

## 1 Cuscinetti volventi (o a rotolamento)

### 1.1 Generalità

Un cuscinetto volvente (**Figura 1**) è costituito essenzialmente da:

- una parte fissa – un *anello* o una *ralla* – che viene bloccata sul suo supporto o in un alloggiamento ricavato nell'incastellatura della macchina;
- una parte mobile – anch'essa un *anello* o una *ralla* – che viene collegata rigidamente all'albero;
- *corpi volventi (rotolanti)*: *sfere*, *rulli cilindrici*, *rulli conici*, *rulli a botte*, *aghi (rullini)* ecc. che:
  - rotolano sui due anelli (o ralle) tra i quali sono interposti;
  - garantiscono la rotazione relativa tra la parte fissa e quella mobile;
- una *gabbia distanziatrice* che tiene separati gli elementi volventi;
- eventuali *schermi di protezione* che:
  - trattengono il lubrificante;
  - impediscono l'ingresso di eventuali detriti o di agenti contaminanti (**Figura 2**).



**Figura 1**

Esempio di cuscinetto volvente: cuscinetto a sfere.



**Figura 2**

Cuscinetto a sfere scomposto nelle sue parti componenti. Da sinistra: schermo di protezione lato sinistro, anello esterno, corpi volventi (sfere), gabbia distanziatrice, anello interno, schermo di protezione lato destro.

### 1.2 Classificazione dei cuscinetti volventi

In base alla forma degli elementi volventi, i cuscinetti a rotolamento prendono il nome di *cuscinetti a sfere*, *a rulli cilindrici*, *a rulli conici*, *a rullini*.

Un'ulteriore classificazione dei cuscinetti volventi si basa sulla loro capacità di reazione rispetto alla direzione dei carichi. Sulla base di tale caratteristica i cuscinetti volventi si suddividono in:

- cuscinetti radiali**: sopportano forze dirette in prevalenza perpendicolarmente al loro asse geometrico;
- cuscinetti assiali**: sopportano esclusivamente forze dirette secondo il loro asse; non hanno alcuna efficacia, cioè, nei confronti delle forze radiali, anche se di piccola entità;
- cuscinetti obliqui**: possono sopportare contemporaneamente sia carichi agenti parallelamente sia carichi agenti perpendicolarmente al loro asse geometrico.

In base alla rotazione relativa degli anelli o delle ralle, i cuscinetti possono essere *rigidi* o *oscillanti (orientabili)*.

I cuscinetti *rigidi* non consentono deviazioni del loro asse geometrico rispetto all'asse dell'albero sul quale sono calettati; quelli *oscillanti*, invece, consentono oscillazioni del proprio asse, purché di lievi entità.

### 1.3 Confronto tra cuscinetti volventi e cuscinetti radenti

I *cuscinetti volventi* (o *a rotolamento*) si differenziano da quelli *radenti* (o *a strisciamento*) sostanzialmente per le seguenti caratteristiche:

- presenza di elementi rotolanti (volventi) quali sfere, rulli ecc. interposti tra le due superfici in moto relativo;
- coefficiente d'attrito notevolmente inferiore all'attrito di strisciamento dei cuscinetti radenti. Ad esempio, mentre il coefficiente d'attrito di un cuscinetto a sfere è circa 0,0015, se radiale, e 0,0013, se assiale, quello di un cuscinetto radente autolubrificante (acciaio/tessuto PTFE) varia da 0,02 a 0,15 o, per un cuscinetto acciaio/bronzo, da 0,10 a 0,25. Ne consegue che con l'impiego dei cuscinetti volventi si ha il beneficio di una notevole riduzione delle dissipazioni di energia;
- a differenza di alcuni tipi di cuscinetti radenti, i cuscinetti volventi non possono essere frazionati in due metà; devono quindi essere inseriti sugli alberi dalle estremità degli stessi. Questa loro caratteristica ne impedisce l'impiego nei supporti intermedi, ad esempio nei supporti di banco degli alberi a gomiti, dove essi sono necessariamente sostituiti dalle bronzine;
- maggiore facilità di sostituzione;
- maggiore capacità di funzionare in ambienti polverosi.

