolo: gabbia massiccia in ottone TYN: gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere; velocità limite d_mn =1.400.000; temperatura massima di esercizio = 120° C (solo per la serie ISO 10, fino al diametro foro 150 mm)	16-17
DB	Disposizione	DB: disposizione dorso-dorso	38-39, 130-133
L	Precarico	EL: precarico extra leggero; L: precarico leggero CP: precarico speciale; CA: gioco assiale speciale	38-39, 134-137, 148
P4A	Classe di precisione	P2A (classe di precisione ISO 2 eccetto il diametro esterno) P4A (classe di precisione ISO 4 eccetto il diametro esterno)	164

Sistema di designazione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Doppio Effetto a Contatto Obliquo (Serie TAC)



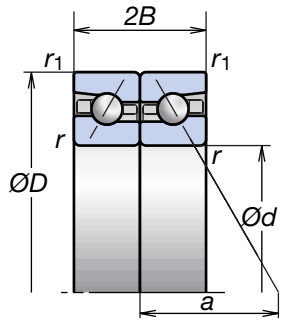
			Pagine
100	Foro	Diametro foro (mm)	94-95
TAC	Tipo cuscinetto	Cuscinetto assiale a sfere a doppio effetto a contatto obliquo: angolo di contatto 60°	24, 38-39, 88
20X	Serie dimensionale	20X: da utilizzare in combinazione con i cuscinetti della serie NN30 29X: da utilizzare in combinazione con i cuscinetti della serie NN39 e NN49	38-39, 88
PN7	Classe di precisione	PN7: classe di precisione speciale	164
+L	Distanziale	Distanziale sull anello interno	–
C6	Precarico	C6: precarico standard per lubrificazione a grasso C7: precarico standard per lubrificazione ad olio	38-39, 134-137, 149

3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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

Serie BAR 10
Serie BTR 10

Diametro foro 50-105 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*	*2B*	*r* (min)	r_1 (min)	C_a (Dinamico)	C_{oa} (Statico)				Grasso	Olio
50BAR10S	**50**	**80**	**28,5**	1,0	0,6	14,7	27,7	18,4	25,7	0,272	11 600	14 700
50BAR10H	**50**	**80**	**28,5**	1,0	0,6			12,6		0,257	13 100	16 200
50BTR10S	**50**	**80**	**28,5**	1,0	0,6	17,4	31,5	21,5	34,1	0,272	10 000	13 100
50BTR10H	**50**	**80**	**28,5**	1,0	0,6			15,5		0,257	11 600	14 700
55BAR10S	**55**	**90**	**33,0**	1,1	0,6	18,2	35,0	23,4	28,9	0,412	10 400	13 200
55BAR10H	**55**	**90**	**33,0**	1,1	0,6			16,0		0,391	11 800	14 500
55BTR10S	**55**	**90**	**33,0**	1,1	0,6	21,6	40,0	26,4	38,3	0,412	9 000	11 800
55BTR10H	**55**	**90**	**33,0**	1,1	0,6			19,7		0,391	10 400	13 200
60BAR10S	**60**	**95**	**33,0**	1,1	0,6	18,9	38,0	25,5	30,4	0,420	9 700	12 300
60BAR10H	**60**	**95**	**33,0**	1,1	0,6			17,5		0,397	11 000	13 600
60BTR10S	**60**	**95**	**33,0**	1,1	0,6	22,4	43,5	25,8	40,4	0,420	8 400	11 000
60BTR10H	**60**	**95**	**33,0**	1,1	0,6			21,5		0,397	9 700	12 300
65BAR10S	**65**	**100**	**33,0**	1,1	0,6	19,5	41,5	27,7	31,8	0,447	9 100	11 600
65BAR10H	**65**	**100**	**33,0**	1,1	0,6			19,0		0,406	10 400	12 800
65BTR10S	**65**	**100**	**33,0**	1,1	0,6	23,1	47,0	27,3	42,5	0,447	7 900	10 400
65BTR10H	**65**	**100**	**33,0**	1,1	0,6			23,3		0,406	9 100	11 600
70BAR10S	**70**	**110**	**36,0**	1,1	0,6	26,9	55,0	37,5	34,7	0,601	8 400	10 600
70BAR10H	**70**	**110**	**36,0**	1,1	0,6			25,5		0,561	9 500	11 700
70BTR10S	**70**	**110**	**36,0**	1,1	0,6	32,0	63,0	35,0	46,3	0,601	7 300	9 500
70BTR10H	**70**	**110**	**36,0**	1,1	0,6			31,5		0,561	8 400	10 600
75BAR10S	**75**	**115**	**36,0**	1,1	0,6	27,3	58,0	39,0	36,1	0,634	7 900	10 000
75BAR10H	**75**	**115**	**36,0**	1,1	0,6			26,7		0,592	9 000	11 100
75BTR10S	**75**	**115**	**36,0**	1,1	0,6	32,5	65,5	36,5	48,4	0,634	6 900	9 000
75BTR10H	**75**	**115**	**36,0**	1,1	0,6			33,0		0,592	7 900	10 000

(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 $\alpha = 30°$
BTR10: angolo di contatto nominale $\alpha = 40°$

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_{oa} (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

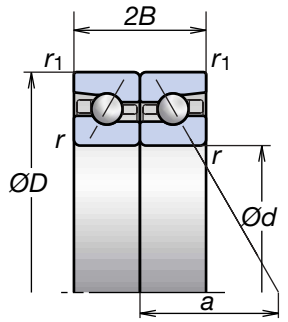
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pag. 129.

(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 α = 30°
BTR10: angolo di contatto nominale α = 40°

3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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



Serie BAR 10
Serie BTR 10

Diametro foro 110-200 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*	*2B*	*r* (min)	r_1 (min)	C_a (Dinamico)	C_{oa} (Statico)				Grasso	Olio
110BAR10S	**110**	**170**	**54,0**	2,0	1,0	55,5	131	89,0	53,9	2,11	5 400	6 800
110BAR10H	**110**	**170**	**54,0**	2,0	1,0			60,5		1,972	6 100	7 500
110BTR10S	**110**	**170**	**54,0**	2,0	1,0	66,0	148	82,5	72,2	2,110	4 700	6 100
110BTR10H	**110**	**170**	**54,0**	2,0	1,0			74,5		1,972	5 400	6 800
120BAR10S	**120**	**180**	**54,0**	2,0	1,0	57,0	141	96,0	56,8	2,262	5 000	6 400
120BAR10H	**120**	**180**	**54,0**	2,0	1,0			65,5		2,114	5 700	7 000
120BTR10S	**120**	**180**	**54,0**	2,0	1,0	68,0	160	88,5	76,4	2,262	4 400	5 700
120BTR10H	**120**	**180**	**54,0**	2,0	1,0			80,5		2,114	5 000	6 400
130BAR10S	**130**	**200**	**63,0**	2,0	1,0	72,5	172	117,0	63,4	3,362	4 600	5 800
130BAR10H	**130**	**200**	**63,0**	2,0	1,0			79,5		3,148	5 200	6 400
130BTR10S	**130**	**200**	**63,0**	2,0	1,0	86,0	195	106,0	85,0	3,362	4 000	5 200
130BTR10H	**130**	**200**	**63,0**	2,0	1,0			98,0		3,148	4 600	5 800
140BAR10S	**140**	**210**	**63,0**	2,0	1,0	78,5	200	135,0	66,2	3,558	4 300	5 500
140BTR10S	**140**	**210**	**63,0**	2,0	1,0	93,0	227	84,0	89,1	3,558	3 800	4 900
150BAR10S	**150**	**225**	**67,5**	2,1	1,1	92,5	234	160,0	71,0	4,354	4 000	5 100
150BTR10S	**150**	**225**	**67,5**	2,1	1,1	110,0	267	165,0	95,5	4,354	3 500	4 600
160BAR10S	**160**	**240**	**72,0**	2,1	1,1	98,5	250	104,0	75,7	5,640	3 800	4 800
160BTR10S	**160**	**240**	**72,0**	2,1	1,1	117,0	284	184,0	101,9	5,640	3 300	4 300
170BAR10S	**170**	**260**	**81,0**	2,1	1,1	115,0	295	207,0	82,3	7,900	3 500	4 500
170BTR10S	**170**	**260**	**81,0**	2,1	1,1	136,0	335	220,0	110,5	7,900	3 100	4 000
180BAR10S	**180**	**280**	**90,0**	2,1	1,1	151,0	385	262,0	88,8	10,200	3 300	4 200
180BTR10S	**180**	**280**	**90,0**	2,1	1,1	179,0	440	255,0	118,9	10,200	2 900	3 700
190BAR10S	**190**	**290**	**90,0**	2,1	1,1	151,0	390	273,0	91,8	10,700	3 200	4 000
190BTR10S	**190**	**290**	**90,0**	2,1	1,1	179,0	445	281,0	123,2	10,700	2 800	3 600
200BAR10S	**200**	**310**	**99,0**	2,1	1,1	169,0	444	300,0	98,3	13,800	3 000	3 800
200BTR10S	**200**	**310**	**99,0**	2,1	1,1	201,0	505	310,0	131,7	13,800	2 600	3 400

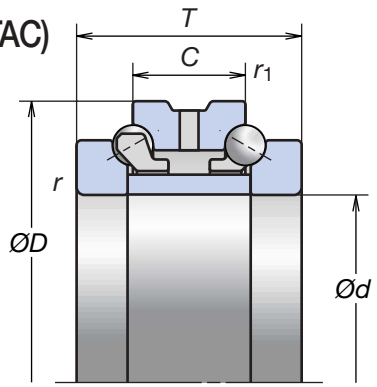
(1) Per il carico assiale ammissibile, consultare pag. 129.

(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 α = 30°
BTR10: angolo di contatto nominale α = 40°

3. CUSCINETTI ASSIALI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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



Serie TAC 29X
Serie TAC 20X

Diametro foro 35-280 mm

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
35TAC20X+L	**35**	**62**	**34**	**17**	1,0	0,6	22,8	53,5	0,375	10 000	11 000
40TAC20X+L	**40**	**68**	**36**	**18**	1,0	0,6	23,6	59,0	0,460	9 000	10 000
45TAC20X+L	**45**	**75**	**38**	**19**	1,0	0,6	26,3	67,5	0,580	8 000	9 000
50TAC20X+L	**50**	**80**	**38**	**19**	1,0	0,6	27,2	74,0	0,625	7 000	8 000
55TAC20X+L	**55**	**90**	**44**	**22**	1,1	0,6	33,5	94,0	0,945	6 300	6 900
60TAC20X+L	**60**	**95**	**44**	**22**	1,1	0,6	35,0	102,0	1,000	5 900	6 500
65TAC20X+L	**65**	**100**	**44**	**22**	1,1	0,6	36,0	110,0	1,080	5 500	6 100
70TAC20X+L	**70**	**110**	**48**	**24**	1,1	0,6	49,5	146,0	1,460	5 000	5 600
75TAC20X+L	**75**	**115**	**48**	**24**	1,1	0,6	50,0	152,0	1,550	4 800	5 300
80TAC20X+L	**80**	**125**	**54**	**27**	1,1	0,6	59,0	181,0	2,110	4 400	4 900
85TAC20X+L	**85**	**130**	**54**	**27**	1,1	0,6	59,5	189,0	2,210	4 200	4 700
90TAC20X+L	**90**	**140**	**60**	**30**	1,5	1,0	78,5	246,0	2,930	4 000	4 400
95TAC20X+L	**95**	**145**	**60**	**30**	1,5	1,0	79,5	256,0	3,050	3 800	4 200
100TAC29X+L	**100**	**140**	**48**	**24**	1,1	0,6	55,0	196,0	1,950	3 800	4 200
100TAC20X+L	**100**	**150**	**60**	**30**	1,5	1,0	80,5	267,0	3,200	3 600	4 000
105TAC29X+L	**105**	**145**	**48**	**24**	1,1	0,6	56,5	208,0	2,040	3 600	4 000
105TAC20X+L	**105**	**160**	**66**	**33**	2,0	1,0	91,5	305,0	4,100	3 400	3 800
110TAC29X+L	**110**	**150**	**48**	**24**	1,1	0,6	57,0	215,0	2,120	3 500	3 900
110TAC20X+L	**110**	**170**	**72**	**36**	2,0	1,0	103,0	350,0	5,150	3 300	3 600
120TAC29X+L	**120**	**165**	**54**	**27**	1,1	0,6	66,5	256,0	2,940	3 200	3 600
120TAC20X+L	**120**	**180**	**72**	**36**	2,0	1,0	106,0	375,0	5,500	3 000	3 400
130TAC29X+L	**130**	**180**	**60**	**30**	1,5	1,0	79,5	315,0	3,950	3 000	3 300
130TAC20X+L	**130**	**200**	**84**	**42**	2,0	1,0	134,0	455,0	8,200	2 800	3 100

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

Nota: TAC29X: angolo di contatto nominale $\alpha = 60°$

TAC20X: angolo di contatto nominale $\alpha = 60°$

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 TAC 29X
Serie TAC 20X

(seguito)

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_{oa} (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 α = 60°
TAC20X: angolo di contatto nominale α = 60°

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

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

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

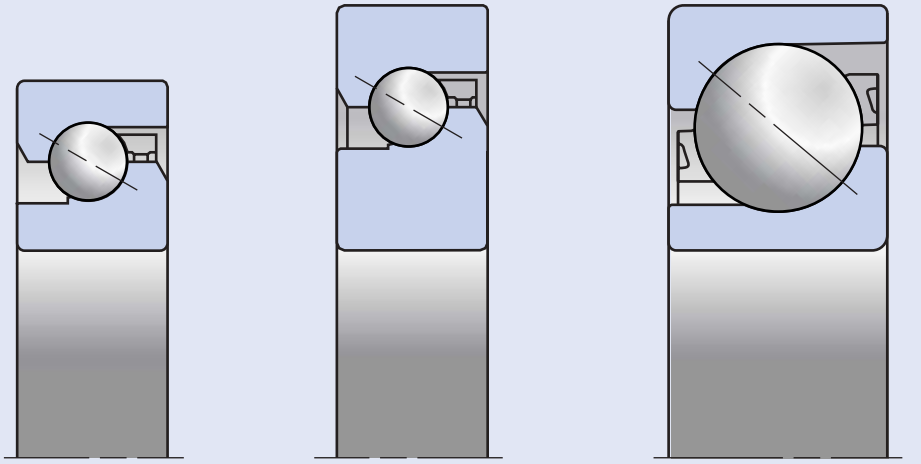
Le serie TAC 02 e TAC 03 sono costituite da cuscinetti a sfere a contatto obliquo tipicamente impiegati come supporto delle viti a ricircolazione di sfere di grosse dimensioni, che operano in condizione di elevati carichi dovuti ai meccanismi di azionamento delle macchine per stampaggio ad iniezione. 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.

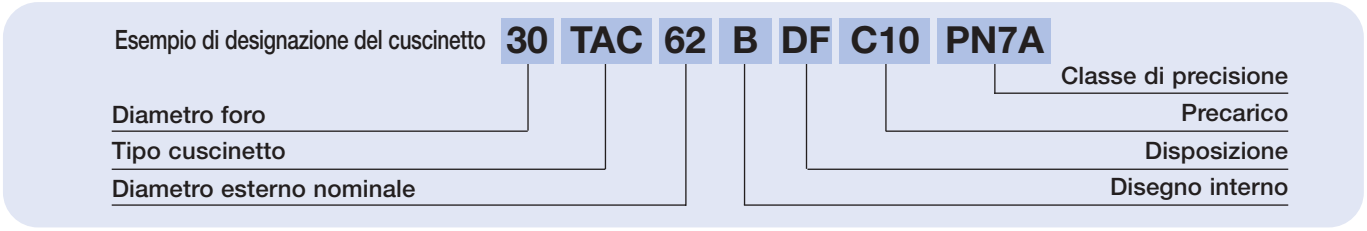
Le serie TAC 02 e 03 sono disegnate per soddisfare i requisiti di resistenza ai carichi elevati, mentre la serie TAC B è disegnata per permettere l'innalzamento della capacità di carico attraverso l'aumento del numero di corpi volventi ed alla larghezza dei cuscinetti.

Fig.4.1



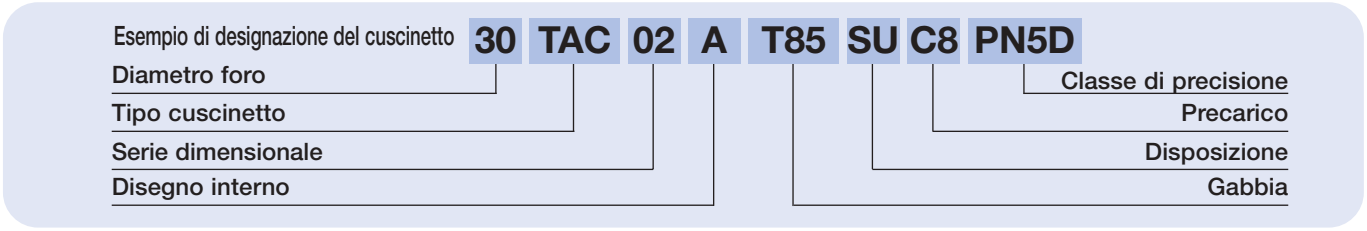
55TAC100B (Serie TAC B) | 55TAC120B (Serie TAC B) | 55TAC03A (Serie TAC 02 e 03)

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



			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 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) PN7B (classe di precisione ISO 4 eccetto il diametro del foro ed esterno secondo specifiche NSK. Solo per disposizione SU)	165

Sistema di designazione dei Cuscinetti Assiali a Sfere a Contatto Obliquo per Supporto Viti a Ricircolazione di Sfere (Macchine per Stampaggio ad Iniezione)

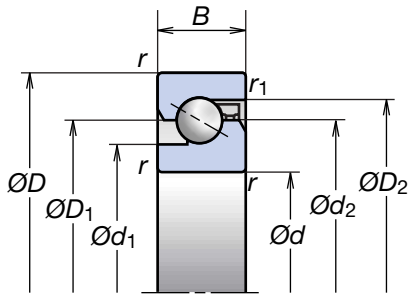


			Pagine
30	Foro	Diametro foro (mm)	102-103
TAC	Tipo cuscinetto	Cuscinetto assiale a sfere a contatto obliquo	27, 98
02	Serie dimensionale	02: serie ISO 02 03: serie ISO 03	98
A	Disegno interno		-
T85	Gabbia	T85: gabbia in resina poliammidica M: gabbia massiccia in ottone	-
SU	Disposizione	SU: singolo universale	130-133
C8	Precarico	C8: precarico standard	134-137, 150
PN5D	Classe di precisione	PN5D: classe di precisione standard (equivalente alla classe ISO 5)	165

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)	r1 (min)	d1	d2	D1	D2	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
30 TAC 62B	30	62	15	1,0	0,6	39,5	47	47	53,2	4 300	5 600
35 TAC 72B	35	72	15	1,0	0,6	47,0	55	55	60,7	3 600	5 000
40 TAC 72B	40	72	15	1,0	0,6	49,0	57	57	62,7	3 600	4 800
40 TAC 90B	40	90	20	1,0	0,6	57,0	68	68	77,2	3 000	4 000
45 TAC 75B	45	75	15	1,0	0,6	54,0	62	62	67,7	3 200	4 300
45 TAC 100B	45	100	20	1,0	0,6	64,0	75	75	84,2	2 600	3 600
50 TAC 100B	50	100	20	1,0	0,6	67,5	79	79	87,7	2 600	3 400
55 TAC 100B	55	100	20	1,0	0,6	67,5	79	79	87,7	2 600	3 400
55 TAC 120B	55	120	20	1,0	0,6	82,0	93	93	102,2	2 200	3 000
60 TAC 120B	60	120	20	1,0	0,6	82,0	93	93	102,2	2 200	3 000

(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.

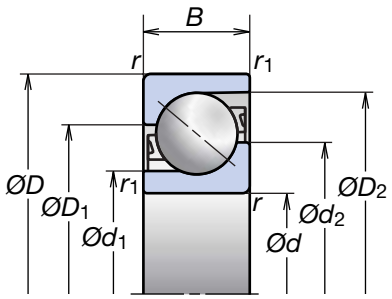
Nota: Codice cuscinetto TAC B: angolo di contatto nominale α = 60°

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

Macchine per Stampaggio ad Iniezione

Serie TAC 02 e 03

Diametro foro 15-120 mm



Codice cuscinetto	Dimensioni (mm)					Dimensioni delle parti adiacenti (mm)				Angolo di contatto	Velocità Limite (1) (min-1)	
	d	D	B	r (min)	r1 (min)	d1	d2	D1	D2	(°)	Grasso	Olio
15TAC02AT85	**15**	**35**	**11**	0,6	0,3	19,5	23,5	26,5	31,9	50	8 000	10 000
25TAC02AT85	**25**	**52**	**15**	1,0	0,6	30,5	36,6	40,4	47,4	50	5 100	7 000
TAC35-2T85	**35**	**90**	**23**	1,5	1,0	49,7	61,4	68,6	81,9	50	3 000	4 100
40TAC03AT85	**40**	**90**	**23**	1,5	1,0	49,7	61,4	68,6	81,9	50	3 000	4 100
45TAC03AT85	**45**	**100**	**25**	1,5	1,0	55,8	68,6	76,4	91,0	50	2 700	3 700
TAC45-2T85	**45**	**110**	**27**	2,0	1,0	60,3	75,6	84,5	100,9	50	2 500	3 300
50TAC03AT85	**50**	**110**	**27**	2,0	1,0	60,3	75,6	84,5	100,9	50	2 500	3 300
55TAC03AT85	**55**	**120**	**29**	2,0	1,0	67,1	82,7	92,3	110,1	50	2 200	3 000
60TAC03AT85	**60**	**130**	**31**	2,1	1,1	72,1	89,8	100,2	119,4	50	2 100	2 800
80TAC03AM	**80**	**170**	**39**	2,1	1,1	94,0	118,5	131,5	152,5	50	1 500	2 100
100TAC03CMC	**100**	**215**	**47**	3,0	1,1	122,5	156,9	158,1	188,1	55	1 200	1 600
120TAC03CMC	**120**	**260**	**55**	3,0	1,1	153,0	189,3	190,7	223,5	55	1 000	1 300

(1) I valori indicati della velocità limite sono riferiti al precarico standard (C8)

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

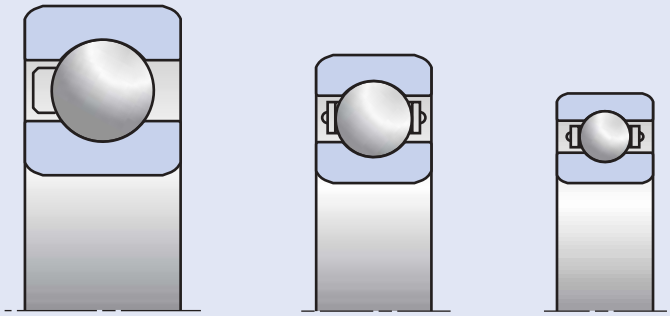
ali Rigidi a Sfere

5. CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A SFERE DI PRECISIONE

Caratteristiche

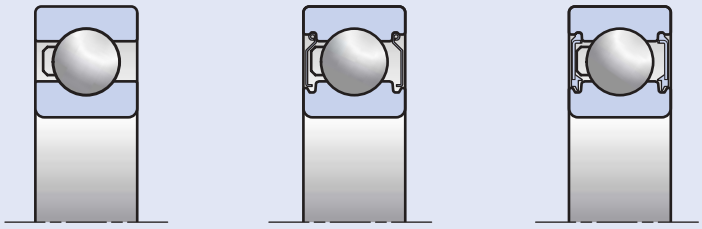
- Ottima capacità di carico radiale e buona capacità di carico assiale in entrambe le direzioni.
- Bassa coppia di rotolamento, utile in applicazioni ad alta velocità, bassa rumorosità e basse vibrazioni.
- Disponibili in tre esecuzioni: aperta, con schermi metallici e con tenute in gomma.

Serie dimensionali



63 62 60

Forme costruttive



Esecuzione aperta

Esecuzione con schermi metallici (ZZ)

Esecuzione con tenute non striscianti in gomma (VV)

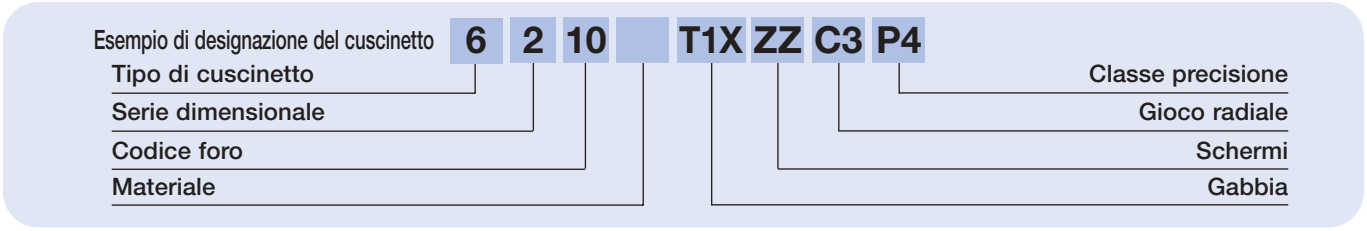
Gabbie

T1X Gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere: caratterizzata da un'elevata resistenza all'usura, è indicata per l'impiego in motori elettrici.

TYA Gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere: prevede le stesse caratteristiche delle gabbie adottate nei cuscinetti a sfere a contatto obliquo. Indicata per l'impiego in motori elettrici ad alta velocità.

T Gabbia in resina fenolica guidata sull'anello interno: ottimo bilanciamento delle vibrazioni grazie al profilo simmetrico, offre una superiore resistenza alla temperatura in applicazioni ad alta velocità, come mandrini di macchine per la lavorazione del legno.

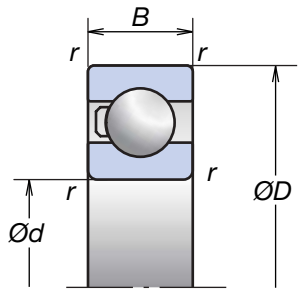
Sistema di designazione dei Cuscinetti Radiali Rigidi a Sfere di Precisione



			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 01: 12mm 02: 15mm 03: 17mm 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 TYA: gabbia in resina poliammidica guidata sulle sfere per alta velocità 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 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

Tipo T1X (Gabbia in Resina Poliammidica)



Serie 60, 62 e 63

Diametro foro 10-50 mm

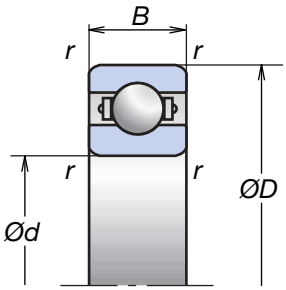
Aperto	Schermato	Tenute
6000	ZZ	VV

Codice cuscinetto (1)	Schermato	Tenute	Dimensioni (mm)				Capacità di carico (kN)		Velocità limite(2) (min⁻¹) Grasso
			d	*D*	*B*	*r*	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)	
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
6308T1X	**ZZ**	**VV**	**40**	**90**	**23**	2,5	40,50	22,60	10 800
6009T1X	**ZZ**	**VV**	**45**	**75**	**16**	1,0	20,90	15,20	11 700
6209T1X	**ZZ**	**VV**	**45**	**85**	**19**	1,0	31,50	20,40	10 800
6010T1X	**ZZ**	**VV**	**50**	**80**	**16**	1,0	21,80	16,60	10 800

(1) La gabbia TYA è disponibile per applicazioni in motori ad alta velocità. Contattare NSK per maggiori informazioni.

(2) I valori delle velocità limite indicati sono riferiti alla versione con gabbia T1X.
Per gabbia TYA incrementare tali valori del 15%.

Tipo T (Gabbia in Resina Fenolica)



Serie 60 e 62

Diametro foro 20-120 mm

Codice cuscinetto	Dimensioni (mm)				Capacità di carico (kN)		Velocità limite (1) (min-1)	
	d	D	B	r	C_r (Dinamico)	C_{or} (Statico)	Grasso	Olio
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	20,40	15 300	26 000
6010T	**50**	**80**	**16**	1,0	20,80	15,40	17 300	26 700
6210T	**50**	**90**	**20**	1,0	35,10	23,20	14 300	24 200
6011T	**55**	**90**	**18**	1,0	28,30	21,20	16 700	23 800
6211T	**55**	**100**	**21**	1,5	43,40	29,20	12 000	21 900
6012T	**60**	**95**	**18**	1,0	29,40	23,20	15 700	21 900
6212T	**60**	**110**	**22**	1,5	52,50	36,00	11 700	19 700
6013T	**65**	**100**	**18**	1,0	29,20	23,50	13 300	20 600
6213T	**65**	**120**	**23**	1,5	57,50	40,00	10 800	17 800
6014T	**70**	**110**	**20**	1,0	38,10	30,90	11 900	18 400
6214T	**70**	**125**	**24**	1,5	62,00	44,00	10 200	16 700
6015T	**75**	**115**	**20**	1,0	37,80	31,20	11 100	17 200
6215T	**75**	**130**	**25**	1,5	66,00	49,00	10 100	15 600
6016T	**80**	**125**	**22**	1,0	47,60	39,70	10 200	15 700
6216T	**80**	**140**	**26**	2,0	72,50	53,00	9 200	14 300
6017T	**85**	**130**	**22**	1,0	47,50	40,00	9 500	14 700
6217T	**85**	**150**	**28**	2,0	84,00	62,00	8 500	13 100
6018T	**90**	**140**	**24**	1,5	58,20	49,60	8 700	13 500
6019T	**95**	**145**	**24**	1,5	58,00	50,00	8 100	12 600
6020T	**100**	**150**	**24**	1,5	60,00	54,00	7 800	12 000
6022T	**110**	**170**	**28**	2,0	85,00	73,00	6 500	10 100
6024T	**120**	**180**	**28**	2,0	88,00	80,00	6 100	9 400

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

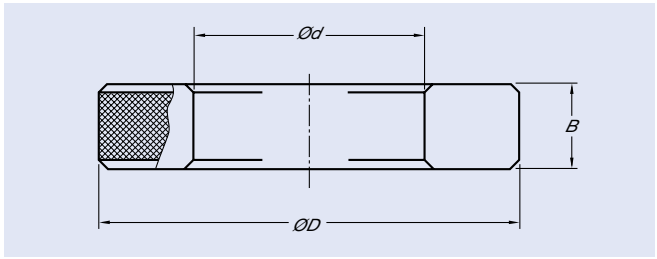
Strumenti di Misura e Centrali

Strumenti di Misura e Centraline di Lubrificazione Aria-Olio

Strumenti di Misura 112-115
Serie GR
Caratteristiche
Sistema di designazione
Serie GTR
Caratteristiche
Sistema di designazione
Serie GN
Caratteristiche
Sistema di designazione
Centraline di Lubrificazione Aria-Olio 116-117

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

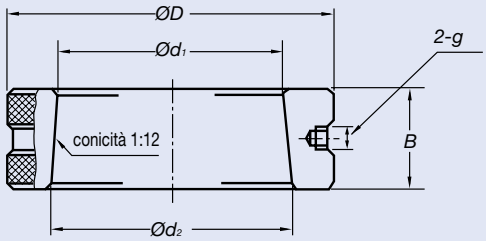
Per utilizzare al meglio questi cuscinetti, è importante accoppiare esattamente la conicità del foro del cuscinetto con quella dell'albero del mandrino. La conicità del cuscinetto (1:12) è realizzata con elevata precisione ed accuratamente controllata da NSK. Un calibro conico GTR30 è realizzato con 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 si accoppi precisamente con questo calibro, si garantirà un accoppiamento perfetto con il cuscinetto.

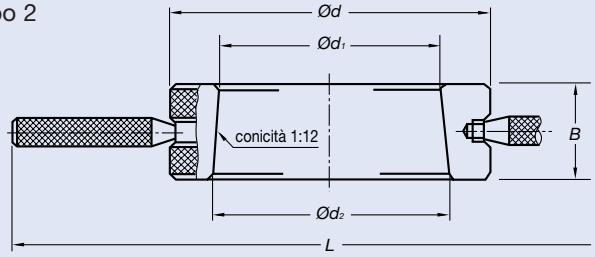
Caratteristiche

- Lo spessore dei calibri elimina ogni deformazione provocata dal carico di misura.
- Il trattamento termico eseguito sui calibri elimina ogni effetto dell'invecchiamento e quindi di eventuali deformazioni delle loro dimensioni.

Tipo 1

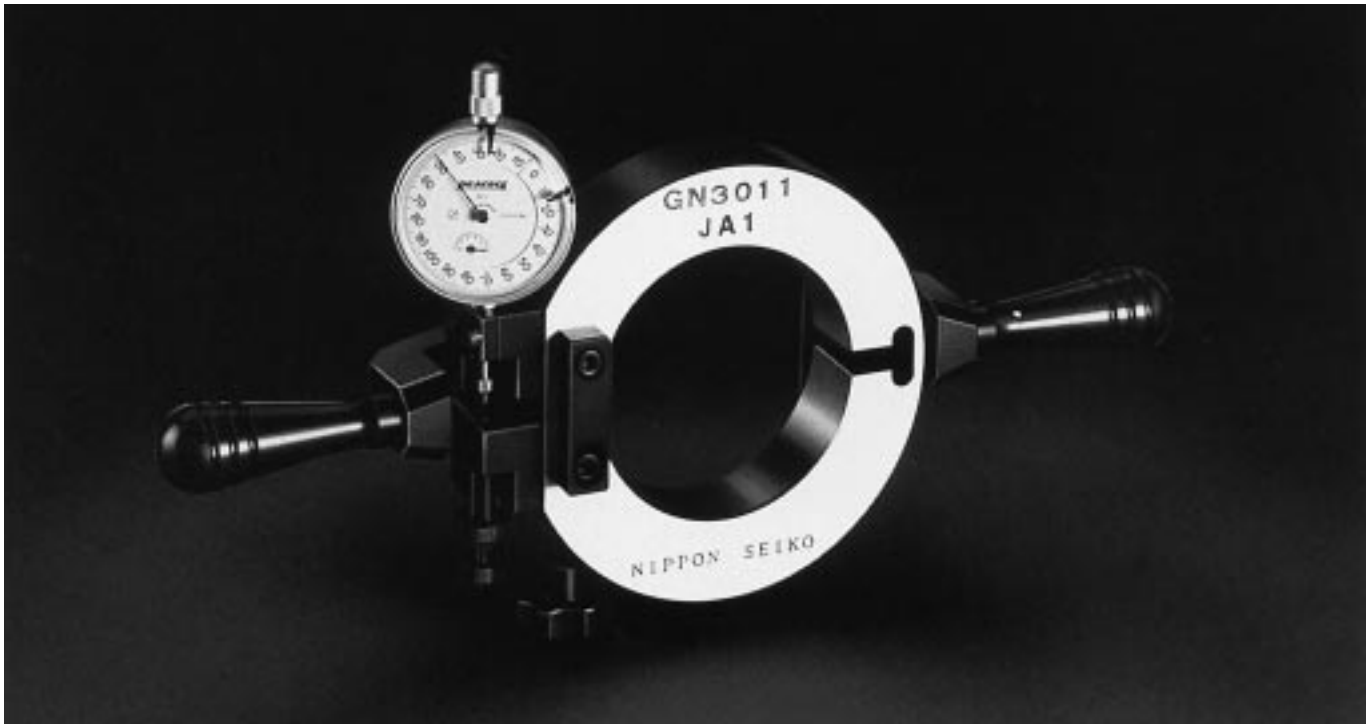


Tipo 2



Cuscinetti	Codice calibro	Tipo	Dimensioni (mm)						Massa (kg) (circa)
			d_1	d_2	D	B	L	g	
NN3006KR	**GTR3006**	1	30	31.583	70	19	–	M3x0.5	0.5
NN3007KR	**GTR3007**	1	35	36.667	75	20	–	M3x0.5	0.5
NN3008KR	**GTR3008**	1	40	41.750	80	21	–	M3x0.5	0.6
NN3009KR	**GTR3009**	1	45	46.917	85	23	–	M5x0.8	0.7
NN3010KR	**GTR3010**	1	50	51.917	90	23	–	M5x0.8	0.8
NN3011KR	**GTR3011**	1	55	57.167	95	26	–	M5x0.8	0.9
NN3012KR	**GTR3012**	1	60	62.167	100	26	–	M5x0.8	1.0
NN3013KR	**GTR3013**	1	65	67.167	105	26	–	M5x0.8	1.0
NN3014KR	**GTR3014**	1	70	72.500	110	30	–	M5x0.8	1.3
NN3015KR	**GTR3015**	1	75	77.500	115	30	–	M5x0.8	1.3
NN3016KR	**GTR3016**	1	80	82.833	125	34	–	M5x0.8	1.8
NN3017KR	**GTR3017**	1	85	87.833	130	34	–	M5x0.8	1.9
NN3018KR	**GTR3018**	2	90	93.083	140	37	358	–	2.5
NN3019KR	**GTR3019**	2	95	98.083	145	37	363	–	2.6
NN3020KR	**GTR3020**	2	100	103.083	150	37	368	–	2.7
NN3021KR	**GTR3021**	2	105	108.417	160	41	376	–	3.5
NN3022KR	**GTR3022**	2	110	113.750	165	45	381	–	4.0
NN3024KR	**GTR3024**	2	120	123.833	170	46	386	–	3.9
NN3026KR	**GTR3026**	2	130	134.333	180	52	396	–	4.6
NN3028KR	**GTR3028**	2	140	144.417	190	53	406	–	5.0
NN3030KR	**GTR3030**	2	150	154.667	210	56	426	–	7.0
NN3032KR	**GTR3032**	2	160	165.000	220	60	436	–	7.8

Strumenti di Misura GN – Serie GN30
Strumenti di precisione per la misura del gioco radiale residuo nei cuscinetti a doppia corona di rulli cilindrici (NN30XX)



Quando si monta un cuscinetto a doppia corona di rulli cilindrici con foro conico su un albero, è importante accoppiare molto accuratamente la conicità dell'albero del mandrino con quella del cuscinetto e garantire che si sia raggiunto il necessario gioco radiale residuo dopo il montaggio.

