

## CUSCINETTI VOLVENTI

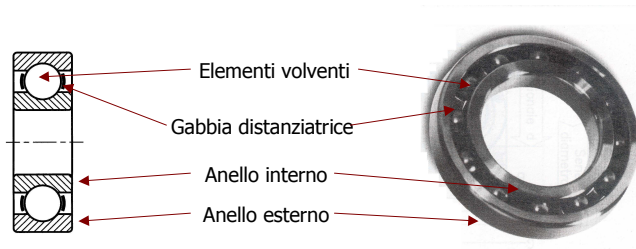
376

### Introduzione

Un **cuscinetto volvente** (o **a rotolamento**) è un elemento posizionato tra un albero (parte ruotante) ed un supporto (parte fissa).

La rotazione relativa tra la parte fissa (anello o *ralla* a contatto con il supporto) e la parte mobile (anello o *ralla* a contatto con l'albero) è garantita dalla presenza di elementi volventi (sfere, rulli cilindrici, rulli conici).

Si realizza così un meccanismo basato sull'attrito volvente, con vantaggi in termini di rendimento.





## Classificazione dei cuscinetti volventi

I cuscinetti volventi possono classificarsi in base ad alcune caratteristiche quali:

- la **capacità di reazione rispetto ad una data direzione del carico** applicato;
- la **possibilità di rotazione relativa degli anelli**;
- la **forma degli elementi volventi**.

### Capacità di reazione rispetto alla direzione di applicazione del carico

- Radiali
- Assiali
- Obliqui

### Possibilità di rotazione relativa dei due anelli

- Rigidi
- Orientabili

### Forma degli elementi volventi

- A sfere
- A rulli
- A rulli conici
- A rullini

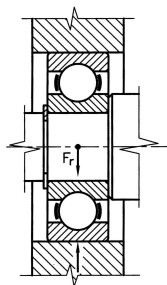
*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

378



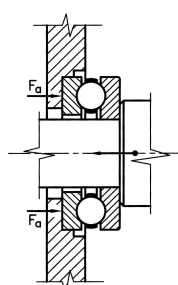
## Cuscinetti radiali, assiali ed obliqui.

In base alla capacità di reazione rispetto alla direzione di applicazione del carico, i cuscinetti si distinguono in **radiali**, **assiali** ed **obliqui**.



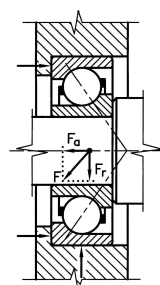
### Cuscinetti radiali (portanti)

Possono sopportare forze dirette ortogonalmente all'asse



### Cuscinetti assiali (reggispinta)

Possono sopportare forze dirette in direzione assiale



### Cuscinetti obliqui

Possono sopportare carichi in entrambe le direzioni

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

379

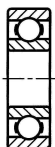
## Cuscinetti radiali rigidi a sfere

I cuscinetti radiali rigidi a sfere hanno una struttura molto semplice. Possono essere costituiti da una o due corone di sfere.

Essi possono sopportare, oltre al carico radiale, lievi carichi assiali.

Questo tipo di cuscinetto è in generale **non scomponibile**.

Possono avere, da uno o entrambi i lati degli **schermi di protezione** che possono essere **non a tenuta stagna** (lasciano un luce radiale, schermi in acciaio), oppure **a tenuta stagna** (non c'è luce radiale, schermi in gomma)



Radiale rigido ad una corona di sfere, senza schermi di protezione



Radiale rigido a due corone di sfere, senza schermi di protezione

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

380

## Cuscinetti radiali orientabili a sfere

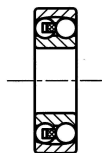
I cuscinetti radiali orientabili a sfere sono costituiti da due corone di sfere.

L'anello interno è costituito da due piste, ed è analogo a quello dei cuscinetti rigidi.

L'anello esterno ha invece un'unica **pista sferica** che permette il corretto rotolamento del cuscinetto anche quando gli assi non coincidono.

Sono cuscinetti **non scomponibili**.

Esiste una versione con schermi a tenuta stagna.



