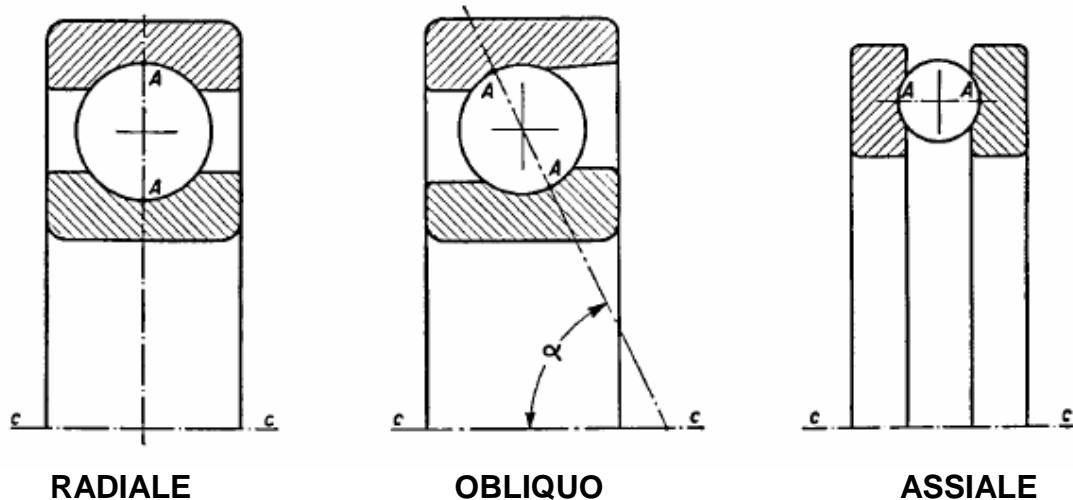


CUSCINETTI VOLVENTI

GENERALITA'

I cuscinetti, in base all'angolo che la congiungente i punti di contatto tra i corpi volventi e gli anelli forma con l'asse, possono dividersi in 3 categorie: cuscinetti radiali, obliqui ed assiali.

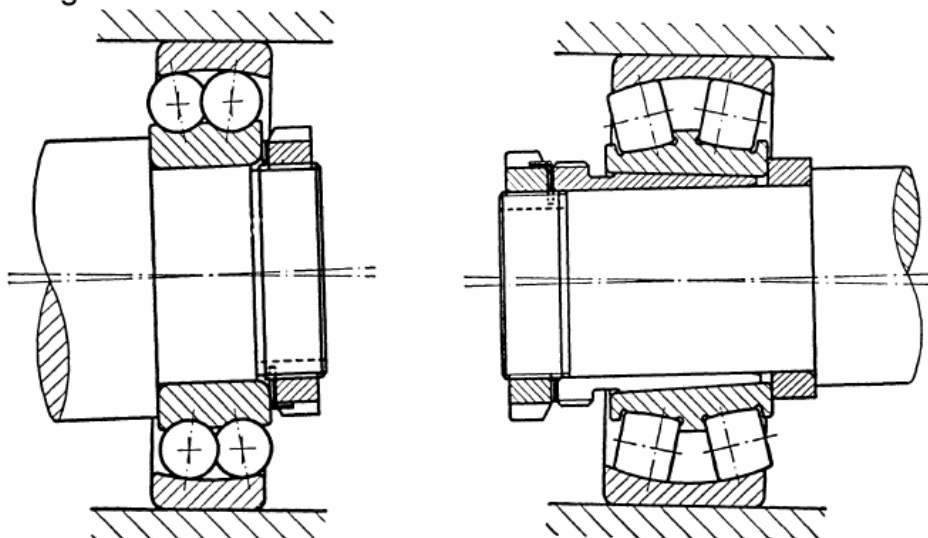
Fig. 1



Poiché i cuscinetti a rotolamento sono organi di massima precisione e delicatezza, si comprende come il loro perfetto funzionamento sia legato alla scrupolosa osservanza delle norme di montaggio. La prima regola da rispettare è la scelta degli accoppiamenti opportuni fra gli anelli interni ed esterni e le loro sedi. A tal riguardo occorre tenere presente che se un anello deve ruotare rispetto alla direzione del carico lo si deve montare con un accoppiamento "abbastanza serrato" per impedirne la lenta rotazione rispetto alla sede. D'altro canto si deve ricordare che i forzamenti con interferenza provocano un aumento di carico sui corpi volventi; perciò quando gli anelli debbono essere montati con interferenza, questa deve essere sempre accuratamente verificata onde contenere il sovraccarico entro limiti tollerabili.