Nel caso in cui il gioco radiale residuo fosse eccessivo, l'albero del mandrino avrà gioco e la precisione della lavorazione sarà di conseguenza influenzata negativamente. Se il gioco non fosse sufficiente, malgrado il minimo o addirittura inesistente cambiamento di rigidezza, il calore generato risulterà eccessivo e la durata del cuscinetto sarà significativamente compromessa (vedere pagina 137)

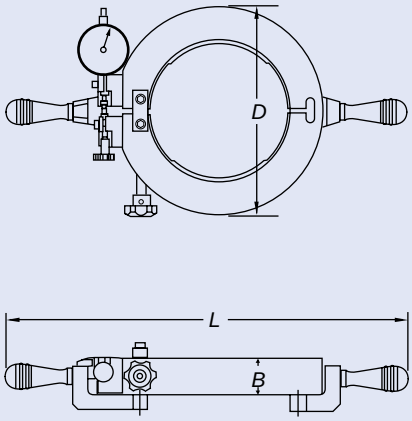
Con l'attuale tendenza a velocità e precisioni sempre maggiori, necessario controllare il gioco radiale residuo con maggiore accuratezza. In passato, metodi di misurazione del gioco radiale risultavano particolarmente complicati e richiedevano notevoli capacità da parte dell'operatore.

Gli strumenti di misura GN sviluppati da NSK per la misura del gioco radiale residuo dei cuscinetti a doppia corona di rulli cilindrici semplificano il montaggio dei cuscinetti, migliorando al tempo stesso la precisione di montaggio (l'utilizzo degli strumenti GN richiede un calibro cilindrico di misura del foro).

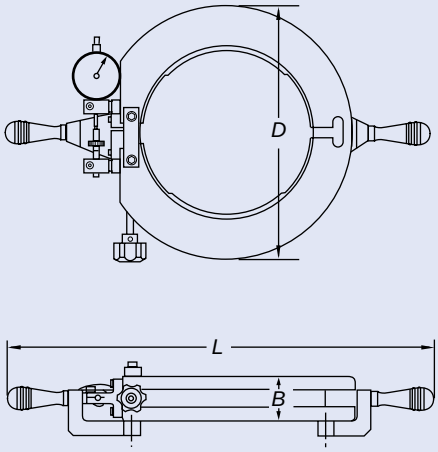
Caratteristiche

- E' possibile effettuare misurazioni in modo semplice, affidabile ed accurato.
- Non sono più necessari i complicati calcoli per la correzione del gioco, basati sull'interferenza del anello esterno con l'alloggiamento.
- E' possibile misurare sia gioco positivo che gioco negativo (precarico).
- E' possibile effettuare misurazioni molto precise, poiché gli strumenti GN sono stati tarati accuratamente tenendo conto del carico di misura.

Tipo 1



Tipo 2



Cuscinetti	Codice calibro	Tipo	Dimensioni (mm)			Massa (kg) (circa)
			D	***B***	***L***	
NN3007	**GN3007**	1	102	23	292	1.3
NN3008	**GN3008**	1	108	23	297	1.4
NN3009	**GN3009**	1	115	23	305	1.5
NN3010	**GN3010**	1	120	23	310	1.6
NN3011	**GN3011**	1	131	26	324	2.1
NN3012	**GN3012**	1	138	26	329	2.2
NN3013	**GN3013**	1	145	26	335	2.4
NN3014	**GN3014**	1	156	30	347	3.0
NN3015	**GN3015**	1	162	30	353	3.1
NN3016	**GN3016**	1	175	33	374	4.2
NN3017	**GN3017**	1	185	33	381	4.3
NN3018	**GN3018**	1	195	35	393	5.2
NN3019	**GN3019**	1	204	35	399	5.6
NN3020	**GN3020**	1	210	35	411	6.1
NN3021	**GN3021**	1	224	39	419	7.1
NN3022	**GN3022**	1	233	44	433	8.5
NN3024	**GN3024**	2	254	44	470	7.5
NN3026	**GN3026**	2	280	50	492	9.5
NN3028	**GN3028**	2	289	50	500	9.5
NN3030	**GN3030**	2	314	54	520	12.0
NN3032	**GN3032**	2	329	54	540	13.0

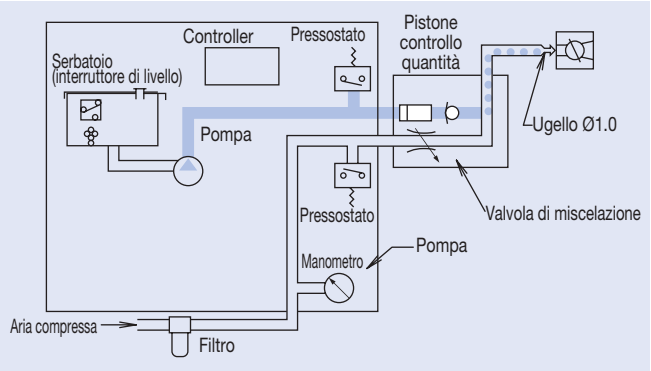
● Centraline di Lubrificazione FINE-LUBE

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.

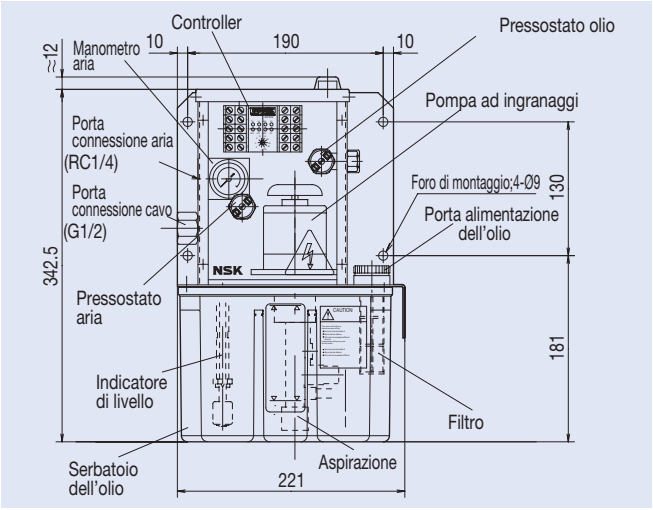
La centralina FINE LUBE risulta essere uno dei prodotti di maggiore successo nel mercato della lubrificazione aria-olio. Questa unità garantisce la lubrificazione aria-olio attraverso un impianto equipaggiato con una pompa, una valvola di miscelazione ed un'unità di comando. L'affidabilità è ulteriormente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

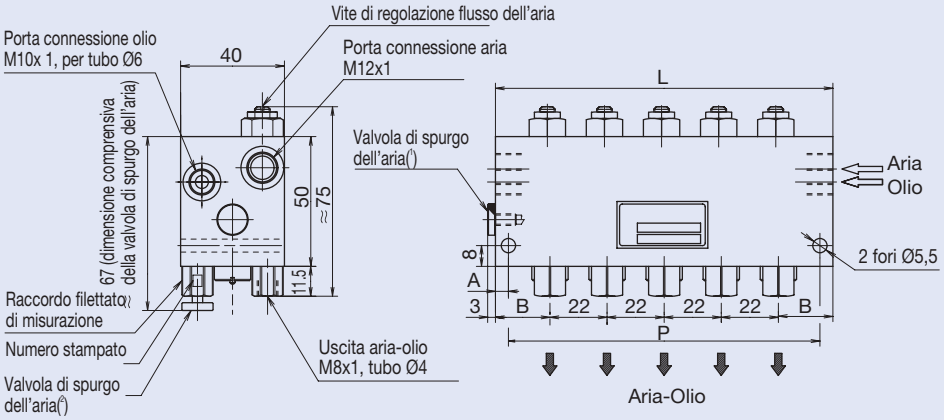
- L'unità OEAG è dotata di un'innovativa pompa ad ingranaggi a bassa viscosità (range di viscosità dell'olio in esercizio: da 10 a 68 cSt).
- Un controller speciale viene utilizzato per impostare gli intervalli di lubrificazione a 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64 o 128 minuti.
- I dispositivi di sicurezza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



(Disegno relativo al modello MVX5)

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 cm³ 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
MVX1	1	42	10.0	22	21.0
MVX2	2	64	9.5	45	21.0
MVX3	3	86	8.0	70	21.0
MVX4	4	108	6.5	95	21.0
MVX5	5	130	5.0	120	21.0
MVX6	6	155	5.0	145	22.5

Quantità scaricata (cm³/corsa)	Numero stampato	Codice
0.01	1	P1
0.03	3	P2
0.06	6	P3

Note (1) Chiudere la valvola di spurgo dell'aria durante il funzionamento normale della valvola di miscelazione.
(2) Aprire la valvola di spurgo dell'aria solo per spurgare l'aria.

● 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: 3μm e 20μm di filtraggio.

Pressostato

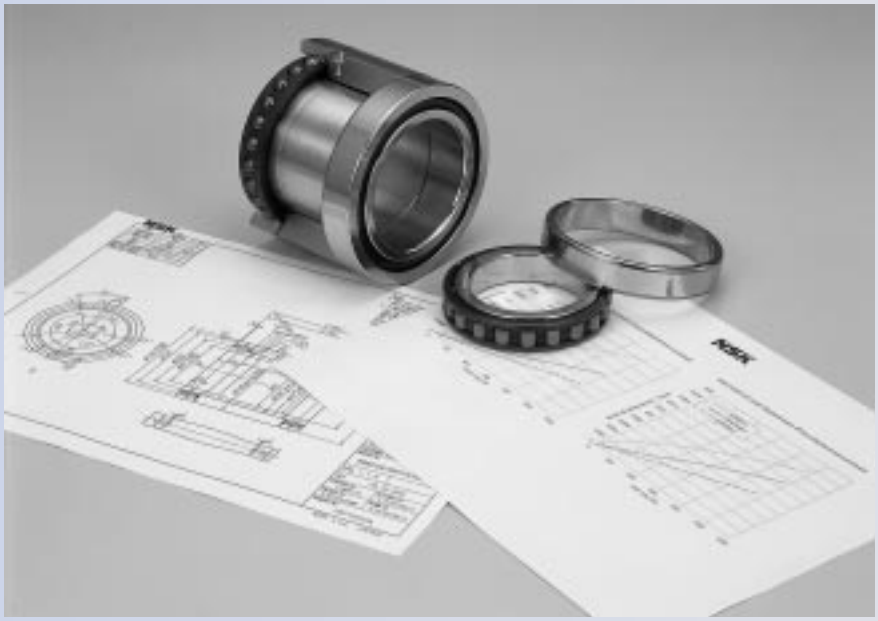
OAG

- 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

Guida Tecnica

1. Durata 120-127
Durata a Fatica e Capacità di Carico
Nuova Teoria della Durata
2. Capacità di Carico Statico e Carico Statico Equivalente 128-129
3. Disposizione dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo 130-133
Caratteristiche delle Disposizioni
Disposizione Universale
4. Precarico e Rigidezza 134-151
Tipologie di Precarico e Rigidezza
Tabelle del Precarico e Rigidezza
5. Velocità Limite 152-153
6. Lubrificazione 154-157
7. Precisione del Cuscinetto 158-165
Precisione Radiale dei Cuscinetti
Precisione del Foro Conico
Precisione del Cuscinetto Assiale a Sfere a Contatto Obliquo
8. Progettazione dell'Albero e dell'Alloggiamento 166-170
Tolleranze dell'Albero e dell'Alloggiamento
Precisione dell'Albero e dell'Alloggiamento
Dimensione degli Spallamenti
Dimensione degli Smussi
9. Distanziali 171-175
Dimensione dei Distanziali
Posizione dell'Ugello di Lubrificazione

Tecnica

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 maniera soddisfacente le funzioni richieste. La durata del cuscinetto si può anche definire la durata al rumore, all'abrasione, del lubrificante oppure a fatica, a seconda del fattore che causa la perdita delle caratteristiche funzionali del cuscinetto. Oltre ai fenomeni di cedimento sopra esaminati dovuti al deterioramento, i cuscinetti possono avere cedimenti quando si verificano condizioni particolari quali grippaggi, rotture, cricche, rigature degli anelli, usura delle tenute o danneggiamenti vari. Queste condizioni non devono essere considerate normali cedimenti del cuscinetto, in quanto sono spesso il risultato di errori di selezione del cuscinetto, di progettazione o costruzione impropria delle parti adiacenti il cuscinetto, montaggio non corretto o manutenzione insufficiente.

Durata a Fatica e Durata Nominale a Fatica

Quando i cuscinetti volventi operano sotto carico, le piste di rotolamento dell'anello interno, esterno ed i corpi volventi sono soggetti ad uno sforzo ciclico. A causa della fatica del materiale sulle superfici di contatto delle piste di rotolamento e dei corpi volventi, può accadere che si possano staccare dal cuscinetto delle particelle simili a piccole scaglie. Questo fenomeno si definisce "sfaldamento". La "durata a fatica" è rappresentata dal numero totale di giri dopo i quali sulle superfici del cuscinetto inizierà il fenomeno di sfaldamento dovuto alla sollecitazione ciclica. Anche per cuscinetti apparentemente identici, appartenenti alla stessa tipologia, con le medesime dimensioni, stesso materiale e trattamento termico, il valore della durata a fatica varia enormemente persino quando sono sottoposti a condizioni operative identiche. Tutto ciò è dovuto al fatto che lo sfaldamento dei materiali per fatica risulta essere soggetto a molte altre variabili. Conseguentemente, é preferibile adottare usare la durata nominale a fatica rispetto alla durata a fatica, in quanto quest'ultima viene trattata come fenomeno statistico.

Supposto che vengano fatti funzionare nelle medesime condizioni operative un certo numero di cuscinetti, dopo un determinato lasso di tempo il 10% di detti cuscinetti subisce un cedimento in seguito alla sfaldatura per fatica del materiale.

In questo caso, la durata nominale a fatica si esprime come il numero totale dei giri oppure, se la velocità risulta costante, come il numero totale delle ore di lavoro completate nel momento in cui il 10% dei cuscinetti diventa inutilizzabile a causa del cedimento per fatica. Nella determinazione della durata del cuscinetto, spesso l'unico fattore considerato viene rappresentato dalla durata nominale a fatica. Si deve però tenere conto anche di altri fattori, tra i quali la durata del lubrificante dei cuscinetti pre-ingrassati. Poiché la durata al rumore e la durata alle abrasioni sono determinate in base a standard diversi in funzione delle singole applicazioni, valori specifici sia per la durata al rumore sia per la durata all'abrasione devono essere determinati empiricamente.

Capacità di Carico Dinamico

Si definisce "capacità di carico dinamico" quel carico stazionario costante che applicato ai cuscinetti determina una durata a fatica nominale di un milione di giri (10^6 giri). La capacit di carico dinamico dei cuscinetti radiali viene definita come quel carico radiale di direzione ed intensità costanti, mentre per i cuscinetti assiali è quel carico assiale di intensità costante agente nella stessa direzione dell'asse centrale. Le capacità di carico dinamico sono riportate nelle tabelle dimensionali sotto i simboli C_r per i cuscinetti radiali e C_a per i cuscinetti assiali.

Durata Nominale a Fatica

Tra il carico agente sul cuscinetto e la durata nominale a fatica sussiste la seguente relazione:

per i cuscinetti a sfere

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (10^6 \text{ giri})$$

$$L_{10} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (\text{ore})$$

per i cuscinetti a rulli

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \quad (10^6 \text{ giri})$$

$$L_{10} = \frac{10^6}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} \quad (\text{ore})$$

dove

- L_{10} : durata nominale a fatica (10^6 giri, ore)
- P : carico dinamico equivalente sul cuscinetto (N)
  (Vedere pagina 121)
- C : capacità di carico dinamico (N)
  (per i cuscinetti radiali, C sta per C_r)
  (per i cuscinetti assiali, C sta per C_a)
- n : velocità di rotazione (min^{-1})

Se i cuscinetti funzionano a velocità costante, è conveniente esprimere la durata a fatica in ore.

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 calcolare un carico ipotetico che abbia un'intensità costante, si scarichi attraverso il centro del cuscinetto e che determini la stessa durata nominale che si otterrebbe nelle condizioni di carico e rotazione reali. Questo carico ipotetico viene definito "carico dinamico equivalente".

Definendo Pr il carico radiale dinamico equivalente, Fr il carico radiale, Fa il carico assiale ed α l'angolo di contatto del cuscineto, la relazione tra il carico radiale dinamico equivalente ed i carichi agenti sul cuscinetto può essere espressa dalla seguente formula:

$$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

dove X : fattore di carico radiale, Y : fattore di carico assiale } vedere tabella 1.1

Il fattore di carico assiale varia in funzione dell'angolo di contatto. Nel caso dei cuscinetti a rulli, l'angolo di contatto rimane lo stesso indipendentemente dall'intensità del carico assiale. Nel caso dei cuscinetti radiali rigidi ad una corona di sfere e dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo, l'angolo di contatto aumenta quando aumenta il carico assiale. Questo cambiamento dell'angolo di contatto può essere espresso dal rapporto tra la capacità di carico statico C_{0r} ed il carico assiale F_a. La tabella 1.1 presenta il fattore di carico assiale e l angolo di contatto corrispondente a questo rapporto. Per quanto riguarda i cuscinetti a sfere a contatto obliquo, l effetto del cambiamento dell angolo di contatto sul fattore di carico può non essere considerato, in condizioni di esercizio normali, anche se l'angolo di contatto è pari a 25°, 30° o 40°.

Per i cuscinetti assiali con angolo di contatto $\alpha \neq 90°$ soggetti simultaneamente a carichi sia radiali sia assiali, il carico assiale equivalente P_a sarà il seguente:

$$P_a = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Tabella 1.1: Valori dei Fattori di Carico X ed Y

Angolo di contato	$if o F_a^* / C_{0r}$	e	singolo, DT				DB o DF			
			$F_a/F_r \leqq e$		$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leqq e$		$F_a/F_r > e$	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
15	0.178	0.38	1	0	0.44	1.47	1.00	1.65	0.72	2.39
	0.357	0.40				1.40		1.57		2.28
	0.714	0.43				1.30		1.46		2.11
	1.070	0.46				1.23		1.38		2.00
	1.430	0.47				1.19		1.34		1.93
	2.140	0.50				1.12		1.26		1.82
	3.570	0.55				1.02		1.14		1.66
	5.350	0.56				1.00		1.12		1.63
18	–	0.57	1	0	0.43	1.00	1.00	1.09	0.70	1.63
25	–	0.68	1	0	0.41	0.87	1.00	0.92	0.67	1.41
30	–	0.80	1	0	0.39	0.76	1.00	0.78	0.63	1.24
40	–	1.14	1	0	0.35	0.57	1.00	0.55	0.57	0.93
50	–	1.49	–	–	0.73	1.00	1.37	0.57	0.73	1.00
55	–	1.79	–	–	0.81	1.00	1.60	0.56	0.81	1.00
60	–	2.17	–	–	0.92	1.00	1.90	0.55	0.92	1.00

*Per le disposizioni DB e DF, i = 2; per disposizione DT o cuscinetto singolo, i = 1.

Per i valori di fo, utilizzare le tabelle dimensionali.

Tabella 1.2 Capacità di Carico dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo in Disposizione Multipla

Coppia		Terna		Quaterna	
C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
1.62	2	2.15	3	2.64	4

Fattori con cui moltiplicare le capacità di carico del singolo cuscinetto.

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 $L_{10}=\left(\frac{C}{P}\right)^3$ 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:

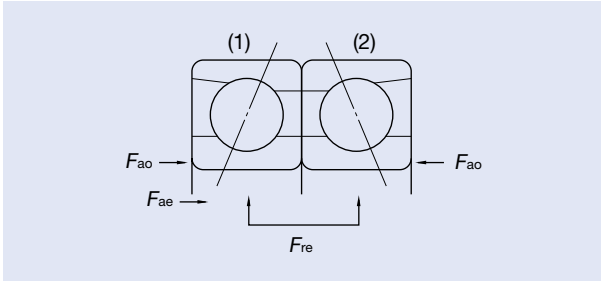
$$\frac{1}{L^e}=\frac{1}{L_1^e}+\frac{1}{L_2^e}+\frac{1}{L_3^e}+\cdots\cdots+\frac{1}{L_n^e}$$

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}) e del carico assiale (F_{ae}) applicati esternamente, del precarico assiale (F_{ao}) e della distribuzione del carico. Quest'ultima dipende da come il corpo volvente deforma la pista di rotolamento, ed è proporzionale al (carico)$^{2/3}$. La procedura di calcolo per le più diffuse disposizioni di cuscinetti è riportata in seguito.

Coppia di Cuscinetti, Disposizione Dorso a Dorso DB



Con carico radiale esterno (F_{re}), il precarico totale (F_{ap}) diventa

$$F_{ap}=\frac{F_{re}\times 1.2\times\tan\alpha+F_{ao}}{2}$$

quando $F_{ap}<F_{ao}$, utilizzare $F_{ap}=F_{ao}$

La componente assiale complessiva di (F_{a1} e F_{a2}) con carico assiale applicato su ogni cuscinetto (1 e 2) diventa:

$$F_{a1}=2/3F_{ae}+F_{ap}$$
$$F_{a2}=F_{ap}-1/3F_{ae}$$

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:

$$F_{r1}=\frac{F_{a1}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3}+F_{a2}^{2/3}}\times F_{re}$$
$$F_{r2}=\frac{F_{a2}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3}+F_{a2}^{2/3}}\times F_{re}$$

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

$$P_{r1}=XF_{r1}+YF_{a1}$$
$$P_{r2}=XF_{r2}+YF_{a2}$$

I valori di X ed Y sono ricavati dalla tabella 1.1 (pagina 121).

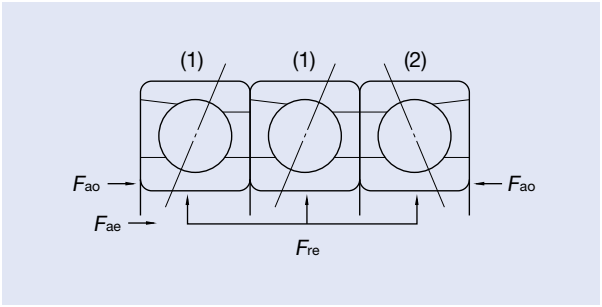
La durata nominale a fatica (L_{10}) di ogni cuscinetto corrisponde a:

$$L_{10(1)}=\frac{16667}{n}\left(\frac{C_r}{P_{r1}}\right)^3\quad\text{(ore)}$$
$$L_{10(2)}=\frac{16667}{n}\left(\frac{C_r}{P_{r2}}\right)^3\quad\text{(ore)}$$

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:

$$L_{10}\,\text{gruppo}=\frac{1}{\left(\frac{1}{L_{10(1)}^{1.1}}+\frac{1}{L_{10(2)}^{1.1}}\right)^{1/1.1}}\quad\text{(ore)}$$

Terna di cuscinetti, Disposizione DBD



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

$$F_{ap1} = \frac{F_{re} \times 1.2 \times \tan\alpha + F_{ao}}{4}$$

$$F_{ap2} = \frac{F_{re} \times 1.2 \times \tan\alpha + F_{ao}}{2}$$

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:

$$F_{a1} = 0.4F_{ae} + F_{ap1}$$
$$F_{a2} = F_{ap2} - 0.2F_{ae}$$

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

$$F_{a1} = \frac{F_{ae}}{2} \quad \text{e} \quad F_{a2} = 0$$

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

$$F_{r1} = \frac{F_{a1}^{2/3}}{2F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times F_{re}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{a2}^{2/3}}{2F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times F_{re}$$

Il carico radiale dinamico equivalente (P_{r1}) e (P_{r2}) per ogni cuscinetto è il seguente:

$$P_{r1} = XF_{r1} + YF_{a1}$$
$$P_{r2} = XF_{r2} + YF_{a2}$$

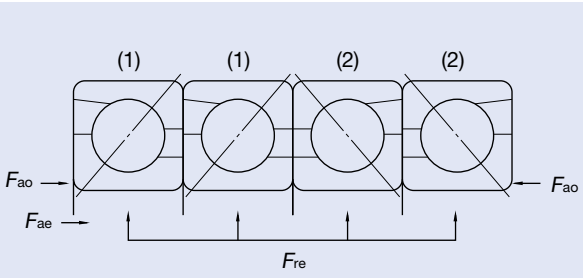
I valori X ed Y sono ricavati dalla tabella 1.1 (pagina 121). La durata nominale a fatica (L_{10}) di ogni cuscinetto e del gruppo di cuscinetti è la seguente:

$$L_{10(1)} = \frac{16667}{n} \left(\frac{C_r}{P_{r1}}\right)^3 \text{ (ore)}$$

$$L_{10(2)} = \frac{16667}{n} \left(\frac{C_r}{P_{r2}}\right)^3 \text{ (ore)}$$

$$L_{10}\ \text{gruppo} = \frac{1}{\left(\frac{2}{L_{10(1)}^{1.1}} + \frac{1}{L_{10(2)}^{1.1}}\right)^{1/1.1}} \text{ (ore)}$$

Quaterna di cuscinetti, Disposizione DBB



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

$$F_{ap} = \frac{F_{re} \times 1.2 \times \tan\alpha + F_{ao}}{4}$$

Quando $F_{ap} < F_{ao}/2$ utilizzare $F_{ap} = F_{ao}/2$

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

$$F_{a1} = 1/3F_{ae} + F_{ap}$$
$$F_{a2} = F_{ap} - 1/6F_{ae}$$

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

$$F_{a1} = \frac{F_{ae}}{2} \quad \text{e} \quad F_{a2} = 0$$

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

$$F_{r1} = \frac{F_{a1}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times \frac{F_{re}}{2}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{a2}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times \frac{F_{re}}{2}$$

Il carico radiale dinamico equivalente (P_{r1}) e (P_{r2}) per ogni cuscinetto è il seguente:

$$P_{r1} = XF_{r1} + YF_{a1}$$
$$P_{r2} = XF_{r2} + YF_{a2}$$

I valori X ed Y sono ricavati dalla tabella 1.1 (pagina 121). La durata a fatica nominale (L_{10}) di ogni cuscinetto e del gruppo di cuscinetti è la seguente:

$$L_{10(1)} = \frac{16667}{n} \left(\frac{C_r}{P_{r1}}\right)^3 \text{ (ore)}$$

$$L_{10(2)} = \frac{16667}{n} \left(\frac{C_r}{P_{r2}}\right)^3 \text{ (ore)}$$

$$L_{10}\ \text{gruppo} = \frac{1}{\left(\frac{2}{L_{10(1)}^{1.1}} + \frac{2}{L_{10(2)}^{1.1}}\right)^{1/1.1}} \text{ (ore)}$$

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.

$$ln\frac{1}{S} \propto \frac{\tau_o^c \cdot N^e \cdot V}{Z_o^h}$$

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 corpi volventi con la pista di rotolamento attraverso uno strato di olio sufficiente e continuo, in condizioni di lubrificazione pulita.
Nella figura 1.1 è rappresentata la durata L_{10} per ogni condizione di prova con la massima pressione superficiale di contatto (P_{max}) ed il numero di sollecitazioni ripetute applicate, rispettivamente sulle ascisse e sulle ordinate.
In questa figura, la linea L_{10} rappresenta la durata teorica ottenuta utilizzando la formula convenzionale di calcolo della durata. Alla diminuzione della massima pressione superficiale di contatto, la linea di durata effettiva diverge dalla linea creata utilizzando il calcolo convenzionale e si sposta verso una maggiore durata. Questa separazione suggerisce la presenza di un carico limite a fatica P_u al di sotto del quale non si verifica alcuna fatica. Quanto esposto in parole è meglio illustrato nella figura 1.2.

Figura 1.1 Risultati delle Prove di Durata in Condizioni di Lubrificazione Pulita

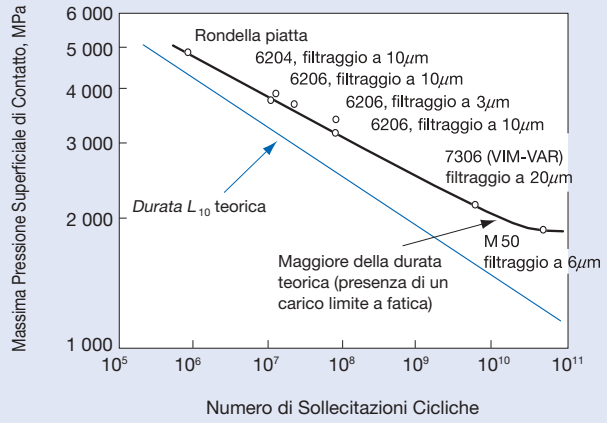
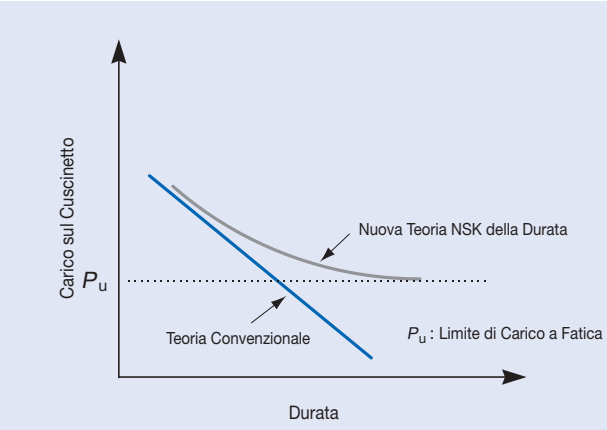


Figura 1.2 Nuova Teoria NSK della Durata, che considera il Limite di Fatica

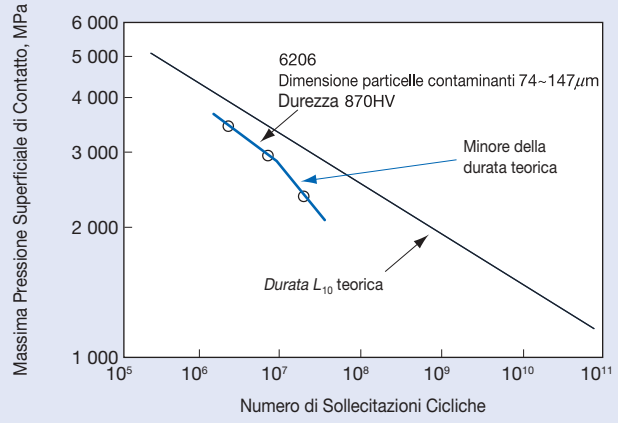


(2) Sfogliatura superficiale
Nelle effettive condizioni di utilizzo dei cuscinetti, il lubrificante molto spesso è contaminato da particelle estranee, quali piccole scaglie di metallo, bave, sabbia di fusione ed altro.
Quando le particelle contaminanti si mescolano al lubrificante, sono pressate sulle piste di rotolamento dai corpi volventi, tanto che alla fine si producono incisioni sulle superfici delle piste e dei corpi volventi stessi. La concentrazione della sollecitazione si verifica sul bordo delle incisioni, tanto che compaiono cricche e con il tempo si propagano fino alla sfogliatura delle piste e dei corpi volventi.
Come illustrato nella figura 1.3, la durata effettiva risulta inferiore rispetto alla durata calcolata seguendo il metodo tradizionale, in condizioni di lubrificazione contaminata ed anche ad una inferiore pressione superficiale massima. La linea della durata effettiva diverge dalla linea tracciata in base ai calcoli tradizionali della durata e si sposta verso una durata inferiore. Questo risultato mostra che la durata effettiva in condizioni di lubrificazione contaminata potrebbe essere ulteriormente ridotta rispetto alla durata teorica, a causa della riduzione della pressione massima di contatto sulla superficie.

Tabella 1.3 Valori del Fattore di Contaminazione a_c

	Molto pulita	Pulita	Normale	Contaminata	Molto contaminata
Fattore a_c	1	0.8	0.5	0.4~0.1	0.05
Applicabilità	Filtraggio10μm	Filtraggio da 10 a 30μm	Filtraggio da 30 a 100μm	Filtraggio superiore a 100μm o assenza di filtraggio (lubrificazione a bagno d'olio, circolazione forzata, ecc.)	Nessun filtraggio presenza di numerose particelle sottili
Esempi applicativi	Cuscinetti schermati lubrificati a grasso per applicazioni elettriche ed apparecchiature dell'industria informatica, ecc.	Cuscinetti schermati lubrificati a grasso per motori elettrici, per boccole ferroviarie e macchine utensili, ecc.	Utilizzo normale. Cuscinetti mozzo ruota, ecc.	Cuscinetti per trasmissioni automobilistiche. Cuscinetti per riduttori industriali e per macchine edili, ecc.	—

Figura 1.3 Risultato della Prova di Durata in Condizioni di Lubrificazione Contaminata



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 definito 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:

$$1n\frac{1}{S} \propto N^e \int_V \frac{(\tau-\tau_u)^c}{Z_o^h} dV \times \left\{ \frac{1}{f(a_c, a_L)} \right\} - 1 \Bigg\}$$

dove V = ammontare della sollecitazione

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 la durata con lubrificazione a grasso o olio pulito è ben superiore rispetto alla durata calcolata in condizioni di lubrificazione contaminata. Inoltre, quando la particella contaminante risulta più dura di 350 HV, tale durezza diventa un fattore determinante e sulla pista di rotolamento compaiono incisioni localizzate. Il danneggiamento che ne consegue può progredire in breve periodo fino allo sfaldamento. I risultati delle prove a fatica eseguite su numerosi cuscinetti a sfere ed a rulli, in condizioni di lubrificazione contaminata, mostrano una durata decisamente inferiore, da 1/3 a 1/10 della durata calcolata con le formule tradizionali.

In base a questi risultati sperimentali, il fattore di contaminazione a_c per la nuova teoria di calcolo NSK della durata viene classificato in cinque livelli.

(3) Nuova formula di calcolo della durata

Per quanto riguarda la nuova formula di calcolo della durata, viene proposta la seguente formula che combina lo sfaldamento sub-superficiale con la sfogliatura in superficie.

$$1n\frac{1}{S} \propto N^e \int_v \frac{(\tau-\tau_u)^c}{Z_o^h} dV \times \left\{ \frac{1}{f(a_c, a_L)} \right\}$$

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

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:

$$a_{NSK} \propto F\left\{a_L, \left(\frac{P\text{-}P_u}{C \cdot a_c}\right)\right\}$$

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 ($k = v/v_1$, 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 un fattore di affidabilità (a_1, secondo la tabella 1.4)

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

Tabella 1.4 Fattore di Affidabilit a_1

Affidabilit (%)	90	95	96	97	98	99
Fattore a_1	1	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

Nuova Teoria della Durata Applicata ai Cuscinetti di Precisione per Macchine Utensili

Quando la nuova formula di calcolo viene applicata ai cuscinetti di precisione, il fattore a_{NSK} corrisponde a:

$$a_{NSK} \doteqdot 14$$

Figura 1.4 Nuovo Diagramma per il Calcolo della Durata dei Cuscinetti a Sfere

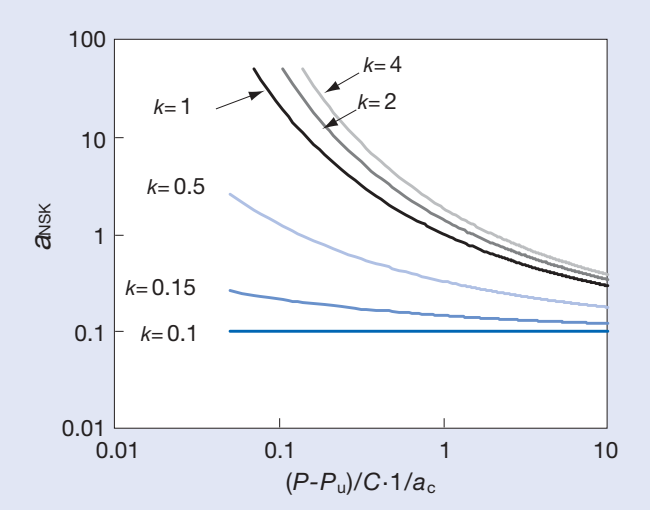
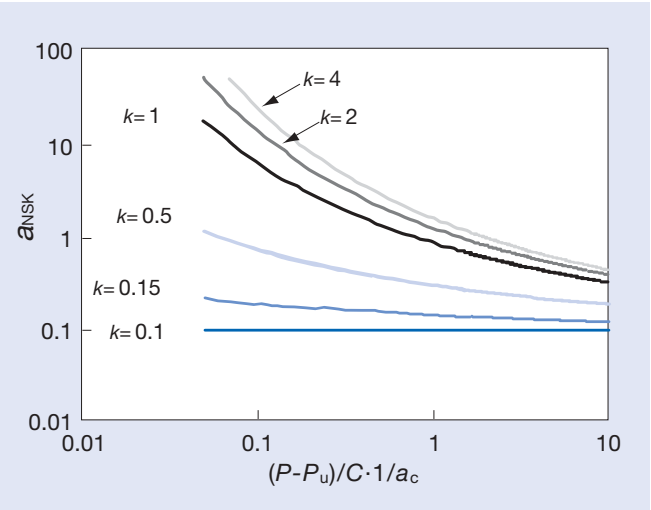


Figura 1.5 Nuovo Diagramma per il Calcolo della Durata dei Cuscinetti a Rulli



Questi grafici fanno riferimento a cuscinetti NSK di precisione in acciaio standard Z, utilizzati con lubrificazione a grasso o con lubrificante di viscosità VG22 – VG68, in ambiente pulito.

