SCHAEFFLER




# Manuale di montaggio

## Montaggio di cuscinetti volventi

# Manuale di montaggio

## Montaggio di cuscinetti volventi

Tutte le informazioni sono state redatte
e controllate con la massima attenzione.
Si declina tuttavia qualsiasi responsabilità
per eventuali errori od omissioni.
Con riserva di modifiche tecniche.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Edizione: 2019, Giugno

La riproduzione, anche solo parziale,
è consentita soltanto previa nostra
autorizzazione.

# Prefazione

Schaeffler è un fornitore a livello mondiale di cuscinetti volventi, accessori per cuscinetti e di un'ampia gamma di prodotti e servizi di assistenza tecnica. Schaeffler dispone, con all'incirca 100 000 prodotti realizzati in serie, di una gamma di prodotti estremamente ampia tale da coprire le applicazioni di tutti i settori industriali esistenti.

**Catalogo MH 1, manuale di montaggio**

I cuscinetti volventi sono prodotti di qualità, è perciò necessario maneggiarli con cura. Utilizzando strumenti adatti ed eseguendo il montaggio e lo smontaggio in modo meticoloso e pulito, si contribuisce notevolmente ad aumentare la disponibilità operativa e la durata dei cuscinetti volventi. La gamma di prodotti e servizi permette di aumentare la vita utile e l'efficienza degli impianti di produzione e di ridurre i costi complessivi.

Questo catalogo MH 1 fornisce importanti indicazioni per maneggiare correttamente i cuscinetti volventi durante il montaggio, lo smontaggio e la manutenzione. Ulteriori informazioni sui cuscinetti, attrezzature e procedimenti sono presenti negli specifici opuscoli prodotto. Per ogni altra domanda riguardante la tecnologia dei supporti gli addetti Schaeffler in tutto il mondo sono lieti di essere a vostra disposizione.

**Catalogo HR 1, cuscinetti volventi**

Il catalogo HR 1 descrive i cuscinetti volventi per il primo montaggio, per la distribuzione e per il ricambio, gli accessori specifici per i cuscinetti volventi nonché altri tipi e varianti di cuscinetti volventi.

Mostra quali prodotti utilizzare per un determinato punto di supporto, cosa considerare al momento della sua progettazione, quali tolleranze sono necessarie per la struttura circostante e come chiudere a tenuta il supporto. Fornisce informazioni dettagliate sul calcolo della durata dei cuscinetti, su temperature e sollecitazioni, sui lubrificanti che sono più adatti per il supporto e, non meno importante, su come installare e sottoporre a manutenzione correttamente i prodotti.

**Catalogo IS 1, Montaggio e manutenzione**

Il catalogo IS 1 è destinato principalmente a manutentori e gestori di impianti in cui i cuscinetti volventi e altri componenti rotativi rivestono un ruolo determinante per la qualità di prodotti e processi. I responsabili dei processi di manutenzione e produzione devono poter fare affidamento ogni giorno sulla qualità dei loro utensili e sulla professionalità dei loro partner di assistenza tecnica.

Questo catalogo offre una panoramica su:

- montaggio
- Lubrificazione
- Condition Monitoring
- Servizi.

# Prefazione

## Global Technology Network

Schaeffler offre la sua gamma di prodotti e servizi su scala mondiale. Con il Global Technology Network Schaeffler riunisce sotto un unico tetto la sua competenza locale nella regione con il sapere e la forza innovativa dei suoi esperti in tutto il mondo. Grazie ai centri di competenza locali "Schaeffler Technology Center" portiamo direttamente vicino a voi il nostro ventaglio di servizi con know-how tecnico e di assistenza. Questa combinazione fa sì che i clienti ricevano in qualsiasi parte del mondo un'assistenza ottimale e grazie alla nostra concentrazione di conoscenze ottengono soluzioni innovative e su misura della massima qualità. Tutto questo permette di ridurre permanentemente i costi complessivi di macchine e impianti e di aumentare efficienza e competitività.




*Figura 1*
Gamma di servizi

**Altre informazioni**

- www.schaeffler.de/gtn
- ***medias***.

# Indice


Pagina

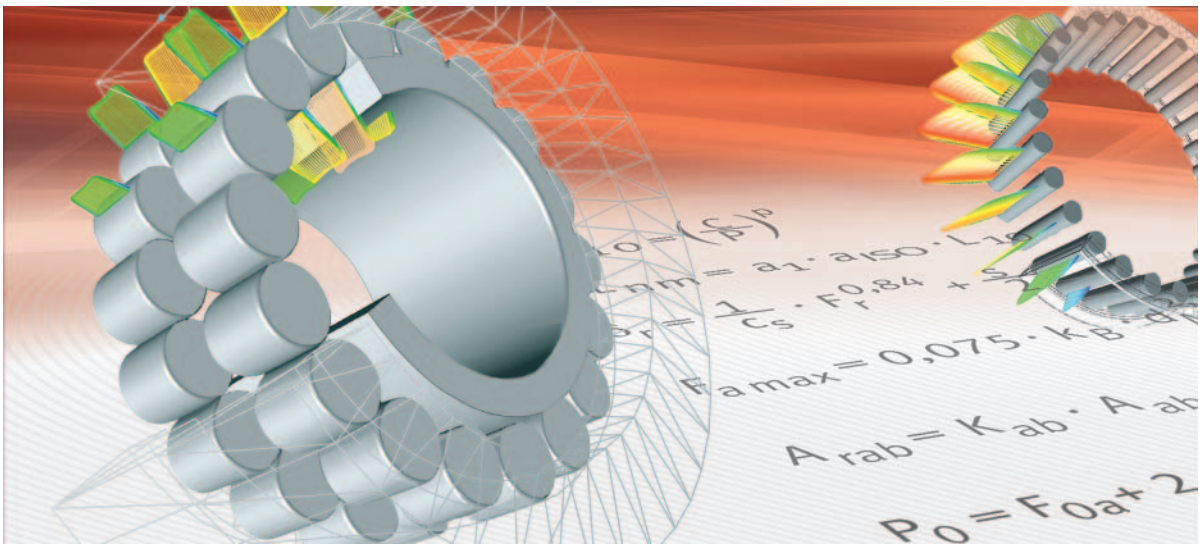
Nozioni tecniche di base ... 6
Tipologie di cuscinetti ... 9
Disposizioni dei cuscinetti ... 11
Accoppiamenti ... 19
Gioco del cuscinetto e gioco di esercizio ... 22
Tolleranze di forma e di posizione ... 28
Indicazioni di sicurezza ... 31
Preparativi per il montaggio e lo smontaggio ... 34
Controllo dimensionale e di forma ... 36
Lubrificazione ... 43
Conservazione dei cuscinetti volventi ... 50
Tenute ... 52
Supporti ... 59

Montaggio di cuscinetti volventi ... 67
Procedimento di montaggio ... 70
Montaggio di forme costruttive particolari ... 88

Smontaggio di cuscinetti volventi ... 110

Servizi ... 120

Tabelle ... 132
Simboli di dimensione e tolleranza ... 134
Accoppiamenti per alberi ed alloggiamenti ... 138
Tolleranze normali ... 150
Distanze tra gli spigoli ... 163
Gioco radiale del cuscinetto ... 170
Gioco assiale del cuscinetto ... 180
Riduzione del gioco radiale ... 182
Grassi per cuscinetti volventi FAG Arcanol – dati chimico-fisici ... 188
Indicazioni per l'uso ... 192



# Nozioni tecniche di base

Tipologie di cuscinetti
Disposizioni dei cuscinetti
Accoppiamenti
Gioco del cuscinetto e gioco di esercizio
Tolleranze di forma e di posizione
Indicazioni di sicurezza
Preparativi per il montaggio e lo smontaggio
Controllo dimensionale e di forma
Lubrificazione
Conservazione dei cuscinetti volventi
Tenute
Supporti

# Nozioni tecniche di base


Pagina

**Tipologie di cuscinetti**

Cuscinetti volventi ... 9
- Requisiti principali dei cuscinetti ... 9
- Tipologie di cuscinetti volventi ... 10

**Disposizioni dei cuscinetti**

Disposizioni dei cuscinetti ... 11
- Supporto bloccato-libero ... 11
- Supporto registrabile ... 14
- Supporto flottante ... 18

**Accoppiamenti**

Criteri per la scelta dell'accoppiamento ... 19
- Sede per cuscinetti assiali ... 19
- Condizioni di rotazione ... 20
- Campi di tolleranza ... 21

**Gioco del cuscinetto e gioco di esercizio**

Gioco radiale del cuscinetto ... 22
- Cerchio inviluppo ... 24

Gioco di esercizio ... 25
- Valore del gioco di esercizio ... 25
- Calcolo del gioco di esercizio ... 25

Gioco assiale del cuscinetto ... 27

**Tolleranze di forma e di posizione**

Tolleranze di forma e di posizione delle sedi dei cuscinetti ... 28
- Precisione delle sedi dei cuscinetti ... 28

**Indicazioni di sicurezza**

Indicazioni per il montaggio di cuscinetti volventi ... 31

Disposizioni di sicurezza generali ... 31
- Qualifica del personale ... 31
- Dispositivi di protezione individuale ... 31
- Prescrizioni di sicurezza ... 32

Prescrizioni per la movimentazione ... 33

**Preparativi per il montaggio e lo smontaggio**

Condizioni di lavoro ... 34
- Linee guida per il montaggio ... 34

Trattamento dei cuscinetti volventi prima dell'installazione ... 35

Pulizia durante il montaggio ... 35

Parti adiacenti ... 35

**Controllo dimensionale e di forma**

Misurazione della sede del cuscinetto ... 36
- Superfici di appoggio cilindriche ... 36
- Superfici di appoggio coniche ... 38
- Cerchio inviluppo ... 40

# Nozioni tecniche di base


Pagina

**Lubrificazione**

Nozioni fondamentali ... 43
- Funzioni del lubrificante ... 43
- Scelta del tipo di lubrificazione ... 44
- Struttura dei condotti di lubrificazione ... 45

Grassi lubrificanti ... 46
- Primo ingrassaggio e reingrassaggio ... 46
- Grassi per cuscinetti volventi Arcanol ... 49

Olio lubrificante ... 49

Altre informazioni ... 49

**Conservazione dei cuscinetti volventi**

Protezione dalla corrosione e imballaggio ... 50

Condizioni di conservazione ... 50

Tempi di conservazione ... 51

**Tenute**

Classificazione delle tenute ... 52
- Tenute senza contatto e a contatto ... 52

Spazio di montaggio e condizioni al contorno ... 54
- Spazio di montaggio ... 54
- Superficie di tenuta ... 54

Indicazioni per il montaggio ... 55
- Montaggio delle tenute ... 55
- Montaggio di O ring ... 58

Smontaggio tenute ... 58

**Supporti**

Forme costruttive ... 59

Supporto per cuscinetti liberi e bloccati ... 60

Supporto con anelli di arresto ... 61

Tenute ... 61

Montaggio ... 62

Golfari ... 63

Condizioni della superficie di serraggio ... 64

Coppie di serraggio per le viti di connessione ... 64

Coppie di serraggio per le viti di piede ... 65

Fissaggio orizzontale ... 66

# Tipologie di cuscinetti

## Cuscinetti volventi

I cuscinetti volventi hanno il compito di guidare le parti mobili l'una rispetto all'altra e di sorreggerle. Inoltre ricevono le forze e le trasmettono alla struttura adiacente. Svolgono quindi funzioni di sostegno e di guida e stabiliscono il collegamento tra parti statiche della macchina e quelle in movimento.

La funzione di "sostegno" comprende anche la trasmissione di forze e coppie tra le parti in movimento relativo l'una rispetto all'altra.

Per la funzione di "guida" è di primaria importanza determinare con elevata precisione la posizione rispettiva delle parti in movimento.

## Requisiti principali dei cuscinetti

La realizzazione tecnica si orienta verso due requisiti principali:

- deve essere garantito il funzionamento, o meglio questo deve essere assicurato il più a lungo possibile
- La resistenza al moto (attrito del cuscinetto) deve essere la più bassa possibile, per ridurre il dispendio energetico necessario per il moto (efficienza energetica).

## Tipologie di cuscinetti volventi

Lo schema seguente mostra una panoramica di vari generi di cuscinetti tipici per movimenti rotatori, *figura 1*.

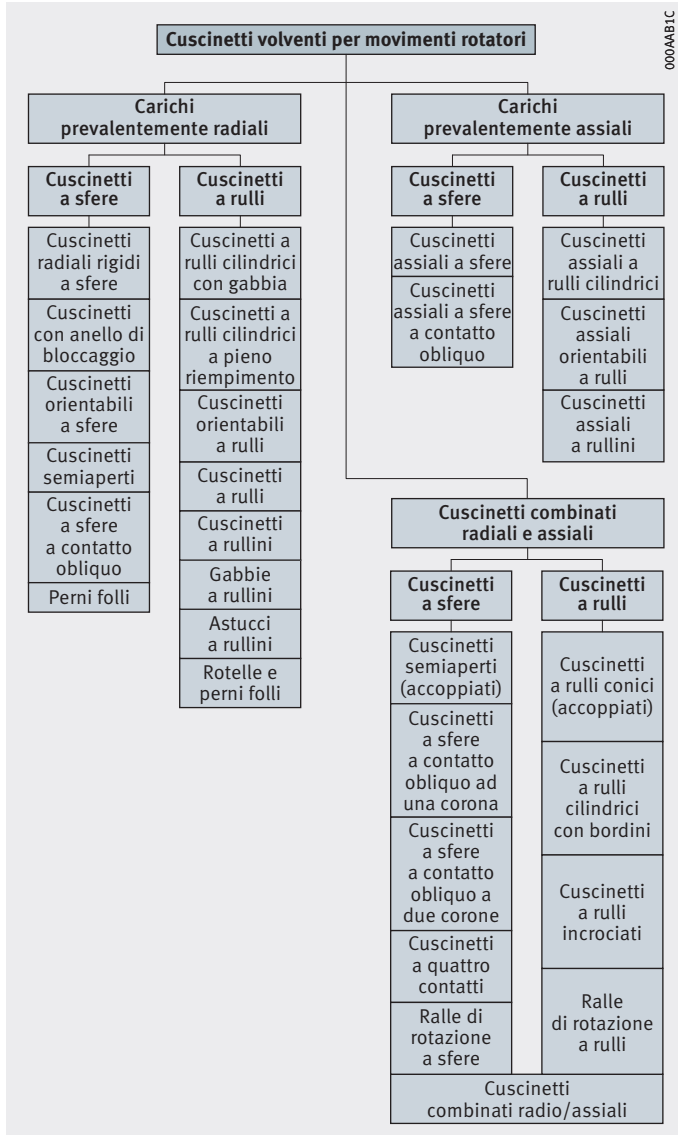



*Figura 1*
Panoramica
delle tipologie di cuscinetti volventi

## Disposizioni dei cuscinetti

Per la guida ed il sostegno di un albero rotante sono necessari almeno due cuscinetti disposti ad una determinata distanza l'uno dall'altro. A seconda dell'applicazione si sceglie tra supporto con cuscinetto bloccato-libero, supporto registrabile o supporto flottante.

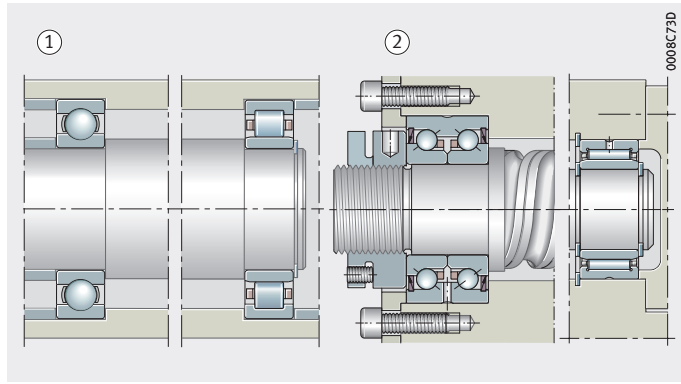
### Supporto bloccato-libero

In un albero supportato da due cuscinetti radiali, le distanze delle sedi dei cuscinetti sull'albero e nel supporto spesso non corrispondono in modo preciso, per effetto delle tolleranze di lavorazione. Le distanze si modificano anche con il riscaldamento prodotto in esercizio. Queste differenze di lunghezza vengono compensate nel cuscinetto libero. Esempi di supporti bloccati-liberi sono riportati da *figura 1* a *figura 7*, pagina 14.

#### Cuscinetto libero

Cuscinetti liberi ideali sono i cuscinetti a rulli cilindrici con gabbia di tipo N ed NU ed i cuscinetti a rullini, *figura 1*, ②, ④. In queste tipologie la corona di rulli può spostarsi sulla pista di rotolamento dell'anello del cuscinetto senza bordini.

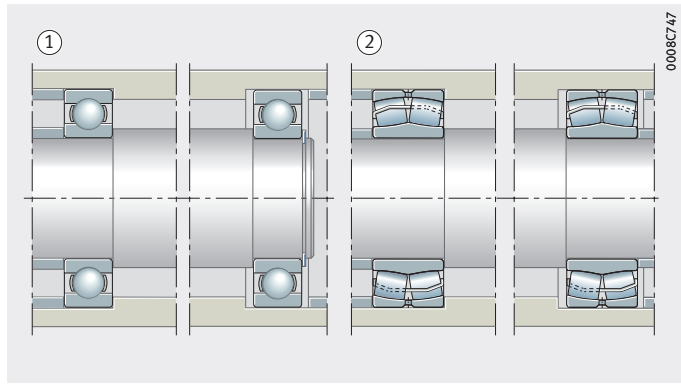
Tutte le altre forme costruttive, ad esempio i cuscinetti a sfere ed i cuscinetti orientabili a rulli agiscono da cuscinetti liberi solo quando un anello del cuscinetto ha un accoppiamento di tipo libero, *figura 2*. L'anello del cuscinetto che ha carico puntiforme viene accoppiato in modo libero; solitamente si tratta dell'anello esterno, vedere pagina 20.




① Cuscinetto a sfere come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rulli cilindrici NU come cuscinetto libero

② Cuscinetto assiale a sfere a contatto obliquo ZKLN come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rullini NKIS come cuscinetto libero

*Figura 1*
Disposizioni di cuscinetti bloccati-liberi




① Cuscinetto a sfere come cuscinetto bloccato e cuscinetto libero

② Cuscinetto orientabile a rulli come cuscinetto bloccato e cuscinetto libero

*Figura 2*
Disposizioni di cuscinetti bloccati-liberi

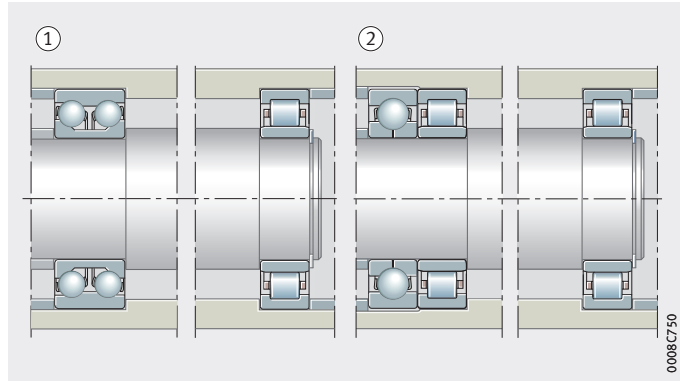
# Disposizioni dei cuscinetti

**Cuscinetto bloccato**

Il cuscinetto bloccato guida l'albero assialmente e trasmette le forze assiali esterne. Per evitare precarichi assiali, negli alberi con più di due cuscinetti viene montato solo un cuscinetto bloccato. La forma costruttiva da scegliere per il cuscinetto bloccato dipende dall'entità delle forze assiali e dalla precisione con la quale deve essere guidato l'albero assialmente.

Ad esempio con un cuscinetto a contatto obliquo a due corone di sfere, *figura 3*, ①, si ottiene una guida assiale più precisa rispetto a quella che si otterrebbe con un cuscinetto a sfere o con un cuscinetto orientabile a rulli. Anche una coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo o di cuscinetti a rulli conici disposti in modo speculare, *figura 4*, permettono una guida assiale molto precisa.

Nei riduttori viene talvolta montato un cuscinetto a quattro punti di contatto direttamente accanto ad un cuscinetto a rulli cilindrici, in modo da creare un blocco assiale, *figura 3*, ②. Il cuscinetto a quattro punti di contatto, il cui anello esterno è libero in direzione radiale, può supportare solo forze assiali. Il cuscinetto a rulli cilindrici riceve la forza radiale.

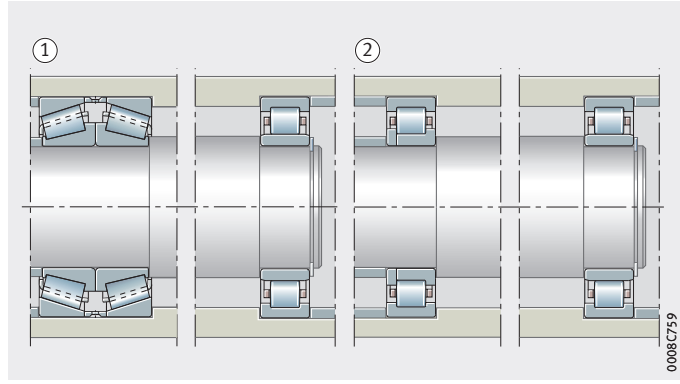



① Cuscinetto a contatto obliquo a due corone di sfere come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rulli cilindrici NU come cuscinetto libero

② Cuscinetto a sfere come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rulli cilindrici NU come cuscinetto libero

*Figura 3*
Disposizioni di cuscinetti bloccati-liberi

Con bassa forza assiale può essere utilizzato anche un cuscinetto a rulli cilindrici con gabbia NUP come cuscinetto bloccato, *figura 4*, ②.

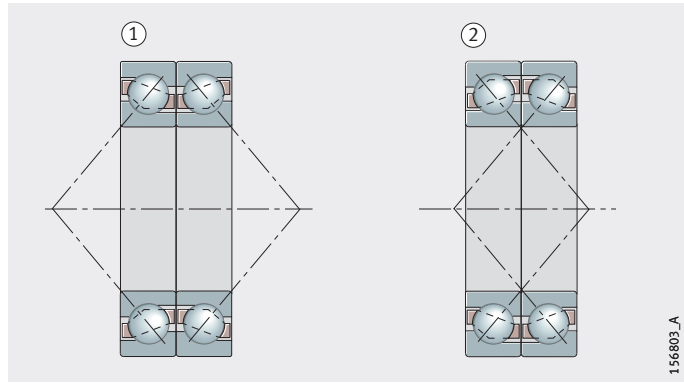



① Due cuscinetti a rulli conici come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rulli cilindrici NU come cuscinetto libero

② Cuscinetto a rulli cilindrici NUP come cuscinetto bloccato e cuscinetto a rulli cilindrici NU come cuscinetto libero

*Figura 4*
Disposizioni di cuscinetti bloccati-liberi

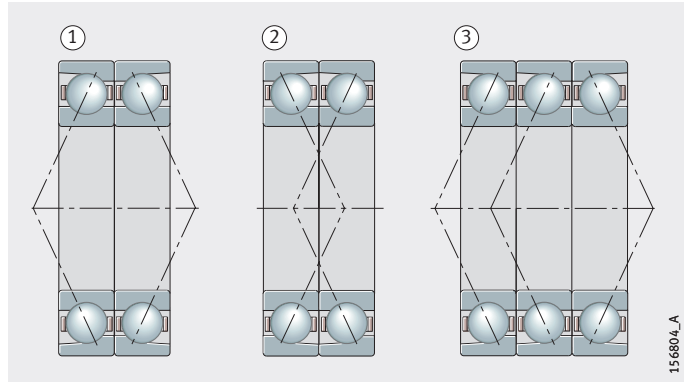
Particolarmente vantaggiosi sono i cuscinetti a sfere a contatto obliquo in esecuzione universale, *figura 5*. I cuscinetti possono essere accoppiati, a seconda delle esigenze, senza anello distanziale con disposizione ad O o ad X. I cuscinetti a sfere a contatto obliquo in esecuzione universale hanno una configurazione tale per cui, con il montaggio con disposizione ad X o ad O, presentano un gioco assiale piccolo (esecuzione UA), uguale a zero (UO) oppure hanno un leggero precarico (UL).




Cuscinetti a sfere a contatto obliquo in esecuzione universale
① Disposizione ad O
② Disposizione ad X

*Figura 5*
Disposizioni dei cuscinetti bloccati

I cuscinetti per mandrino in esecuzione universale UL, *figura 6*, installati con disposizione ad X o ad O hanno un leggero precarico (esecuzioni con precarico maggiore possono essere fornite su richiesta).

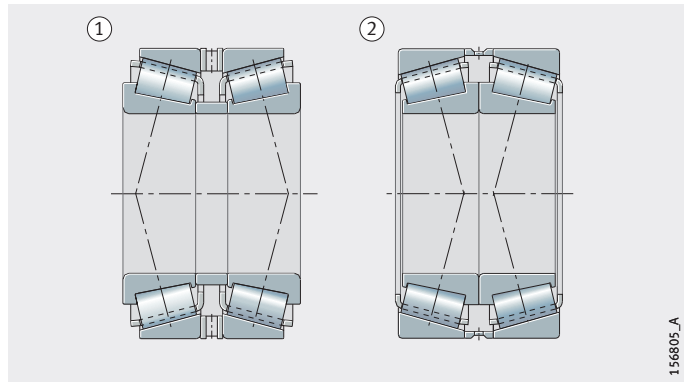



Cuscinetti per mandrino in esecuzione universale
① Disposizione ad O
② Disposizione ad X
③ Disposizione tandem ad O

*Figura 6*
Disposizioni dei cuscinetti bloccati

### Senza registrazioni per cuscinetti a rulli conici accoppiati

Anche i cuscinetti a rulli conici accoppiati utilizzati come supporto bloccato (313..-N11CA), *figura 7*, ②, facilitano il montaggio. Essi sono accoppiati con gioco assiale tale da non richiedere ulteriori regolazioni o messe a punto.




Cuscinetti a rulli conici accoppiati
① Disposizione ad O
② Disposizione ad X

*Figura 7*
Disposizioni dei cuscinetti bloccati

## Supporto registrabile

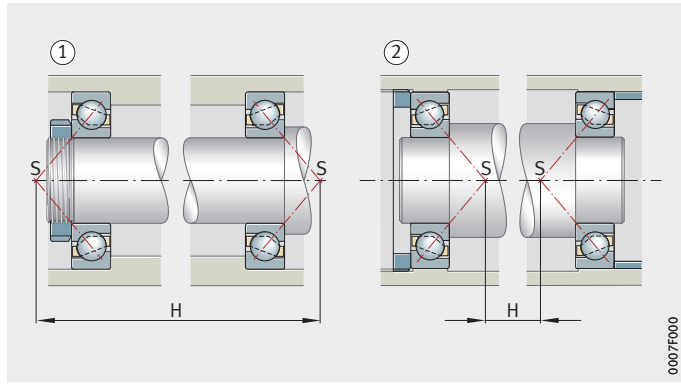
Questi supporti sono costituiti per lo più da due cuscinetti a sfere a contatto obliquo o da cuscinetti a rulli conici disposti specularmente, *figura 8*, pagina 15. Durante il montaggio, un anello del cuscinetto viene spinto nella sua sede fino a quando il sistema di supporto ottiene il gioco desiderato o il precarico necessario.

### Campo d'applicazione

Grazie a questa possibilità, il supporto registrabile è particolarmente adatto nel caso sia necessaria una guida precisa, ad esempio nei supporti per pignoni con ruote coniche a dentatura spiroidale e nei supporti per mandrino di macchine utensili o nel supporto rotore di impianti eolici.

## Disposizione ad X e ad O

Fondamentalmente si distingue tra una disposizione ad O, *figura 8*, ①, ed una disposizione ad X, *figura 8*, ②. Nella disposizione ad O i coni formati dalle linee di pressione sono rivolti con i loro vertici S verso l'esterno, nella disposizione ad X verso l'interno. La base di appoggio H, cioè la distanza dei vertici del cono di pressione, nella disposizione ad O è maggiore rispetto alla disposizione ad X. Pertanto con la disposizione ad O risulta un minore gioco di ribaltamento.



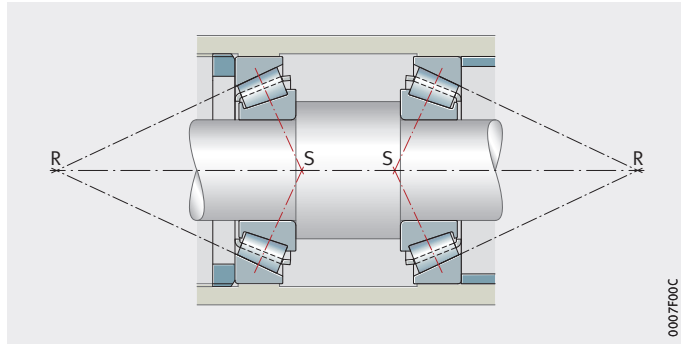

S = vertici dei coni di pressione
H = distanza d'appoggio

Cuscinetti a sfere a contatto obliquo
① Disposizione ad O
② Disposizione ad X

*Figura 8*
Supporto registrato

## Influenza della dilatazione termica nella disposizione ad X o nella disposizione ad O

Per la registrazione del gioco assiale è necessario tenere conto della dilatazione termica. Nella disposizione ad X, *figura 9*, una diminuzione di temperatura dall'albero verso l'alloggiamento produce sempre una riduzione del gioco residuo (nell'ipotesi di: materiali di albero ed alloggiamento identici, stessa temperatura di anelli interni e di tutto l'albero, identica temperatura degli anelli esterni e di tutto l'alloggiamento).



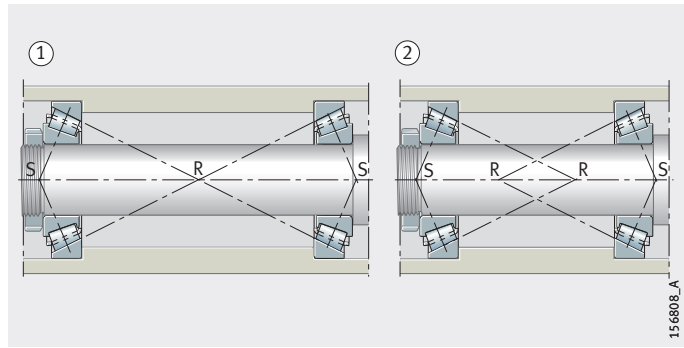

S = vertici dei coni di pressione
R = vertici dei coni di rotolamento

*Figura 9*
Cuscinetti a rulli conici registrati con disposizione ad X

# Disposizioni dei cuscinetti

Nella disposizione ad O si distinguono tre casi:

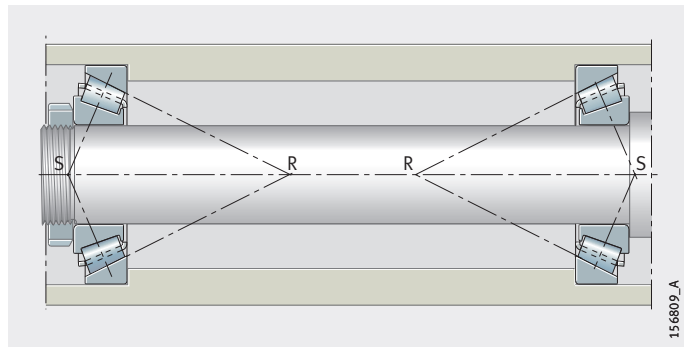
- i vertici dei coni di rotolamento R, vale a dire i punti di intersezione del prolungamento della pista di rotolamento dell'anello esterno coincidono: il gioco del cuscinetto registrato resta inalterato, *figura 10*, ①
- Per brevi distanze tra i cuscinetti, i vertici dei coni di rotolamento R si intersecano: il gioco assiale si riduce, *figura 10*, ②
- Per grandi distanze tra i cuscinetti, i vertici dei coni di rotolamento R non si toccano: il gioco assiale aumenta, *figura 11*.




S = vertici dei coni di pressione
R = vertici dei coni di rotolamento

① I vertici coincidono
② I vertici si intersecano

*Figura 10*
Cuscinetti a rulli conici registrati con disposizione ad O



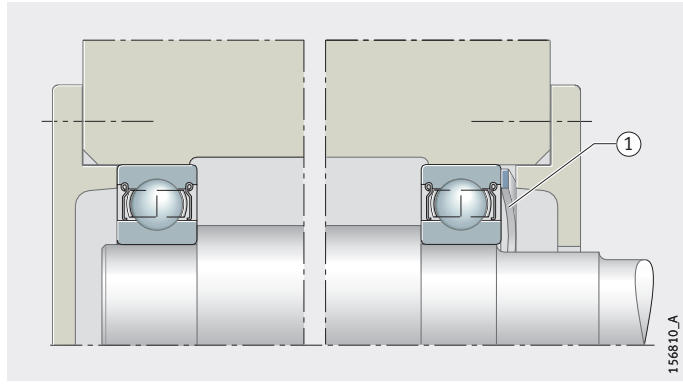

S = vertici dei coni di pressione
R = vertici dei coni di rotolamento

I vertici non si intersecano

*Figura 11*
Cuscinetti a rulli conici registrati con disposizione ad O

**Registrazione elastica**

La registrazione dei supporti si realizza anche mediante precarico con molle, *figura 12*, ①. Questa registrazione di tipo elastico compensa le dilatazioni termiche. Viene utilizzata anche quando i supporti sono sottoposti a vibrazioni ad impianto fermo.




Cuscinetti a sfere precaricati con rosetta elastica
① Rosetta elastica

*Figura 12*
Supporto registrato con rosetta elastica

## Supporto flottante

Il supporto flottante è una soluzione economica, quando non è richiesta una guida assiale precisa dell'albero, *figura 13*. La struttura è molto simile a quella del supporto registrabile.

Nel supporto flottante, l'albero può tuttavia spostarsi del gioco assiale s rispetto al supporto. Il valore di s viene determinato in funzione della precisione di guida richiesta, in modo che i cuscinetti non possano essere precaricati assialmente, anche in condizioni termiche sfavorevoli.

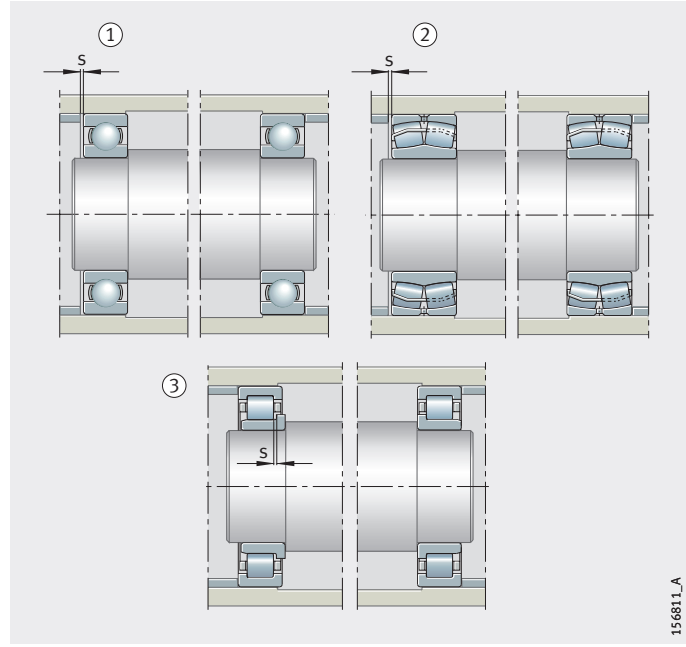
### Cuscinetti idonei

Le forme costruttive adatte per i supporti flottanti sono ad esempio i cuscinetti a sfere, i cuscinetti orientabili a sfere ed i cuscinetti orientabili a rulli.

Per entrambi i cuscinetti almeno uno degli anelli, solitamente quello esterno, deve avere un accoppiamento libero.

Nei supporti di tipo flottante realizzati con cuscinetti a rulli cilindrici con gabbia NJ la compensazione della lunghezza avviene nel cuscinetto stesso. Anello interno ed esterno possono essere accoppiati in modo bloccato, *figura 13*, ③.

I cuscinetti a rulli conici e i cuscinetti a sfere a contatto obliquo non sono adatti per una disposizione di tipo flottante, perché devono essere registrati per poter funzionare correttamente.




s = gioco assiale

① Due cuscinetti a sfere
② Due cuscinetti orientabili a rulli
③ Due cuscinetti a rulli cilindrici NJ

*Figura 13*
Supporti flottanti

## Criteri per la scelta dell'accoppiamento

I cuscinetti volventi vengono fissati sull'albero e nel supporto in direzione radiale, assiale e tangenziale, a seconda della loro funzione. Il fissaggio radiale e tangenziale viene ottenuto nella maggior parte dei casi attraverso un forte bloccaggio, cioè mediante accoppiamenti forzati degli anelli dei cuscinetti. I cuscinetti vengono di norma fissati in direzione assiale con accoppiamento di forma.

Per la scelta dell'accoppiamento tenere presente quanto segue:

- gli anelli dei cuscinetti devono aderire uniformemente lungo la circonferenza, in modo da utilizzare completamente la capacità di carico del cuscinetto
- Gli anelli non devono ruotare sulle sedi, perché altrimenti le sedi ne risulterebbero danneggiate
- L'anello del cuscinetto libero deve adeguarsi alle variazioni di lunghezza dell'albero e del supporto, quindi deve potersi spostare assialmente
- I cuscinetti devono poter essere montati e smontati facilmente.

Il buon appoggio degli anelli del cuscinetto sulla loro circonferenza richiede un accoppiamento forzato. Anche l'esigenza che gli anelli non debbano ruotare richiede una sede bloccata. Nel caso di montaggio e smontaggio di cuscinetti non scomponibili, può essere accoppiato in modo bloccato solo un anello del cuscinetto.

Con i cuscinetti a rulli cilindrici N, NU e con cuscinetti a rullini è possibile avere un accoppiamento forzato su entrambi gli anelli, perché la compensazione della lunghezza avviene nel cuscinetto e gli anelli possono essere montati separatamente.



Per effetto di accoppiamenti forzati e differenza di temperatura dall'anello interno all'anello esterno, il gioco radiale del cuscinetto si riduce! Tenere conto di ciò al momento della scelta del gioco radiale!

Se la struttura circostante è realizzata in un materiale diverso da ghisa o acciaio, per un accoppiamento forzato si devono prendere in considerazione il modulo di elasticità ed i differenti coefficienti di dilatazione termica dei materiali!

Per alloggiamenti in alluminio, alloggiamenti a pareti sottili e alberi cavi scegliere eventualmente un accoppiamento più stretto, al fine di ottenere lo stesso accoppiamento forzato che si avrebbe nel caso di sedi in ghisa, acciaio o alberi pieni!

Carichi più elevati, in particolare gli urti, richiedono un'interferenza di accoppiamento maggiore e tolleranze di forma più ristrette!

## Sede per cuscinetti assiali

I cuscinetti assiali che possono supportare solamente carichi assiali non devono essere guidati radialmente (eccetto i cuscinetti assiali a rulli cilindrici per i quali vi è un grado di libertà in direzione radiale a causa delle piste di rotolamento piane). Con piste di rotolamento con gole questo grado di libertà non è presente e deve essere ottenuto mediante una sede libera della ralla non rotante. Per la ralla rotante viene scelta, nella maggior parte dei casi, una sede bloccata.

Se i cuscinetti assiali trasmettono anche forze radiali, ad esempio i cuscinetti assiali orientabili a rulli, devono essere scelti gli stessi accoppiamenti dei cuscinetti radiali.

Le superfici di contatto delle parti adiacenti devono essere posizionate in modo perpendicolare all'asse di rotazione (tolleranza di planarità secondo IT5 o migliore), in modo che il carico sia distribuito uniformemente su tutti i corpi volventi.

## Condizioni di rotazione

Le condizioni di rotazione identificano il movimento di un anello del cuscinetto rispetto alla direzione del carico: si distingue tra carico periferico e carico puntiforme, vedere tabella.

### Carico puntiforme

Se l'anello è fermo rispetto alla direzione di carico, non si verificano forze che spostano l'anello rispetto alla sua sede. Un carico di questo tipo è definito carico puntiforme.

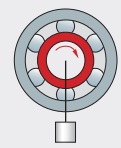
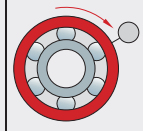
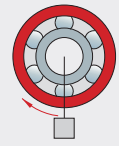
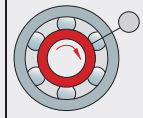
Il pericolo che la superficie di appoggio venga danneggiata non sussiste ed è consentito un accoppiamento libero.

### Carico periferico

Se durante la rotazione del cuscinetto viene sollecitato ogni punto della pista di rotolamento, allora si verificano forze che spostano l'anello rispetto alla sua sede. Una sollecitazione di questo tipo è definita carico periferico.

Dato che in questo caso la superficie di appoggio del cuscinetto può venire danneggiata, si consiglia un accoppiamento forzato.

### Condizioni di rotazione

| Situazione di moto | Esempio | Schema | Caso di carico | Accoppiamento |
|---|---|---|---|---|
| L'anello interno ruota<br><br>L'anello esterno è fermo<br><br>Direzione del carico costante | Albero con peso |  | Carico periferico per l'anello interno<br><br>e<br><br>Carico puntiforme per l'anello esterno | Anello interno: è necessario un accoppiamento forzato<br><br>Anello esterno: è ammesso un accoppiamento libero |
| L'anello interno è fermo<br><br>L'anello esterno ruota<br><br>La direzione di carico ruota con l'anello esterno | Supporto di un mozzo fortemente squilibrato |  | | |
| L'anello interno è fermo<br><br>L'anello esterno ruota<br><br>Direzione del carico costante | Rotella (supporto del mozzo) |  | Carico puntiforme per l'anello interno<br><br>e<br><br>Carico periferico per l'anello esterno | Anello interno: è ammesso un accoppiamento libero<br><br>Anello esterno: è necessario un accoppiamento forzato |
| L'anello interno ruota<br><br>L'anello esterno è fermo<br><br>La direzione di carico ruota con l'anello interno | Vaglio vibrante |  | | |

## Campi di tolleranza

Le tolleranze ISO sono definite sotto forma di campi di tolleranza. Sono determinate dalla loro posizione rispetto alla linea zero (= posizione della tolleranza) e dalla loro grandezza (= qualità della tolleranza, vedere ISO 286-1:1988). La posizione della tolleranza viene contraddistinta da lettere alfabetiche (maiuscole per gli alloggiamenti, minuscole per gli alberi). Una rappresentazione schematica dei più diffusi accoppiamenti dei cuscinetti volventi è riportata nella *figura 1*.

$t_{\Delta Dmp}$ = tolleranza del diametro esterno del cuscinetto
$t_{\Delta dmp}$ = tolleranza del foro del cuscinetto

① Linea dello zero
② Foro dell'alloggiamento
③ Diametro dell'albero
④ Accoppiamento libero
⑤ Accoppiamento incerto
⑥ Accoppiamento forzato

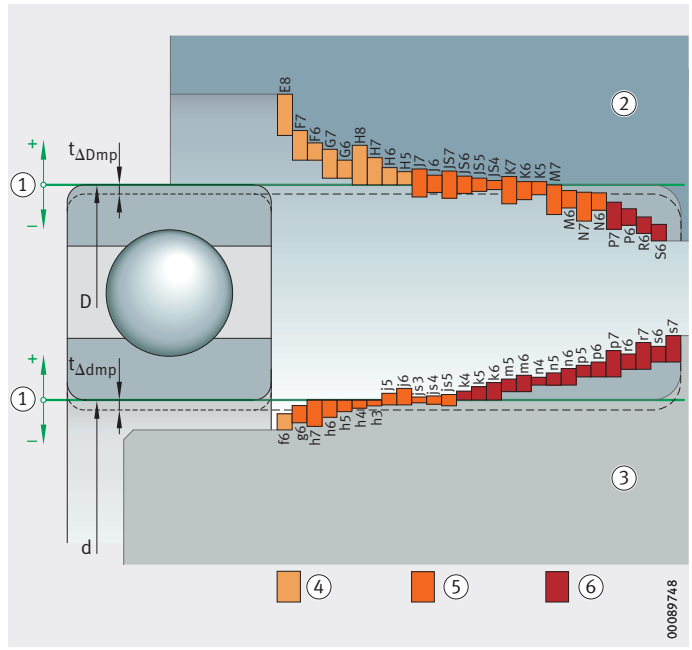



*Figura 1*
Accoppiamenti per cuscinetti volventi

L'interferenza di accoppiamento o il gioco di accoppiamento per alberi ed alloggiamenti dipende dal rispettivo diametro, vedere tabella, pagina 138, e tabella, pagina 146.

## Gioco radiale del cuscinetto

Il gioco radiale dei cuscinetti vale per cuscinetti con anello interno e si misura a cuscinetto smontato. Rappresenta il valore di spostamento possibile dell'anello interno rispetto all'anello esterno, in direzione radiale, da una posizione limite a quella opposta, *figura 1*.

I gruppi sono definiti nella norma DIN 620-4 oppure nella norma ISO 5753-1 e sono descritti nella norma DIN 620-4 mediante una sigla costituita dalla lettera C e un numero. ISO 5753-1 designa i gruppi con "Group" e un numero, *figura 1* e tabella.

CN, C2, C3, C4, C5 = gruppi di gioco radiale del cuscinetto secondo DIN 620-4

Group N, 2, 3, 4, 5 = gruppi di gioco radiale del cuscinetto secondo ISO 5753-1

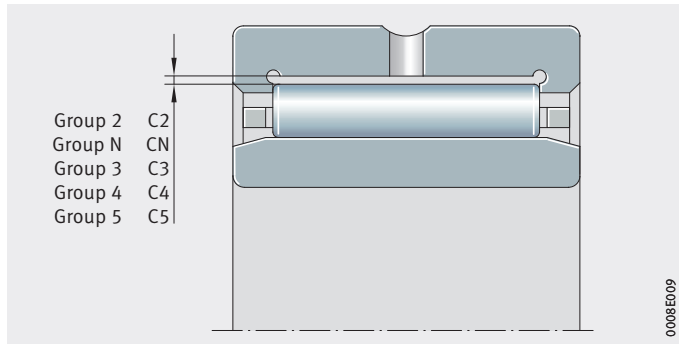



*Figura 1*
Gioco radiale del cuscinetto

### Gruppi di gioco radiale del cuscinetto

| Gruppo di gioco del cuscinetto secondo | | Significato | Gamma d'applicazione |
|---|---|---|---|
| DIN 620-4 | ISO 5753-1 | | |
| CN | Group N | Gioco del cuscinetto normale<br>Group N non viene indicato nella sigla del cuscinetto | Per condizioni di esercizio normali con tolleranze di albero ed alloggiamento, vedere pagina 138 |
| C2 | Group 2 | Gioco del cuscinetto < Group N | Per forti variazioni di carico in combinazione con movimenti di oscillazione |
| C3 | Group 3 | Gioco del cuscinetto > Group N | Per accoppiamenti forzati degli anelli del cuscinetto e grande differenza di temperatura tra anello interno ed esterno |
| C4 | Group 4 | Gioco del cuscinetto > Group 3 | |
| C5 | Group 5 | Gioco del cuscinetto > Group 4 | |

Il gioco radiale di un cuscinetto dipende dal rispettivo diametro del foro e dalla forma costruttiva, vedere le tabelle da pagina 170.

Il gioco di cuscinetti orientabili a rulli, cuscinetti a rulli cilindrici e cuscinetti a rulli toroidali si determina mediante spessimetro in posizione verticale, *figura 7*, pagina 73. A tale scopo è importante che gli anelli siano centrati l'uno rispetto all'altro e che i rulli all'interno del cuscinetto siano correttamente allineati. Questo si può ottenere, per esempio, ruotando più volte il cuscinetto.

Per la misurazione del gioco del cuscinetto prima del montaggio, verificare sulla documentazione tecnica la tolleranza di gioco radiale del rispettivo cuscinetto. Per determinare il gioco effettivo del cuscinetto inserire uno spessimetro tra rullo e pista di rotolamento del cuscinetto.

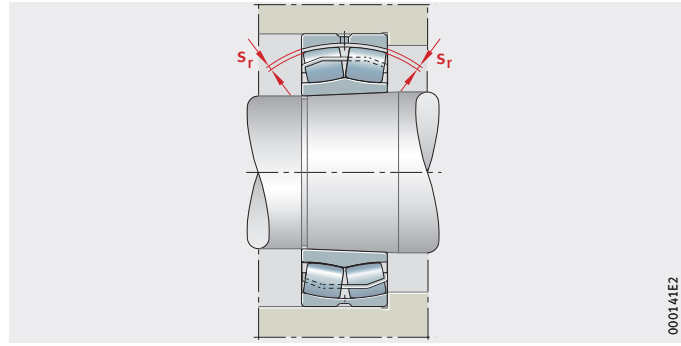
Nei cuscinetti a più corone il gioco radiale deve essere misurato contemporaneamente su tutte le corone di rulli!

A tale scopo viene prima utilizzata una lamina di misura un poco più sottile del valore minimo della tolleranza. Quando la si infila tra pista di rotolamento e rullo la lamina deve essere mossa con delicatezza avanti e indietro. Questa operazione deve essere ripetuta con lamine di misura sempre più spesse fino a che non si avverte una certa resistenza. In caso di cuscinetti particolarmente grandi o a parete sottile la deformazione elastica degli anelli può influenzare il gioco rilevato.

La misurazione si effettua sempre nella zona senza carico. Durante il montaggio il gioco radiale deve essere continuamente misurato fino a quando si ottiene il valore prestabilito.

Il gioco radiale deve essere determinato a circa +20 °C! Inoltre, in caso di anelli di cuscinetto a parete particolarmente sottile, la deformazione elastica degli anelli può influenzare il gioco del cuscinetto rilevato!

Con i cuscinetti orientabili a rulli il gioco radiale va misurato contemporaneamente su entrambe le corone di corpi volventi, *figura 2*. Solo valori del gioco uguali su entrambe le corone di rulli garantiscono che l'anello interno non sia sfalsato lateralmente rispetto all'anello esterno. L'allineamento delle superfici frontali non è un criterio di misura sicuro a causa della tolleranza sulla larghezza degli anelli.




$s_r$ = gioco radiale

*Figura 2*
Gioco radiale di un cuscinetto orientabile a rulli

Nei cuscinetti a rulli cilindrici anello interno ed anello esterno possono essere montati singolarmente. Se l'anello interno può essere staccato dal cuscinetto, allora invece della riduzione del gioco radiale si può misurare con un micrometro esterno l'allargamento dell'anello interno, *figura 3*.

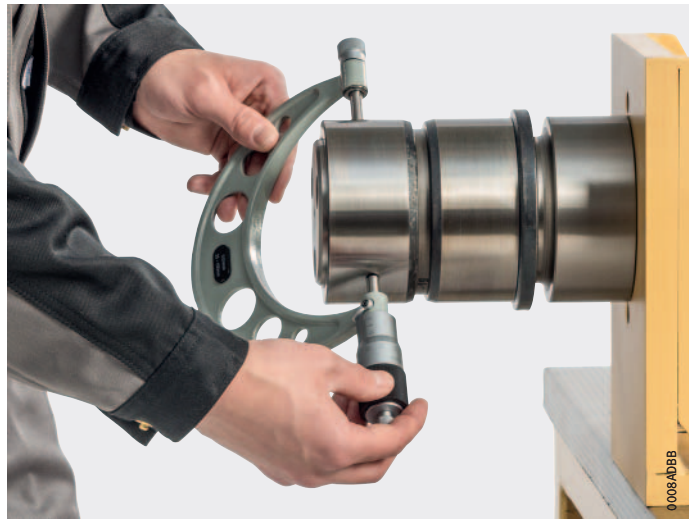
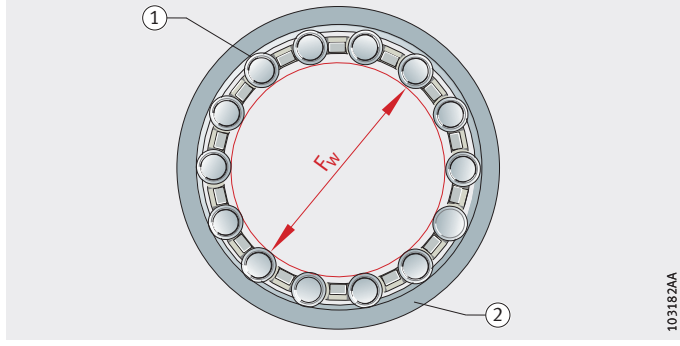



*Figura 3*
Misura con micrometro esterno

## Cerchio inviluppo

Per i cuscinetti privi di anello interno vale la quota del inviluppo rullini $F_w$. L'inviluppo rullini è la circonferenza interna delimitata dai rullini quando questi sono a contatto con la pista di rotolamento esterna, *figura 4*. A cuscinetto smontato corrisponde al campo di tolleranza F6 (eccezion fatta per gli astucci a rullini con e senza fondello).




$F_w$ = diametro del cerchio inviluppo

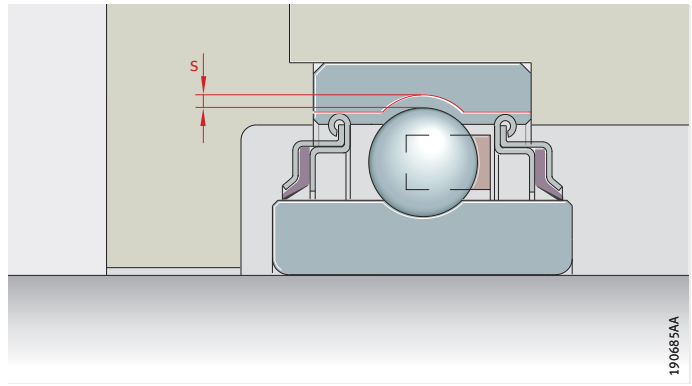
① Rullino
② Pista di rotolamento esterna

*Figura 4*
Inviluppo rullini

## Gioco di esercizio

Il gioco d'esercizio si misura a cuscinetto montato e alla temperatura d'esercizio. Rappresenta il valore di spostamento possibile dell'albero in direzione radiale da una posizione limite a quella opposta, *figura 5*.

Il gioco di esercizio si determina dal gioco radiale e dalla sua variazione per effetto dell'interferenza di accoppiamento e degli influssi della temperatura.




s = gioco di esercizio

*Figura 5*
Gioco di esercizio

## Valore del gioco di esercizio

Il gioco di esercizio dipende quindi dalle condizioni d'esercizio e di montaggio del cuscinetto. Un gioco di esercizio più grande è necessario ad esempio in caso di apporto di calore attraverso l'albero, di flessioni dell'albero e di disassamenti.

Un gioco in esercizio più piccolo rispetto a Group N è da applicare solo in casi speciali, ad esempio per cuscinetti di precisione.

Il gioco di esercizio normale si ottiene con il gioco del cuscinetto Group N, per cuscinetti più grandi prevalentemente con Group 3, rispettando le tolleranze consigliate per alberi e alloggiamenti, vedere pagina 138.

## Calcolo del gioco di esercizio

Il gioco di esercizio è conseguenza di:

$$s = s_r - \Delta s_P - \Delta s_T$$

$s$ µm
Gioco radiale di esercizio del cuscinetto montato, alla temperatura d'esercizio

$s_r$ µm
Gioco radiale del cuscinetto

$\Delta s_P$ µm
Riduzione del gioco di esercizio dovuta all'accoppiamento

$\Delta s_T$ µm
Riduzione del gioco di esercizio dovuta alla temperatura.

**Riduzione del gioco di esercizio dovuta all'accoppiamento**

Il gioco radiale si riduce in funzione dell'accoppiamento a causa della dilatazione dell'anello interno e della contrazione dell'anello esterno:

$$\Delta s_P = \Delta d + \Delta D$$

$\Delta d$ µm
Dilatazione dell'anello interno
$\Delta D$ µm
Contrazione dell'anello esterno.