Sempre per evitare sollecitazioni anormali si deve prestare molta attenzione affinché l'asse dell'albero coincida perfettamente con l'asse del cuscinetto, rendendo minimi gli errori sia di eccentricità che di parallelismo; e, qualora questi errori non possano essere adeguatamente contenuti, si deve ricorrere senz'altro a cuscinetti di tipo orientabile .

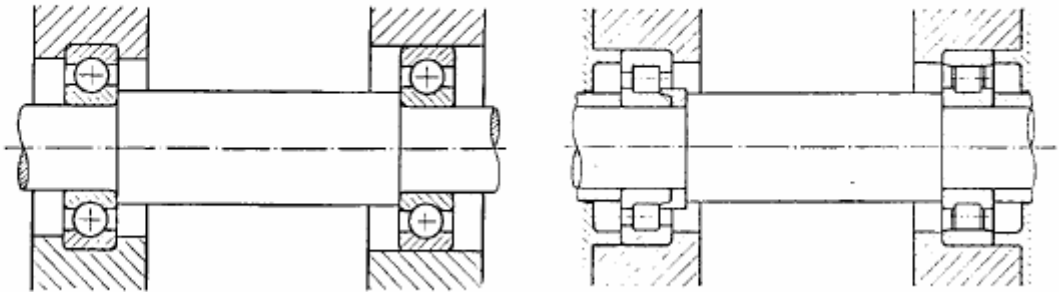
Fig. 2



MONTAGGIO DEI CUSCINETTI RADIALI

Nelle applicazioni dei cuscinetti radiali si deve tenere presente che il compito di bloccare assialmente l'albero dovrà essere affidato ad un solo cuscinetto, mentre gli altri devono essere scelti e montati in modo da non reagire a spinte assiali; ciò per evitare che variazioni di temperatura, conseguenti al funzionamento a numero di giri elevato, diano luogo a carichi insopportabili.

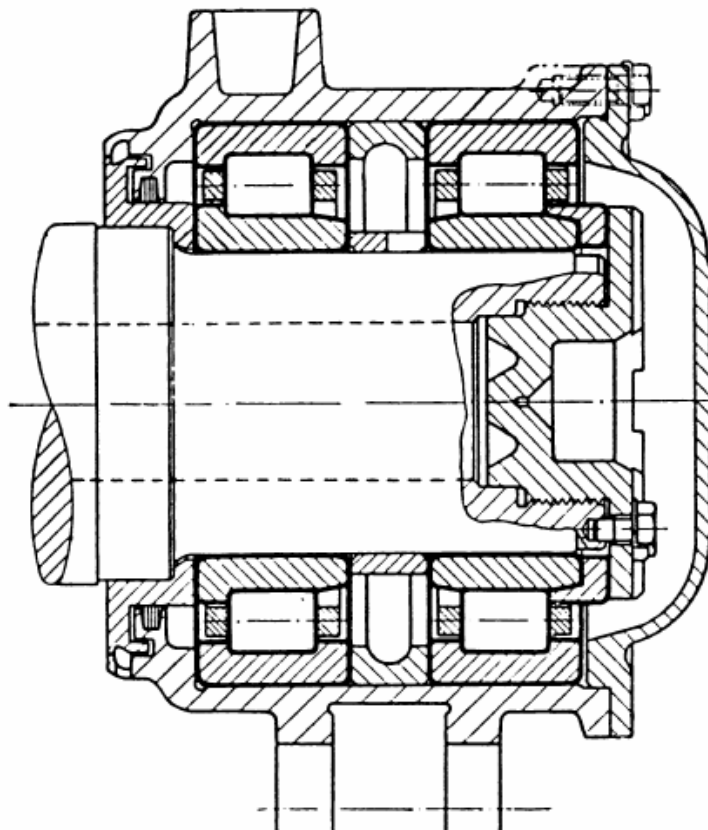
Fig. 3



LA BOCCOLA FERROVIARIA

La boccia ferroviaria è sollecitata da un carico radiale costante e da un carico assiale di tipo impulsivo che può essere ben sopportato dagli 'orletti' laterali del cuscinetto.