Per Accedere agli Strumenti di Calcolo NSK

Visitate il sito web al seguente indirizzo

http://home2.nsk.com/index2.html

Durata dei Cuscinetti per Alta Velocità

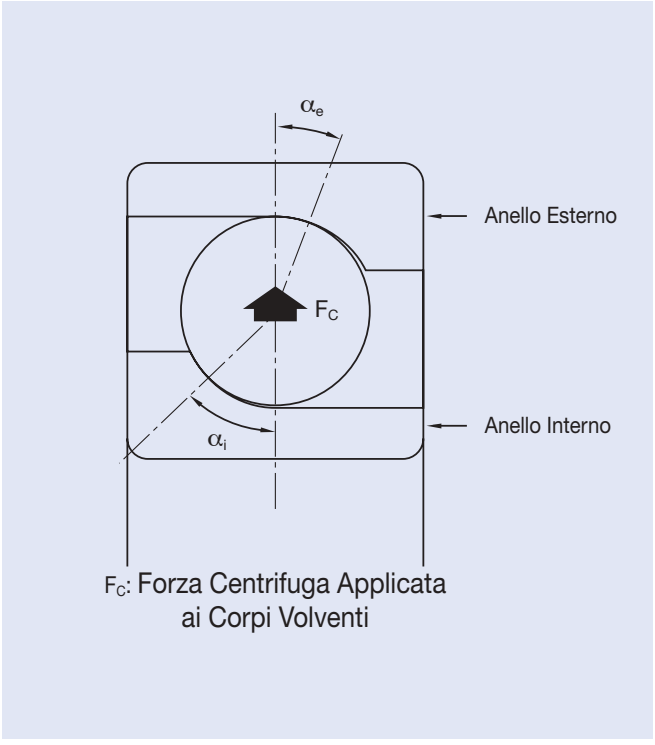
Quando i cuscinetti funzionano ad alta velocità, oltre al carico esterno è da considerare anche il carico interno generato dalla forza centrifuga che agisce sui corpi volventi.
Si dovrebbe utilizzare un computer per calcolare le condizioni di carico sui cuscinetti che funzionano ad alta velocità (oltre 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

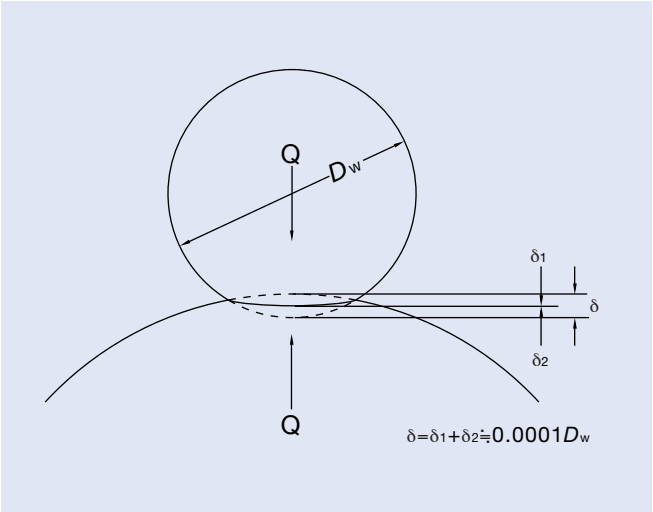
Se sottoposti ad un carico eccessivo che superi il limite elastico o ad un carico d'urto eccessivo, i cuscinetti volventi possono subire una deformazione permanente locale dei corpi volventi e della superficie della pista di rotolamento. La deformazione non elastica aumenta per area e per profondità 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.

Fig. 2.1 Rapporto tra le Deformazioni e il Valore Nominale della Capacit di Carico Statico



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 equivalente. Analogamente, 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:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$
$$P_o = F_r$$

Carico Statico Equivalente nei Cuscinetti Assiali

$$P_o = X_o F_r + F_a \quad \alpha \neq 90^\circ$$

Tabella 2.1. Carico Statico Equivalente $P_o = X_o F_r + Y_o F_a$

Angolo di contatto	Singolo, DT		DB o DF	
	X_o	Y_o	X_o	Y_o
15	0.5	0.46	1	0.92
18	0.5	0.42	1	0.84
25	0.5	0.38	1	0.76
30	0.5	0.33	1	0.66
40	0.5	0.26	1	0.52

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 $F_r > 0.5F_{r1} + Y_oF_a$, 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)

Tabella 2.2 Valori del Fattore di Carico Statico Ammissibile f_s

Condizioni di esercizio	Valore minimo di f_s	
	Cuscinetti a sfere	Cuscinetti a rulli
Applicazioni a bassa rumorosità	2.0	3.0
Cuscinetti soggetti a vibrazioni e carichi d urto	1.5	2.0
Condizioni di esercizio normali	1.0	1.5

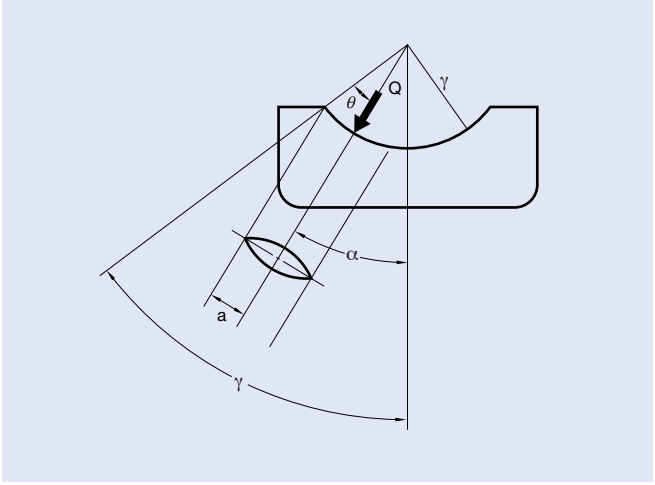
Carichi Assiali Ammissibili

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



3. DISPOSIZIONI DI CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

Accoppiamenti Disponibili per i Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

NSK produce i cuscinetti di Super Precisione a contatto obliquo pre-accoppiati in gruppi di 2, 3 o 4 cuscinetti. Le combinazioni utilizzate per l'estremità fissa dei mandrini sono solitamente composte da coppie (DB), terne (DBD) o quaterne (DBB). Tuttavia, nel caso di disposizioni in terna, poiché la distribuzione del precarico su ogni cuscinetto non è uniforme, il livello di precarico selezionabile è piuttosto limitato, tanto da non rendere questo accoppiamento adatto per applicazioni ad alta velocità.

I cuscinetti NSK disposti in gruppi generano, dopo il montaggio, un dato precarico. La variazione sulla misura effettiva sia dei diametri dei fori che dei diametri esterni per una coppia di cuscinetti viene mantenuta entro valori pari a meno di 1/3 del campo di tolleranza previsto su quella data dimensione.

Tabella 3.1 Caratteristiche di ogni Disposizione

	DB	DF	DT	DBD	DBB
Direzione del carico	⟺	⟺	➡	⟺	⟺
Momento ribaltante	◎	○	△	◎	◎
Velocità ammissibile	◎	◎	◎	△	○
Generazione di calore	◎	◎	◎	△	○
Rigidezza	○	○	△	◎	◎

◎ Eccellente ◎ Molto buono ○ Buono △ Modesto ➡ In una sola direzione ⟺ In entrambe le direzioni

Caratteristiche di ogni Disposizione

● Disposizione Dorso a Dorso, DB

Possono essere sostenuti carichi assiali in entrambe le direzioni e carichi radiali. Poiché la distanza dei centri di carico effettivi è notevole, questa disposizione risulta adatta in caso di forti momenti ribaltanti. Tuttavia, se la precisione dell'alloggiamento non fosse sufficiente e nel caso di disallineamento nel mandrino, i carichi che si genererebbero all'interno dei cuscinetti potrebbero essere sufficienti a provocare un cedimento prematuro a causa dell'eccessiva rigidezza del sistema.

● Disposizione Faccia a Faccia, DF

Rispetto alla disposizione DB, la distanza tra i centri di carico effettivi è ridotta, quindi la capacità di sostenere momenti ribaltanti è inferiore rispetto alla disposizione DB.

Al contrario, questa disposizione è adatta per un utilizzo con alloggiamenti che presentano una precisione inferiore o nel caso in cui si possano manifestare maggiori flessioni dell'albero a causa della minore rigidezza dell'albero stesso.

● Disposizione Tandem, DT

Possono essere sostenuti carichi assiali in una sola direzione e carichi radiali.

Poiché la rigidezza assiale di questa disposizione è doppia rispetto alla configurazione con un solo cuscinetto, essa viene utilizzata in caso di forti carichi assiali in una sola direzione.

● Disposizione in terna, DBD

Possono essere sostenuti carichi assiali in entrambe le direzioni e carichi radiali.

Tuttavia, la distribuzione del precarico su ogni cuscinetto non è uniforme. Il valore del precarico sul cuscinetto contrapposto alla coppia in Tandem è doppio rispetto a quello degli altri due cuscinetti.

Di conseguenza, questa disposizione non è sempre adatta per impieghi ad alta velocità a causa del considerevole aumento del carico interno nel cuscinetto singolo, con conseguente rischio di cedimento prematuro.

● Disposizione in quaterna, DBB

Possono essere sostenuti carichi assiali in entrambe le direzioni e carichi radiali.

In situazioni che presentino lo stesso gioco assiale della disposizione DB, il precarico e la rigidezza sono doppi rispetto a quanto ottenuto con la disposizione DB. Inoltre, il carico assiale ammissibile di una disposizione a 4 cuscinetti, è molto superiore rispetto alla disposizione DB.

Figura 3.1 – Distanza tra i Centri di Carico Effettivo nelle Disposizioni Dorso a Dorso e Faccia a Faccia

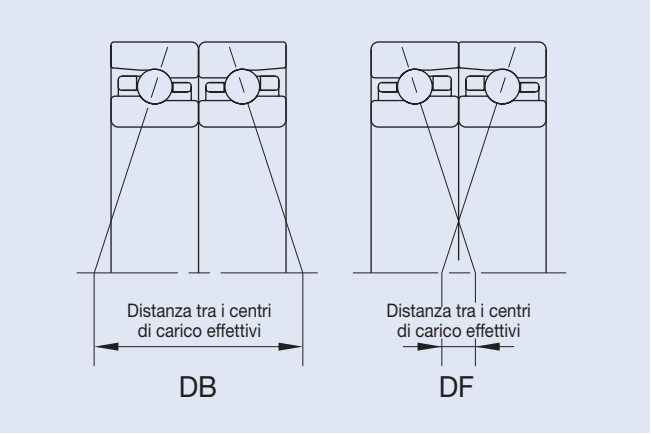


Figura 3.2 Direzione del Carico nelle Disposizioni Dorso a Dorso e Tandem

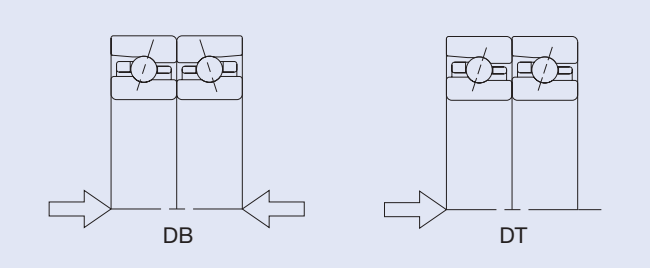
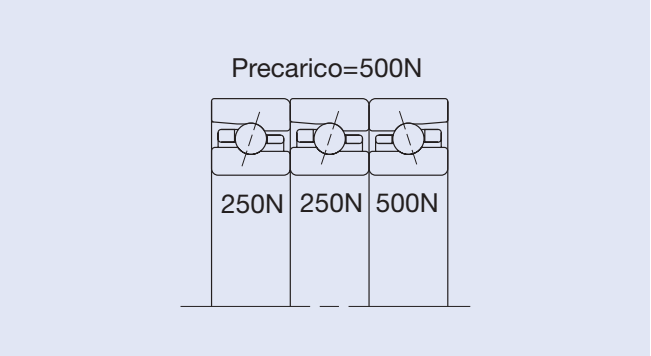


Fig.3.3 Precarico Interno Risultante nella Disposizione DBD



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.

$$\sigma_{DB}=2.4079\times10^{-2}$$

$$\sigma_{DF}=2.9853\times10^{-2}$$

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.

Figura 3.5 – Simbolo del Punto di Massima Eccentricità dell Anello Interno

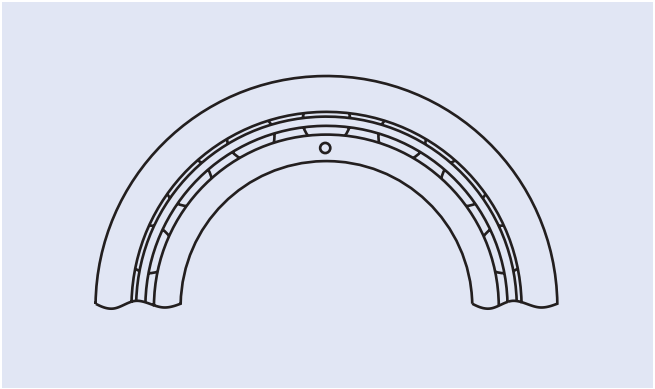


Figura 3.4 – Diagramma del Cedimento del Mandrino

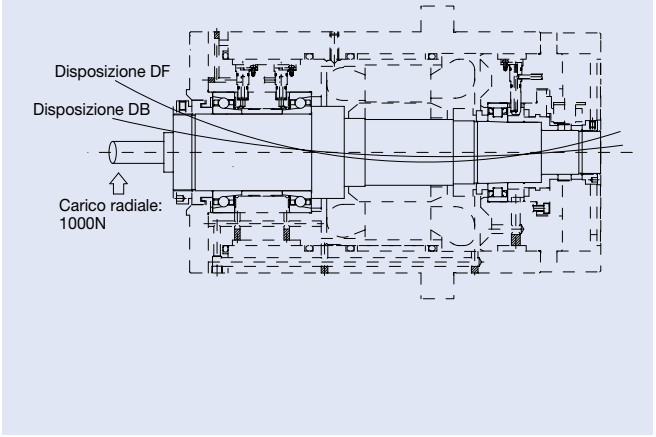
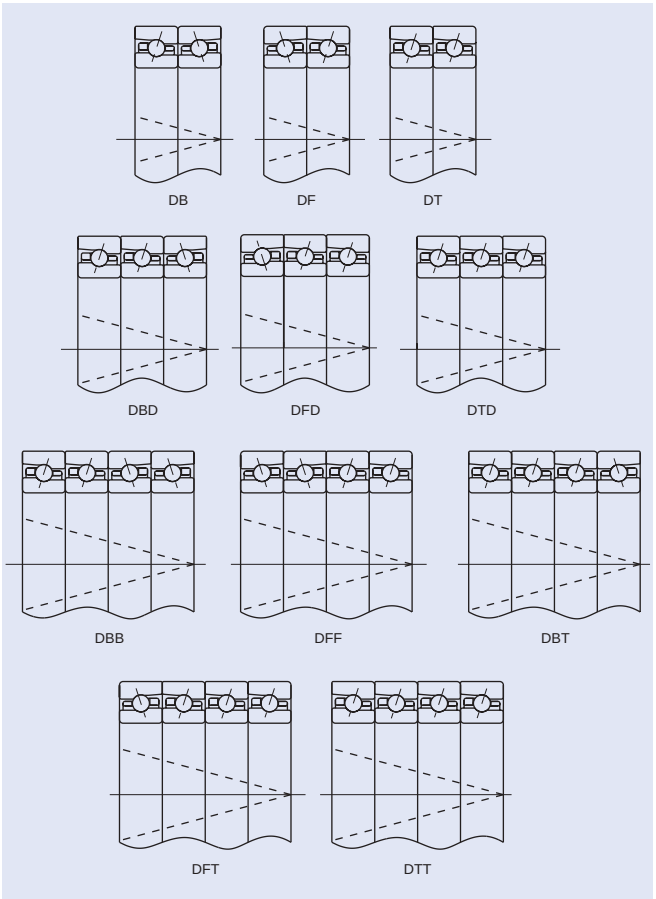


Figura 3.6 – Disposizioni in gruppo di Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

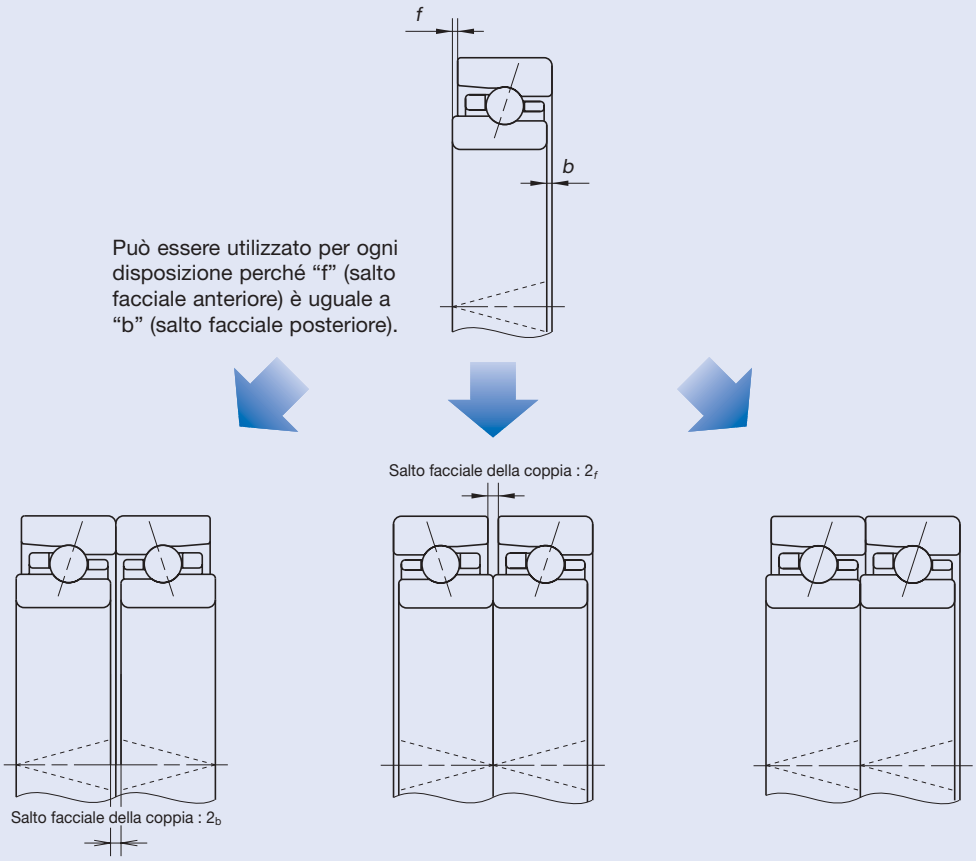


3. DISPOSIZIONI DI CUSCINETTI A SFERE A CONTATTO OBLIQUO

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.

Figura 3.7 Disposizione Universale



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.

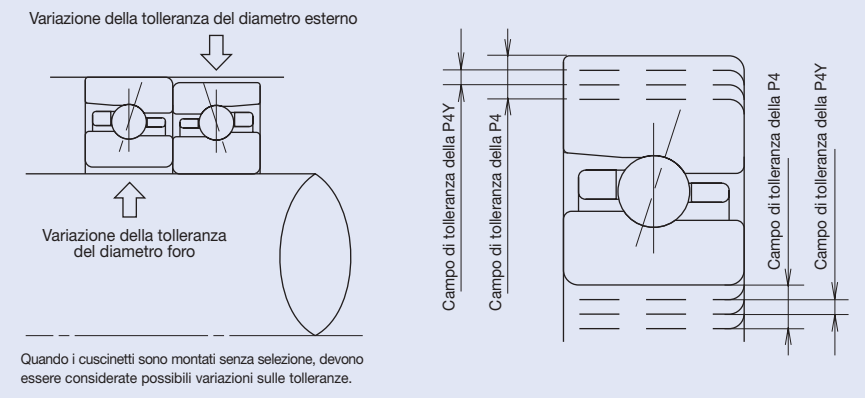
Tabella 3.2 Caratteristiche dei Cuscinetti SU e DU

	SU	DU
Numero di cuscinetti	1	2
Variazione della tolleranza del diametro foro e del diametro esterno	–	Compresa entro 1/3 del campo di tolleranza previsto per data dimensione

Indicazioni sull Utilizzo dei Cuscinetti Singoli Universali (SU)

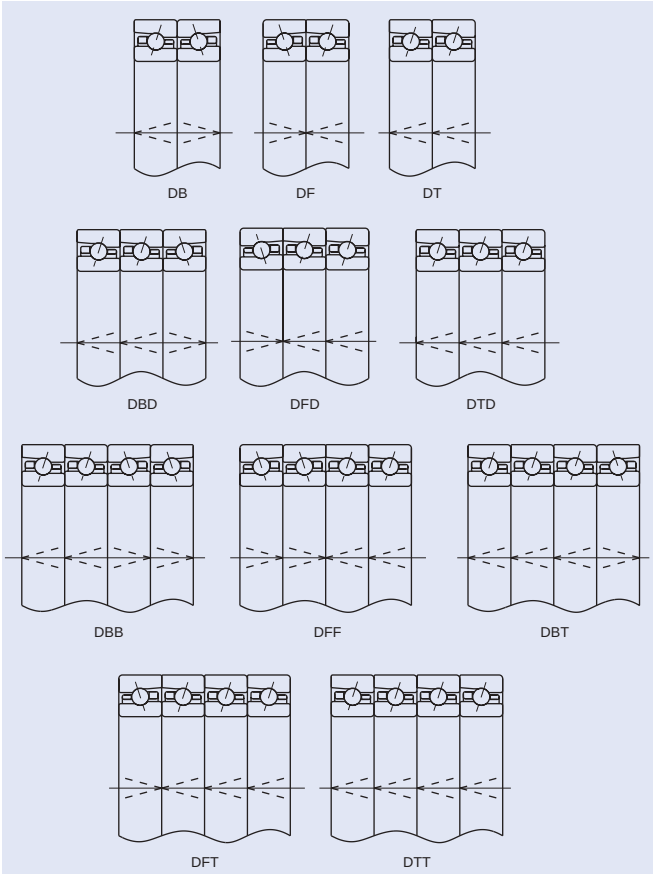
- Quando questi cuscinetti vengono montati in coppie, terne o quaterne, è raccomandabile selezionare le tolleranze del diametro foro e del diametro esterno per tutti i cuscinetti che formeranno il gruppo. Per questi cuscinetti, tali tolleranze dovranno essere comprese entro 1/3 del campo di tolleranza previsto per il diametro foro e il diametro esterno.
- Esistono anche cuscinetti con precisione speciale "P4Y", che offrono variazioni molto ridotte della tolleranza del diametro foro e del diametro esterno. La precisione "P4Y" presenta la stessa precisione di rotazione della classe P4, ma con un campo di tolleranza del diametro foro e del diametro esterno più ristretto rispetto alla P4. Permettendo così di disporre i cuscinetti singoli universali senza la necessità di dover eseguire la selezione sopra raccomandata.
- La precisione “P4Y” permette quindi di disporre facilmente i cuscinetti singoli universali. Tuttavia, quando questi cuscinetti sono utilizzati a velocità superiori a 1.500.000 $d_m n$, è possibile che queste pur piccole variazioni della tolleranza del diametro foro e del diametro esterno possano generare un accoppiamento con albero e sede non perfettamente omogeneo. Tale fenomeno può successivamente dar luogo ad una distribuzione non equa del precarico tra i singoli cuscinetti. Pertanto, se i cuscinetti in classe “P4Y” vengono utilizzati a velocità elevate tale aspetto deve essere tenuto in considerazione.

Figura 3.8 – Tolleranza delle Classi di Precisione P4 e P4Y



Metodo di Disposizione e “V” di Allineamento dei Cuscinetti Singoli Universali (SU)

Figura 3.9 Disposizione di Cuscinetti Universali SU



Tolleranza Diametro Foro e Diametro Esterno (Precisione P4Y)

Tabella 3.3 Tolleranza del Diametro Foro dell’Anello Interno — Unità : μm

Diametro Foro		P4		P4Y (controllato entro un valore medio)	
Oltre	Fino a	Superiore	Inferiore	Superiore	Inferiore
30	50	0	−6	−1	−3
50	80	0	−7	−2	−5
80	120	0	−8	−3	−6
120	150	0	−10	−3	−7

※ La tolleranza dei cuscinetti con diametro foro inferiore a 30 mm corrisponde ai valori indicati nel caso di cuscinetti con diametro foro compreso tra 30 e 50 mm.

Tabella 3.4 Tolleranza del Diametro Foro dell’Anello Esterno — Unità : μm

Diametro esterno		P4		P4Y (controllato entro un valore medio)	
Oltre	Fino a	Superiore	Inferiore	Superiore	Inferiore
50	80	0	−7	−2	−6
80	120	0	−8	−2	−6
120	150	0	−9	−3	−7
150	180	0	−10	−3	−7
180	200	0	−11	−4	−9
200	inferiore a 215	0	−11	−2	−9

※ La tolleranza dei cuscinetti con diametro esterno inferiore a 50 mm corrisponde ai valori indicati per i cuscinetti con diametro esterno compreso tra 50 e 80 mm.

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

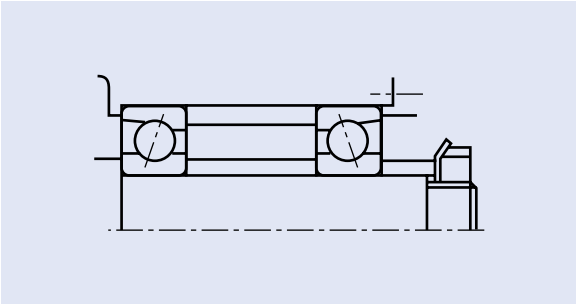
Un precarico rigido si ottiene bloccando due cuscinetti assialmente opposti tra loro, in una posizione che rimane inalterata anche durante l'esercizio. In pratica, per ottenere un precarico rigido generalmente si adottano i tre seguenti metodi:

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.

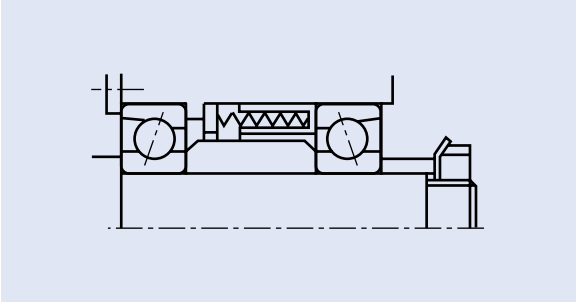
Figura 4.1 – Precarico Rigido



(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 δ_{aoA} e δ_{aoB} e portati a contatto eliminando lo spazio assiale δ_{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.

Disposizione Dorso - Dorso (DB)

Figura 4.3 – Coppia DB Precaricata

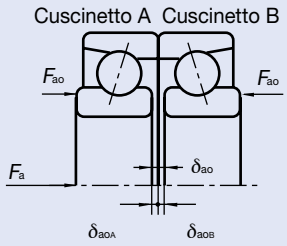
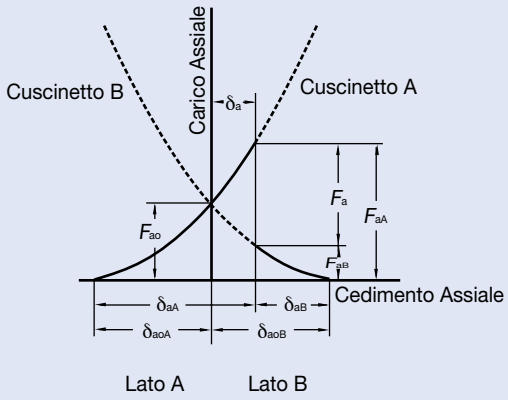


Figura 4.4 – Cedimento Assiale di una Coppia DB Precaricata



F_a : Carico assiale applicato dell'esterno
F_{aA} : Carico assiale applicato sul cuscinetto A
F_{aB} : Carico assiale applicato sul cuscinetto B
δ_a : Cedimento della coppia di cuscinetti
δ_{aA} : Cedimento del cuscinetto A
δ_{aB} : Cedimento del cuscinetto B

Disposizone in Terna DBD

Fig.4.5 Terna DBD Precaricata

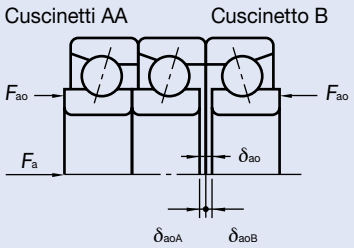
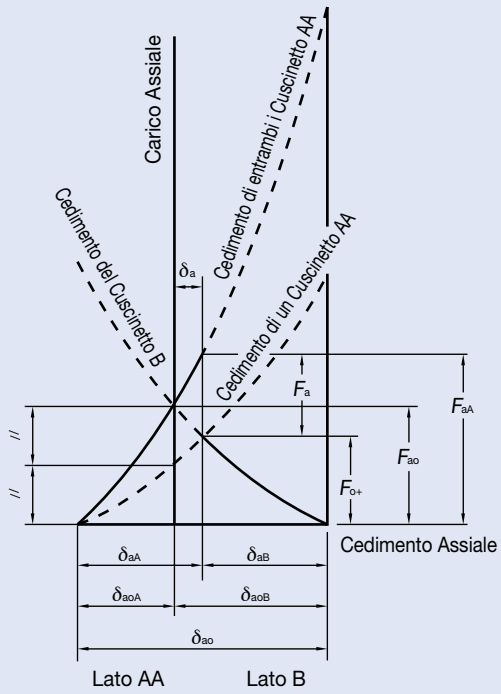


Figura – 4.6 Cedimento Assiale di una Terna DBD Precaricata



F_a : Carico assiale applicato dell'esterno
F_{aA} : Carico assiale applicato sui cuscinetti AA
F_{aB} : Carico assiale applicato sul cuscinetto B
δ_a : Cedimento della terna di cuscinetti
δ_{aA} : Cedimento dei cuscinetti AA
δ_{aB} : Cedimento del cuscinetto B

4. PRECARICO E RIGIDEZZA

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

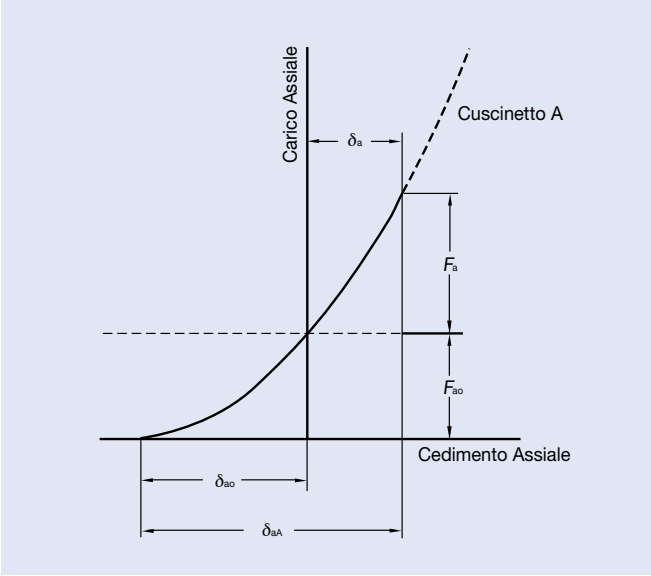
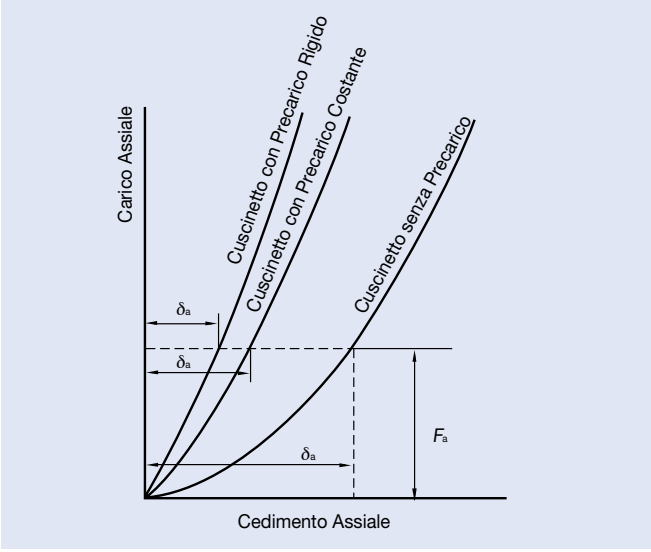


Figura 4.8 – Confronto tra Rigidezza e Precarico



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 degli anelli interno ed esterno aumenta, a causa della generazione di un carico assiale interno provocato dalla forza centrifuga sulle sfere e dalla differenza di temperatura tra gli anelli interno ed esterno. Nei cuscinetti aventi un angolo di contatto, come i cuscinetti a sfere a contatto obliquo, durante la rotazione si può generare un rotolamento con slittamento dovuto al momento giroscopico delle sfere.

Lo slittamento aumenta all'aumentare della velocità del cuscinetto. Come conseguenza, l'intensità del calore generato nelle aree di contatto aumenta e la viscosità del lubrificante diminuisce. In alcuni casi si può verificare la rottura della pellicola del lubrificante, e successivamente un grippaggio del cuscinetto. In altre parole, se la pressione specifica sulla superficie di contatto nel caso di funzionamento a bassa velocità coincide con la pressione specifica nel caso di funzionamento ad alta velocità, allora la generazione di calore dovuta allo slittamento delle sfere alle alte velocità diventerà più elevata.

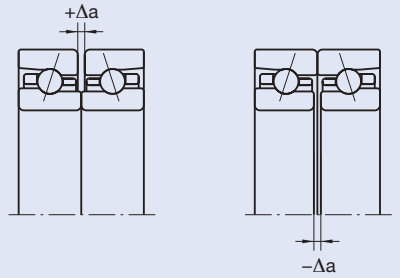
Questo concetto può essere espresso quantitativamente come il valore *Pv*, dove *P* rappresenta la pressione specifica sulla

superficie di contatto e "*v*" il rapporto di scorrimento. Il valore *Pv* può essere applicato all'area di contatto di rotolamento del cuscinetto. Se il valore *Pv* è costante, lo slittamento nel caso di funzionamento ad alta velocità risulta superiore rispetto al funzionamento a bassa velocità. Quindi, se si aumenta la velocità, è necessario ridurre la pressione sulla superficie di contatto. NSK è in grado di calcolare con programmi avanzati la pressione specifica sulla superficie di contatto ed il rapporto di scorrimento generati durante il funzionamento alle alte velocità. Grazie alla notevole quantità di dati ottenuti da simulazioni e di risultati riscontrati sul campo, è possibile determinare il precarico più indicato in funzione dei fattori limitanti, quali il metodo di lubrificazione e la velocità di rotazione. Per funzionamenti che superano un fattore dmn pari a 800.000, contattare direttamente NSK.

Gioco Assiale Speciale

NSK può offrire cuscinetti a sfere a contatto obliquo accoppiati con giochi o precarichi dedicati. Essi sono indicati con CA e CP, dove:
CA gioco assiale (cioè con gioco positivo in direzione assiale)
CP: precarico (cioè con gioco negativo, quindi precarico, in direzione assiale)

Fig.4.9 Gioco Speciale



Modifica del Precarico

Per modificare il precarico (per esempio da "EL" ad "L"), bisogna variare il salto facciale originale dei cuscinetti attraverso l'inserimento di un distanziale o la modifica del distanziale esistente. Quando si vuole aumentare il precarico di una coppia DB o DF, si deve ridurre lo spessore del distanziale interno. Viceversa, per ridurre il precarico si deve ridurre lo spessore del distanziale esterno. Per quanto riguarda la differenza tra i salti facciali per i diversi livelli di precarico, fare riferimento alle tabelle da pagina 138 a pagine 146. La tabella 4.1 definisce invece il carico assiale da applicare al cuscinetto per la misura del suo gioco assiale.