Dilatazione dell'anello interno

Calcolo della dilatazione dell'anello interno:

$$\Delta d \approx 0{,}9 \cdot U \cdot d/F \approx 0{,}8 \cdot U$$

U µm
Interferenza teorica dei pezzi con accoppiamento bloccato. L'interferenza teorica dei pezzi con accoppiamento bloccato si determina dagli scostamenti medi nonché superiori o inferiori dei campi di tolleranza dei componenti da accoppiare ridotti di $^1/_3$ intorno al lato passa. Da questi sottrarre il valore di spianamento delle rugosità dei pezzi accoppiati
d mm
Diametro del foro dell'anello interno
F mm
Diametro della pista di rotolamento dell'anello interno.

Per alloggiamenti dalle pareti molto sottili e per alloggiamenti in lega leggera, determinare la diminuzione del gioco radiale del cuscinetto mediante prove di piantaggio!

Contrazione dell'anello esterno

Calcolo della contrazione dell'anello esterno:

$$\Delta D \approx 0{,}8 \cdot U \cdot E/D \approx 0{,}7 \cdot U$$

E mm
Diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno
D mm
Diametro esterno dell'anello esterno.

**Riduzione del gioco di esercizio dovuta alla temperatura**

Il gioco radiale del cuscinetto varia sensibilmente in presenza di abbassamento di temperatura tra anello interno ed anello esterno:

$$\Delta s_T = \alpha \cdot d_M \cdot 1000 \cdot \left(\vartheta_{IR} - \vartheta_{AR}\right)$$

$\Delta s_T$ µm
Riduzione del gioco di esercizio dovuta alla temperatura
$\alpha$ $K^{-1}$
Coefficiente di dilatazione dell'acciaio: $\alpha = 0{,}000011\ K^{-1}$
$d_M$ mm
Diametro medio del cuscinetto (d + D)/2
$\vartheta_{IR}$ °C, K
Temperatura dell'anello interno
$\vartheta_{AR}$ °C, K
Temperatura dell'anello esterno
(normale differenza di temperatura tra anello interno ed anello esterno: 5 K a 10 K).

Per alberi sottoposti ad elevate accelerazioni prevedere un gioco radiale maggiore, perché in questo caso non si verifica una sufficiente compensazione della temperatura tra cuscinetto, albero ed alloggiamento!

$\Delta s_T$ in questo caso può essere molto superiore rispetto al funzionamento continuo!

## Gioco assiale del cuscinetto

Il gioco assiale del cuscinetto $s_a$ è la misura di quanto è possibile spostare un anello del cuscinetto rispetto all'altro senza carico lungo l'asse del cuscinetto, *figura 6*.

$s_a$ = gioco assiale del cuscinetto
$s_r$ = gioco radiale del cuscinetto

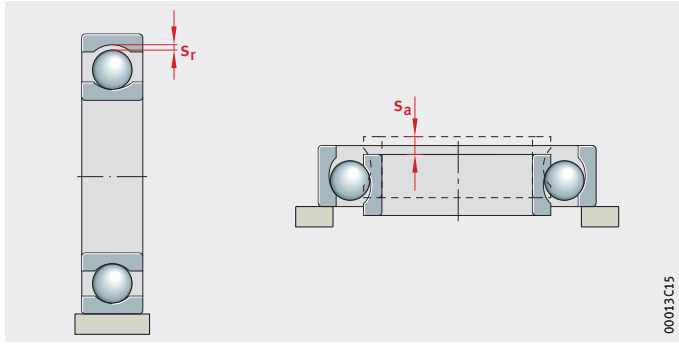



*Figura 6*
Gioco assiale del cuscinetto in confronto al gioco radiale del cuscinetto

In molti casi, il gioco radiale $s_r$ e quello assiale $s_a$ del cuscinetto dipendono l'uno dall'altro. I valori indicativi per la relazione tra gioco radiale e assiale per alcuni tipi di cuscinetti sono mostrati nella tabella.

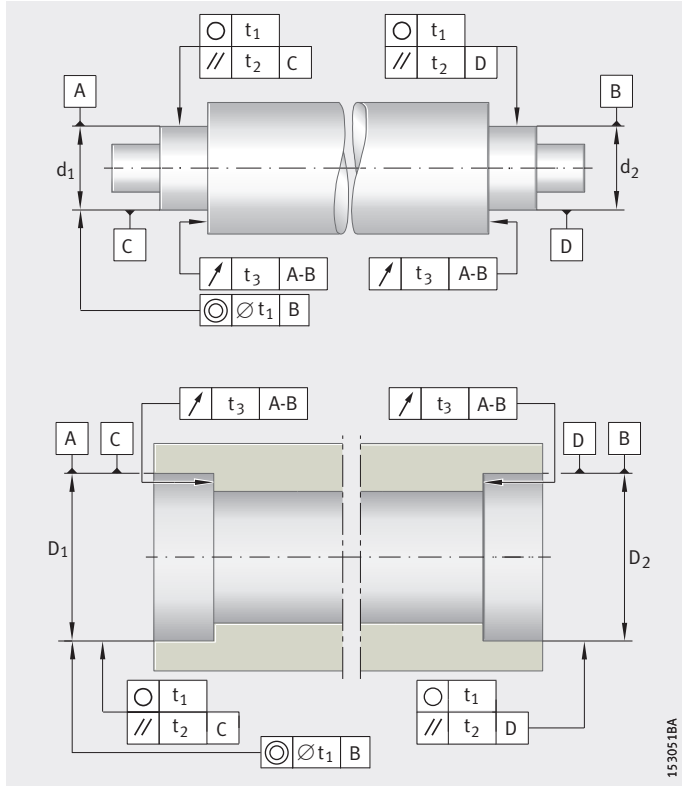
### Relazione tra gioco assiale e radiale

| Tipo di cuscinetto | | | Rapporto tra gioco assiale e radiale del cuscinetto $s_a/s_r$ |
|---|---|---|---|
| Cuscinetti orientabili a sfere | | | $2{,}3 \cdot Y_0$ |
| Cuscinetti orientabili a rulli | | | $2{,}3 \cdot Y_0$ |
| Cuscinetti a rulli conici | a una corona, disposti a coppie | | $4{,}6 \cdot Y_0$ |
| | accoppiati a due a due (N11CA) | | $2{,}3 \cdot Y_0$ |
| Cuscinetti a sfere a contatto obliquo | a due corone | serie 32 e 33 | 1,4 |
| | | serie 32..-B e 33..-B | 2 |
| | ad una corona | serie 72..-B e 73..-B, disposte a coppie | 1,2 |
| Cuscinetto a quattro punti di contatto | | | 1,4 |

Gioco assiale di cuscinetti a sfere a contatto obliquo FAG e cuscinetti a quattro punti FAG, vedere le tabelle da pagina 180.

## Tolleranze di forma e di posizione delle sedi dei cuscinetti

Per ottenere l'accoppiamento desiderato, le superfici di accoppiamento dell'albero e dell'alloggiamento devono rispettare determinate tolleranze, *figura 1* e tabella, pagina 29.




$t_1$ = circolarità
$t_2$ = parallelismo
$t_3$ = planarità degli spallamenti

*Figura 1*
Tolleranze di forma e di posizione

## Precisione delle sedi dei cuscinetti

Le tolleranze delle sedi del cuscinetto su albero e alloggiamento in funzione della classe di precisione del cuscinetto sono riportate nella tabella, pagina 29.

**Sede del secondo cuscinetto**

Le tolleranze di posizione per la seconda sede del cuscinetto sull'albero ($d_2$) o nel supporto ($D_2$) (espresse dalla coassialità secondo la norma DIN ISO 1101) devono orientarsi all'adattabilità angolare del cuscinetto. Per questo bisogna tenere conto anche del disassamento causato dalla deformazione elastica dell'albero e dell'alloggiamento.

**Alloggiamento**

Nel caso di alloggiamento diviso in due metà le linee di separazione non devono presentare bavature.

La precisione della sede del cuscinetto viene determinata dalla precisione del cuscinetto scelto.

## Valori guida delle tolleranze di forma e di posizione delle sedi dei cuscinetti

| Classe di precisione | | Sedi del cuscinetto | Gradi di tolleranza | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| secondo la norma ISO 492 | secondo la norma DIN 620 | | Tolleranza sul diametro | Tolleranza di circolarità $t_1$ | Tolleranza sul parallelismo $t_2$ | Tolleranza complessiva di planarità degli spallamenti $t_3$ |
| Normal 6X | PN (P0) P6X | Albero | IT6 (IT5) | Carico periferico IT4/2 | IT4/2 | IT4 |
| | | | | Carico puntiforme IT5/2 | IT5/2 | |
| | | Alloggiamento | IT7 (IT6) | Carico periferico IT5/2 | IT5/2 | IT5 |
| | | | | Carico puntiforme IT6/2 | IT6/2 | |
| 5 | P5 | Albero | IT5 | Carico periferico IT2/2 | IT2/2 | IT2 |
| | | | | Carico puntiforme IT3/2 | IT3/2 | |
| | | Alloggiamento | IT6 | Carico periferico IT3/2 | IT3/2 | IT3 |
| | | | | Carico puntiforme IT4/2 | IT4/2 | |
| 4 | P4 P4S[1] SP[1] | Albero | IT4 | Carico periferico IT1/2 | IT1/2 | IT1 |
| | | | | Carico puntiforme IT2/2 | IT2/2 | |
| | | Alloggiamento | IT5 | Carico periferico IT2/2 | IT2/2 | IT2 |
| | | | | Carico puntiforme IT3/2 | IT3/2 | |
| | UP[1] | Albero | IT3 | Carico periferico IT0/2 | IT0/2 | IT0 |
| | | | | Carico puntiforme IT1/2 | IT1/2 | |
| | | Alloggiamento | IT4 | Carico periferico IT1/2 | IT1/2 | IT1 |
| | | | | Carico puntiforme IT2/2 | IT2/2 | |

Tolleranze fondamentali ISO (qualità IT) secondo la norma ISO 286-1:1988.

[1] Assente DIN 620.

### Rugosità delle sedi dei cuscinetti

La rugosità delle sedi dei cuscinetti deve essere determinata in base alla classe di precisione dei cuscinetti. Il valore medio di rugosità Ra non deve essere troppo elevato, in modo da contenere la perdita di interferenza. Gli alberi devono essere rettificati, i fori devono essere sottoposti a tornitura fine. Valori guida in proposito sono indicati nella tabella.

Le tolleranze del foro e dell'albero così come i valori di rugosità consentiti sono anche indicati nelle istruzioni relative alla progettazione e alla sicurezza nel capitolo sui prodotti. I valori guida per la rugosità corrispondono alla norma DIN 5425-1.

### Valori indicativi per la finitura superficiale delle sedi dei cuscinetti

| Diametro della sede del cuscinetto d (D) mm | | Valore medio di rugosità Ra consigliato e classi di rugosità per sedi dei cuscinetti rettificate corrispondenti alla tolleranza di diametro[1] µm | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| da | a | IT7 | IT6 | IT5 | IT4 |
| – | 80 | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 0,2 |
| 80 | 500 | 1,6 | 1,6 | 0,8 | 0,4 |
| 500 | 1 250 | 3,2[2] | 1,6 | 1,6 | 0,8 |

[1] Valori per qualità IT secondo DIN ISO 286-1:2010-11.

[2] Se si monta il cuscinetto con procedimento idraulico, non superare Ra = 1,6 µm.

## Indicazioni per il montaggio di cuscinetti volventi

Affinché il montaggio e lo smontaggio dei cuscinetti volventi possa avvenire in modo sicuro e a regola d'arte, si devono osservare importanti indicazioni di sicurezza. Questa guida per il montaggio intende aiutare il montatore ad installare i cuscinetti volventi in modo sicuro e a regola d'arte.

L'obiettivo di queste indicazioni di sicurezza è:

- evitare danni a persone e cose che possano essere provocati da errori di montaggio
- Un montaggio a regola d'arte che consenta una lunga durata di esercizio del cuscinetto montato.

### Altre informazioni

Per domande riguardanti il montaggio sono a disposizione gli esperti dei servizi all'industria Schaeffler:

- mounting-services@schaeffler.com

## Disposizioni di sicurezza generali

Per il montaggio e lo smontaggio dei cuscinetti volventi sono impiegate per lo più forze, pressioni e temperature elevate. Per via di questi fattori di rischio, i cuscinetti volventi devono essere montati e smontati esclusivamente da personale qualificato.

### Qualifica del personale

Personale qualificato significa che:

- è autorizzato a montare i cuscinetti volventi e i componenti adiacenti
- Possiede tutte le conoscenze necessarie per montare e smontare i componenti
- Conosce bene le istruzioni di sicurezza.

### Dispositivi di protezione individuale

I dispositivi di protezione individuale devono proteggere il personale da eventuali danni alla salute. Essi sono: scarpe antinfortunistiche, guanti di sicurezza ed eventualmente casco di protezione e devono essere utilizzati nell'interesse della propria sicurezza.

A seconda del luogo di montaggio e della macchina o dell'impianto in cui vengono installati i cuscinetti volventi, può essere necessario utilizzare dispositivi di protezione individuale. Osservare inoltre le disposizioni di legge locali vigenti in materia di sicurezza antinfortunistica.

# Indicazioni di sicurezza

## Prescrizioni di sicurezza

Per evitare danni a persone e cose durante il montaggio osservare le seguenti prescrizioni di sicurezza.

### Prescrizioni fondamentali

Lo spazio di lavoro deve essere tenuto libero da oggetti che possano far inciampare.

Componenti pesanti come la parte superiore e inferiore del supporto, guarnizioni di tenuta, coperchio e cuscinetti volventi devono essere fissati in modo che non si ribaltino e non cadano.

Quando si posano e connettono componenti pesanti, prestare particolare attenzione a braccia e gambe, per evitare che vengano schiacciate.

Tutti i lavori di montaggio e manutenzione devono essere eseguiti solamente a macchina o impianto fermo.

### Lubrificanti

I lubrificanti utilizzati per l'ingrassaggio possono contenere sostanze nocive per la salute. Per ogni lubrificante esiste una scheda di sicurezza che spiega i relativi pericoli.

Evitare di entrare a contatto diretto con il lubrificante e utilizzare guanti di protezione.

### Pericoli dovuti all'ambiente

A seconda delle condizioni ambientali nel luogo di montaggio possono esserci rischi per la sicurezza che non provengono direttamente dai cuscinetti volventi, ma che devono essere tenuti presente durante il loro montaggio. Per esempio polveri nocive per la salute o lavorare a grande altezza. Anche la macchina o l'impianto in cui viene montato il cuscinetto volvente può essere una fonte di pericolo, per esempio a causa delle parti in movimento della macchina o dell'impianto.

Prima di iniziare il montaggio si deve consultare un esperto di sicurezza locale. Si devono osservare tutte le prescrizioni di sicurezza relative al luogo di montaggio e che valgono per la macchina o l'impianto in cui si effettua il montaggio.

### Smaltimento

Il lubrificante in eccesso, il materiale d'imballaggio e tutti gli altri residui risultanti da montaggio e smontaggio devono essere rimossi nel rispetto dell'ambiente utilizzando panni impregnati di grasso o solvente. Si devono inoltre osservare le rispettive prescrizioni di legge.

## Prescrizioni per la movimentazione

Per evitare danni a persone e cose durante la movimentazione osservare le seguenti prescrizioni per il trasporto.

Prima del trasporto bloccare i cuscinetti volventi in modo che non si girino e non si rompano, *figura 1*.

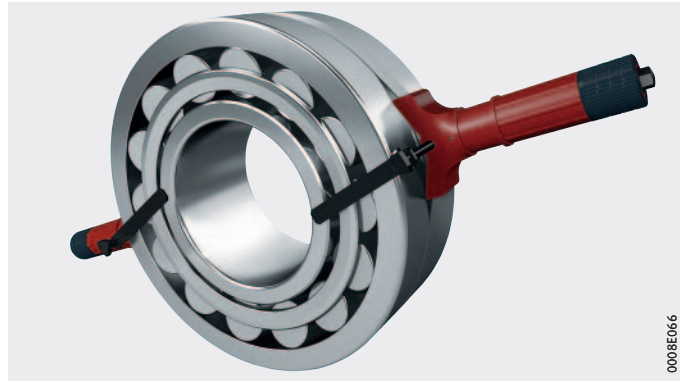



*Figura 1*
Strumento di sollevamento sicuro con protezione contro la rotazione

Per sollevare componenti pesanti si devono utilizzare strumenti tecnici adatti. Il personale addetto al montaggio deve sapere bene come utilizzare correttamente gli strumenti ausiliari e deve osservare tutte le prescrizioni di sicurezza relative ai carichi sospesi.

Da tenere presente:

- non soffermarsi sotto o nel raggio d'azione di carichi sospesi
- Utilizzare solamente mezzi di sollevamento di portata adeguata
- Non passare imbracature su spigoli vivi senza proteggerle, non annodarle e non torcerle
- Non lasciare mai incustoditi i carichi sospesi.

# Preparativi per il montaggio e lo smontaggio

## Condizioni di lavoro

Prima di montare e smontare i cuscinetti volventi si deve preparare tutto in modo che i lavori procedano senza intoppi.

Consultare il disegno costruttivo per acquisire familiarità con la struttura della costruzione e la sequenza con cui collegare i singoli pezzi. Già prima di iniziare il montaggio si deve redigere uno scherma delle singole fasi di lavoro e avere ben chiare le temperature di riscaldamento necessarie, le forze richieste per sollevare ed estrarre i cuscinetti e la quantità di grasso occorrente.

Per operazioni più complesse dovrebbe essere a disposizione una guida per il montaggio nella quale vengono descritti esattamente tutti i lavori. La guida deve contenere anche specifiche sui mezzi di trasporto, sui dispositivi di montaggio, sugli utensili di misurazione, sul tipo e la quantità del lubrificante come anche una descrizione dettagliata della procedura di montaggio.

## Linee guida per il montaggio

Tenere assolutamente presenti le seguenti indicazioni:

- mantenere il luogo di montaggio completamente pulito e privo di polvere.
- Proteggere i cuscinetti da polvere, sporco e umidità. Le impurità pregiudicano la funzionalità e la durata d'uso dei cuscinetti.
- Prima di iniziare il montaggio, occorre analizzare attentamente la costruzione sulla base del disegno complessivo.
- Prima del montaggio controllare se il cuscinetto preparato corrisponde alle indicazioni a disegno.
- Verificare il foro dell'alloggiamento e la sede dell'albero per quanto riguarda la precisione dimensionale, di forma e di posizione, nonché la pulizia.
- Controllare che nessuno spigolo disturbi il montaggio degli anelli dei cuscinetti sull'albero o nel foro dell'alloggiamento. A tale scopo è utile uno smusso di invito da 10° a 15°.
- Lavare via la protezione anticorrosione dalle superfici delle sedi e dalle superfici di contatto nonché dai fori conici del cuscinetto.
- Sulle superfici di appoggio cilindriche degli anelli del cuscinetto dovrebbe essere spalmato un sottilissimo strato di pasta di montaggio Arcanol.
- Non raffreddare eccessivamente il cuscinetto. La formazione di acqua di condensa può causare la corrosione all'interno del cuscinetto e sulle sedi dei cuscinetti.
- Dopo il montaggio lubrificare i cuscinetti.
- Verificare il funzionamento del supporto.

## Trattamento dei cuscinetti volventi prima dell'installazione

I cuscinetti conservati con olio anticorrosione sono compatibili e miscibili con oli e grassi a base minerale. Si deve controllare la compatibilità, qualora venissero utilizzati addensanti diversi dai saponi al litio o saponi complessi al litio. In casi di incompatibilità, lavare via gli oli di protezione dalla corrosione prima dell'ingrassaggio, specialmente con lubrificanti a base di PTFE/Alcoxifluoretere e grassi a base di poliurea nell'addensante. In caso di dubbio rivolgersi al produttore del lubrificante. Durante il lavaggio esiste il pericolo che lo sporco si infiltri nel cuscinetto.

Nelle superfici di appoggio e di contatto (in particolare nei fori conici dei cuscinetti), l'olio anticorrosivo va rimosso immediatamente prima del montaggio, per far sì che il posizionamento in sede sia affidabile.

Durante il montaggio termico del cuscinetto tenere in considerazione la temperatura massima ammissibile dell'anticorrosivo.

I cuscinetti usati e sporchi prima di essere installati devono essere lavati accuratamente con cherosene e poi essere subito di nuovo oliati o ingrassati.

I cuscinetti volventi non possono essere rilavorati. Per esempio non devono essere praticati fori di lubrificazione, scanalature, levigature o simili, perché queste rilavorazioni determinano tensioni interne che possono provocare la rottura precoce del cuscinetto. Esiste inoltre il pericolo che arrivino nel cuscinetto sfridi o pulviscolo.



Lavare bene i cuscinetti in modo che siano perfettamente puliti!

## Pulizia durante il montaggio

I cuscinetti volventi devono essere sempre protetti da polvere ed umidità, perché persino le particelle più piccole che si infiltrano nel cuscinetto danneggiano le superfici di rotolamento. Per questo motivo lo spazio di lavoro dove si esegue il montaggio deve essere privo di polvere ed asciutto. Non deve trovarsi per esempio nelle vicinanze di rettificatrici. Evitare di usare aria compressa. Prestare attenzione che siano puliti anche l'albero e l'alloggiamento e tutti gli altri pezzi. I pezzi fusi devono essere privi di terra da fonderia. Le superfici interne dell'alloggiamento, dopo essere state pulite, dovrebbero essere verniciate con uno strato protettivo che impedisca che le particelle più piccole si distacchino durante il funzionamento. Nei punti di appoggio del cuscinetto sull'albero e nell'alloggiamento si devono eliminare accuratamente gli strati di protezione antiruggine e i residui di vernice. Per le parti rotanti prestare attenzione a rimuovere le bave e gli spigoli vivi.

## Parti adiacenti

Controllare la precisione dimensionale e di forma di tutti gli elementi delle sedi prima di assemblarli.

Per esempio la mancata osservanza delle tolleranze della sede del cuscinetto, alloggiamento ed albero non circolari come pure superfici di contatto oblique pregiudicano la corretta rotazione di un cuscinetto volvente e possono provocare guasti prematuri.

## Misurazione della sede del cuscinetto

Un'operazione essenziale al corretto montaggio del cuscinetto è misurare preliminarmente i componenti. Trovano impiego vari strumenti di misura. Per tutte le misurazioni prestare attenzione che lo strumento di misura abbia all'incirca la stessa temperatura delle parti da misurare.

## Superfici di appoggio cilindriche

La precisione dimensionale delle sedi cilindriche dei cuscinetti e la loro circolarità dovrebbero essere controllate mediante micrometri in diversi punti, *figura 1* e *figura 4*, pagina 37.

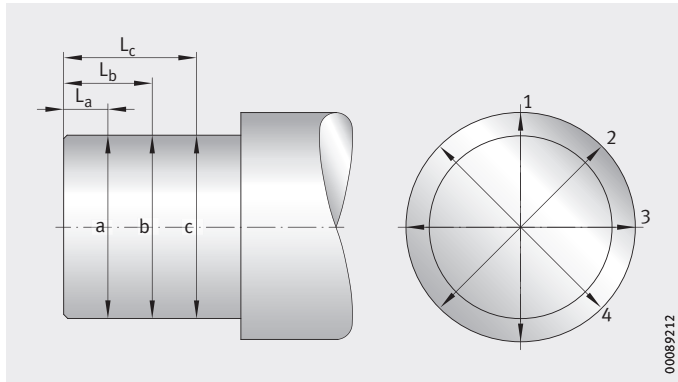
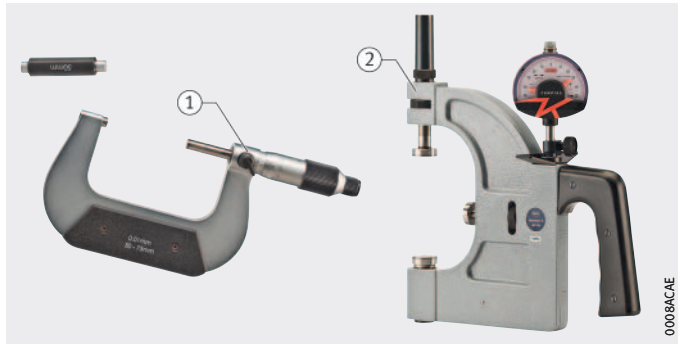



*Figura 1*
Controllo della forma cilindrica di un albero

Il micrometro ad arco consente di posizionare in modo sicuro e di misurare correttamente le superfici di appoggio cilindriche, *figura 2*. Sul disco campione è contrassegnato il diametro su cui deve essere impostato lo strumento.




① Micrometro esterno
② Micrometro ad arco

*Figura 2*
Strumenti per misurare diametri di alberi

Per misurare i fori si utilizzano micrometri per interni comunemente in commercio oppure alesametri, *figura 3*. L'anello campione si usa per calibrare lo strumento di misura.




① Alesametro
② Calibrazione con anello campione

*Figura 3*
Strumenti per misurare i fori

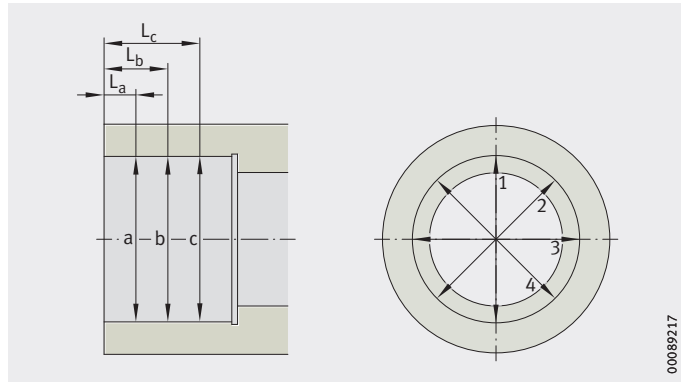



*Figura 4*
Controllo della forma cilindrica di un alloggiamento

## Superfici di appoggio coniche

Affinché l'anello interno poggi correttamente sull'albero, il cono dell'albero deve corrispondere esattamente al cono del foro dell'anello interno.

Il cono degli anelli dei cuscinetti volventi è standardizzato. Nella maggior parte delle serie di cuscinetti è 1:12. A seconda dei requisiti e della larghezza del cuscinetto sono possibili anche cuscinetti con un cono 1:30.

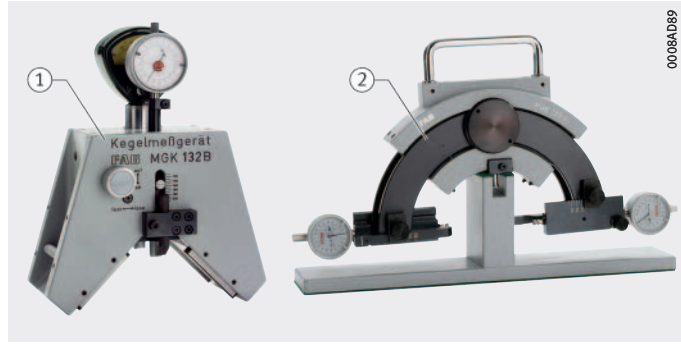
Lo strumento di misura più semplice per piccoli cuscinetti a foro conico è il calibro conico, *figura 5*. Per contatto si stabilisce se albero e calibro coincidono; in caso contrario si corregge la conicità dell'albero finché il calibro non combacia con l'albero in tutta la sua larghezza.

Gli anelli interni dei cuscinetti non devono essere utilizzati come calibri!




*Figura 5*
Controllo con un calibro conico

Per controllare con precisione le superfici coniche di appoggio degli alberi, Schaeffler ha sviluppato gli strumenti di misura della conicità FAG MGK 133 e FAG MGK 132, *figura 6*. In base a un cono o segmento di riscontro, si misurano con esattezza cono e diametro delle sedi dei cuscinetti. Entrambi gli strumenti sono semplici da utilizzare dato che non è necessario che il pezzo da misurare venga tolto dalla macchina operatrice.




① Strumento di misura della conicità FAG MGK 132
② Strumento di misura della conicità FAG MGK 133

*Figura 6*
Strumenti di misura della conicità FAG MGK 132 e FAG MGK 133

Con lo strumento di misura della conicità FAG MGK 133 si misurano coni più corti di 80 mm. A seconda delle dimensioni dello strumento, il diametro esterno del cono può andare da 27 mm a 205 mm.

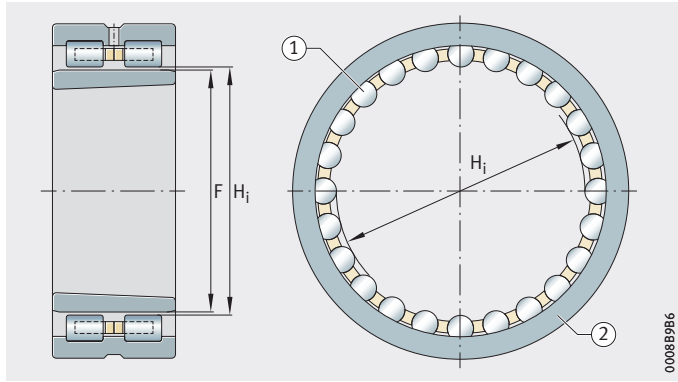
Lo strumento di misura della conicità FAG MGK 132 è adatto per le lunghezze cono da 80 mm e per diametri cono da 90 mm a 820 mm.

## Cerchio inviluppo

Il gioco radiale del cuscinetto a rulli cilindrici montato si ottiene dalla differenza tra il cerchio inviluppo rulli e il diametro della pista di rotolamento dell'anello senza bordini.

### Strumenti di misura del cerchio inviluppo rulli FAG MGI 21

Nei cuscinetti a rulli cilindrici con anello interno NNU49SK separabile, il gioco radiale o il precarico risulta dalla differenza tra il diametro del cerchio inviluppo interno $H_i$ e della pista di rotolamento F. Con il termine cerchio inviluppo interno si intende il cerchio che tocca dall'interno tutti i rulli quando questi aderiscono alla pista di rotolamento dell'anello esterno, *figura 7*.




$H_i$ = cerchio di inviluppo interno
F = diametro della pista di rotolamento

① Corpo volvente
② Anello esterno

*Figura 7*
Cerchio di inviluppo interno in cuscinetti a rulli cilindrici NNU49SK (anello interno separabile)

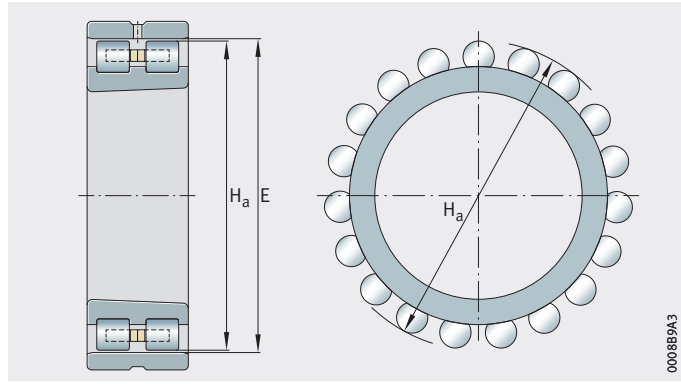
Il cerchio inviluppo interno si misura con MGI 21; in combinazione con un micrometro ad arco è possibile determinare il gioco radiale del cuscinetto montato, *figura 8*. La misura del diametro del cerchio inviluppo viene trasferita sul micrometro ad arco. Lo strumento di misura del cerchio inviluppo FAG MGI 21 si utilizza per cuscinetti a rulli cilindrici con anello interno separabile FAG NNU49SK.




*Figura 8*
Strumento di misura del cerchio di inviluppo FAG MGI 21

## Strumenti di misura del cerchio inviluppo rulli FAG MGA 31

Nei cuscinetti a rulli cilindrici con anello esterno NN30ASK separabile, il gioco radiale o il precarico risulta dalla differenza tra il diametro della pista di rotolamento E e del cerchio di inviluppo esterno $H_a$. Con cerchio di inviluppo esterno si intende il cerchio che tocca dall'esterno tutti i rulli quando questi aderiscono alla pista di rotolamento dell'anello interno, *figura 9*.




E = pista di rotolamento
$H_a$ = cerchio inviluppo esterno

*Figura 9*
Cerchio inviluppo esterno in cuscinetti a rulli cilindrici NN30ASK (anello esterno separabile)

Il cerchio inviluppo esterno si misura con MGA 31; in combinazione con uno strumento di misura per fori è possibile determinare il gioco radiale del cuscinetto montato, *figura 10*.

La misura del diametro della pista di rotolamento viene trasmessa con lo strumento di misura per fori allo strumento di misura del cerchio inviluppo. Lo strumento di misura del cerchio inviluppo FAG MGA 31 si utilizza ad esempio per cuscinetti a rulli cilindrici con anello esterno separabile FAG NN30ASK.




*Figura 10*
Strumenti di misura del cerchio d'inviluppo rulli FAG MGA 31

# Controllo dimensionale e di forma

I due segmenti di acciaio contrapposti dello strumento di misura del cerchio inviluppo costituiscono le superfici di misura.
Un segmento è saldamente connesso allo strumento, l'altro è mobile in senso radiale; questo movimento viene trasmesso al comparatore millesimale.

Per la misurazione l'anello esterno del cuscinetto deve essere montato nel supporto. Se si è determinato il diametro della pista di rotolamento dell'anello esterno con lo strumento di misura per fori, la misura viene trasmessa allo strumento di misura del cerchio inviluppo.

L'anello interno con la corona di rulli va spinto con accoppiamento geometrico sulla sede conica dell'albero. Successivamente si mette lo strumento di misura del cerchio inviluppo sulla corona di rulli e si preme a forza l'anello interno fino a che il misuratore millesimale non indica la misura desiderata.

Valori positivi significano precarico, valori negativi significano gioco radiale; un cuscinetto senza gioco dà come risultato il valore zero.

# Lubrificazione

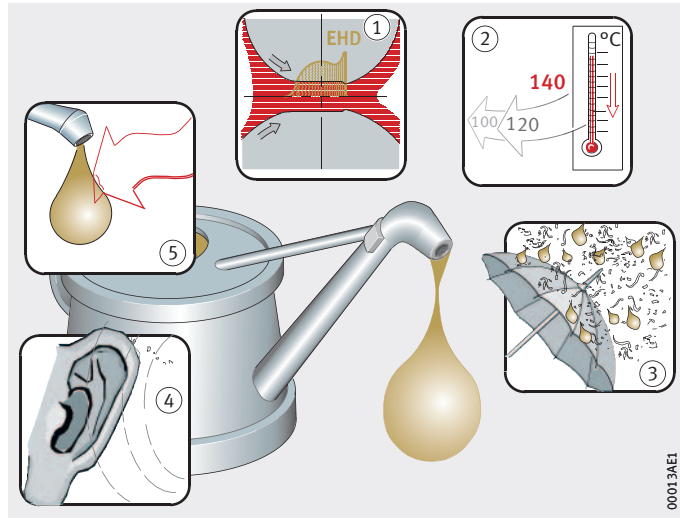
## Nozioni fondamentali

Lubrificazione e manutenzione sono importanti per un funzionamento sicuro e una lunga durata d'esercizio dei cuscinetti volventi.

## Funzioni del lubrificante

Il lubrificante deve, *figura 1*:

- formare sulle superfici di contatto un velo lubrificante sufficientemente stabile che prevenga usura ed affaticamento prematuro ①
- Sottrarre calore nella lubrificazione ad olio ②
- Schermare il cuscinetto contro l'ingresso dall'esterno di impurità solide e liquide nella lubrificazione a grasso ③
- Attenuare la rumorosità in esercizio ④
- Proteggere dalla corrosione ⑤.




① Formazione di un film di lubrificante stabile
② Sottrae calore nella lubrificazione ad olio
③ Scherma il cuscinetto contro l'ingresso di impurità dall'esterno nella lubrificazione a grasso
④ Attenua la rumorosità
⑤ Protegge dalla corrosione

*Figura 1*
Funzioni del lubrificante

# Lubrificazione

## Scelta del tipo di lubrificazione

In fase di progettazione si deve stabilire il prima possibile se i cuscinetti dovranno essere lubrificati con grasso od olio.

Per la scelta del tipo di lubrificazione e della quantità di lubrificante da utilizzare sono fondamentali:

- le condizioni di funzionamento
- La forma costruttiva e la dimensione del cuscinetto
- La struttura adiacente
- I condotti del lubrificante.

### Criteri per la lubrificazione a grasso

Per la lubrificazione a grasso tenere conto dei seguenti criteri:

- costi di progettazione molto ridotti
- L'azione di tenute
- L'effetto deposito
- Elevata durata con ridotti costi di manutenzione (eventualmente è possibile anche lubrificazione a vita)
- Per la rilubrificazione considerare eventualmente un serbatoio di raccolta per il grasso esausto e condotti di adduzione
- Nessuna sottrazione di calore da parte del lubrificante
- Non sono lavate via le particelle derivanti dall'usura o altro.

### Criteri per la lubrificazione ad olio

Per la lubrificazione ad olio tenere conto dei seguenti criteri:

- una buona alimentazione / distribuzione del lubrificante nel punto di contatto
- È possibile sottrarre calore dal cuscinetto (importante soprattutto in caso di velocità di rotazione/carichi elevati)
- Sono lavate via le particelle risultanti dall'usura
- Con lubrificazione minimale perdite di attrito molto esigue
- Sono necessari sistemi di adduzione e tenuta stagna più dispendiosi.

Per condizioni di esercizio estreme (ad esempio temperature molto elevate, sottovuoto, agenti aggressivi) sono possibili anche metodi di lubrificazione speciali come un lubrificante solido.

## Struttura dei condotti di lubrificazione

Condotti di alimentazione e fori di lubrificazione negli alloggiamenti e negli alberi, *figura 2* e *figura 3*, devono:

- affacciarsi direttamente ai fori di lubrificazione del cuscinetto volvente
- Essere il più possibile corti
- Essere dotati di uno specifico condotto per ogni cuscinetto.

Prestare attenzione alle bolle d'aria nei condotti, *figura 2*; eventualmente disaerare il condotto!

Rispettare le indicazioni del produttore dell'impianto di lubrificazione!

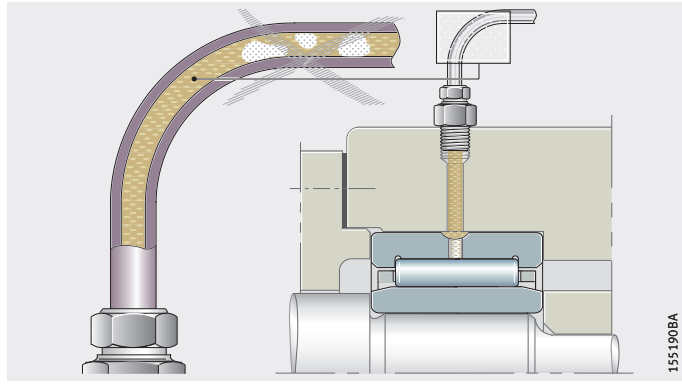



*Figura 2*
Condotti di lubrificazione

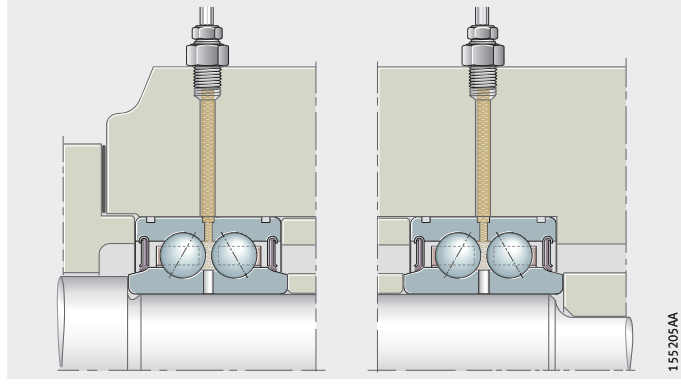



*Figura 3*
Disposizione dei condotti nel caso di più cuscinetti su di un albero

# Lubrificazione

## Grassi lubrificanti

Scegliendo grassi lubrificanti adatti è possibile raggiungere la durata utile ottimale dei cuscinetti. Si devono prendere in considerazione i fattori di influenza tecnico-applicativi: tipo di cuscinetto, velocità di rotazione e carico. Inoltre si deve prestare attenzione a fattori di influenza come le condizioni ambientali, la resistenza della plastica, le prescrizioni di legge e ambientali come pure i costi.

### Specifica a norma DIN o capitolato

È preferibile l'utilizzo di grassi lubrificanti K secondo DIN 51825. Questa norma stabilisce però solo i requisiti minimi per i grassi lubrificanti. Questo significa che i grassi lubrificanti di una classe DIN possono presentare differenze di qualità e per la corrispondente applicazione possono anche presentare una differente idoneità. I fabbricanti di cuscinetti volventi perciò indicano spesso le specifiche dei grassi anche in capitolati che ne descrivono dettagliatamente i requisiti.

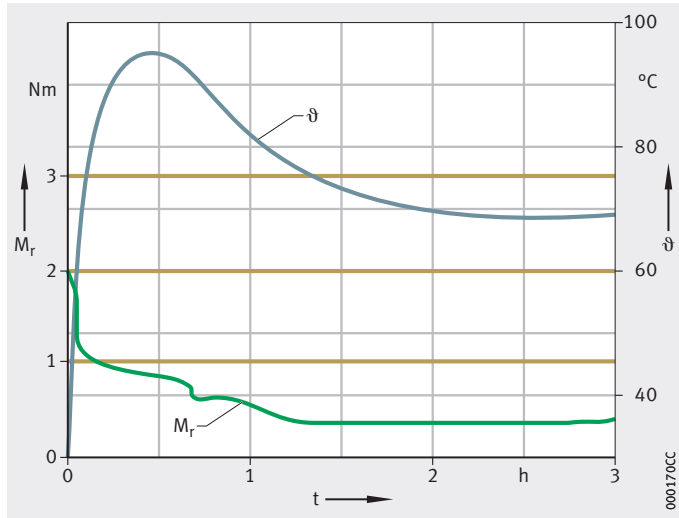
## Primo ingrassaggio e reingrassaggio

Per l'ingrassaggio dei cuscinetti osservare le seguenti indicazioni:

- ingrassare i cuscinetti assicurandosi che tutte le superfici funzionali ricevano grasso.
- Ingrassare il vano del supporto presente accanto al cuscinetto solo fino a che il grasso rimosso dal cuscinetto ha ancora abbastanza spazio. Si deve in tal modo evitare che il grasso entri in rotazione. Se al cuscinetto è collegato un vano del supporto più grande e non riempito, schermi di protezione, schermi di tenuta e schermi parapolvere dovrebbero fare in modo che un'adeguata quantità di grasso (simile alla quantità che si sceglie per il grado di riempimento normale) rimanga nelle vicinanze del cuscinetto. Si consiglia di ingrassare circa il 90% del volume del cuscinetto libero e indisturbato. Si intende quindi il volume dell'interno del cuscinetto volvente che non viene toccato dalle parti rotanti (corpi volventi, gabbia).
- Per cuscinetti a rotazione molto rapida, ad esempio cuscinetti per mandrino, generalmente si sceglie una quantità di grasso più piccola (circa il 60% del volume del cuscinetto libero e indisturbato, ovvero circa il 30% del volume complessivo libero del cuscinetto), per facilitare la distribuzione del grasso all'avviamento del cuscinetto.
- L'azione di una tenuta a luce ridotta viene migliorata dalla formazione di un collare di grasso stabile. Una rilubrificazione continua favorisce questo effetto.
- Con un corretto grado di riempimento si raggiunge un comportamento di attrito favorevole e una minore perdita di grasso.
- In caso di differenza di pressione tra i due lati del cuscinetto una corrente d'aria può trasportare fuori dal cuscinetto il grasso e l'olio base ceduto, d'altra parte però può anche trasportare sporco nel cuscinetto. In tali casi è necessario compensare la pressione tramite aperture e fori nelle parti annesse.

- I cuscinetti a rotazione lenta ($n \cdot d_M < 50\,000\ min^{-1} \cdot mm$) e il loro alloggiamento devono essere ingrassati completamente. L'attrito che si verifica in questo caso è trascurabile. L'importante è che il grasso introdotto venga trattenuto nel cuscinetto o nelle vicinanze del cuscinetto attraverso guarnizioni di tenuta e schermi parapolvere. Il grasso nelle vicinanze del cuscinetto permette anche, grazie all'effetto deposito, di prolungare l'intervallo di lubrificazione. Il presupposto è però un contatto diretto con il grasso nel cuscinetto (ponte di grasso). Inoltre vibrazioni occasionali fanno sì che arrivi nel cuscinetto grasso nuovo proveniente dalla zona circostante (rilubrificazione interna).
- Nel caso in cui il cuscinetto venga sottoposto ad elevata temperatura, oltre alla quantità di grasso adeguato deve anche essere previsto un deposito di grasso con una superficie libera, possibilmente grande, che ceda olio verso il cuscinetto. Per il deposito è utile una quantità che corrisponda due o tre volte il normale grado di riempimento. Il deposito deve essere previsto su un lato del cuscinetto o meglio da entrambi i lati in parti uguali.
- I cuscinetti chiusi a tenuta stagna da entrambi i lati con schermi di tenuta o schermi di protezione sono forniti con un primo ingrassaggio. La quantità di grasso normalmente introdotta riempie circa il 90% del volume del cuscinetto libero e indisturbato. Questa quantità di riempimento viene trattenuta nel cuscinetto anche con fattori di velocità di rotazione elevati ($n \cdot d_M > 400\,000\ min^{-1} \cdot mm$). In caso di fattori di velocità di rotazione più elevati rivolgersi a Schaeffler. Un grado di riempimento più elevato con cuscinetti chiusi a tenuta provoca un maggiore attrito e una continua perdita di grasso, fino a che non si raggiunge il normale grado di riempimento. Se si ostacola la fuoriuscita di grasso, si deve tenere conto di un notevole aumento di momento torcente e di temperatura. I cuscinetti con anello esterno rotante sono forniti con riempimento ridotto (50% del riempimento normale).

Con fattori di velocità di rotazione elevati e in caso di quantità di grasso non adeguata durante la fase di avviamento, spesso si può presentare un aumento di temperatura, anche per varie ore, *figura 4*. La temperatura è tanto più elevata e si mantiene tanto più a lungo, quanto più i cuscinetti e i vani accanto ai cuscinetti sono riempiti di grasso e quanto più la libera fuoriuscita di grasso viene ostacolata. Il rimedio è un cosiddetto assestamento ad intermittenza con tempi di inattività per il raffreddamento stabiliti in modo corrispondente. Se i grassi e le quantità di grasso sono adeguati, la stabilità si verifica già dopo breve tempo.




Cuscinetto a sfera, appena ingrassato

$M_r$ = momento di attrito
t = tempo
$\vartheta$ = temperatura

*Figura 4*
Momento di attrito e temperatura

## Grassi per cuscinetti volventi Arcanol

I grassi per cuscinetti volventi Arcanol sono sottoposti ad un controllo di qualità al 100%, *figura 5*. I procedimenti di controllo Schaeffler sono tra i più rigorosi sul mercato. In questo modo i grassi per cuscinetti volventi Arcanol soddisfano i più elevati requisiti di qualità.

I vari grassi coprono quasi tutte le applicazioni. Sono sviluppati da esperti tecnici di applicazione e realizzati dai migliori produttori sul mercato. Scegliere il grasso in funzione dell'applicazione, vedere tabella, pagina 188.




*Figura 5*
Analisi del comportamento alla temperatura dei grassi

## Olio lubrificante

Per la lubrificazione di cuscinetti volventi sono indicati in linea di massima oli minerali ed oli di sintesi, vedere tabella, pagina 188. Prevalentemente oggi si utilizzano oli lubrificanti a base minerale. Questi oli minerali devono corrispondere almeno ai requisiti della norma DIN 51517 (oli lubrificanti).

Si utilizzano oli speciali, spesso oli sintetici, se sono presenti condizioni d'esercizio estreme. L'olio deve per esempio soddisfare requisiti particolari di resistenza a temperatura e irradiazione in caso di condizioni di esercizio difficili. I produttori d'olio più noti indicano l'efficienza degli additivi nel cuscinetto volvente. Per il funzionamento dei cuscinetti volventi in presenza di attrito misto hanno particolare importanza per esempio additivi antiusura.

**Altre informazioni**

- Ulteriori informazioni relative a conservazione, miscibilità e selezione dei lubrificanti sono presenti nell'informazione di prodotto TPI 176, Lubrificazione dei cuscinetti volventi.

# Conservazione dei cuscinetti volventi

## Protezione dalla corrosione e imballaggio

L'efficienza dei moderni cuscinetti volventi si muove entro i confini della fattibilità tecnica. Non solo i materiali, ma anche precisioni dimensionali, tolleranze, finiture superficiali e lubrificazione sono ottimizzati per la massima funzionalità. I più piccoli scostamenti in ambito funzionale, provocati per esempio da corrosione, possono già pregiudicare l'efficienza.

Per avere cuscinetti volventi pienamente efficienti è necessario che protezione contro la corrosione, imballaggio, conservazione e movimentazione siano in reciproca sintonia. Sono ottimizzati da Schaeffler per conservare il più possibile tutte le caratteristiche del prodotto contemporaneamente. Oltre a proteggere le superfici dalla corrosione, sono importanti soprattutto caratteristiche come lubrificazione di emergenza, attrito, tollerabilità del lubrificante, silenziosità, resistenza all'invecchiamento e compatibilità con i componenti dei cuscinetti volventi (gabbia in ottone, gabbia in plastica, guarnizione di tenuta di elastomero). Protezione dalla corrosione e imballaggio sono adattati da Schaeffler a queste caratteristiche. I cuscinetti devono essere lasciati il più a lungo possibile nella confezione originale.

## Condizioni di conservazione

Il presupposto fondamentale per la conservazione è un locale chiuso, in cui non possano agire sostanze aggressive, come per esempio gas di scarico di veicoli o gas, nebbia o esalazioni di acidi, soluzioni alcaline o sali. Parimenti si deve evitare la luce diretta del sole. I cuscinetti devono essere tenuti a magazzino in orizzontale e non in posizione verticale.

La temperatura di conservazione dovrebbe essere la più costante possibile e l'umidità dell'aria la più bassa possibile. Sbalzi di temperatura ed elevata umidità dell'aria provocano la formazione di acqua di condensa.

Attenersi alle condizioni seguenti:

- magazzinaggio al riparo dal gelo, vale a dire a una temperatura minima di +5 °C
  (per evitare con certezza la formazione di brina, sono consentite sino a 12 ore al giorno a +2 °C).
- Temperatura massima +40 °C
  (evitare l'eccessivo defluire degli oli anticorrosivi).
- Umidità relativa dell'aria inferiore al 65%
  (in caso di variazioni di temperatura per massimo 12 ore al giorno consentita fino al 70%).



Temperatura e umidità dell'aria devono essere monitorate costantemente!

## Tempi di conservazione

I cuscinetti volventi non devono essere conservati per più di 3 anni. Questo vale sia per i cuscinetti volventi aperti che per quelli ingrassati con coperchio o guarnizione di tenuta. Evitare per quanto possibile di conservare troppo a lungo i cuscinetti volventi, specialmente quelli ingrassati, perché i grassi lubrificanti potrebbero variare il loro comportamento chimico-fisico durante la conservazione. Pur mantenendo la capacità minima di prestazione, è tuttavia possibile che vengano sfruttate le scorte di sicurezza del grasso lubrificante. In genere i cuscinetti volventi sono ancora utilizzabili anche dopo aver superato i tempi di conservazione consentiti, a patto che siano state osservate le condizioni di conservazione durante l'immagazzinaggio e il trasporto. Se si superano i tempi di conservazione, prima di utilizzare il cuscinetto si consiglia di controllare almeno che non sia corroso, lo stato dell'olio anticorrosivo ed eventualmente lo stato del grasso lubrificante.

## Classificazione delle tenute

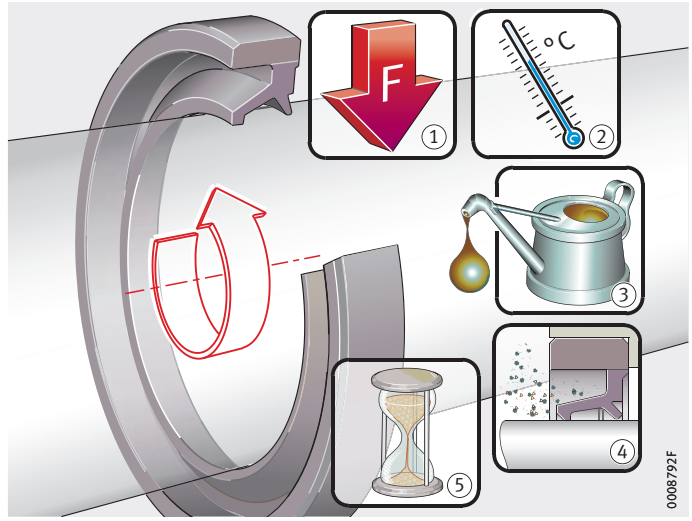
Le tenute sono decisive per proteggere i cuscinetti dalle impurità. Se le tenute sono insufficienti, possono penetrare impurità o può fuoriuscire lubrificante. I cuscinetti sporchi o che ruotano a secco si danneggiano molto prima della loro prevista durata a fatica.

### Tenute senza contatto e a contatto

Fondamentalmente si distingue tra tenute senza contatto e a contatto sia nella struttura adiacente che nel cuscinetto.

#### Tenute senza contatto

Le tenute senza contatto sono per esempio le tenute a luce ridotta, le tenute a labirinto, gli schermi parapolvere o gli schermi di tenuta. Quando si montano questi tipi di guarnizioni si deve prestare particolare attenzione alla luce della tenuta dopo il montaggio e durante l'utilizzo. La luce della tenuta risultante durante l'esercizio viene influenzata notevolmente da fattori esterni come per esempio le differenze di temperatura, i carichi e le deformazioni, *figura 1*.




① Carico
② Differenze di temperatura
③ Lubrificanti
④ Impurità
⑤ Invecchiamento

*Figura 1*
Fattori di influenza della durata d'esercizio delle tenute

In caso di lubrificazione a grasso le luci delle tenute devono essere riempite con lo stesso grasso lubrificante che è utilizzato anche all'interno del supporto. Un collare di grasso aggiuntivo, che si forma all'esterno della guarnizione, protegge il cuscinetto dalle impurità.

**Tenute a contatto**

Le tenute a contatto sono per esempio rondelle di feltro, anelli a V o guarnizioni ad anello per alberi con uno o più labbri. Aderiscono con forza radiale alla superficie di rotolamento. La forza di contatto dovrebbe essere mantenuta bassa, per evitare che il momento di attrito e la temperatura aumentino eccessivamente. Anche le condizioni di lubrificazione sulla superficie di strisciamento, la rugosità della superficie di strisciamento e la velocità esercitano un influsso sul momento di attrito, sulla temperatura e sull'usura della tenuta. Anche montare correttamente la tenuta ha un influsso decisivo sulla durata di esercizio del cuscinetto.

**Cuscinetti a tenuta stagna**

I cuscinetti volventi a tenuta stagna sono realizzati, a seconda del tipo e della serie, con differenti soluzioni di tenuta.

Per quasi tutti i cuscinetti che alla consegna sono già a tenuta stagna, si deve evitare di smontare la guarnizione di tenuta. Nel caso in cui una guarnizione di tenuta premontata non funzioni correttamente, è necessario sostituire l'intero cuscinetto.

I cuscinetti a tenuta stagna non devono essere riscaldati in un bagno d'olio e la temperatura di riscaldamento non deve superare +80 °C.

## Spazio di montaggio e condizioni al contorno

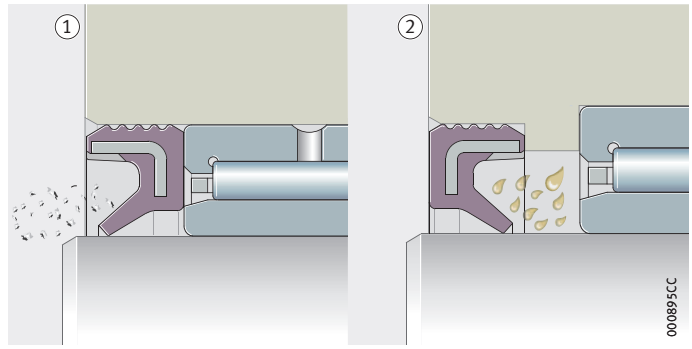
Questa sezione parla dello spazio di montaggio e delle condizioni al contorno di anelli di tenuta e guarnizioni per alberi rotanti.

