

## Cuscinetti a rotolamento (a sfere o a rulli)

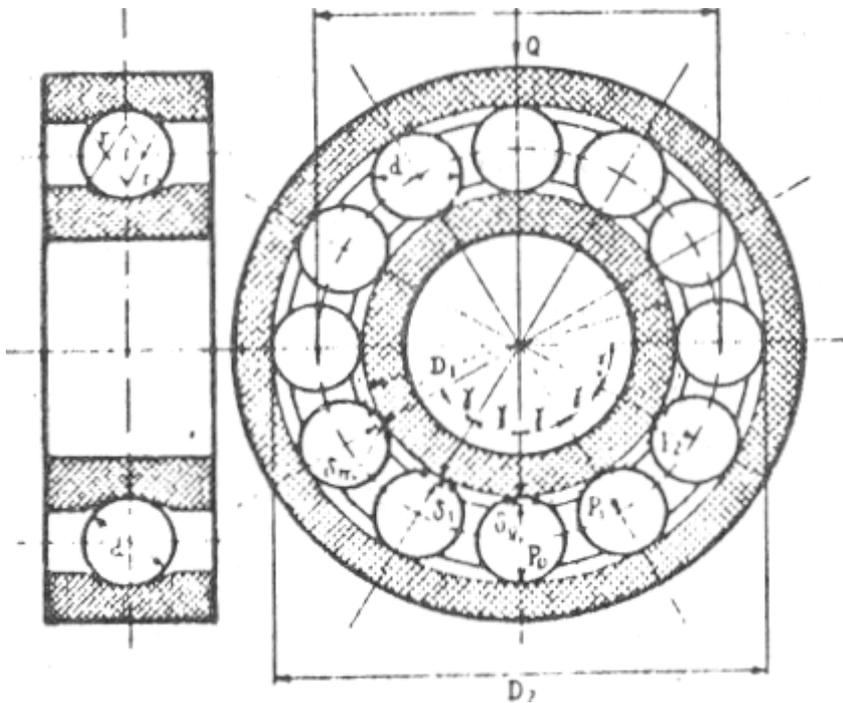
In molte applicazioni la lubrificazione idrodinamica naturale o idrostatica non è di semplice applicazione per cui nel passato è nata l'idea di sostituire all'attrito cinetico o radente quello volvente tramite l'interposizione di rulli o sfere tra due corpi in moto relativo.

I vantaggi che si ottengono sono:

- coefficiente d'attrito molto basso intorno a 0,001-0,002, quindi circa un ordine di grandezza più piccolo di quelli ottenibili con la lubrificazione;
- valore molto basso di tale coefficienti anche per velocità molto basse;
- indipendenza (in prima approssimazione) del coefficiente di attrito dalla velocità, dal carico e dalle proprietà del lubrificante;
- lubrificazione molto semplice (con grasso od olii) ed economica (periodica).

Gli svantaggi sono:

- costo più elevato rispetto alle bronzine;
- durata limitata di funzionamento;
- complicazioni costruttive.



I cuscinetti puramente portanti, detti anche radiali, sono costituiti da due anelli coassiali sui quali sono ricavate le corsie toriche, o piste, su cui rotolano le sfere o i rulli.

Chiamando  $D_1$  e  $D_2$  rispettivamente i diametri della corsia interna ed esterna,  $d$  il diametro dei rulli o delle sfere, il diametro  $D$  su cui giacciono i loro centri è dato da

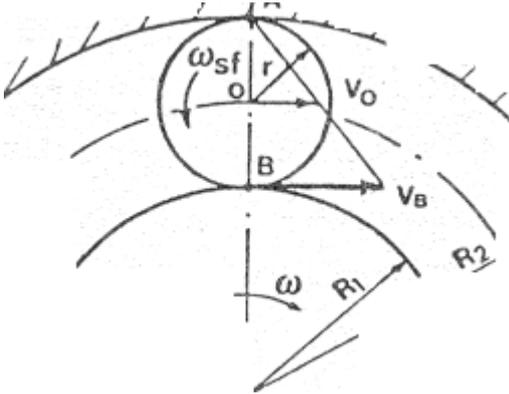
$$D = D_1 + d = D_2 - d$$

Se  $z$  è il numero dei rulli o delle sfere deve necessariamente essere

$$\pi D > zd$$

per cui i rulli o le sfere distano notevolmente l'uno dall'altro e sono mantenuti alla voluta mutua distanza da una gabbia distanziatrice.

In generale si preferisce mantenere ferma la corona esterna e rotante solidalmente con l'albero quella interna infatti:



- nel caso di corona di corona esterna fissa, le sfere hanno il centro d'istantanea rotazione nel punto di contatto con la corona esterna e quindi

$$v_B = \omega_{sf} d = \omega \frac{D_1}{2}$$

per cui le sfere sono animate da una velocità angolare

$$\omega_{sf} = \omega \frac{D_1}{2d}$$

- nel caso di corona esterna rotante alla medesima velocità angolare  $\omega$ , avremo che

$$v_A = \omega_{sf} d = \omega \frac{D_2}{2}$$

per cui le sfere sono animate da una velocità angolare

$$\omega_{sf} = \omega \frac{D_2}{2d} > \omega \frac{D_1}{2d}$$

Ne risulta che a velocità angolare  $\omega$  costante, le sfere sono sottoposte a una accelerazione centripeta pari a