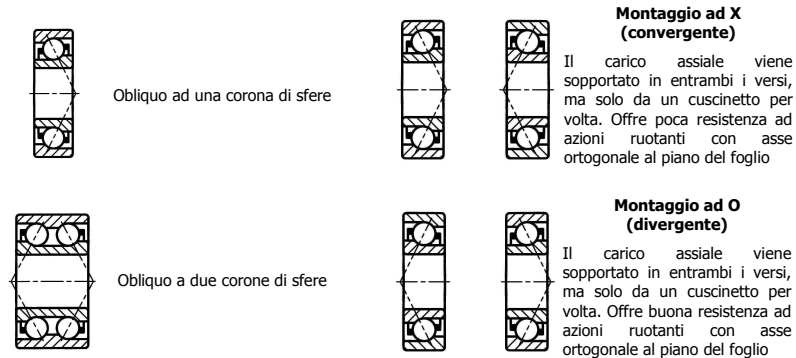
Radiale orientabile a due corone di sfere, senza schermi di protezione

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

381

## Cuscinetti obliqui a sfere

Nei cuscinetti obliqui a sfere il contatto tra le piste e le sfere avviene, per costruzione, lungo un asse obliquo rispetto all'asse del cuscinetto. Tali cuscinetti sono dunque pensati per sopportare carichi obliqui. Questi cuscinetti possono essere ad una o a due corone di sfere. I cuscinetti del tipo ad una corona sono **scomponibili**, e **devono essere sempre montati contrapposti in coppia** (montaggio ad **O** o ad **X**)



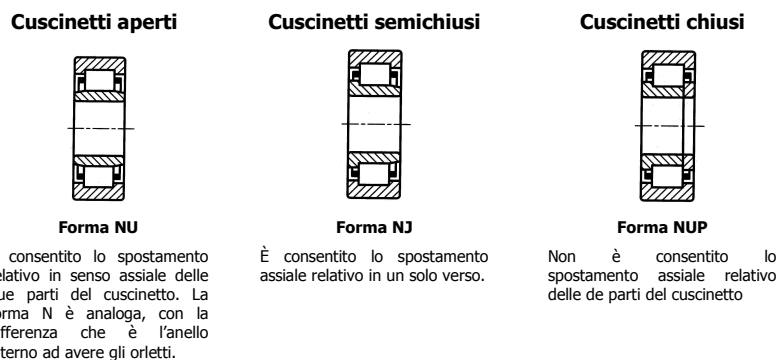
Appunti di Disegno Tecnico Industriale

382

## Cuscinetti radiali rigidi a rulli

I cuscinetti radiali a rulli cilindrici sono costituiti prevalentemente da una sola corona di rulli. I rulli sono guidati assialmente da dei risalti ricavati sulle piste (orletti). L'anello con gli orletti, i rulli e la gabbia distanziatrice formano un insieme non scomponibile, che può però essere separato dall'altro anello. Il carico radiale che un cuscinetto a rulli può sopportare è, a parità di dimensioni, **maggiore di quello sopportabile da un cuscinetto a sfere**.

Una variante dei cuscinetti a rulli è rappresentata dai **cuscinetti a rullini**, in cui gli elementi volventi hanno diametro ridotto, quindi minori ingombri.



Appunti di Disegno Tecnico Industriale

383

## Cuscinetti radiali orientabili a rulli

I cuscinetti radiali orientabili a rulli possono essere **ad una o più frequentemente a due corone di rulli**. In quest'ultimo caso si hanno due piste ricavate sull'anello interno inclinate rispetto all'asse del cuscinetto e su un'unica pista di forma sferica ricavata nell'anello esterno.

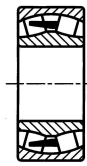
I corpi volenti sono costituiti da **rulli a botte**.

**Sopportano forti carichi radiali ed urti**, ma la **capacità di carico assiale è limitata**.

Il loro utilizzo è indicato quando si prevedono **disassamenti di lieve entità tra l'albero e l'alloggiamento**, o in situazioni che comportino una sensibile **flessione dell'albero**.



Cuscinetto orientabile a rulli ad una corona di rulli



Cuscinetto orientabile a rulli a due corone di rulli

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

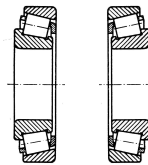
384

## Cuscinetti obliqui a rulli conici

Nei cuscinetti obliqui a rulli conici gli elementi volenti sono costituiti da tronchi di cono inclinati rispetto all'asse dell'albero. L'anello interno e l'anello esterno hanno una pista di rotolamento conica. L'anello interno è dotato di orletti. Si tratta di cuscinetti scomponibili: il gruppo anello interno – rulli – gabbia distanziatrice (**cono**) è separabile dall'anello esterno (**coppa**). Per il montaggio valgono le stesse considerazioni già viste per i cuscinetti obliqui a sfere.