### Spazio di montaggio

Per ottenere l'azione ottimale è soprattutto necessario modellare in modo adeguato lo spazio di montaggio. Servono a tale scopo per esempio le guarnizioni per alberi radiali DIN 3760 e le guarnizioni ad anello per alberi DIN 3761 per autoveicoli. Per la configurazione dell'albero e del foro in un punto di tenuta è di aiuto la norma DIN 3761-2. I dati sullo spazio di montaggio, che si riferiscono solo alle guarnizioni per alberi rotanti, possono essere utilizzati anche per gli anelli di tenuta.

In generale valgono le seguenti regole fondamentali:

- la struttura adiacente deve essere realizzata in modo che i labbri di tenuta si trovino liberi in direzione assiale
- Maneggiare e montare correttamente gli anelli di tenuta. Solo in tal modo si garantisce un'azione di tenuta lunga e senza problemi
- Rispettare la posizione di montaggio dei labbri di tenuta, *figura 2*.




① Labbro di tenuta verso l'esterno
② Labbro di tenuta verso l'interno

*Figura 2*
Montaggio in base alla funzione della tenuta

### Superficie di tenuta

Le superfici di tenuta sono un fattore importante per la durata di una guarnizione.

**Caratteristiche delle superfici di tenuta**

| Superfici di tenuta | Rugosità | Durezza minima |
|---|---|---|
| Superficie di scorrimento per guarnizioni radiali (tenuta stagna con movimento rotatorio) | Ra = 0,2 µm – 0,8 µm | 600 HV oppure 55 HRC |
| | Rz = 1 µm – 4 µm | |
| | $Rz_{1\ max} \leqq$ 6,3 µm | |
| Superficie di scorrimento per aste e guarnizioni del pistone (tenuta stagna con movimento assiale) | Ra = 0,05 µm – 0,3 µm | 600 HV oppure 55 HRC |
| | Rmr(0) 5%<br>Rmr(01,25×Rz) 70% | |
| | $Rz_{1\ max} \leqq$ 2,5 µm | |
| Superfici di contatto (chiusura stagna statica) | R ≦ 1,6 µm | – |
| | Rz ≦ 10 µm | |
| | $Rz_{1\ max} \leqq$ 16 µm | |

## Indicazioni per il montaggio

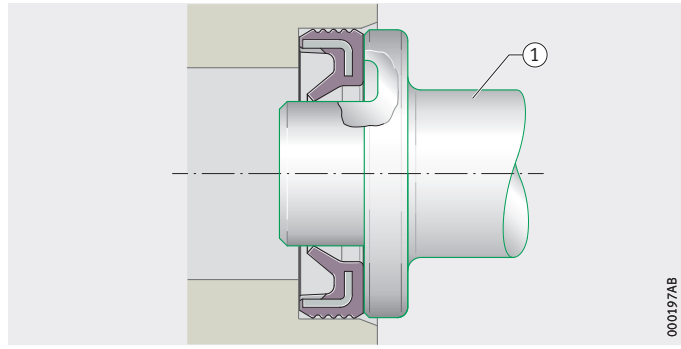
Indipendentemente dal tipo o dalla forma della guarnizione, durante il montaggio prestare attenzione che la guarnizione non venga danneggiata. Nel caso di cuscinetti schermati durante il montaggio si deve prestare attenzione che lo schermo di tenuta premontato non venga in nessun caso danneggiato o deformato.

## Montaggio delle tenute

Quando si configura la struttura assiale adiacente , prestare attenzione che i labbri di tenuta si trovino liberi in direzione assiale.

Per montare correttamente le guarnizioni:

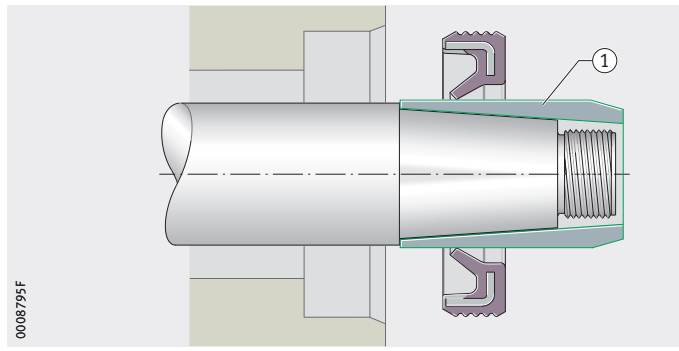
- contro l'intrusione di polvere e sporco rivolgere il labbro di tenuta verso l'esterno, *figura 2*, ①, pagina 54
- Contro la fuoriuscita del lubrificante, rivolgere il labbro di tenuta verso l'interno, *figura 2*, ②, pagina 54. Negli anelli di tenuta SD il lato con labbro di protezione riporta la marcatura. Deve essere rilubrificato dall'interno, perciò il labbro deve essere rivolto verso l'esterno
- Ingrassare od oliare la superficie di scorrimento sull'albero o il labbro di tenuta. In questo modo all'avvio la potenza di attrito è più bassa. Per gli anelli di tenuta con anello di rinforzo rivestito – anello di tenuta G – oliare la superficie esterna prima del piantaggio. Questo facilita il montaggio nell'alloggiamento
- Premere gli anelli di tenuta nel foro dell'alloggiamento con un dispositivo di pressione ed attrezzo adatto, *figura 3*.




① Attrezzo di piantaggio

*Figura 3*
Montaggio a pressione

- Proteggere dai danni il labbro di tenuta. Coprire perciò con manicotti di montaggio le estremità dell'albero a spigolo vivo, scanalature, dentature e filettature, *figura 4*
- Montare gli anelli di tenuta in modo che la forza di piantaggio incominci il più possibile vicino al diametro esterno. Gli anelli di tenuta SD hanno un'interferenza nel diametro esterno. In questo modo, dopo il piantaggio degli anelli, si ottiene un accoppiamento bloccato nel foro dell'alloggiamento. Gli anelli raggiungono la forma geometrica corretta nel foro.




① Manicotto di montaggio

*Figura 4*
Installazione
con manicotto di montaggio

- Montare gli anelli di tenuta perpendicolarmente all'asse dell'albero e al foro dell'alloggiamento, *figura 5*.

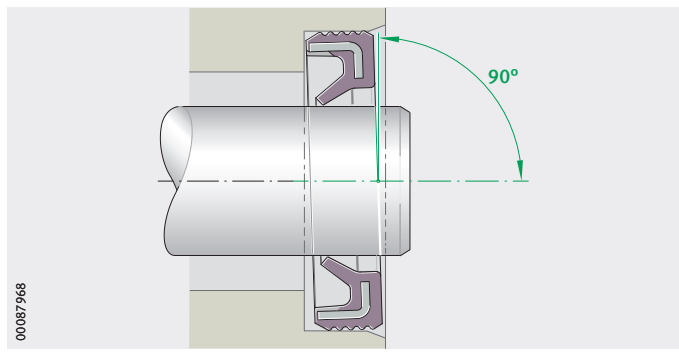



*Figura 5*
Perpendicolarità – posizione dell'anello di tenuta rispetto all'asse dell'albero/ foro dell'alloggiamento

Non superare lo scostamento massimo dalla perpendicolarità tra anello di tenuta e asse dell'albero, vedere tabella! Scostamenti maggiori influenzano l'azione di tenuta!

- Negli anelli di tenuta SD riempire con grasso lubrificante lo spazio tra labbro di tenuta e labbro di protezione, *figura 6*
- Dopo il montaggio far assestare gli anelli e controllare la loro azione di tenuta. È auspicabile una piccola perdita (velo di grasso o di liquido) per la lubrificazione della superficie di contatto dei labbri di tenuta.

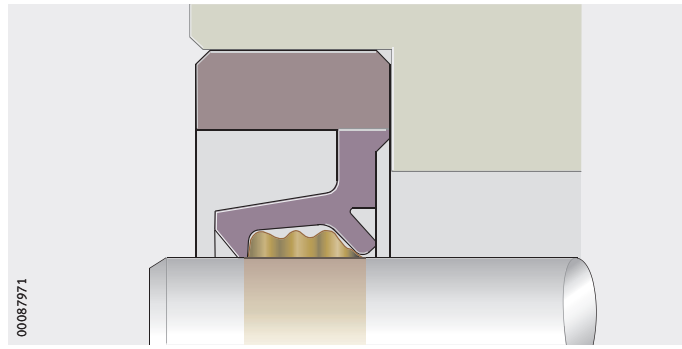



*Figura 6*
Riempimento di grasso tra labbro di tenuta e labbro di protezione

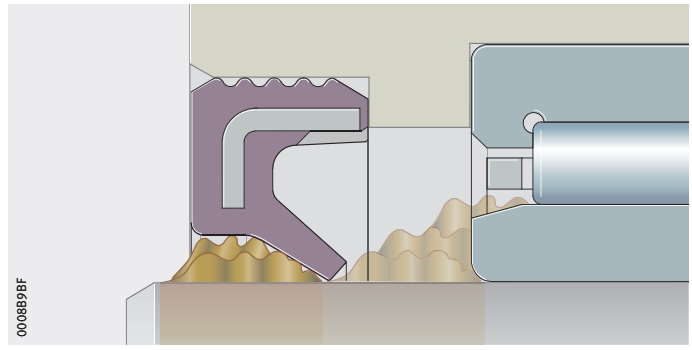



*Figura 7*
Collare di grasso per aiutare l'azione di tenuta

**Scostamento massimo dalla perpendicolarità**

| Diametro dell'albero<br>d<br>mm | Scostamento massimo<br><br>mm |
|---|---|
| $d < 25$ | 0,1 |
| $d \geqq 25$ | 0,2 |

## Montaggio di O ring

In caso di O ring è molto importante il posizionamento nella gola.

Per non danneggiare l'O ring durante il montaggio, si devono evitare spigoli vivi. Uno smusso di introduzione non elimina solo uno spigolo vivo, ma favorisce anche il piantaggio dell'O ring. In tal caso lo smusso di introduzione dovrebbe valere tra 10° e 20°.

Tenere inoltre presente quanto segue:

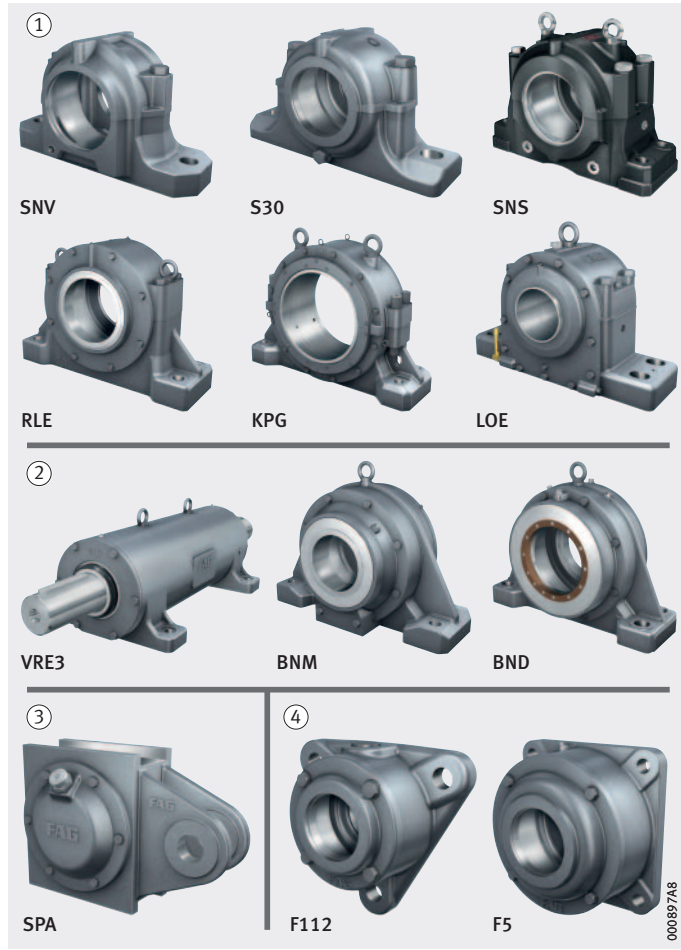
- prima del montaggio si deve controllare lo spessore del cordoncino e il diametro interno dell'O ring.
- Il punto di tenuta deve essere pulito e privo di particelle.
- Non si deve in nessun caso incollare l'O ring nella gola. In alternativa si può utilizzare un grasso di montaggio se è stata accertata una tollerabilità chimica.
- Quando si monta l'O ring non lo si deve far scorrere su spigoli vivi, filettature, scanalature e tagli.
- Non è consentito utilizzare attrezzi affilati o appuntiti.
- Dopo il montaggio l'O ring non deve dilatarsi più del 5% – 6%.
- La sovradilatazione del diametro interno durante il montaggio non deve essere di più del 50%.
- Durante il montaggio ci si deve accertare di non torcere l'O ring.
- Per smontare un O ring utilizzare sempre un apposito attrezzo di smontaggio.

## Smontaggio tenute

Dopo aver rimosso una tenuta, per esempio aver smontato un coperchio o una guarnizione per alberi radiale, è necessario procedere con la sua sostituzione. La tenuta, dopo il primo montaggio, subisce una deformazione, perciò se la si continua ad utilizzare non può più essere garantito il corretto funzionamento ed inoltre la maggior parte delle tenute vengono comunque fortemente deformate o addirittura distrutte dallo smontaggio. Durante lo smontaggio si deve prestare attenzione a non danneggiare la superficie di tenuta.

## Forme costruttive

I supporti sono realizzati per lo più come supporto ritto (diviso in due metà o monoblocco) oppure come supporto flangiato. Sono tuttavia impiegati anche molteplici supporti speciali nelle più svariate applicazioni. Sono fatti prevalentemente di ghisa grigia e ghisa sferoidale e insieme al rispettivo cuscinetto e alle guarnizioni di tenuta formano un'unità completa.



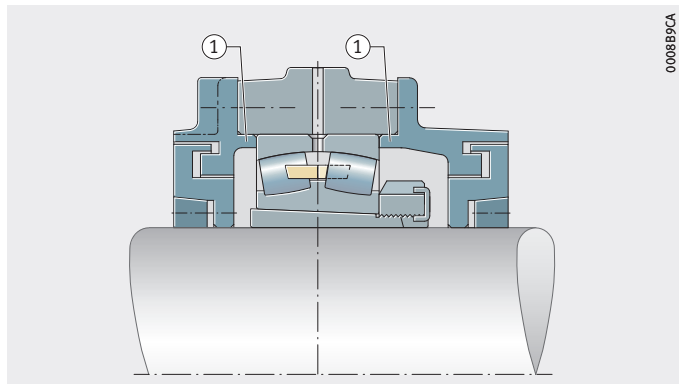

① Supporto ritto diviso in due metà
② Supporto ritto monoblocco
③ Supporto SPA monoblocco
④ Supporto flangiato

*Figura 1*
Supporti

## Supporti per cuscinetti liberi e bloccati

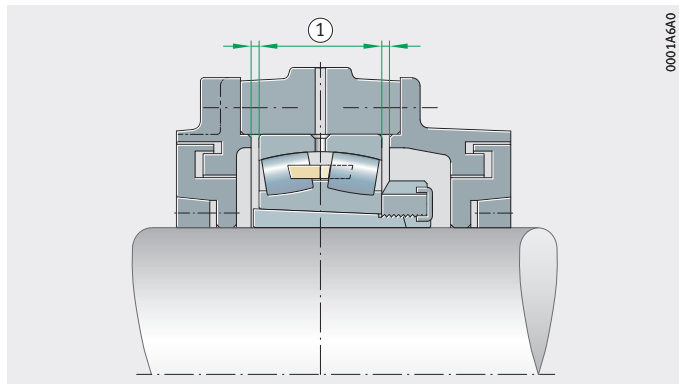
In questa concezione di alloggiamento, per creare un supporto bloccato o libero il supporto deve essere ordinato in versione per cuscinetti bloccati o per cuscinetti liberi, a seconda delle necessità. Questo vale per il supporti RLE, KPG, KPGZ, LOE, BNM, BND e SPA.

Nella versione per cuscinetti bloccati i cuscinetti vengono bloccati assialmente tra i coperchi del supporto, *figura 2*. Nella versione per cuscinetti liberi i coperchi hanno collari di centraggio più corti. In questo modo il cuscinetto può spostarsi assialmente, *figura 3*.




① I collari di centraggio del coperchio fissano assialmente il cuscinetto

*Figura 2*
Supporto per cuscinetti bloccati




① Il cuscinetto può essere spostato assialmente

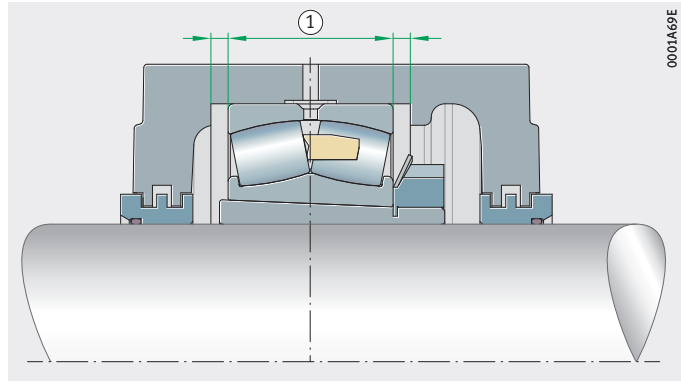
*Figura 3*
Supporto per cuscinetti liberi

## Supporto con anelli di arresto

In molti supporti le sedi dei cuscinetti sono conformate in modo che il cuscinetto possa essere spostato assialmente e agisca in tal modo da cuscinetto libero, *figura 4*.

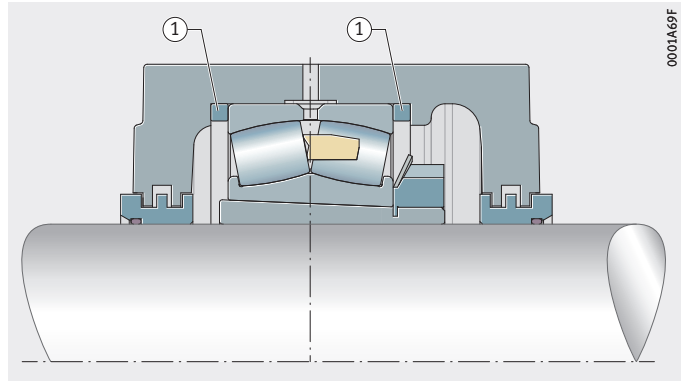
Per ottenere l'esecuzione bloccata si utilizzano anelli di arresto, *figura 5*. Questo vale per supporti SNV, S30, SNS e F5.

Inserendo gli anelli di arresto i cuscinetti vengono fissati assialmente. Normalmente gli anelli di arresto vengono inseriti nel supporto da entrambi i lati del cuscinetto. Di solito è prestabilito un numero pari di anelli di arresto, in questo modo si ottiene il posizionamento del cuscinetto al centro del supporto. In alcuni casi è sufficiente un unico anello di arresto.




① Il cuscinetto può essere spostato assialmente

*Figura 4*
Supporto libero, nessun anello di arresto




① Gli anelli di arresto fissano assialmente il cuscinetto

*Figura 5*
Supporto bloccato per mezzo di anelli di arresto

## Tenute

Nei supporti vengono montati per lo più cuscinetti orientabili a rulli, cuscinetti orientabili a una corona di rulli e cuscinetti a sfere che non dispongono di una propria chiusura a tenuta. La sede del cuscinetto deve perciò essere chiusa a tenuta; a seconda delle condizioni di impiego sono disponibili guarnizioni a contatto, guarnizioni senza contatto e combinazioni delle due. Queste guarnizioni possono essere ordinate in esecuzione divisa in due metà o monoblocco.

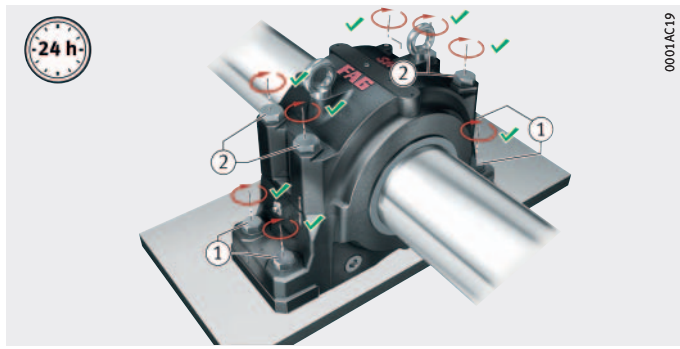
## Montaggio

Per la maggior parte delle serie di supporti Schaeffler sono disponibili guide per il montaggio. In qualche caso esistono anche guide specifiche per la relativa applicazione. Il montaggio corretto è determinante per una lunga vita del cuscinetto.

### Particolarità nel montaggio del supporto

Per il montaggio di supporti tenere presente quanto segue:

- le quote di montaggio e le dimensioni critiche devono essere verificate prima di iniziare il montaggio
- Non si devono scambiare le parti superiori ed inferiori di alloggiamenti diversi
- Prima del montaggio si devono pulire tutti i fori di lubrificazione
- Le viti devono essere asciutte e prive di lubrificanti
- Nel foro del supporto si deve spalmare un sottile strato di pasta di montaggio
- Nel caso di cuscinetti divisi in due metà vanno prima serrate con il momento torcente richiesto le viti di piede e poi le viti del coperchio
- La quantità di lubrificante massima prestabilita non deve essere superata
- Dopo il montaggio controllare di nuovo, e se necessario correggere, l'esatto allineamento e la coppia di serraggio delle viti, *figura 6*.




① Viti di piede
② Viti di collegamento

*Figura 6*
Controllare le coppie di serraggio

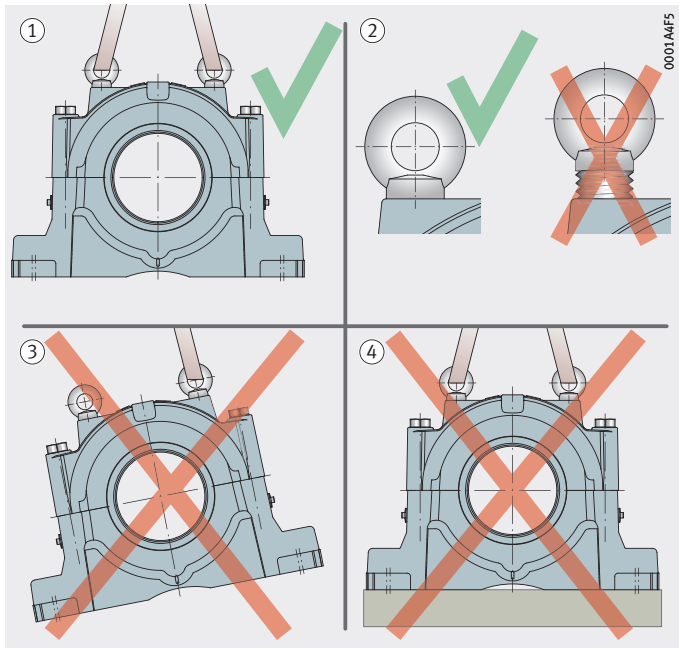
## Golfari

In molti modelli i supporti sono dotati di uno o due golfari secondo norma DIN 580. Questi sono previsti come punti di ancoraggio per il montaggio e lo smontaggio del supporto. La capacità portante dei golfari consente di sollevare il supporto, in molti casi cuscinetto incluso, però senza albero. Per i dettagli consultare la descrizione del rispettivo supporto.

### Utilizzo corretto dei golfari nel supporto

Istruzioni per utilizzare i golfari come punti di ancoraggio, *figura 7*:

- avvitare sempre completamente i golfari nel supporto
- Se previsti più golfari, utilizzarli sempre tutti contemporaneamente come punti di ancoraggio
- Utilizzare i golfari solo per sollevare il supporto e il cuscinetto montato, se previsto per il supporto in questione. Non sottoporre a un carico più elevato dovuto a parti fissate al supporto.




① Utilizzo corretto dei golfari come punti di ancoraggio
② Avvitare completamente i golfari
③ Utilizzare sempre contemporaneamente tutti i golfari
④ Nessun carico supplementare dovuto a parti annesse

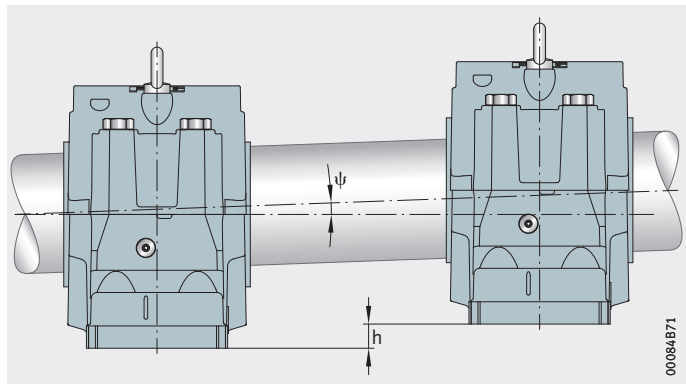
*Figura 7*
Utilizzo corretto dei golfari nel supporto

## Condizioni della superficie di serraggio

Requisiti per la superficie su cui si monta il supporto:

- adeguatamente stabile da resistere alle sollecitazioni statiche e dinamiche che si verificano durante l'esercizio
- Rugosità superficiale Ra ≦ 12,5
- Planarità secondo DIN EN ISO 1101 di IT7, misurata lungo la diagonale
- Senza vernice.

Una differenza di livello tra le superfici di serraggio del supporto provoca un disassamento dell'albero, *figura 8*.




ψ = disassamento dell'albero
h = differenza di livello tra le superfici di serraggio

*Figura 8*
Disassamento dell'albero

Il disassamento ammissibile dipende dal supporto e dalla guarnizione. Le differenze di livello devono essere compensate in modo da non superare il disassamento ammissibile. A tale scopo si possono utilizzare rondelle di compensazione.

Accertarsi che i cuscinetti siano in grado di compensare il disassamento che si verifica.

## Coppie di serraggio per le viti di connessione

Per i supporti divisi in due metà, la necessaria coppia di serraggio delle viti di collegamento tra la metà superiore e quella inferiore del supporto deve essere determinata sulla base del catalogo GK 1 Schaeffler. Stringere le viti procedendo gradualmente e a croce.

## Coppie di serraggio per le viti di piede

Le viti di piede servono ad avvitare il supporto alla superficie di serraggio. Non sono fornite in dotazione con il supporto.

La tabella seguente contiene le coppie di serraggio per filettatura normale metrica a norma DIN 13, DIN 962 e DIN ISO 965-2 e dimensioni di appoggio della testa a norma DIN EN ISO 4014, DIN EN ISO 4017, DIN EN ISO 4032, DIN EN ISO 4762, DIN 6912, DIN 7984, DIN 7990 e DIN EN ISO 8673.

Le coppie di serraggio massime valgono in caso di utilizzo al 90% del limite di snervamento del materiale delle viti 8.8 e con un coefficiente di attrito di 0,14. Si consiglia di serrare le viti a circa il 70% di questi valori, vedere tabella.

**Coppie di serraggio per viti di piede con filettatura metrica a norma DIN 13, DIN 962 e DIN ISO 965-2**

| Misura nominale delle viti | Coppia di serraggio max.<br>Nm | Coppia di serraggio consigliata<br>Nm |
|---|---|---|
| M6 | 11,3 | 8 |
| M8 | 27,3 | 20 |
| M10 | 54 | 35 |
| M12 | 93 | 65 |
| M16 | 230 | 160 |
| M20 | 464 | 325 |
| M24 | 798 | 550 |
| M30 | 1 597 | 1 100 |
| M36 | 2 778 | 1 950 |
| M42 | 3 991 | 2 750 |
| M48 | 6 021 | 4 250 |
| M56 | 9 650 | 6 750 |
| M64 | 14 416 | 10 000 |
| M72 | 21 081 | 14 500 |
| M80 | 29 314 | 20 500 |
| M90 | 42 525 | 29 500 |
| M100 | 59 200 | 41 000 |

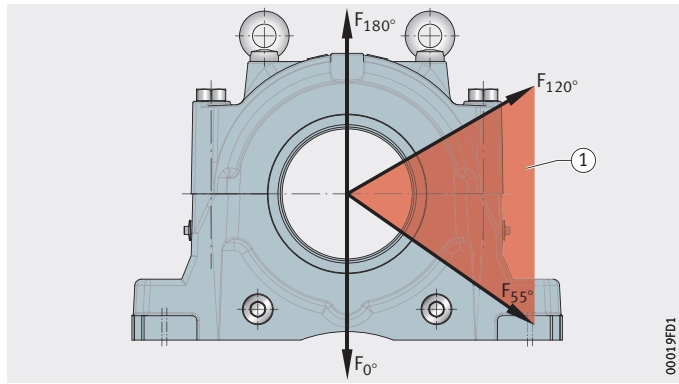
## Fissaggio orizzontale

Per i supporti ritti, oltre alle viti di piede può essere necessario anche un fissaggio orizzontale.

Il fissaggio orizzontale è necessario quando è presente una delle seguenti condizioni:

- l'angolo di azione del carico esterno è tra 55° e 120°, *figura 9*
- È presente un carico assiale.

A seconda del supporto, il fissaggio può essere effettuato con dispositivi d'arresto in direzione del carico oppure mediante perni.




① Campo dell'angolo di azione che richiede il fissaggio orizzontale

*Figura 9*
Direzioni di carico in un supporto ritto




# Montaggio di cuscinetti volventi

## Procedimento di montaggio
## Montaggio di forme costruttive particolari

# Montaggio di cuscinetti volventi

## Procedimento di montaggio


Pagina

Montaggio ..... 70

Montaggio meccanico ..... 71
- Montaggio in sedi cilindriche ..... 71
- Montaggio in sedi coniche ..... 73

Montaggio termico ..... 78
- Riscaldatore a induzione ..... 80
- Piastra elettrica ..... 81
- Bagno d'olio ..... 81
- Forno di riscaldamento ..... 81
- Tecnologia a media frequenza ..... 81

Montaggio idraulico ..... 83
- Ghiera idraulica ..... 83
- Metodo idraulico ..... 85
- Albero conico ..... 86
- Bussola di pressione ..... 86
- Bussola di trazione ..... 87
- Pompa a mano ..... 87

## Montaggio di forme costruttive particolari


Pagina

Caratteristiche ..... 88

Montaggio di cuscinetti a sfere a contatto obliquo e cuscinetti a rulli conici ..... 88

Montaggio di cuscinetti assiali ..... 91

Montaggio di supporti di macchine utensili ..... 92
- Cuscinetti di alta precisione ..... 92
- Montaggio di cuscinetti per tavole girevoli ..... 94
- Montaggio di cuscinetti per viti a ricircolazione ZKLF, ZKLN, ZKRN, ZARF, ZARN ..... 94

Montaggio di cuscinetti a rulli toroidali ..... 94
- Misurazione del gioco radiale ..... 95
- Spazi liberi sulle superfici frontali del cuscinetto e quote di montaggio ..... 95
- Posizionamento assiale del cuscinetto ..... 96
- Indicazioni per il montaggio ..... 96

Montaggio di cuscinetti TAROL ..... 96

Montaggio di cuscinetti a rulli conici a quattro corone ..... 98

Montaggio di cuscinetti a rullini ..... 99
- Cuscinetti a rullini con bordi ..... 99
- Cuscinetti a rullini senza bordi ..... 100
- Cuscinetti a rullini orientabili ..... 101
- Cuscinetti a rullini combinati ..... 101

Montaggio di astucci a rullini senza fondello e con fondello ..... 102
- Fissaggio radiale e assiale ..... 102
- Montaggio con punzone di montaggio ..... 103

Montaggio di gabbie a rullini ..... 104

Montaggio di cuscinetti di pulegge per funi ..... 104
- Linee guida per il montaggio ..... 105
- Montaggio con anello di trattenuta premontato ..... 105

Montaggio di rotelle ..... 106
- Montaggio di rotelle ..... 106
- Montaggio di perni folli ..... 107
- Ingrassatore a pressione per perni folli ..... 107
- Fissaggio assiale dei perni folli ..... 108
- Perni folli con eccentrico ..... 108
- Messa in esercizio e rilubrificazione ..... 109

## Montaggio

I cuscinetti volventi non possono essere montati tutti con lo stesso metodo perché esistono in svariati modelli costruttivi e dimensioni. Si distingue tra procedimento meccanico, idraulico e termico.

Per il montaggio di cuscinetti non scomponibili, *figura 1*, le forze di montaggio devono sempre agire sull'anello ad accoppiamento forzato. In caso contrario le forze che agissero sull'anello di accoppiamento libero verrebbero trasmesse dai corpi volventi, per cui piste di rotolamento e corpi volventi potrebbero venire danneggiati. Il riscaldamento provoca dilatazione facilitando così notevolmente la procedura di montaggio.

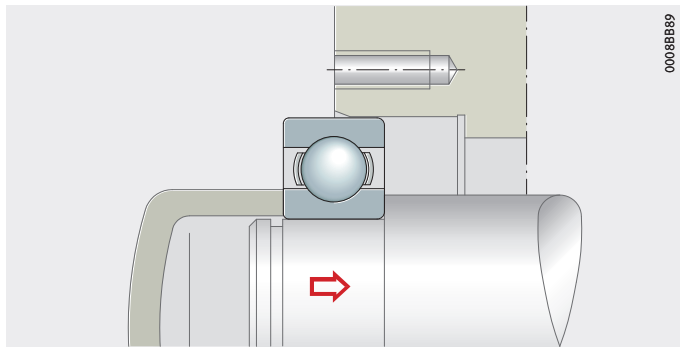



*Figura 1*
Montaggio di un cuscinetto non scomponibile

Per i cuscinetti scomponibili, *figura 2*, il montaggio è più semplice; i due anelli possono essere montati singolarmente. Un movimento di avvitamento durante il montaggio aiuta a prevenire la formazione di segni di scalfittura.

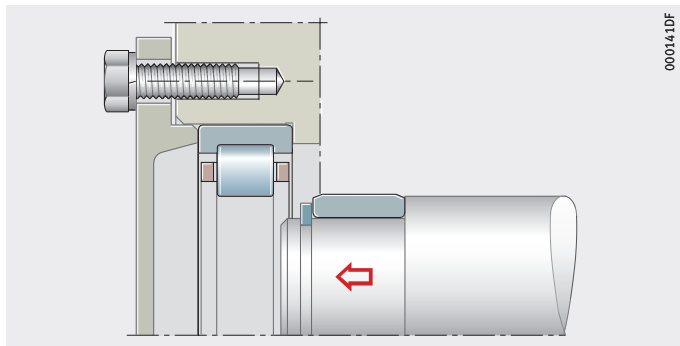



*Figura 2*
Montaggio di un cuscinetto scomponibile

## Montaggio meccanico

I cuscinetti volventi più piccoli spesso possono essere montati con procedimento puramente meccanico in caso di sede del cuscinetto non troppo forzata. Si deve comunque prestare attenzione che le forze applicate non provochino danni ai cuscinetti o alle superfici di appoggio. Utilizzare attrezzi adatti e osservare le apposite istruzioni aiuta ad evitare tale evenienza.

### Montaggio in sedi cilindriche

I cuscinetti con diametro foro fino a circa 80 mm possono essere premuti sull'albero. Si consiglia di utilizzare una pressa meccanica o idraulica, *figura 3*.

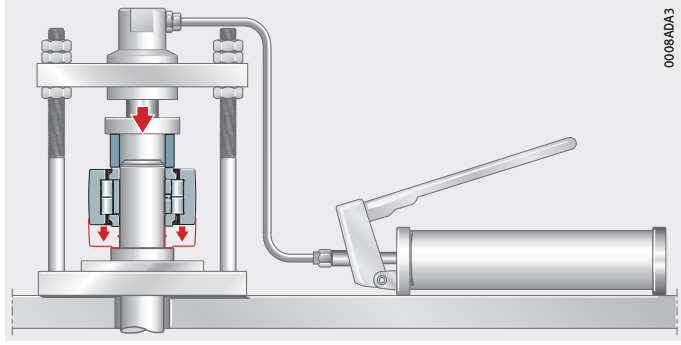



*Figura 3*
Montaggio mediante pressa idraulica

Se non è disponibile una pressa, in caso di accoppiamenti non troppo forzati, i cuscinetti con un diametro del foro fino a 50 mm si possono spingere sull'albero anche con leggeri colpi di martello. Gli anelli dei cuscinetti temprati sono sensibili agli urti, perciò si consiglia, per il trasferimento delle forze di montaggio, di utilizzare boccole di montaggio di alluminio ed anelli di montaggio di plastica. Anche boccole, anelli intermedi, guarnizioni e parti simili si possono montare in questo modo, *figura 4*.

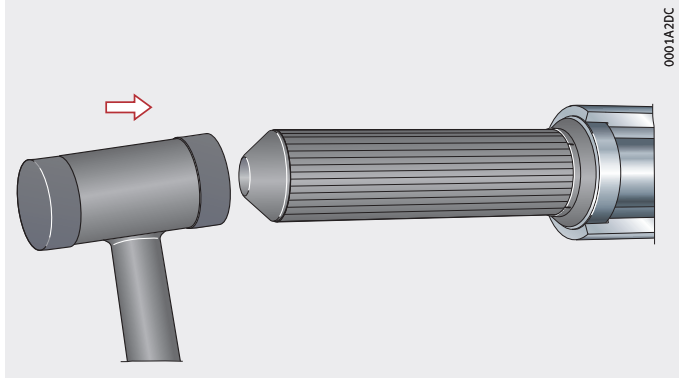
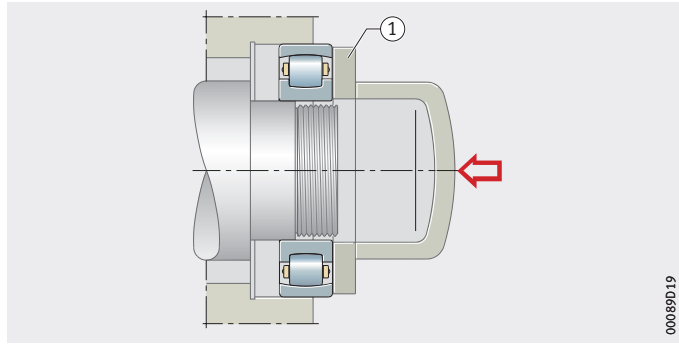



*Figura 4*
Montaggio con boccola di montaggio

Scegliendo le dimensioni della boccola di montaggio o dell'anello di montaggio si deve fare in modo che le forze di montaggio siano applicate su una circonferenza il più possibile ampia, ma senza creare alcun pericolo di danneggiare la gabbia o i corpi volventi.

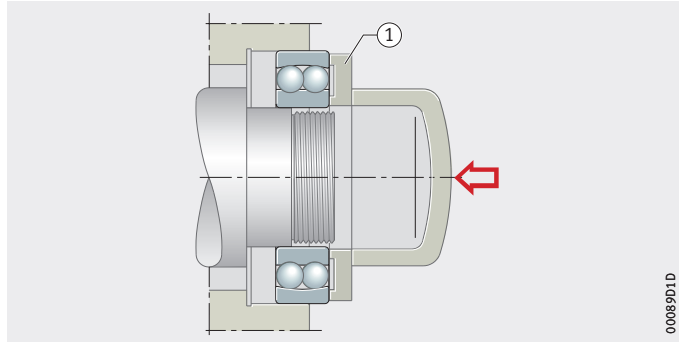
Se un cuscinetto deve essere allo stesso tempo premuto sull'albero e nel supporto, si deve utilizzare un disco che aderisca ad entrambi gli anelli del cuscinetto, in questo modo si evita che l'anello esterno si impunti nel supporto, *figura 5*.




① Disco di montaggio

*Figura 5*
Calettamento contemporaneo con disco di montaggio

In alcuni cuscinetti i corpi volventi o la gabbia del cuscinetto sporgono. In questo caso si deve tornire internamente il disco, *figura 6*.




① Disco di montaggio

*Figura 6*
Calettamento di cuscinetti orientabili a sfere con disco di montaggio adattato

Se sono prescritti accoppiamenti molto forzati, allora si devono montare a caldo anche i cuscinetti piccoli, vedere pagina 78.

Nel caso di sedi in metallo leggero o con un accoppiamento forzato, le superfici di appoggio potrebbero subire danni se si preme l'anello esterno nel foro dell'alloggiamento. In questo caso si deve riscaldare la sede.

## Montaggio in sedi coniche

I cuscinetti a foro conico vengono fissati direttamente sull'albero conico, oppure sull'albero cilindrico mediante bussola di trazione o bussola di pressione.

Prima del montaggio si devono pulire il foro del cuscinetto e le superfici di appoggio di albero e bussola. Inoltre non si deve utilizzare pasta di montaggio o lubrificanti simili. Uno strato di lubrificante ridurrebbe certamente l'attrito e quindi faciliterebbe il montaggio; durante il funzionamento però il lubrificante verrebbe gradualmente pressato verso l'esterno attraverso la giunzione di accoppiamento. In questo modo la sede non sarebbe più bloccata, l'anello o la bussola inizierebbe a spostarsi e le superfici si usurerebbero.

Durante l'inserimento del cuscinetto sul cono l'anello interno si espande ed il gioco radiale si riduce. La riduzione del gioco radiale è il criterio di misura per il bloccaggio dell'anello interno.

La riduzione del gioco radiale si ottiene dalla differenza tra gioco radiale prima e dopo il montaggio del cuscinetto. Il gioco radiale deve essere misurato all'inizio, prima del montaggio; al momento del calettamento sul cono controllare continuamente il gioco radiale, fino a raggiungere la riduzione del gioco necessaria e quindi il necessario forzamento, *figura 7*.




*Figura 7*
Misurazione del gioco radiale con spessimetro

Per i cuscinetti a tenuta stagna non si deve effettuare la misurazione del gioco radiale!

Invece della riduzione del gioco radiale si deve misurare la corsa di scorrimento assiale sul cono. Con il normale cono 1:12, la corsa di scorrimento corrisponde all'incirca a quindici volte la riduzione del gioco radiale. Nel fattore 15 si tiene conto del fatto che l'interferenza delle superfici di accoppiamento influisce solo del 75% – 80% sull'espansione della pista di rotolamento dell'anello interno.

Se non è possibile determinare con sicurezza né la riduzione del gioco radiale né la corsa di scorrimento, il cuscinetto per quanto possibile dovrebbe essere montato fuori dal supporto. Il cuscinetto deve essere calettato fino a che ruota ancora leggermente ed è possibile girare leggermente a mano l'anello esterno. Il montatore deve avere la sensibilità di giudicare quando il cuscinetto ruota ancora liberamente.

Se si rimonta un cuscinetto smontato, non basta rimettere nella sua precedente posizione il dado di serraggio. Dopo un periodo di funzionamento prolungato infatti la sede si allenta, perché la filettatura si assesta e le superfici di appoggio si levigano. Anche in questo caso quindi si deve misurare la riduzione del gioco radiale, la corsa di scorrimento o la dilatazione dell'anello.

Per calettare il cuscinetto sulla sede conica o per il piantaggio di una bussola di pressione, si utilizzano dispositivi meccanici o idraulici. Il tipo di montaggio da scegliere nel singolo caso dipende dalle condizioni di montaggio.

### Chiavi a gancio

Le chiavi a gancio sono adatte per stringere o allentare ghiere con intagli (ghiere di precisione) su alberi, bussole di trazione o bussole di pressione, *figura 8*. Mediante le chiavi a gancio è possibile montare cuscinetti di piccole e medie dimensioni su sedi coniche di alberi, bussole di trazione o bussole di pressione. Se non è prestabilito un momento torcente, per le ghiere con intagli ovvero ghiere di precisione si possono utilizzare chiavi a gancio con snodo, chiavi a dente con snodo e chiavi a foro frontale con snodo.

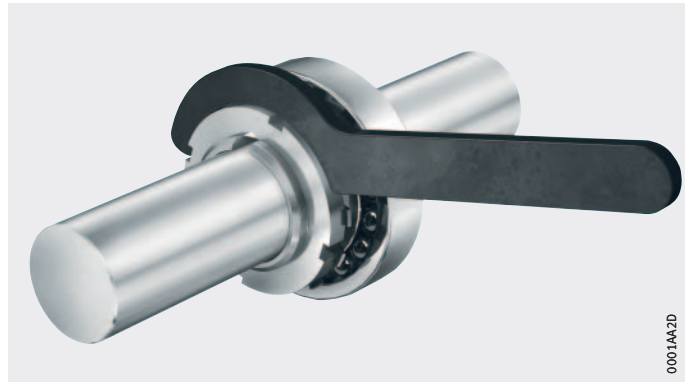



*Figura 8*
Chiavi a gancio

I piccoli cuscinetti con bussola di trazione vanno spinti con ghiera e chiave a gancio sulla sede conica della bussola, *figura 9*.

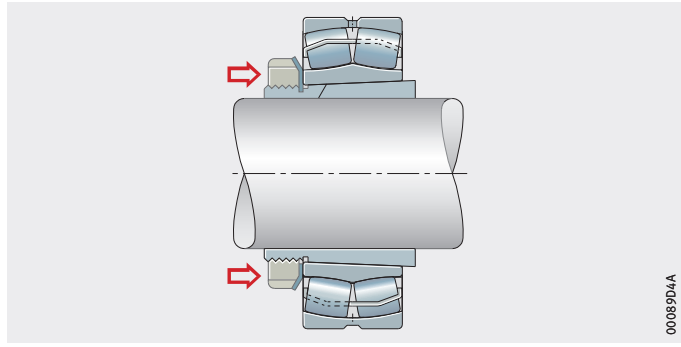



*Figura 9*
Calettamento di un cuscinetto orientabile a rulli su una bussola di trazione con ghiera

Le piccole bussole di pressione vanno spinte con la ghiera per albero nella fessura tra albero ed anello interno, *figura 10*.

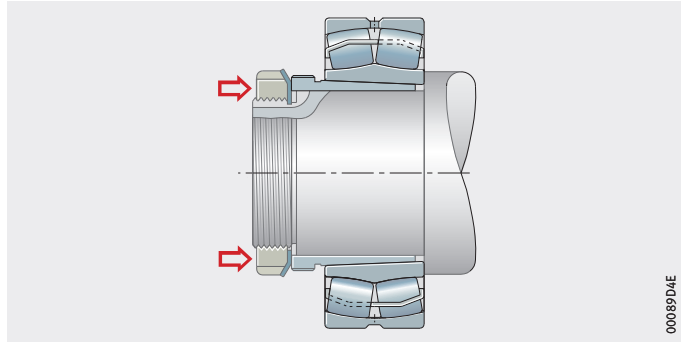



*Figura 10*
Piantaggio di una bussola di pressione con la ghiera per albero

Chiavi a doppio gancio

I set di chiavi a doppio gancio servono per montare cuscinetti orientabili a sfere e a rulli su bussole di trazione. Includono chiavi dinamometriche per determinare esattamente la posizione iniziale di montaggio prima di pressare il cuscinetto.

Su ogni chiave a doppio gancio sono incisi degli angoli di torsione, per cui è possibile registrare con esattezza lo spostamento assiale e la riduzione del gioco radiale, *figura 11*.

Per i cuscinetti radiali orientabili a sfere e i cuscinetti orientabili a rulli di piccole dimensioni, la misurazione diretta del gioco radiale è alquanto laboriosa. Se il cuscinetto è montato in un alloggiamento, in qualche caso la misurazione del gioco radiale non è possibile.

Perciò spesso si deve rinunciare alla misurazione e il gioco radiale viene valutato in modo approssimativo, ricorrendo al metodo tradizionale. Il cuscinetto volvente viene calettato sulla bussola di trazione fino al punto in cui è ancora possibile ruotare l'anello esterno e ruotando si avverte una leggera resistenza.

Il metodo da noi raccomandato consente una registrazione molto precisa del gioco radiale. Il gioco radiale viene ridotto in due fasi. Innanzitutto si stringe leggermente la ghiera alla coppia di serraggio prestabilita. In questo modo si raggiunge una posizione iniziale definita e nella seconda fase si registra con precisione il gioco radiale.

Si stringe poi la ghiera secondo un angolo definito. A questo punto il gioco radiale è ridotto della percentuale raccomandata del 60% – 70%.




*Figura 11*
Montaggio mediante chiave a doppio gancio

Ghiera per albero con viti di pressione

Nei cuscinetti di grandi dimensioni per il serraggio della ghiera sono necessarie forze notevoli. In tali casi il montaggio è facilitato dalla ghiera per albero con viti di pressione mostrata nella *figura 12*. Tra ghiera e bussola deve essere inserito un anello distanziatore, per evitare danni alla bussola.

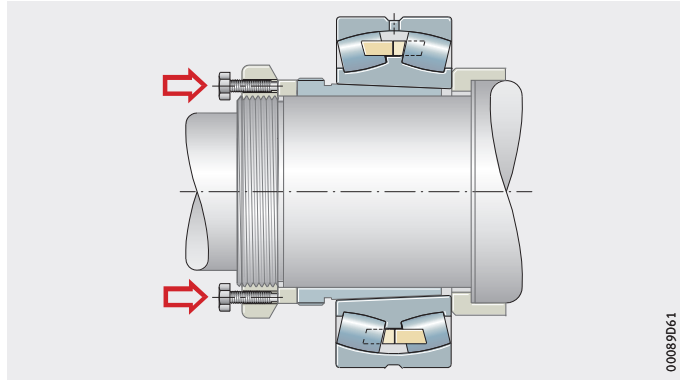


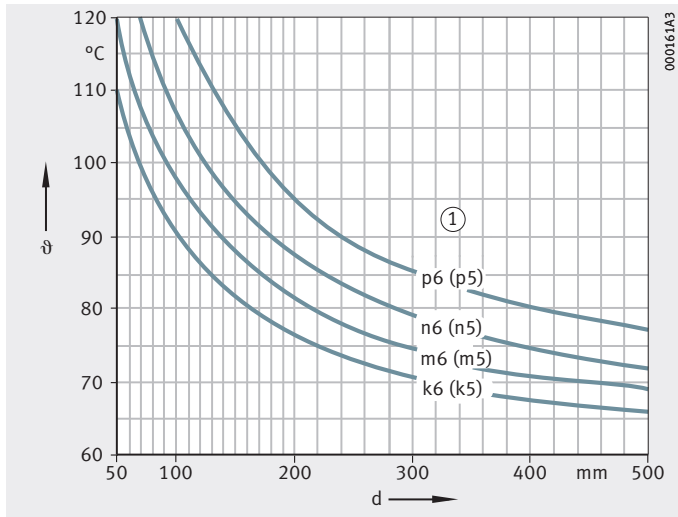

*Figura 12*
Montaggio mediante ghiera per albero con viti di pressione

Per non angolare il cuscinetto o la bussola, per prima cosa si stringe la ghiera solo fino a quando ghiera e anello di montaggio si trovano a filo. Le viti di pressione di acciaio temprato distribuite uniformemente sulla circonferenza – il cui numero dipende dalle forze necessarie – vanno poi serrate uniformemente in cerchio fino a raggiungere la riduzione richiesta del gioco radiale. L'attacco conico è autobloccante, perciò il dispositivo può essere poi rimosso e il cuscinetto può essere fissato con la ghiera vera e propria. Questo principio si può applicare anche ai cuscinetti che vanno fissati su una bussola di trazione o direttamente su un perno conico.

Nel montaggio di cuscinetti di grosse dimensioni, per inserire il cuscinetto o per il piantaggio nella bussola è opportuno utilizzare un procedimento idraulico. Ulteriori informazioni su questo procedimento sono presenti a pagina 83.

## Montaggio termico

I cuscinetti con foro cilindrico devono essere riscaldati prima del montaggio se si prevede un accoppiamento bloccato sull'albero e lo sforzo per il calettamento meccanico è troppo elevato. La temperatura necessaria per il montaggio è indicata dalla *figura 13*. I dati valgono per un'interferenza massima di accoppiamento, una temperatura ambiente di +20 °C e una sovratemperatura di sicurezza di 30 K.




ϑ = temperatura di riscaldamento
d = diametro del cuscinetto

① Tolleranza albero

*Figura 13*
Temperatura di riscaldamento

Durante il riscaldamento dei cuscinetti, la temperatura deve essere controllata con precisione. Una differenza di temperatura troppo elevata tra i singoli componenti può provocare deformazioni all'interno del cuscinetto e di conseguenza danni. Per tutti i cuscinetti non scomponibili, ad esempio cuscinetti orientabili a rulli, è necessario considerare che il gioco radiale presente viene ridotto in modo relativamente rapido per effetto della differenza di temperatura dei componenti del cuscinetto e che i corpi volventi potrebbero premere sulla pista di rotolamento dei componenti più freddi. Inoltre normalmente non si deve superare una temperatura di riscaldamento massima di +120 °C, in modo da non modificare la struttura e la durezza del cuscinetto. Osservare altresì la temperatura massima dell'agente protettivo.

I cuscinetti con gabbie in poliammide rinforzata con fibra di vetro, come pure i cuscinetti a tenuta stagna o già ingrassati, durante il montaggio possono essere riscaldati fino a massimo +80 °C, però non in bagno d'olio.

Dopo essere state riscaldate, le parti vengono spinte rapidamente e senza essere angolate in un sol colpo fino alla battuta d'arresto nel punto di appoggio. Un leggero movimento di avvitamento durante l'inserimento sull'albero facilita un montaggio rapido. Indossare guanti di protezione durante il montaggio delle parti riscaldate, *figura 14*.

Per realizzare accoppiamenti ben forzati negli alloggiamenti, quindi nel caso di carico periferico sull'anello esterno, si può riscaldare l'alloggiamento.




*Figura 14*
Montaggio in sede del cuscinetto riscaldato

Dopo essere stato inserito, l'anello interno deve essere subito serrato assialmente e deve essere mantenuto in posizione fino a che non si raffredda, in modo che poi si trovi a contatto con la battuta assiale. Anche nel caso di due anelli adiacenti non ci deve essere nessuna luce.

**Riscaldatore a induzione**

Con il riscaldatore a induzione i cuscinetti volventi vengono portati alla temperatura di montaggio in modo rapido, sicuro e soprattutto pulito. I riscaldatori sono utilizzati soprattutto nel montaggio in serie.

Con i riscaldatori si riscaldano cuscinetti volventi di tutti i tipi, anche i cuscinetti ingrassati e a tenuta stagna. Il riscaldatore più piccolo si utilizza per cuscinetti con foro da 10 mm, *figura 15*. Il peso massimo del cuscinetto per il riscaldatore qui raffigurato è per esempio di 50 kg.




*Figura 15*
Riscaldatore per cuscinetti di piccole dimensioni

I riscaldatori di grandi dimensioni si utilizzato per fori a partire da 90 mm, *figura 16*. Il pezzo più pesante può avere un peso di 1 600 kg.




*Figura 16*
Riscaldatore per cuscinetti di grandi dimensioni

Dopo la procedura di riscaldamento avviene una smagnetizzazione automatica del cuscinetto. Ulteriori informazioni sui riscaldatori a induzione sono presenti in TPI 200, Riscaldatori FAG per il montaggio di cuscinetti volventi.

**Piastra elettrica**

I cuscinetti volventi o parti piccole della macchina vengono riscaldati su piastre elettriche a regolazione termica per mezzo del calore di contatto. Nel fare ciò si deve però prestare attenzione a riscaldare uniformemente l'intero cuscinetto.

Tra una piastra elettrica senza regolazione termica e l'anello interno di un cuscinetto con gabbia in poliammide va inserito un anello o un disco.