### 1.4 Tipologie di cuscinetti volventi

Le tipologie di cuscinetti volventi che prendiamo in esame sono le seguenti:

#### Cuscinetti a sfere

##### a) Cuscinetti radiali

- rigidi
  - a una corona di sfere (Figura 3)
  - a due corone di sfere (Figura 4)
- oscillanti (orientabili)
  - a una corona di sfere
  - a due corone di sfere (Figura 5)
- ibridi
  - a sfere (SKF, Norelem) (Figura 6)

##### b) Cuscinetti obliqui

- a una corona di sfere (Figura 7)
  - disposizione *in tandem* (Figura 8)
  - disposizione *a O* (Figura 9)
  - disposizione *a X* (Figura 10)

##### c) Cuscinetti assiali (cuscinetti reggispinta)

- a sfere
  - a semplice effetto (Figura 11)
  - a doppio effetto (Figura 12)
- orientabili a sfere
  - a semplice effetto (Figura 13a)
  - a doppio effetto (Figura 13b)

## Cuscinetti a rulli

### a) Cuscinetti radiali

- a una corona di rulli cilindrici (Figura 14)
- a pieno riempimento
  - a una corona di rulli cilindrici (Figura 15)
  - a due corone di rulli cilindrici (Figura 16)
- orientabili a rulli (Figura 17)
- ibridi
  - a rulli cilindrici
- a rullini (Figura 18)
- gusci a rullini (Figura 19)



**Figura 3**

Cuscinetto radiale rigido a una corona di sfere – *Single row deep groove ball bearings*.

### b) Cuscinetti obliqui

- a una corona di rulli conici (Figura 20)
  - disposizione *in tandem*
  - disposizione *a O* (Figura 21a)
  - disposizione *a X* (Figura 21b)

### c) Cuscinetti assiali (cuscinetti reggispinta)

- a rulli cilindrici (Figura 22)
- orientabili
  - a rulli (Figura 23)

## 1.5 Caratteristiche principali dei vari tipi di cuscinetti

### Cuscinetti radiali rigidi a una corona di sfere

I cuscinetti radiali rigidi a una corona di sfere (**Figura 3**):

- sono strutturalmente semplici;
- possono sopportare non solo carichi radiali, ma anche carichi assiali, purché di modesta entità;
- sono impiegati anche su alberi rotanti a elevata velocità;
- possono essere realizzati a una o a due corone di sfere;
- l'*anello esterno*, che costituisce la parte fissa, viene bloccato in un alloggiamento ricavato nell'incastellatura della macchina; l'*anello interno*, collegato rigidamente all'albero, costituisce la parte mobile;
- generalmente sono *schermati*, ovvero sono dotati di *schermi protettivi* che hanno la funzione di impedire l'ingresso di detriti che potrebbero solcare le *gole (piste)*, cioè le cavità realizzate sugli anelli ed entro le quali rotolano le sfere.

La capacità di carico dei **cuscinetti radiali rigidi a due corone di sfere** è superiore, a parità di dimensioni, a quella dei cuscinetti radiali rigidi a una corona di sfere (**Figura 4**).

### Cuscinetti radiali oscillanti (o orientabili) a sfere

I cuscinetti radiali oscillanti (o orientabili) a sfere:

- sono impiegati quando è richiesta un'elevata rotazione tra i due anelli;
- se realizzati con *due corone di sfere*, queste rotolano su due piste distinte praticate nell'anello interno e su un'unica superficie sferica ricavata nell'anello esterno (**Figura 5**);
- se sono realizzati a *una sola corona di sfere*, l'anello esterno è alloggiato su una sede sferica;



**Figura 4**

Cuscinetto radiale rigido a due corone di sfere – *Double row deep groove ball bearings*.



**Figura 5**

Cuscinetto radiale oscillante (o orientabile) con due corone di sfere – *Self aligning ball bearings*.

- sono adatti dove si prevedono notevoli inflessioni dell'albero o errori di allineamento;
- l'attrito è molto ridotto: possono pertanto operare anche a velocità elevate senza scaldarsi.