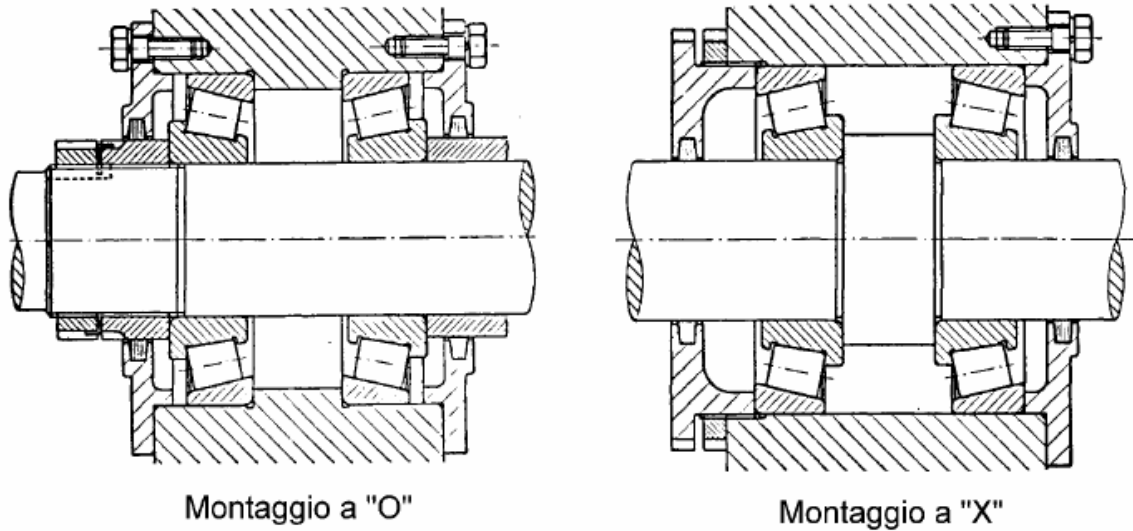
Fig. 5



MONTAGGIO DEI CUSCINETTI OBLIQUI

I cuscinetti obliqui possono avere due tipi di montaggio :

Fig. 6



1) *montaggio ad "O"*

In questo caso la registrazione si effettua generalmente sull'anello interno che perciò deve essere calettato "a spinta" (h6). Questo tipo di montaggio è generalmente usato per basse velocità ($n < 1000 \text{ g/1'}$).

La eventuale dilatazione assiale dell'albero indurrà una diminuzione del precarico

2) *montaggio a "X"*

La registrazione va effettuata generalmente sull'anello esterno e, poiché è possibile montare l'interno con un accoppiamento bloccato, questa disposizione dei cuscinetti è particolarmente adatta per velocità elevata ($n > 1000 \text{ g/1'}$).

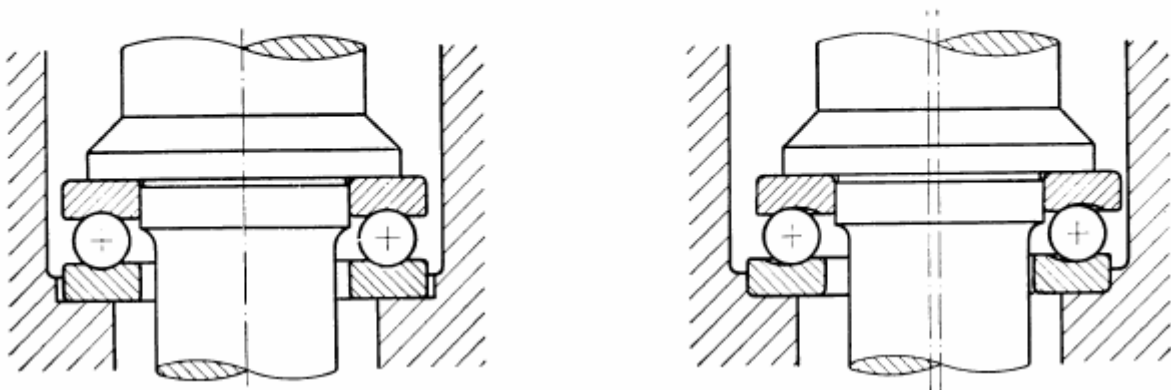
La eventuale dilatazione assiale dell'albero indurrà un aumento del precarico.

I due tipi di bloccaggio si differenziano anche per la diversa rigidità che conferiscono al supporto; più precisamente si può dire che il montaggio divergente, allontanando i centri di spinta, dà a tutto il supporto una maggiore rigidità.