**Bagno d'olio**

I cuscinetti volventi di tutte le dimensioni e forme costruttive possono essere riscaldati in bagno d'olio, ad esclusione dei cuscinetti a tenuta stagna, ingrassati e dei cuscinetti di precisione. Per il riscaldamento si deve utilizzare olio pulito con un punto d'infiammabilità di +250 °C. È opportuna una regolazione con termostato (temperatura da +80 °C a +120 °C). Per un riscaldamento uniforme dei cuscinetti e per evitare che vi si depositi sporco, i cuscinetti devono essere posati su una griglia o tenuti sospesi nel bagno d'olio. Dopo essere stati riscaldati, l'olio deve sgocciolare via e tutte le superfici di accoppiamento e di contatto devono essere ben asciugate.



Durante questo procedimento prestare attenzione al pericolo di incidenti, all'inquinamento dell'ambiente attraverso i vapori d'olio e all'infiammabilità dell'olio ad alta temperatura!

**Forno di riscaldamento**

Un metodo sicuro e pulito è riscaldare i cuscinetti volventi in un forno di riscaldamento. La temperatura viene regolata da un termostato e perciò viene mantenuta con estrema precisione. È praticamente impossibile che i cuscinetti si sporchino. L'aspetto negativo è che il riscaldamento con aria calda rispetto agli altri metodi richiede molto tempo ed energia.

**Tecnologia a media frequenza**

Con l'aiuto degli impianti con tecnologia a media frequenza FAG si riscaldano a induzione, per operazioni di montaggio e smontaggio, anche cuscinetti molto grandi e pesanti, come pure altri componenti. Grazie alla sua struttura compatta l'apparecchio è adatto anche per un utilizzo mobile.

Il riscaldatore è costituito dal generatore di frequenze medie e da un induttore, *figura 17*, pagina 82. A seconda dell'applicazione questo può essere flessibile o fisso. La versione flessibile assomiglia a un cavo che si posiziona nel foro oppure all'esterno del pezzo da trattare. Gli induttori flessibili sono adatti per pezzi di varie forme e dimensioni e possono essere utilizzati per lunghi periodi con temperature di riscaldamento fino a +180 °C o +300 °C a seconda del modello.




*Figura 17*
Riscaldatore a media frequenza FAG

Per produzioni in serie dove viene montato un grande numero di componenti uguali, la flessibilità risulta di secondaria importanza rispetto a tempi di messa a punto ridotti e alla sicurezza del processo. A tale scopo sono adatti gli induttori fissi. In questo tipo di induttori la bobina viene incorporata in un involucro adattato al pezzo da trattare e perciò può essere posizionata in modo rapido e semplice nella zona di riscaldamento. Gli induttori fissi, al contrario della variante flessibile, possono essere utilizzati anche per componenti di piccole dimensioni.

Per riscaldare cuscinetti non scomponibili, prima si deve riscaldare l'anello esterno, in modo da mantenere il gioco del cuscinetto ed evitare di danneggiare il cuscinetto stesso!

Gli impianti vengono progettati per il caso di applicazione specifico! Si invita a contattare gli esperti di applicazioni Schaeffler!

Vantaggi

- Svariate possibilità di impiego con gli induttori flessibili
- Leggeri da trasportare – utilizzabili ovunque
- Lavoro rapido ed efficiente sotto il profilo energetico
- Tempi di riscaldamento brevi e produttività elevata.

**Altre informazioni**

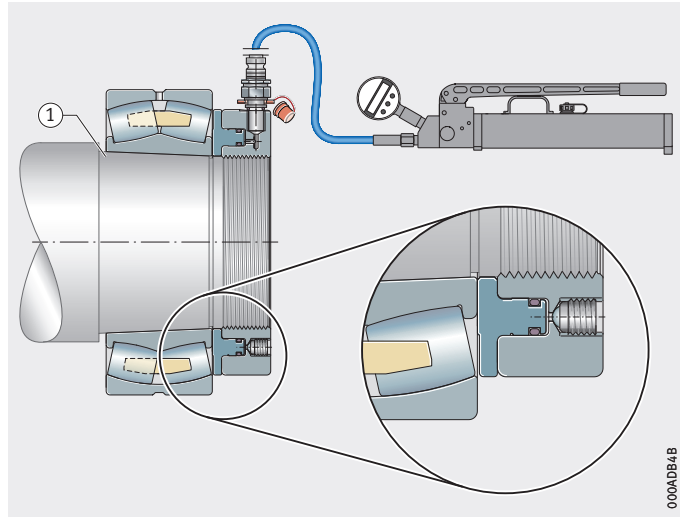
- TPI 217, Impianti di riscaldamento ad induzione FAG con tecnologia a media frequenza.

## Montaggio idraulico

Con il montaggio idraulico si possono applicare forze elevate. Questi metodi sono perciò particolarmente adatti per montare cuscinetti di grandi dimensioni con foro conico. Come attrezzo di montaggio si utilizzano ghiere idrauliche. Per generare pressione si utilizzano iniettori di olio, pompe a mano e gruppi idraulici.

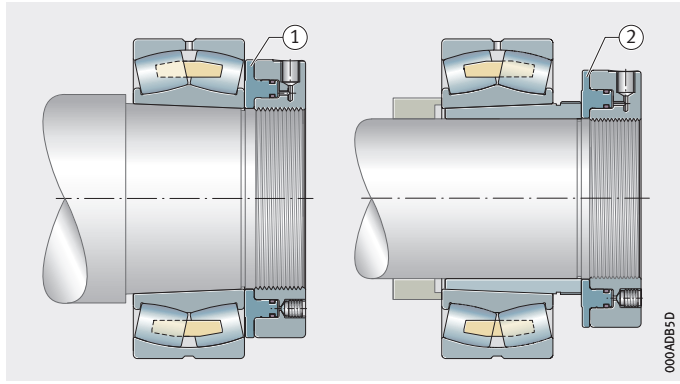
### Ghiera idraulica

Con le ghiere idrauliche si premono i componenti con foro conico sulla rispettiva sede conica, *figura 18* e *figura 19*, pagina 84. Questi attrezzi sono utilizzati soprattutto quando gli altri strumenti, come ad esempio ghiere per alberi o viti di pressione, non possono più applicare le forze di pressione necessarie. Le ghiere idrauliche sono costituite da un pistone anulare e un corpo pressa. La ghiera ha una filettatura fine metrica o una filettatura trapezia, a seconda delle dimensioni. Sono disponibili anche modelli in pollici. Il raccordo dell'olio è sempre realizzato come $G^{1}/_{4}$, indipendentemente dalle dimensioni. La corsa di scorrimento necessaria viene verificata con un comparatore a quadrante.




① Montaggio su una sede conica

*Figura 18*
Montaggio di un cuscinetto orientabile a rulli con una ghiera idraulica




① Calettamento su albero conico
② Piantaggio di una bussola di pressione

*Figura 19*
Montaggio di un cuscinetto orientabile a rulli con una ghiera idraulica

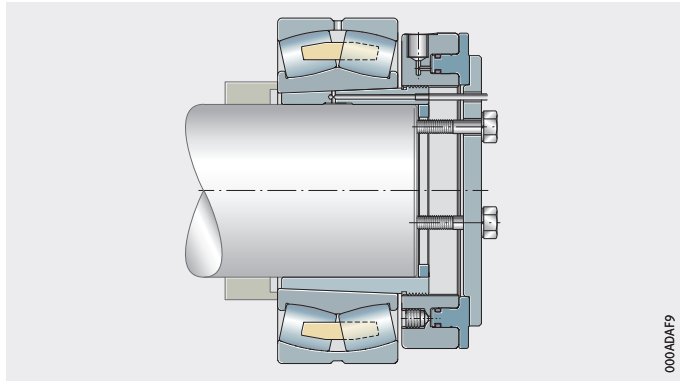



*Figura 20*
Montaggio di un cuscinetto orientabile a rulli con bussola di pressione e piastra di pressione (impiegando il metodo idraulico)

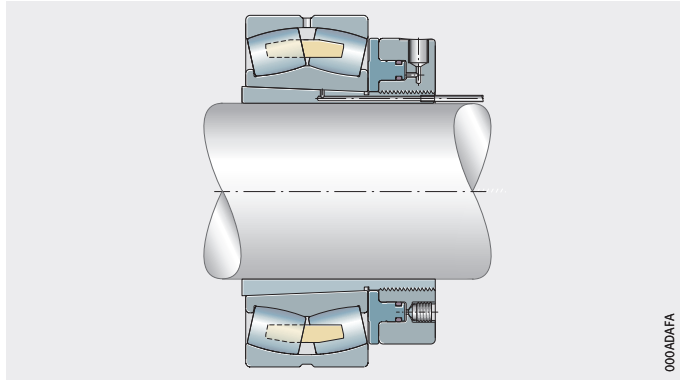
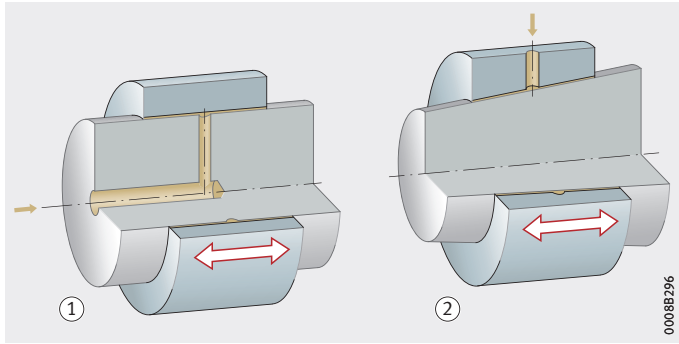



*Figura 21*
Montaggio di un cuscinetto orientabile a rulli con bussola di trazione (impiegando il metodo idraulico)

**Metodo idraulico**

Nel metodo idraulico l'olio viene inserito a pressione tra le superfici di accoppiamento, *figura 22*. Questo metodo è particolarmente adatto per montare cuscinetti di grandi dimensioni con foro conico su un albero conico o una bussola di trazione o di pressione. La pellicola di olio elimina in larga misura il contatto tra le parti accoppiate, in modo da poterle spostare tra loro senza dover applicare una grande forza e senza correre il rischio di danneggiare la superficie. L'ossidazione da contatto viene sciolta da petrolio o da appositi additivi nell'olio.



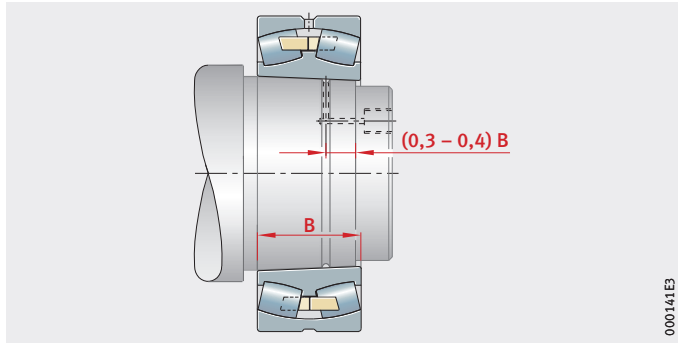

① Superficie di appoggio cilindrica
② Superficie di appoggio conica

*Figura 22*
Principio del montaggio idraulico: creare una pellicola di liquido tra le superfici di accoppiamento

Per l'iniezione dell'olio devono essere previste delle apposite scanalature e dei condotti di adduzione, nonché la filettatura di collegamento per i generatori di pressione. La larghezza della scanalatura per l'olio dipende dalla larghezza del cuscinetto, *figura 23*, pagina 86. Ulteriori indicazioni sulla costruzione sono presenti nello stampato FAG WL 80102, Procedimento idraulico per il montaggio e lo smontaggio di cuscinetti volventi. Come attrezzo di montaggio si utilizzano ghiere idrauliche. Per generare pressione in genere si utilizzano pompe a mano e gruppi idraulici. In singoli casi possono essere utilizzati anche iniettori di olio.

Un distanziale impedisce che la bussola o l'anello del cuscinetto vengano danneggiati. Nel caso della bussola di pressione, *figura 25*, pagina 86, il raccordo dell'olio viene fatto passare attraverso la ghiera per albero. La corsa di scorrimento del cuscinetto oppure della bussola di pressione viene determinata sulla base della riduzione del gioco radiale. Per la misurazione del gioco radiale scaricare il cuscinetto dalla pressione dell'olio.

Dopo aver scaricato l'olio compresso ci vogliono ancora da 10 minuti a 30 minuti per far fuoriuscire completamente l'olio dalla giunzione di accoppiamento. Durante questo tempo deve continuare ad esercitare il precarico assiale. Successivamente si toglie il dispositivo di montaggio (ghiera con viti di pressione e ghiere idrauliche) e si blocca assialmente.




B = larghezza del cuscinetto

*Figura 23*
Larghezza consigliata per gole dell'olio

**Albero conico**

Nel caso in cui la sede del cuscinetto sia direttamente su un albero conico, l'olio viene pressato tra le superfici di accoppiamento e il cuscinetto viene contemporaneamente premuto sul cono con viti o ghiera. Inoltre viene misurata la riduzione del gioco radiale o la corsa di scorrimento assiale, *figura 24*.

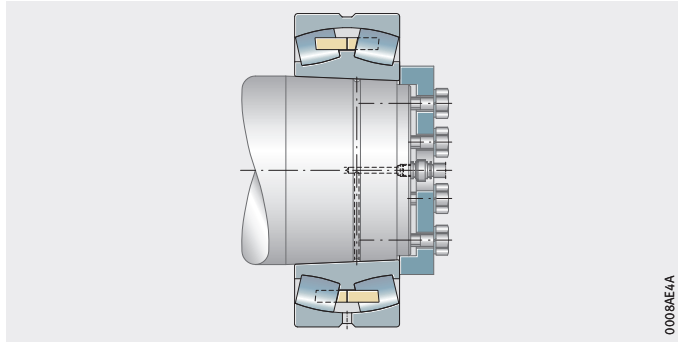



*Figura 24*
Sede del cuscinetto sull'albero

**Bussola di pressione**

Nel caso in cui la sede del cuscinetto sia sulla bussola di pressione, l'olio viene pressato tra le superfici di accoppiamento e la bussola di pressione viene premuta nel foro del cuscinetto con viti o ghiera. L'olio viene fatto passare attraverso la ghiera per albero. Inoltre viene misurata la riduzione del gioco radiale, *figura 25*.

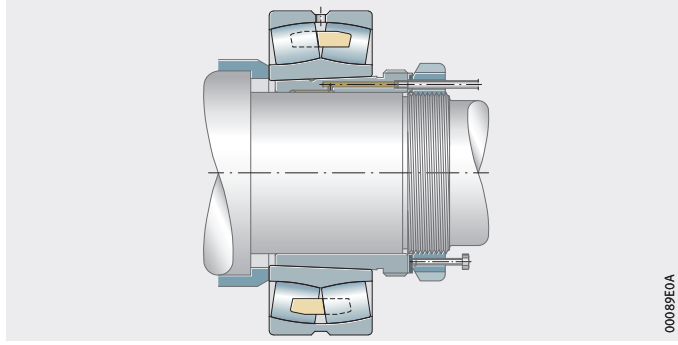
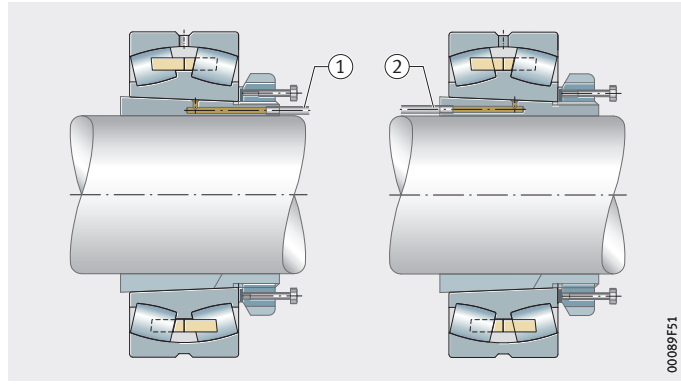



*Figura 25*
Cuscinetto bussola di pressione

**Bussola di trazione**

Nel caso in cui la sede del cuscinetto sia sulla bussola di trazione, l'olio viene premuto tra le superfici di accoppiamento e il cuscinetto viene premuto sulla bussola di trazione con viti o ghiera. Inoltre viene misurata la riduzione del gioco radiale, *figura 26*.




① Raccordo dell'olio nel lato filettatura
② Raccordo dell'olio nel lato cono

*Figura 26*
Sede del cuscinetto sulla bussola di trazione

**Pompa a mano**

Nel montaggio idraulico l'olio si pressurizza per lo più mediante una pompa a mano, *figura 27*.

Come liquido di pressione si utilizza un olio macchina di media viscosità. Per il montaggio si consiglia un olio il più possibile fluido con una viscosità di ≈ 75 $mm^2/s$ a +20 °C (viscosità nominale 32 $mm^2/s$ a +40 °C), in modo che l'olio dopo il montaggio fuoriesca dalla giunzione di accoppiamento senza lasciare residui.

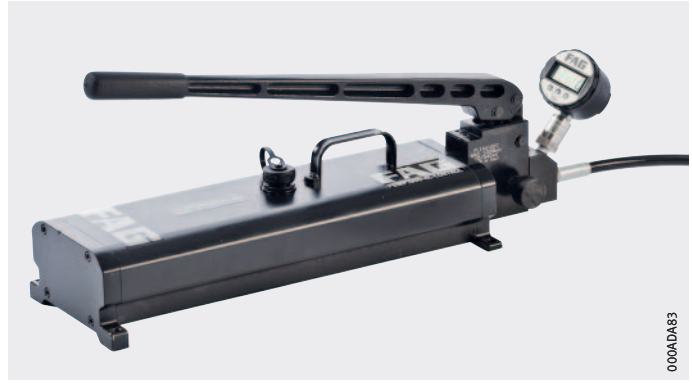



*Figura 27*
Set di pompe a mano FAG

## Caratteristiche

La scelta del metodo di montaggio adatto dipende sia dalla forma costruttiva del cuscinetto, sia dalla struttura circostante e dalle rispettive dimensioni, vedere pagina 192. Per alcune forme costruttive di cuscinetti volventi durante il montaggio si deve fare attenzione a determinate particolarità oppure si deve seguire un procedimento particolare, come descritto approfonditamente qui di seguito. Ulteriori dettagli sono presenti nei cataloghi e negli opuscoli specifici del prodotto. Per un corretto montaggio rimane comunque sempre fondamentale la guida per il montaggio specifica dell'applicazione.

## Montaggio di cuscinetti a sfere a contatto obliquo e cuscinetti a rulli conici

I cuscinetti a sfere a contatto obliquo e i cuscinetti a rulli conici si installano sempre a coppie. Il gioco assiale, e quindi anche il gioco radiale di due cuscinetti registrati l'uno rispetto all'altro, si imposta durante il montaggio. Inoltre il valore del gioco o il precarico dipende dalle esigenze di esercizio. I cuscinetti a sfere a contatto obliquo in esecuzione universale si possono montare direttamente l'uno accanto all'altro in qualsiasi disposizione si desideri.

Elevati carichi ed elevate velocità di rotazione provocano il riscaldamento della sede del cuscinetto. Per via della dilatazione termica, il gioco del cuscinetto registrato durante il montaggio può variare durante il funzionamento. In tale evenienza l'aumento o la diminuzione del gioco dipende dalla disposizione e le dimensioni dei cuscinetti, dai materiali dell'albero e dell'alloggiamento e dalla distanza dei due cuscinetti.

Se si esige una guida dell'albero la più possibile precisa, allora si regola il gioco gradualmente. In tal caso a ogni regolazione deve seguire una prova di funzionamento in cui si controlla la temperatura. Ci si assicura così che il gioco non diventi troppo piccolo e di conseguenza che la temperatura non salga troppo. Con le prove di funzionamento il supporto si "assesta", ed il gioco non subirà ulteriori significativi cambiamenti.

Per la corretta temperatura dei cuscinetti con velocità di rotazione da media ad elevata e carico medio vale la seguente indicazione: se non c'è alcun riscaldamento esterno, un supporto correttamente registrato può raggiungere durante la prova di funzionamento una temperatura da circa +60 °C a +70 °C; la temperatura dovrebbe però scendere dopo un funzionamento di circa due – tre ore, in particolare con la lubrificazione a grasso se il grasso in eccesso è stato spinto fuori dal vano interno del cuscinetto e il lavoro di agitazione diminuisce.

I cuscinetti che a bassa velocità di rotazione sono sottoposti a vibrazioni, vanno montati senza gioco o persino con precarico, perché altrimenti esiste il rischio che i corpi volventi vadano ad incidere la pista. I cuscinetti a sfere a contatto obliquo e i cuscinetti a rulli conici si registrano l'uno rispetto all'altro attraverso dadi sull'albero, *figura 1*, attraverso anelli distanziali, *figura 2*, o anelli filettati nell'alloggiamento.

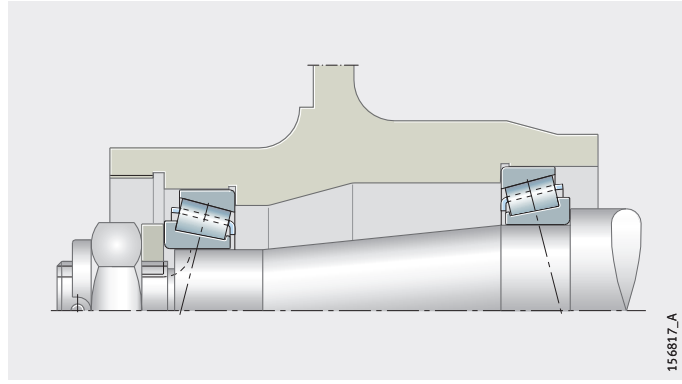



*Figura 1*
Registrazione di cuscinetti a rulli conici di una ruota folle con il dado del fusello

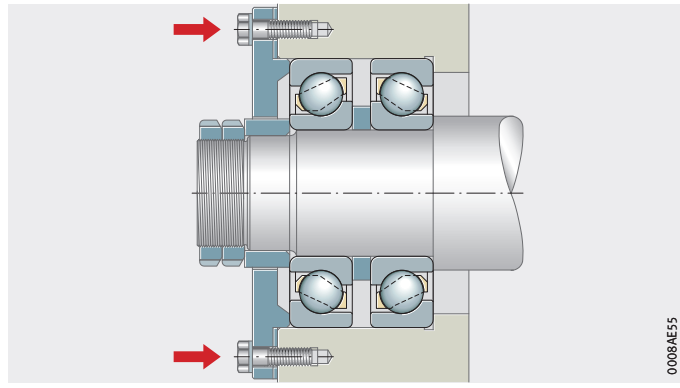



*Figura 2*
Fissaggio assiale di una coppia di cuscinetti a sfere a contatto obliquo – registrazione del gioco mediante distanziali

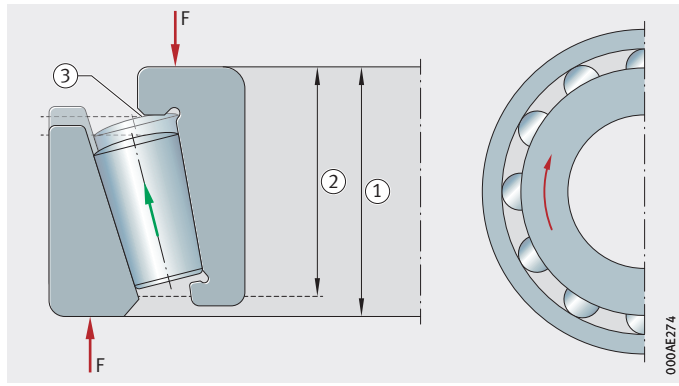
Il gioco assiale o il precarico di un supporto registrabile – partendo da condizioni senza gioco – si regola allentando o serrando il dado di arresto oppure inserendo spessori calibrati. Il gioco assiale e il precarico possono essere convertiti in giri del dado di arresto tramite il passo della filettatura.

Durante le procedura di registrazione si cerca di passare dal gioco al precarico girando continuamente l'albero a mano e contemporaneamente controllando con un comparatore la possibilità di movimento dell'albero.

La regolazione corretta si trova più facilmente con una chiave torsiometrica. Il dado di arresto va serrato con il momento torcente prescritto in base alle dimensioni del cuscinetto. Girando in senso antiorario il dado di arresto di circa $^{1}/_{12}$ di giro si ottiene il gioco necessario.

In caso di cuscinetti a rulli conici prestare attenzione che i corpi volventi durante il montaggio aderiscano al bordo di guida.
In questo modo si evita che aumenti il gioco di esercizio del cuscinetto per i successivi effetti di assestamento. A tal fine fare ruotare ripetutamente il cuscinetto durante il montaggio, così i corpi volventi dallo loro posizione di partenza indefinita migrano nella posizione desiderata di contatto con il bordo di guida. Questa procedura viene definita "avvitamento". Al termine della procedura si deve verificare che i rulli siano a contatto con il bordo, a tale fine utilizzare ad esempio uno spessimetro.

Evitare che gli anelli si ribaltino l'uno verso l'altro!




① Altezza d'ingombro prima dell'avvitamento
② Altezza d'ingombro dopo l'avvitamento
③ Distanza ("gap")

*Figura 3*
Procedura di avvitamento

Per i cuscinetti a rulli conici accoppiati e a più corone, *figura 4* e *figura 5*, il gioco assiale si stabilisce con la larghezza dell'anello intermedio.

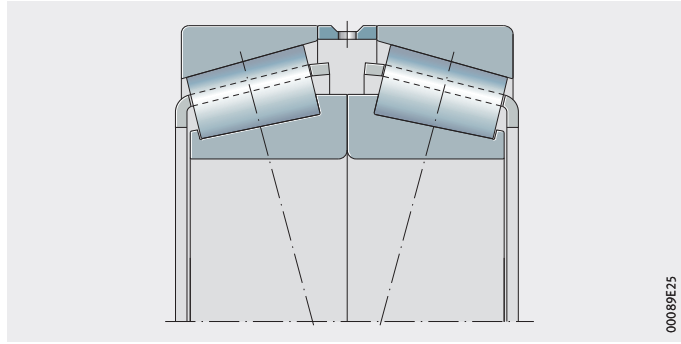



*Figura 4*
Cuscinetti a rulli conici accoppiati in disposizione ad X (suffisso N11CA)

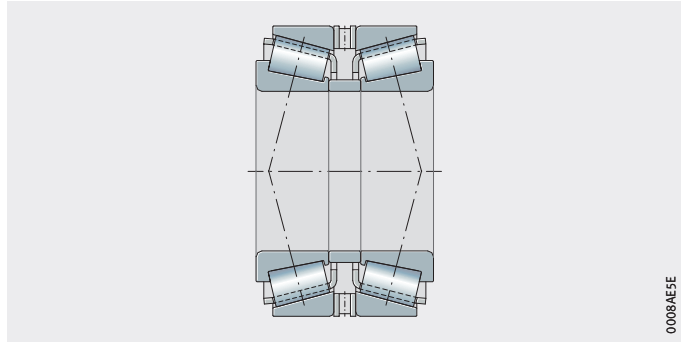
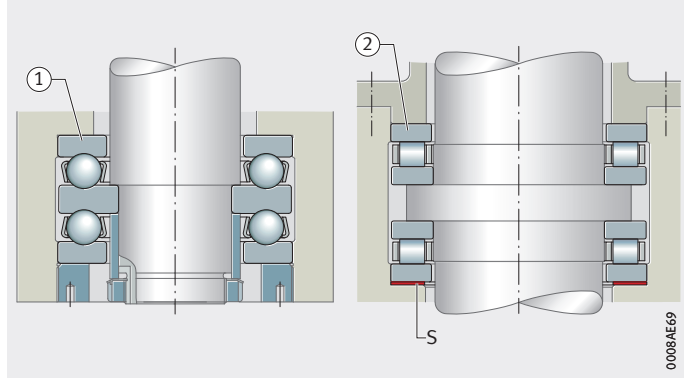



*Figura 5*
Cuscinetto a rulli conici a due corone in disposizione ad O

## Montaggio di cuscinetti assiali

Nei cuscinetti assiali le ralle per albero vengono normalmente installate con un accoppiamento incerto e solo in casi eccezionali un accoppiamento bloccato, invece le ralle per alloggiamento sempre con accoppiamento libero. Con cuscinetti assiali a doppio effetto il disco centrale viene bloccato in posizione assiale, *figura 6*.




① Cuscinetto assiale a doppio effetto, registrato senza gioco
② Cuscinetto assiale a rulli cilindrici precaricato con anello distanziale S

*Figura 6*
Cuscinetti assiali registrati senza gioco

## Montaggio di supporti di macchine utensili

Nei mandrini di macchine utensili è particolarmente importante registrare correttamente il gioco dei cuscinetti, perché da questo dipende la qualità dei pezzi che vengono realizzati. Per poter registrare esattamente il gioco di esercizio o il precarico durante il montaggio dei cuscinetti, Schaeffler ha sviluppato strumenti di misura dedicati.

### Cuscinetti di alta precisione

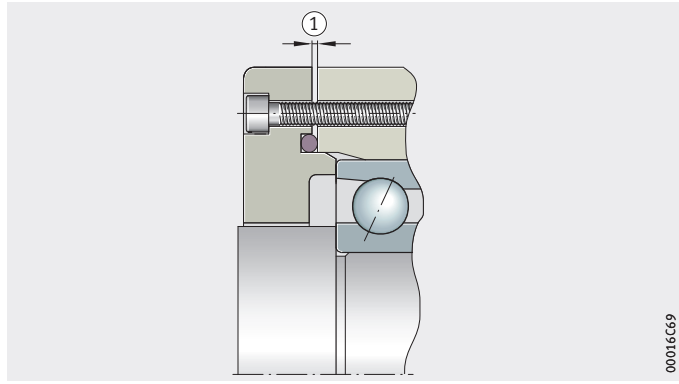
Tra i cuscinetti di alta precisione ci sono:

- cuscinetti per mandrino
- Cuscinetti a rulli cilindrici di alta precisione
- Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo.

### Procedure di adattamento

Per ottenere una prestazione ottimale o un posizionamento preciso del mandrino rispetto al supporto, occorre spesso effettuare adattamenti dei componenti. Questo riguarda ad esempio il coperchio con cui vengono fissati i cuscinetti. Prima del fissaggio deve essere accertata la presenza di un interstizio, *figura 7*.

Nei mandrini funzionanti ad alta velocità può essere opportuno adattare degli anelli intermedi, per compensare l'effetto dell'accoppiamento e della dilatazione dell'anello sul precarico.




① Interstizio prima del serraggio delle viti del coperchio frontale
Foro del cuscinetto d ≦ 100 mm: 0,01 mm a 0,03 mm
Foro del cuscinetto d > 100 mm: 0,02 mm a 0,04 mm

*Figura 7*
Adattare il coperchio frontale (raccomandazione)

## Ingrassaggio

I cuscinetti di alta precisione FAG sono conservati in modo tale da non richiedere un lavaggio prima dell'ingrassaggio. La regolazione della quantità di grasso impone dei requisiti rigorosi ai dispositivi di ingrassaggio e di misura impiegati. Si raccomandano cuscinetti già ingrassati e a tenuta stagna Schaeffler.



L'ingrassaggio va effettuato in condizioni di massima pulizia!

Nel caso di cuscinetti ingrassati, prima della prova di funzionamento del mandrino occorre effettuare un ciclo di distribuzione del grasso nei cuscinetti!

## Serraggio assiale degli anelli interni

Per il serraggio dei set di cuscinetti per mandrino sull'albero si utilizzano generalmente delle ghiere per alberi. In questi casi, per il serraggio sull'albero, le ghiere con fori assiali vanno preferite alle ghiere con intagli, poiché consentono di ridurre al minimo i vortici d'aria che si creano alle alte velocità di rotazione.

Il lato di contatto delle ghiere dovrebbe essere rettificato insieme alla filettatura in un'unica fase di lavorazione. Si raccomanda una tolleranza massima di planarità di 2 $\mu$m.

Per evitare di compromettere la planarità durante la procedura di serraggio, gli inserti di bloccaggio dovrebbero essere rettificati insieme alla filettatura e al lato piano.

I valori per il serraggio assiale degli anelli interni sull'albero con una ghiera di precisione sono riportati nel catalogo SP 1, Cuscinetti di alta precisione.

Al fine di escludere o ridurre le deformazioni da assestamento, serrare dapprima la ghiera con il triplo della coppia indicata, poi allentare e quindi bloccare definitivamente con la coppia nominale. Dopodiché stringere le viti di arresto come indicato dal fabbricante.

## Procedura di montaggio per cuscinetti a rulli cilindrici

I cuscinetti a rulli cilindrici con foro conico si montano con gioco, senza gioco o con precarico.

L'esatto procedimento per il montaggio e lo smontaggio di cuscinetti di alta precisione è descritto nel manuale di montaggio e manutenzione per lo specifico cuscinetto e nel catalogo SP 1, Cuscinetti di alta precisione.

**Montaggio di cuscinetti per tavole girevoli**

I cuscinetti radiali-assiali ed i cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo sono cuscinetti di precisione pronti per il montaggio per applicazioni di precisione con carichi combinati. Assorbono carichi radiali ed assiali bidirezionali e momenti rivaltanti in assenza di gioco e sono particolarmente adatti a supporti con elevate esigenze di precisione di funzionamento, come ad esempio nelle tavole girevoli, nei dischi portapezzo, nelle teste portafresa e nei dispositivi di serraggio rotanti e ribaltanti.

Grazie ai fori di fissaggio negli anelli questi componenti sono molto facili da montare. Dopo il montaggio i cuscinetti sono precaricati radialmente e assialmente.

Tra i cuscinetti di precisione per carichi combinati ci sono:

- cuscinetti radiali-assiali YRT, RTC, $YRT_{Speed}$
- Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo ZKLDF
- Cuscinetti radiali-assiali YRT con integrato sistema di misura angolare YRTM.

**Altre informazioni**

- TPI 103, Cuscinetti di precisione per carichi combinati, istruzioni di montaggio e di manutenzione
- MON 36, Serie YRTSM e YRTM
- MON 20, Cuscinetti di precisione per carichi combinati, istruzioni di montaggio e di manutenzione.

**Montaggio di cuscinetti per viti a ricircolazione ZKLF, ZKLN, ZKRN, ZARF, ZARN**

Tra i cuscinetti per viti a ricircolazione ci sono:

- cuscinetti assiali a contatto obliquo a due corone di sfere, flangiati ZKLF
- Cuscinetti assiali a contatto obliquo a due corone di sfere, non flangiati ZKLN
- Cuscinetti assiali a contatto obliquo a una corona di sfere BSB, 7602, 7603
- Unità con cuscinetti a sfere a contatto obliquo ZKLR
- Cuscinetti assiali a contatto obliquo a due e tre corone di sfere ZKLFA, DKLFA
- Cuscinetti combinati radiali a rullini e assiali a rulli cilindrici flangiati ZARF
- Cuscinetti combinati radiali a rullini e assiali a rulli cilindrici non flangiati ZARN.

Il montaggio di questi cuscinetti è descritto dettagliatamente nel TPI 100, Cuscinetti per viti a ricircolazione.

## Montaggio di cuscinetti a rulli toroidali

Per i cuscinetti a rulli toroidali vale fondamentalmente lo stesso procedimento impiegato per gli altri cuscinetti standard. Una panoramica dei metodi e degli attrezzi consigliati in base al diametro del cuscinetto è presente nella tabella Metodi di montaggio e smontaggio per cuscinetti volventi, pagina 192, in questo manuale di montaggio. Più avanti sono trattate in dettaglio alcune raccomandazioni per il montaggio e lo smontaggio.

**Misurazione del gioco radiale**

Il bloccaggio di un anello su sede conica si determina attraverso la variazione del gioco radiale. Prima e dopo il montaggio il gioco radiale del cuscinetto viene misurato mediante spessimetro. In tal caso prestare attenzione che i due anelli siano allineati e centrati l'uno rispetto all'altro. Il gioco di esercizio richiesto si regola poi in genere spostando assialmente i due anelli l'uno verso l'altro.

**Spazi liberi sulle superfici frontali del cuscinetto e quote di montaggio**

Per il fissaggio assiale di cuscinetti a rulli toroidali FAG si devono considerare i gradi di libertà relativi a spostamento assiale ed inclinazione. Evitare l'eventuale contatto con elementi di sicurezza o con l'ambiente. In primo luogo rispettare il valore necessario dello spazio libero $C_{a\,req}$, che assicura lo spostamento assiale dell'albero nell'alloggiamento, *figura 8*.

$$C_{a\,req} = C_a + 0{,}5 \cdot \left(\delta_{ax} + s_\varphi\right)$$

$C_{a\,req}$ mm
Valore necessario dello spazio libero

$C_a$ mm
Valore minimo dello spazio libero in caso di anelli del cuscinetto non sfalsati, vedere TPI 232, Cuscinetti a rulli toroidali TORB

$\delta_{ax}$ mm
Variazione di lunghezza dell'albero dovuta alla temperatura

$s_\varphi$ mm
Riduzione dello spostamento assiale in seguito all'inclinazione.

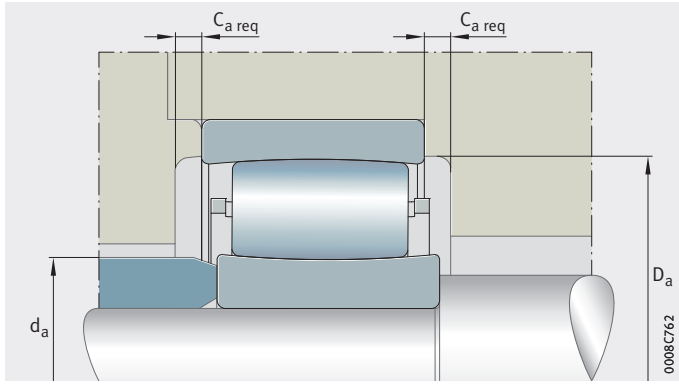



*Figura 8*
Spazi liberi nel supporto

In secondo luogo si devono osservare le quote di montaggio $D_a$ e $d_a$. Nei casi in cui gli elementi di sicurezza assiali o i dadi di montaggio non rientrino con il diametro esterno nelle quote prestabilite, è necessario utilizzare dadi distanziali.

**Posizionamento assiale del cuscinetto**

I cuscinetti a rulli toroidali sono di norma montati con anello interno ed esterno centrati l'uno rispetto all'altro, con i quali si registra il necessario gioco del cuscinetto. Dato che lo spostamento assiale degli anelli l'uno verso l'altro riduce il gioco nel cuscinetto, il gioco radiale desiderato può essere realizzato sfalsando gli anelli. Informazioni più dettagliate per il calcolo della riduzione del gioco radiale sono presenti nel TPI 232, Cuscinetti a rulli toroidali TORB. Spostamenti assiali maggiori, provocati da elevate variazioni di temperatura o da altri influssi, devono essere considerati preliminarmente già durante il montaggio posizionando gli anelli l'uno verso l'altro. In caso di supporto oscillante si deve prestare attenzione che lo spostamento assiale provocato dall'oscillazione avvenga sempre nello stesso lato riferito al centro del cuscinetto. Solo all'avviamento è consentito superare il centro del cuscinetto.

**Indicazioni per il montaggio**

Durante il montaggio prestare attenzione che i due anelli del cuscinetto non siano sfalsati l'uno rispetto all'altro. Si consiglia in ogni caso un montaggio orizzontale. Se è necessario il montaggio verticale, si devono utilizzare dispositivi adeguati che tengano centrati l'uno rispetto all'altro i due anelli del cuscinetto.

In caso di montaggio del cuscinetto contemporaneamente su un albero e in un alloggiamento, la pressione di inserimento deve essere esercitata sia sull'anello interno che su quello esterno, per evitare che il cuscinetto si inclini.

## Montaggio di cuscinetti TAROL

Le unità cuscinetto a rulli conici TAROL sono utilizzate per il supporto di sale nei veicoli su rotaia come ad esempio carri merci e carrozze ferroviarie, *figura 9*. Si tratta di cuscinetti volventi compatti, preassemblati, ingrassati, a tenuta stagna e registrati assialmente che vengono montati a pressione in un unico ciclo di lavorazione sul fusello. Se il diametro del fusello rientra nella tolleranza prescritta, grazie all'accoppiamento forzato del cuscinetto si instaura il gioco assiale necessario.

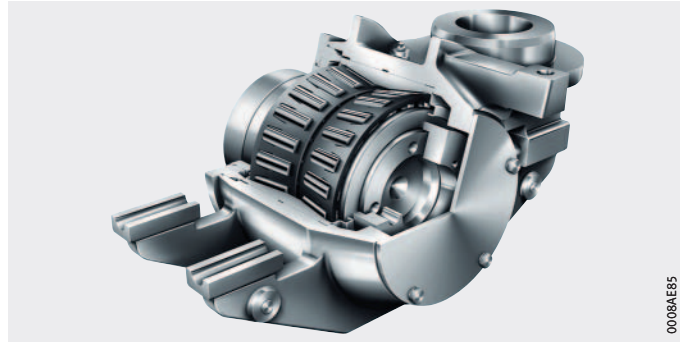



*Figura 9*
Cuscinetti per veicoli su rotaia

Per il montaggio e smontaggio di questi cuscinetti Schaeffler consiglia di utilizzare un dispositivo idraulico mobile, *figura 10*. Questo dispositivo ha un cilindro di pressione a doppio effetto, comandato da valvole e regolabile in altezza, azionato da una motopompa.
I rispettivi kit di utensili sono specifici per il cuscinetto e per la situazione di montaggio. Informazioni dettagliate sul prodotto descritto e sul procedimento esatto per il montaggio e lo smontaggio sono presenti nel TPI 156, Unità cuscinetto a rulli conici TAROL – montaggio, manutenzione, riparazione.




*Figura 10*
Dispositivo idraulico mobile

Il montaggio dei cuscinetti è soggetto alle specifiche della Association of American Railroads (AAR) ed alle istruzioni di montaggio AAR in vigore. Queste specifiche si trovano soprattutto nelle Sections G, G-II, H e H-II del “Manual of Standards and Recommended Practices”.

## Montaggio di cuscinetti a rulli conici a quattro corone

I cuscinetti a rulli conici a quattro corone sono cuscinetti speciali per laminatoi e sono costituiti da anelli massicci e corone con gabbia, *figura 11*. Questi cuscinetti sono scomponibili e di norma si montano nella guarnitura. Successivamente la guarnitura completa di cuscinetto viene spinta sul perno, questo richiede un accoppiamento cilindrico libero dell'anello interno sul perno o un cuscinetto con foro conico, che si monta su un albero conico.

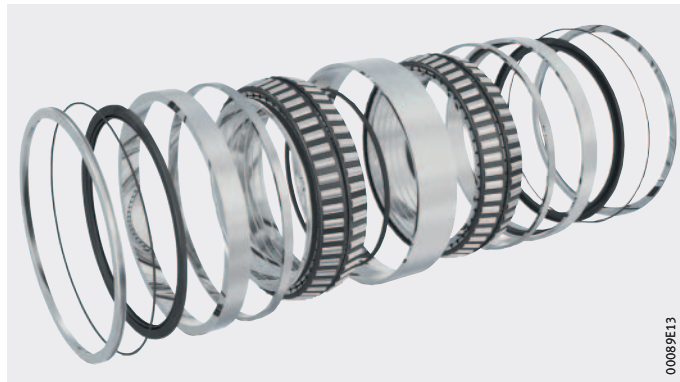



*Figura 11*
Cuscinetti
a rulli conici a quattro corone

Informazioni dettagliate su montaggio e smontaggio di cuscinetti a rulli conici a quattro corone sono presenti nello stampato WL 80154, Guida per il montaggio di cuscinetti a rulli conici a quattro corone.

## Montaggio di cuscinetti a rullini

I cuscinetti a rullini con anelli massicci si montano allo stesso modo dei cuscinetti a rulli cilindrici. I cuscinetti montati l'uno accanto all'altro devono avere lo stesso gioco radiale il modo che il carico si distribuisca uniformemente.

### Cuscinetti a rullini con bordi

I cuscinetti a rullini con bordi sono unità ad una o due corone costituite da anelli esterni con bordi, realizzati per asportazione di truciolo, gabbie a rullini e anelli interni sfilabili.

Sostituzione degli anelli interni

Nei cuscinetti standard gli anelli interni sono adattati alla tolleranza del cerchio inviluppo F6 e sono quindi intercambiabili all'interno della loro classe di precisione (utilizzo misto).

Nei cuscinetti a rullini con bordi l'anello interno non è auto-trattenuto!

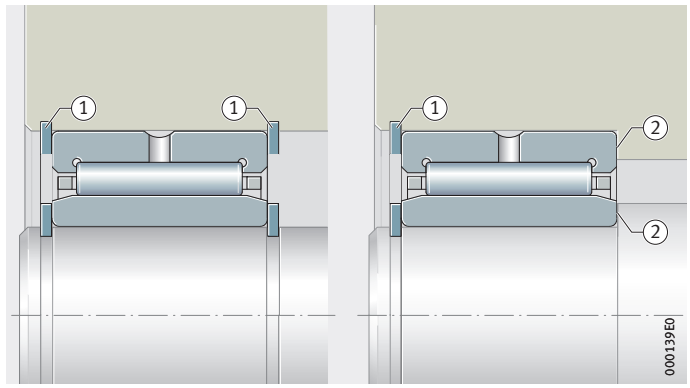
Fissaggio radiale e assiale

I cuscinetti a rullini con anello interno vengono fissati radialmente sull'albero e nel supporto mediante accoppiamento. Fissare gli anelli del cuscinetto con accoppiamento geometrico per evitare spostamenti assiali, *figura 12*.

Gli spallamenti (albero, alloggiamento) devono essere eseguiti sufficientemente alti e perpendicolari all'asse del cuscinetto. Eseguire il passaggio dal supporto allo spallamento con un arrotondamento secondo DIN 5418 o gola di scarico secondo DIN 509. Rispettare i valori minimi delle distanze tra gli spigoli r delle tabelle dimensionali.

Prevedere un ricoprimento sufficiente tra gli anelli elastici di sicurezza e le superfici frontali degli anelli del cuscinetto, *figura 12*.

Tenere conto delle massime distanze tra gli spigoli degli anelli interni secondo norma DIN 620-6.




**NA49**

① Anelli elastici di sicurezza
② Spallamenti

*Figura 12*
Fissaggio assiale degli anelli del cuscinetto

**Cuscinetti a rullini senza bordi**

Queste unità a una o due corone sono costituite da anelli esterni senza bordo realizzati per asportazione di truciolo, gabbie a rullini ed anelli interni sfilabili. I cuscinetti non sono autotrattenuti perciò l'anello esterno, la gabbia a rullini e l'anello interno possono essere montati separatamente l'uno dall'altro.

Sostituzione degli anelli interni

Nei cuscinetti a rullini senza bordi l'anello interno non è autotrattenuto!

L'anello esterno e la gabbia a rullini sono adattati l'uno rispetto all'altro e non devono essere scambiati durante il montaggio con componenti di cuscinetti di uguali dimensioni!

Nei cuscinetti standard gli anelli interni sono adattati alla tolleranza del cerchio inviluppo F6 e sono quindi intercambiabili all'interno della loro classe di precisione (utilizzo misto)!

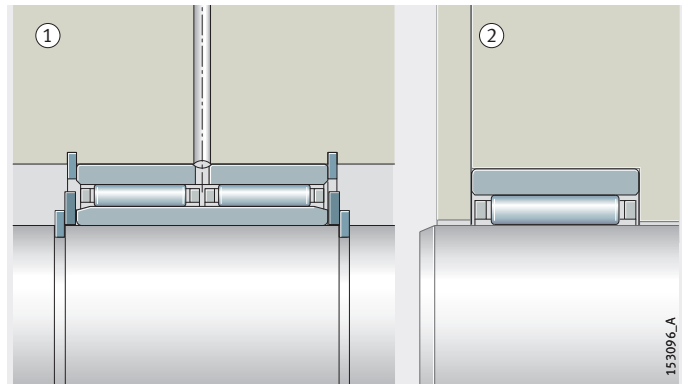
Fissaggio radiale e assiale

I cuscinetti a rullini con anello interno vengono fissati radialmente sull'albero e nel supporto mediante accoppiamento. Fissare gli anelli del cuscinetto con accoppiamento geometrico per evitare spostamenti assiali, *figura 13*.

Gli spallamenti (albero, alloggiamento) devono essere eseguiti sufficientemente alti e perpendicolari all'asse del cuscinetto. Eseguire il passaggio dal supporto allo spallamento con un arrotondamento secondo DIN 5418 o gola di scarico secondo DIN 509. Rispettare i valori minimi delle distanze tra gli spigoli r nelle tabelle dimensionali.

Prevedere un ricoprimento sufficiente tra gli anelli elastici di sicurezza e le superfici frontali degli anelli del cuscinetto, *figura 13*.

Tenere conto delle massime distanze tra gli spigoli degli anelli interni secondo norma DIN 620-6.




**NAO..-ZW-ASR1**
**RNAO**

① Anelli elastici di sicurezza
② Spallamenti

*Figura 13*
Fissaggio assiale degli anelli del cuscinetto

**Cuscinetti a rullini orientabili**

Questi cuscinetti sono unità costituite da astucci esterni prodotti senza asportazione di truciolo, anelli di appoggio in plastica con forma interna concava, anelli esterni con mantello sferico, gabbie a rullini e anelli interni sfilabili.

Fissaggio radiale e assiale

I cuscinetti a rullini orientabili sono forzati nel foro del supporto. Non occorre ulteriore fissaggio assiale. In questo modo il foro può essere realizzato in modo semplice ed economico.

Sostituzione degli anelli interni

Nei cuscinetti standard gli anelli interni sono adattati alla tolleranza del cerchio inviluppo F6 e sono quindi intercambiabili all'interno della loro classe di precisione (utilizzo misto).

Nei cuscinetti a rullini orientabili l'anello interno non è autotrattenuto!

Montaggio con punzone

In conseguenza dell'astuccio esterno prodotto senza asportazione di truciolo, i cuscinetti devono essere montati con un apposito punzone, vedere pagina 103. Il collare del punzone deve agire sul lato del cuscinetto contrassegnato con la sigla. Un O ring applicato sul punzone tiene fermo il cuscinetto.

**Cuscinetti a rullini combinati**

Queste serie sono costituite da cuscinetti radiali a rullini e da cuscinetti assiali. I cuscinetti assorbono elevate forze radiali e assiali da un lato, gli NKIB anche forze assiali bilaterali e sono utilizzati come cuscinetti bloccati o di appoggio.

I cuscinetti sono disponibili come:

- cuscinetti assiali a sfere e a rullini
- Cuscinetti assiali a rulli cilindrici e a rullini
- Cuscinetti a sfere a contatto obliquo e a rullini.

Gli accoppiamenti forzati dei cuscinetti a rullini combinati comportano forze di piantaggio relativamente grandi. Se ne deve tenere conto soprattutto per i cuscinetti assiali a sfere e a rullini e i cuscinetti assiali a rulli cilindrici e a rullini con calotta parapolvere, in cui la corona assiale non può essere rimossa. Questi cuscinetti devono essere inseriti a pressione. Risulta utile riscaldare il supporto.

I cuscinetti a rullini combinati devono essere inseriti a pressione nel supporto, *figura 14*.

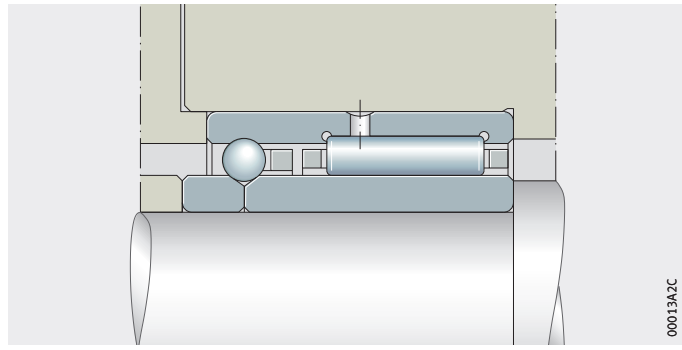



*Figura 14*
Montaggio di cuscinetti a rullini combinati (cuscinetti a sfere a contatto obliquo e a rullini)

Sostituzione degli anelli interni

Nei cuscinetti standard delle serie NKIA e NKIB gli anelli interni sono adattati alla tolleranza del cerchio inviluppo F6 e sono quindi intercambiabili all'interno della loro classe di precisione (utilizzo misto).



I cuscinetti combinati a rullini non sono autotrattenuti!

Fissaggio radiale e assiale

I cuscinetti con anello interno vengono fissati radialmente mediante accoppiamento sull'albero e nel supporto. Gli spallamenti assiali (albero, alloggiamento) devono essere sufficientemente alti e perpendicolari all'asse del cuscinetto. Eseguire il passaggio dal supporto allo spallamento con un arrotondamento secondo DIN 5418 o gola di scarico secondo DIN 509. Rispettare i valori minimi delle distanze tra gli spigoli r delle tabelle dimensionali.

Prevedere un ricoprimento sufficiente tra gli anelli elastici di sicurezza e le superfici frontali degli anelli del cuscinetto.

Si deve tenere conto delle massime distanze tra gli spigoli degli anelli interni secondo norma DIN 620-6.



Fissare gli anelli del cuscinetto mediante accoppiamento geometrico per evitare spostamenti assiali! Per i cuscinetti bloccati e i cuscinetti con anello interno diviso in due metà è particolarmente importante il sostegno assiale da entrambi i lati degli anelli del cuscinetto!

## Montaggio di astucci a rullini senza fondello e con fondello

Gli astucci a rullini senza fondello e con fondello per effetto del loro sottile anello esterno acquisiscono la loro precisione di forma mediante gli accoppiamenti forzati nell'alloggiamento; non è necessario alcun fissaggio assiale.

Per il piantaggio di astucci a rullini senza fondello e con fondello si utilizzano appositi punzoni di montaggio. Di solito il punzone aderisce al lato frontale marcato del cuscinetto, che nei cuscinetti di piccole dimensioni è temprato. Comunque anche con il piantaggio su un bordo non temprato, non si verificano deformazioni o l'inceppamento della gabbia a rullini se il punzone di montaggio è di dimensioni corrette.

**Fissaggio radiale e assiale**

Gli astucci a rullini senza fondello e con fondello sono fissati nel foro del supporto mediante accoppiamento forzato. Essi vanno premuti nel foro e non hanno bisogno di altri elementi di fissaggio assiali.

**Montaggio con punzone di montaggio**

I cuscinetti devono essere montati con un apposito punzone di montaggio, *figura 15*. Il collare del punzone deve agire sul lato frontale del cuscinetto che è contrassegnato dalla sigla.

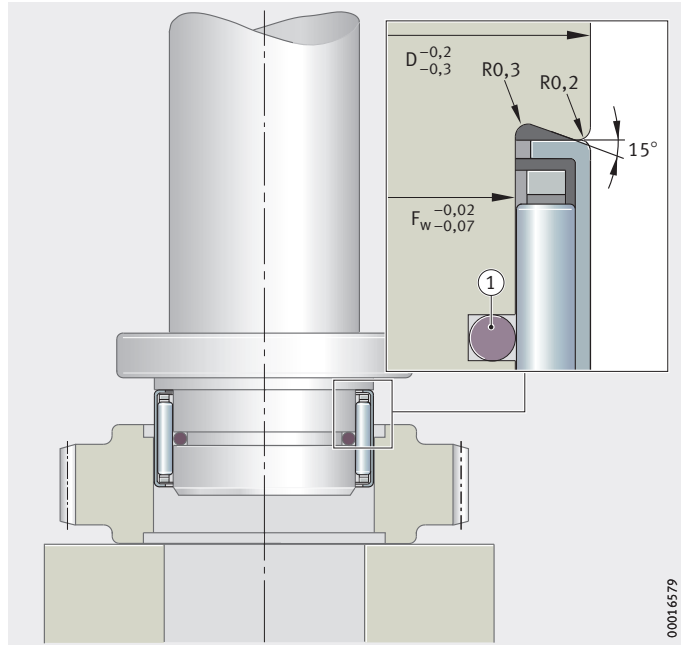
Per il sostegno del cuscinetto si deve prevedere un O ring. Lunghezza e interferenza dell'anello devono essere determinati dal cliente, in base alle dimensioni e al peso del cuscinetto da montare.