### Cuscinetti radiali a sfere ibridi SKF

I *cuscinetti ibridi*, noti in commercio con il nome di *ceralite*, brevettati dalla SKF, sono normali cuscinetti a sfere nei quali una sola sfera è in *ceramica* (nitruro di silicio –  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

La caratteristica principale di questi cuscinetti consiste in un'elevata resistenza all'usura. La ceramica infatti ha un'ottima resistenza a usura, superiore a quella della *stellite* (una lega cobalto-cromo ad alto tenore di cobalto) e delle leghe di acciaio ad alto tenore di tungsteno.

È stato rilevato, infatti, che è proprio a causa della presenza di particelle estranee dure che, per l'usura che ne consegue, la durata e la precisione di un cuscinetto possono diminuire anche notevolmente.

La sfera in ceramica, per effetto della sua elevata durezza, frantuma le particelle estranee eventualmente presenti sulle piste degli elementi volventi e le fa penetrare entro la superficie degli anelli, che è più tenera. Ne consegue, perciò, una maggiore durata di esercizio di questi cuscinetti negli ambienti contaminati rispetto a quella dei cuscinetti tradizionali.

Un'ulteriore caratteristica dei cuscinetti ibridi è la silenziosità: infatti la sfera in ceramica, che pesa il 40% di una sfera d'acciaio, non origina squilibri o vibrazioni, ma, al contrario, leviga le superfici, tanto che, con il tempo, specie in ambienti contaminati, la silenziosità aumenta.

I cuscinetti ibridi sono anche conosciuti come cuscinetti “che si autoriparano” (*Self-healing bearings*).

### Cuscinetti radiali a sfere ibridi Norelem

I cuscinetti radiali a sfere ibridi prodotti dalla Norelem (**Figura 6**):

- hanno gli anelli di acciaio, mentre le sfere sono realizzate in *ceramica* (nitruro di silicio –  $\text{Si}_3\text{N}_4$ );
- raggiungono velocità più elevate e durate maggiori dei corrispondenti cuscinetti costruiti interamente in acciaio;
- le piste a gole profonde consentono di sopportare carichi sia radiali sia assiali, questi ultimi nei due sensi;
- offrono elevata resistenza al passaggio della corrente elettrica e, per questo, sono utilizzati nei motori elettrici e negli elettrotensili;
- vengono usati anche dove si raggiungono temperature molto elevate, ad esempio, nelle turbine a gas.

### Cuscinetti obliqui a sfere

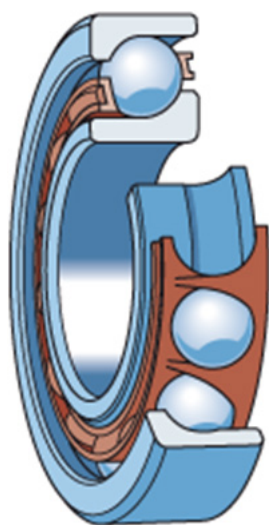
I cuscinetti obliqui a sfere:

- sopportano carichi combinati (**Figura 7**), cioè aventi componenti sia assiali sia radiali. A questo scopo:
  - la pista dell'anello interno è spostata assialmente rispetto a quella dell'anello esterno;
  - il contatto tra sfera e piste avviene non perpendicolarmente ma obliquamente rispetto all'asse del cuscinetto;
- sopportano carichi assiali anche assai elevati se agenti in un solo senso;
- vengono montati appaiati, in coppia, quando la capacità di carico di un singolo cuscinetto obliquo non è sufficiente (*disposizione in tandem*) (**Figura 8**);



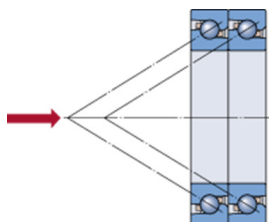
**Figura 6**

Cuscinetto radiale a sfere ibrido (Norelem) – *Hybrid deep groove ball bearings*.



**Figura 7**

Cuscinetto obliquo a una corona di sfere – *Single row angular contact ball bearings*.