Tabella 4.1- Carico da Applicare per la Misura del Gioco Assiale

Diametro esterno (mm) Oltre	Fino a	Carico di misura (N)
10*	50	24,5
50	120	49,0
120	200	98,0
200	–	196,0

(*) Il diametro 10 mm è incluso

Figura 4.10 – Gioco Radiale nei Cuscinetti a Rulli Cilindrici a Due Corone e Variazione della Durata a Fatica

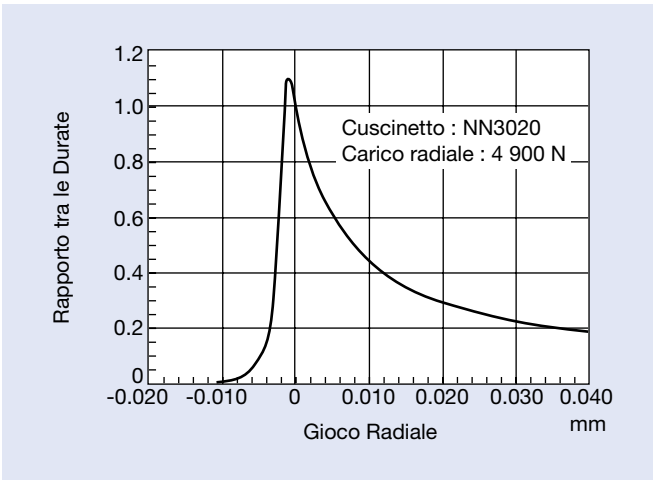
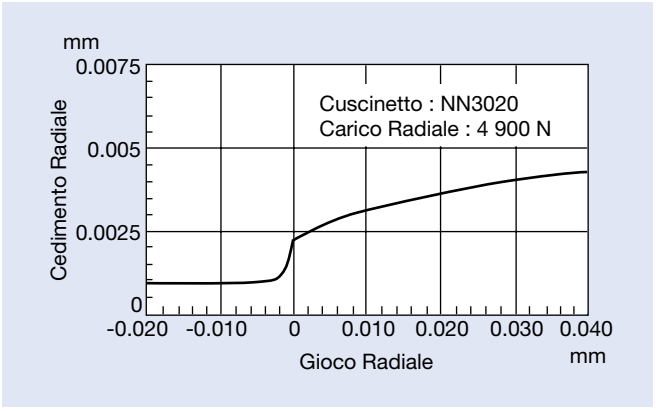


Figura 4.11 – Gioco Radiale nei Cuscinetti a Rulli Cilindrici a Due Corone e Variazione della Rigidezza



Gioco Radiale Interno nei Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Affinché i mandrini delle macchine utensili abbiano una precisione ed una rigidezza di esercizio idonea, i cuscinetti vengono utilizzati con un gioco interno minimo o, in alcuni casi, con un precarico dopo il montaggio.

Per permetterne una più semplice regolazione del gioco radiale interno, i cuscinetti a rulli cilindrici a due corone vengono impiegati generalmente nell'esecuzione con foro conico. Solitamente, i cuscinetti montati sul lato anteriore del mandrino (estremità bloccata assialmente) vengono registrati al montaggio in modo poi da avere un precarico in condizioni d'esercizio. I cuscinetti montati sul lato posteriore del mandrino (estremità libera assialmente) vengono registrati al montaggio in modo da avere durante il funzionamento un leggero gioco residuo. Quindi, il valore del gioco dopo il montaggio dipende dalle condizioni di funzionamento previste per il mandrino, come la velocità, il carico, il tipo di lubrificazione, la dimensione del cuscinetto, la rigidezza richiesta, la durata, ecc.

La figura 4.10 illustra la relazione tra il gioco radiale interno e la durata di un cuscinetto NN3020.

La figura 4.11 illustra la relazione tra il gioco radiale interno ed il cedimento radiale di un cuscinetto NN3020 (diametro interno 100 mm, diametro esterno 150 mm, larghezza 37 mm).

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
15°	6.5	6.0	5.0	4.5
18°	4.5			
25°	2.0			
30°	1.4			
40°	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.

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 70, 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	12	(3) 12	25	(0) 17	49	(-5) 23	100	(-12) 32
01	12	12	(3) 14	25	(0) 18	59	(-6) 26	120	(-14) 37
02	15	14	(3) 16	29	(-1) 20	69	(-7) 29	150	(-16) 43
03	17	14	(2) 16	29	(-1) 21	69	(-7) 31	150	(-16) 45
04	20	24	(0) 21	49	(-4) 28	120	(-12) 42	250	(-22) 59
05	25	29	(-1) 24	59	(-5) 32	150	(-14) 48	290	(-24) 68
06	30	39	(1) 29	78	(-3) 39	200	(-13) 59	390	(-24) 83
07	35	60	(-1) 36	120	(-7) 49	250	(-16) 68	490	(-28) 94
08	40	60	(-1) 39	120	(-6) 51	290	(-17) 77	590	(-30) 110
09	45	75	(-3) 43	150	(-8) 58	340	(-19) 85	690	(-33) 121
10	50	75	(-2) 46	150	(-8) 63	390	(-20) 96	780	(-34) 136
11	55	100	(-4) 51	200	(-11) 69	490	(-24) 102	980	(-40) 145
12	60	100	(-4) 53	200	(-10) 70	540	(-25) 110	1 080	(-42) 158
13	65	125	(-6) 61	250	(-13) 82	540	(-24) 117	1 080	(-39) 164
14	70	145	(-7) 68	290	(-14) 88	740	(-30) 135	1 470	(-48) 190
15	75	145	(-7) 70	290	(-14) 92	780	(-31) 144	1 570	(-49) 202
16	80	195	(-6) 76	390	(-14) 103	930	(-31) 152	1 860	(-52) 216
17	85	195	(-6) 78	390	(-14) 106	980	(-32) 161	1 960	(-52) 225
18	90	245	(-8) 87	490	(-18) 117	1 180	(-37) 172	2 350	(-60) 242
19	95	270	(-9) 93	540	(-19) 124	1 180	(-36) 176	2 350	(-58) 246
20	100	270	(-9) 97	540	(-18) 127	1 270	(-37) 187	2 550	(-60) 264
21	105	320	(-11) 103	640	(-21) 134	1 470	(-42) 198	2 940	(-67) 277
22	110	370	(-13) 104	740	(-25) 137	1 770	(-49) 203	3 530	(-78) 286
24	120	415	(-14) 116	830	(-26) 153	1 960	(-50) 225	3 920	(-79) 317
26	130	490	(-16) 126	980	(-29) 167	2 260	(-54) 244	4 510	(-85) 344
28	140	500	(-11) 132	1 000	(-24) 174	2 210	(-49) 254	4 420	(-81) 361
30	150	575	(-13) 141	1 150	(-27) 187	2 560	(-55) 276	5 100	(-88) 386
32	160	625	(-14) 147	1 250	(-29) 197	2 930	(-57) 288	5 840	(-90) 403
34	170	780	(-18) 160	1 560	(-35) 213	3 560	(-66) 309	7 150	(-104) 435
36	180	930	(-21) 179	1 860	(-39) 238	4 160	(-71) 342	8 320	(-111) 479
38	190	1 030	(-23) 188	2 060	(-42) 251	4 640	(-76) 360	9 340	(-119) 507
40	200	1 150	(-25) 198	2 300	(-45) 264	5 170	(-81) 379	10 350	(-126) 533

Serie 70, 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	19	(1) 29	39	(-2) 41	78	(-5) 51	150	(-10) 67
01	12	19	(1) 31	39	(-2) 45	100	(-6) 60	200	(-12) 81
02	15	19	(1) 33	39	(-1) 43	100	(-6) 65	200	(-11) 84
03	17	24	(0) 41	49	(-2) 52	120	(-7) 75	250	(-13) 99
04	20	39	(-1) 51	78	(-4) 68	200	(-10) 97	390	(-17) 128
05	25	50	(-2) 61	100	(-5) 79	200	(-9) 99	390	(-16) 133
06	30	60	(-1) 68	120	(-4) 89	290	(-10) 129	590	(-18) 171
07	35	75	(-1) 78	150	(-5) 107	390	(-12) 149	780	(-21) 198
08	40	100	(-2) 95	200	(-6) 127	440	(-12) 168	880	(-21) 223
09	45	100	(-2) 99	200	(-6) 132	490	(-13) 181	980	(-22) 238
10	50	120	(-3) 118	250	(-7) 154	590	(-14) 208	1 180	(-24) 278
11	55	170	(-4) 127	340	(-9) 170	780	(-18) 235	1 570	(-29) 307
12	60	170	(-4) 134	340	(-9) 179	780	(-17) 241	1 570	(-28) 317
13	65	195	(-5) 157	390	(-9) 196	880	(-18) 272	1 770	(-29) 356
14	70	245	(-6) 170	490	(-11) 218	1 080	(-20) 293	2 160	(-33) 390
15	75	245	(-6) 179	490	(-11) 229	1 180	(-21) 316	2 350	(-34) 418
16	80	320	(-6) 187	640	(-11) 245	1 470	(-23) 343	2 940	(-37) 448
17	85	320	(-5) 196	640	(-11) 257	1 470	(-22) 352	2 940	(-36) 462
18	90	390	(-7) 218	780	(-13) 275	1 770	(-25) 374	3 530	(-41) 494
19	95	415	(-7) 227	830	(-13) 287	1 860	(-25) 392	3 730	(-42) 525
20	100	415	(-7) 235	830	(-13) 299	1 960	(-26) 417	3 920	(-42) 548
21	105	490	(-8) 246	980	(-15) 317	2 260	(-28) 430	4 510	(-46) 571
22	110	590	(-10) 258	1 180	(-18) 330	2 650	(-33) 447	5 300	(-53) 588
24	120	635	(-10) 281	1 270	(-18) 361	2 940	(-33) 491	5 880	(-54) 654
26	130	785	(-12) 305	1 570	(-20) 396	3 430	(-36) 536	6 860	(-58) 710
28	140	785	(-9) 317	1 570	(-17) 406	3 660	(-33) 554	7 270	(-54) 729
30	150	930	(-11) 351	1 850	(-20) 446	4 070	(-37) 601	8 250	(-61) 800
32	160	1 080	(-12) 376	2 160	(-22) 482	4 700	(-40) 649	9 380	(-65) 858
34	170	1 270	(-14) 401	2 550	(-25) 514	5 900	(-47) 707	11 600	(-75) 929
36	180	1 550	(-16) 450	3 100	(-28) 577	6 820	(-50) 779	13 560	(-80) 1 028
38	190	1 660	(-17) 460	3 320	(-29) 599	7 560	(-53) 819	15 130	(-85) 1 084
40	200	1 850	(-18) 493	3 700	(-31) 631	8 360	(-56) 860	16 820	(-90) 1 141

* 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.

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
15°	6.5	6.0	5.0	4.5
18°	4.5			
25°	2.0			
30°	1.4			
40°	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.

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 72, Angolo C
Angolo di Contatto 15°, 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	14	(3) 13	29	(-1) 18	69	(-8) 27	150	(-18) 38
01	12	19	(1) 16	39	(-3) 21	100	(-12) 33	200	(-22) 46
02	15	19	(1) 17	39	(-3) 23	100	(-11) 34	200	(-21) 48
03	17	24	(0) 19	49	(-4) 25	150	(-16) 42	290	(-28) 59
04	20	34	(-2) 23	69	(-7) 30	200	(-20) 49	390	(-33) 70
05	25	39	(1) 26	78	(-4) 36	200	(-14) 53	390	(-26) 76
06	30	60	(-1) 32	120	(-8) 43	290	(-20) 66	590	(-35) 94
07	35	75	(-3) 37	150	(-10) 50	390	(-25) 75	780	(-43) 108
08	40	100	(-5) 44	200	(-13) 60	490	(-29) 90	980	(-47) 126
09	45	125	(-7) 49	250	(-16) 67	540	(-30) 94	1 080	(-49) 132
10	50	125	(-7) 52	250	(-15) 69	590	(-31) 102	1 180	(-50) 143
11	55	145	(-8) 56	290	(-17) 74	780	(-38) 117	1 570	(-60) 163
12	60	195	(-11) 64	390	(-22) 86	930	(-42) 126	1 860	(-67) 179
13	65	220	(-12) 71	440	(-23) 95	1 080	(-44) 141	2 160	(-70) 200
14	70	245	(-9) 75	490	(-20) 100	1 180	(-43) 148	2 350	(-69) 210
15	75	270	(-10) 81	540	(-21) 108	1 230	(-42) 157	2 450	(-68) 220
16	80	295	(-12) 83	590	(-24) 109	1 370	(-47) 159	2 750	(-76) 224
17	85	345	(-14) 88	690	(-27) 120	1 670	(-53) 177	3 330	(-85) 251
18	90	390	(-15) 97	780	(-29) 126	1 860	(-57) 187	3 730	(-90) 263
19	95	440	(-18) 98	880	(-33) 130	2 060	(-63) 192	4 120	(-99) 271
20	100	490	(-20) 101	980	(-36) 137	2 350	(-68) 202	4 710	(-107) 285
21	105	540	(-21) 108	1 080	(-38) 144	2 650	(-73) 216	5 300	(-114) 305
22	110	635	(-24) 117	1 270	(-43) 156	2 940	(-78) 228	5 880	(-121) 321
24	120	700	(-19) 128	1 400	(-38) 170	3 210	(-73) 247	6 350	(-116) 345
26	130	760	(-20) 138	1 520	(-39) 183	3 400	(-73) 262	6 740	(-116) 367
28	140	925	(-24) 152	1 850	(-45) 202	4 110	(-82) 288	8 300	(-131) 406
30	150	1 110	(-28) 167	2 220	(-51) 222	4 960	(-92) 318	9 970	(-145) 447

Serie 72, Angolo A5
Angolo di contatto 25°, 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	19	(1) 29	39	(-2) 41	100	(-7) 58	200	(-13) 73
01	12	29	(-1) 36	59	(-3) 49	150	(-9) 70	290	(-16) 92
02	15	34	(-1) 43	69	(-4) 57	200	(-11) 83	390	(-19) 111
03	17	39	(-1) 46	78	(-4) 60	200	(-11) 87	390	(-19) 116
04	20	60	(-3) 59	120	(-6) 73	290	(-14) 104	590	(-24) 140
05	25	75	(-2) 68	150	(-5) 90	340	(-12) 124	690	(-22) 167
06	30	100	(-3) 85	200	(-7) 107	440	(-15) 147	880	(-25) 192
07	35	125	(-4) 95	250	(-8) 118	590	(-18) 167	1 180	(-30) 218
08	40	145	(-4) 104	290	(-9) 136	740	(-20) 195	1 470	(-33) 258
09	45	170	(-5) 115	340	(-10) 147	880	(-22) 212	1 770	(-36) 280
10	50	195	(-6) 129	390	(-11) 163	980	(-23) 233	1 960	(-37) 306
11	55	245	(-7) 141	490	(-13) 181	1 180	(-26) 255	2 350	(-42) 337
12	60	295	(-8) 155	590	(-15) 202	1 470	(-29) 281	2 940	(-47) 374
13	65	345	(-9) 177	690	(-15) 221	1 670	(-30) 314	3 330	(-48) 414
14	70	390	(-8) 188	780	(-15) 238	1 860	(-30) 331	3 730	(-49) 438
15	75	415	(-8) 199	830	(-15) 253	1 960	(-30) 352	3 920	(-49) 466
16	80	465	(-9) 200	930	(-17) 258	2 160	(-33) 356	4 310	(-54) 472
17	85	540	(-10) 217	1 080	(-19) 283	2 450	(-35) 383	4 900	(-57) 507
18	90	635	(-12) 239	1 270	(-21) 304	2 940	(-39) 416	5 880	(-64) 556
19	95	685	(-13) 240	1 370	(-23) 308	3 140	(-42) 419	6 280	(-68) 557
20	100	785	(-14) 251	1 570	(-25) 325	3 530	(-45) 441	7 060	(-73) 587
21	105	885	(-15) 267	1 770	(-27) 348	3 920	(-48) 471	7 850	(-77) 624
22	110	980	(-16) 280	1 960	(-29) 368	4 410	(-51) 496	8 830	(-85) 676
24	120	1 140	(-15) 315	2 280	(-28) 409	5 180	(-52) 559	10 350	(-83) 736
26	130	1 200	(-15) 334	2 410	(-28) 435	5 500	(-52) 595	11 000	(-83) 788
28	140	1 480	(-18) 373	2 970	(-32) 481	6 650	(-58) 654	13 480	(-93) 870
30	150	1 810	(-21) 416	3 620	(-36) 532	7 990	(-64) 719	16 350	(-104) 960

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

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
15°	6.5	6.0	5.0	4.5
18°	4.5			
25°	2.0			
30°	1.4			
40°	0.7			

Serie 72, 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	-	-
01	12	25	(0) 47	110	(-5) 78	220	(-10) 103	360	(-15) 125
02	15	25	(0) 50	110	(-5) 85	240	(-10) 114	390	(-15) 139
03	17	25	(0) 52	190	(-5) 90	250	(-10) 120	410	(-15) 145
04	20	25	(0) 55	260	(-10) 128	440	(-15) 155	650	(-20) 180
05	25	50	(0) 79	350	(-10) 160	580	(-15) 193	840	(-20) 223
06	30	50	(0) 85	380	(-10) 175	630	(-15) 210	910	(-20) 423
07	35	50	(0) 88	400	(-10) 184	660	(-15) 220	1 270	(-25) 285
08	40	50	(0) 95	440	(-10) 205	730	(-15) 246	1 470	(-25) 318
09	45	50	(0) 98	450	(-10) 212	1 080	(-20) 292	1 860	(-30) 363
10	50	50	(0) 103	480	(-10) 227	1 180	(-20) 314	2 060	(-30) 390
11	55	50	(0) 106	490	(-10) 235	1 670	(-26) 364	2 650	(-35) 438
12	60	50	(0) 110	510	(-10) 246	1 670	(-25) 380	2 750	(-35) 455
13	65	50	(0) 117	550	(-10) 270	1 860	(-25) 416	3 040	(-35) 500
14	70	100	(0) 150	1 080	(-15) 345	2 650	(-30) 480	3 920	(-40) 562
15	75	100	(0) 157	1 080	(-15) 366	2 750	(-30) 512	4 220	(-40) 598
16	80	100	(0) 154	1 080	(-15) 355	2 650	(-30) 494	4 020	(-40) 575
17	85	100	(0) 160	1 180	(-15) 370	3 430	(-35) 560	5 790	(-50) 678
18	90	100	(0) 162	1 670	(-20) 434	4 310	(-40) 615	5 980	(-50) 697
19	95	360	(-5) 248	1 670	(-20) 421	4 220	(-40) 595	6 670	(-55) 710
20	100	370	(-5) 252	1 670	(-20) 430	5 100	(-45) 645	7 650	(-60) 758
21	105	380	(-5) 260	2 260	(-25) 493	5 200	(-45) 665	8 920	(-65) 818
22	110	380	(-5) 266	2 350	(-25) 504	6 180	(-50) 720	10 200	(-70) 871
24	120	550	(-5) 320	2 840	(-25) 570	8 140	(-55) 843	11 570	(-70) 964
26	130	560	(-5) 340	3 730	(-30) 660	9 810	(-60) 942	13 530	(-75) 1 068
28	140	580	(-5) 352	5 000	(-36) 750	11 470	(-65) 1 022	15 490	(-80) 1 150
30	150	600	(-5) 366	5 000	(-35) 772	12 100	(-65) 1 063	16 500	(-81) 1 194

Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo di Piccole Dimensioni

Codice Cuscinetto	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)
725C	1.3 (10)	4.0	5.5 (7)	7.3	12.1 (4)	10.3	24.2 (0)	14.4
725A	5.0 (3)	18.5	10.3 (2)	23.8	24.5 (0)	32.6	49.0 (-3)	42.5
706C	1.5 (10)	4.3	7.9 (6)	8.3	15.1 (3)	11.1	30.3 (-2)	15.4
706A	4.9 (3)	18.6	16.8 (1)	28.7	24.4 (0)	32.8	48.8 (-3)	42.4
726C	1.8 (9)	5.1	9.2 (5)	9.6	17.6 (2)	12.8	35.2 (-3)	27.8
726A	3.7 (3)	18.4	16.2 (1)	30.8	34.0 (-1)	40.3	68.0 (-4)	52.4
707C	1.8 (9)	5.1	9.2 (5)	9.6	17.6 (2)	12.8	35.2 (-3)	17.8
707A	3.7 (3)	18.4	16.2 (1)	30.8	34.0 (-1)	40.3	68.0 (-4)	52.4
708C	4.2 (7)	7.5	14.1 (3)	12.2	28.6 (-1)	16.7	57.1 (-7)	23.3
708A	8.1 (2)	26.3	24.5 (0)	38.8	46.4 (-2)	48.9	92.8 (-5)	63.4
728C	4.2 (7)	7.5	14.1 (3)	12.2	28.5 (-1)	16.7	57.0 (-7)	23.3
728A	8.1 (2)	26.3	24.5 (0)	38.8	46.4 (-2)	48.9	92.9 (-5)	63.4

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

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

Precarico e Rigidezza (accoppiamenti DB e DF)

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

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

Tabella A

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

Serie BNR19H, BNR19X, BNR19XE
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)
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)	100	360 (-14)	134
35	50 (0)	68	240 (-8)	120	480 (-15)	153
40	50 (0)	70	250 (-8)	120	500 (-15)	160
45	50 (0)	75	260 (-8)	140	520 (-15)	174
50	50 (0)	80	280 (-8)	150	560 (-15)	190
55	50 (0)	84	300 (-8)	160	600 (-15)	203
60	50 (0)	87	300 (-8)	160	600 (-14)	209
65	50 (0)	92	320 (-8)	180	650 (-15)	232
70	50 (0)	93	330 (-8)	180	689 (-15)	233
75	50 (0)	96	340 (-8)	190	713 (-15)	243
80	50 (0)	98	350 (-8)	190	738 (-15)	252
85	50 (0)	100	360 (-8)	200	1 032 (-19)	290
90	100 (0)	140	480 (-8)	240	1 110 (-17)	321
95	100 (0)	140	490 (-8)	250	1 143 (-17)	332
100	100 (0)	130	580 (-10)	250	1 302 (-20)	328
105	100 (0)	140	600 (-10)	260	1 346 (-20)	341
110	100 (0)	140	620 (-10)	260	1 390 (-20)	354
120	100 (0)	150	780 (-12)	300	2 023 (-26)	414
130	100 (0)	150	1 115 (-16)	340	2 185 (-27)	434
140	100 (0)	150	1 151 (-16)	353	2 261 (-27)	450
150	200 (0)	198	1 484 (-17)	393	2 948 (-30)	504

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

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 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 (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)	63	220	(-8)	110	440	(-15)	140
35	50	(0)	67	240	(-8)	120	480	(-15)	153
40	50	(0)	72	250	(-8)	130	500	(-15)	165
45	50	(0)	73	250	(-8)	130	500	(-15)	166
50	50	(0)	77	270	(-8)	140	540	(-15)	180
55	50	(0)	80	350	(-10)	160	700	(-18)	205
60	50	(0)	84	380	(-10)	170	760	(-18)	222
65	50	(0)	88	400	(-10)	180	800	(-18)	235
70	50	(0)	88	400	(-10)	180	800	(-18)	235
75	50	(0)	90	510	(-12)	200	1 020	(-21)	263
80	100	(0)	120	620	(-12)	220	1 240	(-22)	290
85	100	(0)	120	640	(-12)	230	1 280	(-22)	300
90	100	(0)	120	650	(-12)	240	1 300	(-22)	305
95	100	(0)	130	670	(-12)	240	1 340	(-22)	316
100	100	(0)	130	690	(-12)	250	1 380	(-22)	327
105	100	(0)	130	910	(-15)	290	1 820	(-26)	369
110	100	(0)	130	930	(-15)	290	1 860	(-26)	379
120	100	(0)	140	980	(-15)	310	1 960	(-26)	403
130	100	(0)	140	1 002	(-16)	310	2 004	(-27)	389
140	200	(0)	180	1 098	(-13)	325	2 196	(-25)	421
150	200	(0)	180	1 274	(-15)	345	2 562	(-28)	444

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

4. PRECARICO E RIGIDEZZA

Precarico e Rigidezza (accoppiamenti DB e DF)

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

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

Tabella A

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

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)
30	50	(0)	43	110	(-5)	59	220	(-13)	81
35	50	(0)	46	120	(-5)	63	240	(-12)	83
40	50	(0)	49	120	(-5)	68	240	(-11)	88
45	50	(0)	49	120	(-5)	69	240	(-11)	88
50	50	(0)	52	130	(-5)	73	279	(-12)	99
55	50	(0)	54	130	(-5)	76	341	(-14)	110
60	50	(0)	57	140	(-5)	82	391	(-15)	121
65	50	(0)	60	140	(-5)	87	413	(-15)	130
70	50	(0)	59	260	(-10)	110	578	(-20)	147
75	50	(0)	61	270	(-10)	110	597	(-20)	151
80	100	(0)	80	360	(-10)	130	684	(-19)	164
85	100	(0)	82	370	(-10)	130	703	(-19)	169
90	100	(0)	83	370	(-10)	130	938	(-24)	191
95	100	(0)	85	380	(-10)	140	965	(-24)	197
100	100	(0)	87	390	(-10)	140	993	(-24)	204
105	100	(0)	89	470	(-12)	160	1 209	(-27)	229
110	100	(0)	91	600	(-15)	170	1 315	(-29)	235
120	100	(0)	95	630	(-15)	180	1 391	(-29)	250
130	100	(0)	95	833	(-20)	195	1 745	(-36)	260
140	200	(0)	125	860	(-15)	206	1 829	(-31)	276
150	200	(0)	125	1 025	(-18)	221	2 194	(-35)	297

Serie BER10H, BER10X, BER10XE
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)
30	50	(0)	71	250	(-8)	130	500	(-15)	163
35	50	(0)	75	260	(-8)	140	520	(-15)	175
40	50	(0)	80	280	(-8)	150	560	(-15)	191
45	50	(0)	81	280	(-8)	150	590	(-15)	197
50	50	(0)	86	300	(-8)	160	630	(-15)	213
55	50	(0)	89	400	(-10)	190	800	(-18)	240
60	50	(0)	94	430	(-10)	200	860	(-18)	260
65	50	(0)	99	450	(-10)	210	950	(-18)	280
70	50	(0)	98	450	(-10)	210	950	(-18)	280
75	50	(0)	100	580	(-12)	240	1 160	(-21)	306
80	100	(0)	130	700	(-12)	260	1 400	(-22)	343
85	100	(0)	130	720	(-12)	270	1 510	(-22)	355
90	100	(0)	140	740	(-12)	280	1 540	(-22)	362
95	100	(0)	140	760	(-12)	290	1 590	(-22)	375
100	100	(0)	150	780	(-12)	300	1 640	(-22)	388
105	100	(0)	150	1 040	(-15)	330	2 080	(-26)	430
110	100	(0)	150	1 060	(-15)	340	2 120	(-26)	440
120	100	(0)	160	1 120	(-15)	370	2 240	(-26)	469
130	100	(0)	160	1 150	(-16)	370	2 302	(-27)	469
140	200	(0)	200	1 240	(-13)	380	2 476	(-25)	489
150	200	(0)	200	1 444	(-15)	403	2 957	(-28)	552

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)	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)	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)	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)	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)	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)	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

Precarico e Rigidezza

Cuscinetti Assiali a Contatto Obliquo per Viti a Ricircolazione di Sfere

Serie TAC B (per macchine utensili)
Angolo di Contatto 60°

Precarico C9

Codice cuscinetto	Coppia (DB o DF)			Terna (DBD o DFD)			Quaterna (DBB o DFF)		
	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)
15TAC47B	1 000	555	0,05	1 370	795	0,07	2 010	1 110	0,11
17TAC47B	1 000	555	0,05	1 370	795	0,07	2 010	1 110	0,11
20TAC47B	1 000	555	0,05	1 370	795	0,07	2 010	1 110	0,11
25TAC62B	1 490	733	0,09	2 030	1 050	0,12	2 980	1 465	0,17
30TAC62B	1 560	772	0,09	2 130	1 105	0,12	3 130	1 545	0,18
35TAC72B	1 785	890	0,10	2 430	1 275	0,14	3 570	1 780	0,21
40TAC72B	1 860	930	0,11	2 530	1 330	0,14	3 720	1 860	0,21
40TAC90B	2 390	1015	0,18	3 220	1 465	0,24	4 730	2 030	0,36
45TAC75B	2 010	1005	0,12	2 730	1 445	0,16	4 020	2 015	0,23
45TAC100B	2 880	1160	0,23	3 920	1 670	0,31	5 760	2 320	0,46
50TAC100B	3 010	1210	0,24	4 100	1 745	0,32	6 020	2 425	0,48
55TAC100B	3 010	1210	0,24	4 100	1 745	0,32	6 020	2 425	0,48
55TAC120B	3 520	1430	0,28	4 790	2 055	0,37	7 040	2 855	0,56
60TAC120B	3 520	1430	0,28	4 790	2 055	0,37	7 040	2 855	0,56

Precarico C10

Codice cuscinetto	Coppia (DB o DF)			Terna (DBD o DFD)			Quaterna (DBB o DFF)		
	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)
15TAC47B	2 150	750	0.14	2 950	1 080	0.20	4 300	1 470	0.29
17TAC47B	2 150	750	0.14	2 950	1 080	0.20	4 300	1 470	0.29
20TAC47B	2 150	750	0.14	2 950	1 080	0.20	4 300	1 470	0.29
25TAC62B	3 150	1 000	0.23	4 300	1 470	0.31	6 250	1 960	0.46
30TAC62B	3 350	1 030	0.24	4 500	1 520	0.33	6 650	2 010	0.49
35TAC72B	3 800	1 180	0.28	5 200	1 710	0.37	7 650	2 350	0.55
40TAC72B	3 900	1 230	0.28	5 300	1 810	0.38	7 850	2 400	0.57
40TAC90B	5 000	1 320	0.48	6 750	1 960	0.65	10 300	2 650	0.96
45TAC75B	4 100	1 270	0.29	5 600	1 910	0.40	8 250	2 550	0.59
45TAC100B	5 900	1 520	0.58	8 050	2 210	0.78	11 800	3 000	1.16
50TAC100B	6 100	1 570	0.60	8 250	2 300	0.80	12 300	3 100	1.18
55TAC100B	6 100	1 570	0.60	8 250	2 300	0.80	12 300	3 100	1.18
55TAC120B	6 650	1 810	0.64	9 100	2 650	0.86	13 200	3 550	1.27
60TAC120B	6 650	1 810	0.64	9 100	2 650	0.86	13 200	3 550	1.27

Serie TAC 02, 03 (per macchine per stampaggio ad iniezione)
Angolo di contatto 50~55°

Precarico C8

Codice cuscinetto	Coppia (DB o DF)			Terna (DBD o DFD)			Quaterna (DBT o DFT)		
	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)	Precarico (N)	Rigidezza assiale (N/μm)	Coppia di spunto (N.m)
15TAC02AT85	365	262	0.017	495	385	0.024	575	490	0.027
25TAC02AT85(1)	1 440	520	0.113	1 960	755	0.153	2 260	950	0.175
TAC35-2T85	2 270	705	0.266	3 100	1 020	0.360	3 550	1 280	0.415
40TAC03AT85	2 270	705	0.266	3 100	1 020	0.360	3 550	1 280	0.415
45TAC03AT85	2 740	775	0.355	3 750	1 120	0.480	4 300	1 410	0.550
TAC45-2T85	3 550	880	0.520	4 850	1 270	0.705	5 600	1 600	0.810
50TAC03AT85	3 550	880	0.520	4 850	1 270	0.705	5 600	1 600	0.810
55TAC03AT85	4 100	945	0.650	5 600	1 370	0.880	6 500	1 720	1.000
60TAC03AT85	4 750	1 020	0.810	6 450	1 480	1.100	7 450	1 850	1.250
80TAC03AM	7 350	1 270	1.550	10 000	1 840	2.100	11 500	2 330	2.450
100TAC03CMC(2)	1 000	830	0.105	1 400	1 240	0.147	1 600	1 575	0.166
120TAC03CMC(2)	1 100	930	0.120	1 500	1 378	0.163	1 800	1 775	0.196

(1) I valori indicati per la tipologia 25TAC02AT85 si riferiscono al precarico C9.

(2) I valori indicati per le tipologie 100TAC03CMC e 120TAC03CMC si riferiscono al precarico C2.

Gioco Radiale Interno dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Gioco dei Cuscinetti con Anelli Non Intercambiabili e Foro Conico

Unità: μm

Diametro foro (mm)		Gioco dei cuscinetti con anelli non intercambiabili e foro conico															
		CC9(1)		CC0		CC1		CC2		CC(2)		CC3		CC4		CC5	
oltre	fino a	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
24	**30**	5	10	8	15	10	25	25	35	40	50	50	60	60	70	80	95
30	**40**	5	12	8	15	12	25	25	40	45	55	55	70	70	80	95	110
40	**50**	5	15	10	20	15	30	30	45	50	65	65	80	80	95	110	125
50	**65**	5	15	10	20	15	35	35	50	55	75	75	90	90	110	130	150
65	**80**	10	20	15	30	20	40	40	60	70	90	90	110	110	130	150	170
80	**100**	10	25	20	35	25	45	45	70	80	105	105	125	125	150	180	205
100	**120**	10	25	20	35	25	50	50	80	95	120	120	145	145	170	205	230
120	**140**	15	30	25	40	30	60	60	90	105	135	135	160	160	190	230	260
140	**160**	15	35	30	50	35	65	65	100	115	150	150	180	180	215	260	295
160	**180**	15	35	30	50	35	75	75	110	125	165	165	200	200	240	285	320
180	**200**	20	40	30	50	40	80	80	120	140	180	180	220	220	260	315	355
200	**225**	20	45	35	60	45	90	90	135	155	200	200	240	240	285	350	395
225	**250**	25	50	40	65	50	100	100	150	170	215	215	265	265	315	380	430
250	**280**	25	55	40	70	55	110	110	165	185	240	240	295	295	350	420	475

(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: μm

Diametro foro (mm)		Gioco dei cuscinetti con anelli non intercambiabili e foro cilindrico											
		CC1		CC2		CC(3)		CC3		CC4		CC5	
oltre	fino a	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
24	**30**	5	15	10	25	25	35	40	50	50	60	70	80
30	**40**	5	15	12	25	25	40	45	55	55	70	80	95
40	**50**	5	18	15	30	30	45	50	65	65	80	95	110
50	**65**	5	20	15	35	35	50	55	75	75	90	110	130
65	**80**	10	25	20	40	40	60	70	90	90	110	130	150
80	**100**	10	30	25	45	45	70	80	105	105	125	155	180
100	**120**	10	30	25	50	50	80	95	120	120	145	180	205
120	**140**	10	35	30	60	60	90	105	135	135	160	200	230
140	**160**	10	35	35	65	65	100	115	150	150	180	225	260
160	**180**	10	40	35	75	75	110	125	165	165	200	250	285
180	**200**	15	45	40	80	80	120	140	180	180	220	275	315
200	**225**	15	50	45	90	90	135	155	200	200	240	305	350
225	**250**	15	50	50	100	100	150	170	215	215	265	330	380
250	**280**	20	55	55	110	110	165	185	240	240	295	370	420

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

5. VELOCITÀ LIMITE

Velocità Limite

Le velocità limite riportate nelle tabelle dimensionali dei cuscinetti rappresentano valori di riferimento. Esse si riferiscono ad un singolo cuscinetto precaricato tramite molle con un valore risultante di precarico pari al livello leggero L, soggetto a carichi relativamente bassi e con buona dissipazione del calore.

Le velocità limite con lubrificazione a grasso sono state determinate utilizzando un grasso di alta qualità, specifico per l'applicazione e nella quantità prevista.

Le velocità limite indicate per la lubrificazione ad olio si basano sull'utilizzo di una lubrificazione aria-olio (oppure nebbia d'olio). In situazioni in cui l'olio di lubrificazione venga utilizzato anche allo scopo di asportare calore, si potranno raggiungere velocità superiori. Tuttavia, in questo caso sarà necessario introdurre nel cuscinetto un elevato quantitativo d'olio in pressione, generando anche elevate perdite per attrito.

Quando i cuscinetti sono disposti in coppie, terne o quaterne, oppure quando il precarico viene aumentato per migliorare la rigidezza del mandrino, le velocità limite risulteranno inferiori rispetto ai valori riportati nelle tabelle.

Fattori Correttivi della Velocità Limite

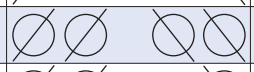
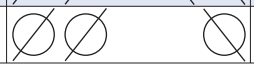
La velocità limite di un set di cuscinetti accoppiati con precarico rigido, viene calcolata moltiplicando la velocità limite del singolo cuscinetto indicata in tabella per un fattore correttivo legato al livello di precarico ed al numero di cuscinetti accoppiati.

Tali valori sono riassunti nella tabella 5.1.

In questa tabella, i valori di precarico si riferiscono al precarico dopo montaggio. Il precarico dopo montaggio risulta diverso dal precarico al banco. Tale differenza è dovuta in larga parte all'accoppiamento con interferenza tra albero e cuscinetto, necessario per le applicazioni ad alta velocità, ed inoltre alla compressione degli eventuali distanziali dovuta alla forza di serraggio.