Se è prevista la lubrificazione a grasso, i cuscinetti prima di essere montati devono essere lubrificati con grasso.

Gli astucci con e senza fondello non devono essere inclinati durante il piantaggio!

Le forze di piantaggio che si creano durante il montaggio dipendono da più fattori! Il montaggio deve essere predisposto in modo da non deformare il bordo del cuscinetto!

Se l'applicazione richiede un montaggio diverso da quello della descrizione, assicurarsi di eseguire il montaggio in modo corretto e senza danni effettuando delle prove di montaggio!



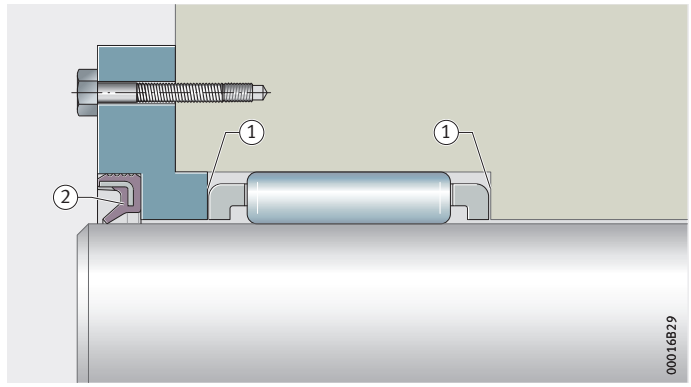

① O ring

*Figura 15*
Montaggio
con punzone di montaggio

## Montaggio di gabbie a rullini

Le gabbie a rullini si inseriscono sull'albero e poi si introducono nell'alloggiamento oppure si inseriscono le gabbie a rullini nell'alloggiamento e poi si introduce l'albero. Il montaggio si effettua senza carico con un movimento avvitatorio.

Le gabbie a rullini possono essere guidate lateralmente nell'albero o nell'alloggiamento, *figura 16*.




① Guida nell'alloggiamento
② Guida sull'albero

*Figura 16*
Guida di gabbie a rullini

La distanza tra le superfici di scorrimento della gabbia deve essere abbastanza grande (tolleranza H11) per evitare che le gabbie a rullini siano disturbate alla rotazione.

Il gioco radiale di un supporto con gabbie a rullini dipende dalle tolleranze di lavorazione delle piste di rotolamento temprate e rettificate sull'albero e nell'alloggiamento. Le gabbie a rullini disposte l'una accanto all'altra devono avere rullini dello stesso tipo.

## Montaggio di cuscinetti di pulegge per funi

Prima di eseguire il piantaggio della puleggia per funi, si consiglia di oliare leggermente le superfici di appoggio dei cuscinetti o pure di frizionarvi o spruzzarvi lubrificante solido. Per evitare danni al cuscinetto e fare sì che sia accoppiato in modo impreciso, il piantaggio dovrebbe avvenire su un apposito impianto a forza e percorso controllati.

Per facilitare la procedura di piantaggio si può riscaldare la puleggia per fune. Attrezzi adatti sono offerti da Schaeffler.

**Linee guida per il montaggio**

Quando si montano cuscinetti a rulli cilindrici SL04 le forze di montaggio devono essere applicate solo sull'anello del cuscinetto da montare, *figura 17*.

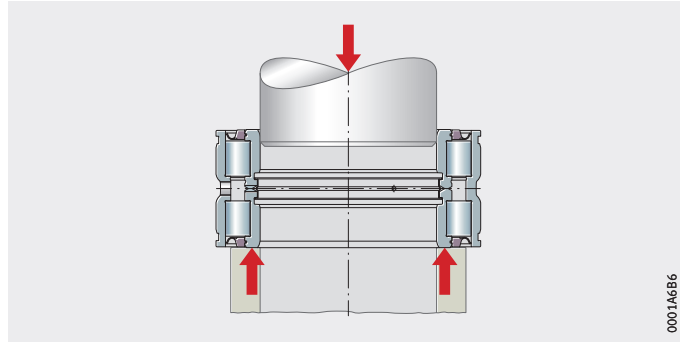



*Figura 17*
Applicare le forze di montaggio

Le forze di montaggio non devono trasmettersi ai rulli cilindrici, *figura 18*! Durante lo smontaggio dei cuscinetti le forze di montaggio non devono trasmettersi agli elementi di collegamento dell'anello interno diviso in due metà!

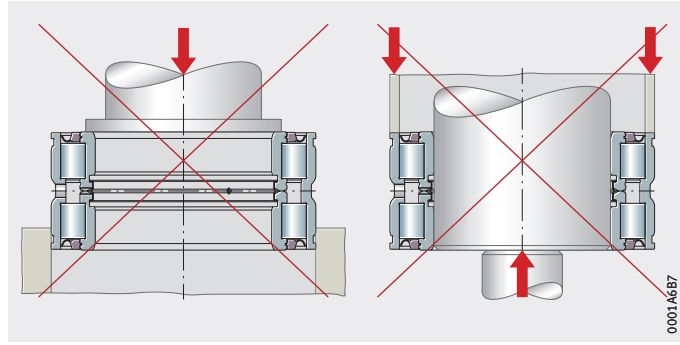
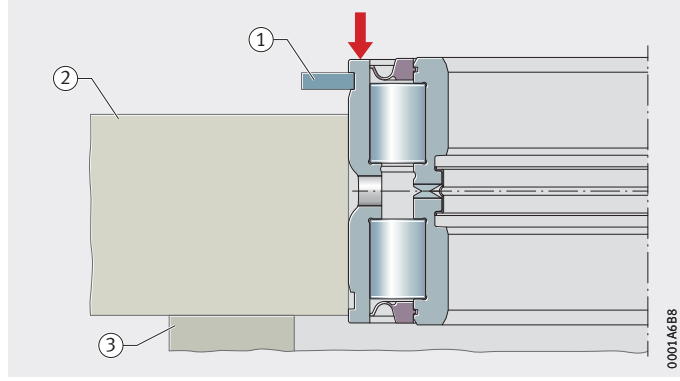



*Figura 18*
Procedura di montaggio o smontaggio non consentita

**Montaggio con anello di trattenuta premontato**

Se si inseriscono a pressione nella puleggia per fune cuscinetti con un anello di trattenuta già premontato, questo deve essere fatto assolutamente a forza controllata (o in alternativa a percorso controllato), *figura 19*.




① Anello di sicurezza
② Puleggia per fune
③ Appoggio per assorbire le forze di montaggio

*Figura 19*
Montaggio con anello di sicurezza premontato

## Montaggio di rotelle

Le rotelle e i perni folli sono elementi meccanici di precisione. Questi prodotti devono essere maneggiati con cura prima e durante il montaggio. La loro corretta funzionalità, infatti, dipende anche dalla cura posta durante il montaggio.

Oliare leggermente o frizionare con lubrificanti solidi le superfici di appoggio degli anelli dei cuscinetti.

Dopo il montaggio, provvedere alla lubrificazione dei cuscinetti. Infine effettuare una verifica funzionale del cuscinetto.

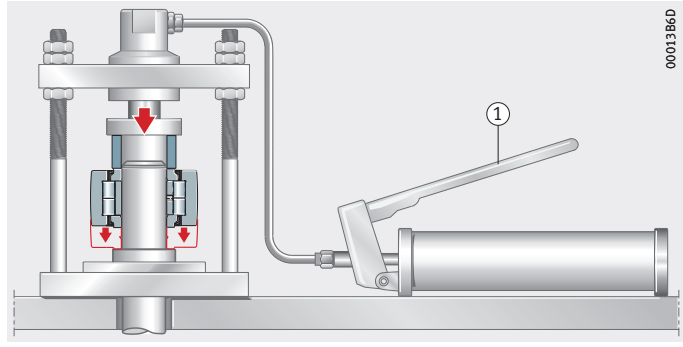
### Montaggio di rotelle

In caso di accoppiamento forzato, inserire la rotella sull'asse mediante una pressa di montaggio, *figura 20*. Montare l'anello interno in modo tale che la forza di piantaggio si distribuisca uniformemente sul lato frontale dell'anello interno.

Le rotelle RSTO e STO non sono autotrattenute! L'anello esterno e la gabbia a rullini sono adattati l'uno rispetto all'altro e non devono essere scambiati durante il montaggio con componenti di cuscinetti di uguali dimensioni!

### Foro di lubrificazione

Montare i cuscinetti in modo tale che i fori di lubrificazione si trovino nella zona non caricata. Per rotelle PWTR e NNTR non è necessario che il foro di lubrificazione si trovi in una specifica posizione.

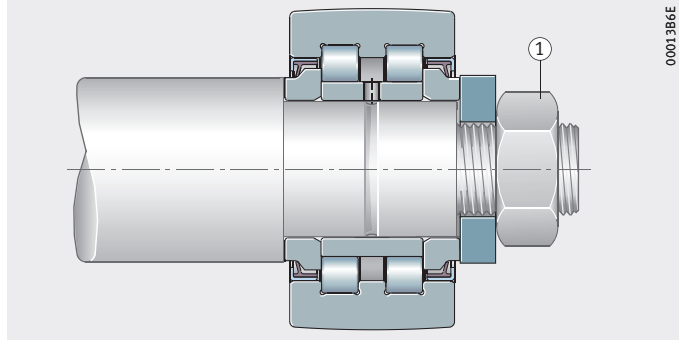



① Pressa di montaggio

*Figura 20*
Montare il rullo di appoggio con pressa di montaggio

### Fissaggio assiale

Le rotelle NUTR, PWTR e NNTR devono essere fissate assialmente, *figura 21*.




① Dado esagonale

*Figura 21*
Bloccaggio assiale

**Montaggio di perni folli**

Se possibile, montare i perni folli con una pressa di montaggio (analogamente a *figura 20*, pagina 106).

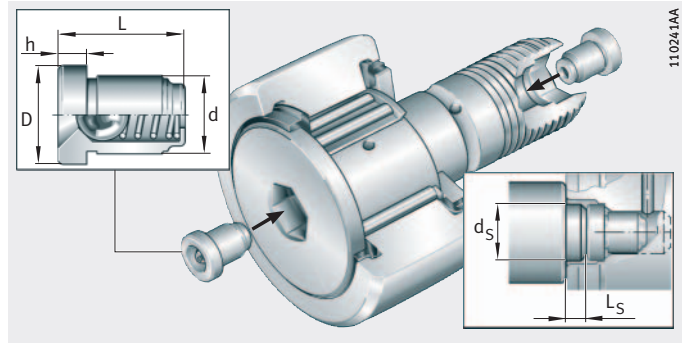
Evitare assolutamente di colpire il collare di spallamento del perno folle!

**Ingrassatore a pressione per perni folli**

Gli ingrassatori vengono forniti sciolti insieme ai perni folli e devono essere inseriti a pressione a regola d'arte prima di montare i cuscinetti, *figura 22*.

È consentito utilizzare solo gli ingrassatori inclusi nella fornitura, vedere tabella!

Se la lubrificazione avviene tramite l'alloggiamento, i fori di lubrificazione assiali del perno folle devono essere chiusi con gli ingrassatori prima del montaggio, *figura 22*!




**KR..-PP**

*Figura 22*
Perno folle con ingrassatore a pressione e dimensioni del punzone di piantaggio

**Ingrassatore a pressione**

| Ingrassatore | Dimensioni in mm | | | | | | Utilizzabile per diametro esterno D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D | d | L | h | $d_s$ ±0,1 | $L_s$ | |
| NIPA1 | 6 | 4 | 6 | 1,5[1)] | – | – | 16, 19 |
| NIPA1×4,5 | 4,7 | 4 | 4,5 | 1 | 4,5 | 5 | 22 – 32 |
| NIPA2×7,5 | 7,5 | 6 | 7,5 | 2 | 7,5 | 6 | 35 – 52 |
| NIPA3×9,5 | 10 | 8 | 9,5 | 3 | 10 | 9 | 62 – 90 |

1) Sporgenza dell'ingrassatore.

**Fissaggio assiale dei perni folli**

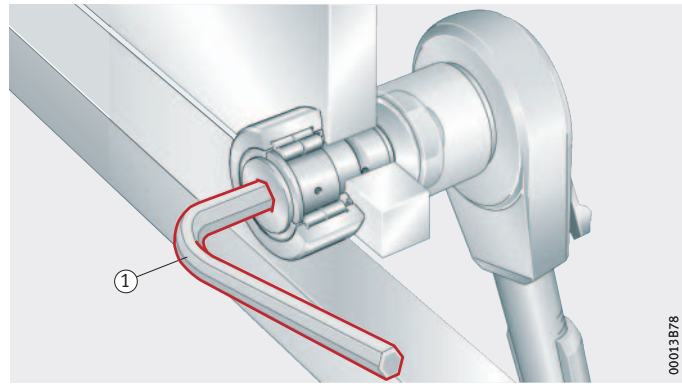
I perni folli devono essere fissati assialmente con un dado esagonale.

Tramite l'intaglio o l'esagono posizionato alle estremità del perno, è possibile tenere fermo il cuscinetto mentre si serra il dado e si regola la posizione del collare eccentrico, *figura 23*.

In caso di forti vibrazioni, si possono utilizzare anche dadi autobloccanti conformi a DIN 985 oppure speciali ralle di sicurezza a spigolo bloccante.

Rispettare assolutamente la coppia di serraggio dei dadi di fissaggio! Solo in tal modo è garantito il carico radiale ammissibile! Se non è possibile, è necessario un accoppiamento forzato!

Se si utilizzano dadi autobloccanti, si deve applicare una coppia di serraggio più elevata; rispettare le indicazioni del produttore dei dadi!




① Chiave per vite ad esagono cavo

*Figura 23*
Fissaggio del cuscinetto con chiave

**Perni folli con eccentrico**

Il punto più alto dell'eccentrico è contrassegnato sul lato del perno.

**Messa in esercizio e rilubrificazione**

I perni folli sono provvisti di un foro per la rilubrificazione:

- sul lato flangiato del perno
- Sulla superficie frontale lato filettatura, a partire dal diametro esterno di 22 mm
- Nel gambo del perno con gola di lubrificazione aggiuntiva a partire dal diametro esterno di 30 mm.

Non è possibile effettuare la rilubrificazione tramite il gambo dei perni folli con eccentrico! Il collare eccentrico, infatti, copre il foro di lubrificazione!

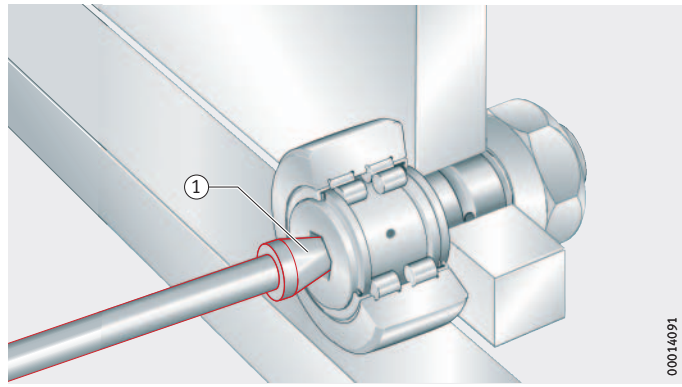
Per la lubrificazione utilizzare esclusivamente ingrassatori a siringa con ugelli con punta ad ago e angolo di apertura pari a ≦ 60°, *figura 24*!

Prima della messa in esercizio, riempire di grasso i fori di lubrificazione e i condotti al fine di proteggerli dalla corrosione; contemporaneamente è possibile anche lubrificare il cuscinetto!

La lubrificazione è complicata quando un corpo volvente si trova sopra il foro di lubrificazione radiale! Di conseguenza si consiglia di rilubrificare quando i cuscinetti sono caldi e in movimento, prima del loro arresto e prima di interruzioni d'esercizio prolungate!

Per la rilubrificazione utilizzare lo stesso grasso utilizzato per il primo ingrassaggio! Qualora questo non fosse possibile, si deve verificare la miscibilità e la compatibilità dei grassi!

Rilubrificare finché non si sarà formato un bordo di grasso fresco nella luce della tenuta! Il vecchio grasso lubrificante deve poter uscire liberamente dal cuscinetto!




① Ugello con punta ad ago, angolo di apertura ≦ 60°

*Figura 24*
Rilubrificazione con ingrassatore a siringa




# Smontaggio di cuscinetti volventi

Procedimento di smontaggio

# Smontaggio di cuscinetti volventi

## Procedimento di smontaggio


Pagina

Smontaggio meccanico ..... 112
- Smontaggio in caso di sedi cilindriche ..... 113
- Smontaggio in caso di sedi coniche ..... 114

Smontaggio termico ..... 114
- Anelli riscaldatori ..... 115
- Tecnologia a media frequenza ..... 115

Smontaggio idraulico ..... 117
- Smontaggio in caso di foro cilindrico del cuscinetto ..... 117
- Smontaggio in caso di foro conico ..... 118




# Smontaggio di cuscinetti volventi

## Procedimento di smontaggio

Per evitare danni durante lo smontaggio in funzione delle dimensioni dei cuscinetti e del tipo di applicazione si impiegano diversi procedimenti che consentono di riutilizzare i componenti. Generalmente anche per lo smontaggio si distingue tra procedimento meccanico, termico ed idraulico. Prima di procedere con lo smontaggio vero e proprio, si devono consultare attentamente i disegni e le istruzioni per il montaggio e lo smontaggio eventualmente disponibili. In caso di dubbi è disponibile il team di esperti Schaeffler per fornire consulenza ed assistenza pratica.

## Smontaggio meccanico

Con il metodo meccanico trovano impiego per lo più appositi estrattori. L'utensile di estrazione va applicato nell'anello che presenta l'accoppiamento più forzato, altrimenti si ammaccano i corpi volventi nella pista di rotolamento, *figura 1*. Inoltre in caso di anelli esterni a parete sottile esiste il pericolo di romperli. In caso di cuscinetti non scomponibili con un accoppiamento libero su albero o alloggiamento, questo componente integrato se possibile dovrebbe essere rimosso già prima di smontare il cuscinetto. La forza che si deve esercitare per smontare a pressione è generalmente maggiore della forza di calettamento, perché l'anello nel corso del tempo si fissa alla sua sede. Anche in caso di anelli accoppiati in modo libero lo smontaggio può essere difficile se dopo un lungo periodo di esercizio si è formata ossidazione da contatto.

Da tenere presente:

- evitare colpi diretti sugli anelli dei cuscinetti
- Non dirigere le forze di smontaggio sui corpi volventi!



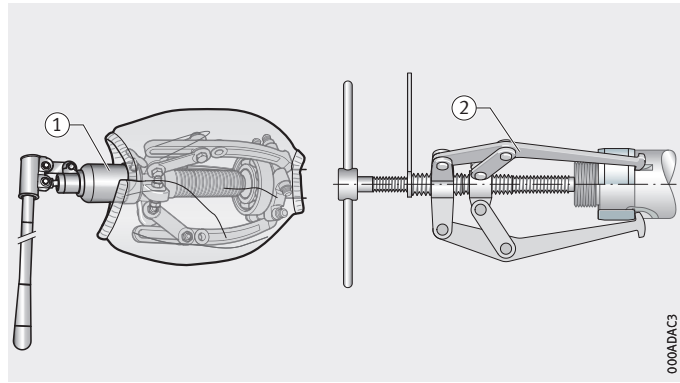

*Figura 1*
Smontaggio tramite estrattore

Se non è possibile evitare l'estrazione attraverso i corpi volventi, si deve mettere intorno all'anello esterno un anello di protezione di acciaio non temprato (spessore maggiore di $^1/_4$ dell'altezza della sezione trasversale del cuscinetto). Questo vale in particolare per i cuscinetti volventi con ridotta altezza di sezione trasversale e piccolo angolo di contatto, come cuscinetti a rulli conici e orientabili a rulli, successivamente i cuscinetti non possono essere riutilizzati.

Gli anelli di cuscinetti scomponibili si possono smontare singolarmente.

**Smontaggio in caso di sedi cilindriche**

Per smontare cuscinetti di piccole dimensioni si utilizzano per lo più estrattori meccanici *figura 2*, o presse idrauliche, *figura 3*, che sono a contatto diretto con l'anello forzato oppure fanno presa su elementi dell'impianto come per esempio l'anello a labirinto. Gli estrattori sono disponibili con mandrino meccanico e cilindro idraulico, se sono necessarie forze più elevate.




① Procedura di estrazione con una Trisection plate

② Estrattore con tre bracci regolabili e scanalatura di estrazione nell'anello interno

*Figura 2*
Estrattore per cuscinetti volventi

Come ausilio per lo smontaggio si può utilizzare anche una pressa. In tal caso fare attenzione che il cuscinetto sia appoggiato nell'anello interno, per evitare danni. Nel processo di pressatura l'albero viene spinto fuori dal cuscinetto.

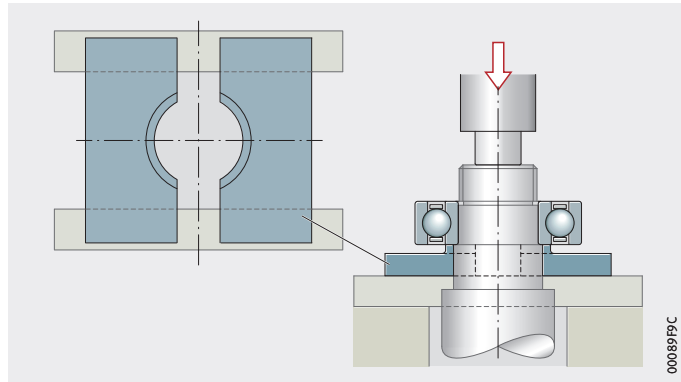



*Figura 3*
Smontaggio con pressa

Lo smontaggio risulta molto più facile se nella costruzione sono previste scanalature di estrazione, in modo che l'utensile di estrazione possa agganciarsi direttamente all'anello forzato. Un'altra alternativa per smontare i cuscinetti è utilizzare viti di pressione, *figura 10*, pagina 119.

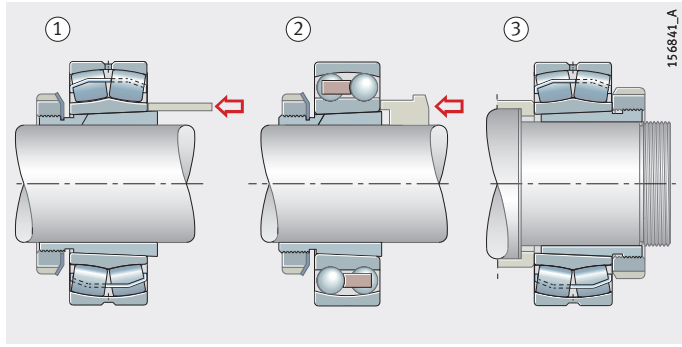
Estrattore interno

Se l'albero è già smontato, il cuscinetto può essere rimosso dal supporto anche con un estrattore interno. I settori di presa dell'estrattore si aprono stringendo la vite filettata e il collare viene premuto dietro il foro dell'anello interno del cuscinetto. Con l'aiuto di un controsupporto o con un estrattore ad impatto il cuscinetto viene poi estratto dall'alloggiamento. In genere in questo modo il cuscinetto non può essere più riutilizzato.

**Smontaggio in caso di sedi coniche**

Se i cuscinetti sono montati direttamente sulla sede conica dell'albero o su bussola di trazione, va allentata innanzitutto la sicurezza della ghiera o della bussola di trazione. Si deve poi svitare la ghiera almeno della corsa di montaggio. L'anello interno deve poi essere estratto dalla bussola o dall'albero, ad esempio con un punzone metallico o una mazzetta, *figura 4*, ①, ②. Con la mazzetta si evita il pericolo di scivolamento.

I cuscinetti che sono montati con bussole di pressione vengono smontati con una ghiera di smontaggio, *figura 4*, ③.




① Punzone metallico
② Mazzetta
③ Ghiera di smontaggio

*Figura 4*
Smontaggio di cuscinetti

Per smontare i cuscinetti di grosse dimensioni fissati con bussole di pressione, sono necessarie forze elevate. In questi casi si possono utilizzare ghiere con viti di pressione supplementari, *figura 4*. Si deve inserire un disco tra anello interno e viti di pressione, per evitare danni al cuscinetto.

## Smontaggio termico

Nello smontaggio termico l'anello del cuscinetto da smontare viene riscaldato in brevissimo tempo ottenendo così la sua dilatazione. In tal modo si annulla l'accoppiamento alla sede del cuscinetto e si vince un'eventuale aderenza dovuta ad ossidi da contatto.

Per riscaldare l'anello del cuscinetto non si deve utilizzare una fiamma diretta perché potrebbe provocare danni ai componenti!

**Anelli riscaldatori**

Gli anelli riscaldatori in metallo leggero possono essere utilizzati per smontare gli anelli interni dei cuscinetti a rulli cilindrici senza bordini o che ne hanno solo uno fisso. Gli anelli vengono portati con una piastra elettrica alla temperatura di +200 °C fino a +300 °C a seconda dell'interferenza, quindi vengono spinti sull'anello interno che deve essere sfilato e vengono serrati. Quando la sede forzata sull'albero si libera, si procede a sfilare entrambi gli anelli.

Dopo l'estrazione, l'anello del cuscinetto deve essere immediatamente tolto dall'anello riscaldatore, per impedire un riscaldamento eccessivo!

Gli anelli riscaldatori sono utili soprattutto per rimuovere occasionalmente anelli di cuscinetti di dimensioni medio-grandi. Ciascuna dimensione di cuscinetto richiede uno specifico anello riscaldatore.

**Tecnologia a media frequenza**

Con l'aiuto degli impianti con tecnologia a media frequenza FAG si riscaldano a induzione, per distaccarli, anche cuscinetti molto grandi e altri componenti calettati a caldo.

Il riscaldatore a media frequenza FAG è costituito dal generatore di frequenze medie e da un induttore. A seconda dell'applicazione questo può essere flessibile o fisso. La versione flessibile assomiglia a un cavo. In tal caso prestare attenzione che l'avvolgimento sia applicato direttamente al componente da smontare.

Per esempio, nel caso di un cuscinetto volvente con accoppiamento bloccato sull'albero, l'induttore deve essere applicato direttamente all'anello interno. Grazie al riscaldamento il pezzo da staccare si riscalda molto rapidamente e quindi si dilata, rendendo così possibile allentare il calettamento forzato. Gli induttori flessibili sono adatti per pezzi di differente forma e grandezza e possono essere sottoposti a carico continuo fino a temperature di riscaldamento di +150 °C.




*Figura 5*
Smontaggio di anelli interni di cuscinetti con induttore flessibile

# Smontaggio di cuscinetti volventi

Per produzioni in serie dove viene montato un grande numero di componenti uguali, la flessibilità risulta di secondaria importanza rispetto a tempi di messa a punto ridotti e alla sicurezza del processo. A tale scopo sono adatti gli induttori fissi, dove la bobina viene incorporata in un involucro adattato al pezzo da trattare e può essere posizionata con rapidità e semplicità nella zona da riscaldare. Gli induttori fissi, al contrario della variante flessibile, si utilizzano anche per componenti di piccole dimensioni.

Gli impianti vengono progettati per il caso di applicazione specifico! Si invita a contattare gli esperti di applicazioni Schaeffler!

Vantaggi

Vantaggi quando si staccano calettamenti a caldo:

- smontaggio in serie di anelli di cuscinetti e tenute a labirinto
- Smontaggio rapido di ruote dentate e giunti
- Semplicità nel riscaldare componenti grandi e pesanti (per esempio basamento macchina, alloggiamento, alberi, ...).

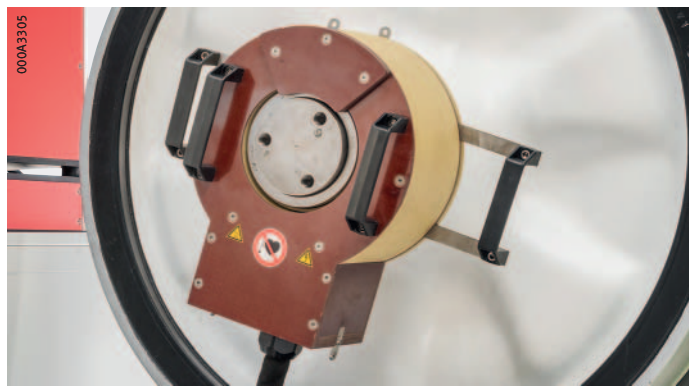



*Figura 6*
Smontaggio di anelli interni di cuscinetti per sala montata (veicoli su rotaia) con induttore fisso

**Altre informazioni**

- TPI 217, Impianti di riscaldamento ad induzione FAG con tecnologia a media frequenza.

## Smontaggio idraulico

Nel metodo con olio compresso l'olio viene inserito a pressione tra le superfici di accoppiamento, . La pellicola di olio elimina in larga misura il contatto tra le parti accoppiate, in modo da poterle spostare tra loro senza dover applicare una grande forza e senza correre il rischio di danneggiare la superficie, vedere pagina 83.

Il metodo idraulico è adatto per lo smontaggio di sedi sia coniche che cilindriche. In entrambi i casi devono essere previste apposite gole e condotti di adduzione, nonché la filettatura di collegamento per i generatori di pressione. Bussole di trazione e di pressione di grandi dimensioni hanno le gole e i fori necessari.

Per smontare cuscinetti con foro conico, installati direttamente sull'albero, sono sufficienti generatori di pressione, come gli iniettori. Per cuscinetti con fori cilindrici e per bussole di trazione e pressione si deve utilizzare una pompa, *figura 27*, pagina 87.

Per lo smontaggio si utilizzano gli stessi oli del montaggio, vale a dire oli con una viscosità di circa 75 $mm^2/s$ a +20 °C (viscosità nominale 32 $mm^2/s$ a +40 °C). L'ossidazione da contatto può essere sciolta aggiungendo all'olio additivi antiossidanti.

### Smontaggio in caso di foro cilindrico del cuscinetto

Per lo smontaggio di cuscinetti a foro cilindrico il metodo idraulico si impiega per lo più a sostegno di attrezzi meccanici. Prima di tutto si applica l'estrattore all'anello accoppiato, poi si pompa olio nelle gole per l'olio, *figura 7*.

In questo modo si annulla il forzamento e il cuscinetto può essere rimosso utilizzando per esempio un estrattore meccanico.

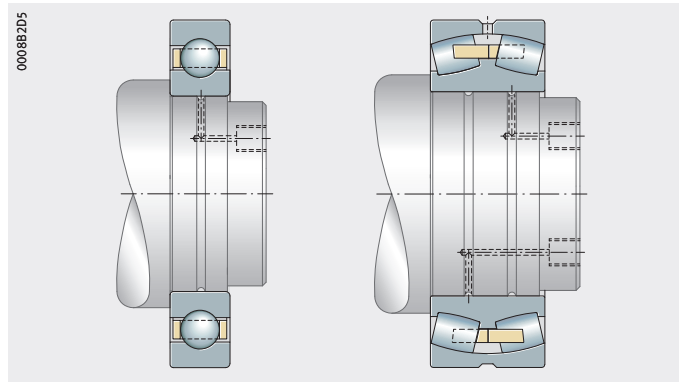



*Figura 7*
Smontaggio idraulico
in caso di sede cilindrica

# Smontaggio di cuscinetti volventi

Se nell'albero non sono presenti gole e condotti per l'olio, ad esempio per motivi di resistenza meccanica, si può spingere l'olio tra le superfici di accoppiamento anche dalla sezione frontale dell'anello interno. Nell'estremità anteriore del calettamento forzato si applica un anello di spinta a tenuta stagna attraverso il quale si spinge l'olio nella giunzione di accoppiamento. Con una boccola fissata davanti all'albero si può fare in modo di spingere l'olio tra le superfici di accoppiamento fino al termine della procedura di estrazione. Se non è possibile applicare la boccola, si può utilizzare un olio molto viscoso con una viscosità di 320 $mm^2/s$ (cSt) a +40 °C. Con un olio così viscoso la pellicola di olio viene mantenuta nella giunzione di accoppiamento fino a 5 minuti. Questo lasso di tempo è sufficiente per estrarre il cuscinetto.

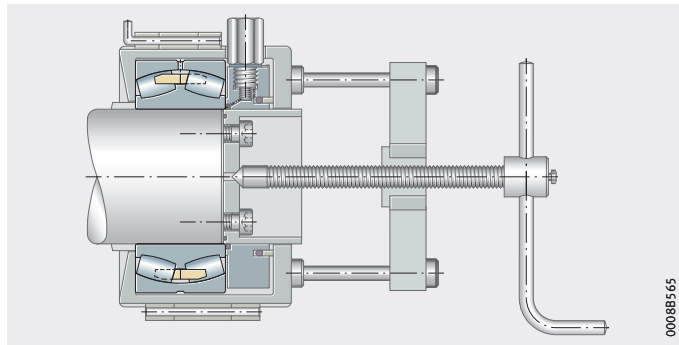



*Figura 8*
Dispositivo speciale per estrazione da un albero senza gole per l'olio

**Smontaggio in caso di foro conico**

Per estrarre cuscinetti che si trovano su un perno conico, su una bussola di pressione o di trazione, è sufficiente spingere olio tra le superfici di accoppiamento.

Il calettamento forzato si stacca bruscamente! Durante lo smontaggio, bisogna limitare il movimento assiale del cuscinetto volvente o della bussola di pressione mediante una ghiera o un finecorsa, *figura 9*! Pericolo di infortuni!

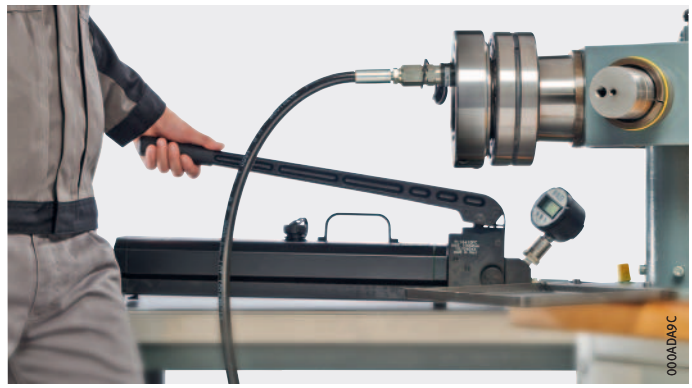
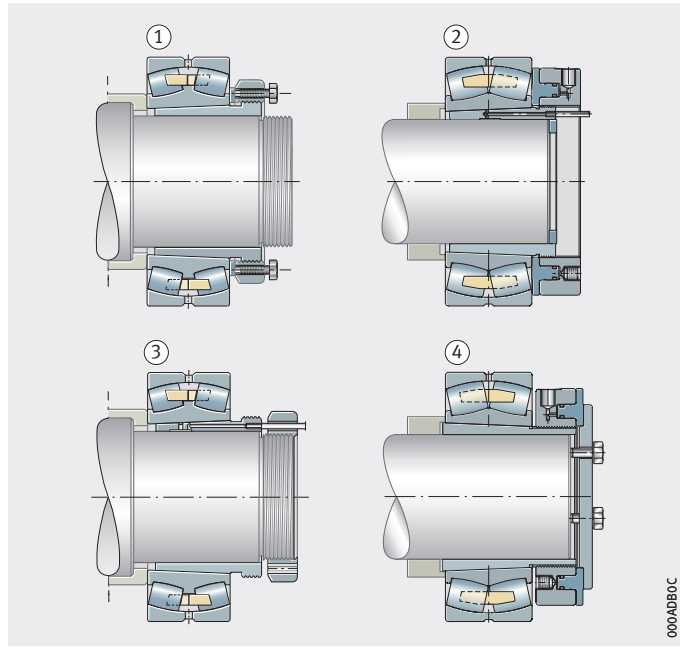



*Figura 9*
Smontaggio idraulico in caso di sede conica

Talvolta gli ossidi da contatto rendono difficile lo smontaggio. Si consiglia di utilizzare un fluido antiossidante, in particolare nel caso di cuscinetti che vengono smontati dopo un lungo periodo di esercizio. Nei casi difficili si può estrarre la bussola di pressione con l'aiuto della ghiera di estrazione, *figura 10*. Se sono previste viti di pressione nella ghiera della bussola di pressione, si deve inserire un anello intermedio in modo che le forze di estrazione non incidano direttamente sul bordo dell'anello del cuscinetto volvente.




Smontaggio di una bussola di pressione:
① Con ghiera e viti di pressione
② Con ghiera idraulica

Smontaggio di un cuscinetto orientabile a rulli dalla bussola di pressione:
③ Con metodo idraulico

Smontaggio di un cuscinetto orientabile a rulli su bussola di trazione:
④ Con metodo idraulico

*Figura 10*
Smontaggio di bussola e cuscinetto orientabile a rulli






# Servizi

# Servizi

**Caratteristiche**


Pagina

Montaggio e smontaggio ..... 122
Noleggio di utensili ..... 123
Certificazione ..... 124
Rigenerazione dei cuscinetti volventi ..... 125
- Qualità ..... 127
- Settori ..... 127
- Dimensioni ..... 127

Corsi di formazione ..... 128
Armadio di montaggio ..... 129
Banco di montaggio a croce ..... 131




# Servizi

## Caratteristiche

Schaeffler offre numerosi servizi, indipendentemente dal produttore, che abbracciano l'intero ciclo di vita di un cuscinetto volvente: dal montaggio, alla manutenzione, fino alla rigenerazione.

Durante la fase di esercizio gli esperti Schaeffler forniscono un valido sostegno con servizi in campo di Condition Monitoring e manutenzione predittiva. Per le aziende che desiderano sviluppare anche internamente conoscenze nel campo dei cuscinetti volvent e Condition Monitoring, l'offerta di formazione e consulenza Schaeffler è disponibile sul posto, presso la sede principale od online. La nostra offerta di E-learning in Internet offre un'introduzione all'argomento. I clienti si avvantaggiano della competenza di una società leader nella fornitura di cuscinetti volventi e cuscinetti a strisciamento.

## Montaggio e smontaggio

Gli esperti di servizi all'industria Schaeffler offrono servizi di montaggio e smontaggio di cuscinetti volventi in tutti i segmenti di mercato. Si dispone di conoscenze approfondite e notevole esperienza in tutti i segmenti di mercato, *figura 1*.




*Figura 1*
Assistenza al montaggio da parte di esperti Schaeffler

Gli esperti nel campo dei servizi all'industria sono tecnici specializzati che forniscono aiuto affidabile, rapido e competente. I servizi sono effettuati su scala mondiale presso la sede del cliente o sedi Schaeffler.

I servizi di montaggio e smontaggio comprendono:

- montaggio e smontaggio di cuscinetti volventi, cuscinetti a strisciamento e sistemi di cuscinetti di ogni tipo
- Misurazione ed analisi delle condizioni
- Individuazione dei problemi ed elaborazione di possibili soluzioni
- Progettazione e realizzazione di utensili speciali
- Noleggio di utensili
- Servizio di pronto intervento
- Corsi di formazione su prodotti e montaggio
- Certificazione di processi di montaggio e smontaggio.

Vantaggi

I servizi di montaggio offrono i seguenti vantaggi:

- esperti in tecnologia dei supporti prontamente disponibili in tutto il mondo con vasta esperienza in quasi ogni applicazione
- Montaggio o smontaggio rapido grazie a preparazione ed esecuzione professionali
- Maggiore disponibilità operativa dell'impianto e produttività grazie a minori fermi macchina imprevisti
- Ottimizzazione dei processi di montaggio e smontaggio
- Montaggio e smontaggio professionale con utensili speciali di qualità
- Sensibilizzazione degli operatori sul modo d'uso corretto di tutti i tipi di cuscinetti.

## Noleggio di utensili

I clienti che necessitano solo raramente di speciali utensili di montaggio e smontaggio o strumenti di misura, possono noleggiarli a pagamento.

Il servizio include:

- noleggio a breve termine in Europa
- Fornitura rapida nel luogo di utilizzo
- Prodotti di qualità collaudata all'avanguardia della tecnica
- Consegna di utensili, incluse tutte le parti annesse
- Istruzioni per l'uso in più lingue.



Se si incarica uno dei nostri esperti qualificati in servizi all'industria di eseguire la relativa attività, in genere non si paga per l'affitto dell'utensile.

## Certificazione

Circa il 25 percento di tutti i guasti prematuri dei cuscinetti sono da imputare ad errori di montaggio. Per una lunga durata di esercizio dei cuscinetti, oltre alle nozioni fondamentali sui cuscinetti, sono particolarmente importanti le conoscenze teoriche e pratiche su come montarli e smontarli correttamente. Per una formazione del personale addetto al montaggio il più possibile aderente alla realtà, Schaeffler offre la certificazione di specifici processi di montaggio e smontaggio, *figura 2*.




*Figura 2*
Formazione teorica

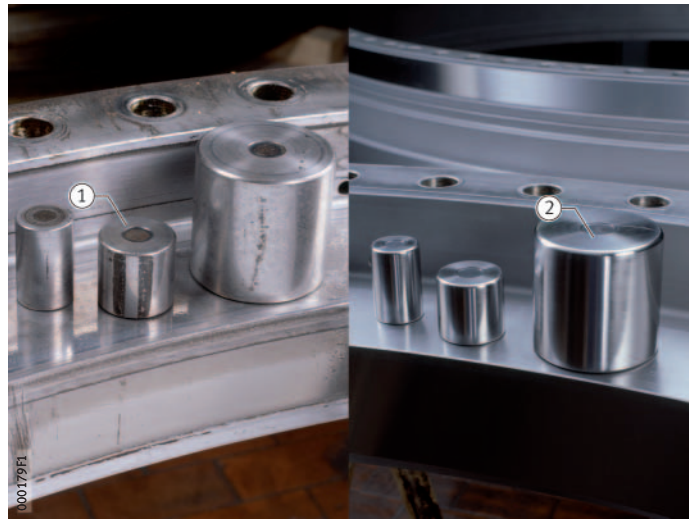
In questi corsi i nostri esperti di cuscinetti volventi insegnano il modo di usare correttamente i cuscinetti volventi e come evitare errori di montaggio. Tutto ciò riferendosi direttamente alla rispettiva applicazione e alle specifiche circostanze del cliente.

Successivamente viene effettuata una dimostrazione pratica del processo di montaggio e smontaggio, durante la quale viene mostrata anche l'osservanza dei necessari processi e prescrizioni.

Al termine i partecipanti al corso devono dare prova di quanto appreso. Solo in questo modo possono ottenere da Schaeffler la certificazione specifica per l'applicazione.

## Rigenerazione dei cuscinetti volventi

Spesso si montano cuscinetti nuovi anche se quelli esistenti, con una rigenerazione a regola d'arte, potrebbero essere riportati in uno stato come nuovo. In molti casi è più economico rigenerare i cuscinetti volventi piuttosto che utilizzare cuscinetti nuovi, *figura 3*.




① Prima della rigenerazione
② Dopo la rigenerazione

*Figura 3*
Rulli e pista di rotolamento dei cuscinetti volventi prima e dopo la rigenerazione

Vantaggi

I vantaggi per il cliente sono:

- riduzione dei costi del ciclo di vita (LCC = Life Cycle Costs)
- Prolungamento della durata di esercizio
- Risparmio sui costi energetici e per i materiali
- Riduzione dei costi relativi a scorte
- Elevata flessibilità grazie a tempi di consegna brevi
- Riscontro sulle caratteristiche dei danneggiamenti e sulla loro frequenza.



Le fasi operative necessarie per la rigenerazione dipendono dallo stato del cuscinetto volvente. Per poter indicare in modo affidabile la relativa spesa, dopo essere stato smontato, il cuscinetto volvente deve essere pulito e poi essere accuratamente esaminato. Oltre a questa diagnosi sempre necessaria (Level I) ci sono altri tre livelli di rigenerazione, *figura 4*.

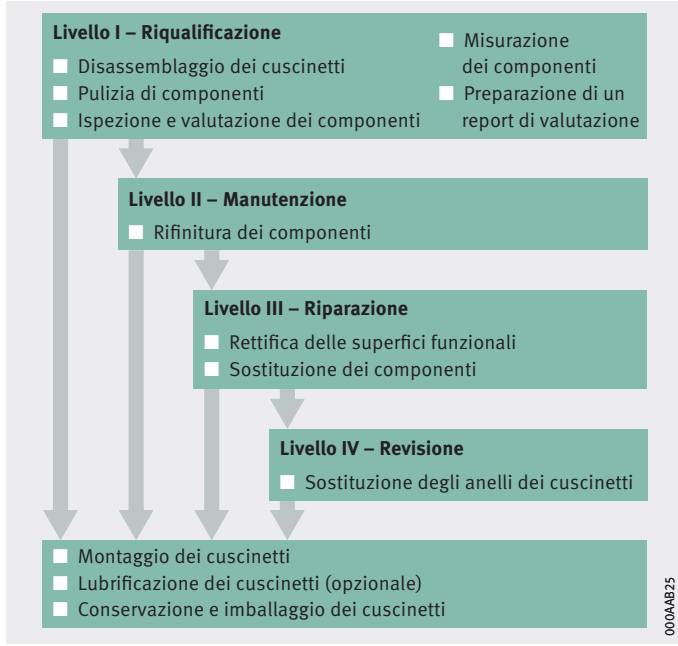



*Figura 4*
Livelli di rigenerazione

**Qualità**

Schaeffler rigenera i cuscinetti volventi a standard uniformi in tutto il mondo. In tutte le sedi si applicano processi e linee guida identici. I cuscinetti volventi Schaeffler vengono rilavorati secondo i disegni originali. Per tutti i cuscinetti sono utilizzati esclusivamente componenti originali e pezzi di ricambio originali. Grazie alla vasta conoscenza dei cuscinetti volventi si ottiene una rigenerazione di qualità superiore.

**Settori**

La rigenerazione viene effettuata in modo indipendente dal produttore e quindi non si limita ai prodotti di Schaeffler Technologies. Prima di effettuare la rigenerazione è possibile valutare sul posto insieme agli esperti di Global Technology Network lo stato dei cuscinetti.

La rigenerazione dei cuscinetti volventi è particolarmente interessante quando questi sono impiegati in macchine o veicoli dei seguenti settori:

- estrazione e lavorazione di materie prime
- Produzione e lavorazione dei metalli
- Cellulosa e carta
- Traffico su rotaia.

**Dimensioni**

In linea di massima si possono rigenerare e all'occorrenza modificare cuscinetti volventi con un diametro esterno D da 100 mm a 4 500 mm. Per la rigenerazione o modifica di cuscinetti con altri diametri esterni si prega di interpellarci.

**Altre informazioni**

- Per informazioni dettagliate vedere TPI 207, Manutenzione e rigenerazione di cuscinetti volventi
- Richieste: support.is@schaeffler.com, Tel. +49 9721 91-1919, Fax +49 9721 91-3639.



## Corsi di formazione

Il corretto montaggio e smontaggio dei cuscinetti volventi influenza profondamente la loro durata utile. Per il corretto utilizzo di cuscinetti volventi, guide lineari e cuscinetti a strisciamento, che sono componenti irrinunciabili in migliaia di applicazioni, è necessario conoscere bene questi elementi. Schaeffler dispone in tutto il mondo di propri centri di formazione certificati secondo la norma ISO 9001, *figura 5*.




*Figura 5*
Corso di formazione presso la sede di Eltmann

I corsi di formazione per il montaggio e lo smontaggio sono costituiti da una parte teorica e una pratica. Vengono trasmesse conoscenze approfondite ad esempio sul montaggio e lo smontaggio di cuscinetti volventi con gli utensili ottimali e sul Condition Monitoring, di preferenza con fonometrie, misurazioni delle vibrazioni e misurazioni della coppia.

L'introduzione offre in linea di massima una formazione base che tratta delle differenti proprietà, caratteristiche e forme costruttive di cuscinetti volventi, a strisciamento e guide lineari, nonché della loro combinazione in sistemi fino alle unità meccatroniche. Gli esempi di applicazione rispecchiano i criteri di scelta e i vantaggi derivanti per il cliente. A questi corsi di formazione orientati al prodotto seguono moduli che prendono in considerazione la teoria dei cuscinetti volventi e casi di applicazione selezionati. La teoria dei cuscinetti volventi trasmette le conoscenze necessarie in particolare su gioco dei cuscinetti, distribuzione del carico, vita utile e lubrificazione. Nei workshop i partecipanti si dedicano a casi di applicazione, come per esempio i supporti in una macchina utensile o un supporto albero. Vi sono trattate tutte le fasi del processo, dalla scelta dei cuscinetti, ai calcoli dei cuscinetti, fino al montaggio, *figura 6*, pagina 129. Offriamo inoltre anche workshop nel campo della meccatronica.




*Figura 6*
Corso di formazione
sul montaggio di cuscinetti volventi

Molti moduli di formazione si occupano del montaggio e dello smontaggio di cuscinetti volventi e guide lineari. Mediante l'osservazione ed effettuando esercizi pratici i partecipanti acquisiscono le cognizioni e l'abilità di montaggio necessarie per il loro normale lavoro. I nostri corsi di formazione sul montaggio abbracciano inoltre molteplici applicazioni. Gli esercizi pratici di montaggio con singoli prodotti sono seguiti dal lavoro su sistemi complessi, come ad esempio cambi, assili ferroviari o macchine utensili. Specifici corsi insegnano ai partecipanti come è possibile organizzare in modo pianificabile ed economico la manutenzione e revisione di macchine, impianti e cuscinetti volventi.

## Armadio di montaggio



Vi sono parecchi libri sul montaggio corretto dei cuscinetti, spesso però manca la relativa attrezzatura che consenta all'allievo di esercitarsi nella maniera più pratica possibile. È stato perciò creato un corso base costituito dalle lezioni degli istruttori delle officine didattiche Schaeffler, *figura 7*, pagina 130.




*Figura 7*
Corso di lezioni base:
Armadio di montaggio

Questo corso sui cuscinetti volventi si prefigge l'obiettivo di insegnare a scegliere il cuscinetto giusto, a montare e smontare i cuscinetti correttamente e ad effettuare la manutenzione delle sedi dei cuscinetti. È suddiviso in due parti.

Quella teorica tratta le nozioni di base relative alla tecnica dei cuscinetti volventi e vi sono illustrati, con gli strumenti didattici più moderni, gli argomenti disegno tecnico, calcolo e teoria. La parte pratica è concentrata sulle abilità basilari relative al montaggio e allo smontaggio dei tipi di cuscinetti in uso sulla base di modelli semplificati (alberi, alloggiamenti). Vi trovano impiego differenti metodi ed utensili.

Gli argomenti del corso vengono illustrati a piccoli passi e sono disponibili in varie lingue. Corrispondono pienamente al grado di difficoltà attualmente richiesto nella formazione professionale. Partendo da questo corso base si possono apprendere anche singoli argomenti utilizzando vari kit di montaggio, *figura 8*.




*Figura 8*
Esercizi pratici
con l'armadio di montaggio

## Banco di montaggio a croce

Per svolgere corsi di formazione professionali sul corretto montaggio e smontaggio di cuscinetti volventi, Schaeffler ha sviluppato il cosiddetto banco di montaggio a croce, *figura 9*. Questa attrezzatura consente a un istruttore esperto di insegnare in modo chiaro e in condizioni realistiche il modo d'uso di numerose diverse forme costruttive di cuscinetti. Il grado di difficoltà corrisponde alla formazione base di persone che maneggiano regolarmente cuscinetti volventi.

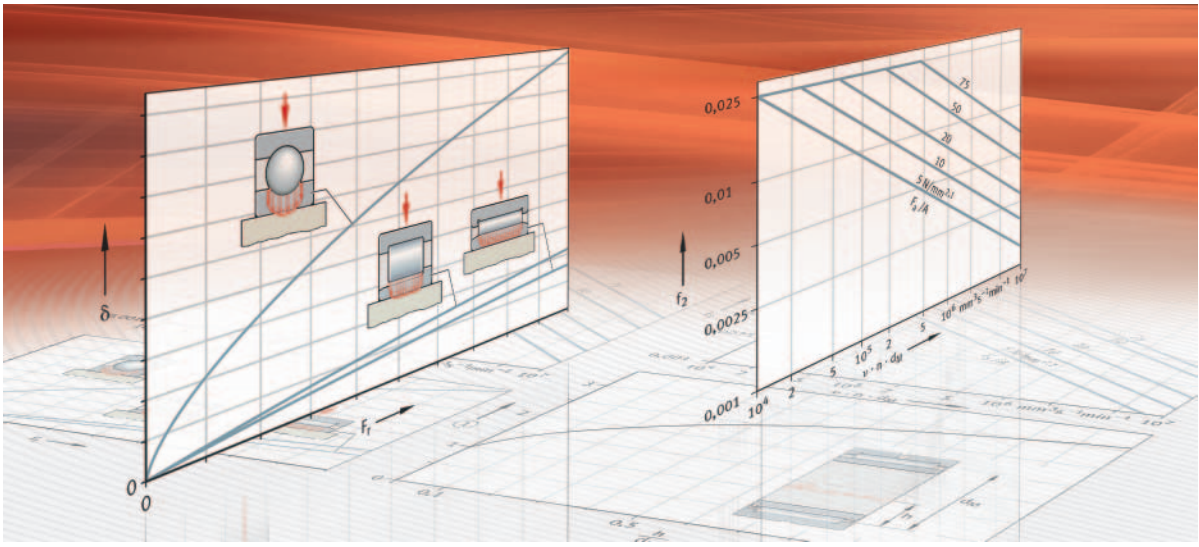



*Figura 9*
Attrezzatura del corso: banco di montaggio a croce

Il banco di montaggio a croce ha una struttura modulare e può essere integrato ed ampliato con molteplici diversi esercizi. La dotazione iniziale comprende i necessari utensili base, il banco di montaggio a croce vero e proprio e quattro diversi esercizi con le forme costruttive di cuscinetti più spesso utilizzate. Parte integrante di ciascun esercizio sono cuscinetti, parti accessorie e utensili necessari. Sono insegnati metodi meccanici, termici ed idraulici.

Nella documentazione del corso di formazione sono illustrati esattamente il corretto procedimento e modo d'uso di cuscinetti ed utensili. Vi sono descritte anche le necessarie misure di sicurezza e i procedimenti alternativi.