**Figura 8**

Cuscinetti obliqui a una corona di sfere: *disposizione in tandem*. In figura è evidenziato il verso in cui può agire il carico assiale.

- quando i carichi assiali agiscono in entrambi i sensi, vengono montati in coppia con montaggio:
  - a O (*divergente*) (Figura 9);
  - a X (*convergente*) (Figura 10);

in questo modo possono sopportare carichi assiali agenti in entrambi i sensi, ma solo su un cuscinetto per ogni senso. Rispetto al montaggio a X, il montaggio a O offre maggiore resistenza a eventuali momenti ribaltanti.

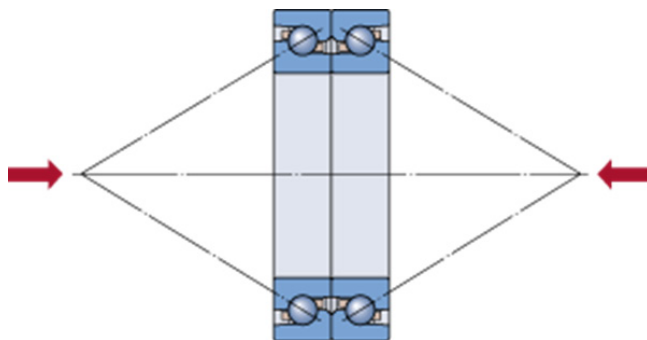


Figura 9

Cuscinetti obliqui a una corona di sfere: *disposizione a O*. In figura sono evidenziati i versi in cui può agire il carico assiale.

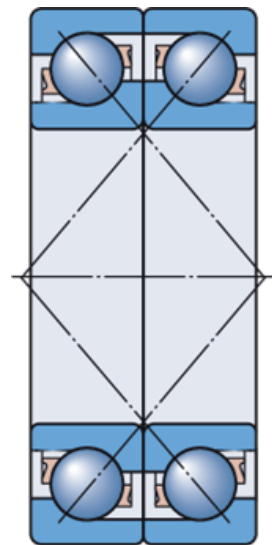


Figura 10

Cuscinetti obliqui a una corona di sfere: *disposizione a X*.



Figura 11

Cuscinetto assiale a sfere a semplice effetto (cuscinetto reggispira a sfere a semplice effetto) – *Single direction thrust ball bearings*.



Figura 12

Cuscinetto assiale a sfere a doppio effetto (cuscinetto reggispira a sfere a doppio effetto) – *Double direction thrust ball bearings*.

### Cuscinetti assiali (cuscinetti reggispira) a sfere

I cuscinetti assiali reggispira a sfere:

- sopportano unicamente carichi assiali;
- se sono a *semplice effetto*, possono sopportare solamente carichi assiali agenti in un solo senso (Figura 11);
- se a *doppio effetto*, possono sopportare carichi assiali agenti in entrambi i sensi (Figura 12);
- sono cuscinetti scomponibili.

### Cuscinetti assiali orientabili a sfere

I cuscinetti assiali orientabili a sfere possono essere:

- a *semplice effetto* (Figura 13a);
- a *doppio effetto* (Figura 13b).

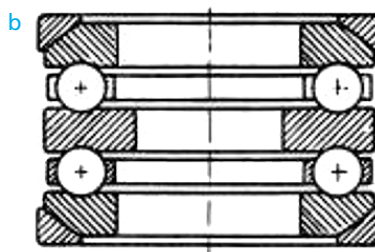
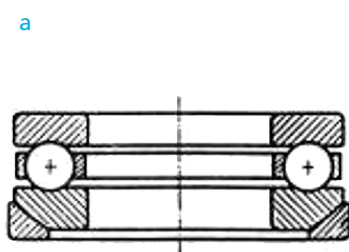


Figura 13

Cuscinetti assiali orientabili a sfere (cuscinetti reggispira orientabili a sfere) – *Self-aligning thrust ball bearings*: **a** a semplice effetto; **b** a doppio effetto.