MONTAGGIO DEI CUSCINETTI ASSIALI

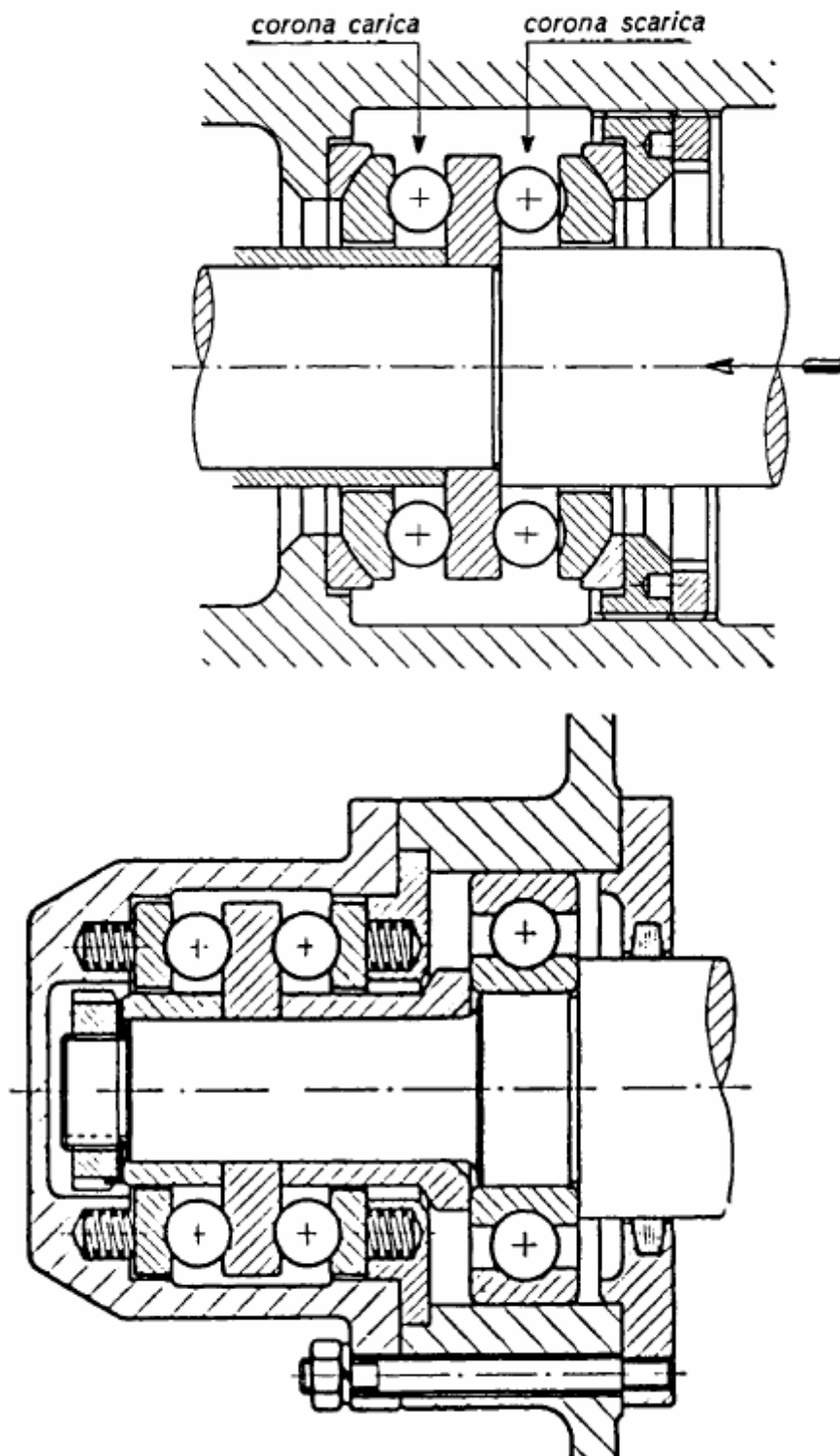
I cuscinetti reggispinga (o cuscinetti assiali) vanno montati lasciando all'anello fisso un giuoco radiale che ne permetta il libero spostamento sulla sede piana di appoggio.