# Tabelle

Simboli di dimensione e tolleranza
Accoppiamenti per alberi ed alloggiamenti
Tolleranze normali
Distanze tra gli spigoli
Gioco radiale del cuscinetto
Gioco assiale del cuscinetto
Riduzione del gioco radiale
Grassi per cuscinetti volventi FAG Arcanol – dati chimico-fisici
Indicazioni per l'uso

# Tabelle


Pagina

**Simboli di dimensione e tolleranza** ..... 134

**Accoppiamenti per alberi ed alloggiamenti** ..... 138

**Tolleranze normali**

Tolleranze normali dei cuscinetti radiali FAG (tranne cuscinetti a rulli conici FAG) ..... 150

Tolleranze normali dei cuscinetti a rulli conici FAG con dimensioni metriche ..... 152
- Tolleranza di larghezza secondo classe di precisione Normal ..... 152
- Tolleranza di larghezza secondo classe di precisione 6X ..... 155
- Classe di precisione ristretta 5 ..... 156

Tolleranze normali dei cuscinetti a rulli conici FAG secondo ANSI/ABMA ..... 158

Tolleranze normali dei cuscinetti assiali ..... 159
- Tolleranze dell'altezza nominale ..... 162

**Distanze tra gli spigoli**

Distanze tra gli spigoli di cuscinetti radiali (tranne cuscinetti a rulli conici) ..... 163

Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici ..... 165
- Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici con dimensioni metriche ..... 166
- Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici FAG secondo la norma ANSI/ABMA ..... 167

Distanze tra gli spigoli di cuscinetti assiali ..... 168

**Gioco radiale del cuscinetto**

Gioco radiale dei cuscinetti a sfere FAG ..... 170

Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a rulli FAG ..... 171

Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a una corona di rulli FAG ..... 172

Gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici FAG ..... 174

Gioco radiale dei cuscinetti a rulli toroidali FAG ..... 176

**Gioco assiale del cuscinetto**

Gioco assiale dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo FAG a due corone ..... 180

Gioco assiale dei cuscinetti a quattro punti FAG ..... 181

**Riduzione del gioco radiale** ..... 182

**Grassi per cuscinetti volventi FAG Arcanol – dati chimico-fisici** ..... 188

**Indicazioni per l'uso**

Metodi di montaggio e smontaggio di cuscinetti volventi ..... 192

Protocollo di misurazione ..... 195

## Simboli di dimensione e tolleranza di cuscinetti volventi radiali secondo ISO 492:2014

| Simbolo di dimensione | Simbolo di tolleranza | Descrizione per cuscinetti radiali secondo ISO 492:2014 | Vecchia definizione secondo ISO 1132-1:2000 |
|---|---|---|---|
| | | **Larghezza** | |
| $B$ | – | Misura nominale della larghezza dell'anello interno | Larghezza nominale dell'anello interno |
| | $t_{VBs}$ | **Anello simmetrico**<br>Differenza tra le misure di due punti della larghezza dell'anello interno | Variazione della larghezza dell'anello interno |
| | | **Anello asimmetrico**<br>Differenza tra le misure minime della larghezza dell'anello interno delimitate da due linee opposte in qualsiasi sezione longitudinale che include l'asse del foro dell'anello interno | |
| | $t_{\Delta Bs}$ | **Anello simmetrico**<br>Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti della larghezza dell'anello interno | Scostamento della singola larghezza dell'anello interno |
| | | **Anello asimmetrico, scostamento superiore**<br>Scostamento dalla misura nominale della misura minima della larghezza dell'anello interno delimitata da due linee opposte in qualsiasi sezione longitudinale che include l'asse del foro dell'anello interno | |
| | | **Anello asimmetrico, scostamento inferiore**<br>Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti della larghezza dell'anello interno | |
| $C$ | – | Misura nominale della larghezza dell'anello interno | Larghezza nominale dell'anello esterno |
| | $t_{VCs}$ | **Anello simmetrico**<br>Differenza tra le misure di due punti della larghezza dell'anello esterno | Variazione della larghezza dell'anello esterno |
| | | **Anello asimmetrico**<br>Differenza tra le misure minime della larghezza dell'anello esterno delimitate da due linee opposte in qualsiasi sezione longitudinale che include l'asse del mantello dell'anello esterno | |
| | $t_{\Delta Cs}$ | **Anello simmetrico**<br>Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti della larghezza dell'anello esterno | Scostamento della singola larghezza dell'anello esterno |
| | | **Anello asimmetrico, scostamento superiore**<br>Scostamento dalla misura nominale della misura minima della larghezza dell'anello esterno delimitata da due linee opposte in qualsiasi sezione longitudinale che include l'asse del mantello dell'anello esterno | |
| | | **Anello asimmetrico, scostamento inferiore**<br>Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti della larghezza dell'anello esterno | |
| $C_1$ | – | Misura nominale della larghezza della flangia dell'anello interno | Larghezza nominale della flangia dell'anello esterno |
| | $t_{VC1s}$ | Differenza tra le misure di due punti della larghezza della flangia dell'anello esterno | Variazione della larghezza della flangia dell'anello esterno |
| | $t_{\Delta C1s}$ | Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti della larghezza della flangia dell'anello esterno | Scostamento della singola larghezza della flangia dell'anello esterno |

## Simboli di dimensione e tolleranza di cuscinetti volventi radiali secondo ISO 492:2014
(continuazione)

| Simbolo di dimensione | Simbolo di tolleranza | Descrizione per cuscinetti radiali secondo ISO 492:2014 | Vecchia definizione secondo ISO 1132-1:2000 |
|---|---|---|---|
| | | **Diametro** | |
| $d$ | – | Misura nominale del diametro di un foro cilindrico o del diametro nell'estremità piccola teorica di un foro conico | Diametro nominale del foro |
| | $t_{Vdmp}$ | Differenza tra i valori medi del diametro del foro (derivanti dalle misure di due punti) in qualsiasi sezione trasversale di un foro cilindrico | Variazione del diametro medio del foro |
| | $t_{\Delta dmp}$ | **Foro cilindrico**<br>Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro del foro (derivante da misure di due punti), in qualsiasi sezione trasversale | Scostamento del diametro medio del foro in un piano singolo |
| | | **Foro conico**<br>Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro del foro (derivante da misure di due punti) all'estremità piccola teorica del foro conico | |
| | $t_{Vdsp}$ | Differenza tra le misure di due punti del diametro del foro in qualsiasi sezione trasversale di un foro cilindrico o conico | Variazione di un singolo diametro del foro in un piano singolo |
| | $t_{\Delta ds}$ | Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti del diametro del foro | Scostamento del singolo diametro del foro |
| $d_1$ | – | Misura nominale del diametro all'estremità grande teorica di un foro conico | Diametro all'estremità grande teorica di un foro conico |
| | $t_{\Delta d1mp}$ | Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro del foro (derivante da misure di due punti) all'estremità grande teorica del foro conico | Scostamento del diametro medio del foro in un piano all'estremità grande teorica del foro conico |
| $D$ | – | Misura nominale del diametro esterno (diametro del mantello) | Diametro nominale del mantello |
| | $t_{VDmp}$ | Differenza tra i valori medi del diametro esterno (derivanti dalle misure di due punti) in qualsiasi sezione trasversale | Variazione del diametro medio del mantello |
| | $t_{\Delta Dmp}$ | Scostamento dalla misura nominale dei valori medi del diametro esterno (derivante da misure di due punti), in qualsiasi sezione trasversale | Scostamento del diametro medio del mantello in un piano |
| | $t_{VDsp}$ | Differenza tra le misure di due punti del diametro esterno in qualsiasi sezione trasversale | Variazione di un singolo diametro del mantello in un piano singolo |
| | $t_{\Delta Ds}$ | Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti del diametro esterno | Scostamento del singolo diametro del mantello |
| $D_1$ | – | Misura nominale del diametro esterno di una flangia dell'anello esterno | Diametro nominale della flangia dell'anello esterno |
| | $t_{\Delta D1s}$ | Scostamento dalla misura nominale di una misura di due punti del diametro esterno di una flangia dell'anello esterno | Scostamento del singolo diametro della flangia dell'anello esterno |
| | | **Foro conico** | |
| $SL$ | – | Inclinazione del cono come differenza dei diametri nominali all'estremità grande teorica e all'estremità piccola di un foro conico ($SL = d_1 - d$) | – |
| | $t_{\Delta SL}$ | Scostamento dalla misura nominale dell'inclinazione del cono di un foro conico di anello interno ($\Delta SL = \Delta d1mp - \Delta dmp$) | – |
| $\alpha$ | – | Apertura angolare del cono di un anello interno con foro conico (descrizione in base a ISO 1119) | – |

## Simboli di dimensione e tolleranza di cuscinetti volventi radiali secondo ISO 492:2014 (continuazione)

| Simbolo di dimensione | Simbolo di tolleranza | Descrizione per cuscinetti radiali secondo ISO 492:2014 | Vecchia definizione secondo ISO 1132-1:2000 |
|---|---|---|---|
| | | **Larghezza nel cuscinetto assemblato** | |
| $T$ | – | Misura nominale della larghezza del cuscinetto di un cuscinetto assemblato | Larghezza nominale del cuscinetto |
| | $t_{\Delta Ts}$ | Scostamento dalla misura nominale della dimensione minima circoscritta della larghezza di un cuscinetto assemblato | Scostamento della larghezza effettiva del cuscinetto |
| $T_1$ | – | Misura nominale della larghezza effettiva dell'anello interno accoppiato con un anello esterno campione | Larghezza nominale effettiva dell'anello interno assemblato con un anello esterno campione |
| | $t_{\Delta T1s}$ | Scostamento dalla misura nominale della dimensione minima circoscritta della larghezza effettiva (componente interno, accoppiato con un anello esterno campione) | Scostamento della larghezza effettiva dell'anello interno |
| $T_2$ | – | Misura nominale della larghezza effettiva dell'anello esterno, accoppiato con un anello interno campione | Larghezza nominale effettiva dell'anello esterno, assemblato con un anello interno campione |
| | $t_{\Delta T2s}$ | Scostamento dalla misura nominale della dimensione minima circoscritta della larghezza effettiva (anello esterno, accoppiato con un anello interno campione) | Scostamento della larghezza effettiva dell'anello esterno |
| $T_F$ | – | Misura nominale della distanza della flangia nel cuscinetto assemblato con flangia | – |
| | $t_{\Delta TFs}$ | Scostamento dalla misura nominale della dimensione minima circoscritta della larghezza di un cuscinetto flangiato assemblato | – |
| $T_{F2}$ | – | Larghezza effettiva di un anello esterno flangiato, accoppiato con un anello interno campione | – |
| | $t_{\Delta TF2s}$ | Scostamento dalla misura nominale della dimensione minima circoscritta della larghezza effettiva (anello esterno flangiato, accoppiato con un anello interno campione) | – |
| | | **Precisione di rotazione** | |
| | $t_{Kea}$ | Coassialità radiale del mantello dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato, riferita all'asse del foro dell'anello interno | Errore di rotazione radiale dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato |
| | $t_{Kia}$ | Coassialità radiale della superficie del foro dell'anello interno nel cuscinetto assemblato, riferita all'asse del mantello dell'anello esterno | Errore di rotazione radiale dell'anello interno nel cuscinetto assemblato |
| | $t_{Sd}$ | Planarità (coassialità assiale) della superficie laterale dell'anello interno, riferita all'asse del foro dell'anello interno | Perpendicolarità della superficie laterale dell'anello interno, riferita al foro |
| | $t_{SD}$ | Perpendicolarità dell'asse del mantello dell'anello esterno, riferita alla superficie laterale dell'anello esterno | Perpendicolarità della generatrice dell'anello esterno, riferita alla superficie laterale |
| | $t_{SD1}$ | Perpendicolarità dell'asse del mantello dell'anello esterno, riferita alla superficie di contatto laterale della flangia dell'anello esterno | Perpendicolarità della generatrice dell'anello esterno, riferita alla superficie di contatto della flangia |
| | $t_{Sea}$ | Planarità (coassialità radiale) della superficie laterale dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato, riferita all'asse del foro dell'anello interno | Errore di rotazione assiale dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato |
| | $t_{Sea1}$ | Planarità (coassialità radiale) della superficie di contatto laterale della flangia dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato, riferita all'asse del foro dell'anello interno | Errore di rotazione assiale della superficie di contatto della flangia dell'anello esterno nel cuscinetto assemblato |
| | $t_{Sia}$ | Planarità (coassialità radiale) della superficie laterale dell'anello interno nel cuscinetto assemblato, riferita all'asse del mantello dell'anello esterno | Errore di rotazione assiale dell'anello interno nel cuscinetto assemblato |

## Simboli di dimensione e tolleranza di cuscinetti volventi assiali secondo ISO 199:2014

| Simbolo di dimensione | Simbolo di tolleranza | Descrizione per cuscinetto assiale secondo ISO 199:2014 | Vecchia definizione secondo ISO 1132-1:2000 |
|---|---|---|---|
| | | **Diametro** | |
| $d$ | – | Misura nominale del diametro del foro della ralla per albero, cuscinetto a singolo effetto | Diametro nominale del foro della ralla per albero |
| | $t_{\Delta dmp}$ | Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro del foro (derivante da misure di due punti) della ralla per albero, in qualsiasi sezione trasversale | Scostamento del diametro medio del foro in un piano singolo |
| | $t_{Vdsp}$ | Differenza tra le misure di due punti del diametro del foro della ralla per albero in qualsiasi sezione trasversale | Variazione di un singolo diametro del foro in un piano singolo |
| $d_2$ | – | Misura nominale del diametro del foro del disco intermedio, cuscinetto a doppio effetto | Diametro nominale del foro del disco intermedio |
| | $t_{\Delta d2mp}$ | Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro del foro (derivante dalle misure di due punti) del disco intermedio, in qualsiasi sezione trasversale | Scostamento del diametro medio del foro in un piano singolo |
| | $t_{Vd2sp}$ | Differenza tra le misure di due punti del diametro del foro del disco intermedio in qualsiasi sezione trasversale | Variazione di un singolo diametro del foro in un piano singolo |
| $D$ | – | Misura nominale del diametro esterno della ralla per alloggiamento | Diametro nominale del mantello della ralla per alloggiamento |
| | $t_{\Delta Dmp}$ | Scostamento dalla misura nominale del valore medio del diametro esterno (derivante da misure di due punti) della ralla per alloggiamento, in qualsiasi sezione trasversale | Scostamento del diametro medio del mantello in un piano |
| | $t_{VDsp}$ | Differenza tra le misure di due punti del diametro esterno della ralla per alloggiamento in qualsiasi sezione trasversale | Variazione di un singolo diametro del mantello in un piano singolo |
| | | **Altezza** | |
| $T$ | – | Misura nominale dell'altezza del cuscinetto, cuscinetto a singolo effetto | Altezza nominale del cuscinetto |
| | $t_{\Delta Ts}$ | Scostamento dalla misura nominale della misura minima delimitata dell'altezza di un cuscinetto assemblato, cuscinetto a singolo effetto | Scostamento dell'altezza effettiva del cuscinetto |
| $T_1$ | – | Misura nominale dell'altezza del cuscinetto, cuscinetto a doppio effetto | Altezza nominale del cuscinetto |
| | $t_{\Delta T1s}$ | Scostamento dalla misura nominale della misura minima delimitata dell'altezza di un cuscinetto assemblato, cuscinetto a doppio effetto | Scostamento dell'altezza effettiva del cuscinetto |
| | $t_{Se}$ | **Cuscinetti assiali a rulli cilindrici**<br>Differenza tra le misure di due punti dello spessore del disco tra la pista di rotolamento e il lato posteriore della ralla per alloggiamento | Variazione dell'altezza della ralla per alloggiamento |
| | | **Cuscinetti assiali a sfere**<br>Differenza tra le misure sfera locali tra il centro della pista di rotolamento e il lato posteriore opposto della ralla per alloggiamento | |
| | $t_{Si}$ | **Cuscinetti assiali a rulli cilindrici**<br>Differenza tra le misure di due punti dello spessore del disco tra la pista di rotolamento e il lato posteriore della ralla per albero | Variazione dell'altezza della ralla per albero |
| | | **Cuscinetti assiali a sfere**<br>Differenza tra le misure sfera locali tra il centro della pista di rotolamento e il lato posteriore opposto della ralla per albero | |

## Accoppiamenti per alberi

| Misura nominale dell'albero in mm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| da | **3** | **6** | **10** | **18** | **30** |
| a | **6** | **10** | **18** | **30** | **50** |
| Scostamento del diametro del foro del cuscinetto in µm (tolleranza normale) | | | | | |
| $\Delta_{dmp}$ | 0<br>−8 | 0<br>−8 | 0<br>−8 | 0<br>−10 | 0<br>−12 |
| Scostamento dell'albero, interferenza o gioco di accoppiamento in µm | | | | | |
| **e7** | −20<br>−32 | −25<br>−40 | −32<br>−50 | −40<br>−61 | −50<br>−75 |
| **e8** | −20<br>−38 | −25<br>−47 | −32<br>−59 | −40<br>−73 | −50<br>−89 |
| **f6** | −10<br>−18 | −13<br>−22 | −16<br>−27 | −20<br>−33 | −25<br>−41 |
| **f7** | −10<br>−22 | −13<br>−28 | −16<br>−34 | −20<br>−41 | −25<br>−50 |
| **g5** | −4<br>−9 | −5<br>−11 | −6<br>−14 | −7<br>−16 | −9<br>−20 |
| **g6** | −4<br>−12 | −5<br>−14 | −6<br>−17 | −7<br>−20 | −9<br>−25 |
| **h5** | 0<br>−5 | 0<br>−6 | 0<br>−8 | 0<br>−9 | 0<br>−11 |
| **h6** | 0<br>−8 | 0<br>−9 | 0<br>−11 | 0<br>−13 | 0<br>−16 |
| **j5** | +3<br>−2 | +4<br>−2 | +5<br>−3 | +5<br>−4 | +6<br>−5 |
| **j6** | +6<br>−2 | +7<br>−2 | +8<br>−3 | +9<br>−4 | +11<br>−5 |
| **js3** | +1,25<br>+1,25 | +1,25<br>+1,25 | +1,5<br>+1,5 | +2<br>−2 | +2<br>−2 |
| **js4** | +2<br>−2 | +2<br>−2 | +2,5<br>+2,5 | +3<br>−3 | +3,5<br>+3,5 |
| **js5** | +2,5<br>−2,5 | +3<br>−3 | +4<br>−4 | +4,5<br>−4,5 | +5,5<br>−5,5 |
| **js6** | +4<br>−4 | +4,5<br>−4,5 | +5,5<br>−5,5 | +6,5<br>−6,5 | +8<br>−8 |
| **k3** | +2,5<br>0 | +2,5<br>0 | +3<br>0 | +4<br>0 | +4<br>0 |
| **k4** | +5<br>+1 | +5<br>+1 | +6<br>+1 | +8<br>+2 | +9<br>+2 |
| **k5** | +6<br>+1 | +7<br>+1 | +9<br>+1 | +11<br>+2 | +13<br>+2 |
| **k6** | +9<br>+1 | +10<br>+1 | +12<br>+1 | +15<br>+2 | +18<br>+2 |

| 50<br>65 | 65<br>80 | 80<br>100 | 100<br>120 | 120<br>140 | 140<br>160 | 160<br>180 | 180<br>200 | 200<br>225 | 225<br>250 | 250<br>280 | 280<br>315 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−15 | 0<br>−15 | 0<br>−20 | 0<br>−20 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−30 | 0<br>−30 | 0<br>−30 | 0<br>−35 | 0<br>−35 |
| −60<br>−90 | −60<br>−90 | −72<br>−107 | −72<br>−107 | −85<br>−125 | −83<br>−125 | −85<br>−125 | −100<br>−146 | −100<br>−146 | −100<br>−146 | −110<br>−162 | −110<br>−162 |
| −60<br>−106 | −60<br>−106 | −72<br>−126 | −72<br>−126 | −85<br>−148 | −85<br>−148 | −85<br>−148 | −100<br>−172 | −100<br>−172 | −100<br>−172 | −110<br>−191 | −110<br>−191 |
| −30<br>−49 | −30<br>−49 | −36<br>−58 | −36<br>−58 | −43<br>−68 | −43<br>−68 | −43<br>−68 | −50<br>−79 | −50<br>−79 | −50<br>−79 | −56<br>−88 | −56<br>−88 |
| −30<br>−60 | −30<br>−60 | −36<br>−71 | −36<br>−71 | −43<br>−83 | −43<br>−83 | −43<br>−83 | −50<br>−96 | −50<br>−96 | −50<br>−96 | −56<br>−108 | −56<br>−108 |
| −10<br>−23 | −10<br>−23 | −12<br>−27 | −12<br>−27 | −14<br>−32 | −14<br>−32 | −14<br>−32 | −15<br>−35 | −15<br>−35 | −15<br>−35 | −17<br>−40 | −17<br>−40 |
| −10<br>−29 | −10<br>−29 | −12<br>−34 | −12<br>−34 | −14<br>−39 | −14<br>−39 | −14<br>−39 | −15<br>−44 | −15<br>−44 | −15<br>−44 | −17<br>−49 | −17<br>−49 |
| 0<br>−13 | 0<br>−13 | 0<br>−15 | 0<br>−15 | 0<br>−18 | 0<br>−18 | 0<br>−18 | 0<br>−20 | 0<br>−20 | 0<br>−20 | 0<br>−23 | 0<br>−23 |
| 0<br>−19 | 0<br>−19 | 0<br>−22 | 0<br>−22 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−29 | 0<br>−29 | 0<br>−29 | 0<br>−32 | 0<br>−32 |
| +6<br>−7 | +6<br>−7 | +6<br>−9 | +6<br>−9 | +7<br>−11 | +7<br>−11 | +7<br>−11 | +7<br>−13 | +7<br>−13 | +7<br>−13 | +7<br>−16 | +7<br>−16 |
| +12<br>−7 | +12<br>−7 | +13<br>−9 | +13<br>−9 | +14<br>−11 | +14<br>−11 | +14<br>−11 | +16<br>−13 | +16<br>−13 | +16<br>−13 | +16<br>−16 | +16<br>−16 |
| +2,5<br>+2,5 | +2,5<br>+2,5 | +3<br>−3 | +3<br>−3 | +4<br>−4 | +4<br>−4 | +4<br>−4 | +5<br>−5 | +5<br>−5 | +5<br>−5 | +6<br>−6 | +6<br>−6 |
| +4<br>−4 | +4<br>−4 | +5<br>−5 | +5<br>−5 | +6<br>−6 | +6<br>−6 | +6<br>−6 | +7<br>−7 | +7<br>−7 | +7<br>−7 | +8<br>−8 | +8<br>−8 |
| +6,5<br>−6,5 | +6,5<br>−6,5 | +7,5<br>−7,5 | +7,5<br>−7,5 | +9<br>−9 | +9<br>−9 | +9<br>−9 | +10<br>−10 | +10<br>−10 | +10<br>−10 | +11,5<br>−11,5 | +11,5<br>−11,5 |
| +9,5<br>−9,5 | +9,5<br>−9,5 | +11<br>−11 | +11<br>−11 | +12,5<br>−12,5 | +12,5<br>−12,5 | +12,5<br>−12,5 | +14,5<br>−14,5 | +14,5<br>−14,5 | +14,5<br>−14,5 | +16<br>−16 | +16<br>−16 |
| +5<br>0 | +5<br>0 | +6<br>0 | +6<br>0 | +8<br>0 | +8<br>0 | +8<br>0 | +10<br>0 | +10<br>0 | +10<br>0 | +12<br>0 | +12<br>0 |
| +10<br>+2 | +10<br>+2 | +13<br>+3 | +13<br>+3 | +15<br>+3 | +15<br>+3 | +15<br>+3 | +18<br>+4 | +18<br>+4 | +18<br>+4 | +20<br>+4 | +20<br>+4 |
| +15<br>+2 | +15<br>+2 | +18<br>+3 | +18<br>+3 | +21<br>+3 | +21<br>+3 | +21<br>+3 | +24<br>+4 | +24<br>+4 | +24<br>+4 | +27<br>+4 | +27<br>+4 |
| +21<br>+2 | +21<br>+2 | +25<br>+3 | +25<br>+3 | +28<br>+3 | +28<br>+3 | +28<br>+3 | +33<br>+4 | +33<br>+4 | +33<br>+4 | +36<br>+4 | +36<br>+4 |

**Accoppiamenti per alberi**
(continuazione)

| Misura nominale dell'albero in mm | | | | |
|---|---|---|---|---|
| da | **315** | **355** | **400** | **450** |
| a | **355** | **400** | **450** | **500** |
| Scostamento del diametro del foro del cuscinetto in µm (tolleranza normale) | | | | |
| $\Delta_{dmp}$ | 0<br>−40 | 0<br>−40 | 0<br>−45 | 0<br>−45 |
| Scostamento dell'albero, interferenza o gioco degli accoppiamento in µm | | | | |
| **e7** | −125<br>−182 | −125<br>−182 | −135<br>−198 | −135<br>−198 |
| **e8** | −125<br>−214 | −125<br>−214 | −135<br>−232 | −135<br>−232 |
| **f6** | −62<br>−98 | −62<br>−98 | −68<br>−108 | −68<br>−108 |
| **f7** | −62<br>−119 | −62<br>−119 | −68<br>−131 | −68<br>−131 |
| **g5** | −18<br>−43 | −18<br>−43 | −20<br>−47 | −20<br>−47 |
| **g6** | −18<br>−54 | −18<br>−54 | −20<br>−60 | −20<br>−60 |
| **h5** | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−27 | 0<br>−27 |
| **h6** | 0<br>−36 | 0<br>−36 | 0<br>−40 | 0<br>−40 |
| **j5** | +7<br>−18 | +7<br>−18 | +7<br>−20 | +7<br>−20 |
| **j6** | +18<br>−18 | +18<br>−18 | +20<br>−20 | +20<br>−20 |
| **js3** | +6,5<br>−6,5 | +6,5<br>−6,5 | +7,5<br>−7,5 | +7,5<br>−7,5 |
| **js4** | +9<br>−9 | +9<br>−9 | +10<br>−10 | +10<br>−10 |
| **js5** | +12,5<br>−12,5 | +12,5<br>−12,5 | +13,5<br>−13,5 | +13,5<br>−13,5 |
| **js6** | +18<br>−18 | +18<br>−18 | +20<br>−20 | +20<br>−20 |
| **k3** | +13<br>0 | +13<br>0 | +15<br>0 | +15<br>0 |
| **k4** | +22<br>+4 | +22<br>+4 | +25<br>+5 | +25<br>+5 |
| **k5** | +29<br>+4 | +29<br>+4 | +32<br>+5 | +32<br>+5 |
| **k6** | +40<br>+4 | +40<br>+4 | +45<br>+5 | +45<br>+5 |

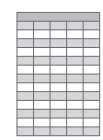
| 500<br>560 | 560<br>630 | 630<br>710 | 710<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1 000 | 1 000<br>1 120 | 1 120<br>1 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−50 | 0<br>−50 | 0<br>−75 | 0<br>−75 | 0<br>−100 | 0<br>−100 | 0<br>−125 | 0<br>−125 |
| −145<br>−215 | −145<br>−215 | −160<br>−240 | −160<br>−240 | −170<br>−260 | −170<br>−260 | −195<br>−300 | −195<br>−300 |
| −145<br>−255 | −145<br>−255 | −160<br>−285 | −160<br>−285 | −170<br>−310 | −170<br>−310 | −195<br>−360 | −195<br>−360 |
| −76<br>−120 | −76<br>−120 | −80<br>−130 | −80<br>−130 | −86<br>−142 | −86<br>−142 | −98<br>−164 | −98<br>−164 |
| −76<br>−146 | −76<br>−146 | −80<br>−160 | −80<br>−160 | −86<br>−176 | −86<br>−176 | −98<br>−203 | −98<br>−203 |
| −22<br>−51 | −22<br>−51 | −24<br>−56 | −24<br>−56 | −26<br>−62 | −26<br>−62 | −28<br>−70 | −28<br>−70 |
| −22<br>−66 | −22<br>−66 | −24<br>−74 | −24<br>−74 | −26<br>−82 | −26<br>−82 | −28<br>−94 | −28<br>−94 |
| 0<br>−29 | 0<br>−29 | 0<br>−32 | 0<br>−32 | 0<br>−36 | 0<br>−36 | 0<br>−42 | 0<br>−42 |
| 0<br>−44 | 0<br>−44 | 0<br>−50 | 0<br>−50 | 0<br>−56 | 0<br>−56 | 0<br>−66 | 0<br>−66 |
| – | – | – | – | – | – | – | – |
| +22<br>−22 | +22<br>−22 | +25<br>−25 | +25<br>−25 | +28<br>−28 | +28<br>−28 | +33<br>−33 | +33<br>−33 |
| – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – |
| +14,5<br>−14,5 | +14,5<br>−14,5 | +16<br>−16 | +16<br>−16 | +18<br>−18 | +18<br>−18 | +21<br>−21 | +21<br>−21 |
| +22<br>−22 | +22<br>−22 | +25<br>−25 | +25<br>−25 | +28<br>−28 | +28<br>−28 | +33<br>−33 | +33<br>−33 |
| – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | – | – | – | – | – | – |
| +29<br>0 | +29<br>0 | +32<br>0 | +32<br>0 | +36<br>0 | +36<br>0 | +42<br>0 | +42<br>0 |
| +44<br>0 | +44<br>0 | +50<br>0 | +50<br>0 | +56<br>0 | +56<br>0 | +66<br>0 | +66<br>0 |

**Accoppiamenti per alberi**
(continuazione)

| | Misura nominale dell'albero in mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | da **3** a **6** | **6** **10** | **10** **18** | **18** **30** | **30** **50** |
| | Scostamento del diametro del foro del cuscinetto in µm (tolleranza normale) | | | | |
| $\Delta_{dmp}$ | 0<br>−8 | 0<br>−8 | 0<br>−8 | 0<br>−10 | 0<br>−12 |
| | Scostamento dell'albero, interferenza o gioco di accoppiamento in µm | | | | |
| **m5** | +9<br>+4 | +12<br>+6 | +15<br>+7 | +17<br>+8 | +20<br>+9 |
| **m6** | +12<br>+4 | +15<br>+6 | +18<br>+7 | +21<br>+8 | +25<br>+9 |
| **n5** | +13<br>+8 | +16<br>+10 | +20<br>+12 | +24<br>+15 | +28<br>+17 |
| **n6** | +16<br>+8 | +19<br>+10 | +23<br>+12 | +28<br>+15 | +33<br>+17 |
| **p6** | +20<br>+12 | +24<br>+15 | +29<br>+18 | +35<br>+22 | +42<br>+26 |
| **p7** | +24<br>+12 | +30<br>+15 | +36<br>+18 | +43<br>+22 | +51<br>+26 |
| **r6** | +23<br>+15 | +28<br>+19 | +34<br>+23 | +41<br>+28 | +50<br>+34 |
| **r7** | +27<br>+15 | +34<br>+19 | +41<br>+23 | +49<br>+28 | +59<br>+34 |
| **s6** | +27<br>+19 | +32<br>+23 | +39<br>+28 | +48<br>+35 | +59<br>+43 |
| **s7** | +31<br>+19 | +38<br>+23 | +46<br>+28 | +56<br>+35 | +68<br>+43 |
| **Tolleranze di alberi per bussole di trazione e bussole di pressione** | | | | | |
| **h7**/ $\frac{IT5}{2}$ | 0<br>−12<br>*2,5* | 0<br>−15<br>*3* | 0<br>−18<br>*4* | 0<br>−21<br>*4,5* | 0<br>−25<br>*5,5* |
| **h8**/ $\frac{IT5}{2}$ | 0<br>−18<br>*2,5* | 0<br>−22<br>*3* | 0<br>−27<br>*4* | 0<br>−33<br>*4,5* | 0<br>−39<br>*5,5* |
| **h9**/ $\frac{IT6}{2}$ | 0<br>−30<br>*4* | 0<br>−36<br>*4,5* | 0<br>−43<br>*5,5* | 0<br>−52<br>*6,5* | 0<br>−62<br>*8* |
| **h10**/ | 0<br>−48<br>*6* | 0<br>−58<br>*7,5* | 0<br>−70<br>*9* | 0<br>−84<br>*10,5* | 0<br>−100<br>*12,5* |

La tolleranza di cilindricità $t_1$ (numeri in *corsivo*) è riferita al raggio (DIN ISO 1101). Per la misurazione del diametro dell'albero i valori di tolleranza devono essere raddoppiati. Per costruzioni meccaniche generali privilegiare i valori h7 oppure h8.

| 50<br>65 | 65<br>80 | 80<br>100 | 100<br>120 | 120<br>140 | 140<br>160 | 160<br>180 | 180<br>200 | 200<br>225 | 225<br>250 | 250<br>280 | 280<br>315 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−15 | 0<br>−15 | 0<br>−20 | 0<br>−20 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−25 | 0<br>−30 | 0<br>−30 | 0<br>−30 | 0<br>−35 | 0<br>−35 |
| +24<br>+11 | +24<br>+11 | +28<br>+13 | +28<br>+13 | +33<br>+15 | +33<br>+15 | +33<br>+15 | +37<br>+17 | +37<br>+17 | +37<br>+17 | +43<br>+20 | +43<br>+20 |
| +30<br>+11 | +30<br>+11 | +35<br>+13 | +35<br>+13 | +40<br>+15 | +40<br>+15 | +40<br>+15 | +46<br>+17 | +46<br>+17 | +46<br>+17 | +52<br>+20 | +52<br>+20 |
| +33<br>+20 | +33<br>+20 | +38<br>+23 | +38<br>+23 | +45<br>+27 | +45<br>+27 | +45<br>+27 | +51<br>+31 | +51<br>+31 | +51<br>+31 | +57<br>+34 | +57<br>+34 |
| +39<br>+20 | +39<br>+20 | +45<br>+23 | +45<br>+23 | +52<br>+27 | +52<br>+27 | +52<br>+27 | +60<br>+31 | +60<br>+31 | +60<br>+31 | +66<br>+34 | +66<br>+34 |
| +51<br>+32 | +51<br>+32 | +59<br>+37 | +59<br>+37 | +68<br>+43 | +68<br>+43 | +68<br>+43 | +79<br>+50 | +79<br>+50 | +79<br>+50 | +88<br>+56 | +88<br>+56 |
| +62<br>+32 | +62<br>+32 | +72<br>+37 | +72<br>+37 | +83<br>+43 | +83<br>+43 | +83<br>+43 | +96<br>+50 | +96<br>+50 | +96<br>+50 | +108<br>+56 | +108<br>+56 |
| +60<br>+41 | +62<br>+43 | +73<br>+51 | +76<br>+54 | +88<br>+63 | +90<br>+65 | +93<br>+68 | +106<br>+77 | +109<br>+80 | +113<br>+84 | +126<br>+94 | +130<br>+98 |
| +71<br>+41 | +73<br>+43 | +86<br>+51 | +89<br>+54 | +103<br>+63 | +105<br>+65 | +108<br>+68 | +123<br>+77 | +126<br>+80 | +130<br>+84 | +146<br>+94 | +150<br>+98 |
| +72<br>+53 | +78<br>+59 | +93<br>+71 | +101<br>+79 | +117<br>+92 | +125<br>+100 | +133<br>+108 | +151<br>+122 | +126<br>+80 | +130<br>+84 | +146<br>+94 | +150<br>+98 |
| +83<br>+53 | +89<br>+59 | +106<br>+71 | +114<br>+79 | +132<br>+92 | +140<br>+100 | +148<br>+108 | +168<br>+122 | +126<br>+80 | +130<br>+84 | +146<br>+94 | +150<br>+98 |
| 0<br>−30<br>*6,5* | 0<br>−30<br>*6,5* | 0<br>−35<br>*7,5* | 0<br>−35<br>*7,5* | 0<br>−40<br>*9* | 0<br>−40<br>*9* | 0<br>−40<br>*9* | 0<br>−46<br>*10* | 0<br>−46<br>*10* | 0<br>−46<br>*10* | 0<br>−52<br>*11,5* | 0<br>−52<br>*11,5* |
| 0<br>−46<br>*6,5* | 0<br>−46<br>*6,5* | 0<br>−54<br>*7,5* | 0<br>−54<br>*7,5* | 0<br>−63<br>*9* | 0<br>−63<br>*9* | 0<br>−63<br>*9* | 0<br>−72<br>*10* | 0<br>−72<br>*10* | 0<br>−72<br>*10* | 0<br>−81<br>*11,5* | 0<br>−81<br>*11,5* |
| 0<br>−74<br>*9,5* | 0<br>−74<br>*9,5* | 0<br>−87<br>*11* | 0<br>−87<br>*11* | 0<br>−100<br>*12,5* | 0<br>−100<br>*12,5* | 0<br>−100<br>*12,5* | 0<br>−115<br>*14,5* | 0<br>−115<br>*14,5* | 0<br>−115<br>*14,5* | 0<br>−130<br>*16* | 0<br>−130<br>*16* |
| 0<br>−120<br>*15* | 0<br>−120<br>*15* | 0<br>−140<br>*17,5* | 0<br>−140<br>*17,5* | 0<br>−160<br>*20* | 0<br>−160<br>*20* | 0<br>−160<br>*20* | 0<br>−185<br>*23* | 0<br>−185<br>*23* | 0<br>−185<br>*23* | 0<br>−210<br>*26* | 0<br>−210<br>*26* |



**Accoppiamenti per alberi**
(continuazione)

| | Misura nominale dell'albero in mm | | | |
|---|---|---|---|---|
| | da **315** a **355** | **355** **400** | **400** **450** | **450** **500** |
| | Scostamento del diametro del foro del cuscinetto in µm (tolleranza normale) | | | |
| $\Delta_{dmp}$ | 0<br>−40 | 0<br>−40 | 0<br>−45 | 0<br>−45 |
| | Scostamento dell'albero, interferenza o gioco degli accoppiamento in µm | | | |
| **m5** | +46<br>+21 | +46<br>+21 | +50<br>+23 | +50<br>+23 |
| **m6** | +57<br>+21 | +57<br>+21 | +63<br>+23 | +63<br>+23 |
| **n5** | +62<br>+37 | +62<br>+37 | +67<br>+40 | +67<br>+40 |
| **n6** | +73<br>+37 | +73<br>+37 | +80<br>+40 | +80<br>+40 |
| **p6** | +98<br>+62 | +98<br>+62 | +108<br>+68 | +108<br>+68 |
| **p7** | +119<br>+62 | +119<br>+62 | +131<br>+68 | +131<br>+68 |
| **r6** | +144<br>+108 | +150<br>+114 | +166<br>+126 | +172<br>+132 |
| **r7** | +165<br>+108 | +171<br>+114 | +189<br>+126 | +195<br>+132 |
| **s6** | +165<br>+108 | +171<br>+114 | +189<br>+126 | +195<br>+132 |
| **s7** | +165<br>+108 | +171<br>+114 | +189<br>+126 | +195<br>+132 |
| **Tolleranze di alberi per bussole di trazione e bussole di pressione** | | | | |
| **h7**/ $\frac{IT5}{2}$ | 0<br>−57<br>*12,5* | 0<br>−57<br>*12,5* | 0<br>−63<br>*13,5* | 0<br>−63<br>*13,5* |
| **h8**/ $\frac{IT5}{2}$ | 0<br>−89<br>*12,5* | 0<br>−89<br>*12,5* | 0<br>−97<br>*13,5* | 0<br>−97<br>*13,5* |
| **h9**/ $\frac{IT6}{2}$ | 0<br>−140<br>*18* | 0<br>−140<br>*18* | 0<br>−155<br>*20* | 0<br>−155<br>*20* |
| **h10**/ | 0<br>−230<br>*28,5* | 0<br>−230<br>*28,5* | 0<br>−250<br>*31,5* | 0<br>−250<br>*31,5* |

La tolleranza di cilindricità $t_1$ (numeri in *corsivo*) è riferita al raggio (DIN ISO 1101). Per la misurazione del diametro dell'albero i valori di tolleranza devono essere raddoppiati. Per costruzioni meccaniche generali privilegiare i valori h7 oppure h8.

| 500<br>560 | 560<br>630 | 630<br>710 | 710<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1 000 | 1 000<br>1 120 | 1 120<br>1 250 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−50 | 0<br>−50 | 0<br>−75 | 0<br>−75 | 0<br>−100 | 0<br>−100 | 0<br>−125 | 0<br>−125 |
| +55<br>+26 | +55<br>+26 | +62<br>+30 | +62<br>+30 | +70<br>+34 | +70<br>+34 | +82<br>+40 | +82<br>+40 |
| +70<br>+26 | +70<br>+26 | +80<br>+30 | +80<br>+30 | +90<br>+34 | +90<br>+34 | +106<br>+40 | +106<br>+40 |
| +73<br>+44 | +73<br>+44 | +82<br>+50 | +82<br>+50 | +92<br>+56 | +92<br>+56 | +108<br>+66 | +108<br>+66 |
| +88<br>+44 | +88<br>+44 | +100<br>+50 | +100<br>+50 | +112<br>+56 | +112<br>+56 | +132<br>+66 | +132<br>+66 |
| +122<br>+78 | +122<br>+78 | +138<br>+88 | +138<br>+88 | +156<br>+100 | +156<br>+100 | +186<br>+120 | +186<br>+120 |
| +148<br>+78 | +148<br>+78 | +168<br>+88 | +168<br>+88 | +190<br>+100 | +190<br>+100 | +225<br>+120 | +225<br>+120 |
| +194<br>+150 | +199<br>+155 | +225<br>+175 | +235<br>+185 | +266<br>+210 | +276<br>+220 | +316<br>+250 | +326<br>+260 |
| +220<br>+150 | +225<br>+155 | +255<br>+175 | +265<br>+185 | +300<br>+210 | +310<br>+220 | +355<br>+250 | +365<br>+260 |
| +220<br>+150 | +225<br>+155 | +255<br>+175 | +265<br>+185 | +300<br>+210 | +310<br>+220 | +355<br>+250 | +365<br>+260 |
| +220<br>+150 | +225<br>+155 | +255<br>+175 | +265<br>+185 | +300<br>+210 | +310<br>+220 | +355<br>+250 | +365<br>+260 |
| 0<br>−70<br>*14,5* | 0<br>−70<br>*14,5* | 0<br>−80<br>*16* | 0<br>−80<br>*16* | 0<br>−90<br>*18* | 0<br>−90<br>*18* | 0<br>−105<br>*21* | 0<br>−105<br>*21* |
| 0<br>−110<br>*14,5* | 0<br>−110<br>*14,5* | 0<br>−125<br>*16* | 0<br>−125<br>*16* | 0<br>−140<br>*18* | 0<br>−140<br>*18* | 0<br>−165<br>*21* | 0<br>−165<br>*21* |
| 0<br>−175<br>*22* | 0<br>−175<br>*22* | 0<br>−200<br>*25* | 0<br>−200<br>*25* | 0<br>−230<br>*28* | 0<br>−230<br>*28* | 0<br>−260<br>*33* | 0<br>−260<br>*33* |
| 0<br>−280<br>*35* | 0<br>−280<br>*35* | 0<br>−320<br>*40* | 0<br>−320<br>*40* | 0<br>−360<br>*45* | 0<br>−360<br>*45* | 0<br>−420<br>*52,5* | 0<br>−420<br>*52,5* |

## Accoppiamenti per alloggiamenti

| | Misura nominale del foro del supporto in mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | da **6** a **10** | **10** **18** | **18** **30** | **30** **50** | **50** **80** |
| | Scostamento del diametro esterno del cuscinetto in μm (tolleranza normale) | | | | |
| $\Delta_{Dmp}$ | 0<br>−8 | 0<br>−8 | 0<br>−9 | 0<br>−11 | 0<br>−13 |
| | Scostamento del supporto, interferenza o gioco di accoppiamento in μm | | | | |
| **D10** | +98<br>+40 | +120<br>+50 | +149<br>+65 | +180<br>+80 | +220<br>+100 |
| **E8** | +47<br>+25 | +59<br>+32 | +73<br>+40 | +89<br>+50 | +106<br>+60 |
| **F7** | +28<br>+13 | +34<br>+16 | +41<br>+20 | +50<br>+25 | +60<br>+30 |
| **G6** | +14<br>+5 | +17<br>+6 | +20<br>+7 | +25<br>+9 | +29<br>+10 |
| **G7** | +20<br>+5 | +24<br>+6 | +28<br>+7 | +34<br>+9 | +40<br>+10 |
| **H5** | +6<br>0 | +8<br>0 | +9<br>0 | +11<br>0 | +13<br>0 |
| **H6** | +9<br>0 | +11<br>0 | +13<br>0 | +16<br>0 | +19<br>0 |
| **H7** | +15<br>0 | +18<br>0 | +21<br>0 | +25<br>0 | +30<br>0 |
| **H8** | +22<br>0 | +27<br>0 | +33<br>0 | +39<br>0 | +46<br>0 |
| **J6** | +5<br>−4 | +6<br>−5 | +8<br>−5 | +10<br>−6 | +13<br>−6 |
| **J7** | +8<br>−7 | +10<br>−8 | +12<br>−9 | +14<br>−11 | +18<br>−12 |
| **JS4** | +2<br>−2 | +2,5<br>−2,5 | +3<br>−3 | +3,5<br>−3,5 | +4<br>−4 |
| **JS5** | +3<br>−3 | +4<br>−4 | +4,5<br>−4,5 | +5,5<br>−5,5 | +6,5<br>−6,5 |
| **JS6** | +4,5<br>−4,5 | +5,5<br>−5,5 | +6,5<br>−6,5 | +8<br>−8 | +9,5<br>−9,5 |
| **JS7** | +7,5<br>−7,5 | +9<br>−9 | +10,5<br>−10,5 | +12,5<br>−12,5 | +15<br>−15 |

| 80<br>120 | 120<br>150 | 150<br>180 | 180<br>250 | 250<br>315 | 315<br>400 | 400<br>500 | 500<br>630 | 630<br>800 | 800<br>1 000 | 1 000<br>1 250 | 1 250<br>1 600 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−15 | 0<br>−18 | 0<br>−25 | 0<br>−30 | 0<br>−35 | 0<br>−40 | 0<br>−45 | 0<br>−50 | 0<br>−75 | 0<br>−100 | 0<br>−125 | 0<br>−160 |
| +260<br>+120 | +305<br>+145 | +305<br>+145 | +355<br>+170 | +400<br>+190 | +440<br>+210 | +480<br>+230 | +540<br>+260 | +610<br>+290 | +680<br>+320 | +770<br>+350 | +890<br>+390 |
| +126<br>+72 | +148<br>+85 | +148<br>+85 | +172<br>+100 | +191<br>+110 | +214<br>+125 | +232<br>+135 | +255<br>+145 | +285<br>+160 | +310<br>+170 | +360<br>+195 | +415<br>+220 |
| +71<br>+36 | +83<br>+43 | +83<br>+43 | +96<br>+50 | +108<br>+56 | +119<br>+62 | +131<br>+68 | +146<br>+76 | +160<br>+80 | +176<br>+86 | +203<br>+98 | +235<br>+110 |
| +34<br>+12 | +39<br>+14 | +39<br>+14 | +44<br>+15 | +49<br>+17 | +54<br>+18 | +60<br>+20 | +66<br>+22 | +74<br>+24 | +82<br>+26 | +94<br>+28 | +108<br>+30 |
| +47<br>+12 | +54<br>+14 | +54<br>+14 | +61<br>+15 | +69<br>+17 | +75<br>+18 | +83<br>+20 | +92<br>+22 | +104<br>+24 | +116<br>+26 | +133<br>+28 | +155<br>+30 |
| +15<br>0 | +18<br>0 | +18<br>0 | +20<br>0 | +23<br>0 | +25<br>0 | +27<br>0 | – | – | – | – | – |
| +22<br>0 | +25<br>0 | +25<br>0 | +29<br>0 | +32<br>0 | +36<br>0 | +40<br>0 | +44<br>0 | +50<br>0 | +56<br>0 | +66<br>0 | +78<br>0 |
| +35<br>0 | +40<br>0 | +40<br>0 | +46<br>0 | +52<br>0 | +57<br>0 | +63<br>0 | +70<br>0 | +80<br>0 | +90<br>0 | +105<br>0 | +125<br>0 |
| +54<br>0 | +63<br>0 | +63<br>0 | +72<br>0 | +81<br>0 | +89<br>0 | +97<br>0 | +110<br>0 | +125<br>0 | +140<br>0 | +165<br>0 | +195<br>0 |
| +16<br>−6 | +18<br>−7 | +18<br>−7 | +22<br>−7 | +25<br>−7 | +29<br>−7 | +33<br>−7 | – | – | – | – | – |
| +22<br>−13 | +26<br>−14 | +26<br>−14 | +30<br>−16 | +36<br>−16 | +39<br>−18 | +43<br>−20 | – | – | – | – | – |
| +5<br>−5 | +6<br>−6 | +6<br>−6 | +7<br>−7 | +8<br>−8 | +9<br>−9 | +10<br>−10 | – | – | – | – | – |
| +7,5<br>−7,5 | +9<br>−9 | +9<br>−9 | +10<br>−10 | +11,5<br>−11,5 | +12,5<br>−12,5 | +13,5<br>−13,5 | – | – | – | – | – |
| +11<br>−11 | +12,5<br>−12,5 | +12,5<br>−12,5 | +14,5<br>−14,5 | +16<br>−16 | +18<br>−18 | +20<br>−20 | +22<br>−22 | +25<br>−25 | +28<br>−28 | +33<br>−33 | +39<br>−39 |
| +17,5<br>−17,5 | +20<br>−20 | +20<br>−20 | +23<br>−23 | +26<br>−26 | +28,5<br>−28,5 | +31,5<br>−31,5 | +35<br>−35 | +40<br>−40 | +45<br>−45 | +52<br>−52 | +62<br>−62 |

**Accoppiamenti per alloggiamenti**
(continuazione)

| | Misura nominale del foro del supporto in mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | da **6** a **10** | **10** **18** | **18** **30** | **30** **50** | **50** **80** |
| | Scostamento del diametro esterno del cuscinetto in µm (tolleranza normale) | | | | |
| | $\Delta_{Dmp}$ 0 −8 | 0 −8 | 0 −9 | 0 −11 | 0 −13 |
| | Scostamento del supporto, interferenza o gioco di accoppiamento in µm | | | | |
| **K4** | +0,5 −3,5 | +1 −4 | 0 −6 | +1 −6 | +1 −7 |
| **K5** | +1 −5 | +2 −6 | +1 −8 | +2 −9 | +3 −10 |
| **K6** | +2 −7 | +2 −9 | +2 −11 | +3 −13 | +4 −15 |
| **K7** | +5 −10 | +6 −12 | +6 −15 | +7 −18 | +9 −21 |
| **M6** | −3 −12 | −4 −15 | −4 −17 | −4 −20 | −5 −24 |
| **M7** | 0 −15 | 0 −18 | 0 −21 | 0 −25 | 0 −30 |
| **N6** | −7 −16 | −9 −20 | −11 −24 | −12 −28 | −14 −33 |
| **N7** | −4 −19 | −5 −23 | −7 −28 | −8 −33 | −9 −39 |
| **P6** | −12 −21 | −15 −26 | −18 −31 | −21 −37 | −26 −45 |
| **P7** | −9 −24 | −11 −29 | −14 −35 | −17 −42 | −21 −51 |
| **R6** | −16 −25 | −20 −31 | −24 −37 | −29 −45 | −35 −54 |
| **S7** | −20 −29 | −25 −36 | −31 −44 | −38 −54 | −47 −66 |

| **80**<br>**120** | **120**<br>**150** | **150**<br>**180** | **180**<br>**250** | **250**<br>**315** | **315**<br>**400** | **400**<br>**500** | **500**<br>**630** | **630**<br>**800** | **800**<br>**1 000** | **1 000**<br>**1 250** | **1 250**<br>**1 600** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>−15 | 0<br>−18 | 0<br>−25 | 0<br>−30 | 0<br>−35 | 0<br>−40 | 0<br>−45 | 0<br>−50 | 0<br>−75 | 0<br>−100 | 0<br>−125 | 0<br>−160 |
| +1<br>−9 | +1<br>−11 | +1<br>−11 | 0<br>−14 | 0<br>−16 | 0<br>−17 | 0<br>−20 | – | – | – | – | – |
| +2<br>−13 | +3<br>−15 | +3<br>−15 | +2<br>−18 | +3<br>−20 | +3<br>−22 | +2<br>−25 | – | – | – | – | – |
| +4<br>−18 | +4<br>−21 | +4<br>−21 | +5<br>−24 | +5<br>−27 | +7<br>−29 | +8<br>−32 | 0<br>−44 | 0<br>−50 | 0<br>−56 | 0<br>−66 | 0<br>−78 |
| +10<br>−25 | +12<br>−28 | +12<br>−28 | +13<br>−33 | +16<br>−36 | +17<br>−40 | +18<br>−45 | 0<br>−70 | 0<br>−80 | 0<br>−90 | 0<br>−105 | 0<br>−125 |
| −6<br>−28 | −8<br>−33 | −8<br>−33 | −8<br>−37 | −9<br>−41 | −10<br>−46 | −10<br>−50 | −26<br>−70 | −30<br>−80 | −34<br>−90 | −40<br>−106 | −48<br>−126 |
| 0<br>−35 | 0<br>−40 | 0<br>−40 | 0<br>−46 | 0<br>−52 | 0<br>−57 | 0<br>−63 | −26<br>−96 | −30<br>−110 | −34<br>−124 | −40<br>−145 | −48<br>−173 |
| −16<br>−38 | −20<br>−45 | −20<br>−45 | −22<br>−51 | −25<br>−57 | −26<br>−62 | −27<br>−67 | −44<br>−88 | −50<br>−100 | −56<br>−112 | −66<br>−132 | −78<br>−156 |
| −10<br>−45 | −12<br>−52 | −12<br>−52 | −14<br>−60 | −14<br>−66 | −16<br>−73 | −17<br>−80 | −44<br>−114 | −50<br>−130 | −56<br>−146 | −66<br>−171 | −78<br>−203 |
| −30<br>−52 | −36<br>−61 | −36<br>−61 | −41<br>−70 | −47<br>−79 | −51<br>−87 | −55<br>−95 | −78<br>−122 | −88<br>−138 | −100<br>−156 | −120<br>−186 | −140<br>−218 |
| −24<br>−59 | −28<br>−68 | −28<br>−68 | −33<br>−79 | −36<br>−88 | −41<br>−98 | −45<br>−108 | −78<br>−148 | −88<br>−168 | −100<br>−190 | −120<br>−225 | −140<br>−265 |
| −44<br>−66 | −56<br>−81 | −61<br>−86 | −68<br>−97 | −85<br>−117 | −97<br>−133 | −113<br>−153 | −150<br>−194 | −175<br>−225 | −210<br>−266 | −250<br>−316 | −300<br>−378 |
| −64<br>−86 | −85<br>−110 | −101<br>−126 | −113<br>−142 | −149<br>−181 | −179<br>−215 | −219<br>−259 | – | – | – | – | – |



## Tolleranze normali dei cuscinetti radiali FAG (tranne cuscinetti a rulli conici FAG)

Tolleranze normali dei cuscinetti radiali FAG ad eccezione dei cuscinetti a rulli conici.

### Tolleranze dell'anello interno

| Foro | | Variazione del foro | | Variazione | | | | Coassialità | Variazione della larghezza dell'anello interno | | | | Variazione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta dmp}$ | | $t_{Vdsp}$ | | | $t_{Vdmp}$ | $t_{Kia}$ | $t_{\Delta Bs}$ | | | | $t_{VBs}$ |
| mm | | µm | | µm | | | µm | µm | µm | | | | µm |
| | | Scostamento | | Serie dei diametri | | | | | Scostamento | | | | |
| | | | | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | | | normale | | modificato[1] | | |
| da | a | superiore | inferiore | max. | max. | max. | max. | max. | superiore | inferiore | superiore | inferiore | max. |
| 0,6[2] | 2,5 | 0 | −8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 | 0 | −40 | 0 | – | 12 |
| 2,5 | 10 | 0 | −8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 | 0 | −120 | 0 | −250 | 15 |
| 10 | 18 | 0 | −8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 10 | 0 | −120 | 0 | −250 | 20 |
| 18 | 30 | 0 | −10 | 13 | 10 | 8 | 8 | 13 | 0 | −120 | 0 | −250 | 20 |
| 30 | 50 | 0 | −12 | 15 | 12 | 9 | 9 | 15 | 0 | −120 | 0 | −250 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | −15 | 19 | 19 | 11 | 11 | 20 | 0 | −150 | 0 | −380 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | −20 | 25 | 25 | 15 | 15 | 25 | 0 | −200 | 0 | −380 | 25 |
| 120 | 180 | 0 | −25 | 31 | 31 | 19 | 19 | 30 | 0 | −250 | 0 | −500 | 30 |
| 180 | 250 | 0 | −30 | 38 | 38 | 23 | 23 | 40 | 0 | −300 | 0 | −500 | 30 |
| 250 | 315 | 0 | −35 | 44 | 44 | 26 | 26 | 50 | 0 | −350 | 0 | −500 | 35 |
| 315 | 400 | 0 | −40 | 50 | 50 | 30 | 30 | 60 | 0 | −400 | 0 | −630 | 40 |
| 400 | 500 | 0 | −45 | 56 | 56 | 34 | 34 | 65 | 0 | −450 | 0 | – | 50 |
| 500 | 630 | 0 | −50 | 63 | 63 | 38 | 38 | 70 | 0 | −500 | 0 | – | 60 |
| 630 | 800 | 0 | −75 | – | – | – | – | 80 | 0 | −750 | 0 | – | 70 |
| 800 | 1 000 | 0 | −100 | – | – | – | – | 90 | 0 | −1 000 | 0 | – | 80 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −125 | – | – | – | – | 100 | 0 | −1 250 | 0 | – | 100 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −160 | – | – | – | – | 120 | 0 | −1 600 | 0 | – | 120 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | −200 | – | – | – | – | 140 | 0 | −2 000 | 0 | – | 140 |

[1] Solo per cuscinetti prodotti appositamente per la disposizione in coppia.