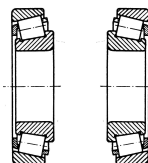


Obliquo a rulli conici



### Montaggio ad X (convergente)

Il carico assiale viene sopportato in entrambi i versi, ma solo da un cuscinetto per volta. Offre poca resistenza ad azioni ruotanti con asse ortogonale al piano del foglio



### Montaggio ad O (divergente)

Il carico assiale viene sopportato in entrambi i versi, ma solo da un cuscinetto per volta. Offre buona resistenza ad azioni ruotanti con asse ortogonale al piano del foglio

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

385

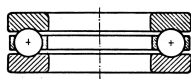
## Cuscinetti assiali rigidi a sfere

I cuscinetti assiali a sfere possono sopportare **esclusivamente carichi assiali**.

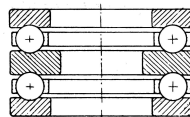
I cuscinetti assiali a sfere possono essere di due tipi: a **semplice effetto** ed a **doppio effetto**.

A semplice effetto possono reggere carichi assiali in un solo senso (e quindi vincolare l'albero da una lato), a doppio effetto possono reggere carichi assiali agenti in ambo i sensi (e quindi vincolare l'albero da entrambi i lati).

Si tratta in ogni caso di cuscinetti **scomponibili**.



Cuscinetto assiale rigido a sfere  
a singolo effetto



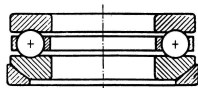
Cuscinetto assiale rigido a sfere  
a doppio effetto

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

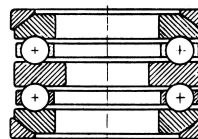
386

## Cuscinetti assiali orientabili a sfere

I assiali orientabili a sfere sono analoghi ai corrispondenti rigidi, salvo per il fatto che in quelli a singolo effetto uno dei due anelli ha una sede di appoggio sferica che permette l'orientamento del cuscinetto stesso. In quelli a doppio effetto entrambi gli anelli estremi appoggiano su una sede sferica



Cuscinetto assiale orientabile a sfere  
a singolo effetto



Cuscinetto assiale orientabile a sfere  
a doppio effetto

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

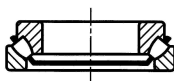
387

## Cuscinetti assiali orientabili a rulli

Nei cuscinetti assiali orientabili a rulli i carichi vengono trasmessi da una pista all'altra in direzione obliqua rispetto all'asse degli stessi.

Questi cuscinetti sopportano, oltre a carichi radiali, **anche carichi assiali**.

Si tratta di cuscinetti **scomponibili**: la ralla per l'albero (completa di gabbia per rulli) può essere montata separatamente dalla ralla per l'alloggiamento.



Cuscinetto assiale orientabile a rulli

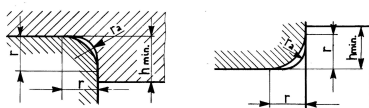
*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

388

## Dimensioni delle parti ove alloggianno i cuscinetti

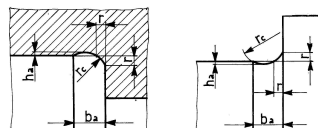
Gli **spallamenti** realizzati sull'albero o sull'alloggiamento, sui quali appoggiano i cuscinetti, devono essere tali da offrire una superficie d'appoggio adeguata, senza però provocare strisciamento contro le parti rotanti. Il passaggio dalla sede allo spallamento va eseguito con un opportuno raccordo ovvero con una gola di scarico.

### Raccordo



$r$ (raggio di raccordo del cuscinetto)	$r_a$ (raggio di raccordo dello spallamento)	$h_{min}$ (altezza dello spallamento)
0.5	0.3	1
1	0.6	2.5
1.5	1	3
2	1	3.5
2.5	1.5	4.5
...	...	...

### Gola di scarico



$r$ (raggio di raccordo del cuscinetto)	$b_a$ (lunghezza della gola)	$h_a$ (profondità della gola)	$r_c$ (raggio della gola)
1.5	2	0.2	1.3
2	2.4	0.3	1.5
2.5	3.2	0.4	2
3	4	0.5	2.5
3.5	4	0.5	2.5
...	...	...	...

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

389

## Bloccaggio radiale dei cuscinetti.

Il bloccaggio radiale dei cuscinetti è necessario per evitare rotazioni o scorrimenti degli anelli rispetto alle sedi. Lo scorrimento relativo può infatti portare a danneggiamento per usura degli anelli o delle sedi, ed in generale a malfunzionamenti.

Il bloccaggio radiale dei cuscinetti si realizza montando gli anelli con un **adeguato grado di interferenza**. I fattori che influenzano il grado di interferenza da assegnare sono di seguito riportati.