Fig. 7



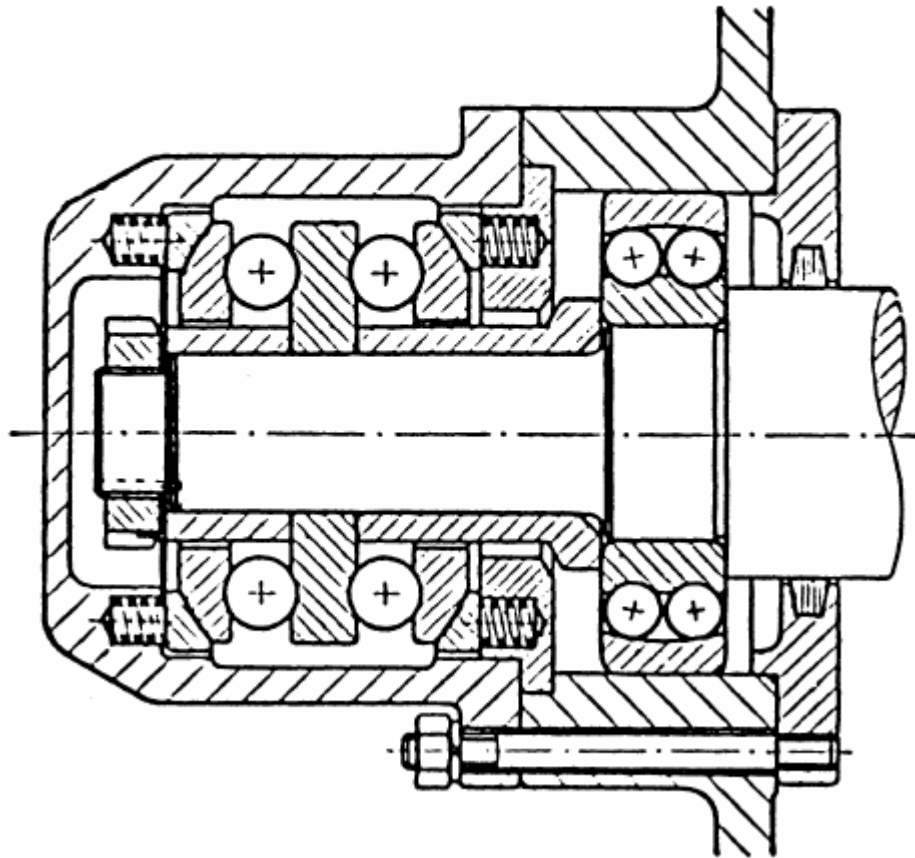
Qualora il cuscinetto assiale possa funzionare, anche per brevi istanti, a velocità elevata e sotto carichi molto bassi, e' conveniente applicare alle sfere, mediante delle molle, un precarico iniziale in modo da impedire un reciproco allontanamento degli anelli che potrebbe consentire una parziale caduta della gabbia e dei corpi volventi.

Fig. 8



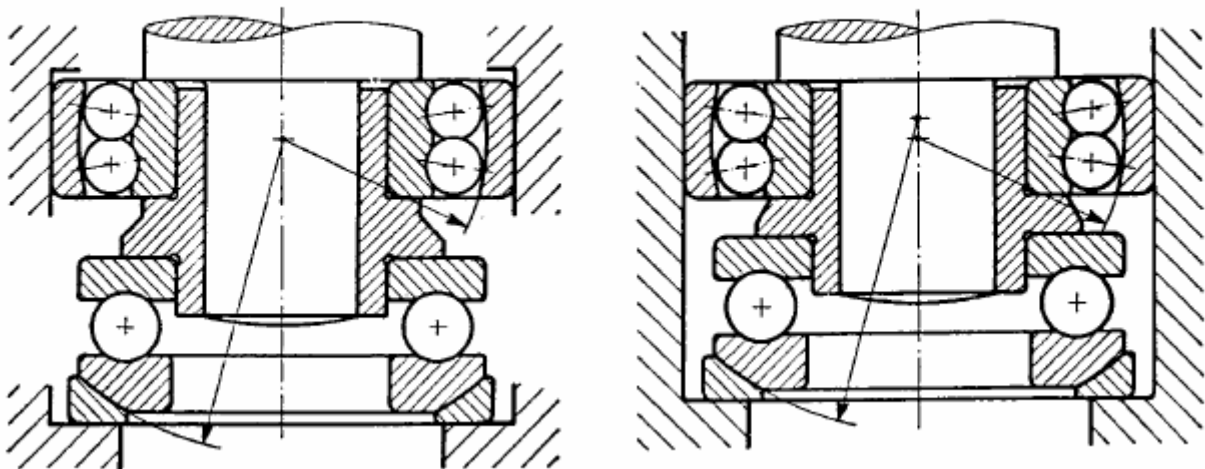
Quando non si possa fare affidamento su una perfetta quadratura fra i piani d'appoggio e l'albero, e' indispensabile usare cuscinetti assiali orientabili.

Fig. 9



In questo caso si ricorre per lo più all'adozione simultanea di un cuscinetto radiale orientabile e di un reggispinga a sede sferica, cercando, se possibile, di prevedere le posizioni relative dei cuscinetti in modo che essi abbiano lo stesso centro di oscillazione. Necessità di spazio possono però anche imporre la rinuncia a tale coincidenza.