[2] Questo diametro è compreso.

## Tolleranze dell'anello esterno[1)]

| Diametro esterno D mm | | Variazione del diametro esterno $t_{\Delta Dmp}$ µm Scostamento | | Variazione $t_{VDsp}$ µm | | | | $t_{VDmp}$[2)] µm | Planarità $t_{Kea}$ µm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Cuscinetti aperti Serie dei diametri | | | Cuscinetti con schermi di protezione o di tenuta | | |
| | | | | 9 | 0, 1 | 2, 3, 4 | | | |
| da | a | superiore | inferiore | max. | max. | max. | max. | max. | max. |
| 2,5[3)] | 6 | 0 | –8 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 15 |
| 6 | 18 | 0 | –8 | 10 | 8 | 6 | 10 | 6 | 15 |
| 18 | 30 | 0 | –9 | 12 | 9 | 7 | 12 | 7 | 15 |
| 30 | 50 | 0 | –11 | 14 | 11 | 8 | 16 | 8 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | –13 | 16 | 13 | 10 | 20 | 10 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | –15 | 19 | 19 | 11 | 26 | 11 | 35 |
| 120 | 150 | 0 | –18 | 23 | 23 | 14 | 30 | 14 | 40 |
| 150 | 180 | 0 | –25 | 31 | 31 | 19 | 38 | 19 | 45 |
| 180 | 250 | 0 | –30 | 38 | 38 | 23 | – | 23 | 50 |
| 250 | 315 | 0 | –35 | 44 | 44 | 26 | – | 26 | 60 |
| 315 | 400 | 0 | –40 | 50 | 50 | 30 | – | 30 | 70 |
| 400 | 500 | 0 | –45 | 56 | 56 | 34 | – | 34 | 80 |
| 500 | 630 | 0 | –50 | 63 | 63 | 38 | – | 38 | 100 |
| 630 | 800 | 0 | –75 | 94 | 94 | 55 | – | 55 | 120 |
| 800 | 1 000 | 0 | –100 | 125 | 125 | 75 | – | 75 | 140 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | –125 | – | – | – | – | – | 160 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | –160 | – | – | – | – | – | 190 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | –200 | – | – | – | – | – | 220 |
| 2 000 | 2 500 | 0 | –250 | – | – | – | – | – | 250 |

1) $\overline{\Delta_{Cs}}$, $\Delta_{C1s}$, $V_{Cs}$ e $V_{C2s}$ sono identici a $\Delta_{Bs}$ w $V_{Bs}$ per l'anello interno del rispettivo cuscinetto (tabella classe di precisione Normal anello interno, vedere pagina 150).

2) Vale prima dell'assemblaggio del cuscinetto e dopo che gli anelli elastici di sicurezza interni e/o esterni sono stati rimossi.

3) Questo diametro è compreso.

# Tolleranze normali

## Tolleranze normali dei cuscinetti a rulli conici FAG con dimensioni metriche

Le dimensioni principali sono conformi a ISO 355 e DIN 720, le tolleranze dimensionali e di rotazione a ISO 492:2014. Questi valori valgono solo per cuscinetti con dimensioni metriche.

### Tolleranza della larghezza secondo classe di precisione Normal

I cuscinetti ad una corona di rulli conici 302, 303, 313, 322, 323, T2EE, T4CB, T4DB, T5ED e T7FC sono conformi alla classe di precisione Normal.

I cuscinetti 320, 329, 330, 331 e 332 per diametri albero oltre 200 mm hanno tolleranze della larghezza secondo la classe di precisione Normal. I cuscinetti per diametri albero $<$ 200 mm hanno tolleranze della larghezza secondo la classe di precisione 6X, vedere tabella, pagina 155.

### Tolleranze dell'anello interno

| Foro | | Scostamento del foro | | Variazione | | Coassialità |
|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta dmp}$ | | $t_{Vdsp}$ | $t_{Vdmp}$ | $t_{Kia}$ |
| mm | | µm | | µm | µm | µm |
| da | a | max. | min. | max. | max. | max. |
| – | 10 | 0 | –12 | 12 | 9 | 15 |
| 10 | 18 | 0 | –12 | 12 | 9 | 15 |
| 18 | 30 | 0 | –12 | 12 | 9 | 18 |
| 30 | 50 | 0 | –12 | 12 | 9 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | –15 | 15 | 11 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | –20 | 20 | 15 | 30 |
| 120 | 180 | 0 | –25 | 25 | 19 | 35 |
| 180 | 250 | 0 | –30 | 30 | 23 | 50 |
| 250 | 315 | 0 | –35 | 35 | 26 | 60 |
| 315 | 400 | 0 | –40 | 40 | 30 | 70 |
| 400 | 500 | 0 | –45 | 45 | 34 | 80 |
| 500 | 630 | 0 | –60 | 60 | 40 | 90 |
| 630 | 800 | 0 | –75 | 75 | 45 | 100 |
| 800 | 1 000 | 0 | –100 | 100 | 55 | 115 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | –125 | 125 | 65 | 130 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | –160 | 160 | 80 | 150 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | –200 | 200 | 100 | 170 |

## Tolleranze della larghezza

| Foro | | Scostamento della larghezza dell'anello interno | | Scostamento della larghezza | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta Bs}$ | | $t_{\Delta Ts}$ | | $t_{\Delta T1s}$ | | $t_{\Delta T2s}$ | |
| mm | | µm | | µm | | µm | | µm | |
| da | a | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. |
| – | 10 | 0 | −120 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 10 | 18 | 0 | −120 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 18 | 30 | 0 | −120 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 30 | 50 | 0 | −120 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 50 | 80 | 0 | −150 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 80 | 120 | 0 | −200 | +200 | −200 | +100 | −100 | +100 | −100 |
| 120 | 180 | 0 | −250 | +350 | −250 | +150 | −150 | +200 | −100 |
| 180 | 250 | 0 | −300 | +350 | −250 | +150 | −150 | +200 | −100 |
| 250 | 315 | 0 | −350 | +350 | −250 | +150 | −150 | +200 | −100 |
| 315 | 400 | 0 | −400 | +400 | −400 | +200 | −200 | +200 | −200 |
| 400 | 500 | 0 | −450 | +450 | −450 | +225 | −225 | +225 | −225 |
| 500 | 630 | 0 | −500 | +500 | −500 | – | – | – | – |
| 630 | 800 | 0 | −750 | +600 | −600 | – | – | – | – |
| 800 | 1 000 | 0 | −1 000 | +750 | −750 | – | – | – | – |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −1 250 | +900 | −900 | – | – | – | – |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −1 600 | +1 050 | −1 050 | – | – | – | – |
| 1 600 | 2 000 | 0 | −2 000 | +1 200 | −1 200 | – | – | – | – |

# Tolleranze normali

## Tolleranze dell'anello esterno

| Diametro esterno | | Scostamento del diametro esterno | | Variazione | | Coassialità |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | | $t_{\Delta Dmp}$ | | $t_{VDsp}$ | $t_{VDmp}$ | $t_{Kea}$ |
| mm | | µm | | µm | µm | µm |
| da | a | max. | min. | max. | max. | max. |
| – | 18 | 0 | −12 | 12 | 9 | 18 |
| 18 | 30 | 0 | −12 | 12 | 9 | 18 |
| 30 | 50 | 0 | −14 | 14 | 11 | 20 |
| 50 | 80 | 0 | −16 | 16 | 12 | 25 |
| 80 | 120 | 0 | −18 | 18 | 14 | 35 |
| 120 | 150 | 0 | −20 | 20 | 15 | 40 |
| 150 | 180 | 0 | −25 | 25 | 19 | 45 |
| 180 | 250 | 0 | −30 | 30 | 23 | 50 |
| 250 | 315 | 0 | −35 | 35 | 26 | 60 |
| 315 | 400 | 0 | −40 | 40 | 30 | 70 |
| 400 | 500 | 0 | −45 | 45 | 34 | 80 |
| 500 | 630 | 0 | −50 | 60 | 38 | 100 |
| 630 | 800 | 0 | −75 | 80 | 55 | 120 |
| 800 | 1 000 | 0 | −100 | 100 | 75 | 140 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −125 | 130 | 90 | 160 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −160 | 170 | 100 | 180 |
| 1 600 | 2 000 | 0 | −200 | 210 | 110 | 200 |
| 2 000 | 2 500 | 0 | −250 | 265 | 120 | 220 |

La tolleranza sulla larghezza $\Delta_{Cs}$ è identica alla tolleranza $\Delta_{Bs}$ per l'anello interno dello stesso cuscinetto.

## Tolleranza della larghezza secondo classe di precisione 6X

I cuscinetti a rulli conici 320, 329, 330, 331 e 332 per diametri albero fino a 200 mm e cuscinetti in pollici con identificativo KJ hanno tolleranze della larghezza ristrette della classe di precisione 6X.

## Tolleranze della larghezza

| Foro | | Scostamento della larghezza dell'anello interno | | Scostamento della larghezza | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta Bs}$ | | $t_{\Delta Cs}$ | | $t_{\Delta Ts}$ | | $t_{\Delta T1s}$ | | $t_{\Delta T2s}$ | |
| mm | | µm | | µm | | µm | | µm | | µm | |
| da | a | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. |
| – | 10 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 10 | 18 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 18 | 30 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 30 | 50 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 50 | 80 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 80 | 120 | 0 | −50 | 0 | −100 | +100 | 0 | +50 | 0 | +50 | 0 |
| 120 | 180 | 0 | −50 | 0 | −100 | +150 | 0 | +50 | 0 | +100 | 0 |
| 180 | 250 | 0 | −50 | 0 | −100 | +150 | 0 | +50 | 0 | +100 | 0 |
| 250 | 315 | 0 | −50 | 0 | −100 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 315 | 400 | 0 | −50 | 0 | −100 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |
| 400 | 500 | 0 | −50 | 0 | −100 | +200 | 0 | +100 | 0 | +100 | 0 |

# Tolleranze normali

**Classe di precisione ristretta 5**

I cuscinetti a rulli conici con tolleranze ristrette corrispondono alla classe di precisione 5 secondo ISO 492:2014.

**Tolleranze dell'anello interno**

| Foro | | Scostamento del foro | | Variazione | | Coassialità |
|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta dmp}$ | | $t_{Vdsp}$ | $t_{Vdmp}$ | $t_{Kia}$ |
| mm | | µm | | µm | µm | µm |
| da | a | max. | min. | max. | max. | max. |
| – | 10 | 0 | −7 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 18 | 0 | −7 | 5 | 5 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | −8 | 6 | 5 | 5 |
| 30 | 50 | 0 | −10 | 8 | 5 | 6 |
| 50 | 80 | 0 | −12 | 9 | 6 | 7 |
| 80 | 120 | 0 | −15 | 11 | 8 | 8 |
| 120 | 180 | 0 | −18 | 14 | 9 | 11 |
| 180 | 250 | 0 | −22 | 17 | 11 | 13 |
| 250 | 315 | 0 | −25 | 19 | 13 | 13 |
| 315 | 400 | 0 | −30 | 23 | 15 | 15 |
| 400 | 500 | 0 | −35 | 28 | 17 | 20 |
| 500 | 630 | 0 | −40 | 35 | 20 | 25 |
| 630 | 800 | 0 | −50 | 45 | 25 | 30 |
| 800 | 1 000 | 0 | −60 | 60 | 30 | 37 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −75 | 75 | 37 | 45 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −90 | 90 | 45 | 55 |

**Tolleranze della larghezza**

| Foro | | Scostamento della larghezza dell'anello interno | | Scostamento della larghezza del cuscinetto | |
|---|---|---|---|---|---|
| d | | $t_{\Delta Bs}$ | | $t_{\Delta Ts}$ | |
| mm | | µm | | µm | |
| da | a | max. | min. | max. | min. |
| – | 10 | 0 | −200 | +200 | −200 |
| 10 | 18 | 0 | −200 | +200 | −200 |
| 18 | 30 | 0 | −200 | +200 | −200 |
| 30 | 50 | 0 | −240 | +200 | −200 |
| 50 | 80 | 0 | −300 | +200 | −200 |
| 80 | 120 | 0 | −400 | +200 | −200 |
| 120 | 180 | 0 | −500 | +350 | −250 |
| 180 | 250 | 0 | −600 | +350 | −250 |
| 250 | 315 | 0 | −700 | +350 | −250 |
| 315 | 400 | 0 | −800 | +400 | −400 |
| 400 | 500 | 0 | −900 | +450 | −450 |
| 500 | 630 | 0 | −1 100 | +500 | −500 |
| 630 | 800 | 0 | −1 600 | +600 | −600 |
| 800 | 1 000 | 0 | −2 000 | +750 | −750 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −2 000 | +750 | −750 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −2 000 | +900 | −900 |

## Tolleranze dell'anello esterno

| Diametro esterno | | Scostamento del diametro esterno | | Variazione | | Coassialità |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | | $t_{\Delta Dmp}$ | | $t_{VDsp}$ | $t_{VDmp}$ | $t_{Kea}$ |
| mm | | µm | | µm | µm | µm |
| da | a | max. | min. | max. | max. | max. |
| – | 18 | 0 | –8 | 6 | 5 | 6 |
| 18 | 30 | 0 | –8 | 6 | 5 | 6 |
| 30 | 50 | 0 | –9 | 7 | 5 | 7 |
| 50 | 80 | 0 | –11 | 8 | 6 | 8 |
| 80 | 120 | 0 | –13 | 10 | 7 | 10 |
| 120 | 150 | 0 | –15 | 11 | 8 | 11 |
| 150 | 180 | 0 | –18 | 14 | 9 | 13 |
| 180 | 250 | 0 | –20 | 15 | 10 | 15 |
| 250 | 315 | 0 | –25 | 19 | 13 | 18 |
| 315 | 400 | 0 | –28 | 22 | 14 | 20 |
| 400 | 500 | 0 | –33 | 26 | 17 | 24 |
| 400 | 500 | 0 | –38 | 30 | 20 | 30 |
| 500 | 630 | 0 | –45 | 38 | 25 | 36 |
| 630 | 800 | 0 | –60 | 50 | 30 | 43 |
| 800 | 1 000 | 0 | –80 | 65 | 38 | 52 |
| 1 000 | 1 250 | 0 | –100 | 90 | 50 | 62 |
| 1 250 | 1 600 | 0 | –125 | 120 | 65 | 73 |

# Tolleranze normali

## Tolleranze normali dei cuscinetti a rulli conici FAG secondo ANSI/ABMA

I cuscinetti a rulli conici della serie K vengono prodotti in serie con tolleranze normali conformemente a ANSI/ABMA. Eccezione serie KJ = 6X. La larghezza $\Delta_{Bs}$ e la coassialità corrispondono alla classe di precisione Normal secondo ISO 492:2014. I diametri del foro ed esterni dei cuscinetti con dimensioni in pollici hanno tolleranze positive

### Tolleranze dell'anello interno

| Foro<br>d<br>mm | | Scostamento del foro<br>$t_{\Delta dmp}$<br>µm | | Coassialità<br>$t_{Kia}$<br>µm |
|---|---|---|---|---|
| da | a | max. | min. | |
| 10 | 18 | 13 | 0 | 15 |
| 18 | 30 | 13 | 0 | 18 |
| 30 | 50 | 13 | 0 | 20 |
| 50 | 81 | 13 | 0 | 25 |
| 81 | 120 | 25 | 0 | 30 |
| 120 | 180 | 25 | 0 | 35 |
| 180 | 305 | 25 | 0 | 50 |
| 305 | 400 | 50 | 0 | 50 |

### Tolleranze della larghezza

| Foro<br>d<br>mm | | Scostamento della larghezza interna (riferito al foro)<br>$t_{\Delta Bs}$<br>µm | | Scostamento della larghezza del cuscinetto<br>$t_{\Delta Ts}$<br>µm | |
|---|---|---|---|---|---|
| da | a | max. | min. | max. | min. |
| 10 | 50 | 0 | –120 | +200 | 0 |
| 50 | 81 | 0 | –150 | +200 | 0 |
| 81 | 102 | 0 | –200 | +200 | 0 |
| 102 | 120 | 0 | –200 | +350 | –250 |
| 120 | 180 | 0 | –250 | +350 | –250 |
| 180 | 250 | 0 | –300 | +350 | –250 |
| 250 | 305 | 0 | –350 | +350 | –250 |
| 305 | 315 | 0 | –350 | +375 | –375 |
| 315 | 400 | 0 | –400 | +375 | –375 |

### Tolleranze dell'anello esterno

| Diametro esterno D mm | | Scostamento del diametro esterno $t_{\Delta Dmp}$ µm | | Coassialità $t_{Kea}$ µm |
|---|---|---|---|---|
| da | a | max. | min. | |
| 18 | 30 | +25 | 0 | 18 |
| 30 | 50 | +25 | 0 | 20 |
| 50 | 81 | +25 | 0 | 25 |
| 81 | 120 | +25 | 0 | 35 |
| 120 | 150 | +25 | 0 | 40 |
| 150 | 180 | +25 | 0 | 45 |
| 180 | 250 | +25 | 0 | 50 |
| 250 | 305 | +25 | 0 | 50 |
| 305 | 400 | +50 | 0 | 50 |

## Tolleranze normali dei cuscinetti assiali

Le tolleranze normali dei cuscinetti assiali sono conformi a ISO 199, DIN 620-3.

### Tolleranze del diametro del foro di ralle per albero

| Foro d mm | | Scostamento del foro $t_{\Delta dmp}$ µm Classe di precisione | | | | Variazione $t_{Vdp}$ µm Classe di precisione | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Normal, 6 e 5 Scostamento | | 4 Scostamento | | Normal, 6 e 5 | 4 |
| da | a | superiore | inferiore | superiore | inferiore | max. | max. |
| – | 18 | 0 | –8 | 0 | –7 | 6 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | –10 | 0 | –8 | 8 | 6 |
| 30 | 50 | 0 | –12 | 0 | –10 | 9 | 8 |
| 50 | 80 | 0 | –15 | 0 | –12 | 11 | 9 |
| 80 | 120 | 0 | –20 | 0 | –15 | 15 | 11 |
| 120 | 180 | 0 | –25 | 0 | –18 | 19 | 14 |
| 180 | 250 | 0 | –30 | 0 | –22 | 23 | 17 |
| 250 | 315 | 0 | –35 | 0 | –25 | 26 | 19 |
| 315 | 400 | 0 | –40 | 0 | –30 | 30 | 23 |
| 400 | 500 | 0 | –45 | 0 | –35 | 34 | 26 |
| 500 | 630 | 0 | –50 | 0 | –40 | 38 | 30 |
| 630 | 800 | 0 | –75 | 0 | –50 | 56 | – |
| 800 | 1 000 | 0 | –100 | 0 | – | 75 | – |
| 1 000 | 1 250 | 0 | –125 | 0 | – | 95 | – |

# Tolleranze normali

## Tolleranze del diametro esterno di ralle per alloggiamento

| Diametro esterno D mm | | Scostamento del diametro esterno $t_{\Delta Dmp}$ µm Classe di precisione | | | | Variazione $t_{VDp}$ µm Classe di precisione | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Normal, 6 e 5 Scostamento | | 4 Scostamento | | Normal, 6 e 5 | 4 |
| da | a | superiore | inferiore | superiore | inferiore | max. | max. |
| 10 | 18 | 0 | −11 | 0 | −7 | 8 | 5 |
| 18 | 30 | 0 | −13 | 0 | −8 | 10 | 6 |
| 30 | 50 | 0 | −16 | 0 | −9 | 12 | 7 |
| 50 | 80 | 0 | −19 | 0 | −11 | 14 | 8 |
| 80 | 120 | 0 | −22 | 0 | −13 | 17 | 10 |
| 120 | 180 | 0 | −25 | 0 | −15 | 19 | 11 |
| 180 | 250 | 0 | −30 | 0 | −20 | 23 | 15 |
| 250 | 315 | 0 | −35 | 0 | −25 | 26 | 19 |
| 315 | 400 | 0 | −40 | 0 | −28 | 30 | 21 |
| 400 | 500 | 0 | −45 | 0 | −33 | 34 | 25 |
| 500 | 630 | 0 | −50 | 0 | −38 | 38 | 29 |
| 630 | 800 | 0 | −75 | 0 | −45 | 55 | 34 |
| 800 | 1 000 | 0 | −100 | – | – | 75 | – |
| 1 000 | 1 250 | 0 | −125 | – | – | 75 | – |
| 1 250 | 1 600 | 0 | −160 | – | – | 120 | – |

## Variazione dello spessore di ralle per albero e ralle per alloggiamento

| Foro d mm | | Variazione | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $t_{Si}$ µm | | | | $t_{Se}$ µm |
| | | Classe di precisione Normal | Classe di precisione 6 | Classe di precisione 5 | Classe di precisione 4 | Classe di precisione Normal, 6, 5, 4 |
| da | a | max. | max. | max. | max. | |
| – | 18 | 10 | 5 | 3 | 2 | Identico a $t_{Si}$ della ralla per albero del relativo cuscinetto |
| 18 | 30 | 10 | 5 | 3 | 2 | |
| 30 | 50 | 10 | 6 | 3 | 2 | |
| 50 | 80 | 10 | 7 | 4 | 3 | |
| 80 | 120 | 15 | 8 | 4 | 3 | |
| 120 | 180 | 15 | 9 | 5 | 4 | |
| 180 | 250 | 20 | 10 | 5 | 4 | |
| 250 | 315 | 25 | 13 | 7 | 5 | |
| 315 | 400 | 30 | 15 | 7 | 5 | |
| 400 | 500 | 30 | 18 | 9 | 6 | |
| 500 | 630 | 35 | 21 | 11 | 7 | |
| 630 | 800 | 40 | 25 | 13 | 8 | |
| 800 | 1 000 | 45 | 30 | 15 | 8 | |
| 1 000 | 1 250 | 50 | 35 | 18 | 9 | |

# Tolleranze normali

**Tolleranze dell'altezza nominale**

Tolleranze come da tabella sottostante. I corrispondenti simboli dimensionali sono riportati in *figura 1*.

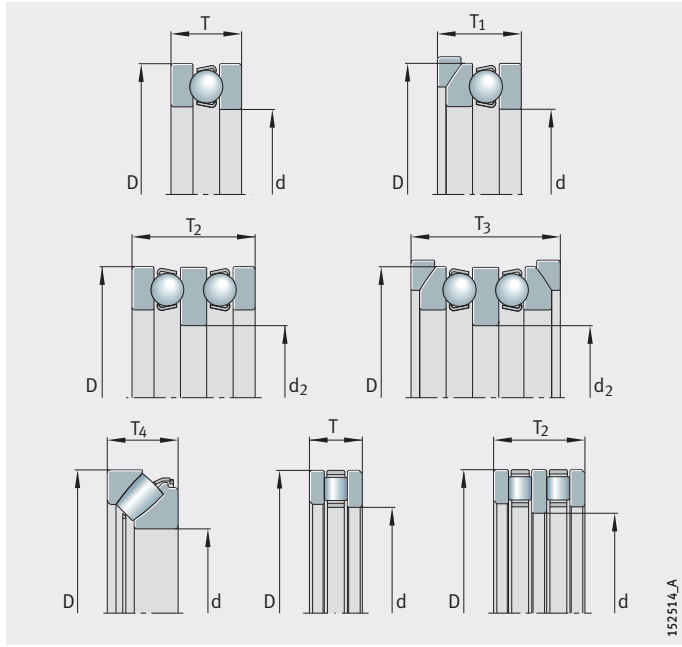



*Figura 1*
Tolleranze dell'altezza nominale del cuscinetto

**Tolleranze dell'altezza nominale del cuscinetto**

| Foro d mm | | T Scostamento µm | | $T_1$ Scostamento µm | | $T_2$ Scostamento µm | | $T_3$ Scostamento µm | | $T_4$ Scostamento µm | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| da | a | superiore | inferiore | superiore | inferiore | superiore | inferiore | superiore | inferiore | superiore | inferiore |
| – | 30 | 20 | −250 | 100 | −250 | 150 | −400 | 300 | −400 | 20 | −300 |
| 30 | 50 | 20 | −250 | 100 | −250 | 150 | −400 | 300 | −400 | 20 | −300 |
| 50 | 80 | 20 | −300 | 100 | −300 | 150 | −500 | 300 | −500 | 20 | −400 |
| 80 | 120 | 25 | −300 | 150 | −300 | 200 | −500 | 400 | −500 | 25 | −400 |
| 120 | 180 | 25 | −400 | 150 | −400 | 200 | −600 | 400 | −600 | 25 | −500 |
| 180 | 250 | 30 | −400 | 150 | −400 | 250 | −600 | 500 | −600 | 30 | −500 |
| 250 | 315 | 40 | −400 | 200 | −400 | 350 | −700 | 600 | −700 | 40 | −700 |
| 315 | 400 | 40 | −500 | 200 | −500 | 350 | −700 | 600 | −700 | 40 | −700 |
| 400 | 500 | 50 | −500 | 300 | −500 | 400 | −900 | 750 | −900 | 50 | −900 |
| 500 | 630 | 60 | −600 | 350 | −600 | 500 | −1 100 | 900 | −1 100 | 60 | −1 200 |
| 630 | 800 | 70 | −750 | 400 | −750 | 600 | −1 300 | 1 100 | −1 300 | 70 | −1 400 |
| 800 | 1 000 | 80 | −1 000 | 450 | −1 000 | 700 | −1 500 | 1 300 | −1 500 | 80 | −1 800 |
| 1 000 | 1 250 | 100 | −1 400 | 500 | −1 400 | 900 | −1 800 | 1 600 | −1 800 | 100 | −2 400 |

# Distanze tra gli spigoli

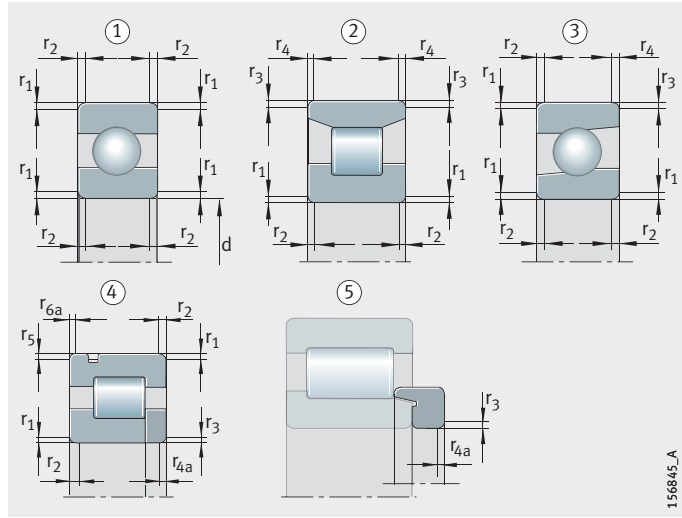
## Distanze tra gli spigoli di cuscinetti radiali (tranne cuscinetti a rulli conici)

Le distanze tra gli spigoli sono conformi alla norma DIN 620-6.

I valori minimi e massimi per i cuscinetti sono riportati nella tabella, pagina 164.

Negli astucci a rullini senza fondello HK, astucci a rullini con fondello BK e cuscinetti a rullini orientabili PNA e RPNA le distanze tra gli spigoli si discostano dalla norma DIN 620-6.

Per le distanze tra gli spigoli dei cuscinetti a rulli conici vedere tabella, pagina 165, per i cuscinetti assiali vedere tabella, pagina 169.




① Sezione simmetrica dell'anello con spigoli uguali sui due anelli
② Sezione simmetrica dell'anello con spigoli diversi sui due anelli
③ Sezione asimmetrica dell'anello
④ Scanalatura anulare sull'anello esterno, cuscinetti con ralla di spallamento
⑤ Anello a sezione angolare

*Figura 1*
Distanze tra gli spigoli di cuscinetti radiali tranne cuscinetti a rulli conici

# Distanze tra gli spigoli

**Valori limite per le distanze tra gli spigoli di cuscinetti radiali secondo DIN 620-6 (tranne cuscinetti a rulli cilindrici)**

| Distanza nominale tra gli spigoli $r^{1)}$ mm | Misura nominale del foro del cuscinetto d mm | | Distanza tra gli spigoli | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $r_1$ bis $r_{6a}$ mm | $r_1$, $r_3$, $r_5$ mm | $r_2$, $r_4$, $r_6$ [2)] mm | $r_{4a}$, $r_{6a}$ mm |
| | da | a | min. | max. | max. | max. |
| 0,05 | – | – | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| 0,08 | – | – | 0,08 | 0,16 | 0,3 | 0,16 |
| 0,1 | – | – | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,2 |
| 0,15 | – | – | 0,15 | 0,3 | 0,6 | 0,3 |
| 0,2 | – | – | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 |
| 0,3 | – | 40 | 0,3 | 0,6 | 1 | 0,8 |
| | 40 | – | 0,3 | 0,8 | 1 | 0,8 |
| 0,5 | – | 40 | 0,5 | 1 | 2 | 1,5 |
| | 40 | – | 0,5 | 1,3 | 2 | 1,5 |
| 0,6 | – | 40 | 0,6 | 1 | 2 | 1,5 |
| | 40 | – | 0,6 | 1,3 | 2 | 1,5 |
| 1 | – | 50 | 1 | 1,5 | 3 | 2,2 |
| | 50 | – | 1 | 1,9 | 3 | 2,2 |
| 1,1 | – | 120 | 1,1 | 2 | 3,5 | 2,7 |
| | 120 | – | 1,1 | 2,5 | 4 | 2,7 |
| 1,5 | – | 120 | 1,5 | 2,3 | 4 | 3,5 |
| | 120 | – | 1,5 | 3 | 5 | 3,5 |
| 2 | – | 80 | 2 | 3 | 4,5 | 4 |
| | 80 | 220 | 2 | 3,5 | 5 | 4 |
| | 220 | – | 2 | 3,8 | 6 | 4 |
| 2,1 | – | 280 | 2,1 | 4 | 6,5 | 4,5 |
| | 280 | – | 2,1 | 4,5 | 7 | 4,5 |
| 2,5 | – | 100 | 2,5 | 3,8 | 6 | 5 |
| | 100 | 280 | 2,5 | 4,5 | 6 | 5 |
| | 280 | – | 2,5 | 5 | 7 | 5 |
| 3 | – | 280 | 3 | 5 | 8 | 5,5 |
| | 280 | – | 3 | 5,5 | 8 | 5,5 |
| 4 | – | – | 4 | 6,5 | 9 | 6,5 |
| 5 | – | – | 5 | 8 | 10 | 8 |
| 6 | – | – | 6 | 10 | 13 | 10 |
| 7,5 | – | – | 7,5 | 12,5 | 17 | 12,5 |
| 9,5 | – | – | 9,5 | 15 | 19 | 15 |
| 12 | – | – | 12 | 18 | 24 | 18 |
| 15 | – | – | 15 | 21 | 30 | 21 |
| 19 | – | – | 19 | 25 | 38 | 25 |

1) La distanza nominale r è identica alla minima ammissibile tra gli spigoli $r_{min}$.

2) Per cuscinetti con larghezza da 2 mm o meno valgono i valori $r_1$.

## Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici

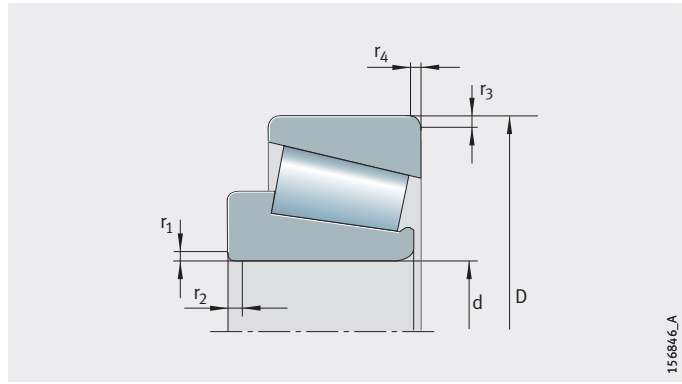



*Figura 2*
Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici in dimensioni metriche

### Valori limite delle distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici

| Distanza nominale tra gli spigoli $r^{1)}$ mm | Misura nominale del foro del cuscinetto, del diametro esterno d, D mm | | Distanza tra gli spigoli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $r_1$ a $r_4$ mm | $r_1$, $r_3$ mm | $r_2$, $r_4$ mm |
| | da | a | min. | max. | max. |
| 0,3 | – | 40 | 0,3 | 0,7 | 1,4 |
| | 40 | – | 0,3 | 0,9 | 1,6 |
| 0,6 | – | 40 | 0,6 | 1,1 | 1,7 |
| | 40 | – | 0,6 | 1,3 | 2 |
| 1 | – | 50 | 1 | 1,6 | 2,5 |
| | 50 | – | 1 | 1,9 | 3 |
| 1,5 | – | 120 | 1,5 | 2,3 | 3 |
| | 120 | 250 | 1,5 | 2,8 | 3,5 |
| | 250 | – | 1,5 | 3,5 | 4 |
| 2 | – | 120 | 2 | 2,8 | 4 |
| | 120 | 250 | 2 | 3,5 | 4,5 |
| | 250 | – | 2 | 4 | 5 |
| 2,5 | – | 120 | 2,5 | 3,5 | 5 |
| | 120 | 250 | 2,5 | 4 | 5,5 |
| | 250 | – | 2,5 | 4,5 | 6 |
| 3 | – | 120 | 3 | 4 | 5,5 |
| | 120 | 250 | 3 | 4,5 | 6,5 |
| | 250 | 400 | 3 | 5 | 7 |
| | 400 | – | 3 | 5,5 | 7,5 |
| 4 | – | 120 | 4 | 5 | 7 |
| | 120 | 250 | 4 | 5,5 | 7,5 |
| | 250 | 400 | 4 | 6 | 8 |
| | 400 | – | 4 | 6,5 | 8,5 |
| 5 | – | 180 | 5 | 6,5 | 8 |
| | 180 | – | 5 | 7,5 | 9 |
| 6 | – | 180 | 6 | 7,5 | 10 |
| | 180 | – | 6 | 9 | 11 |

1) La distanza nominale tra gli spigoli r è identica alla distanza minima ammissibile tra gli spigoli $r_{min}$.

# Distanze tra gli spigoli

## Distanze tra gli spigoli di cuscinetti a rulli conici con dimensioni metriche

I valori limite delle distanze tra gli spigoli r valgono solo per i cuscinetti a rulli conici con dimensioni metriche secondo la norma ISO 582:1995.

## Valori limite delle distanze tra gli spigoli

| Distanza nominale tra gli spigoli $r^{1)}$ mm | Misura nominale del foro del cuscinetto, del diametro esterno d, D mm | | Distanza tra gli spigoli | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | da | a | $r_1$ a $r_4$ mm min. | $r_1$, $r_3$ mm max. | $r_2$, $r_4$ mm max. |
| 0,3 | – | 40 | 0,3 | 0,7 | 1,4 |
| | 40 | – | 0,3 | 0,9 | 1,6 |
| 0,6 | – | 40 | 0,6 | 1,1 | 1,7 |
| | 40 | – | 0,6 | 1,3 | 2 |
| 1 | – | 50 | 1 | 1,6 | 2,5 |
| | 50 | – | 1 | 1,9 | 3 |
| 1,5 | – | 120 | 1,5 | 2,3 | 3 |
| | 120 | 250 | 1,5 | 2,8 | 3,5 |
| | 250 | – | 1,5 | 3,5 | 4 |
| 2 | – | 120 | 2 | 2,8 | 4 |
| | 120 | 250 | 2 | 3,5 | 4,5 |
| | 250 | – | 2 | 4 | 5 |
| 2,5 | – | 120 | 2,5 | 3,5 | 5 |
| | 120 | 250 | 2,5 | 4 | 5,5 |
| | 250 | – | 2,5 | 4,5 | 6 |
| 3 | – | 120 | 3 | 4 | 5,5 |
| | 120 | 250 | 3 | 4,5 | 6,5 |
| | 250 | 400 | 3 | 5 | 7 |
| | 400 | – | 3 | 5,5 | 7,5 |
| 4 | – | 120 | 4 | 5 | 7 |
| | 120 | 250 | 4 | 5,5 | 7,5 |
| | 250 | 400 | 4 | 6 | 8 |
| | 400 | – | 4 | 6,5 | 8,5 |
| 5 | – | 180 | 5 | 6,5 | 8 |
| | 180 | – | 5 | 7,5 | 9 |
| 6 | – | 180 | 6 | 7,5 | 10 |
| | 180 | – | 6 | 9 | 11 |

1) La distanza nominale tra gli spigoli r è identica alla distanza minima ammissibile tra gli spigoli $r_{min}$.

## Distanze tra gli spigoli di cuscinetti radiali a rulli conici FAG secondo la norma ANSI/ABMA

I valori limite per le distanze tra gli spigoli r valgono solo per cuscinetti a rulli conici conformemente alla norma ANSI/ABMA.

### Valori limite delle distanze tra gli spigoli $r_{max}$ dell'anello interno

| Misura nominale del foro del cuscinetto d mm | | Distanza tra gli spigoli | |
|---|---|---|---|
| | | $r_1$ mm | $r_2$ mm |
| da | a | | |
| – | 50,8 | +0,4 | +0,9 |
| 50,8 | 101,6 | +0,5 | +1,25 |
| 101,6 | 254 | +0,65 | +1,8 |

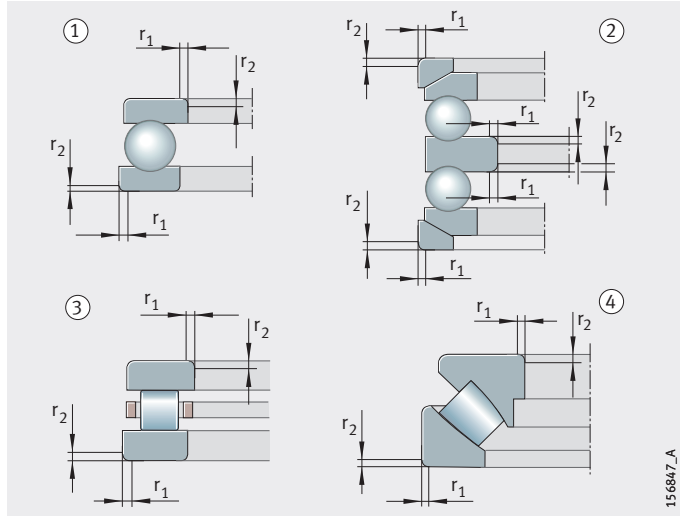
### Valori limite delle distanze tra gli spigoli $r_{max}$ dell'anello esterno

| Misura nominale del diametro esterno D mm | | Distanza tra gli spigoli | |
|---|---|---|---|
| | | $r_3$ mm | $r_4$ mm |
| da | a | | |
| – | 101,6 | +0,6 | +1,05 |
| 101,6 | 168,3 | +0,65 | +1,15 |
| 168,3 | 266,7 | +0,85 | +1,35 |
| 266,7 | 355,6 | +1,7 | +1,7 |

## Distanze tra gli spigoli di cuscinetti assiali

Valori minimi e massimi per cuscinetti a rulli conici in dimensioni metriche, *figura 3* e tabella. La tabella corrisponde alla norma DIN 620-6.

Nei cuscinetti assiali a sfere le tolleranze delle distanze tra gli spigoli in direzione assiale sono uguali a quelle in direzione radiale.




① Cuscinetto assiale a sfere a singolo effetto con ralla piana
② Cuscinetto assiale a sfere a doppio effetto con ralla sferica e controralla
③ Cuscinetto assiale a rulli cilindrici a singolo effetto
④ Cuscinetto assiale orientabile a rulli a singolo effetto

*Figura 3*
Distanze tra gli spigoli di cuscinetti assiali

## Valori limite delle distanze tra gli spigoli di assiali

| Distanza tra gli spigoli | | |
|---|---|---|
| $r^{1)}$ mm | $r_1$, $r_2$ mm | |
| | min. | max. |
| 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| 0,08 | 0,08 | 0,16 |
| 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 0,15 | 0,15 | 0,3 |
| 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| 0,3 | 0,3 | 0,8 |
| 0,6 | 0,6 | 1,5 |
| 1 | 1 | 2,2 |
| 1,1 | 1,1 | 2,7 |
| 1,5 | 1,5 | 3,5 |
| 2 | 2 | 4 |
| 2,1 | 2,1 | 4,5 |
| 3 | 3 | 5,5 |
| 4 | 4 | 6,5 |
| 5 | 5 | 8 |
| 6 | 6 | 10 |
| 7,5 | 7,5 | 12,5 |
| 9,5 | 9,5 | 15 |
| 12 | 12 | 18 |
| 15 | 15 | 21 |
| 19 | 19 | 25 |

1) La distanza nominale tra gli spigoli r è identica alla distanza minima ammissibile tra gli spigoli $r_{min}$.

# Gioco radiale del cuscinetto

## Gioco radiale dei cuscinetti a sfere FAG

Il gioco radiale corrisponde al gruppo di gioco Group N secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

I cuscinetti standardizzati con gioco aumentato hanno il suffisso C3. I cuscinetti speciali con gioco radiale Group 3 o Group 4 sono indicati nelle tabelle dimensionali.

### Gioco radiale dei cuscinetti a sfere FAG con foro cilindrico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Group 2 µm | | Group N µm | | Group 3 µm | | Group 4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 1,5 | 6 | 0 | 7 | 2 | 13 | 8 | 23 | – | – |
| 6 | 10 | 0 | 7 | 2 | 13 | 8 | 23 | 14 | 29 |
| 10 | 18 | 0 | 9 | 3 | 18 | 11 | 25 | 18 | 33 |
| 18 | 24 | 0 | 10 | 5 | 20 | 13 | 28 | 20 | 36 |
| 24 | 30 | 1 | 11 | 5 | 20 | 13 | 28 | 23 | 41 |
| 30 | 40 | 1 | 11 | 6 | 20 | 15 | 33 | 28 | 46 |
| 40 | 50 | 1 | 11 | 6 | 23 | 18 | 36 | 30 | 51 |
| 50 | 65 | 1 | 15 | 8 | 28 | 23 | 43 | 38 | 61 |
| 65 | 80 | 1 | 15 | 10 | 30 | 25 | 51 | 46 | 71 |
| 80 | 100 | 1 | 18 | 12 | 36 | 30 | 58 | 53 | 84 |
| 100 | 120 | 2 | 20 | 15 | 41 | 36 | 66 | 61 | 97 |
| 120 | 140 | 2 | 23 | 18 | 48 | 41 | 81 | 71 | 114 |
| 140 | 160 | 2 | 23 | 18 | 53 | 46 | 91 | 81 | 130 |
| 160 | 180 | 2 | 25 | 20 | 61 | 53 | 102 | 91 | 147 |
| 180 | 200 | 2 | 30 | 25 | 71 | 63 | 117 | 107 | 163 |
| 200 | 225 | 2 | 35 | 25 | 85 | 75 | 140 | 125 | 195 |
| 225 | 250 | 2 | 40 | 30 | 95 | 85 | 160 | 145 | 225 |
| 250 | 280 | 2 | 45 | 35 | 105 | 90 | 170 | 155 | 245 |
| 280 | 315 | 2 | 55 | 40 | 115 | 100 | 190 | 175 | 270 |
| 315 | 355 | 3 | 60 | 45 | 125 | 110 | 210 | 195 | 300 |
| 355 | 400 | 3 | 70 | 55 | 145 | 130 | 240 | 225 | 340 |
| 400 | 450 | 3 | 80 | 60 | 170 | 150 | 270 | 250 | 380 |
| 450 | 500 | 3 | 90 | 70 | 190 | 170 | 300 | 280 | 420 |
| 500 | 560 | 10 | 100 | 80 | 210 | 190 | 330 | 310 | 470 |
| 560 | 630 | 10 | 110 | 90 | 230 | 210 | 360 | 340 | 520 |
| 630 | 710 | 20 | 130 | 110 | 260 | 240 | 400 | 380 | 570 |
| 710 | 800 | 20 | 140 | 120 | 290 | 270 | 450 | 430 | 630 |
| 800 | 900 | 20 | 160 | 140 | 320 | 300 | 500 | 480 | 700 |
| 900 | 1 000 | 20 | 170 | 150 | 350 | 330 | 550 | 530 | 770 |
| 1 000 | 1 120 | 20 | 180 | 160 | 380 | 360 | 600 | 580 | 850 |
| 1 120 | 1 250 | 20 | 190 | 170 | 410 | 390 | 650 | 630 | 920 |
| 1 250 | 1 400 | 30 | 200 | 190 | 440 | 420 | 700 | 680 | 990 |
| 1 400 | 1 600 | 30 | 210 | 210 | 470 | 450 | 750 | 730 | 1 060 |

## Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a rulli FAG

Il gioco radiale dei cuscinetti è Group N secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

### Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a rulli FAG con foro cilindrico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Group N µm | | Group 3 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. |
| – | 6 | 5 | 15 | 10 | 20 |
| 6 | 10 | 6 | 17 | 12 | 25 |
| 10 | 14 | 6 | 19 | 13 | 26 |
| 14 | 18 | 8 | 21 | 15 | 28 |
| 18 | 24 | 10 | 23 | 17 | 30 |
| 24 | 30 | 11 | 24 | 19 | 35 |
| 30 | 40 | 13 | 29 | 23 | 40 |
| 40 | 50 | 14 | 31 | 25 | 44 |
| 50 | 65 | 16 | 36 | 30 | 50 |
| 65 | 80 | 18 | 40 | 35 | 60 |
| 80 | 100 | 22 | 48 | 42 | 70 |
| 100 | 120 | 25 | 56 | 50 | 83 |
| 120 | 140 | 30 | 68 | 60 | 100 |
| 140 | 160 | 35 | 80 | 70 | 120 |

I cuscinetti con foro conico hanno il gruppo di gioco Group 3 secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

### Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a rulli FAG con foro conico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Group N µm | | Group 3 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. |
| 18 | 24 | 13 | 26 | 20 | 33 |
| 24 | 30 | 15 | 28 | 23 | 39 |
| 30 | 40 | 19 | 35 | 29 | 46 |
| 40 | 50 | 22 | 39 | 33 | 52 |
| 50 | 65 | 27 | 47 | 41 | 61 |
| 65 | 80 | 35 | 57 | 50 | 75 |
| 80 | 100 | 42 | 68 | 62 | 90 |
| 100 | 120 | 50 | 81 | 75 | 108 |
| 120 | 140 | 60 | 98 | 90 | 130 |
| 140 | 160 | 65 | 110 | 100 | 150 |

# Gioco radiale del cuscinetto

## Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a una corona di rulli FAG

Il gioco radiale corrisponde al gruppo di gioco Group N secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

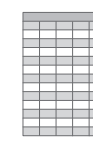
I cuscinetti con foro conico hanno il gruppo di gioco Group 3 secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

### Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a una corona di rulli FAG con foro cilindrico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Group 2 µm | | Group N µm | | Group 3 µm | | Group 4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| – | 30 | 2 | 9 | 9 | 17 | 17 | 28 | 28 | 40 |
| 30 | 40 | 3 | 10 | 10 | 20 | 20 | 30 | 30 | 45 |
| 40 | 50 | 3 | 13 | 13 | 23 | 23 | 35 | 35 | 50 |
| 50 | 65 | 4 | 15 | 15 | 27 | 27 | 40 | 40 | 55 |
| 65 | 80 | 5 | 20 | 20 | 35 | 35 | 55 | 55 | 75 |
| 80 | 100 | 7 | 25 | 25 | 45 | 45 | 65 | 65 | 90 |
| 100 | 120 | 10 | 30 | 30 | 50 | 50 | 70 | 70 | 95 |
| 120 | 140 | 15 | 35 | 35 | 55 | 55 | 80 | 80 | 110 |
| 140 | 160 | 20 | 40 | 40 | 65 | 65 | 95 | 95 | 125 |
| 160 | 180 | 25 | 45 | 45 | 70 | 70 | 100 | 100 | 130 |
| 180 | 225 | 30 | 50 | 50 | 75 | 75 | 105 | 105 | 135 |
| 225 | 250 | 35 | 55 | 55 | 80 | 80 | 110 | 110 | 140 |
| 250 | 280 | 40 | 60 | 60 | 85 | 85 | 115 | 115 | 145 |
| 280 | 315 | 40 | 70 | 70 | 100 | 100 | 135 | 135 | 170 |
| 315 | 355 | 45 | 75 | 75 | 105 | 105 | 140 | 140 | 175 |

### Gioco radiale dei cuscinetti radiali orientabili a una corona di rulli FAG con foro conico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Group 2 µm | | Group N µm | | Group 3 µm | | Group 4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| – | 30 | 9 | 17 | 17 | 28 | 28 | 40 | 40 | 55 |
| 30 | 40 | 10 | 20 | 20 | 30 | 30 | 45 | 45 | 60 |
| 40 | 50 | 13 | 23 | 23 | 35 | 35 | 50 | 50 | 65 |
| 50 | 65 | 15 | 27 | 27 | 40 | 40 | 55 | 55 | 75 |
| 65 | 80 | 20 | 35 | 35 | 55 | 55 | 75 | 75 | 95 |
| 80 | 100 | 25 | 45 | 45 | 65 | 65 | 90 | 90 | 120 |
| 100 | 120 | 30 | 50 | 50 | 70 | 70 | 95 | 95 | 125 |
| 120 | 140 | 35 | 55 | 55 | 80 | 80 | 110 | 110 | 140 |
| 140 | 160 | 40 | 65 | 65 | 95 | 95 | 125 | 125 | 155 |
| 160 | 180 | 45 | 70 | 70 | 100 | 100 | 130 | 130 | 160 |
| 180 | 225 | 50 | 75 | 75 | 105 | 105 | 135 | 135 | 165 |
| 225 | 250 | 55 | 80 | 80 | 110 | 110 | 140 | 140 | 170 |
| 250 | 280 | 60 | 85 | 85 | 115 | 115 | 145 | 145 | 175 |
| 280 | 315 | 70 | 100 | 100 | 135 | 135 | 170 | 170 | 205 |
| 315 | 355 | 75 | 105 | 105 | 140 | 140 | 175 | 175 | 210 |



# Gioco radiale del cuscinetto

## Gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici FAG

Il gioco radiale dei cuscinetti con foro cilindrico corrisponde normalmente al gruppo di gioco Group N secondo le norme ISO 5753-1, DIN 620-4.

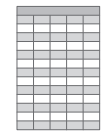
### Gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici FAG con foro cilindrico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Group 2 µm | | Group N µm | | Group 3 µm | | Group 4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| – | 10 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 |
| 10 | 24 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 |
| 24 | 30 | 0 | 25 | 20 | 45 | 35 | 60 | 50 | 75 |
| 30 | 40 | 5 | 30 | 25 | 50 | 45 | 70 | 60 | 85 |
| 40 | 50 | 5 | 35 | 30 | 60 | 50 | 80 | 70 | 100 |
| 50 | 65 | 10 | 40 | 40 | 70 | 60 | 90 | 80 | 110 |
| 65 | 80 | 10 | 45 | 40 | 75 | 65 | 100 | 90 | 125 |
| 80 | 100 | 15 | 50 | 50 | 85 | 75 | 110 | 105 | 140 |
| 100 | 120 | 15 | 55 | 50 | 90 | 85 | 125 | 125 | 165 |
| 120 | 140 | 15 | 60 | 60 | 105 | 100 | 145 | 145 | 190 |
| 140 | 160 | 20 | 70 | 70 | 120 | 115 | 165 | 165 | 215 |
| 160 | 180 | 25 | 75 | 75 | 125 | 120 | 170 | 170 | 220 |
| 180 | 200 | 35 | 90 | 90 | 145 | 140 | 195 | 195 | 250 |
| 200 | 225 | 45 | 105 | 105 | 165 | 160 | 220 | 220 | 280 |
| 225 | 250 | 45 | 110 | 110 | 175 | 170 | 235 | 235 | 300 |
| 250 | 280 | 55 | 125 | 125 | 195 | 190 | 260 | 260 | 330 |
| 280 | 315 | 55 | 130 | 130 | 205 | 200 | 275 | 275 | 350 |
| 315 | 355 | 65 | 145 | 145 | 225 | 225 | 305 | 305 | 385 |
| 355 | 400 | 100 | 190 | 190 | 280 | 280 | 370 | 370 | 460 |
| 400 | 450 | 110 | 210 | 210 | 310 | 310 | 410 | 410 | 510 |
| 450 | 500 | 110 | 220 | 220 | 330 | 330 | 440 | 440 | 550 |
| 500 | 560 | 120 | 240 | 240 | 360 | 360 | 480 | 480 | 600 |
| 560 | 630 | 140 | 260 | 260 | 380 | 380 | 500 | 500 | 620 |
| 630 | 710 | 145 | 285 | 285 | 425 | 425 | 565 | 565 | 705 |
| 710 | 800 | 150 | 310 | 310 | 470 | 470 | 630 | 630 | 790 |
| 800 | 900 | 180 | 350 | 350 | 520 | 520 | 690 | 690 | 860 |
| 900 | 1 000 | 200 | 390 | 390 | 580 | 580 | 770 | 770 | 960 |
| 1 000 | 1 120 | 220 | 430 | 430 | 640 | 640 | 850 | 850 | 1 060 |
| 1 120 | 1 250 | 230 | 470 | 470 | 710 | 710 | 950 | 950 | 1 190 |
| 1 250 | 1 400 | 270 | 530 | 530 | 790 | 790 | 1 050 | 1 050 | 1 310 |
| 1 400 | 1 600 | 330 | 610 | 610 | 890 | 890 | 1 170 | 1 170 | 1 450 |
| 1 600 | 1 800 | 380 | 700 | 700 | 1 020 | 1 020 | 1 340 | 1 340 | 1 660 |
| 1 800 | 2 000 | 400 | 760 | 760 | 1 120 | 1 120 | 1 480 | 1 480 | 1 840 |

## Gioco radiale dei cuscinetti a rulli cilindrici FAG con foro conico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Group 2 µm | | Group N µm | | Group 3 µm | | Group 4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| – | 10 | 5 | 15 | 30 | 55 | 40 | 65 | 50 | 75 |
| 10 | 24 | 5 | 15 | 30 | 55 | 40 | 65 | 50 | 75 |
| 24 | 30 | 5 | 15 | 35 | 60 | 45 | 70 | 55 | 80 |
| 30 | 40 | 5 | 15 | 40 | 65 | 55 | 80 | 70 | 95 |
| 40 | 50 | 5 | 18 | 45 | 75 | 60 | 90 | 75 | 105 |
| 50 | 65 | 5 | 20 | 50 | 80 | 70 | 100 | 90 | 120 |
| 65 | 80 | 10 | 25 | 60 | 95 | 85 | 120 | 110 | 145 |
| 80 | 100 | 10 | 30 | 70 | 105 | 95 | 130 | 120 | 155 |
| 100 | 120 | 10 | 30 | 90 | 130 | 115 | 155 | 140 | 180 |
| 120 | 140 | 10 | 35 | 100 | 145 | 130 | 175 | 160 | 205 |
| 140 | 160 | 10 | 35 | 110 | 160 | 145 | 195 | 180 | 230 |
| 160 | 180 | 10 | 40 | 125 | 175 | 160 | 210 | 195 | 245 |
| 180 | 200 | 15 | 45 | 140 | 195 | 180 | 235 | 220 | 275 |
| 200 | 225 | 15 | 50 | 155 | 215 | 200 | 260 | 245 | 305 |
| 225 | 250 | 15 | 50 | 170 | 235 | 220 | 285 | 270 | 335 |
| 250 | 280 | 20 | 55 | 185 | 255 | 240 | 310 | 295 | 365 |
| 280 | 315 | 20 | 60 | 205 | 280 | 265 | 340 | 325 | 400 |
| 315 | 355 | 20 | 65 | 225 | 305 | 290 | 370 | 355 | 435 |
| 355 | 400 | 25 | 75 | 255 | 345 | 330 | 420 | 405 | 495 |
| 400 | 450 | 25 | 85 | 285 | 385 | 370 | 470 | 455 | 555 |
| 450 | 500 | 25 | 95 | 315 | 425 | 410 | 520 | 505 | 615 |
| 500 | 560 | 25 | 100 | 350 | 470 | 455 | 575 | 560 | 680 |
| 560 | 630 | 30 | 110 | 380 | 500 | 500 | 620 | 620 | 740 |
| 630 | 710 | 30 | 130 | 435 | 575 | 565 | 705 | 695 | 835 |
| 710 | 800 | 35 | 140 | 485 | 645 | 630 | 790 | 775 | 935 |
| 800 | 900 | 35 | 160 | 540 | 710 | 700 | 870 | 860 | 1 030 |
| 900 | 1 000 | 35 | 180 | 600 | 790 | 780 | 970 | 960 | 1 150 |
| 1 000 | 1 120 | 50 | 200 | 665 | 875 | 865 | 1 075 | 1 065 | 1 275 |
| 1 120 | 1 250 | 60 | 220 | 730 | 970 | 960 | 1 200 | 1 200 | 1 440 |
| 1 250 | 1 400 | 60 | 240 | 810 | 1 070 | 1 070 | 1 330 | 1 330 | 1 590 |
| 1 400 | 1 600 | 70 | 270 | 920 | 1 200 | 1 200 | 1 480 | 1 480 | 1 760 |
| 1 600 | 1 800 | 80 | 300 | 1 020 | 1 340 | 1 340 | 1 660 | 1 660 | 1 980 |
| 1 800 | 2 000 | 100 | 320 | 1 120 | 1 480 | 1 480 | 1 840 | 1 840 | 2 200 |

I cuscinetti con foro conico hanno spesso un gioco radiale Group 3 o Group 4 secondo DIN 620-4 (ISO 5753-1).