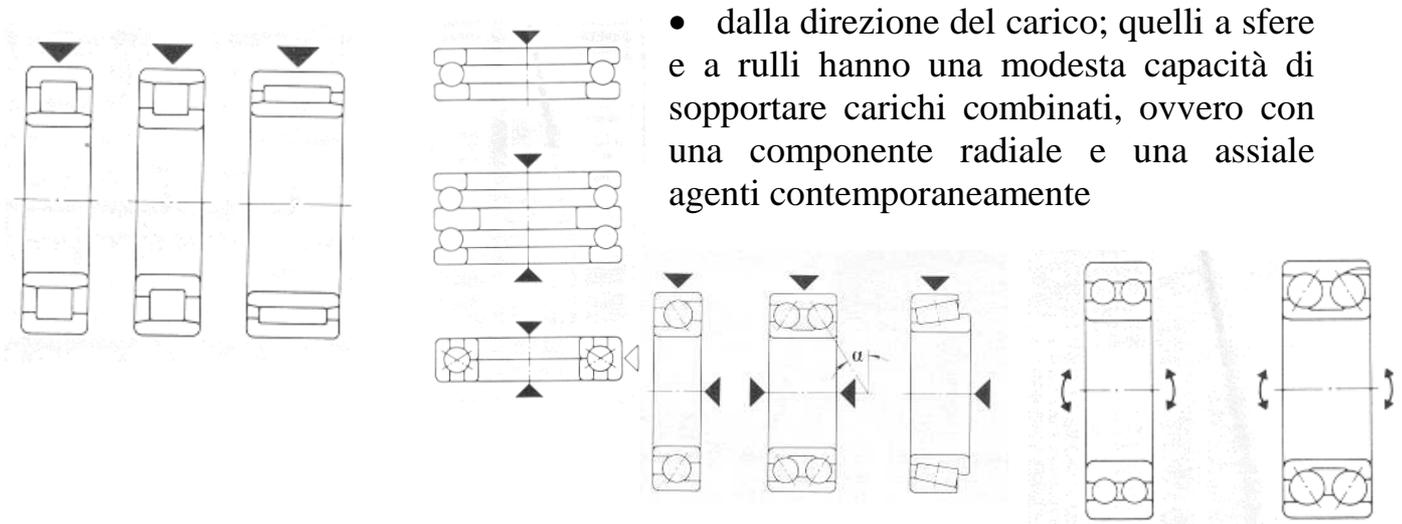
$$a_O = \frac{2v_O^2}{D_1 + d} = \frac{2\left(\omega_{sf} \frac{d}{2}\right)^2}{D_1 + d}$$

che è maggiore nel caso in cui sia rotante la corona esterna con conseguenti carichi dinamici maggiori che le sfere o rulli devono sopportare.

## Scelta del tipo di cuscinetto

La scelta del tipo di cuscinetto dipende soprattutto da:

- lo spazio disponibile, in quanto in molti casi il diametro del foro è determinato da quello dell'albero e così lo spazio disponibile in senso radiale;
- dall'entità del carico; in generale i cuscinetti a rulli sono in grado di sopportare carichi maggiori, a parità di dimensioni d'ingombro, di quelli a sfere;



- dalla direzione del carico; quelli a sfere e a rulli hanno una modesta capacità di sopportare carichi combinati, ovvero con una componente radiale e una assiale agenti contemporaneamente

- dalla velocità; la velocità a cui possono funzionare i cuscinetti volventi è limitata dalla temperatura di lavoro ammissibile. Minore è l'attrito, minore è il calore sviluppato e quindi la temperatura di funzionamento.

Proporzionamento dei cuscinetti con le formule della durata

Il metodo più semplice per calcolare la durata è quello di utilizzare la formula ISO della durata base

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

- con  $L_{10}$  = durata di base in milioni di giri;  
 $C$  = coefficiente di carico dinamico [N]  
 $P$  = carico dinamico equivalente sul cuscinetto [N]  
 $p$  = esponente della formula della durata  
 $p=3$  per cuscinetti a sfere  
 $p=10/3$  per cuscinetti a rulli



Se i cuscinetti ruotano a velocità costante  $n$  (espressa in giri/1'), può essere più comodo calcolare la durata base in ore

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

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

mentre per i veicoli su strada o su rotaia, specie per i cuscinetti delle sale, risulta più conveniente correlare la durata base ai chilometri percorsi

$$L_{10s} = \frac{\pi D}{1000} \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

con  $L_{10s}$  = durata di base in milioni di chilometri  
 $D$  = diametro ruota [m]

Per la scelta di un cuscinetto è pratica generale basare i calcoli sulla durata  $L_{10}$ , per cui è essenziale conoscere la durata base per l'applicazione.

Quali valori orientativi  $L_{10h}$  può variare da qualche migliaio di ore per apparecchi d'uso domestico e macchine agricole a circa 100.000 ore per applicazioni in grosse macchine elettriche, linee d'assi di navi ecc.

$L_{10s}$  varia invece da 300.000 km per le autovetture a oltre 3.000.000 km per carrozze per treni viaggiatori, automotrici e locomotive elettriche.

Il coefficiente di carico dinamico  $C$ , fornito dagli abachi della Case costruttrici, vale per normali temperature di funzionamento. A temperature elevate si ha una riduzione della capacità di carico dinamico, riduzione di cui si tiene conto moltiplicando  $C$  per un coefficiente minore di 1, che vale 1 per temperature uguali o inferiori a 150° e 0,6 per temperature di funzionamento di 300°.