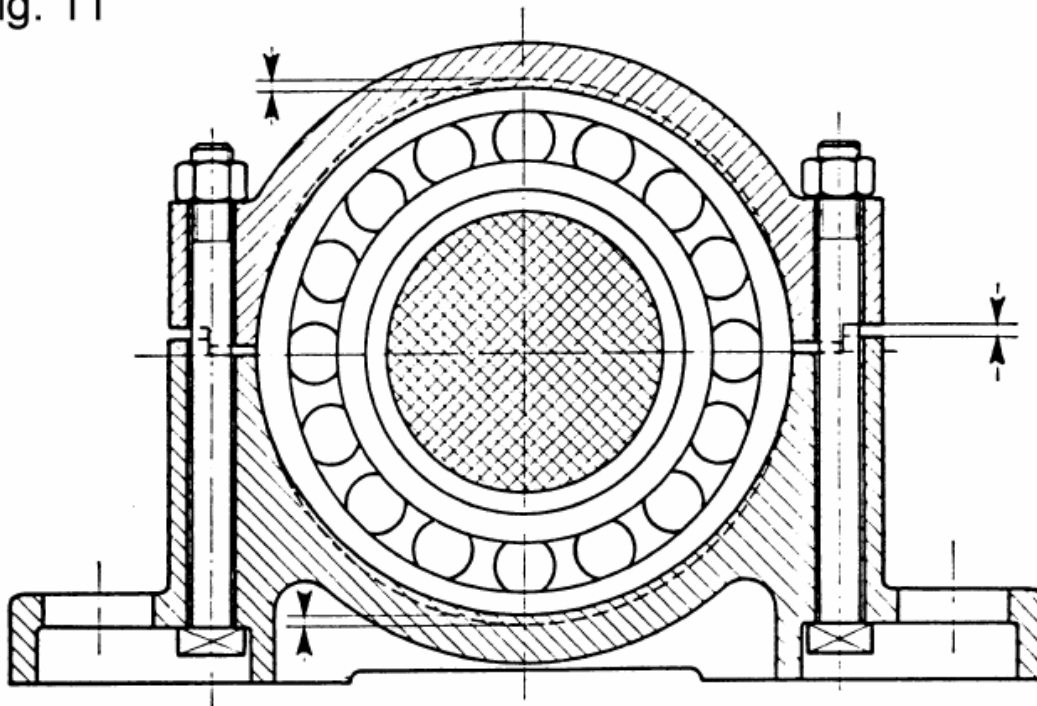
Fig. 10



NORME PER IL PROGETTO DELLE SEDI

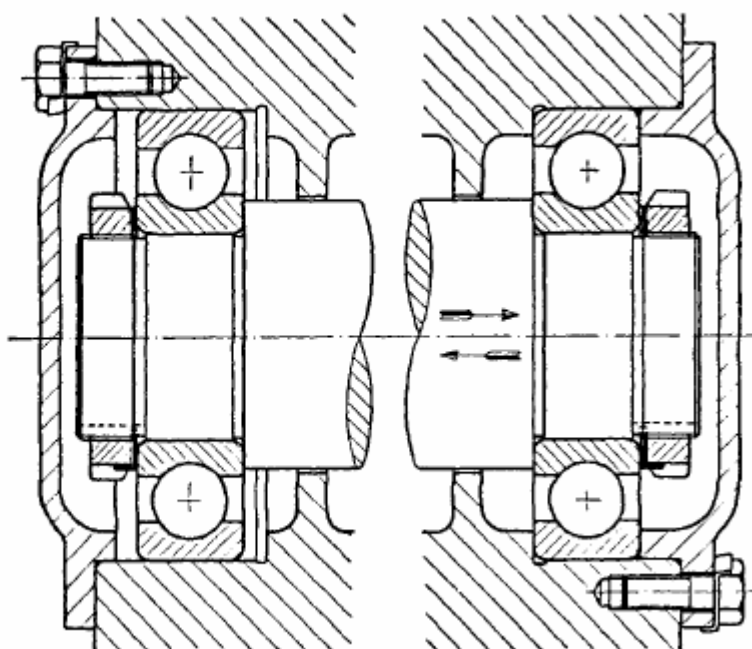
Quando il cuscinetto è alloggiato entro una scatola divisa a metà non deve assolutamente rimanere gioco tra il cappello e il corpo della scatola; in caso contrario una chiusura energica delle viti di unione potrebbe produrre una ovalizzazione dell'anello esterno, provocando l'insorgere di un forte sovraccarico in due zone diametralmente opposte. Per evitare questo grave inconveniente occorre tornire i sopporti dopo aver ben lavorato le superfici di contatto del cappello e del corpo e bloccato le due metà per mezzo di viti di unione.