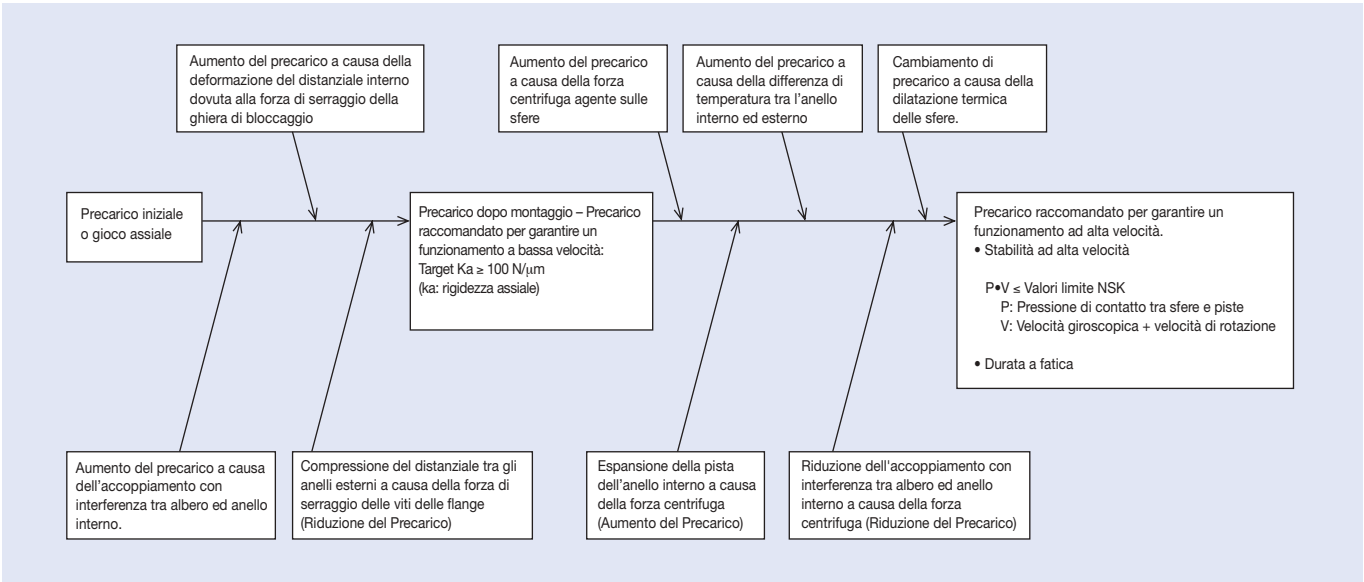
Nelle caso di applicazioni ad alta velocità, è necessario introdurre un salto facciale tra il distanziale interno ed esterno per compensare il cambio di precarico dei cuscinetti dopo il montaggio. Per il calcolo di tale valore si consiglia di consultare NSK.

Tabella 5.1 – Fattori di Velocità

	Accoppiamenti	EL	L	M	H
DB		0,85	0,80	0,65	0,55
DBB		0,80	0,75	0,60	0,45
DBD		0,75	0,70	0,55	0,40

Fattori che Influenzano il Precarico

Fig. 5.1 Diagramma di Flusso relativo alla Variazione 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.

Coppia dissipata dal cuscinetto per generazione di calore
$M = Ml + Mv$

- Fattore "carico" (determinato dal tipo di cuscinetto e dal carico)
  $Ml = f_1 F d_m$
  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: coefficiente determinato dal cuscinetto e dal metodo di lubrificazione
  v_o: viscosità cinematica dell'olio
  n: velocità di rotazione

Figura 6.1 Quantità di Olio ed Innalzamento della Temperatura

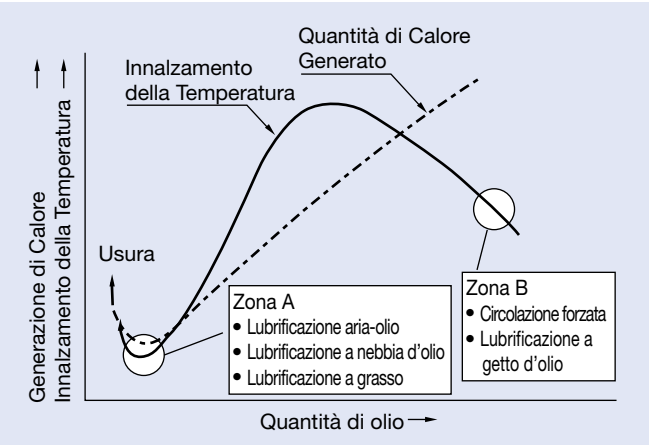


Tabella 6.1 Confronto dei Metodi di Lubrificazione

Metodo di Lubrificazione	Vantaggi	Svantaggi
Lubrificazione a Grasso	❍ Costo limitato ❍ Bassa generazione di calore ❍ Esente da manutenzione	❍ Se si deteriora il grasso, il cuscinetto si danneggia ❍ E' possibile che sporcizia o liquido da taglio penetrino nei cuscinetti
Lubrificazione a Nebbia d'Olio	❍ Nessun rischio di deterioramento dell'olio, se viene regolarmente sostituito ❍ Sporcizia o liquido da taglio difficilmente possono penetrare	❍ 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
Lubrificazione a Getto d'Olio	❍ 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	❍ Elevate perdite per attrito ❍ E' di difficile adozione nei mandrini verticali, causa il trafilamento dell'olio ❍ Costi elevati
Lubrificazione Aria/Olio	❍ 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	❍ 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. Per eliminare tale rischio, è necessario prolungare il rodaggio del mandrino per il tempo sufficiente ad espellere il grasso in eccedenza.

Grazie alle numerose esperienze acquisite, NSK ha definito accuratamente le quantità che permettono un funzionamento regolare e garantiscono sufficiente lubrificazione. Le quantità raccomandate di grasso sono indicate a pagina 157.

Tabella 6.2 - Principali Caratteristiche dei Grassi Consigliati

Tipo	Produttore	Addensante	Olio di base	Viscosità olio di base (mm^2/s) a 40°C	Punto di goccia (°C)	Temperatura di esercizio (°C)	Applicazioni
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.

Nel caso di lubrificazione a nebbia d'olio, è necessario correggere la quantità stimata conseguentemente agli effetti della perdita di carico nelle sezioni dei condotti e dei distanziali. Nei casi in cui la velocità è superiore a 1.800.000 $d_m n$, la quantità indicata deve essere aumentata.

Contattare NSK per ulteriori informazioni.

(2) Lubrificazione a Getto d'Olio

La lubrificazione a getto d'olio viene normalmente adottata nei cuscinetti con velocità di rotazione superiore a 1.000.000 $d_m n$. L'alimentazione giunge ad ogni singolo cuscinetto attraverso una serie di ugelli a loro volta alimentati da un ugello principale.

Alle alta velocità, l'aria introdotta nel cuscinetto ruota assieme al cuscinetto stesso e genera un muro di sovrapressione. La velocità di alimentazione di ogni singolo ugello deve essere il 20% superiore alla velocità periferica della superficie esterna dell'anello interno. Poiché tale metodo di lubrificazione implica l'impiego di un'elevata quantità di olio, la resistenza dovuta allo sbattimento dello stesso è elevata ed è pertanto necessario aiutare la dissipazione del calore attraverso un dimensionamento generoso dei fori di drenaggio ed attraverso il forzamento dello scarico.

Questo metodo viene adottato per rendere termicamente stabili le applicazioni nei mandrini di macchine utensili ad elevatissima velocità di rotazione (vedere figura 6.3).

Figura 6.2 – Quantità Raccomandata di Olio in relazione al Foro del Cuscinetto (per Lubrificazione Minimale Aria-Olio)

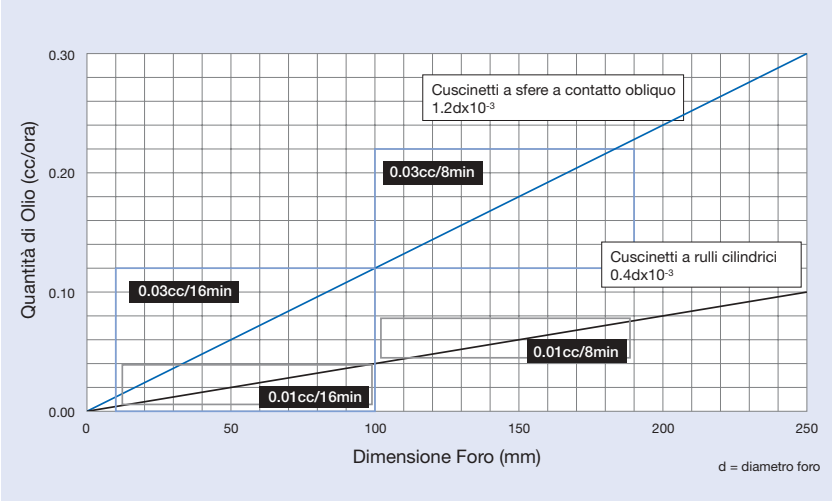
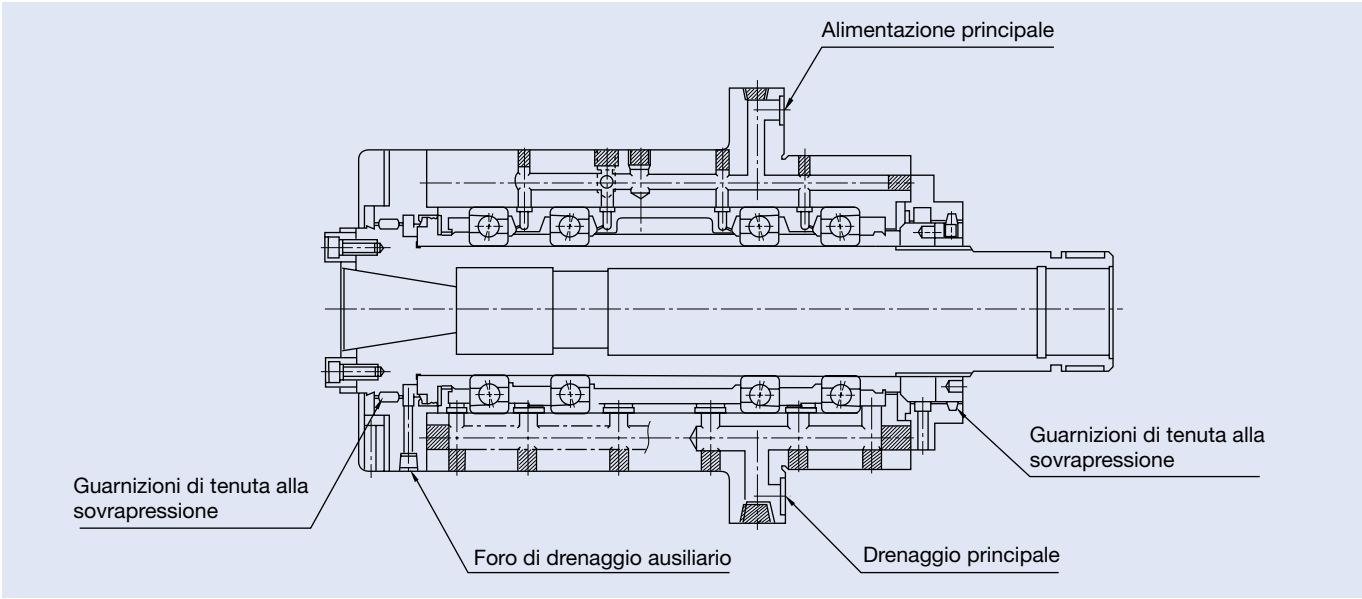


Figura 6.3 – Struttura Tipica di un Mandrino con Lubrificazione a Getto d'Olio



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.

Fig. 5.2 Influenza del Raffreddamento sulla Velocità Limite.

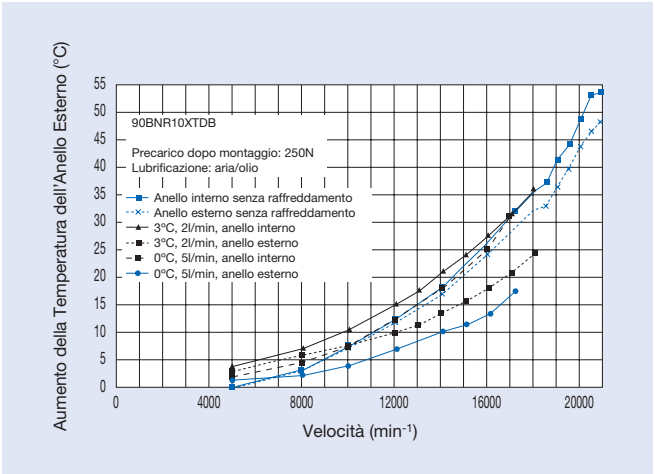
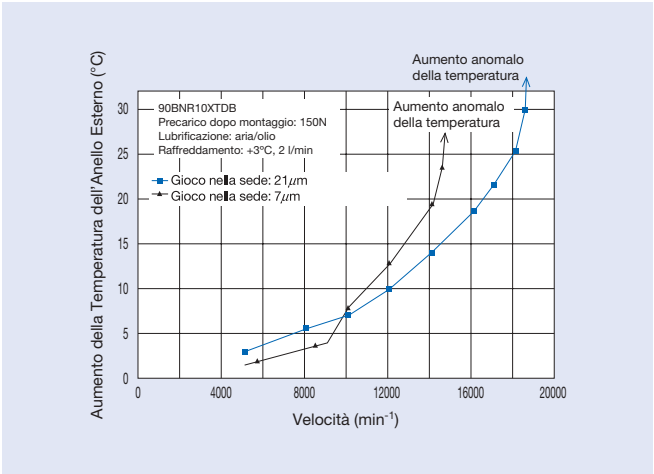


Figura 5.3 – Influenza del Gioco tra Cuscinetto e Sede sulla Velocità Limite



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: μm

Diametro nominale del foro d (mm)		Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano Δ_{dmp}(1)		Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale V_{dp}(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 ΔB_s			Variazione della larghezza dell'anello interno V_{B_s}
				Serie diametri						Cuscinetto singolo - Cuscinetto universale	Cuscinetto singolo	Cuscinetto universale (3)	
				9	0, 2, 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: μm

Diametro nominale del foro d (mm)		Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano Δ_{dmp}(1)		Scostamento della singola misura del diametro interno Δ_{dS}(1)		Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale V_{dp}(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 ΔB_s			Variazione della larghezza dell'anello interno V_{B_s}
						Serie diametri						Cuscinetto singolo - Cuscinetto universale	Cuscinetto singolo	Cuscinetto universale (3)	
						9	0, 2, 3								
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max		max	max	max	max	sup	inf		max
2.5	**10**	0	– 4	0	–4	4	3	2.0	2.5	3	3	0	– 40	–250	2.5
10.0	**18**	0	– 4	0	–4	4	3	2.0	2.5	3	3	0	– 80	–250	2.5
18.0	**30**	0	– 5	0	–5	5	4	2.5	3.0	4	4	0	–120	–250	2.5
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.

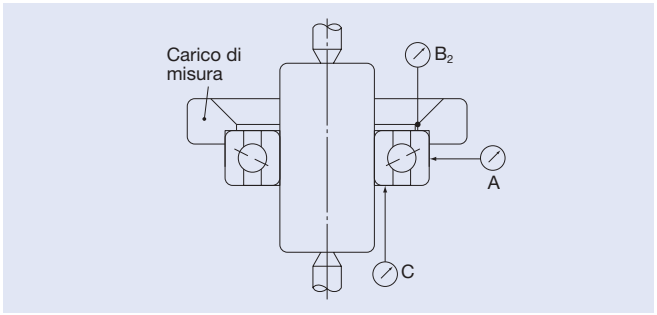
(2) Valido per cuscinetti a sfere.

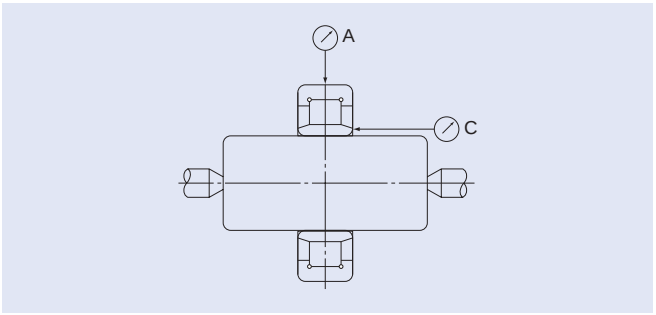
(3) Valido per singoli anelli prodotti per i cuscinetti universali (disponibili per l'accoppiamento universale).

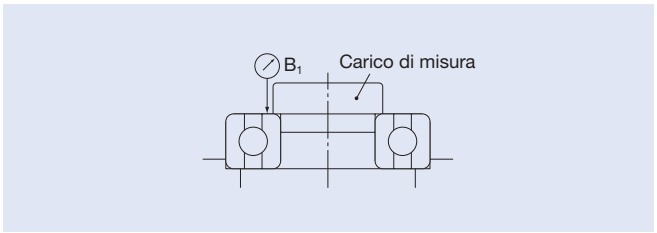
Note:

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.

Figura 7.1 Metodi di Misurazione della Precisione di Rotazione







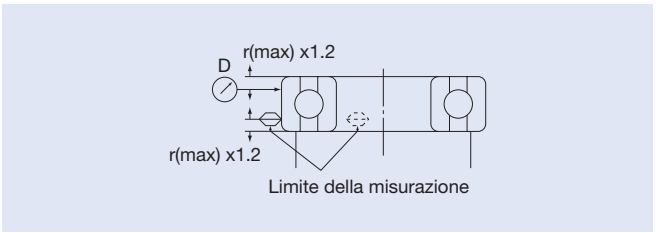


Tabella 7.4 Anello Interno (Precisione in Classe 3) (4)

Unità: μm

Diametro nominale del foro *d* (mm)		Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano Δ_{dmp}(1)		Scostamento della singola misura del diametro interno Δ_{dS}(1)		Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale V_{dp}(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 ΔB_s			Variazione della larghezza dell'anello interno V_{B_s}
											Cuscinetto singolo - Cuscinetto universale	Cuscinetto singolo	Cuscinetto universale (3)	
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max	max	max	sup	inf		max
2.5	**10**	0	– 4	0	– 4	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	– 40	–250	1.5
10.0	**18**	0	– 4	0	– 4	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	– 80	–250	1.5
18.0	**30**	0	– 5	0	– 5	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	0	–120	–250	1.5
30.0	**50**	0	– 6	0	– 6	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	0	–120	–250	1.5
50.0	**80**	0	– 7	0	– 7	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5	0	–150	–250	1.5
80.0	**120**	0	– 8	0	– 8	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	0	–200	–380	2.5
120.0	**150**	0	–10	0	–10	7.0	3.5	2.5	2.5	2.5	0	–250	–380	2.5
150.0	**180**	0	–10	0	–10	7.0	3.5	5.0	4.0	5.0	0	–250	–380	4.0
180.0	**250**	0	–12	0	–12	8.0	4.0	5.0	5.0	5.0	0	–300	–500	5.0

Tabella 7.5 Anello Interno (Precisione in Classe 2)

Unità: μm

Diametro nominale del foro *d* (mm)		Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano Δ_{dmp}(1)		Scostamento della singola misura del diametro interno Δ_{dS}(1)		Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale V_{dp}(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 ΔB_s			Variazione della larghezza dell'anello interno V_{B_s}
											Cuscinetto singolo - Cuscinetto universale	Cuscinetto singolo	Cuscinetto universale (3)	
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max	max	max	sup	inf		max
2.5	**10**	0	–2.5	0	–2.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	– 40	–250	1.5
10.0	**18**	0	–2.5	0	–2.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	– 80	–250	1.5
18.0	**30**	0	–2.5	0	–2.5	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	0	–120	–250	1.5
30.0	**50**	0	–2.5	0	–2.5	2.5	1.5	2.5	1.5	2.5	0	–120	–250	1.5
50.0	**80**	0	–4.0	0	–4.0	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5	0	–150	–250	1.5
80.0	**120**	0	–5.0	0	–5.0	5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	0	–200	–380	2.5
120.0	**150**	0	–7.0	0	–7.0	7.0	3.5	2.5	2.5	2.5	0	–250	–380	2.5
150.0	**180**	0	–7.0	0	–7.0	7.0	3.5	5.0	4.0	5.0	0	–250	–380	4.0
180.0	**250**	0	–8.0	0	–8.0	8.0	4.0	5.0	5.0	5.0	0	–300	–500	5.0

(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).
(4) 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 rotazione 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

Precisione dei Cuscinetti Radiali

Anello Esterno

Tabella 7.6 Anello Esterno (Precisione in Classe 5)

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano Δ_{Dmp}		Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale V_{dp}		Variazione del diametro esterno medio V_{Dmp}	Concentricità di rotazione dell'anello esterno K_{ea}	Errore di quadratura dell'anello esterno S_D	Errore di quadratura della faccia dell'anello esterno S_{ea}(1)	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello esterno Δ_{Cs}	Variazione della larghezza dell'anello esterno V_{Cs}
				Serie diametri							
				9	0, 2						
oltre	fino a	sup	inf	max		max	max	max	max		max
6	18	0	– 5	5	4	3	5	8	8	I valori sono uguali a quelli dell'anello interno (Δ_{Bs}) dello stesso cuscinetto.	5
18	30	0	– 6	6	5	3	6	8	8		5
30	50	0	– 7	7	5	4	7	8	8		5
50	80	0	– 9	9	7	5	8	8	10		6
80	120	0	–10	10	8	5	10	9	11		8
120	150	0	–11	11	8	6	11	10	13		8
150	180	0	–13	13	10	7	13	10	14		8
180	250	0	–15	15	11	8	15	11	15		10
250	315	0	–18	18	14	9	18	13	18		11
315	400	0	–20	20	15	10	20	13	20		13

Tabella 7.7 Anello Esterno (Precisione in Classe 4)

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano Δ_{Dmp}		Scostamento di una singola misura del diametro esterno Δ_{DS}		Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale V_{Dp}		Variazione del diametro esterno medio V_{Dmp}	Concentricità di rotazione dell'anello esterno K_{ea}	Errore di quadratura dell'anello esterno S_D	Errore di quadratura della faccia dell'anello esterno S_{ea}(1)	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello esterno Δ_{Cs}	Variazione della larghezza dell'anello esterno V_{Cs}
						Serie diametri							
						9	0, 2						
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max		max	max	max	max		max
6	18	0	– 4	0	– 4	4	3	2.0	3	4	5	I valori sono uguali a quelli dell'anello interno (Δ_{Bs}) dello stesso cuscinetto.	2.5
18	30	0	– 5	0	– 5	5	4	2.5	4	4	5		2.5
30	50	0	– 6	0	– 6	6	5	3.0	5	4	5		2.5
50	80	0	– 7	0	– 7	7	5	3.5	5	4	5		3.0
80	120	0	– 8	0	– 8	8	6	4.0	6	5	6		4.0
120	150	0	– 9	0	– 9	9	7	5.0	7	5	7		5.0
150	180	0	–10	0	–10	10	8	5.0	8	5	8		5.0
180	250	0	–11	0	–11	11	8	6.0	10	7	10		7.0
250	315	0	–13	0	–13	13	10	7.0	11	8	10		7.0
315	400	0	–15	0	–15	15	11	8.0	13	10	13		8.0

(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.

Tabella 7.8 Anello Esterno (Precisione in Classe 3)(2)

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano Δ_{Dmp}		Scostamento di una singola misura del diametro esterno Δ_{Ds}		Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale V_{Dp}	Variazione del diametro esterno medio V_{Dmp}	Concentricità di rotazione dell'anello esterno K_{ea}	Errore di quadratura dell'anello esterno S_D	Errore di quadratura della faccia dell'anello esterno S_{ea}(1)	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello esterno Δ_{Cs}	Variazione della larghezza dell'anello esterno V_{Cs}
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max	max	max		max
6	**18**	0	- 4	0	- 4	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	I valori sono uguali a quelli dell'anello interno (Δ_{Bs}) dello stesso cuscinetto.	1.5
18	**30**	0	- 5	0	- 5	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5		1.5
30	**50**	0	- 6	0	- 6	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5		1.5
50	**80**	0	- 7	0	- 7	4.0	2.0	4.0	1.5	4.0		1.5
80	**120**	0	- 8	0	- 8	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0		2.5
120	**150**	0	- 9	0	- 9	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0		2.5
150	**180**	0	-10	0	-10	7.0	3.5	5.0	2.5	5.0		2.5
180	**250**	0	-11	0	-11	8.0	4.0	7.0	4.0	7.0		4.0
250	**315**	0	-13	0	-13	8.0	4.0	7.0	5.0	7.0		5.0
315	**400**	0	-15	0	-15	10.0	5.0	8.0	7.0	8.0		7.0

Tabella 7.9 Anello Esterno (Precisione in Classe 2)

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano Δ_{Dmp}		Scostamento di una singola misura del diametro esterno Δ_{Ds}		Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale V_{Dp}	Variazione del diametro esterno medio V_{Dmp}	Concentricità di rotazione dell'anello esterno K_{ea}	Errore di quadratura dell'anello esterno S_D	Errore di quadratura della faccia dell'anello esterno S_{ea}(1)	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello esterno Δ_{Cs}	Variazione della larghezza dell'anello esterno V_{Cs}
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max	max	max		max
6	**18**	0	- 2.5	0	- 2.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	I valori sono uguali a quelli dell'anello interno (Δ_{Bs}) dello stesso cuscinetto.	1.5
18	**30**	0	- 4.0	0	- 4.0	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5		1.5
30	**50**	0	- 4.0	0	- 4.0	4.0	2.0	2.5	1.5	2.5		1.5
50	**80**	0	- 4.0	0	- 4.0	4.0	2.0	4.0	1.5	4.0		1.5
80	**120**	0	- 5.0	0	- 5.0	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0		2.5
120	**150**	0	- 5.0	0	- 5.0	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0		2.5
150	**180**	0	- 7.0	0	- 7.0	7.0	3.5	5.0	2.5	5.0		2.5
180	**250**	0	- 8.0	0	- 8.0	8.0	4.0	7.0	4.0	7.0		4.0
250	**315**	0	- 8.0	0	- 8.0	8.0	4.0	7.0	5.0	7.0		5.0
315	**400**	0	-10.0	0	-10.0	10.0	5.0	8.0	7.0	8.0		7.0

(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.

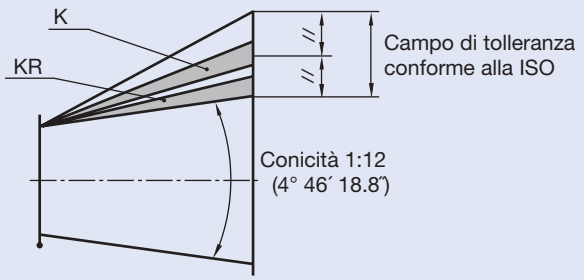
7. PRECISIONE DEI CUSCINETTI

Precisione dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici con Foro Conico

Precisione del Foro Conico

La precisione del foro conico dei cuscinetti a rulli cilindrici è definita dalle norme ISO. Tuttavia, le tolleranze definite da questa norma sono piuttosto ampie. Per i cuscinetti a rulli cilindrici di precisione, NSK ha definito proprie tolleranze di costruzione che risultano più ristrette. E' poi discrezione del cliente selezionare uno dei due angoli di conicità disponibili all'interno del campo di tolleranza specificato dalla norma ISO (vedere figura 7.2).

Figura 7.2 Tolleranze

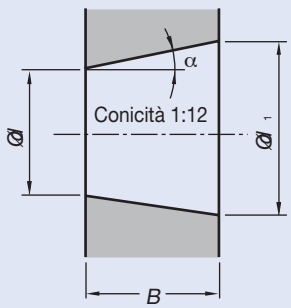


K: tolleranza standard NSK per fori conici; ha un campo molto ristretto, posizionato a metà del campo previsto dalla norma ISO. Le tolleranze dimensionali del foro sono identiche a quelle ISO.

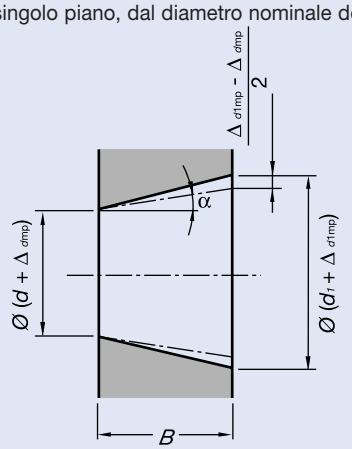
KR: nuova tolleranza introdotta da NSK per fori conici; ha un campo molto ristretto, posizionato verso il limite inferiore del campo definito dalla ISO. Questa tolleranza NSK è più ristretta di quella ISO, a vantaggio di un più facile montaggio.

Figura 7.3 Tolleranze del Foro Conico

Foro conico nominale. (di riferimento)



Foro conico con scostamento del diametro medio, misurato in un singolo piano, dal diametro nominale del foro



d : diametro nominale del foro

d_1 : diametro teorico dell'estremità maggiore del foro conico $d_1 = d + 1/12\ B$

Δ_{dmp} : scostamento del diametro medio del foro (in un piano singolo) dal valore teorico dell'estremità minore del foro conico

Δ_{d1mp} : scostamento del diametro medio del foro (in un singolo piano) dal valore teorico dell'estremità maggiore del foro conico

B : larghezza nominale dell'anello interno

α : semi ampiezza dell'angolo della conicità

α = 2°23′9.4″

= 2.38594°

= 0.041643rad

Tabella 7.10 Foro Conico KR

Unità: μm

d (mm)		Δ_{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)		Δ_{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: μm

Diametro nominale del foro d (mm)		Scostamento del diametro medio del foro in un singolo piano Δ_{dmp}		Scostamento della singola misura del diametro interno Δ_{ds}		Variazione del diametro del foro in un singolo piano radiale V_{dp} Serie diametri		Variazione del diametro medio del foro V_{dmp}	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}	Variazione della larghezza dell'anello interno V_{Bs}	Scostamento di una singola misura della larghezza dell'anello interno Δ_{Bs} (Δ_{Cs})	
						9	0							
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	0	–10	0	–10	10	8	5.0	6	6	7	5	0	– 750
150	180	0	–10	0	–10	10	8	5.0	6	6	7	5	0	– 750
180	250	0	–12	0	–12	12	9	6.0	8	7	8	6	0	–1000

Tabella 7.13 Anello Esterno

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento del diametro esterno medio in un singolo piano ΔD_{mp}		Scostamento della singola misura del diametro esterno Δ_{Ds}		Variazione del diametro esterno in un singolo piano radiale V_{Dp} Serie diametri		Variazione del diametro esterno medio V_{Dmp}	Concentricità di rotazione dell'anello esterno K_{ea}	Errore di quadratura dell'anello esterno S_D	Errore di quadratura della faccia dell'anello esterno S_{ea}	Variazione della larghezza dell'anello esterno V_{Cs}
						9	0					
oltre	fino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max	max	max	max	max
–	80	–30	–37	–30	–37	7	5	3.5	5	4	5	3
80	120	–40	–48	–40	–48	8	6	4.0	6	5	6	4
120	150	–50	–59	–50	–59	9	7	5.0	7	5	7	5
150	180	–50	–60	–50	–60	10	8	5.0	8	5	8	5
180	250	–50	–61	–50	–61	11	8	6.0	10	7	10	7
250	315	–60	–73	–60	–73	13	10	7.0	11	8	10	7

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: μm

Diametro nominale del foro d (mm)		Scostamento della singola misura del foro Δ_{ds}		Scostamento dell'altezza effettiva del cuscinetto Δ_{Ts}		Errore radiale di rotazione dell'anello interno (dell'anello esterno) di un cuscinetto assemblato K_{ia} (K_{ea})	Errore di rotazione dell'anello interno rispetto al foro S_d	Errore di quadratura della faccia dell'anello interno (dell'anello esterno) rispetto alla pista S_{ia} (S_{ea})
oltre	ifino a	sup	inf	sup	inf	max	max	max
–	30	0	– 5	0	– 300	5	4	3
30	50	0	– 5	0	– 400	5	4	3
50	80	0	– 8	0	– 500	6	5	5
80	120	0	– 8	0	– 600	6	5	5
120	180	0	–10	0	– 700	8	8	5
180	250	0	–13	0	– 800	8	8	6
250	315	0	–15	0	– 900	10	10	6
315	400	0	–18	0	–1200	10	12	7

Tabella 7.15 Tolleranze dell'Anello Esterno

Unità: μm

Diametro esterno nominale D (mm)		Scostamento di un singolo diametro esterno Δ_{Ds}	
oltre	ifino a	sup	inf
30	50	–25	– 41
50	80	–30	– 49
80	120	–36	– 58
120	180	–43	– 68
180	250	–50	– 79
250	315	–56	– 88
315	400	–62	– 98
400	500	–68	–108
500	630	–76	–120

(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: μm

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: μm

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

Tolleranze di Montaggio dell'Albero e dell'Alloggiamento

Per poter sfruttare appieno le capacità dei cuscinetti in termini di precisione di rotazione, velocità massima raggiungibile e bassa generazione di calore, è estremamente importante che albero ed alloggiamento vengano realizzati in modo molto accurato.
Quando l'anello interno o l'anello esterno sono montati sull'albero o nell'alloggiamento con una certa interferenza, l'errore di forma dell'albero o dell'alloggiamento viene trasferito alle piste di rotolamento del cuscinetto, alternandone la sua precisione di rotazione.
Quando si impiegano disposizioni multiple di cuscinetti a sfere a contatto obliquo, la cilindricità influisce sulla corretta distribuzione del precarico in ogni singolo cuscinetto. Pertanto, le parti adiacenti ai cuscinetti devono essere realizzate con la massima accuratezza possibile.
Un montaggio poco accurato può causare la formazione di spigoli o punti di eccentricità lungo l'albero del mandrino, che possono determinare un decadimento della qualità del pezzo lavorato.

Tabella 8.1 Tolleranze dell'Albero (1)

Tipo cuscinetto	Diametro esterno albero (mm)		Tolleranza diametro esterno albero (2) (mm)		Accoppiamento ideale (2) (4) (mm)	
	oltre	fino a	min	max	min	max
Cuscinetto per mandrino di macchina utensile (3)	**10**	**18**	–0,003	0,000	0	0,0020T
	18	**50**	–0,004	0,000	0	0,0025T
	50	**80**	–0,005	0,000	0	0,0030T
	80	**120**	–0,003	0,003	0	0,0040T
	120	**180**	–0,004	0,004	0	0,0040T
	180	**250**	–0,005	0,005	0	0,0050T
Cuscinetto assiale a contatto obliquo per supporto di vite a ricircolazione di sfere	**10**	**18**	–0,008	0,000	—	—
	18	**30**	–0,009	0,000	—	—
	30	**50**	–0,011	0,000	—	—
	50	**80**	–0,013	0,000	—	—
	80	**120**	–0,015	0,000	—	—

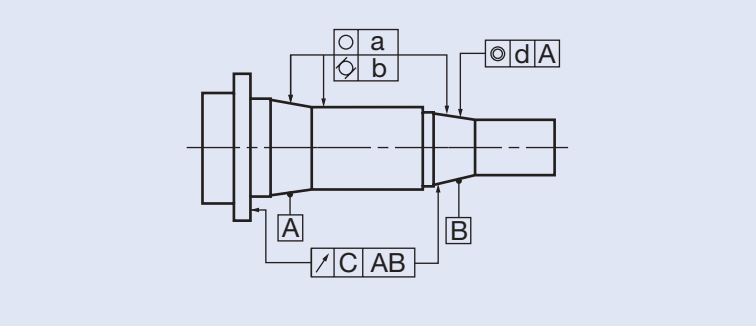
Tabella 8.2 Tolleranze dell'Alloggiamento (1)

Tipo cuscinetto	Diametro foro alloggiamento (mm)		Tolleranza diametro foro alloggiamento (2) (mm)		Accoppiamento ideale (2) (4) (mm)	
	oltre	fino a	min	max	min	max
Cuscinetto a sfere a contatto obliquo (lato bloccato)	**18**	**50**	–0,0020	0,0020	0,002L	0,006L
	50	**80**	–0,0025	0,0025	0,002L	0,006L
	80	**120**	–0,0030	0,0030	0,003L	0,008L
	120	**180**	–0,0040	0,0040	0,003L	0,008L
	180	**250**	–0,0050	0,0050	0,005L	0,010L
Cuscinetto a sfere a contatto obliquo (lato libero)	**18**	**50**	0,0000	0,0040	0,006L	0,011L
	50	**80**	0,0000	0,0050	0,006L	0,011L
	80	**120**	0,0000	0,0060	0,009L	0,015L
	120	**180**	0,0000	0,0080	0,009L	0,015L
	180	**250**	0,0000	0,0100	0,015L	0,022L
Cuscinetto a rulli cilindrici	**18**	**50**	–0,0060	0,0000	0,002L	0,002T
	50	**80**	–0,0070	0,0000	0,002L	0,002T
	80	**120**	–0,0080	0,0000	0,002L	0,002T
	120	**180**	–0,0090	0,0000	0,002L	0,002T
	180	**250**	–0,0110	0,0000	0,002L	0,002T
Cuscinetto assiale a contatto obliquo per supporto di vite a ricircolazione di sfere	**10**	**18**	—	—	—	—
	18	**30**	—	—	—	—
	30	**50**	0,0000	0,016	—	—
	50	**80**	0,0000	0,019	—	—
	80	**120**	0,0000	0,022	—	—

(1) I valori riportati in tabella forniscono un'indicazione generale per mandrini di macchine utensili con utilizzo normale e velocità di rotazione pari o inferiore a 800.000 $d_m n$. Per applicazioni ad alta velocità, carichi elevati o anello esterno rotante, si prega di contattare NSK.
(2) Utilizzare i valori di accoppiamento ideale quando è possibile effettuare una selezione; per accoppiamenti senza selezione, utilizzare i valori minimi e massimi indicati in tabella.
(3) Applicabile per i cuscinetti a sfere a contatto obliquo (70xx, 79xx, 72xx, BNR e BER), per i cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo (BAR, BTR e TAC) e per i cuscinetti a rulli cilindrici (N10xx, NN30xx, NN39xx, NN49xx e NNU49xx).
(4) T = accoppiamento con interferenza
L = accoppiamento con gioco

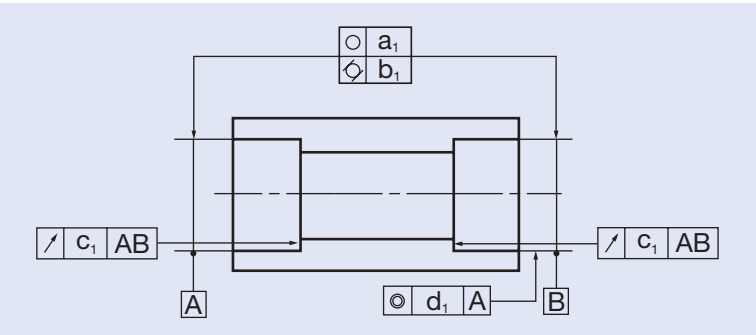
Se la conicità dell'anello interno nei cuscinetti a due corone di rulli cilindrici a due corone con foro conico non si accoppia correttamente con la conicità dell'albero, il gioco residuo tra le due corone dopo la registrazione sarà differente. Pertanto, il carico non sarà ripartito equamente tra le 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.