### Cuscinetti radiali a rulli cilindrici

I cuscinetti radiali a rulli cilindrici (**Figura 14**):

- sopportano solo carichi radiali;
- possono sopportare carichi radiali superiori a quelli dei corrispondenti cuscinetti radiali a sfere, a parità di dimensioni;
- sono dotati di piste provviste di due *orletti*, cioè due risalti laterali che hanno lo scopo di guidare i rulli;
- permettono elevate velocità di rotazione.

### Cuscinetti radiali a una corona di rulli cilindrici, a pieno riempimento

I cuscinetti radiali a una corona di rulli cilindrici, a pieno riempimento (cioè senza gabbia distanziatrice) (**Figura 15**):

- possono sopportare carichi radiali molto elevati, in quanto contengono il numero massimo di rulli;
- funzionano a velocità inferiori rispetto a quelle dei cuscinetti a rulli cilindrici con gabbia distanziatrice.

### Cuscinetti radiali a due corone di rulli cilindrici, a pieno riempimento

I cuscinetti radiali a due corone di rulli cilindrici, a pieno riempimento (cioè senza gabbia distanziatrice) (**Figura 16**):

- possono sopportare carichi radiali molto elevati, anche superiori a quelli sopportati dai cuscinetti a una corona di rulli cilindrici a pieno riempimento, in quanto contengono il numero massimo di rulli;
- funzionano a velocità inferiori rispetto a quelle dei cuscinetti a rulli cilindrici con gabbia distanziatrice.

### Cuscinetti radiali orientabili a rulli

I cuscinetti radiali orientabili a rulli (**Figura 17**):

- sono caratterizzati da corpi volventi costituiti da *rulli a botte*;
- possono reggere forti carichi sia radiali sia assiali;



**Figura 14**

Cuscinetto radiale a una corona di rulli cilindrici – *Single row cylindrical roller bearings*.



**Figura 15**

Cuscinetto a una corona di rulli cilindrici, a pieno riempimento – *Single row full complement cylindrical roller bearings*.



**Figura 16**

Cuscinetto a due corone di rulli cilindrici, a pieno riempimento – *Double row full complement cylindrical roller bearings*.



**Figura 17**

Cuscinetti radiali orientabili a due corone di rulli – *Spherical roller bearings*.

**Figura 18**

Cuscinetto a rullini –  
Needle roller bearings.

- sopportano carichi assiali in entrambi i sensi;
- non sono sensibili all'eventuale inflessione dell'albero.

Sono anche usati **cuscinetti radiali ibridi a rulli cilindrici** (*Hybrid cylindrical roller bearings*), nei quali i corpi volventi ceramici sono rulli cilindrici.

### Cuscinetti a rullini

I cuscinetti a rullini (**Figura 18**):

- sono dotati di elementi volventi di diametro ridotto;
- hanno elevata capacità di carico;
- sono caratterizzati da un minore ingombro radiale rispetto ai corrispondenti cuscinetti a rulli cilindrici;
- sopportano, come i cuscinetti a rulli cilindrici, unicamente carichi radiali.

**Figura 19**

Guscio a rullini – Needle  
roller bearings without  
an inner ring.

### Gusci a rullini

I gusci a rullini (**Figura 19**):

- hanno elevata capacità di carico;
- sono caratterizzati da un ingombro radiale estremamente ridotto, in quanto sono privi dell'anello interno;
- sopportano, come i cuscinetti a rulli cilindrici, unicamente carichi radiali.