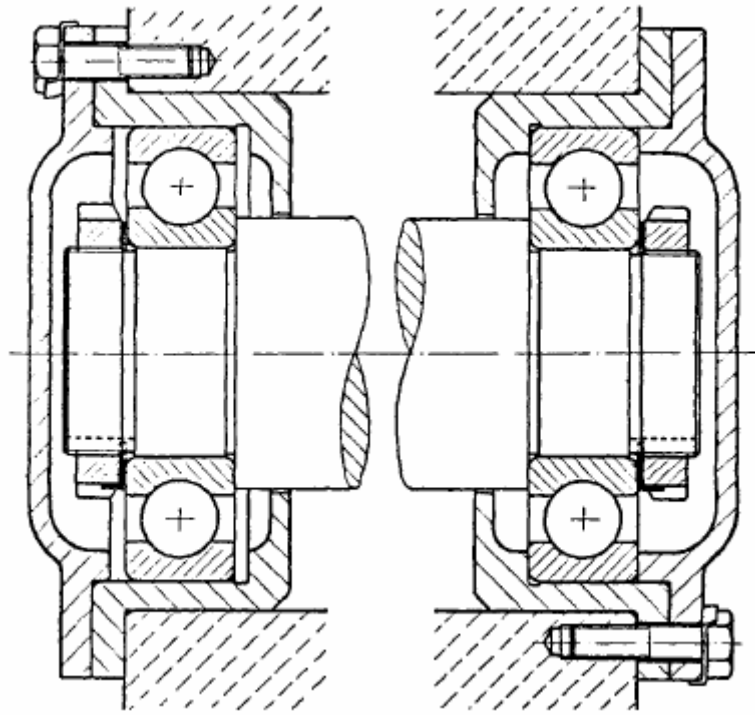
Fig. 11



Nel caso in cui l'alloggiamento sia ricavato da un getto di materiale tenero (ad esempio Al) è consigliabile, se le sollecitazioni sono elevate, riportare una bussola in ghisa o acciaio in modo da creare una sede che non sia suscettibile a deformarsi o a guastarsi facilmente.