**Condizione di rotazione.** Se l'anello ruota rispetto alla direzione di applicazione del carico si parla di **carico rotante**, altrimenti di **carico fisso**. L'anello soggetto a carico ruotante deve sempre montarsi con interferenza. Se la direzione del carico è **indeterminata**, in presenza di carichi di forte entità, **entrambi gli anelli saranno montanti con interferenza**.

**Entità del carico.** Maggiore l'entità del carico, maggiore l'entità del forzamento richiesto.

**Giuoco interno del cuscinetto.** L'entità del forzamento deve essere tale da non ridurre il giuoco interno del cuscinetto al disotto di un valore critico.

**Cuscinetto assialmente libero.** Nel montaggio di un cuscinetto assialmente libero l'anello fisso rispetto al carico deve potersi muovere ed è quindi montato senza interferenza

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

390

## Bloccaggio radiale dei cuscinetti: tolleranze consigliate

I manuali delle ditte costruttrici dei cuscinetti riportano tabelle con indicazione delle tolleranze consigliate in funzione delle condizioni di funzionamento e del tipo di cuscinetto.

Stralcio di tabella con indicazione delle **tolleranze per alberi** (accoppiamento con **anello interno** del cuscinetto) per cuscinetti a rulli cilindrici e conici (carico rotante o indeterminato rispetto all'anello interno)

Carico	Diametro albero	Tolleranza
Carichi leggeri ( $P \leq 0,06 C$ )	fino a 40 da 40 a 100	j6 k6
Carichi normali ed elevati ( $P > 0,06 C$ )	fino a 40 da 40 a 100 ...	k5 m5 ...
Carichi molto elevati ( $P > 0,12 C$ )	da 50 a 140 da 140 a 200 ...	n6 p6 ...
Carichi leggeri ed elevate esigenze di precisione	fino a 40 da 40 a 140	j5 k5 ...

Stralcio di tabella con indicazione delle **tolleranze per alloggiamenti** (accoppiamento con **anello esterno** del cuscinetto) per cuscinetti a rulli cilindrici e conici (carico rotante rispetto all'anello esterno)

Carico	Tolleranza
Carichi leggeri ( $P \leq 0,06 C$ )	M7
Carichi normali ed elevati ( $P > 0,06 C$ )	N7
Carichi molto elevati ( $P > 0,12 C$ )	P7

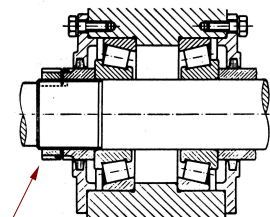
*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

391

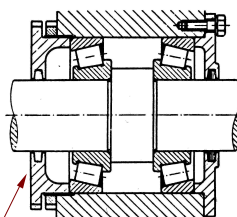


## Registrazione degli anelli di cuscinetti obliqui

I cuscinetti obliqui a sfere ed i cuscinetti obliqui a rulli conici richiedono un sistema di regolazione che consenta sia di recuperare il gioco che si introduce in fase di montaggio, sia quello che si viene a creare durante il funzionamento. Il recupero del gioco può avvenire agendo sia sull'anello interno che su quello esterno, normalmente utilizzando elementi filettati (ghiere).



Registrazione sull'anello interno attraverso ghiera filettata montata sull'albero.



Registrazione sull'anello esterno attraverso ghiera filettata montata sull'alloggiamento.

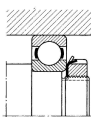
*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

392

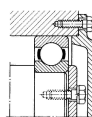
## Bloccaggio assiale dei cuscinetti.

Per garantire il bloccaggio assiale dell'anello di un cuscinetto non è sufficiente un accoppiamento con interferenza, ma è necessario predisporre un sistema adatto per ancorare assialmente l'anello. Si riportano alcune soluzioni costruttive.

### Bloccaggio dell'anello interno

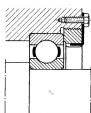


L'anello interno è bloccato a sinistra da uno **spallamento** sull'albero, a destra da una **ghiera filettata**.

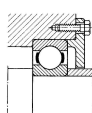


L'anello interno è bloccato a sinistra da uno **spallamento** sull'albero, a destra da un **disco di fermo**.

### Bloccaggio dell'anello esterno



L'anello esterno è bloccato a sinistra da una **sede sull'alloggiamento**, a destra da una **ghiera filettata**.