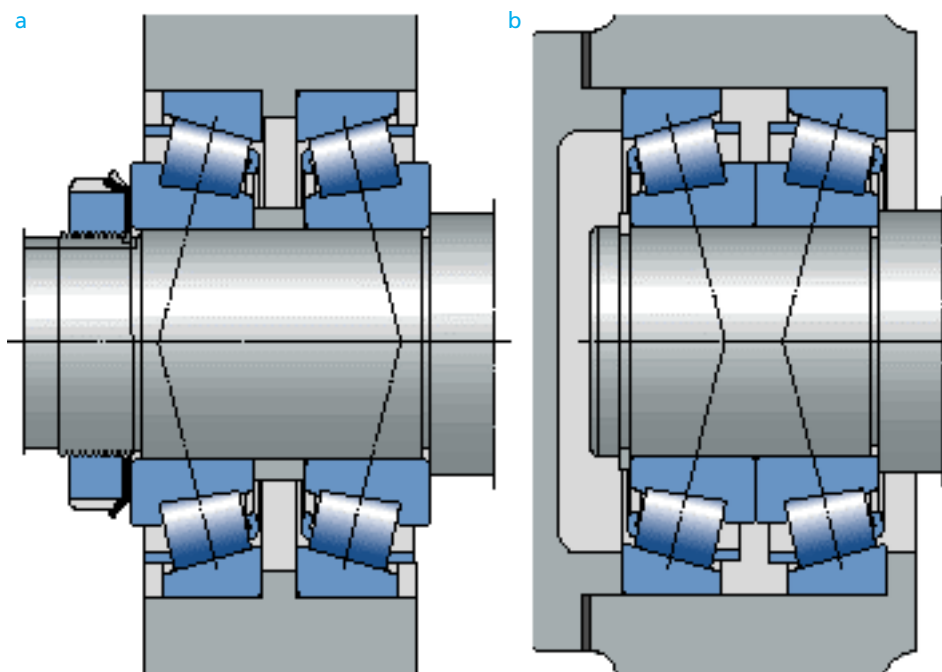
### Cuscinetti a una corona di rulli conici

I cuscinetti a una corona di rulli conici (**Figura 20**):

- come i cuscinetti obliqui a sfere, possono essere montati appaiati *in tandem*, a *O* o a *X* (**Figura 21**);
- hanno una forma costruttiva che li rende particolarmente indicati per i carichi misti, cioè con componenti sia radiali sia assiali, come ad esempio, nei pignoni dei cambi di velocità;
- presentano elementi volventi a forma di tronchi di cono;
- sono generalmente scomponibili.

**Figura 20**

Cuscinetto a una corona  
di rulli conici – Single row  
tapered roller bearings.

**Figura 21**

Cuscinetti a una corona di rulli conici – Single row tapered roller bearings: **a** montaggio a O (Matched bearings arranged face-to-face); **b** montaggio a X (Matched bearings arranged back-to-back).

**Figura 22**

Cuscinetto assiale  
(cuscinetto reggispira) a  
rulli cilindrici – *Cylindrical  
roller thrust bearings.*

### Cuscinetti assiali (cuscinetti reggispira) a rulli cilindrici

I cuscinetti assiali reggispira a rulli cilindrici (che sono sempre a semplice effetto) (**Figura 22**):

- sopportano carichi assiali elevati;
- sono molto rigidi;
- sono relativamente insensibili ai carichi d'urto;
- possono sostenere unicamente carichi assiali agenti in un solo verso.

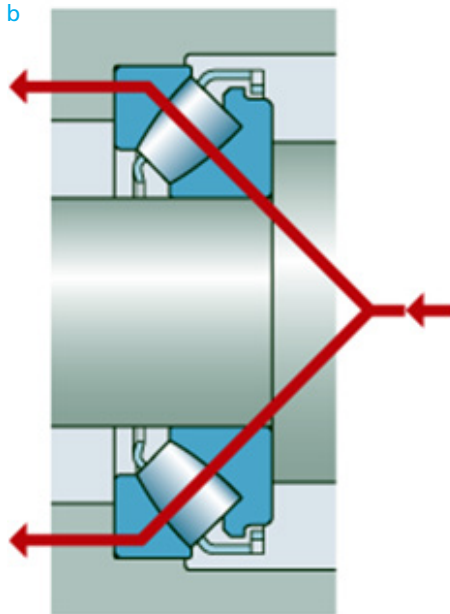
### Cuscinetti assiali (cuscinetti reggispira) orientabili a rulli

I cuscinetti assiali reggispira orientabili a rulli (**Figura 23a, b**):

- possono sopportare carichi misti, cioè con componenti sia assiali sia radiali; le componenti assiali possono essere anche molto elevate;
- sono insensibili alle inflessioni dell'albero e ai disallineamenti di quest'ultimo rispetto all'alloggiamento;
- i rulli hanno forma tronco-conica e sono leggermente bombati;
- sono cuscinetti scomponibili.