Tabella 8.3 Tolleranze e Rugosità Media raccomandate per l'Albero



Dimensione albero (mm)		Tolleranze e Rugosità Medie (μm)									
		Circolarità (○)		Cilindricità (⌭)		Concentricità Rotazione (↗)		Coassialità (◎)		Rugosità	
		a		b		c		d		R_a	
		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto	
oltre	fino a	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2
–	**10**	0,7	0,5	0,7	0,5	2,0	1,2	4	2,5	0,2	0,1
10	**18**	1,0	0,6	1,0	0,6	2,5	1,5	5	3,0	0,2	0,1
18	**30**	1,2	0,7	1,2	0,7	3,0	2,0	6	4,0	0,2	0,1
30	**50**	1,2	0,7	1,2	0,7	3,5	2,0	7	4,0	0,2	0,1
50	**80**	1,5	1,0	1,5	1,0	4,0	2,5	8	5,0	0,2	0,1
80	**120**	2,0	1,2	2,0	1,2	5,0	3,0	10	6,0	0,4	0,2
120	**180**	2,5	1,7	2,5	1,7	6,0	4,0	12	8,0	0,4	0,2
180	**250**	3,5	2,2	3,5	2,2	7,0	5,0	14	10,0	0,4	0,2
250	**315**	4,0	3,0	4,0	3,0	8,0	6,0	16	12,0	0,4	0,2

Tabella 8.4 Tolleranze e Rugosità Media raccomandate per l'Alloggiamento



Dimensione foro alloggiamento (mm)		Tolleranze e Rugosità Medie (μm)									
		Circolarità (○)		Cilindricità (⌭)		Concentricità rotazione (↗)		Coassialità (◎)		Rugosità	
		a_1		b_1		c_1		d_1		R_a	
		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto		Precisione cuscinetto	
oltre	fino a	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2	P5, P4	P3, P2
10	**18**	1,0	0,6	1,0	0,6	2,5	1,5	5	3	0,4	0,2
18	**30**	1,2	0,7	1,2	0,7	3,0	2,0	6	4	0,4	0,2
30	**50**	1,2	0,7	1,2	0,7	3,5	2,0	7	4	0,4	0,2
50	**80**	1,5	1,0	1,5	1,0	4,0	2,5	8	5	0,4	0,2
80	**120**	2,0	1,2	2,0	1,2	5,0	3,0	10	6	0,8	0,4
120	**180**	2,5	1,7	2,5	1,7	6,0	4,0	12	8	0,8	0,4
180	**250**	3,5	2,2	3,5	2,2	7,0	5,0	14	10	0,8	0,4
250	**315**	4,0	3,0	4,0	3,0	8,0	6,0	16	12	1,6	0,8
315	**400**	4,5	3,5	4,5	3,5	9,0	6,5	18	13	1,6	0,8

8. PROGETTAZIONE DELL'ALBERO E DELL'ALLOGGIAMENTO

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: μm

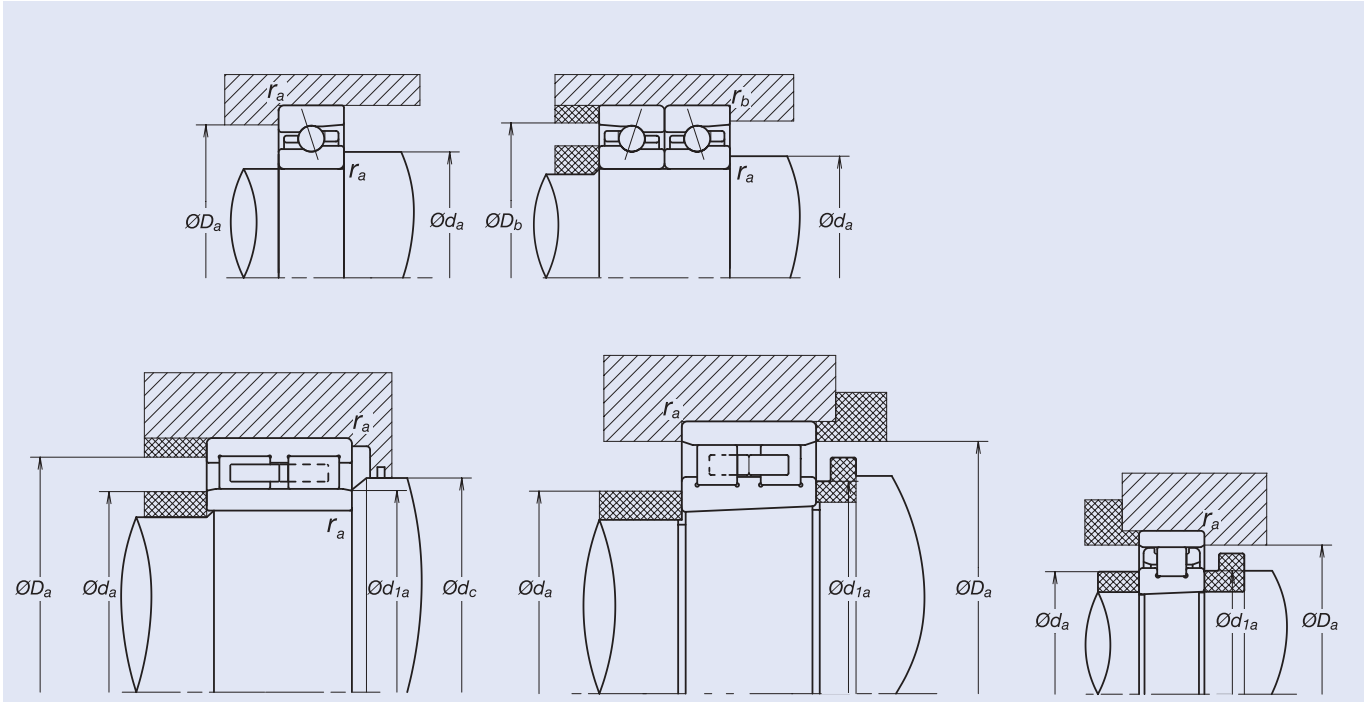
Diametro nominale del foro (mm)	Serie dimensionale ISO 19 79xx, BNR19, BER19, BAR19, BTR19, BGR19, TAC29X					Serie dimensionale ISO 10 70xx, BNR10, BER10, BAR10, BTR10, BGR10, TAC20X					Serie dimensionale ISO 02 72xx, BGR02				
	d_a (min)	D_a (max)	D_b (max)	r_a (max)	r_b (max)	d_a (min)	D_a (max)	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabella 8.6 Dimensioni degli Spallamento e dei Raggi di Raccordo per Cuscinetti a Rulli Cilindrici

Unità: μm

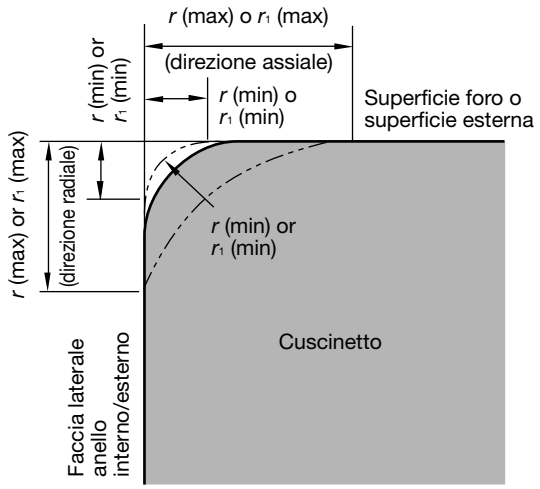
Diametro nominale del foro (mm)	Serie dimensionale ISO 19 NN39, NN49, NNU49						Serie dimensionale ISO 10 (due corone) NN30xx					Serie dimensionale ISO 10 (una corona) N10xx				
	d_a	d_{1a}	d_c	D_a		r_a	d_a	d_{1a}	D_a		r_a	d_a	d_{1a}	D_a		r_a
	(min)	(min)	(min)	(max)	(min)	(max)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(min)	(max)	(min)	(max)
25	–	–	–	–	–	–	29,0	29	43,0	42	0,6	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	35,0	36	50,0	50	1,0	35,0	36	51,0	49	0,5
35	–	–	–	–	–	–	40,0	41	57,0	56	1,0	40,0	41	57,0	56	0,5
40	–	–	–	–	–	–	45,0	46	63,0	62	1,0	45,0	46	63,0	62	0,6
45	–	–	–	–	–	–	50,0	51	70,0	69	1,0	50,0	51	70,0	69	0,6
50	–	–	–	–	–	–	55,0	56	75,0	74	1,0	55,0	56	75,0	74	0,6
55	–	–	–	–	–	–	61,5	62	83,5	83	1,0	61,5	61	83,5	83	1,0
60	–	–	–	–	–	–	66,5	67	88,5	88	1,0	66,5	66	88,5	88	1,0
65	–	–	–	–	–	–	71,5	72	93,5	93	1,0	71,5	71	93,5	93	1,0
70	–	–	–	–	–	–	76,5	77	103,5	102	1,0	76,5	76	103,5	102	1,0
75	–	–	–	–	–	–	81,5	82	108,5	107	1,0	81,5	81	108,5	107	1,0
80	–	–	–	–	–	–	86,5	87	118,5	115	1,0	86,5	86	118,5	115	1,0
85	–	–	–	–	–	–	91,5	92	123,5	120	1,0	91,5	91	123,5	120	1,0
90	–	–	–	–	–	–	98,0	99	132,0	129	1,5	098,0	97	132,0	129	1,0
95	–	–	–	–	–	–	103,0	104	137,0	134	1,5	103,0	102	137,0	134	1,0
100	106,5	108	115	133,5	131,0	1,0	108,0	109	142,0	139	1,5	108,0	107	142,0	139	1,0
105	111,5	113	120	138,5	136,0	1,0	114,0	115	151,0	148	2,0	114,0	114	151,0	148	1,0
110	116,5	118	125	143,5	141,0	1,0	119,0	121	161,0	157	2,0	119,0	119	161,0	157	1,0
120	126,5	128	137	158,5	154,5	1,0	129,0	131	171,0	167	2,0	129,0	129	171,0	167	1,0
130	138,0	140	148	172,0	169,0	1,5	139,0	141	191,0	185	2,0	139,0	140	191,0	185	1,0
140	148,0	150	158	182,0	180,0	1,5	149,0	151	201,0	195	2,0	149,0	150	203,5	194	1,0
150	159,0	162	171	201,0	197,0	2,0	161,0	162	214,0	209	2,0	–	–	–	–	–
160	169,0	172	182	211,0	207,0	2,0	171,0	172	229,0	222	2,0	–	–	–	–	–
170	179,0	182	192	221,0	217,0	2,0	181,0	183	249,0	239	2,0	–	–	–	–	–
180	189,0	193	205	241,0	234,0	2,0	191,0	193	269,0	258	2,0	–	–	–	–	–
190	199,0	203	217	251,0	245,5	2,0	201,0	203	279,0	268	2,0	–	–	–	–	–
200	211,0	214	228	269,0	261,0	2,0	211,0	214	299,0	285	2,0	–	–	–	–	–
220	231,0	234	–	289,0	281,0	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
240	251,0	254	–	309,0	302,0	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
260	271,0	275	–	349,0	338,0	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
280	291,0	295	–	369,0	358,0	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Figura 8.1 – Illustrazione degli Spallamenti e dei Raggi di Raccordo



Dimensioni Limite degli Smussi dei Cuscinetti e dei Raggi di Raccordo di Albero ed Alloggiamento

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.

Tabella 8.7 Dimensioni Limite degli Smussi

Unità: mm

Dimensione ammissibile degli smussi per anello interno/esterno *r* (min) o r_1(min)	Diametro nominale del foro *d*		Dimensione ammissibile degli smussi per anello interno/esterno *r*(max) o r_1(max)		Riferimento Raggio di raccordo dell'albero o dell'alloggiamento r_a
	oltre	fino a	Direzione radiale	Direzione assiale[1]	max
0,05	—	—	0,10	0,2	0,05
0,08	—	—	0,16	0,3	0,08
0,10	—	—	0,20	0,4	0,10
0,15	—	—	0,30	0,6	0,15
0,20	—	—	0,50	0,8	0,20
0,30	—	40	0,60	1,0	0,30
0,30	40	—	0,80	1,0	0,30
0,60	—	40	1,00	2,0	0,60
0,60	40	—	1,30	2,0	0,60
1,00	—	50	1,50	3,0	1,00
1,00	50	—	1,90	3,0	1,00
1,10	—	120	2,00	3,5	1,00
1,10	120	—	2,50	4,0	1,00
1,50	—	120	2,30	4,0	1,50
1,50	120	—	3,00	5,0	1,50

Unità: mm

Dimensione ammissibile smussi per anello interno/esterno *r* (min) o r_1(min)	Diametro nominale del foro *d*		Dimensione ammissibile smussi per anello interno/esterno *r*(max) o r_1(max)		Riferimento Raggio di raccordo dell'albero o dell'alloggiamento r_a
	oltre	fino a	Direzione radiale	Direzione assiale[1]	max
2,0	—	80	3,0	4,5	2,0
2,0	80	220	3,5	5,0	2,0
2,0	220	—	3,8	6,0	2,0
2,1	—	280	4,0	6,5	2,0
2,1	280	—	4,5	7,0	2,0
2,5	—	100	3,8	6,0	2,0
2,5	100	280	4,5	6,0	2,0
2,5	280	—	5,0	7,0	2,0
3,0	—	280	5,0	8,0	2,5
3,0	280	—	5,5	8,0	2,5
4,0	—	—	6,5	9,0	3,0
5,0	—	—	8,0	10,0	4,0
6,0	—	—	10,0	13,0	5,0
7,5	—	—	12,5	17,0	6,0
9,5	—	—	15,0	19,0	8,0
12,0	—	—	18,0	24,0	10,0
15,0	—	—	21,0	30,0	12,0
19,0	—	—	25,0	38,0	15,0

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.

Dimensioni dei Distanziali

Le dimensioni dei distanziali standard per i cuscinetti a sfere a contatto obliquo (serie ISO 19, 10 e 02) sono riportate nelle tabelle di seguito.

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

Informazioni Aggiuntive

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

SERIE ISO 10

Distanziali Standard per Cuscinetti delle Serie Dimensionali ISO 10 (70, BNR10, BER10 e BGR10)

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	26	25,5	21,5	14,5	10,5	0,2
01	12	28	27,5	23,5	17,0	12,5	0,2
02	15	32	31,5	27,0	20,0	15,5	0,2
03	17	35	34,5	29,5	23,0	17,5	0,2
04	20	42	41,5	35,0	27,0	20,5	0,3
05	25	47	46,5	40,5	32,0	25,5	0,3
06	30	55	54,5	47,5	38,0	30,5	0,5
07	35	62	61,5	54,0	43,0	35,5	0,5
08	40	68	67,5	60,0	48,0	40,5	0,5
09	45	75	74,5	66,0	55,0	45,5	0,5
10	50	80	79,5	71,0	60,0	50,5	0,5
11	55	90	89,5	81,0	66,0	55,5	0,5
12	60	95	94,5	86,0	69,0	60,5	0,5
13	65	100	99,5	91,0	74,0	65,5	0,5
14	70	110	109,5	98,0	83,0	70,5	0,5
15	75	115	114,5	105,0	85,0	75,5	0,5
16	80	125	124,2	112,0	93,0	80,5	0,5
17	85	130	129,2	117,0	99,0	85,5	0,5
18	90	140	139,2	126,0	104,0	90,5	0,8
19	95	145	144,2	131,0	109,0	95,5	0,8
20	100	150	149,2	136,0	114,0	100,5	0,8
21	105	160	159,2	144,0	121,0	105,5	1,0
22	110	170	169,2	153,0	128,0	110,5	1,0
24	120	180	179,2	166,0	136,0	120,5	1,0
26	130	200	199,2	177,0	150,0	130,8	1,0
28	140	210	209,2	190,0	160,0	140,8	1,0
30	150	225	224,2	203,0	172,0	150,8	1,2
32	160	240	239,2	217,0	183,0	160,8	1,2
34	170	260	259,2	230,5	199,5	170,8	1,2
36	180	280	279,2	250,0	210,0	180,8	1,2
38	190	290	289,2	261,0	221,0	190,8	1,2
40	200	310	309,2	278,0	232,0	200,8	1,2

(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) 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.

SERIE ISO 02

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

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	30	29,5	25	17	10,5	0,3
01	12	32	31,5	27	18	12,5	0,3
02	15	35	34,5	29	21	15,5	0,3
03	17	40	39,5	33	24	17,5	0,3
04	20	47	46,5	39	28	20,5	0,5
05	25	52	51,5	44	33	25,5	0,5
06	30	62	61,5	53	40	30,5	0,5
07	35	72	71,5	62	46	35,5	0,5
08	40	80	79,5	68	52	40,5	0,5
09	45	85	84,5	75	56	45,5	0,5
10	50	90	89,5	80	60	50,5	0,5
11	55	100	99,5	90	65	55,5	0,8
12	60	110	109,5	95	75	60,5	0,8
13	65	120	119,5	105	80	65,5	0,8
14	70	125	124,2	110	85	70,5	0,8
15	75	130	129,2	115	90	75,5	0,8
16	80	140	139,2	125	95	80,5	1,0
17	085	150	149,2	135	105	85,5	1,0
18	090	160	159,2	140	110	90,5	1,0
19	095	170	169,2	150	115	95,5	1,0
20	100	180	179,2	160	125	100,5	1,0
21	105	190	189,2	170	132	105,5	1,0
22	110	200	199,2	175	135	110,5	1,0
24	120	215	214,2	190	145	120,5	1,0
26	130	230	229,2	203	157	130,8	1,2
28	140	250	249,2	220	170	140,8	1,2
30	150	270	269,2	233	189	150,8	1,2

(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) 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.

Posizione degli Ugelli

La tabella seguente riporta la corretta posizione diametrale da prevedere per gli ugelli nel caso di lubrificazione aria-olio, a nebbia d'olio ed a getto d'olio.

Unità: mm

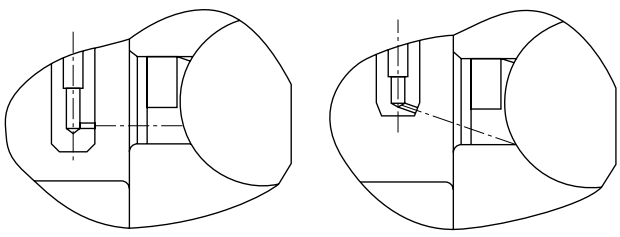
Codice foro cuscinetto	Diametro nominale foro	Serie 79		Serie 70		Serie 72		N10xxMR (serie Standard)		N10xxR (serie ROBUST™)	
		ØA (1)	*B*	*ØA (1)*	*B*	*ØA (1)*	*B*	*ØA*	*B*	*ØA*	*B*
00	10	14,5	0,4	16,1	0,5	18,1	0,5	—	—	—	—
01	12	16,5	0,4	18,3	0,5	19,6	0,5	—	—	—	—
02	15	20,0	0,5	21,3	0,5	22,6	0,7	—	—	—	—
03	17	21,8	0,5	23,5	1,0	25,9	0,7	—	—	—	—
04	20	26,1	0,5	28,2	1,0	30,5	1,0	—	—	—	—
05	25	31,1	0,5	32,9	1,0	35,5	1,0	—	—	—	—
06	30	36,1	0,5	39,5	1,0	42,4	1,0	39,7	1,2	—	—
07	35	42,6	0,5	44,6	1,0	49,2	0,7	45,4	1,5	—	—
08	40	47,9	0,5	50,0	1,0	55,5	0,7	50,6	1,5	—	—
09	45	53,4	0,5	55,6	1,0	60,2	0,7	56,5	2,0	60,0	0,6
10	50	57,9	0,5	60,6	1,0	65,2	1,0	61,5	2,0	64,5	1,3
11	55	64,0	0,5	67,3	1,0	72,0	1,0	69,2	2,5	71,0	1,2
12	60	69,0	0,5	72,5	1,0	79,0	0,7	74,3	2,5	76,5	1,2
13	65	74,0	0,5	77,5	1,0	86,2	0,7	79,2	2,5	81,5	1,2
14	70	80,9	0,7	83,7	1,0	90,9	0,7	86,6	3,0	89,0	1,5
15	75	85,5	0,7	89,4	1,0	95,9	0,7	90,0	2,5	94,5	1,5
16	80	90,5	0,7	96,5	1,0	102,8	0,7	98,5	3,0	101,0	2,0
17	85	98,8	0,7	101,5	1,0	109,8	1,0	103,5	3,0	106,0	2,0
18	90	102,8	0,7	108,6	1,0	116,7	1,0	109,0	3,0	—	—
19	95	107,7	0,7	113,3	1,0	123,6	1,0	115,5	2,5	—	—
20	100	116,0	0,7	118,6	1,0	130,6	1,0	119,0	2,5	—	—
21	105	119,5	0,7	125,1	0,7	137,4	1,0	125,5	3,0	—	—
22	110	124,5	0,7	131,9	0,7	144,4	1,0	134,0	3,0	—	—
24	120	136,3	0,7	142,3	0,7	156,3	1,0	142,0	3,0	—	—
26	130	149,3	0,7	156,2	1,0	168,9	1,0	156,0	4,5	—	—
28	140	158,1	0,7	165,7	2,5	182,6	1,0	168,0	4,5	—	—
30	150	171,8	0,7	178,1	2,5	196,5	1,0	—	—	—	—
32	160	181,8	0,7	190,4	2,5	—	—	—	—	—	—
34	170	191,8	0,7	203,4	2,5	—	—	—	—	—	—
36	180	205,6	0,7	217,1	2,5	—	—	—	—	—	—
38	190	215,4	0,7	227,1	2,5	—	—	—	—	—	—
40	200	229,0	0,7	240,9	2,5	—	—	—	—	—	—

(1) Conformi alla norma DIN 628-6

Importante

- Per cuscinetti che operano a velocità normali, l'ugello di lubrificazione può essere posizionato orizzontalmente rispetto alla faccia laterale del cuscinetto. Per applicazioni ad elevata velocità di rotazione, è vantaggioso posizionare l'ugello con un'inclinazione compresa tra 15° e 20° rispetto al piano orizzontale. Per ulteriori dettagli, contattare NSK.
- E' necessario prevedere un drenaggio corretto e ben proporzionato, al fine di evitare innalzamenti anomali della temperatura dovuti ad un eccesso di stagnazione dell'olio lubrificante, che può determinare il cedimento prematuro dei cuscinetti.
- Si raccomanda l'impiego di filtri con valore massimo di 5 micron nell'alimentazione dell'olio.

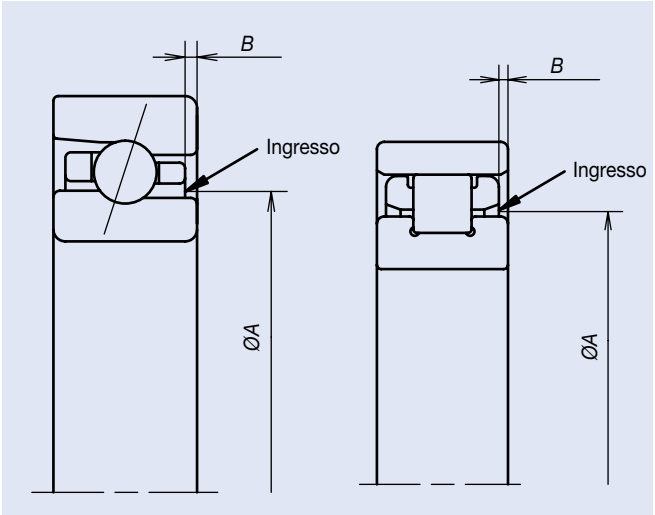
Figura 9.1 – Inclinazione dell'Ugello



Unità: mm

Diametro nominale foro	BNR19 BER19		BNR10 BER10		BGR19		BGR10		BGR02		BAR10 BTR10	
	ØA	*B*	*ØA*	*B*	*ØA*	*B*	*ØA*	*B*	*ØA*	*B*	*ØA*	*B*
6	—	—	—	—	—	—	9,0	0,4	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	10,5	0,4	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	12,0	0,5	—	—	—	—
10	—	—	—	—	13,5	0,4	14,5	0,5	17,0	1,0	—	—
12	—	—	—	—	15,5	0,4	16,5	0,5	18,0	0,5	—	—
15	—	—	—	—	18,5	0,5	20,0	1,0	21,0	1,0	—	—
17	—	—	—	—	20,5	0,5	22,5	1,5	24,0	0,5	—	—
20	—	—	—	—	25,0	0,8	26,5	0,8	28,3	0,5	—	—
25	31,0	0,5	—	—	30,0	0,8	31,5	0,8	33,2	1,0	—	—
30	35,5	0,5	39,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—
35	42,0	0,5	44,5	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
40	48,0	0,5	50,0	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
45	53,0	0,5	55,5	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—
50	57,5	0,5	60,5	1,7	—	—	—	—	—	—	60,5	0,9
55	63,5	0,5	67,5	1,5	—	—	—	—	—	—	67,5	0,7
60	68,5	0,5	73,0	1,5	—	—	—	—	—	—	73,5	0,7
65	73,5	0,5	77,5	1,5	—	—	—	—	—	—	77,5	0,7
70	80,5	0,7	84,0	1,7	—	—	—	—	—	—	84,0	0,7
75	85,0	0,7	89,0	1,7	—	—	—	—	—	—	89,0	0,7
80	90,5	0,7	96,0	1,7	—	—	—	—	—	—	96,0	0,9
85	98,5	0,7	102,0	1,7	—	—	—	—	—	—	102,0	0,9
90	102,0	0,7	109,0	1,7	—	—	—	—	—	—	108,5	1,2
95	107,0	0,7	112,0	1,7	—	—	—	—	—	—	112,5	1,2
100	113,5	0,7	118,5	2,5	—	—	—	—	—	—	118,5	1,7
105	119,0	0,7	125,0	1,7	—	—	—	—	—	—	126,0	1,4
110	124,0	0,7	132,5	1,7	—	—	—	—	—	—	132,5	1,2
120	136,0	0,7	143,0	1,7	—	—	—	—	—	—	142,5	1,2
130	149,0	0,7	156,5	1,7	—	—	—	—	—	—	155,5	1,7
140	157,5	0,7	166,0	1,7	—	—	—	—	—	—	167,0	1,7
150	171,5	0,7	178,5	1,7	—	—	—	—	—	—	179,5	1,9
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	190,0	2,0
170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	205,0	1,7
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	218,0	2,0
190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	228,0	2,0
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	242,0	2,2

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. Pulizia dei Cuscinetti

I cuscinetti sono forniti protetti da un strato di agente anti-corrosione, che evita l'accumulo di polvere e la corrosione durante il trasporto e lo stoccaggio.
Dopo averne aperto l'imballo, i cuscinetti devono essere lavati per rimuovere tale agente. Alcune tipologie di cuscinetti, come i cuscinetti schermati ed i cuscinetti pre-ingrassati, devono invece essere utilizzati senza lavaggio.

● Metodo di lavaggio

1. Per il lavaggio utilizzare cherosene od un olio leggero.

2. Prendre due serbatoi separati per il lavaggio iniziale e per quello finale, che dovranno essere muniti di una rastrelliera in metallo per evitare il contatto diretto del cuscinetto con qualsiasi contaminazione eventualmente depositata sul fondo.

3. Evitare la rotazione dei cuscinetti durante il loro lavaggio iniziale. Dopo averne pulito le superfici esterne con una spazzola, immergerli nel serbatoio previsto per il lavaggio finale.

4. Eseguire manualmente numerose rotazioni del cuscinetto verificando continuamente ed accuratamente la pulizia del fluido utilizzato per il lavaggio finale.

5. Al termine del lavaggio, rimuovere il liquido in eccesso dai cuscinetti evitando l'utilizzo di aria compressa. I cuscinetti che adottano una lubrificazione a grasso, devono essere ingrassati prima del loro montaggio.
   I cuscinetti invece lubrificati ad olio, devono essere montati sul mandrino della macchina utensile senza farli ruotare. Prima del loro montaggio, ricoprirne le superfici interne ed esterne con un leggero strato d'olio lubrificante.

2. Controllo delle Dimensioni delle Parti Adiacenti

Verifica dell'albero e dell'alloggiamento

- Le superfici di accoppiamento dell'alloggiamento e dell'albero devono essere accuratamente pulite, verificando l'eventuale presenza di difetti o bave.
- Controllare le dimensioni degli alberi e degli alloggiamenti, per ottenere il corretto accoppiamento con i cuscinetti. Le tolleranze di esecuzione consigliate per gli alberi e le sedi sono riportate a pagina 166.
- Misurare e montare i cuscinetti in un ambiente a temperatura controllata. Le parti devono stazionare nell'ambiente fino a quando non avranno raggiunto una temperatura omogenea e stabile, in equilibrio termico con l'ambiente stesso. Effettuare le misurazioni su punti diversi, per assicurarsi che non ci siano differenze significative tra i rilievi effettuati.
  Le indicazioni relative alle precisioni raccomandate per gli alberi e gli alloggiamenti sono riportate a pagina 167.

Verifica dei distanziali

Si consiglia un errore di parallelismo del distanziale inferiore a 0,003 mm. Un errore superiore provocherà un disallineamento dei cuscinetti, con una conseguente loro rotazione irregolare e rumorosità.

3. Procedure di Montaggio

I cuscinetti lubrificati sia con grasso che con aria-olio (nebbia d'olio) vengono messi in opera dopo essere stati sottoposti al lavaggio. Le procedure di montaggio variano in funzione delle specifiche condizioni di accoppiamento dell'anello interno ed esterno. Poiché normalmente in una macchina utensile ruota l'albero, l'anello interno con foro cilindrico viene posizionato sull'albero attraverso un montaggio a caldo o tramite una pressa.

I cuscinetti con foro conico vengono invece montati direttamente sull'albero conico. Per funzionamenti ad alta velocità, per ottenere il corretto gioco radiale durante il montaggio, si consiglia di utilizzare i calibri GN. Informazioni dettagliate sul corretto utilizzo dei calibri GN sono riportate a pagina 184.

Poiché gli anelli esterni sono solitamente montati con un leggero gioco radiale, non è necessario l'utilizzo di specifici strumenti di montaggio. Per facilitarne il loro inserimento, l'alloggiamento potrà comunque essere riscaldato.

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 120° 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.

Figura 1.1. Accoppiamento Forzato dell'Anello Interno

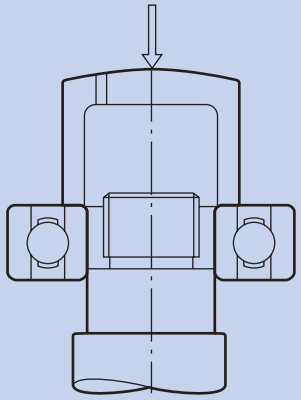
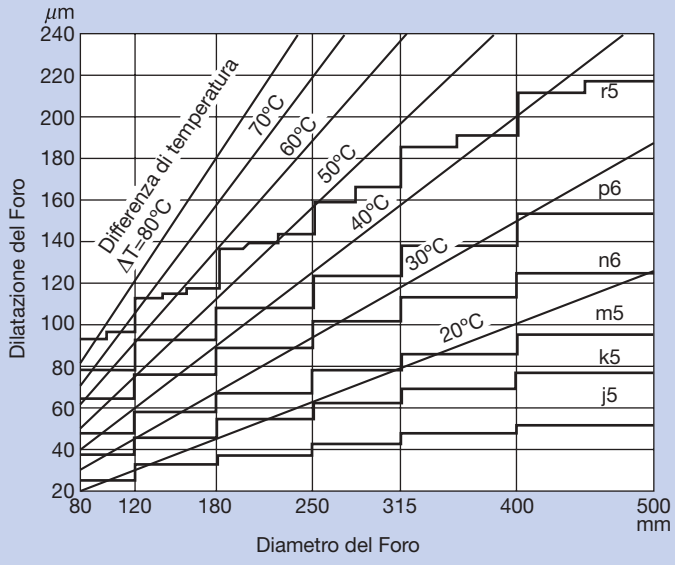


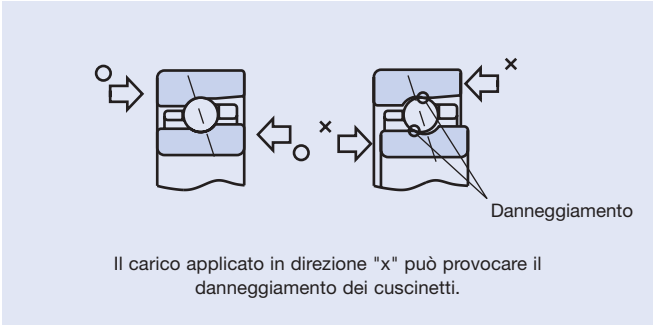
Figura 2.1. Temperatura e Dilatazione Termica dell'Anello Interno



3.2. Precauzioni per il Montaggio dei Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

A causa del suo disegno interno, un cuscinetto a sfere a contatto obliquo può sostenere carichi assiali in una sola direzione. Di conseguenza, quando si montano i cuscinetti a sfere a contatto obliquo sull'albero o nell'alloggiamento, va verificato che la direzione dei carichi assiali sia conforme alla disposizione dei cuscinetti.
Prestare particolare attenzione all'ordine di montaggio per i cuscinetti disposti in gruppo. Il montaggio sull'albero è diverso per la disposizione dorso a dorso rispetto a quella faccia a faccia.

Figura 1.3 Direzione del Carico per i Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo

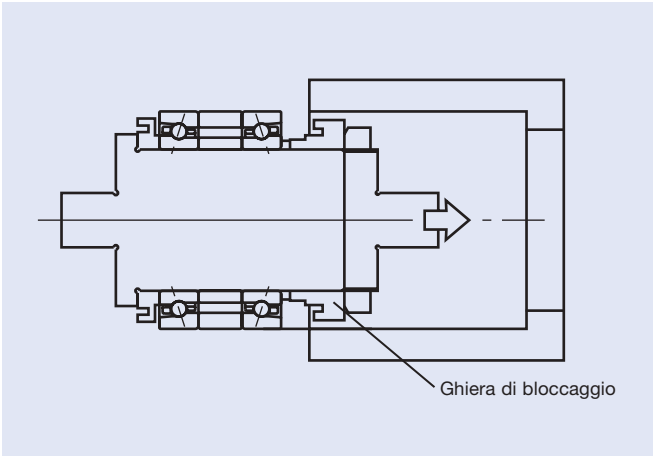


Il carico applicato in direzione "x" può provocare il danneggiamento dei cuscinetti.

Disposizione Dorso a Dorso:

(1) Calettare i cuscinetti sull'albero.
(2) Serrare la ghiera di bloccaggio dei cuscinetti.
(3) Inserire l'albero ed i cuscinetti nell'alloggiamento e montare la flangia.

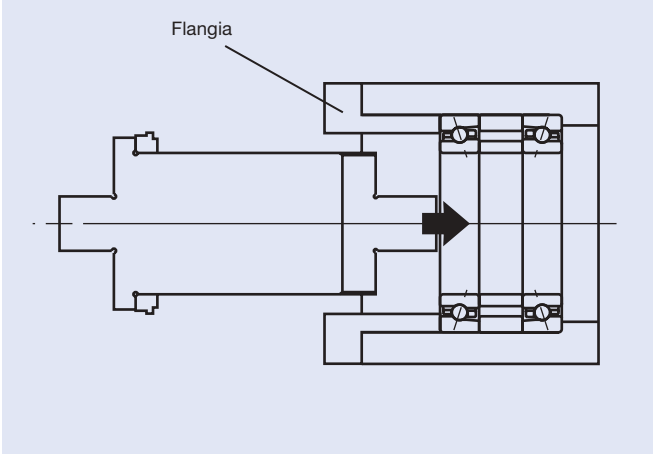
Figura 1.4 Montaggio con Disposizione Dorso a Dorso



Disposizione Faccia a Faccia:

(1) Calettare i cuscinetti nell'alloggiamento.
(2) Montare la flangia e serrare le viti in modo da garantire il precarico.
(3) Inserire l'albero negli anelli interni e serrare la ghiera di bloccaggio.