## Gioco radiale dei cuscinetti a rulli toroidali FAG

Il gioco radiale dei cuscinetti a rulli toroidali corrisponde al gruppo di gioco secondo ISO 5753-1.

### Gioco radiale dei cuscinetti a rulli toroidali FAG con foro cilindrico

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto Group 2 µm | |
|---|---|---|---|
| da | a | min. | max. |
| 18 | 24 | 15 | 30 |
| 24 | 30 | 15 | 35 |
| 30 | 40 | 20 | 40 |
| 40 | 50 | 25 | 45 |
| 50 | 65 | 30 | 55 |
| 65 | 80 | 40 | 70 |
| 80 | 100 | 50 | 85 |
| 100 | 120 | 60 | 100 |
| 120 | 140 | 75 | 120 |
| 140 | 160 | 85 | 140 |
| 160 | 180 | 95 | 155 |
| 180 | 200 | 105 | 175 |
| 200 | 225 | 115 | 190 |
| 225 | 250 | 125 | 205 |
| 250 | 280 | 135 | 225 |
| 280 | 315 | 150 | 240 |
| 315 | 355 | 160 | 260 |
| 355 | 400 | 175 | 280 |
| 400 | 450 | 190 | 310 |
| 450 | 500 | 205 | 335 |
| 500 | 560 | 220 | 360 |
| 560 | 630 | 240 | 400 |
| 630 | 710 | 260 | 440 |
| 710 | 800 | 300 | 500 |
| 800 | 900 | 320 | 540 |
| 900 | 1 000 | 370 | 600 |
| 1 000 | 1 120 | 410 | 660 |
| 1 120 | 1 250 | 450 | 720 |
| 1 250 | 1 400 | 490 | 800 |
| 1 400 | 1 600 | 570 | 890 |
| 1 600 | 1 800 | 650 | 1 010 |

| Group N | | Group 3 | | Group 4 | | Group 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| µm | | µm | | µm | | µm | |
| min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 25 | 40 | 35 | 55 | 50 | 65 | 65 | 85 |
| 30 | 50 | 45 | 60 | 60 | 80 | 75 | 95 |
| 35 | 55 | 55 | 75 | 70 | 95 | 90 | 120 |
| 45 | 65 | 65 | 85 | 85 | 110 | 105 | 140 |
| 50 | 80 | 75 | 105 | 100 | 140 | 135 | 175 |
| 65 | 100 | 95 | 125 | 120 | 165 | 160 | 210 |
| 80 | 120 | 120 | 160 | 155 | 210 | 205 | 260 |
| 100 | 145 | 140 | 190 | 185 | 245 | 240 | 310 |
| 115 | 170 | 165 | 215 | 215 | 280 | 280 | 350 |
| 135 | 195 | 195 | 250 | 250 | 325 | 320 | 400 |
| 150 | 220 | 215 | 280 | 280 | 365 | 360 | 450 |
| 170 | 240 | 235 | 310 | 305 | 395 | 390 | 495 |
| 185 | 265 | 260 | 340 | 335 | 435 | 430 | 545 |
| 200 | 285 | 280 | 370 | 365 | 480 | 475 | 605 |
| 220 | 310 | 305 | 410 | 405 | 520 | 515 | 655 |
| 235 | 330 | 330 | 435 | 430 | 570 | 570 | 715 |
| 255 | 360 | 360 | 485 | 480 | 620 | 620 | 790 |
| 280 | 395 | 395 | 530 | 525 | 675 | 675 | 850 |
| 305 | 435 | 435 | 580 | 575 | 745 | 745 | 930 |
| 335 | 475 | 475 | 635 | 630 | 815 | 810 | 1 015 |
| 360 | 520 | 510 | 690 | 680 | 890 | 890 | 1 110 |
| 390 | 570 | 560 | 760 | 750 | 980 | 970 | 1 220 |
| 430 | 620 | 610 | 840 | 830 | 1 080 | 1 070 | 1 340 |
| 490 | 680 | 680 | 920 | 920 | 1 200 | 1 200 | 1 480 |
| 530 | 760 | 750 | 1 020 | 1 010 | 1 330 | 1 320 | 1 660 |
| 590 | 830 | 830 | 1 120 | 1 120 | 1 460 | 1 460 | 1 830 |
| 660 | 930 | 930 | 1 260 | 1 260 | 1 640 | 1 640 | 2 040 |
| 720 | 1 020 | 1 020 | 1 380 | 1 380 | 1 800 | 1 800 | 2 240 |
| 800 | 1 130 | 1 130 | 1 510 | 1 540 | 1 970 | 1 970 | 2 460 |
| 890 | 1 250 | 1 250 | 1 680 | 1 680 | 2 200 | 2 200 | 2 740 |
| 1 010 | 1 390 | 1 390 | 1 870 | 1 870 | 2 430 | 2 430 | 3 000 |

# Gioco radiale del cuscinetto

**Gioco radiale dei cuscinetti a rulli toroidali FAG con foro conico**

| Foro d mm | | Gioco radiale del cuscinetto Group 2 µm | |
|---|---|---|---|
| da | a | min. | max. |
| 18 | 24 | 15 | 35 |
| 24 | 30 | 20 | 40 |
| 30 | 40 | 25 | 50 |
| 40 | 50 | 30 | 55 |
| 50 | 65 | 40 | 65 |
| 65 | 80 | 50 | 80 |
| 80 | 100 | 60 | 100 |
| 100 | 120 | 75 | 115 |
| 120 | 140 | 90 | 135 |
| 140 | 160 | 100 | 155 |
| 160 | 180 | 115 | 175 |
| 180 | 200 | 130 | 195 |
| 200 | 225 | 140 | 215 |
| 225 | 250 | 160 | 235 |
| 250 | 280 | 170 | 260 |
| 280 | 315 | 195 | 285 |
| 315 | 355 | 220 | 320 |
| 355 | 400 | 250 | 350 |
| 400 | 450 | 280 | 385 |
| 450 | 500 | 305 | 435 |
| 500 | 560 | 330 | 480 |
| 560 | 630 | 380 | 530 |
| 630 | 710 | 420 | 590 |
| 710 | 800 | 480 | 680 |
| 800 | 900 | 520 | 740 |
| 900 | 1 000 | 580 | 820 |
| 1 000 | 1 120 | 640 | 900 |
| 1 120 | 1 250 | 700 | 980 |
| 1 250 | 1 400 | 770 | 1 080 |
| 1 400 | 1 600 | 870 | 1 200 |
| 1 600 | 1 800 | 950 | 1 320 |

| Group N | | Group 3 | | Group 4 | | Group 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| µm | | µm | | µm | | µm | |
| min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 30 | 45 | 40 | 55 | 55 | 70 | 65 | 85 |
| 35 | 55 | 50 | 65 | 65 | 85 | 80 | 100 |
| 45 | 65 | 60 | 80 | 80 | 100 | 100 | 125 |
| 50 | 75 | 70 | 95 | 90 | 120 | 115 | 145 |
| 60 | 90 | 85 | 115 | 110 | 150 | 145 | 185 |
| 75 | 110 | 105 | 140 | 135 | 180 | 175 | 220 |
| 95 | 135 | 130 | 175 | 170 | 220 | 215 | 275 |
| 115 | 155 | 155 | 205 | 200 | 255 | 255 | 325 |
| 135 | 180 | 180 | 235 | 230 | 295 | 290 | 365 |
| 155 | 215 | 210 | 270 | 265 | 340 | 335 | 415 |
| 170 | 240 | 235 | 305 | 300 | 385 | 380 | 470 |
| 190 | 260 | 260 | 330 | 325 | 420 | 415 | 520 |
| 210 | 290 | 285 | 365 | 360 | 460 | 460 | 575 |
| 235 | 315 | 315 | 405 | 400 | 515 | 510 | 635 |
| 255 | 345 | 340 | 445 | 440 | 560 | 555 | 695 |
| 280 | 380 | 375 | 485 | 480 | 620 | 615 | 765 |
| 315 | 420 | 415 | 545 | 540 | 680 | 675 | 850 |
| 350 | 475 | 470 | 600 | 595 | 755 | 755 | 920 |
| 380 | 525 | 525 | 655 | 650 | 835 | 835 | 1 005 |
| 435 | 575 | 575 | 735 | 730 | 915 | 910 | 1 115 |
| 470 | 640 | 630 | 810 | 800 | 1 010 | 1 000 | 1 230 |
| 530 | 710 | 700 | 890 | 880 | 1 110 | 1 110 | 1 350 |
| 590 | 780 | 770 | 990 | 980 | 1 230 | 1 230 | 1 490 |
| 670 | 860 | 860 | 1 100 | 1 100 | 1 380 | 1 380 | 1 660 |
| 730 | 960 | 950 | 1 220 | 1 210 | 1 530 | 1 520 | 1 860 |
| 810 | 1 040 | 1 040 | 1 340 | 1 340 | 1 670 | 1 670 | 2 050 |
| 890 | 1 170 | 1 160 | 1 500 | 1 490 | 1 880 | 1 870 | 2 280 |
| 970 | 1 280 | 1 270 | 1 640 | 1 630 | 2 060 | 2 050 | 2 500 |
| 1 080 | 1 410 | 1 410 | 1 790 | 1 780 | 2 250 | 2 250 | 2 740 |
| 1 200 | 1 550 | 1 550 | 1 990 | 1 990 | 2 500 | 2 500 | 3 050 |
| 1 320 | 1 690 | 1 690 | 2 180 | 2 180 | 2 730 | 2 730 | 3 310 |

# Gioco assiale del cuscinetto

## Gioco assiale dei cuscinetti a sfere a contatto obliquo FAG a due corone

Le dimensioni principali dei cuscinetti corrispondono alla norma DIN 628-3.

Le tolleranze dimensionali e di rotazione corrispondono alla classe di precisione 6 secondo le norme DIN 620-2, ISO 492:2014.

I cuscinetti a sfera obliqui a due corone in esecuzione base hanno un gioco assiale normale (CN). I cuscinetti con gioco assiale maggiore (C3) o minore (C2) rispetto all'esecuzione normale possono essere forniti su richiesta.

I cuscinetti con anello interno diviso in due metà sono previsti per carichi assiali elevati. Di norma questi sono accoppiati con maggiore forza rispetto ai cuscinetti monoblocco. Il loro gioco normale corrisponde all'incirca al gioco C3 dei cuscinetti monoblocco.

## Gioco assiale secondo la norma DIN 628-3 di cuscinetti a sfere a contatto obliquo con anello interno monoblocco

| Foro d mm | | Gioco assiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 µm | | CN µm | | C3 µm | | C4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| – | 10 | 1 | 11 | 5 | 21 | 12 | 28 | 25 | 45 |
| 10 | 18 | 1 | 12 | 6 | 23 | 13 | 31 | 27 | 47 |
| 18 | 24 | 2 | 14 | 7 | 25 | 16 | 34 | 28 | 48 |
| 24 | 30 | 2 | 15 | 8 | 27 | 18 | 37 | 30 | 50 |
| 30 | 40 | 2 | 16 | 9 | 29 | 21 | 40 | 33 | 54 |
| 40 | 50 | 2 | 18 | 11 | 33 | 23 | 44 | 36 | 58 |
| 50 | 65 | 3 | 22 | 13 | 36 | 26 | 48 | 40 | 63 |
| 65 | 80 | 3 | 24 | 15 | 40 | 30 | 54 | 46 | 71 |
| 80 | 100 | 3 | 26 | 18 | 46 | 35 | 63 | 55 | 83 |
| 100 | 120 | 4 | 30 | 22 | 53 | 42 | 73 | 65 | 96 |
| 120 | 140 | 4 | 34 | 25 | 59 | 48 | 82 | 74 | 108 |

## Gioco assiale di cuscinetti a sfere a contatto obliquo FAG con anello interno diviso in due metà

| Foro d mm | | Gioco assiale del cuscinetto | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 µm | | CN µm | | C3 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 24 | 30 | 8 | 27 | 16 | 35 | 27 | 46 |
| 30 | 40 | 9 | 29 | 18 | 38 | 30 | 50 |
| 40 | 50 | 11 | 33 | 22 | 44 | 36 | 58 |
| 50 | 65 | 13 | 36 | 25 | 48 | 40 | 63 |
| 65 | 80 | 15 | 40 | 29 | 54 | 46 | 71 |

## Gioco assiale dei cuscinetti a quattro punti FAG

Il gioco assiale del cuscinetto corrisponde al gruppo di gioco CN secondo DIN 628-4.

### Gioco assiale dei cuscinetti a quattro punti FAG

| Foro d mm | | Gioco assiale del cuscinetto | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C2 µm | | CN µm | | C3 µm | | C4 µm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 18 | 40 | 30 | 70 | 60 | 110 | 100 | 150 | 140 | 190 |
| 40 | 60 | 40 | 90 | 80 | 130 | 120 | 170 | 160 | 210 |
| 60 | 80 | 50 | 100 | 90 | 140 | 130 | 180 | 170 | 220 |
| 80 | 100 | 60 | 120 | 100 | 160 | 140 | 200 | 180 | 240 |
| 100 | 140 | 70 | 140 | 120 | 180 | 160 | 220 | 200 | 260 |
| 140 | 180 | 80 | 160 | 140 | 200 | 180 | 240 | 220 | 280 |
| 180 | 220 | 100 | 180 | 160 | 220 | 200 | 260 | 240 | 300 |
| 220 | 260 | 120 | 200 | 180 | 240 | 220 | 300 | 280 | 360 |
| 260 | 300 | 140 | 220 | 200 | 280 | 260 | 340 | 320 | 400 |
| 300 | 355 | 160 | 240 | 220 | 300 | 280 | 360 | – | – |
| 355 | 400 | 180 | 270 | 250 | 330 | 310 | 390 | – | – |
| 400 | 450 | 200 | 290 | 270 | 360 | 340 | 430 | – | – |
| 450 | 500 | 220 | 310 | 290 | 390 | 370 | 470 | – | – |
| 500 | 560 | 240 | 330 | 310 | 420 | 400 | 510 | – | – |
| 560 | 630 | 260 | 360 | 340 | 450 | 430 | 550 | – | – |
| 630 | 710 | 280 | 390 | 370 | 490 | 470 | 590 | – | – |
| 710 | 800 | 300 | 420 | 400 | 540 | 520 | 660 | – | – |
| 800 | 900 | 330 | 460 | 440 | 590 | 570 | 730 | – | – |
| 900 | 1 000 | 360 | 500 | 480 | 630 | 620 | 780 | – | – |

# Riduzione del gioco radiale

## Riduzione del gioco radiale in cuscinetti a rulli toroidali FAG con foro conico

| Misura nominale del foro del cuscinetto | | Gioco radiale prima del montaggio Gruppo di gioco | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | Group N | | Group 3 | | Group 4 | |
| mm | | mm | | mm | | mm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 24 | 30 | 0,035 | 0,06 | 0,045 | 0,07 | 0,055 | 0,08 |
| 30 | 40 | 0,04 | 0,065 | 0,055 | 0,08 | 0,07 | 0,095 |
| 40 | 50 | 0,045 | 0,075 | 0,06 | 0,09 | 0,075 | 0,105 |
| 50 | 65 | 0,05 | 0,08 | 0,07 | 0,1 | 0,09 | 0,12 |
| 65 | 80 | 0,06 | 0,095 | 0,085 | 0,12 | 0,11 | 0,145 |
| 80 | 100 | 0,07 | 0,105 | 0,095 | 0,13 | 0,12 | 0,155 |
| 100 | 120 | 0,09 | 0,13 | 0,115 | 0,155 | 0,14 | 0,18 |
| 120 | 140 | 0,1 | 0,145 | 0,13 | 0,175 | 0,16 | 0,205 |
| 140 | 160 | 0,11 | 0,16 | 0,145 | 0,195 | 0,18 | 0,23 |
| 160 | 180 | 0,125 | 0,175 | 0,16 | 0,21 | 0,195 | 0,245 |
| 180 | 200 | 0,14 | 0,195 | 0,18 | 0,235 | 0,22 | 0,275 |
| 200 | 225 | 0,155 | 0,215 | 0,2 | 0,26 | 0,245 | 0,305 |
| 225 | 250 | 0,17 | 0,235 | 0,22 | 0,285 | 0,27 | 0,335 |
| 250 | 280 | 0,185 | 0,255 | 0,24 | 0,31 | 0,295 | 0,365 |
| 280 | 315 | 0,205 | 0,28 | 0,265 | 0,34 | 0,325 | 0,4 |
| 315 | 355 | 0,225 | 0,305 | 0,29 | 0,37 | 0,355 | 0,435 |
| 355 | 400 | 0,255 | 0,345 | 0,33 | 0,42 | 0,405 | 0,495 |
| 400 | 450 | 0,285 | 0,385 | 0,37 | 0,47 | 0,455 | 0,555 |
| 450 | 500 | 0,315 | 0,425 | 0,41 | 0,52 | 0,505 | 0,615 |
| 500 | 560 | 0,35 | 0,47 | 0,455 | 0,575 | 0,56 | 0,68 |
| 560 | 630 | 0,38 | 0,5 | 0,5 | 0,62 | 0,62 | 0,74 |
| 630 | 710 | 0,435 | 0,575 | 0,565 | 0,705 | 0,695 | 0,835 |
| 710 | 800 | 0,485 | 0,645 | 0,63 | 0,79 | 0,775 | 0,935 |
| 800 | 900 | 0,54 | 0,71 | 0,7 | 0,87 | 0,86 | 1,03 |
| 900 | 1 000 | 0,6 | 0,79 | 0,78 | 0,97 | 0,96 | 1,15 |
| 1 000 | 1 120 | 0,665 | 0,875 | 0,865 | 1,075 | 1,065 | 1,275 |
| 1 120 | 1 250 | 0,73 | 0,97 | 0,96 | 1,2 | 1,2 | 1,44 |
| 1 250 | 1 400 | 0,81 | 1,07 | 1,07 | 1,33 | 1,33 | 1,59 |

[1] Vale solo per alberi pieni di acciaio e per alberi cavi il cui foro non è superiore alla metà del diametro dell'albero. I cuscinetti il cui gioco radiale prima del montaggio si trova nella metà superiore del campo di tolleranza, si montano con il valore più elevato di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale, i cuscinetti nella metà inferiore del campo di tolleranza con il valore più piccolo di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale.

[2] Non si deve superare il valore di controllo del gioco radiale. Nei cuscinetti con diametro più piccolo in talune circostanze questo si determina difficilmente.

| Riduzione del gioco radiale[1] | | Spostamento sul cono 1:12[1] | | | | Valore di controllo del gioco radiale dopo il montaggio[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Albero | | Bussola | | Group N | Group 3 | Group 4 |
| mm | | mm | | mm | | mm | mm | mm |
| min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | min. | min. |
| 0,015 | 0,02 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,4 | 0,02 | 0,025 | 0,035 |
| 0,02 | 0,025 | 0,35 | 0,4 | 0,35 | 0,45 | 0,02 | 0,025 | 0,04 |
| 0,025 | 0,03 | 0,4 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,02 | 0,03 | 0,045 |
| 0,03 | 0,035 | 0,45 | 0,55 | 0,5 | 0,65 | 0,02 | 0,035 | 0,05 |
| 0,035 | 0,04 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,025 | 0,04 | 0,07 |
| 0,04 | 0,045 | 0,6 | 0,7 | 0,65 | 0,8 | 0,03 | 0,05 | 0,075 |
| 0,045 | 0,055 | 0,7 | 0,85 | 0,8 | 0,95 | 0,045 | 0,065 | 0,085 |
| 0,055 | 0,065 | 0,85 | 1 | 0,95 | 1,1 | 0,045 | 0,07 | 0,095 |
| 0,06 | 0,075 | 0,9 | 1,2 | 1,1 | 1,3 | 0,05 | 0,075 | 0,105 |
| 0,065 | 0,085 | 1 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 0,06 | 0,08 | 0,11 |
| 0,075 | 0,095 | 1,2 | 1,5 | 1,4 | 1,7 | 0,065 | 0,09 | 0,125 |
| 0,085 | 0,105 | 1,3 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 0,07 | 0,1 | 0,14 |
| 0,095 | 0,115 | 1,5 | 1,8 | 1,7 | 2 | 0,075 | 0,105 | 0,155 |
| 0,105 | 0,125 | 1,6 | 2 | 1,9 | 2,3 | 0,08 | 0,125 | 0,17 |
| 0,115 | 0,14 | 1,8 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 0,09 | 0,13 | 0,185 |
| 0,13 | 0,16 | 2 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 0,095 | 0,14 | 0,195 |
| 0,14 | 0,17 | 2,2 | 2,6 | 2,6 | 2,9 | 0,115 | 0,165 | 0,235 |
| 0,15 | 0,185 | 2,3 | 2,8 | 2,8 | 3,1 | 0,135 | 0,19 | 0,27 |
| 0,16 | 0,195 | 2,5 | 3 | 3,1 | 3,4 | 0,155 | 0,215 | 0,31 |
| 0,17 | 0,215 | 2,7 | 3,4 | 3,5 | 3,8 | 0,18 | 0,24 | 0,345 |
| 0,185 | 0,24 | 2,9 | 3,7 | 3,6 | 4,2 | 0,195 | 0,26 | 0,38 |
| 0,2 | 0,26 | 3,1 | 4,1 | 3,9 | 4,7 | 0,235 | 0,305 | 0,435 |
| 0,22 | 0,28 | 3,4 | 4,4 | 4,3 | 5,3 | 0,26 | 0,35 | 0,495 |
| 0,24 | 0,31 | 3,7 | 4,8 | 4,8 | 5,5 | 0,3 | 0,39 | 0,55 |
| 0,26 | 0,34 | 4,1 | 5,3 | 5,2 | 6,2 | 0,34 | 0,44 | 0,62 |
| 0,28 | 0,37 | 4,4 | 5,8 | 5,7 | 7 | 0,385 | 0,5 | 0,7 |
| 0,31 | 0,41 | 4,8 | 6,4 | 6,3 | 7,6 | 0,42 | 0,55 | 0,79 |
| 0,34 | 0,45 | 5,3 | 7 | 0,3 | 8,3 | 0,47 | 0,62 | 0,85 |

# Riduzione del gioco radiale

## Riduzione del gioco radiale in cuscinetti orientabili a rulli FAG con foro conico

| Misura nominale del foro del cuscinetto | | Gioco radiale prima del montaggio Gruppo di gioco | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | Group N | | Group 3 | | Group 4 | |
| mm | | mm | | mm | | mm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 24 | 30 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,055 | 0,055 | 0,075 |
| 30 | 40 | 0,035 | 0,05 | 0,05 | 0,065 | 0,065 | 0,085 |
| 40 | 50 | 0,045 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,1 |
| 50 | 65 | 0,055 | 0,075 | 0,075 | 0,095 | 0,095 | 0,12 |
| 65 | 80 | 0,07 | 0,095 | 0,095 | 0,12 | 0,12 | 0,15 |
| 80 | 100 | 0,08 | 0,11 | 0,11 | 0,14 | 0,14 | 0,18 |
| 100 | 120 | 0,1 | 0,135 | 0,135 | 0,17 | 0,17 | 0,22 |
| 120 | 140 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,2 | 0,2 | 0,26 |
| 140 | 160 | 0,13 | 0,18 | 0,18 | 0,23 | 0,23 | 0,3 |
| 160 | 180 | 0,14 | 0,2 | 0,2 | 0,26 | 0,26 | 0,34 |
| 180 | 200 | 0,16 | 0,22 | 0,22 | 0,29 | 0,29 | 0,37 |
| 200 | 225 | 0,18 | 0,25 | 0,25 | 0,32 | 0,32 | 0,41 |
| 225 | 250 | 0,2 | 0,27 | 0,27 | 0,35 | 0,35 | 0,45 |
| 250 | 280 | 0,22 | 0,3 | 0,3 | 0,39 | 0,39 | 0,49 |
| 280 | 315 | 0,24 | 0,33 | 0,33 | 0,43 | 0,43 | 0,54 |
| 315 | 355 | 0,27 | 0,36 | 0,36 | 0,47 | 0,47 | 0,59 |
| 355 | 400 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,52 | 0,52 | 0,65 |
| 400 | 450 | 0,33 | 0,44 | 0,44 | 0,57 | 0,57 | 0,72 |
| 450 | 500 | 0,37 | 0,49 | 0,49 | 0,63 | 0,63 | 0,79 |
| 500 | 560 | 0,41 | 0,54 | 0,54 | 0,68 | 0,68 | 0,87 |
| 560 | 630 | 0,46 | 0,6 | 0,6 | 0,76 | 0,76 | 0,98 |
| 630 | 710 | 0,51 | 0,67 | 0,67 | 0,85 | 0,85 | 1,09 |
| 710 | 800 | 0,57 | 0,75 | 0,75 | 0,96 | 0,96 | 1,22 |
| 800 | 900 | 0,64 | 0,84 | 0,84 | 1,07 | 1,07 | 1,37 |
| 900 | 1 000 | 0,71 | 0,93 | 0,93 | 1,19 | 1,19 | 1,52 |
| 1 000 | 1 120 | 0,78 | 1,02 | 1,02 | 1,3 | 1,3 | 1,65 |
| 1 120 | 1 250 | 0,86 | 1,12 | 1,12 | 1,42 | 1,42 | 1,8 |
| 1 250 | 1 400 | 0,94 | 1,22 | 1,22 | 1,55 | 1,55 | 1,96 |

[1] Vale solo per alberi pieni di acciaio e per alberi cavi il cui foro non è superiore alla metà del diametro dell'albero. I cuscinetti il cui gioco radiale prima del montaggio si trova nella metà superiore del campo di tolleranza, si montano con il valore più elevato di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale, i cuscinetti nella metà inferiore del campo di tolleranza con il valore più piccolo di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale.

[2] Non si deve superare il valore di controllo del gioco radiale. Nei cuscinetti con diametro più piccolo in talune circostanze questo si determina difficilmente.

| Riduzione del gioco radiale[1] | | Spostamento sul cono 1:12[1] | | | | Spostamento sul cono 1:30[1] | | | | Valore di controllo del gioco radiale dopo il montaggio[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Albero | | Bussola | | Albero | | Bussola | | Group N | Group 3 | Group 4 |
| mm | | mm | | mm | | mm | | mm | | mm | mm | mm |
| min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | min. | min. |
| 0,015 | 0,02 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,4 | – | – | – | – | 0,015 | 0,02 | 0,035 |
| 0,02 | 0,025 | 0,35 | 0,4 | 0,35 | 0,45 | – | – | – | – | 0,015 | 0,025 | 0,04 |
| 0,025 | 0,03 | 0,4 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | – | – | – | – | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| 0,03 | 0,04 | 0,45 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | – | – | – | – | 0,025 | 0,035 | 0,055 |
| 0,04 | 0,05 | 0,6 | 0,75 | 0,7 | 0,85 | – | – | – | – | 0,025 | 0,04 | 0,07 |
| 0,045 | 0,06 | 0,7 | 0,9 | 0,75 | 1 | 1,7 | 2,2 | 1,8 | 2,4 | 0,035 | 0,05 | 0,08 |
| 0,05 | 0,07 | 0,7 | 1,1 | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 2,7 | 2 | 2,8 | 0,05 | 0,065 | 0,1 |
| 0,065 | 0,09 | 1,1 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 2,7 | 3,5 | 2,8 | 3,6 | 0,055 | 0,08 | 0,11 |
| 0,075 | 0,1 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,7 | 3 | 4 | 3,1 | 4,2 | 0,055 | 0,09 | 0,13 |
| 0,08 | 0,11 | 1,3 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 3,2 | 4,2 | 3,3 | 4,6 | 0,06 | 0,1 | 0,15 |
| 0,09 | 0,13 | 1,4 | 2 | 1,5 | 2,2 | 3,5 | 4,5 | 3,6 | 5 | 0,07 | 0,1 | 0,16 |
| 0,1 | 0,14 | 1,6 | 2,2 | 1,7 | 2,4 | 4 | 5,5 | 4,2 | 5,7 | 0,08 | 0,12 | 0,18 |
| 0,11 | 0,15 | 1,7 | 2,4 | 1,8 | 2,6 | 4,2 | 6 | 4,6 | 6,2 | 0,09 | 0,13 | 0,2 |
| 0,12 | 0,17 | 1,9 | 2,6 | 2 | 2,9 | 4,7 | 6,7 | 4,8 | 6,9 | 0,1 | 0,14 | 0,22 |
| 0,13 | 0,19 | 2 | 3 | 2,2 | 3,2 | 5 | 7,5 | 5,2 | 7,7 | 0,11 | 0,15 | 0,24 |
| 0,15 | 0,21 | 2,4 | 3,4 | 2,6 | 3,6 | 6 | 8,2 | 6,2 | 8,4 | 0,12 | 0,17 | 0,26 |
| 0,17 | 0,23 | 2,6 | 3,6 | 2,9 | 3,9 | 6,5 | 9 | 5,8 | 9,2 | 0,13 | 0,19 | 0,29 |
| 0,2 | 0,26 | 3,1 | 4,1 | 3,4 | 4,4 | 7,7 | 10 | 8 | 10,4 | 0,13 | 0,2 | 0,31 |
| 0,21 | 0,28 | 3,3 | 4,4 | 3,6 | 4,8 | 8,2 | 11 | 8,4 | 11,2 | 0,16 | 0,23 | 0,35 |
| 0,24 | 0,32 | 3,7 | 5 | 4,1 | 5,4 | 9,2 | 12,5 | 9,6 | 12,8 | 0,17 | 0,25 | 0,36 |
| 0,26 | 0,35 | 4 | 5,4 | 4,4 | 5,9 | 10 | 13,5 | 10,4 | 14 | 0,2 | 0,29 | 0,41 |
| 0,3 | 0,4 | 4,6 | 6,2 | 5,1 | 6,8 | 11,5 | 15,5 | 12 | 16 | 0,21 | 0,31 | 0,45 |
| 0,34 | 0,45 | 5,3 | 7 | 5,8 | 7,6 | 13,3 | 17,5 | 13,6 | 18 | 0,23 | 0,35 | 0,51 |
| 0,37 | 0,5 | 5,7 | 7,8 | 6,3 | 8,5 | 14,3 | 19,5 | 14,8 | 20 | 0,27 | 0,39 | 0,57 |
| 0,41 | 0,55 | 6,3 | 8,5 | 7 | 9,4 | 15,8 | 21 | 16,4 | 22 | 0,3 | 0,43 | 0,64 |
| 0,45 | 0,6 | 6,8 | 9 | 7,6 | 10,2 | 17 | 23 | 18 | 24 | 0,32 | 0,48 | 0,7 |
| 0,49 | 0,65 | 7,4 | 9,8 | 8,3 | 11 | 18,5 | 25 | 19,6 | 26 | 0,34 | 0,54 | 0,77 |
| 0,55 | 0,72 | 8,3 | 10,8 | 9,3 | 12,1 | 21 | 27 | 22,2 | 28,3 | 0,36 | 0,59 | 0,84 |

# Riduzione del gioco radiale

## Riduzione del gioco radiale in cuscinetti a rulli toroidali FAG con foro conico

| Misura nominale del foro del cuscinetto | | Gioco radiale prima del montaggio Gruppo di gioco | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d | | Group N | | Group 3 | | Group 4 | |
| mm | | mm | | mm | | mm | |
| da | a | min. | max. | min. | max. | min. | max. |
| 24 | 30 | 0,035 | 0,055 | 0,050 | 0,065 | 0,065 | 0,085 |
| 30 | 40 | 0,045 | 0,065 | 0,060 | 0,080 | 0,080 | 0,100 |
| 40 | 50 | 0,050 | 0,075 | 0,070 | 0,095 | 0,090 | 0,120 |
| 50 | 65 | 0,060 | 0,090 | 0,085 | 0,115 | 0,110 | 0,150 |
| 65 | 80 | 0,075 | 0,110 | 0,105 | 0,140 | 0,135 | 0,180 |
| 80 | 100 | 0,095 | 0,135 | 0,130 | 0,175 | 0,170 | 0,220 |
| 100 | 120 | 0,115 | 0,155 | 0,155 | 0,205 | 0,200 | 0,255 |
| 120 | 140 | 0,135 | 0,180 | 0,180 | 0,235 | 0,230 | 0,295 |
| 140 | 160 | 0,155 | 0,215 | 0,210 | 0,270 | 0,265 | 0,340 |
| 160 | 180 | 0,170 | 0,240 | 0,235 | 0,305 | 0,300 | 0,385 |
| 180 | 200 | 0,190 | 0,260 | 0,260 | 0,330 | 0,325 | 0,420 |
| 200 | 225 | 0,210 | 0,290 | 0,285 | 0,365 | 0,360 | 0,460 |
| 225 | 250 | 0,235 | 0,315 | 0,315 | 0,405 | 0,400 | 0,515 |
| 250 | 280 | 0,255 | 0,345 | 0,340 | 0,445 | 0,440 | 0,560 |
| 280 | 315 | 0,280 | 0,380 | 0,375 | 0,485 | 0,480 | 0,620 |
| 315 | 355 | 0,315 | 0,420 | 0,415 | 0,545 | 0,540 | 0,680 |
| 355 | 400 | 0,350 | 0,475 | 0,470 | 0,600 | 0,595 | 0,755 |
| 400 | 450 | 0,380 | 0,525 | 0,525 | 0,655 | 0,650 | 0,835 |
| 450 | 500 | 0,435 | 0,575 | 0,575 | 0,735 | 0,730 | 0,915 |
| 500 | 560 | 0,470 | 0,640 | 0,630 | 0,810 | 0,800 | 1,010 |
| 560 | 630 | 0,530 | 0,710 | 0,700 | 0,890 | 0,880 | 1,110 |
| 630 | 710 | 0,590 | 0,780 | 0,770 | 0,990 | 0,980 | 1,230 |
| 710 | 800 | 0,670 | 0,860 | 0,860 | 1,100 | 1,100 | 1,380 |
| 800 | 900 | 0,730 | 0,960 | 0,950 | 1,220 | 1,210 | 1,530 |
| 900 | 1 000 | 0,810 | 1,040 | 1,040 | 1,340 | 1,340 | 1,670 |
| 1 000 | 1 120 | 0,890 | 1,170 | 1,160 | 1,500 | 1,490 | 1,880 |
| 1 120 | 1 250 | 0,970 | 1,280 | 1,270 | 1,640 | 1,630 | 2,060 |
| 1 250 | 1 400 | 1,080 | 1,410 | 1,410 | 1,790 | 1,780 | 2,250 |
| 1 400 | 1 600 | 1,200 | 1,550 | 1,550 | 1,990 | 1,990 | 2,500 |
| 1 600 | 1 800 | 1,320 | 1,690 | 1,690 | 2,180 | 2,180 | 2,730 |

[1] Vale solo per alberi pieni di acciaio e per alberi cavi il cui foro non è superiore alla metà del diametro dell'albero. I cuscinetti il cui gioco radiale prima del montaggio si trova nella metà superiore del campo di tolleranza, si montano con il valore più elevato di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale, i cuscinetti nella metà inferiore del campo di tolleranza con il valore più piccolo di riduzione del gioco radiale o di corsa di scorrimento assiale.

[2] Non si deve superare il valore di controllo del gioco radiale. Nei cuscinetti con diametro più piccolo in talune circostanze questo si determina difficilmente.

| Riduzione del gioco radiale[1] | | Spostamento sul cono 1:12[1] | | Spostamento sul cono 1:30[1] | | Valore di controllo del gioco radiale dopo il montaggio[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Albero | | Albero | | Group N | Group 3 | Group 4 |
| mm | | mm | | mm | | mm | mm | mm |
| min. | max. | min. | max. | min. | max. | min. | min. | min. |
| 0,010 | 0,017 | 0,24 | 0,29 | 0,61 | 0,72 | 0,025 | 0,035 | 0,048 |
| 0,014 | 0,021 | 0,30 | 0,34 | 0,76 | 0,84 | 0,031 | 0,041 | 0,059 |
| 0,018 | 0,028 | 0,37 | 0,42 | 0,91 | 1,04 | 0,033 | 0,046 | 0,062 |
| 0,024 | 0,035 | 0,46 | 0,50 | 1,14 | 1,24 | 0,036 | 0,054 | 0,075 |
| 0,030 | 0,046 | 0,55 | 0,61 | 1,37 | 1,53 | 0,045 | 0,065 | 0,090 |
| 0,040 | 0,056 | 0,67 | 0,73 | 1,68 | 1,83 | 0,056 | 0,080 | 0,114 |
| 0,049 | 0,069 | 0,79 | 0,89 | 1,98 | 2,23 | 0,066 | 0,093 | 0,131 |
| 0,060 | 0,083 | 0,91 | 1,05 | 2,29 | 2,62 | 0,075 | 0,105 | 0,147 |
| 0,072 | 0,095 | 1,04 | 1,21 | 2,59 | 3,02 | 0,083 | 0,123 | 0,170 |
| 0,081 | 0,107 | 1,16 | 1,36 | 2,90 | 3,41 | 0,089 | 0,137 | 0,193 |
| 0,090 | 0,121 | 1,28 | 1,52 | 3,20 | 3,81 | 0,100 | 0,150 | 0,204 |
| 0,101 | 0,134 | 1,43 | 1,68 | 3,58 | 4,20 | 0,109 | 0,162 | 0,226 |
| 0,113 | 0,151 | 1,59 | 1,88 | 3,96 | 4,69 | 0,123 | 0,177 | 0,249 |
| 0,126 | 0,168 | 1,77 | 2,08 | 4,42 | 5,19 | 0,129 | 0,186 | 0,273 |
| 0,142 | 0,188 | 1,98 | 2,31 | 4,95 | 5,78 | 0,138 | 0,203 | 0,292 |
| 0,160 | 0,211 | 2,23 | 2,59 | 5,56 | 6,47 | 0,155 | 0,221 | 0,329 |
| 0,180 | 0,238 | 2,50 | 2,90 | 6,25 | 7,26 | 0,170 | 0,251 | 0,357 |
| 0,203 | 0,268 | 2,81 | 3,26 | 7,01 | 8,15 | 0,178 | 0,279 | 0,382 |
| 0,225 | 0,300 | 3,11 | 3,66 | 7,78 | 9,14 | 0,210 | 0,300 | 0,430 |
| 0,250 | 0,335 | 3,48 | 4,05 | 8,69 | 10,13 | 0,220 | 0,325 | 0,465 |
| 0,285 | 0,375 | 3,90 | 4,52 | 9,76 | 11,31 | 0,245 | 0,355 | 0,505 |
| 0,320 | 0,420 | 4,39 | 5,08 | 10,98 | 12,69 | 0,270 | 0,380 | 0,560 |
| 0,360 | 0,475 | 4,94 | 5,71 | 12,35 | 14,27 | 0,310 | 0,425 | 0,625 |
| 0,405 | 0,535 | 5,55 | 6,42 | 13,88 | 16,05 | 0,325 | 0,460 | 0,675 |
| 0,450 | 0,605 | 6,16 | 7,21 | 15,40 | 18,03 | 0,360 | 0,490 | 0,735 |
| 0,505 | 0,670 | 6,89 | 8,00 | 17,23 | 20,00 | 0,385 | 0,545 | 0,820 |
| 0,565 | 0,750 | 7,69 | 8,95 | 19,21 | 22,37 | 0,410 | 0,580 | 0,880 |
| 0,630 | 0,840 | 8,60 | 9,98 | 21,50 | 24,94 | 0,450 | 0,640 | 0,940 |
| 0,720 | 0,940 | 9,82 | 11,16 | 24,55 | 27,90 | 0,480 | 0,685 | 1,050 |
| 0,810 | 1,070 | 11,04 | 12,74 | 27,60 | 31,85 | 0,510 | 0,705 | 1,110 |

# Grassi per cuscinetti volventi FAG Arcanol – dati chimico-fisici

| Grasso | | Applicazioni caratteristiche | Temperatura di utilizzo °C | | Temperatura continua ammissibile °C | Addensante |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | da | – | | |
| Grasso universale | MULTITOP | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in laminatoi<br>■ Macchine edili<br>■ Fusi e mandrini portamola<br>■ Autoveicoli | –50[1)] | +140 | +80 | Sapone di litio |
| | MULTI2 | ■ Cuscinetti a sfere con diametro esterno fino a 62 mm in motori elettrici di piccole dimensioni<br>■ Macchine agricole ed edili<br>■ Elettrodomestici | –30 | +120 | +75 | Sapone di litio |
| | MULTI3 | ■ Cuscinetti a sfere con diametro esterno da 62 mm in motori elettrici di grandi dimensioni<br>■ Macchine agricole ed edili<br>■ Ventilatori | –30 | +120 | +75 | Sapone di litio |
| Carichi elevati | LOAD150 | ■ Cuscinetti a sfere, a rulli e a rullini<br>■ Guide lineari in macchine utensili | –20 | +140 | +95 | Sapone complesso di litio |
| | LOAD220 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in impianti di laminazione<br>■ Macchine continue per carta<br>■ Veicoli scorrenti su rotaia | –20 | +140 | +80 | Sapone di litio-calcio |
| | LOAD400 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in macchine per l'estrazione mineraria<br>■ Macchine edili<br>■ Cuscinetti di banco in impianti eolici | –40 | +130 | +80 | Sapone di litio-calcio |
| | LOAD460 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli<br>■ Impianti eolici<br>■ Cuscinetti con gabbia a perni | –40[1)] | +130 | +80 | Sapone di litio-calcio |
| | LOAD1000 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in macchine per l'estrazione mineraria<br>■ Macchine edili<br>■ Cementifici | –30[1)] | +130 | +80 | Sapone di litio-calcio |
| Alte temperature | TEMP90 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in frizioni<br>■ Motori elettrici<br>■ Autoveicoli | –40 | +160 | +90 | Poliurea |
| | TEMP110 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in motori elettrici<br>■ Autoveicoli | –35 | +160 | +110 | Sapone complesso di litio |
| | TEMP120 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in impianti di colata continua<br>■ Macchine continue per carta | –30 | +180 | +120 | Poliurea |
| | TEMP200 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in rotelle per forni di cottura<br>■ Carrelli da forno e impianti chimici<br>■ Perni dei pistoni nei compressori | –30 | +260 | +200 | PTFE |

**Continua alla pagina seguente.**

+++ Perfettamente adatto. ++ Ben adatto. + Adatto. – Poco adatto. –– Non adatto.

[1)] Misurazioni secondo test FE8 Schaeffler a basse temperature Schaeffler.

| Olio base | Consistenza<br>NLGI | Viscosità dell'olio base a +40 °C<br>$mm^2/s$ | Temperature | | Attrito ridotto, elevata velocità di rotazione | Carico elevato, bassa velocità di rotazione | Vibrazioni | Supporto della tenuta | Possibilità di rilubrificazione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | bassa | alta | | | | | |
| Olio parzialmente sintetico | 2 | 82 | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | + | +++ |
| Olio minerale | 2 | 110 | ++ | + | + | + | + | + | +++ |
| Olio minerale | 3 | 80 | ++ | + | + | + | ++ | ++ | ++ |
| Olio minerale | 2 | 160 | + | ++ | – | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Olio minerale | 2 | 245 | + | + | – | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Olio minerale | 2 | 400 | + | + | – | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Olio minerale | 1 | 400 | ++ | + | – | +++ | ++ | – | ++ |
| Olio minerale | 2 | 1 000 | + | + | –– | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Olio parzialmente sintetico | 3 | 148 | +++ | ++ | + | + | + | ++ | ++ |
| Olio parzialmente sintetico | 2 | 130 | +++ | +++ | ++ | + | + | + | + |
| Olio sintetico | 2 | 400 | ++ | +++ | – | +++ | + | ++ | + |
| Olio a base di alcossido di fluoro | 2 | 550 | ++ | +++ | –– | ++ | + | + | + |

# Grassi per cuscinetti volventi FAG Arcanol – dati chimico-fisici

| Grasso | | Applicazioni caratteristiche | Temperatura di utilizzo °C | | Temperatura continua ammissibile °C | Addensante |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | da | – | | |
| Requisiti speciali | SPEED2,6 | ■ Cuscinetti a sfere in macchine utensili<br>■ Cuscinetti per mandrini<br>■ Cuscinetti per tavole girevoli<br>■ Cuscinetti per strumenti | –40 | +120 | +80 | Sapone complesso di litio |
| | VIB3 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli in rotori di impianti eolici (sistema di regolazione delle pale)<br>■ Macchine per l'imballaggio<br>■ Veicoli scorrenti su rotaia | –30 | +150 | +90 | Sapone complesso di litio |
| | FOOD2 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli per applicazioni a contatto con gli alimenti (registrazione NSF-H1, certificazione kosher e halal) | –30 | +120 | +70 | Sapone complesso di alluminio |
| | CLEAN-M | ■ Cuscinetti a sfere, a rulli e a rullini nonché guide lineari in applicazioni di camera bianca | –30 | +180 | +90 | Poliurea |
| | MOTION2 | ■ Cuscinetti a sfere e a rulli con movimento oscillante<br>■ Ralle di rotazione in impianti eolici | –40 | +130 | +75 | Sapone di litio |

+++ Perfettamente adatto. ++ Ben adatto. + Adatto. – Poco adatto. –– Non adatto.

| Olio base | Consistenza<br><br>NLGI | Viscosità dell'olio base a +40 °C<br>$mm^2/s$ | Temperature | | Attrito ridotto, elevata velocità di rotazione | Carico elevato, bassa velocità di rotazione | Vibrazioni | Supporto della tenuta | Possibilità di rilubrificazione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | bassa | alta | | | | | |
| Olio sintetico | 2 – 3 | 25 | +++ | + | +++ | –– | – | + | + |
| Olio minerale | 3 | 170 | ++ | ++ | – | ++ | +++ | ++ | – |
| Olio sintetico | 2 | 150 | ++ | – | + | + | + | + | +++ |
| Olio etereo | 2 | 103 | +++ | +++ | + | + | + | + | ++ |
| Olio sintetico | 2 | 50 | +++ | + | – | ++ | +++ | ++ | + |

## Metodi di montaggio e smontaggio per cuscinetti volventi

| Tipo di cuscinetto | | | | Foro del cuscinetto | d<br>mm |
|---|---|---|---|---|---|
|  | Cuscinetti a sfere |  | Cuscinetti a rulli conici | Cilindrico | < 80 |
|  | Cuscinetti a sfere a contatto obliquo |  | Cuscinetti orientabili ad una corona |  | 80 – 200 |
|  | Cuscinetti a quattro punti |  | Cuscinetti orientabili a rulli | | |
|  | Cuscinetti orientabili a sfere |  | Cuscinetti toroidali | | > 200 |
|  | Cuscinetti a rulli cilindrici | | | Cilindrico | < 80 |
|  | Cuscinetti a rullini | | |  | 80 – 200 |
| | | | | | > 200 |
|  | Cuscinetti assiali a sfere | | | Cilindrico | < 80 |
|  | Cuscinetti assiali a sfere a contatto obliquo | | |  | 80 – 200 |
|  | Cuscinetti assiali a rulli cilindrici | | | | |
|  | Cuscinetti assiali orientabili a rulli | | | | > 200 |
|  | Cuscinetti orientabili a sfere<br>Cuscinetti radiali orientabili a sfere, con bussola di trazione | | | Conico | < 80 |
|  | Cuscinetti toroidali | | | | |
|  | Cuscinetti orientabili ad una corona di rulli<br>Cuscinetti orientabili ad una corona di rulli con bussola | | |  | 80 – 200 |
|  | Cuscinetti orientabili a rulli<br>Cuscinetti orientabili a rulli con bussola di trazione | | | | |
|  | Bussola di trazione |  | Bussola di pressione | | > 200 |
|  | Cuscinetti a rulli cilindrici, a due corone | | | Conico | < 80 |
| | | | |  | 80 – 200 |
| | | | | | > 200 |

**Simboli**

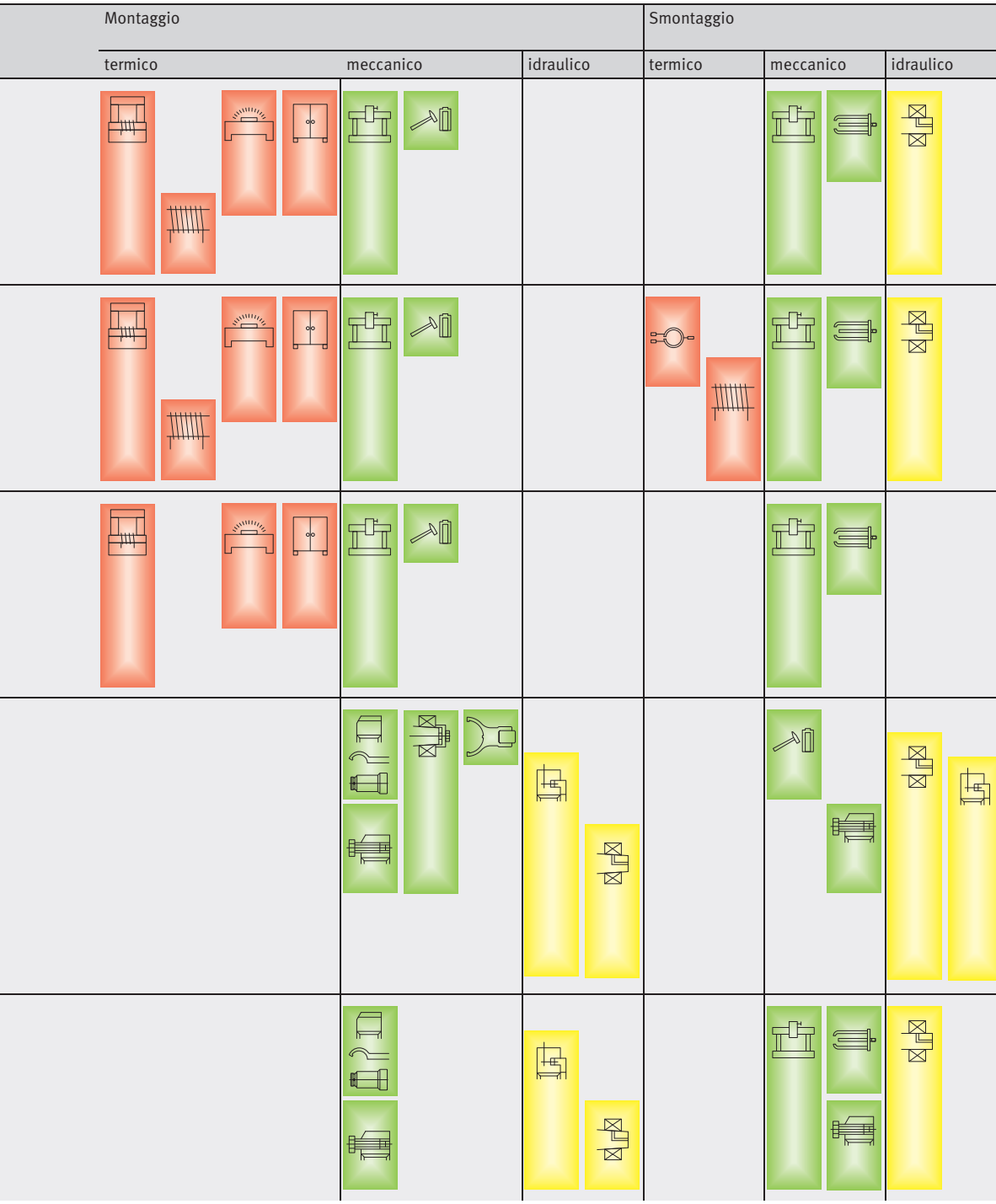
 Riscaldatore a induzione

 Forno di riscaldamento

 Anello riscaldatore

 Piastra elettrica

 Tecnologia a media frequenza




Martello e boccola di montaggio

Chiave a doppio settore

Chiave a bussola

Coprimozzo

Ghiera idraulica

Presse meccaniche e idrauliche

Ghiera e chiave a settore

Ghiera e vite di montaggio

Estrattore

Procedimento idraulico

## Protocollo di misurazione

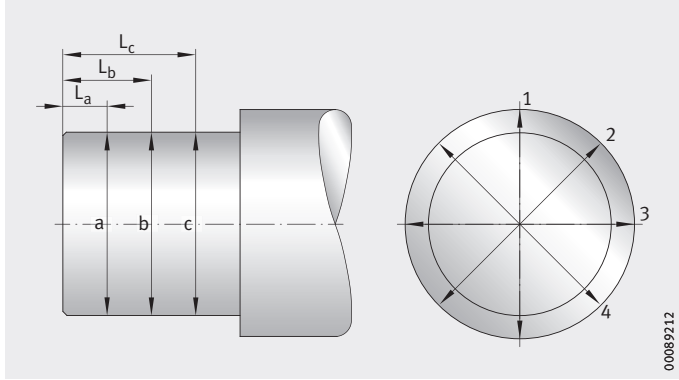



*Figura 1*
Albero

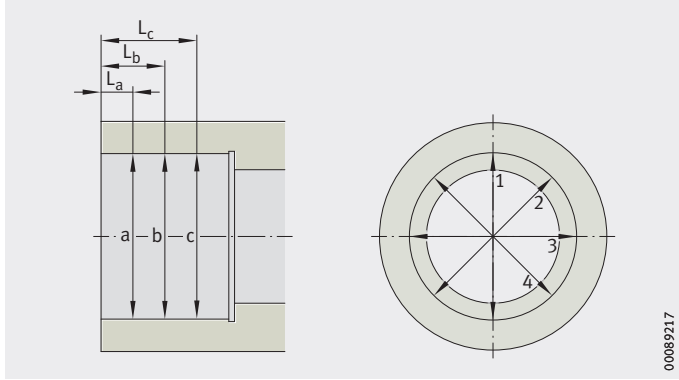



*Figura 2*
Alloggiamento

**Protocollo di misurazione dell'albero**

| Distanza [mm] | $L_a$ | $L_b$ | $L_c$ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Diametro [mm] | a | b | c |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| Valore medio (1 + 2 + 3 + 4)/4 | | | |

**Protocollo di misurazione dell'alloggiamento**

| Distanza [mm] | $L_a$ | $L_b$ | $L_c$ |
|---|---|---|---|
| | | | |
| Diametro [mm] | a | b | c |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| Valore medio (1 + 2 + 3 + 4)/4 | | | |

MATNR 085323292-0000 / MH 1 / 01 / IT-IT / 201906 / pdf only

**Schaeffler Italia S.r.l.**

Via Dr. Georg Schaeffler, 7
28015 Momo (Novara)
Italia

Telefono +39 0321 929 211
E-mail marketing.it@schaeffler.com
Internet www.schaeffler.it