**Figura 23**

Cuscinetto assiale  
(cuscinetto reggispira)  
orientabile a rulli – *Axial  
spherical roller bearings*:  
**a** componente  
commerciale; **b** schema;  
in figura è evidenziata  
la direzione del carico  
trasmesso da una pista  
all'altra.

**a****b**

## 1.6 Procedura di calcolo per la scelta di un cuscinetto volvente

I parametri che condizionano la scelta di un cuscinetto volvente sono:

1. il valore del carico agente, che determina la *capacità di carico* del cuscinetto;
2. l'orientamento del carico;
3. le ore complessive prevedibili di funzionamento regolare (*vita* del cuscinetto).

La *capacità di carico* viene calcolata in funzione delle spinte che il cuscinetto deve sopportare. È ricavata attraverso l'utilizzazione di parametri conosciuti come *coefficiente di carico dinamico*  $C_{din}$  e *coefficiente di carico statico*  $C_o$ , i cui valori sono riportati nei manuali tecnici in corrispondenza di ciascun cuscinetto.

Il *coefficiente di carico dinamico*  $C_{din}$  esprime il valore del carico che, applicato al cuscinetto, ne determina una durata teorica (*durata di base*) pari a un milione di giri.

Il *coefficiente di carico statico*  $C_o$  è il carico massimo che può essere sopportato dal cuscinetto in condizione di quiete.



Per *durata* si intende il numero di giri, o di ore di funzionamento a una determinata velocità, che il cuscinetto può raggiungere fino a quando si verifica il primo segno di cedimento per fatica – sfaldatura, erosione ecc. – su uno dei suoi componenti (piste, corpi volventi ecc.). Cuscinetti dello stesso tipo e delle stesse dimensioni, che operano nelle stesse condizioni di lavoro, manifestano durate differenti.

Le ditte costruttrici determinano i coefficienti di carico dinamico  $C_{\text{din}}$  per ciascun tipo di cuscinetto sulla base di una durata raggiungibile dal 90% di un numero elevato di cuscinetti; questi ultimi devono essere all'apparenza perfettamente uguali e operanti nelle stesse condizioni di lavoro.

Il coefficiente di carico dinamico è utilizzato nei calcoli relativi a cuscinetti sollecitati dinamicamente, cioè rotanti sotto carico.

Il coefficiente di carico statico è utilizzato quando si devono impiegare cuscinetti:

- destinati a ruotare a velocità molto basse;
- sottoposti a movimenti oscillatori molto lenti;
- che devono restare fermi sotto carico per determinati periodi di tempo.

Un metodo frequentemente utilizzato (ISO 281:1990) per scegliere un cuscinetto in funzione di una certa durata di base fa uso della seguente formula:

$$C_{\text{din}} = P \cdot (L_{10})^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

dove:

$L_{10}$  = durata di base (in milioni di giri);

$C_{\text{din}}$  = coefficiente di carico dinamico [N];

$P$  = carico dinamico equivalente agente sul cuscinetto [N];

$p$  = esponente che vale:

3 per i cuscinetti a sfere;

$\frac{10}{3}$  per i cuscinetti a rulli.

La precedente espressione riferita a un cuscinetto a sfere diviene:

$$C_{\text{din}} = P \cdot \sqrt[3]{L_{10}} \quad (2)$$

A sua volta  $L_{10}$  può ricavarsi dalla relazione:

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n}{10^6} \cdot L_{10h} \quad (3)$$

dove:

$L_{10h}$  = durata di base, in ore di funzionamento;

$n$  = frequenza di rotazione, che si suppone costante (in giri/min).

Per *carico dinamico equivalente* si intende un carico ipotetico costante agente radialmente, sui cuscinetti radiali, o assialmente, su quelli assiali, che, se applicato realmente sul cuscinetto, ha la stessa influenza, sulla durata del cuscinetto stesso, dei carichi effettivi.