Figura 1.5 Montaggio con Disposizione Faccia a Faccia



Invertire l'ordine di ogni fase se si devono smontare i cuscinetti.

3.3. Bloccaggio dei Cuscinetti

(1) Bloccaggio dell'anello interno

L'anello interno è solitamente bloccato sull'albero con l'utilizzo di una ghiera di bloccaggio, la cui perpendicolarità della filettatura e della faccia sono molto importanti. Anche se la precisione di ogni singolo elemento fosse buona, la distanza tra l'albero e la ghiera di bloccaggio potrebbe determinare una flessione dell'albero e del cuscinetto (vedere la figura 1.21 a pagina 189). E' necessario, quindi, procedere alle regolazioni opportune per garantire una precisione di rotazione regolare.

E' anche importante che la ghiera di bloccaggio sia ben serrata, in modo da eliminare la possibilità che si allenti. Per maggiori informazioni sulla corretta coppia di serraggio della ghiera, fare riferimento alla tabella 1.1.

Occorre anche ridurre al minimo il rischio di squilibrio dovuto alle superfici ed all'errore di rotazione della ghiera oltre che ad imprecisioni delle parti accoppiate. Nelle macchine utensili ad alte velocità ed elevate precisioni, per assicurare il cuscinetto sull'albero, sono comunemente utilizzate delle bussole montate con forte interferenza sull'albero stesso. Nel tempo tuttavia, le bussole tendono ad allentarsi e richiedono quindi una verifica periodica.

Quando tra i cuscinetti a sfere a contatto obliquo disposti in gruppo viene utilizzato un distanziale di grandi dimensioni e quando la coppia di serraggio della ghiera è eccessiva, il distanziale dell'anello interno potrebbe deformarsi e determinare quindi un incremento del precarico sui cuscinetti stessi. Quando si imposta il precarico, quindi, è necessario considerare questo possibile fenomeno.

(2) Bloccaggio dell'anello esterno

Per il fissaggio assiale dell'anello esterno del cuscinetto viene solitamente utilizzata una flangia. Se la coppia di serraggio delle viti è eccessiva, oppure le viti non sono serrate in maniera uniforme, tale anello può subire una deformazione.

Come esempio, nella figura 1.6 è rappresentata la possibile deformazione della pista di rotolamento dell'anello esterno provocato da un serraggio non uniforme delle viti della flangia, allorchè la faccia dell'anello esterno va in appoggio con la flangia stessa.

La figura 1.7 mostra, invece, la deformazione dell'anello esterno di un cuscinetto bloccato assialmente conseguentemente ad una chiusura non corretta della flangia.

Nella figura 1.8 è illustrata la deformazione della superficie di rotolamento dell'anello esterno di un cuscinetto a due corone di rulli cilindrici, causata dal serraggio eccessivo.

La possibile deformazione dipende dal gioco esistente tra le parti di accoppiamento. Si consiglia di lasciare tra la flangia e la faccia dell'alloggiamento un gioco compreso tra 0,01 e 0,05 mm, misurato prima di serrare le viti.

Fig. 1.6 Deformazione della Superficie di Rotolamento provocata da un Serraggio Non Uniforme

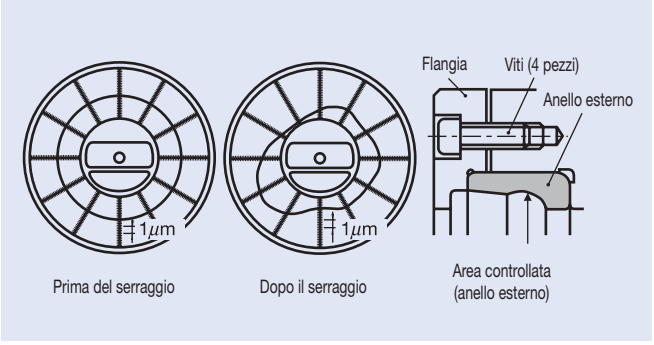


Fig. 1.7 Deformazione della Superficie di Rotolamento provocata da un Serraggio Eccessivo

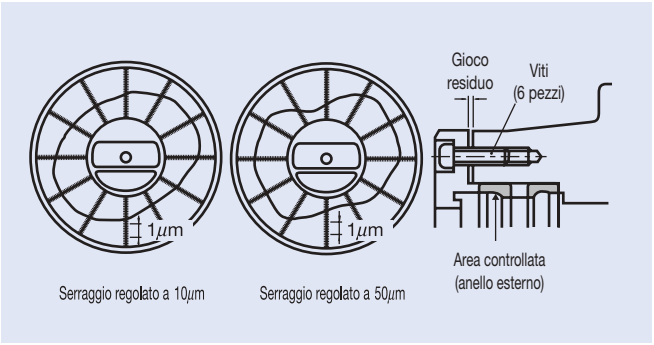


Fig. 1.8 Deformazione dell'Anello Esterno di un Cuscinetto a Due Corone di Rulli Cilindrici provocata da un Serraggio Eccessivo

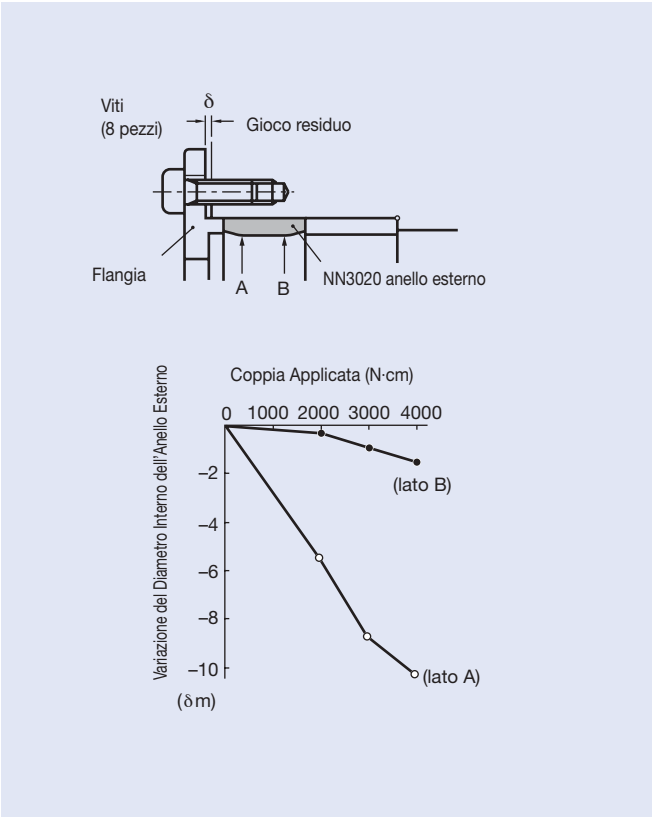


Tabella 1.1 Coppia di Serraggio della Ghiera e Gioco tra Flangia ed Alloggiamento

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 $p^* = \tan^{-1}\mu_s$
- μ_s : coefficiente d'attrito sulla superficie della ghiera
- d_w : diametro equivalente della coppia di attrito sulla superficie della ghiera (mm)
- μ_w : coefficiente d'attrito sulla superficie della ghiera
- β : 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

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

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

in cui:

- μ : coefficiente di attrito sulla superficie di contatto (=0.12)
- P_m : pressione superficiale (Mpa)
- d : diametro dell'albero (mm)
- B : larghezza del cuscinetto (mm)
- Δ_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)

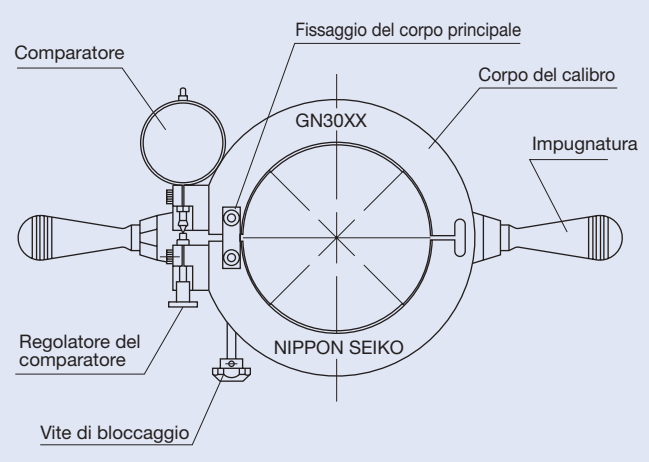
3.4. Montaggio dei Cuscinetti a Rulli Cilindrici

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

Un calibro ad anello GN è uno strumento 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 strumento risulta essere particolarmente utile per cuscinetti a rulli cilindrici utilizzati con un precarico radiale.

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

Figura 1.9 Calibro ad anello Serie GN



Come utilizzare un calibro GN

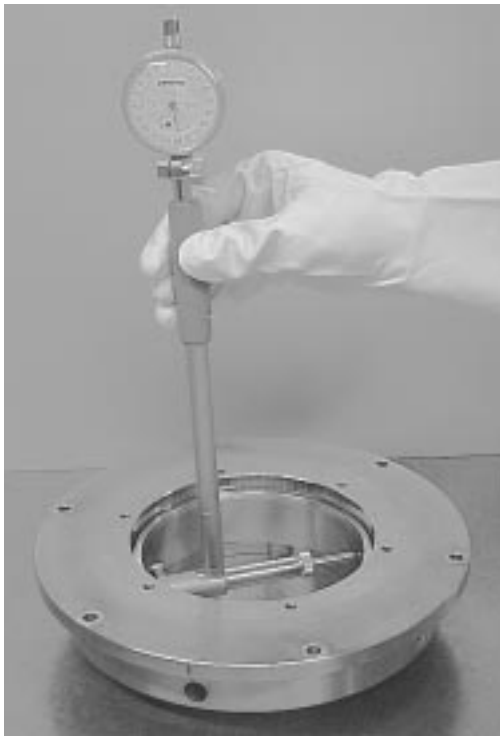
(1) Inserire l'anello esterno del cuscinetto nell'alloggiamento

L'accoppiamento consigliato tra l'anello esterno e l'alloggiamento è:
da gioco 2μm a interferenza 2μm

(2) Azzeramento del comparatore

Accertarsi che le temperature siano le stesse per l'anello esterno (inserito nell'alloggiamento), l'anello interno e l'albero. Con un comparatore da interni misurare poi il diametro interno dell'anello esterno in almeno quattro diverse punti. Determinare la media delle misurazioni ed azzerare il comparatore sul valore medio (figura 1.10).

Figura 1.10 Azzeramento del Comparatore



(3) Regolazione dell'alesaggio del calibro GN

Allentare la vite di bloccaggio del calibro GN. Inserire il comparatore nel diametro interno del calibro GN e regolare la vite di bloccaggio fino ad ottenere lo 0 (zero) sul comparatore. Effettuare tale operazione con il calibro GN in posizione verticale per evitare imprecisioni dovute al suo peso proprio (figura 1.11).

Figura 1.11 Regolazione dell'Alesaggio del Calibro GN

(4) Impostazione della correzione sul calibro GN

Partendo dai risultati ottenuti nella fase (3) ed utilizzando il regolatore del comparatore, regolare la freccia del calibro fino alla tacca rossa per correggere la misurazione. Verificare che la freccia del comparatore si trovi vicino al 2 (la correzione dell'indicatore permette di compensare la deformazione elastica del rullo dovuta alla pressione di misurazione. Per ogni singolo calibro, la correzione è stata determinata da NSK).

(5) Montaggio dell'anello interno

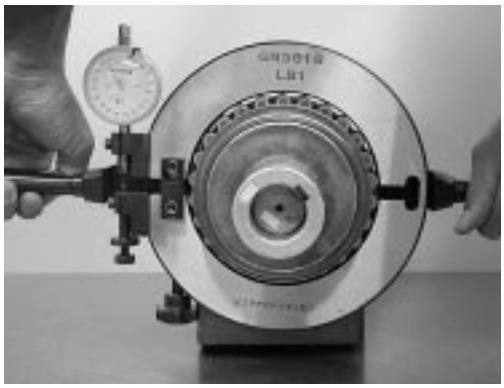
Montare l'anello interno sull'albero e serrare leggermente la ghiera di bloccaggio. Durante questa fase, i cuscinetti dovranno essere lavati ma non ancora ingrassati.

Figura 1.12 Inserimento dell'Anello Interno

(6) Impostazione del calibro GN

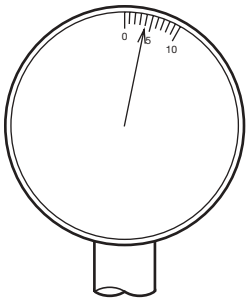
Regolare la vite di bloccaggio sul calibro GN (da 0,2 mm a 0,3 mm sullo strumento) per allentare il comparatore GN. Il calibro GN va posizionato sull'anello interno con la vite di arresto allentata.

Figura 1.13 Impostazione del Calibro GN

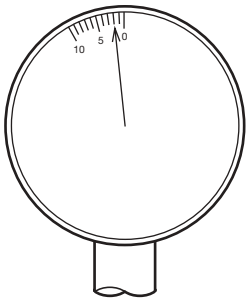


(7) Lettura della scala

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 (Δr_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 (Δr_i)

● Calcolo del gioco radiale Δr dopo il montaggio

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

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

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)
Δr_m : movimento dell'anello esterno in direzione radiale (risultato delle misurazioni dalla fase (4) a pagina 187)
Δr : gioco radiale dopo il montaggio
Δr_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 Δr_e dopo il montaggio

$\Delta r_e = (D_h - D) \times h$

quando $\Delta r_e \geq 0$ considerare $\Delta r_e = 0$

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)

Come misurare il gioco radiale di Δr_m

(1) Montare l'anello interno del cuscinetto sulla sezione conica dell'albero (rimuovere il grasso dalla sezione conica dell'albero e dalla superficie interna dell'anello interno con un solvente organico).

(2) Posizionare l'anello esterno sui rulli ed applicare il calibro GN sul diametro esterno dell'anello esterno.

(3) Battere leggermente sul distanziale o serrare la ghiera di bloccaggio per espandere l'anello interno (figura 1.16).

(4) Muovere l'anello esterno con un movimento verso l'alto e verso il basso e misurare con un comparatore (*1) il movimento radiale dell'anello esterno. Ripetere le fasi (3) e (4) fino a quando il gioco dell'anello esterno (Δr_m) non raggiunge 0,005 mm circa (*2) (figura 1.17).

(5) Quando Δr_m è impostato su circa 0,005 mm, misurare con il blocchetto di riscontro (*3) la distanza tra lo spallamento dell'albero e la faccia dell'anello interno (dimensione L) (figura 1.18).

Commenti

(*1) Se la misurazione durasse troppo tempo, la temperatura dell'anello esterno potrebbe raggiungere la temperatura delle mani dell'operatore, con conseguente imprecisione della misurazione stessa. Per effettuare una misurazione più accurata, quindi, è consigliabile indossare un paio di guanti.

(*2) Nel caso in cui il gioco radiale fosse eccessivo, premendo l'anello esterno potrebbe generarsi una deformazione che gli farebbe assumere una forma ellittica e conseguentemente una misurazione imprecisa. Pertanto, un gioco radiale pari a 0,005 mm è accettabile (0,005 mm è il valore target, ma valori da 0,001 a 0,002 mm sono comunque accettabili).

(*3) La misurazione della dimensione L deve essere ottenuta inserendo completamente sui 360° il blocchetto di riscontro tra lo spallamento dell'albero ed il cuscinetto, come indicato nella parte sinistra della fig. 1.18. Ciò al fine di verificare un'eventuale inclinazione dell'anello interno verificatasi al montaggio.

Figura 1.16 Inserimento dell'Anello Esterno

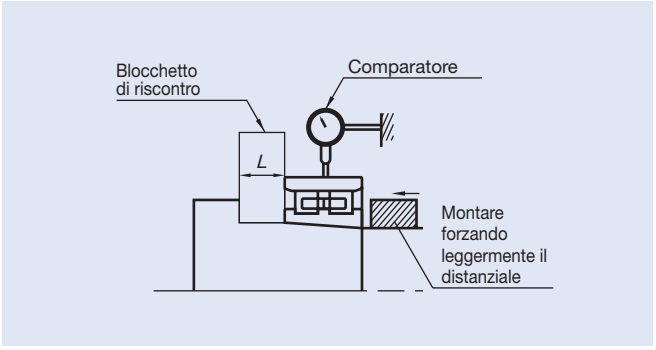


Figura 1.17 Misurazione del Movimento dell'Anello Esterno

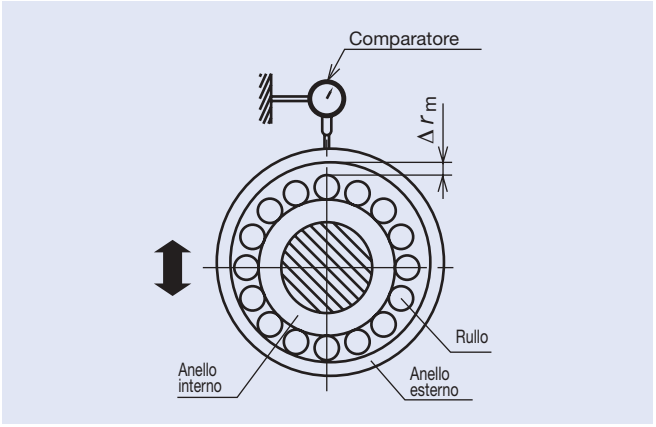
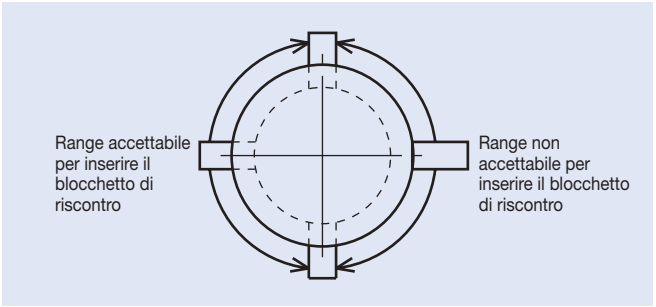


Figura 1.18 Misurazione della Larghezza attraverso un Blocchetto di Riscontro



Esempio di calcolo

Impostazione del gioco radiale per il cuscinetto NN3020MBKR con $\Delta r = -0{,}002$ mm dopo il montaggio.

Compressione del diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno a causa del montaggio nell'alloggiamento: $\Delta r_e = -0.004$ (interferenza) (quando $\Delta r_e \geq 0$ considerare $\Delta r_e = 0$)

Movimento dell'anello esterno (valore misurato nel corso della fase (4)) $\Delta r_m = 0.007mm$

Larghezza blocchetto di riscontro (valore misurato nel corso della fase (5)) $L = 20.55mm$

Larghezza finale del distanziale

$$La = 20.55 - 15 \times -(0.007 - (-0.002) - 0.004)$$
$$= 20.55 - 0.075$$
$$= 20.475$$

Attenzione ai segni algebrici

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.
(2) Distribuire un leggero strato di grasso sulle superfici dei rulli, includendone le facce, i punti di contatto con la gabbia ed i bordi della superficie di ogni tasca della gabbia.
(3) Utilizzare il rimanente 20% del quantitativo di grasso prestabilito, applicandone un sottile strato sulla superficie della pista di rotolamento dell'anello esterno.

Figura 1.19 Cuscinetti a Sfere a Contatto Obliquo Ingrassati

Figura 1.20 Cuscinetti a Rulli Cilindrici Ingrassati

4. Ispezione dopo il Montaggio

4.1. Precisione di rotazione

Un montaggio accurato e la precisione delle relative parti sono indispensabili per garantire un'accuratezza ed una precisione di lavorazione del mandrino di una macchina utensile.

1: errore di rotazione tra la faccia dell'anello esterno e la pista di rotolamento per i cuscinetti a contatto obliquo assemblati.
Regolare ad un valore di 0,002 mm od inferiore con una leggera pressione sulla fascia dell'anello esterno.

2: variazione della superficie laterale del cuscinetto con la superficie della faccia di riferimento dell'anello esterno per i cuscinetti a sfere a contatto obliquo.
Regolare ad un valore di 0,005 mm od inferiore inclinando la ghiera di bloccaggio (figura 1.21).

3. Concentricità della parte posteriore dell'alloggiamento.
Portare ad un valore di 0,010 mm o inferiore.

Se non è possibile raggiungere le accuratezze richieste, smontare i cuscinetti e controllare l'accuratezza delle singole parti.

Figura 1.21. Inclinazione della Ghiera di Bloccaggio dell'Albero

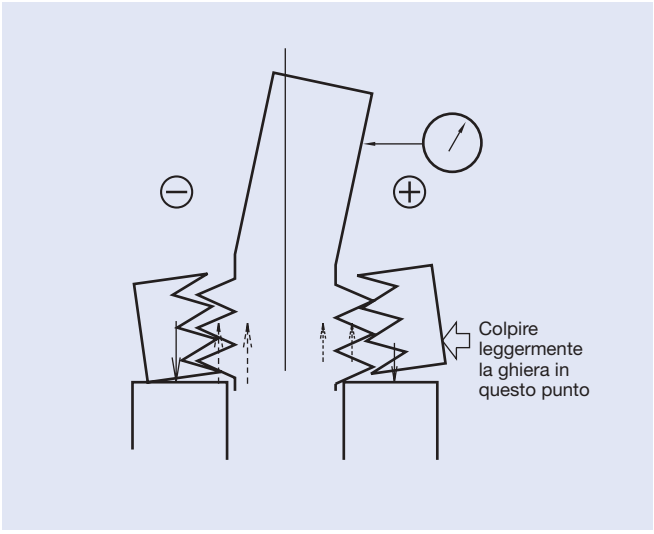
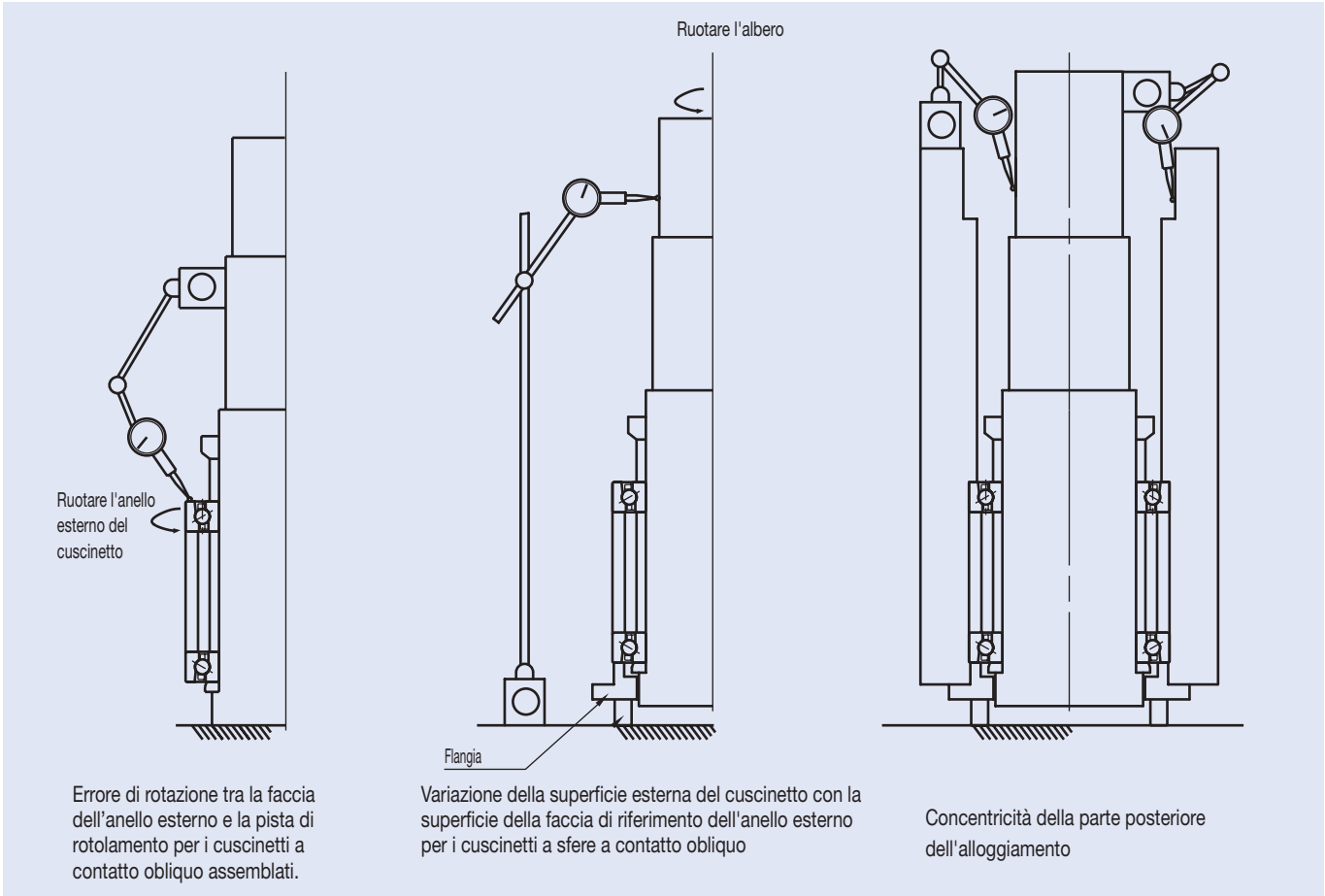


Figura 1.22. Precisione di Rotazione del Mandrino di una Macchina Utensile



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** 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.** 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

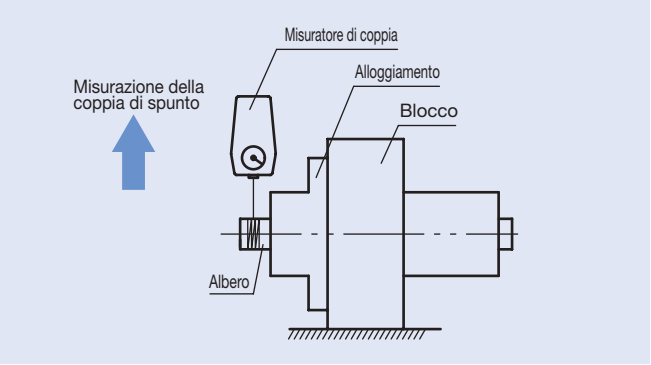
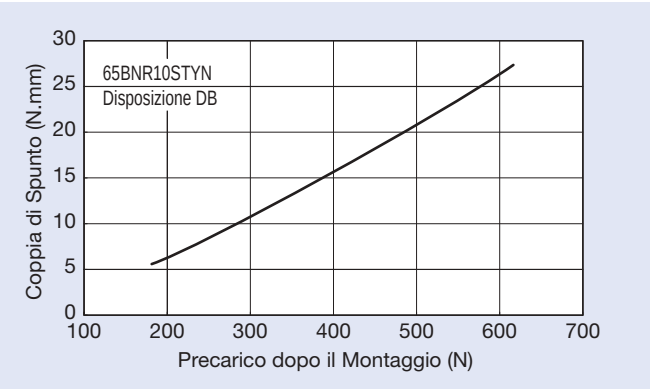


Figura 1.24 Relazione tra la Coppia di Spunto ed il Precarico



(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/μm, è necessario un carico pari a 2000N per generare uno spostamento pari a 10μm. 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 delle parti adiacenti. La rigidezza misurata è tendenzialmente inferiore rispetto al valore teorico e spesso si verificano errori.

Metodo

Per ottenere il precarico, viene applicato un carico assiale sull'albero e viene rilevato il suo spostamento assiale. (figura 1.25 e 1.26).

Figura 1.25 Metodo di Misurazione della Rigidezza Assiale Statica

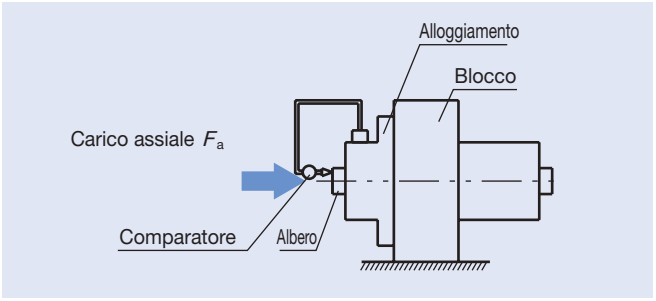
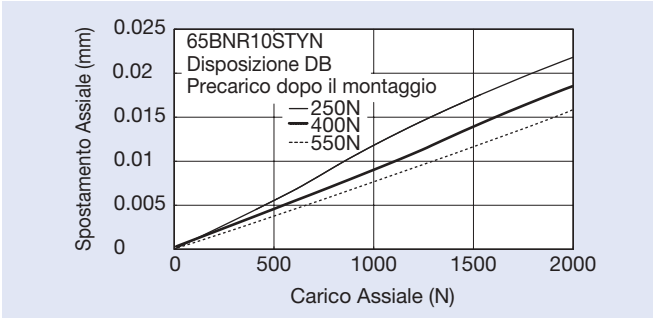


Figura 1.26 Rapporto tra lo Spostamento Assiale ed il Precarico



(3) Metodo di misurazione della frequenza naturale

Caratteristiche

La sensibilità di misurazione è la più elevata e la ripetitività è buona, ma tende ad essere influenzata dalle condizioni di fissaggio del mandrino.

Metodo

L'albero viene fatto vibrare in direzione assiale e contemporaneamente viene rilevata la frequenza di risonanza dell'albero. E' possibile ottenere il precarico dopo il montaggio attraverso la formula della frequenza di risonanza (figura 1.27 e 1.28)

Figura 1.27 Metodo di Misurazione della Frequenza Naturale

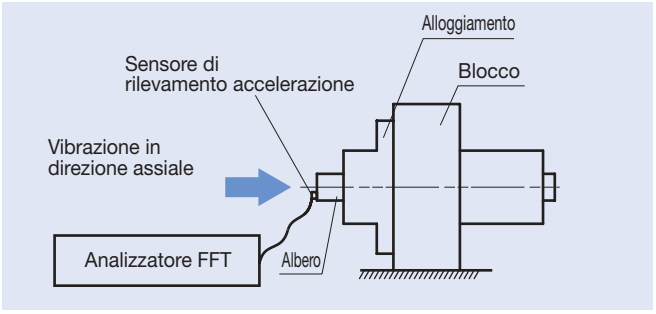
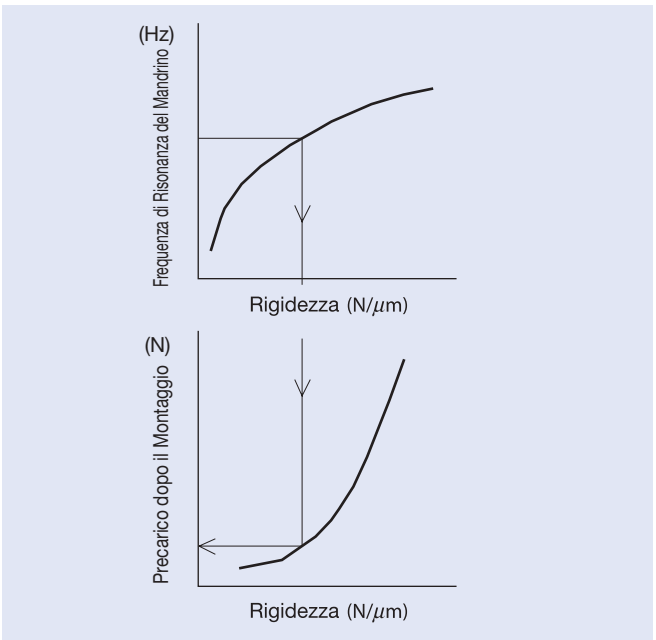


Figura 1.28 Rapporto tra la Frequenza di Risonanza del Mandrino e Rigidezza



Misurazione della frequenza di risonanza (F_z) dell'albero principale in direzione assiale

$$F_z = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_a}{m}} \times 1000$$

Conversione

$$m = \frac{W}{g}$$

Rigidezza del mandrino

Conversione

Precarico dopo il montaggio

K_a : rigidezza del cuscinetto (N/m=10^6×N/μm)
F_z : frequenza di risonanza (Hz)
m : massa del corpo rotante (kg)
W : peso del mandrino (kg)
g : costante di accelerazione 9.142

I dati tecnici per i metodi (1), (2) e (3) possono essere richiesti direttamente a NSK.

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).

Figura 2.1 Variazione della Temperatura con Procedura di Rodaggio in Continuo della durata di 18 ore.

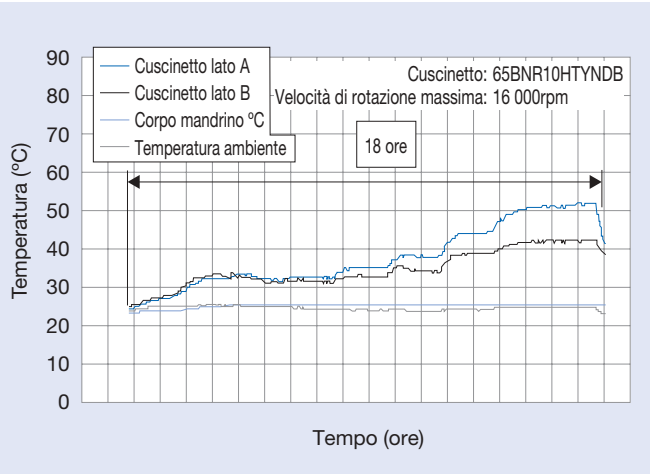
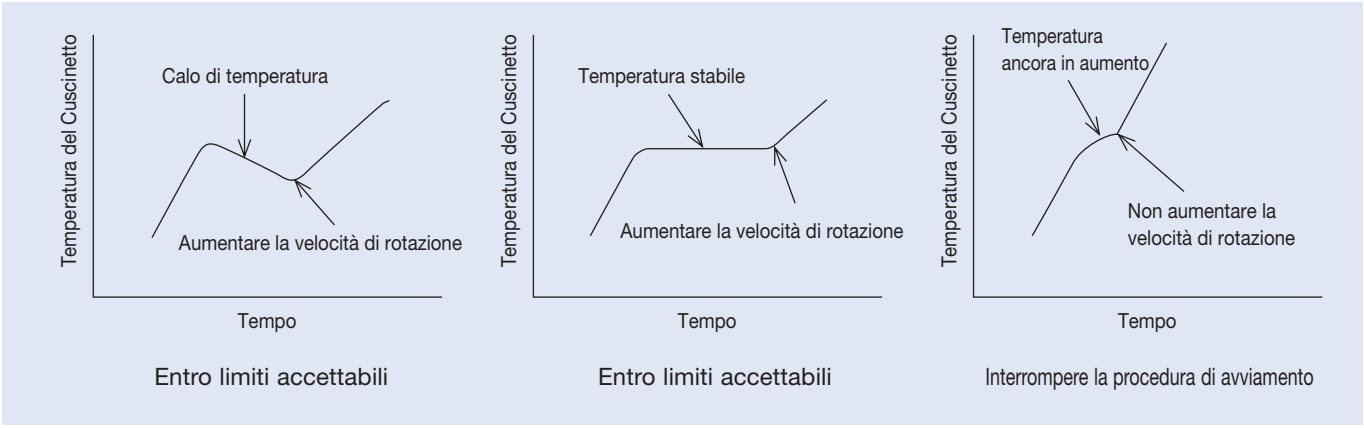


Figura 2.2 Aumento della Velocità di Rotazione durante l'Avviamento in Continuo



Aumentare la velocità di rotazione solo quando la temperatura si è stabilizzata.

(2) Procedura di rodaggio ad intermittenza

Caratteristiche

La procedura di rodaggio ad intermittenza consiste 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 procedura, che può variare da macchina a macchina ed a seconda della disposizione dei cuscinetti, riduce il tempo normalmente necessario per il rodaggio. Verificare 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 determinare la velocità target 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 accelerare rapidamente il gruppo mandrino alla velocità target prevista per quel ciclo e poi decelerare fino a fermare il mandrino. 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 relativi all'aumento della 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 breve periodo, al fine di facilitare la distribuzione uniforme del grasso all'interno 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.