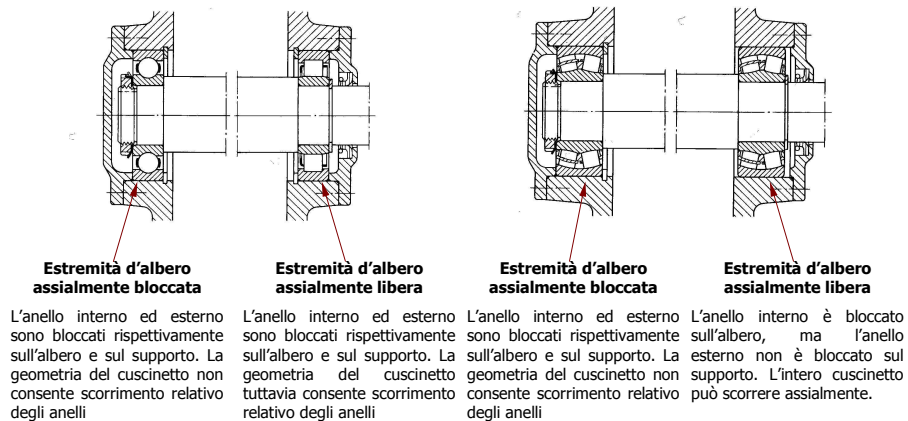
L'anello esterno è bloccato a sinistra da una **sede sull'alloggiamento**, a destra da un **coperchio d'estremità**.

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

393

## Montaggio dei cuscinetti.

Quando un albero è montato su due o più cuscinetti, al fine di consentire dilatazioni dell'albero, soltanto uno dei cuscinetti deve bloccare lo scorrimento assiale dell'albero, mentre gli altri debbono consentirlo.



*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

394

## Parametri caratteristici e scelta dei cuscinetti.

Il tipo e le dimensioni di un cuscinetto vengono scelte in base alla sua capacità di carico in relazione ai carichi applicati. Si hanno i seguenti parametri caratteristici:

**$C_0$ : coefficiente di carico statico**, utilizzato per calcolare cuscinetti ruotanti a velocità molto basse, o soggetti a restare fermi per vari periodi sotto carico.

**$C$ : coefficiente di carico dinamico**, utilizzato per calcolare cuscinetti ruotanti rispetto al carico. Rappresenta il carico sul cuscinetto cui corrisponde una durata base (durata raggiunta o superata dal 90% di cuscinetti di una campionatura sufficientemente grande) di 1.000.000 giri.

**Velocità massima ammissibile**: rappresenta la velocità al di sopra della quale non è più garantito il corretto funzionamento del cuscinetto.

**Fattori di carico ( $X$ ,  $Y$ )**: rappresentano dei coefficienti correttivi per determinare il carico equivalente puramente radiale o assiale in presenza di carichi obliqui:  $P = XF_r + YF_a$ .

### Calcolo della durata

La durata di base ( $L_{10}$ ), il carico applicato (equivalente)  $P$  ed il coefficiente di carico dinamico  $C$  sono legati dalla relazione:  $L_{10} = (C/P)^n$ , essendo  $n$  un coefficiente che vale 3 per cuscinetti a sfere e 10/3 per cuscinetti a rulli.

*Appunti di Disegno Tecnico Industriale*

395



## Esempio di scelta di un cuscinetto.

L'estremità di un albero di **diametro 30mm** deve essere montata su cuscinetto **radiale rigido a sfere**. Il carico agente è pari a **2800 N in direzione radiale** e a **100 N in direzione assiale**. L'albero ruota ad una velocità di **1000 giri/min**. Si scelga il cuscinetto in maniera da garantire una **durata di base pari a 25.000 ore**.

Determiniamo il carico radiale equivalente. Dal catalogo SKF si ricavano i fattori di carico:

**X = 1; Y = 0** (per  $F_r/F_a < 0.22$ ); da cui **P = 2800 N** (si trascura in pratica il carico assiale).

Determiniamo la durata in milioni di giri:  $L_{10} = 25.000 \cdot 60 \cdot 1000 / 1.000.000 = 1500$  (milioni di giri)

Dalla formula della durata si ricava il coefficiente di carico dinamico **C<sub>0</sub> = 32.044,2 N**

Dal catalogo SKF risulta che un cuscinetto della serie **d = 30** ha un coefficiente di carico dinamico superiore a quello determinato (**C<sub>0</sub> = 43.600 N**). Le dimensioni caratteristiche sono: **D = 90 mm** (diametro esterno anello esterno) e **B = 23 mm** (ingombro assiale).

Le dimensioni possono essere ridotte passando ad un cuscinetto a rulli: **D = 62 mm, B = 16 mm (C<sub>0</sub> = 38.000 N)**.