Il carico dinamico equivalente  $P$  coincide con  $F$ , cioè con la reazione vincolare applicata al cuscinetto, se quest'ultima agisce radialmente – su un cuscinetto radiale – o assialmente – su un cuscinetto assiale.

Quando invece sono presenti sia una componente assiale sia una componente radiale, il valore di  $P$  è calcolato attraverso la formula:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (4)$$

dove:

$F_r$  = componente radiale [N];

$F_a$  = componente assiale [N];

$X$  = fattore moltiplicativo relativo alla componente radiale;

$Y$  = fattore moltiplicativo relativo alla componente assiale.

Se limitiamo l'analisi ai soli cuscinetti radiali rigidi a una corona di sfere, la componente assiale  $F_a$  influenza il carico dinamico equivalente  $P$  solo se risulta:

$$\frac{F_a}{F_r} > e$$

dove  $e$  è un valore tabulato che dipende dal rapporto:

$$\frac{F_a}{C_o}$$

La procedura per effettuare la scelta di un cuscinetto radiale a sfere prevede:

- a) la presa in esame dei seguenti dati:
  - frequenza di rotazione  $n$  dell'albero [giri/min];
  - diametro del perno  $d_{\text{perno}}$  sul quale va inserito il cuscinetto [mm];
  - entità delle componenti radiale  $F_r$  e assiale  $F_a$  della forza cui è soggetto il perno [N];
  - durata di base  $L_{10h}$  = numero di ore complessive di funzionamento previste per quella specifica applicazione;
- b) le fasi operative qui di seguito elencate:
  1. scelta di primo tentativo di un cuscinetto avente diametro interno coincidente con il diametro dell'alloggiamento previsto sull'albero;
  2. annotazione del coefficiente di carico dinamico disponibile  $C_{\text{din disp}}$  e del coefficiente di carico statico  $C_o$  letti sul manuale tecnico in corrispondenza del cuscinetto in esame;
  3. calcolo della durata di base  $L_{10}$  (in milioni di giri) mediante la formula (3):

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n}{10^6} \cdot L_{10h}$$

4. determinazione del carico dinamico equivalente  $P$  [N]:
  - se la componente assiale della forza cui è soggetto il perno è assente o estremamente ridotta, semplicemente con l'uguaglianza:

$$P = F$$

- negli altri casi, tramite la formula (4):

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

dove i coefficienti  $X$  e  $Y$  sono ricavabili da tabelle;

5. calcolo del coefficiente di carico dinamico  $C_{\text{din rich}}$  che si richiede a un cuscinetto idoneo per l'applicazione in esame [N] mediante la formula (2);

$$C_{\text{din rich}} = P \cdot \sqrt[3]{L_{10}}$$

6. confronto tra  $C_{\text{din rich}}$  e  $C_{\text{din disp}}$ :

– se risulta:

$$C_{\text{din rich}} \leq C_{\text{din disp}}$$

il cuscinetto scelto a tentativo è idoneo per quella applicazione;

– se invece risulta:

$$C_{\text{din rich}} > C_{\text{din disp}}$$

il cuscinetto scelto a tentativo non è idoneo per quella applicazione; occorre allora scegliere un secondo cuscinetto dello stesso tipo e dello stesso diametro interno del cuscinetto precedente ma avente maggiore robustezza e ripetere la procedura dal punto 2 in poi.

Negli esempi riportati negli Esercizi svolti nella parte digitale del testo viene applicato il suddetto procedimento limitatamente alla scelta di un cuscinetto radiale rigido a una corona di sfere. A tale scopo si sono riportati nella **Tabella 5.5** i fattori moltiplicativi  $X$  e  $Y$ , in **Tabella 5.6** i parametri geometrici relativi a cuscinetti a sfere SKF utilizzabili su un perno di diametro pari a 30 mm e in **Tabella 5.7** i valori orientativi della durata di base richiesta a seconda dei diversi tipi di macchina. Le Tabelle 5.5, 5.6 e 5.7 sono reperibili nella parte digitale.



#### RISORSE DIGITALI

14 Tabelle 5.5, 5.6  
e 5.7