Figura 2.3 Variazione della Temperatura con Procedura di Rodaggio ad Intermittenza della Durata di 2 ore

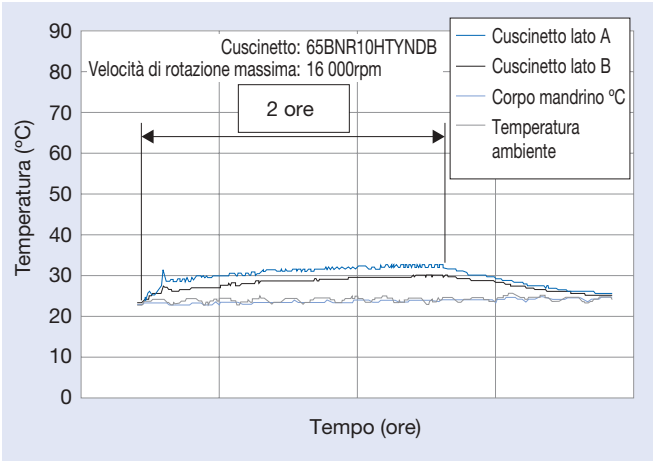
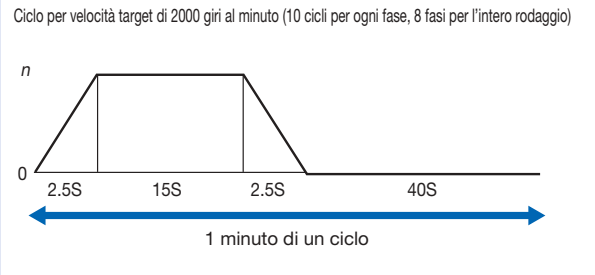


Figura 2.4 Un Ciclo per la Procedura di Rodaggio ad Intermittenza



3. MANUTENZIONE ED ISPEZIONE

Ispezione operativa

Per tutti i tipi di macchine, inclusi i mandrini per macchine utensili, a monitoraggio completato è necessario condurre un test di funzionamento per verificare se i cuscinetti sono stati montati correttamente. Tale test è di seguito descritto, perché comune in parte anche ai mandrini.

Ruotare manualmente piccoli gruppi, verificando che i diversi componenti ruotino regolarmente e non vi siano impedimenti dovuti alla presenza di corpi estranei oppure a difetti evidenti o visibili e che la coppia di rotazione risulti non omogenea a causa di un montaggio non corretto o ad un improprio accoppiamento tra le superfici a contatto. Va inoltre verificato che la coppia di rotazione non sia eccessiva a causa di un gioco non adeguato, ad errori di montaggio o all'attrito generato dai sistemi di tenuta.

Se non si rilevano anomalie, si può attivare il test di funzionamento attraverso la normale alimentazione del mandrino. Per le applicazioni ad alta velocità, si consiglia di effettuare il test di funzionamento prima di iniziare la procedura di rodaggio (fare riferimento alle istruzioni delle pagine 192-193), avviando lentamente senza carichi esterni la macchina ed osservando accuratamente che non si verifichino anomalie. In seguito, aumentare progressivamente la velocità ed i carichi fino a raggiungere le normali condizioni di esercizio.

Durante il ciclo di prova, controllare l'eventuale presenza di rumorosità anomala, l'eccessivo aumento della temperatura dei cuscinetti, perdite o contaminazione del lubrificante. Nel caso fosse rilevata un'anomalia, interrompere immediatamente il ciclo di prova ed ispezionare il macchinario e, se necessario, smontare i cuscinetti per un loro accurato controllo. Rilevare la temperatura della superficie esterna dell'alloggiamento può, solitamente, rivelarsi utile per determinare la temperatura dei cuscinetti ma, ovviamente, sarebbe opportuno poterla rilevare direttamente sugli anelli esterni accedendo, per esempio dai fori di adduzione dell'olio. La temperatura dei cuscinetti dovrebbe aumentare gradualmente fino a stabilizzarsi entro una o due ore ma, nel caso sia stato commesso un errore durante l'assemblaggio, potrebbe incrementare rapidamente ed in modo anomalo. La causa potrebbe essere ricercata in un quantitativo eccessivo del lubrificante, nel gioco insufficiente, nel montaggio non corretto oppure del sistema di tenuta nell'eccessivo attrito. In caso di funzionamento ad alta velocità, anche la selezione non corretta del tipo di cuscinetto o del metodo di lubrificazione possono essere la causa scatenante di tale anomalia.

La rumorosità dei cuscinetti può essere rilevata grazie ad un "noise monitor" (rilevatore di rumorosità) oppure con un altro strumento adeguato. Condizioni di funzionamento anomale generano spesso un suono metallico molto forte oppure una rumorosità irregolare. Le possibili cause includono una lubrificazione impropria, l'allineamento non corretto dell'albero e dell'alloggiamento, oppure la contaminazione da corpi estranei. Le possibili anomalie ed i provvedimenti da adottarsi nel caso subentrassero, sono descritte nella tabella 3.1.

■NSK Bearing Monitor■

Rilevatore di anomalie dei cuscinetti

E' importante rilevare i segni di irregolarità con prontezza, durante il funzionamento, prima che si possano verificare danni importanti. Il "NSK Bearing Monitor" è uno strumento che controlla le condizioni dei cuscinetti, segnalando le possibili anomalie e consentendo così interventi preventivi. Il "NSK Bearing Monitor" permette di ottimizzare la manutenzione, riducendone al tempo stesso i costi.

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 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
Fratture o cricche		
Cricche sull'anello interno od esterno	Eccessivo carico da urto, eccessiva interferenza di accoppiamento, insufficiente cilindricità della superficie, conicità non ottimale, eccessivo raggio di raccordo dello spallamento, e sviluppo dello sfaldamento	Esaminare le condizioni di carico, modificare l'accoppiamento del cuscinetto e della bussola. Il raggio di raccordo dello spallamento deve essere inferiore a quello del cuscinetto
Cricche sui corpi volventi Rottura degli orletti di ritegno	Sviluppo dello sfaldamento, urto sugli orletti durante il montaggio, caduta del cuscinetto durante la sua manipolazione	Prestare la massima cura durante il montaggio
Rottura della gabbia	Carico eccessivo sulla gabbia dovuto a montaggio non corretto o lubrificazione impropria	Eliminare gli errori di montaggio e riesaminare il metodo di lubrificazione ed il lubrificante utilizzato
Incisioni		
Incisioni sulle piste di rotolamento con interasse pari a quello dei corpi volventi	Importante carico da urto durante il montaggio, eccessivo carico in condizioni stazionarie	Prestare la massima cura durante il montaggio
Incisioni delle piste e dei corpi volventi	Ingresso di corpi estranei	Pulire l'alloggiamento, migliorare i dispositivi di tenuta, utilizzare un lubrificante pulito
Usura anomala		
Falsa Brinellatura (fenomeno con caratteristiche simili alla Brinellatura)	Vibrazioni in condizioni stazionarie (durante il trasporto), oscillazioni di piccola ampiezza	Fissare con sicurezza albero ed alloggiamento, utilizzare olio come lubrificante e ridurre le vibrazioni applicando un precarico
Usura da strisciamento Usura irregolare delle superfici di accoppiamento, con generazione di polvere di limatura di colore bruno-rossastro sulle superfici di accoppiamento	Leggera usura delle superfici di accoppiamento	Aumentare l'interferenza di montaggio, ed utilizzare olio
Usura della pista di rotolamento, degli orletti di ritegno e della gabbia	Ingresso di corpi estranei, lubrificazione non corretta e ruggine	Migliorare i dispositivi di tenuta, pulire l'alloggiamento ed utilizzare un lubrificante corretto
Scorrimento Usura da abrasione delle superfici di accoppiamento	Interferenza insufficiente, manicotto non serrato correttamente	Aumentare l'interferenza di montaggio, serrare il manicotto in modo corretto
Grippaggio Imbrunimento e micro saldature delle piste di rotolamento, dei corpi volventi e degli orletti di ritegno	Gioco insufficiente, lubrificazione impropria o montaggio non corretto	Riesaminare il gioco interno e l'accoppiamento dei cuscinetti, prevedere l'utilizzo di un quantitativo adeguato di lubrificante e migliorare il metodo di montaggio delle parti
Corrosione & ruggine Ruggine e corrosione delle superfici di accoppiamento e delle parti interne del cuscinetto	Condensa ed accumulo di acqua dall'aria o usura da strisciamento.Contatto con sostanze corrosive (soprattutto vapori di vernice, ecc.)	Prestare la massima cura nello stoccaggio, evitando elevate temperature ed eccessiva umidità. Se si interrompe il funzionamento per un periodo prolungato è necessario prevedere un trattamento antiruggine. Selezionare correttamente le vernici ed il lubrificante impiegato

Appendici Te

Appendici Tecniche

Tolleranze per il Diametro dell'Albero 200
Tolleranze per il Diametro dell'Alloggiamento 202
Tolleranze per la Qualità di Lavorazione – Gradazioni IT 204
Tabella di Conversione delle Durezze 206
Proprietà Fisiche e Meccaniche dei Materiali 207
Modulo per la Richiesta di Verifiche Tecniche 209
Tabella di Conversione tra Vecchia e Nuova Designazione NSK 210

cniche

Tolleranze per il Diametro dell'Albero

Diametro albero (mm) oltre	fino a	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6
3	6	− 30 − 38	− 20 − 28	− 10 − 18	− 4 − 9	− 4 − 12	0 − 5	0 − 8	0 − 12	0 − 18	0 − 30	0 − 48	± 2.5	± 4
6	10	− 40 − 49	− 25 − 34	− 13 − 22	− 5 − 11	− 5 − 14	0 − 6	0 − 9	0 − 1 5	0 − 22	0 − 36	0 − 58	± 3	± 4.5
10	18	− 50 − 61	− 32 − 43	− 16 − 27	− 6 − 14	− 6 − 17	0 − 8	0 − 11	0 − 18	0 − 27	0 − 43	0 − 70	± 4	± 5.5
18	30	− 65 − 78	− 40 − 53	− 20 − 33	− 7 − 16	− 7 − 20	0 − 9	0 − 13	0 − 21	0 − 33	0 − 52	0 − 84	± 4.5	± 6.5
30	50	− 80 − 96	− 50 − 66	− 25 − 41	− 9 − 20	− 9 − 25	0 − 11	0 − 16	0 − 25	0 − 39	0 − 62	0 − 100	± 5.5	± 8
50	80	− 100 − 119	− 60 − 79	− 30 − 49	− 10 − 23	− 10 − 29	0 − 13	0 − 19	0 − 30	0 − 46	0 − 74	0 − 120	± 6.5	± 9.5
80	120	− 120 − 142	− 72 − 94	− 36 − 58	− 12 − 27	− 12 − 34	0 − 15	0 − 22	0 − 35	0 − 54	0 − 87	0 − 140	± 7.5	±11
120	180	− 145 − 170	− 85 − 110	− 43 − 68	− 14 − 32	− 14 − 39	0 − 18	0 − 25	0 − 40	0 − 63	0 − 100	0 − 160	± 9	±12.5
180	250	− 170 − 199	− 100 − 129	− 50 − 79	− 15 − 35	− 15 − 44	0 − 20	0 − 29	0 − 46	0 − 72	0 − 115	0 − 185	±10	±14.5
250	315	− 190 − 222	− 110 − 142	− 56 − 88	− 17 − 40	− 17 − 49	0 − 23	0 − 32	0 − 52	0 − 81	0 − 130	0 − 210	±11.5	±16
315	400	− 210 − 246	− 125 − 161	− 62 − 98	− 18 − 43	− 18 − 54	0 − 25	0 − 36	0 − 57	0 − 89	0 − 140	0 − 230	±12.5	±18
400	500	− 230 − 270	− 135 − 175	− 68 − 108	− 20 − 47	− 20 − 60	0 − 27	0 − 40	0 − 63	0 − 97	0 − 155	0 − 250	±13.5	±20
500	630	− 260 − 304	− 145 − 189	− 76 − 120	—	− 22 − 66	—	0 − 44	0 − 70	0 − 110	0 − 175	0 − 280	—	±22
630	800	− 290 − 340	− 160 − 210	− 80 − 130	—	− 24 − 74	—	0 − 50	0 − 80	0 − 125	0 − 200	0 − 320	—	±25
800	1 000	− 320 − 376	− 170 − 226	− 86 − 142	—	− 26 − 82	—	0 − 56	0 − 90	0 − 140	0 − 230	0 − 360	—	±28
1 000	1 250	− 350 − 416	− 195 − 261	− 98 − 164	—	− 28 − 94	—	0 − 66	0 − 105	0 − 165	0 − 260	0 − 420	—	±33
1 250	1 600	− 390 − 468	− 220 − 298	− 110 − 188	—	− 30 −108	—	0 − 78	0 − 125	0 − 195	0 − 310	0 − 500	—	±39
1 600	2 000	− 430 − 522	− 240 − 332	− 120 − 212	—	− 32 − 124	—	0 − 92	0 − 150	0 − 230	0 − 370	0 − 600	—	±46

Unità: μm

j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Diametro albero (mm) oltre	Diametro albero (mm) fino a
+ 3 − 2	+ 6 − 2	+ 8 − 4	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+13 + 1	+ 9 + 4	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 20 + 12	+ 23 + 15	+ 27 + 15	**3**	**6**
+ 4 − 2	+ 7 − 2	+10 − 5	+ 7 + 1	+10 + 1	+16 + 1	+12 + 6	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 24 + 15	+ 28 + 19	+ 34 + 19	**6**	**10**
+ 5 − 3	+ 8 − 3	+12 − 6	+ 9 + 1	+12 + 1	+19 + 1	+15 + 7	+ 18 + 7	+ 23 + 12	+ 29 + 18	+ 34 + 23	+ 41 + 23	**10**	**18**
+ 5 − 4	+ 9 − 4	+13 − 8	+11 + 2	+15 + 2	+23 + 2	+17 + 8	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+ 35 + 22	+ 41 + 28	+ 49 + 28	**18**	**30**
+ 6 − 5	+11 − 5	+15 −10	+13 + 2	+18 + 2	+27 + 2	+20 + 9	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+ 42 + 26	+ 50 + 34	+ 59 + 34	**30**	**50**
+ 6 − 7	+12 − 7	+18 −12	+15 + 2	+21 + 2	+32 + 2	+24 +11	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 51 + 32	+ 60 + 41	+ 71 + 41	**50**	**65**
+ 6 − 7	+12 − 7	+18 −12	+15 + 2	+21 + 2	+32 + 2	+24 +11	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 51 + 32	+ 62 + 43	+ 73 + 43	**65**	**80**
+ 6 − 9	+13 − 9	+20 −15	+18 + 3	+25 + 3	+38 + 3	+28 +13	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 59 + 37	+ 73 + 51	+ 86 + 51	**80**	**100**
+ 6 − 9	+13 − 9	+20 −15	+18 + 3	+25 + 3	+38 + 3	+28 +13	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 59 + 37	+ 76 + 54	+ 89 + 54	**100**	**120**
+ 7 −11	+14 −11	+22 −18	+21 + 3	+28 + 3	+43 + 3	+33 +15	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 68 + 43	+ 88 + 63	+103 + 63	**120**	**140**
+ 7 −11	+14 −11	+22 −18	+21 + 3	+28 + 3	+43 + 3	+33 +15	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 68 + 43	+ 90 + 65	+105 + 65	**140**	**160**
+ 7 −11	+14 −11	+22 −18	+21 + 3	+28 + 3	+43 + 3	+33 +15	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 68 + 43	+ 93 + 68	+108 + 68	**160**	**180**
+ 7 −13	+16 −13	+25 −21	+24 + 4	+33 + 4	+50 + 4	+37 +17	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+ 79 + 50	+106 + 77	+123 + 77	**180**	**200**
+ 7 −13	+16 −13	+25 −21	+24 + 4	+33 + 4	+50 + 4	+37 +17	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+ 79 + 50	+109 + 80	+126 + 80	**200**	**225**
+ 7 −13	+16 −13	+25 −21	+24 + 4	+33 + 4	+50 + 4	+37 +17	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+ 79 + 50	+113 + 84	+130 + 84	**225**	**250**
+ 7 −16	+16 −16	+26 −26	+27 + 4	+36 + 4	+56 + 4	+43 +20	+ 52 + 20	+ 66 + 34	+ 88 + 56	+126 + 94	+146 + 94	**250**	**280**
+ 7 −16	+16 −16	+26 −26	+27 + 4	+36 + 4	+56 + 4	+43 +20	+ 52 + 20	+ 66 + 34	+ 88 + 56	+130 + 98	+150 + 98	**280**	**315**
+ 7 −18	+18 −18	+29 −28	+29 + 4	+40 + 4	+61 + 4	+46 +21	+ 57 + 21	+ 73 + 37	+ 98 + 62	+144 +108	+165 +108	**315**	**355**
+ 7 −18	+18 −18	+29 −28	+29 + 4	+40 + 4	+61 + 4	+46 +21	+ 57 + 21	+ 73 + 37	+ 98 + 62	+150 +114	+171 +114	**355**	**400**
+ 7 −20	+20 −20	+31 −32	+32 + 5	+45 + 5	+68 + 5	+50 +23	+ 63 + 23	+ 80 + 40	+108 + 68	+166 +126	+189 +126	**400**	**450**
+ 7 −20	+20 −20	+31 −32	+32 + 5	+45 + 5	+68 + 5	+50 +23	+ 63 + 23	+ 80 + 40	+108 + 68	+172 +132	+195 +132	**450**	**500**
— —	— —	— —	— —	+44 0	+70 0	— —	+ 70 + 26	+ 88 + 44	+122 + 78	+194 +150	+220 +150	**500**	**560**
— —	— —	— —	— —	+44 0	+70 0	— —	+ 70 + 26	+ 88 + 44	+122 + 78	+199 +155	+225 +155	**560**	**630**
— —	— —	— —	— —	+50 0	+80 0	— —	+ 80 + 30	+100 + 50	+138 + 88	+225 +175	+255 +175	**630**	**710**
— —	— —	— —	— —	+50 0	+80 0	— —	+ 80 + 30	+100 + 50	+138 + 88	+235 +185	+265 +185	**710**	**800**
— —	— —	— —	— —	+56 0	+90 0	— —	+ 90 + 34	+112 + 56	+156 +100	+266 +210	+300 +210	**800**	**900**
— —	— —	— —	— —	+56 0	+90 0	— —	+ 90 + 34	+112 + 56	+156 +100	+276 +220	+310 +220	**900**	**1 000**
— —	— —	— —	— —	+66 0	+105 0	— —	+106 + 40	+132 + 66	+186 +120	+316 +250	+355 +250	**1 000**	**1 120**
— —	— —	— —	— —	+66 0	+105 0	— —	+106 + 40	+132 + 66	+186 +120	+326 +260	+365 +260	**1 120**	**1 250**
— —	— —	— —	— —	+78 0	+125 0	— —	+126 + 48	+156 + 78	+218 +140	+378 +300	+425 +300	**1 250**	**1 400**
— —	— —	— —	— —	+78 0	+125 0	— —	+126 + 48	+156 + 78	+218 +140	+408 +330	+455 +330	**1 400**	**1 600**
— —	— —	— —	— —	+92 0	+150 0	— —	+150 + 58	+184 + 92	+262 +170	+462 +370	+520 +370	**1 600**	**1 800**
— —	— —	— —	— —	+92 0	+150 0	— —	+150 + 58	+184 + 92	+262 +170	+492 +400	+550 +400	**1 800**	**2 000**

Tolleranze per il Diametro dell'Alloggiamento

Diametro alloggiamento (mm) oltre	fino a	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7	JS6	JS7
10	**18**	+ 43 + 32	+ 27 + 16	+ 34 + 16	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 6 – 5	+ 10 – 8	± 5.5	± 9
18	**30**	+ 53 + 40	+ 33 + 20	+ 41 + 20	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 8 – 5	+ 12 – 9	± 6.5	± 10.5
30	**50**	+ 66 + 50	+ 41 + 25	+ 50 + 25	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 10 – 6	+ 14 – 11	± 8	± 12.5
50	**80**	+ 79 + 60	+ 49 + 30	+ 60 + 30	+ 29 + 10	+ 40 + 10	+ 19 0	+ 30 0	+ 46 0	+ 13 – 6	+ 18 – 12	± 9.5	± 15
80	**120**	+ 94 + 72	+ 58 + 36	+ 71 + 36	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 22 0	+ 35 0	+ 54 0	+ 16 – 6	+ 22 – 13	± 11	± 17.5
120	**180**	+110 + 85	+ 68 + 43	+ 83 + 43	+ 39 + 14	+ 54 + 14	+ 25 0	+ 40 0	+ 63 0	+ 18 – 7	+ 26 – 14	± 12.5	± 20
180	**250**	+129 +100	+ 79 + 50	+ 96 + 50	+ 44 + 15	+ 61 + 15	+ 29 0	+ 46 0	+ 72 0	+ 22 – 7	+ 30 – 16	± 14.5	± 23
250	**315**	+142 +110	+ 88 + 56	+108 + 56	+ 49 + 17	+ 69 + 17	+ 32 0	+ 52 0	+ 81 0	+ 25 – 7	+ 36 – 16	± 16	± 26
315	**400**	+161 +125	+ 98 + 62	+119 + 62	+ 54 + 18	+ 75 + 18	+ 36 0	+ 57 0	+ 89 0	+ 29 – 7	+ 39 – 18	± 18	± 28.5
400	**500**	+175 +135	+108 + 68	+131 + 68	+ 60 + 20	+ 83 + 20	+ 40 0	+ 63 0	+ 97 0	+ 33 – 7	+ 43 – 20	± 20	± 31.5
500	**630**	+189 +145	+120 + 76	+146 + 76	+ 66 + 22	+ 92 + 22	+ 44 0	+ 70 0	+110 0	—	—	± 22	± 35
630	**800**	+210 +160	+130 + 80	+160 + 80	+ 74 + 24	+104 + 24	+ 50 0	+ 80 0	+125 0	—	—	± 25	± 40
800	**1 000**	+226 +170	+142 + 86	+176 + 86	+ 82 + 26	+116 + 26	+ 56 0	+ 90 0	+140 0	—	—	± 28	± 45
1 000	**1 250**	+261 +195	+164 + 98	+203 + 98	+ 94 + 28	+133 + 28	+ 66 0	+105 0	+165 0	—	—	± 33	± 52.5
1 250	**1 600**	+298 +220	+188 +110	+235 +110	+108 + 30	+155 + 30	+ 78 0	+125 0	+195 0	—	—	± 39	± 62.5
1 600	**2 000**	+332 +240	+212 +120	+270 +120	+124 + 32	+182 + 32	+ 92 0	+150 0	+230 0	—	—	± 46	± 75
2 000	**2 500**	+370 +260	+240 +130	+305 +130	+144 + 34	+209 + 34	+110 0	+175 0	+280 0	—	—	± 55	± 87.5

Unità: μm

K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Diametro alloggiamento (mm) oltre	fino a
+ 2 – 6	+ 2 – 9	+ 6 – 12	– 4 – 12	– 4 – 15	0 – 18	– 9 – 17	– 9 – 20	– 5 – 23	– 15 – 26	– 11 – 29	**10**	**18**
+ 1 – 8	+ 2 – 11	+ 6 – 15	– 5 – 14	– 4 – 17	0 – 21	– 12 – 21	– 11 – 24	– 7 – 28	– 18 – 31	– 14 – 35	**18**	**30**
+ 2 – 9	+ 3 – 13	+ 7 – 18	– 5 – 16	– 4 – 20	0 – 25	– 13 – 24	– 12 – 28	– 8 – 33	– 21 – 37	– 17 – 42	**30**	**50**
+ 3 – 10	+ 4 – 15	+ 9 – 21	– 6 – 19	– 5 – 24	0 – 30	– 15 – 28	– 14 – 33	– 9 – 39	– 26 – 45	– 21 – 51	**50**	**80**
+ 2 – 13	+ 4 – 18	+ 10 – 25	– 8 – 23	– 6 – 28	0 – 35	– 18 – 33	– 16 – 38	– 10 – 45	– 30 – 52	– 24 – 59	**80**	**120**
+ 3 – 15	+ 4 – 21	+ 12 – 28	– 9 – 27	– 8 – 33	0 – 40	– 21 – 39	– 20 – 45	– 12 – 52	– 36 – 61	– 28 – 68	**120**	**180**
+ 2 – 18	+ 5 – 24	+ 13 – 33	– 11 – 31	– 8 – 37	0 – 46	– 25 – 45	– 22 – 51	– 14 – 60	– 41 – 70	– 33 – 79	**180**	**250**
+ 3 – 20	+ 5 – 27	+ 16 – 36	– 13 – 36	– 9 – 41	0 – 52	– 27 – 50	– 25 – 57	– 14 – 66	– 47 – 79	– 36 – 88	**250**	**315**
+ 3 – 22	+ 7 – 29	+ 17 – 40	– 14 – 39	– 10 – 46	0 – 57	– 30 – 55	– 26 – 62	– 16 – 73	– 51 – 87	– 41 – 98	**315**	**400**
+ 2 – 25	+ 8 – 32	+ 18 – 45	– 16 – 43	– 10 – 50	0 – 63	– 33 – 60	– 27 – 67	– 17 – 80	– 55 – 95	– 45 –108	**400**	**500**
—	0 – 44	0 – 70	—	– 26 – 70	– 26 – 96	—	– 44 – 88	– 44 –114	– 78 –122	– 78 –148	**500**	**630**
—	0 – 50	0 – 80	—	– 30 – 80	– 30 –110	—	– 50 –100	– 50 –130	– 88 –138	– 88 –168	**630**	**800**
—	0 – 56	0 – 90	—	– 34 – 90	– 34 –124	—	– 56 –112	– 56 –146	–100 –156	–100 –190	**800**	**1 000**
—	0 – 66	0 –105	—	– 40 –106	– 40 –145	—	– 66 –132	– 66 –171	–120 –186	–120 –225	**1 000**	**1 250**
—	0 – 78	0 –125	—	– 48 –126	– 48 –173	—	– 78 –156	– 78 –203	–140 –218	–140 –265	**1 250**	**1 600**
—	0 – 92	0 –150	—	– 58 –150	– 58 –208	—	– 92 –184	– 92 –242	–170 –262	–170 –320	**1 600**	**2 000**
—	0 –110	0 –175	—	– 68 –178	– 68 –243	—	–110 –220	–110 –285	–195 –305	–195 –370	**2 000**	**2 500**

Valori delle Tolleranze per la Qualità di Lavorazione – Gradazioni IT

Dimensione base (mm)		Qualità della lavorazione								
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
oltre	fino a	Tolleranze (μm)								
—	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	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155
500	630	9	11	16	22	30	44	70	110	175
630	800	10	13	18	25	35	50	80	125	200
800	1 000	11	15	21	29	40	56	90	140	230
1 000	1 250	13	18	24	34	46	66	105	165	260
1 250	1 600	15	21	29	40	54	78	125	195	310
1 600	2 000	18	25	35	48	65	92	150	230	370
2 000	2 500	22	30	41	57	77	110	175	280	440
2 500	3 150	26	36	50	69	93	135	210	330	540

Note:
1. Per dimensioni inferiori a 1 mm, non devono essere utilizzate le qualità di lavorazione da IT14 a IT18.
2. Per dimensioni superiori a 500 mm, i valori relativi alle qualità di lavorazione IT1 – IT5, sono stati riportati solo a titolo sperimentale.

Qualità della lavorazione									Dimensione base (mm)	
IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18		
Tolleranze (μm)									oltre	fino a
40	60	100	140	260	400	600	1 000	1 400	—	**3**
48	75	120	180	300	480	750	1 200	1 800	**3**	**6**
58	90	150	220	360	580	900	1 500	2 200	**6**	**10**
70	110	180	270	430	700	1 100	1 800	2 700	**10**	**18**
84	130	210	330	520	840	1 300	2 100	3 300	**18**	**30**
100	160	250	390	620	1 000	1 600	2 500	3 900	**30**	**50**
120	190	300	460	740	1 200	1 900	3 000	4 600	**50**	**80**
140	220	350	540	870	1 400	2 200	3 500	5 400	**80**	**120**
160	250	400	630	1 000	1 600	2 500	4 000	6 300	**120**	**180**
185	290	460	720	1 150	1 850	2 900	4 600	7 200	**180**	**250**
210	320	520	810	1 300	2 100	3 200	5 200	8 100	**250**	**315**
230	360	570	890	1 400	2 300	3 600	5 700	8 900	**315**	**400**
250	400	630	970	1 550	2 500	4 000	6 300	9 700	**400**	**500**
280	440	700	1 100	1 750	2 800	4 400	7 000	11 000	**500**	**630**
320	500	800	1 250	2 000	3 200	5 000	8 000	12 500	**630**	**800**
360	560	900	1 400	2 300	3 600	5 600	9 000	14 000	**800**	**1 000**
420	660	1 050	1 650	2 600	4 200	6 600	10 500	16 500	**1 000**	**1 250**
500	780	1 250	1 950	3 100	5 000	7 800	12 500	19 500	**1 250**	**1 600**
600	920	1 500	2 300	3 700	6 000	9 200	15 000	23 000	**1 600**	**2 000**
700	1 100	1 750	2 800	4 400	7 000	11 000	17 500	28 000	**2 000**	**2 500**
860	1 350	2 100	3 300	5 400	8 600	13 500	21 000	33 000	**2 500**	**3 150**

Tabella di Conversione delle Durezze

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	—	54
39	382	362	362	69.9	—	52
38	372	353	353	69.4	—	51
37	363	344	344	68.9	—	50
36	354	336	336	68.4	(109.0)	49
35	345	327	327	67.9	(108.5)	48
34	336	319	319	67.4	(108.0)	47
33	327	311	311	66.8	(107.5)	46
32	318	301	301	66.3	(107.0)	44
31	310	294	294	65.8	(106.0)	43
30	302	286	286	65.3	(105.5)	42
29	294	279	279	64.7	(104.5)	41
28	286	271	271	64.3	(104.0)	41
27	279	264	264	63.8	(103.0)	40
26	272	258	258	63.3	(102.5)	38
25	266	253	253	62.8	(101.5)	38
24	260	247	247	62.4	(101.0)	37
23	254	243	243	62.0	100.0	36
22	248	237	237	61.5	99.0	35
21	243	231	231	61.0	98.5	35
20	238	226	226	60.5	97.8	34
(18)	230	219	219	—	96.7	33
(16)	222	212	212	—	95.5	32
(14)	213	203	203	—	93.9	31
(12)	204	194	194	—	92.3	29
(10)	196	187	187	—	90.7	28
(8)	188	179	179	—	89.5	27
(6)	180	171	171	—	87.1	26
(4)	173	165	165	—	85.5	25
(2)	166	158	158	—	83.5	24
(0)	160	152	152	—	81.7	24

Proprietà Fisiche e Meccaniche dei Materiali

Applicazione	Materiale	Trattamento termico	Densità g/cm³	Calore specifico kJ/(kg·K)	Conducibilità termica W/(m·K)	Resistenza elettrica μΩ·cm	Coefficiente dilatazione lineare (0°÷100°C) x10⁻⁶/°C	Modulo di elasticità MPa	Limite di snervamento MPa	Resistenza a trazione MPa	Allungamento %	Durezza HB	Note
Cuscinetto	SUJ2	Tempra e rinvenimento	7.83	0.47	46	22	12.5	208 000	1 370	1 570 ~1 960	Max. 0.5	650 ~740	Acciaio al Cromo ad alto tenore di Carbonio – tipo 2
	SUJ2	Ricottura di globulizzazione	7.86				11.9		420	647	27	180	
	SCr420	Tempra e rinvenimento a bassa temperatura	7.83		48	21	12.8		882	1 225	15	370	Acciaio al Cromo
	SAE4320 (SNCM420)	Tempra e rinvenimento a bassa temperatura			44	20	11.7		902	1 009	16	**293 ~375	Acciaio al Ni-Cr-Mo
	SNCM815	Tempra e rinvenimento a bassa temperatura	7.89		40	35	—		—	Min. *1 080	Min. *12	*311 ~375	Acciaio al Ni-Cr-Mo
	SUS440C	Tempra e rinvenimento a bassa temperatura	7.68	0.46	24	60	10.1	200 000	1 860	1 960	—	**580	Acciaio inossidabile martensitico
	SPCC	Ricottura	7.86	0.47	59	15	11.6	206 000	—	Min. *275	Min. *32	—	Acciaio laminato a freddo
	S25C	Ricottura		0.48	50	17	11.8		323	431	33	120	Acciaio da costruzione
	HB_SC1		8.50	0.38	123	6,2	6.2	103 000	—	Min. *431	Min. *20	—	Ottone ad elevata resistenza

Note: * I valori riportati sono quelli delle norme JIS o valori di riferimento.

** La durezza è generalmente espressa in valori Rockwell C, ma in questa tabella sono proposti valori di durezza Vickers per una migliore comparabilità.

Informazione: Il limite di proporzionalità elastica degli acciai SUJ2 e SCr420 è rispettivamente 833 MPa e 440 MPa.

Applicazione	Materiale	Trattamento termico	Densità g/cm^3	Calore specifico KJ/(kg·K)	Conducibilità termica W/(m·K)	Resistenza elettrica μΩ·cm	Coefficiente dilatazione lineare (0°÷100°C) x10^{-6}/°C	Modulo di elasticità MPa	Limite di snervamento MPa	Resistenza a trazione MPa	Allungamento %	Durezza HB	Note
Albero	S45C	Tempra e rinvenimento a 650°C	7.83	0.48	47	18	12.8	207 000	440	735	25	217	Acciaio da costruzione
	SCr430	Tempra e rinvenimento a 520-620°C				22	12.5	208 000	Maggiore di *637	Maggiore di *784	Maggiore di *18	*229 ~293	Acciaio al Cromo
	SCr440	Tempra e rinvenimento a 520-620°C			45	23			Maggiore di *784	Maggiore di *930	Maggiore di *13	*269 ~331	Acciaio al Cromo
	SCM420	Tempra e rinvenimento a 150-200°C		0.47	48	21	12.8		—	Maggiore di *930	Maggiore di *14	*262 ~352	Acciaio al Cromo Molibdeno
	SNCM439	Tempra e rinvenimento a 650°C			38	30	11.3	207 000	920	1 030	18	320	Acciaio al Ni-Cr-Mo
	SC46	Normalizzazione	—	—	—	—	—	206 000	294	520	27	143	Acciaio a basso tenore di Carbonio
	SUS420J2	Raffreddamento ad olio a 1038°C, raffreddamento ad aria a 400°C	7.75	0.46	22	55	10.4	200 000	1 440	1 650	10	400	Acciaio inossidabile martensitico
Alloggiamento	FC200	N/A	7.30	0.50	43	—		98 000	—	Maggiore di *200	—	Minore di *217	Ghisa grigia
	FCD400	N/A	7.00	0.48	20	—	11.7		Maggiore di *250	Maggiore di *400	Maggiore di *12	Minore di *201	Ghisa grafitica sferoidale
	A1100	Ricottura	2.69	0.90	222	3.0	23.7	70 000	34	78	35	—	Lega d'Alluminio
	AC4C	N/A	2.68	0.88	151	4.2	21.5	72 000	88	167	7	—	Lega d'Alluminio per fusioni in sabbia
	ADC10	N/A	2.74	0.96	96	7.5	22.0	71 000	167	323	4	—	Lega d'Alluminio per pressofusioni
	SUS304	Ricottura	8.03	0.50	15	72	15.7 - 16.8	193 000	245	588	60	150	Acciaio inossidabile austenitico

Note: * I valori riportati sono quelli delle norme JIS o valori di riferimento.
** La durezza è generalmente espressa in valori Rockwell C, ma in questa tabella sono proposti valori di durezza Vickers per una migliore comparabilità.

Informazione: Il limite di proporzionalità elastica degli acciai SUJ2 e SCr420 è rispettivamente 833 MPa e 440 MPa.

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)

Tabella di Conversione tra Vecchia e Nuova Designazione NSK

Cuscinetti	Nuova designazione	Vecchia designazione	Note
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo di super precisione	79xxCTYNDBL	79xxCTYDBC7	TYN: gabbia in poliammide PA46 guidata sulle sfere
	70xxCTYNDBL	70xxCTYDBC7	TY: gabbia in poliammide PA66 guidata sulle sfere
	72xxCTYNDBL	72xxCTYDBC7	EL←C2, L←C7
	70xxATYNDBL	70xxATYDBC7	M←C8, H←C9
	72xxATYNDBL	72xxATYDBC7	
	79xxA5TYN	79xxA5TY	
	70xxA5TYN	70xxA5TY	TYN: gabbia in poliammide PA46 guidata sulle sfere
	72xxA5TYN	72xxA5TY	TY: gabbia in poliammide PA66 guidata sulle sfere
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo per altissime velocità	xxBNR19STYN	xxBNC19TY	TYN: gabbia in poliammide PA46 guidata sulle sfere TY: gabbia in poliammide PA66 guidata sulle sfere
	xxBNR10STYN	xxBNC10TY	
	xxBNR19HTYN	xxBNC19SN24TY	
	xxBNR10HTYN	xxBNC10SN24TY	
Cuscinetti a sfere a contatto obliquo di altissima precisione	xxBGR10S	xxBNT10F	BGR: cuscinetto non separabile BNT: cuscinetto separabile
	xxBGR10H	xxBNT10FSN24	
CRB a doppia corona	NN30xxTB	NN30xxT	TB: gabbia in resina PPS guidata sui rulli; TP: gabbia in resina PEEK guidata sull'anello esterno; T: gabbia in poliammide PA66 guidata sui rulli.
CRB ad una corona per alte velocità	N10xxRSTP	N10xxBT	
Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo per altissime velocità	xxBAR10STYN	xxBA10XTY	TYN: gabbia in poliammide PA46 guidata sulle sfere; TY: gabbia in poliammide PA66 guidata sulle sfere.
	xxBTR10STYN	xxBT10XTY	

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