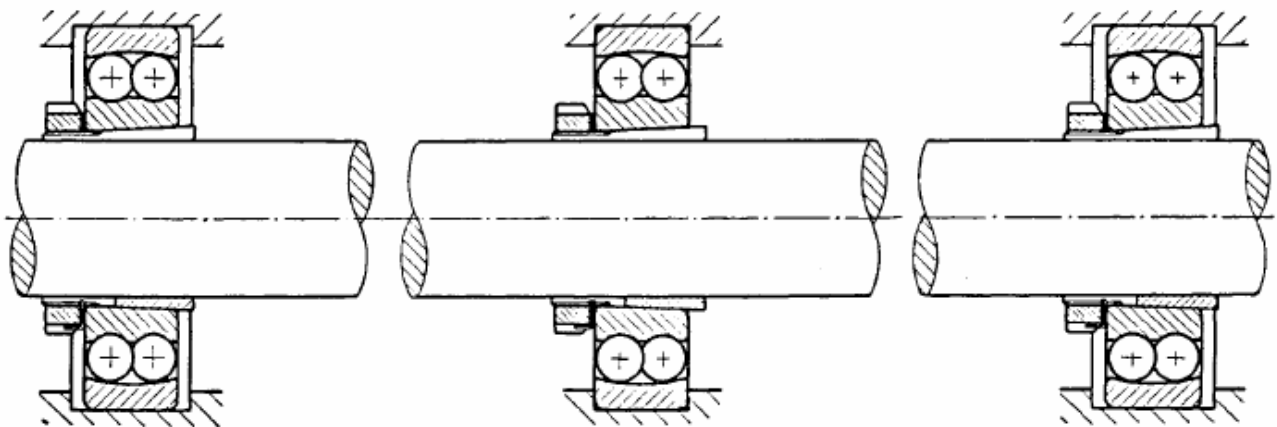
Fig. 12





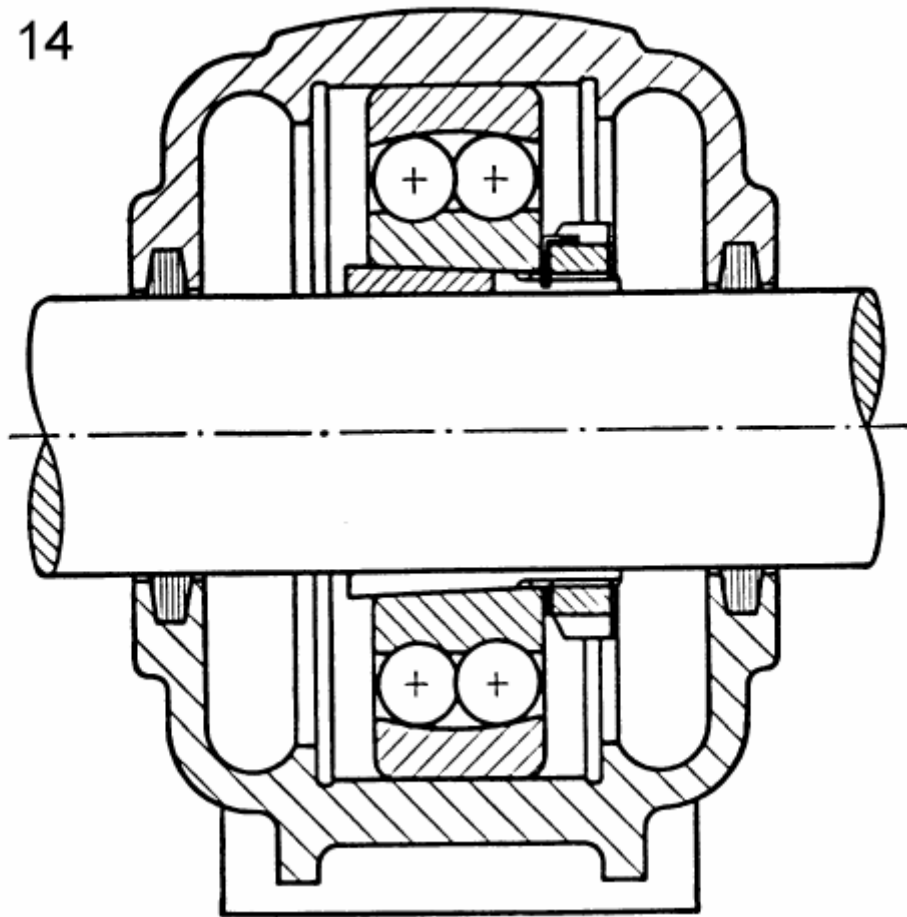
Qualora comunque si rinunci all'adozione di una bussola riportata, si deve tenere presente che nel caso di alloggiamenti in lega leggera vanno scelti accoppiamenti più stabili che non per le sedi in acciaio o in ghisa; e ciò per avere una sistemazione sufficientemente rigida. Nelle trasmissioni lunghe si fissa assialmente il cuscinetto alloggiato in uno dei supporti situati verso la mezzeria (fig. 13); in quelle di lunghezza limitata si fissa il cuscinetto del supporto più caricato, perché conviene che i cuscinetti scorrevoli longitudinalmente siano ostacolati nel loro movimento il meno possibile dai carichi da essi sopportati.

Fig. 13



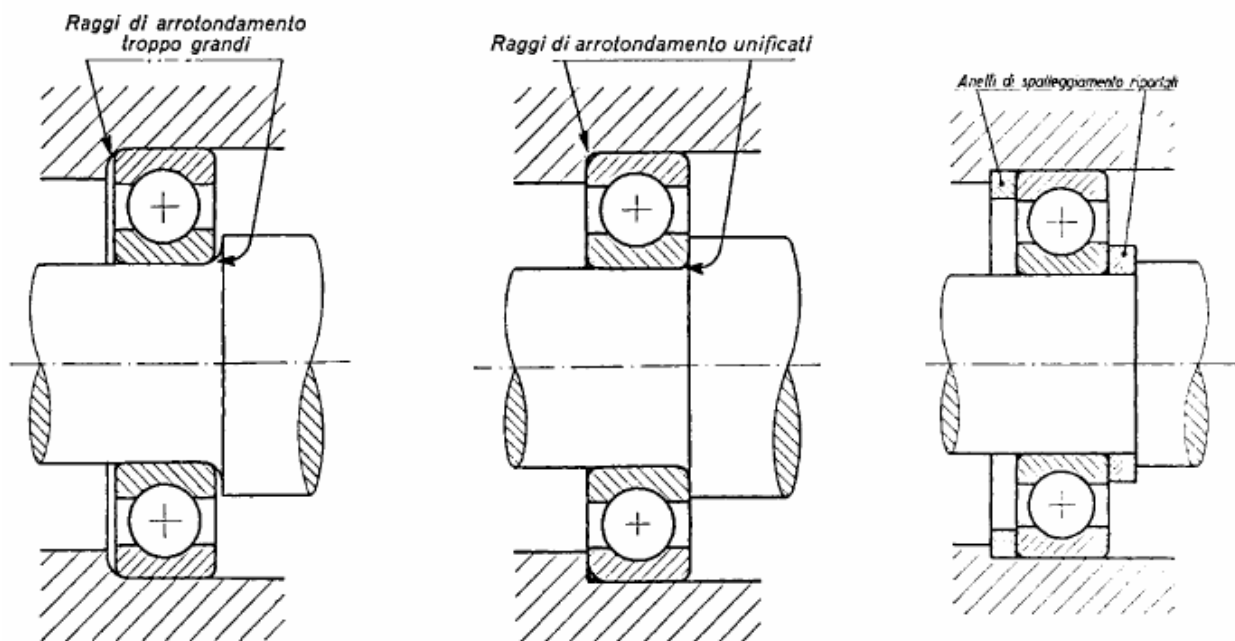
Nel montaggio dei cuscinetti con foro conico, bloccati tramite una bussola filettata di calettamento, si deve fare in modo che la filettatura risulti di verso opposto a quello di rotazione dell'albero.

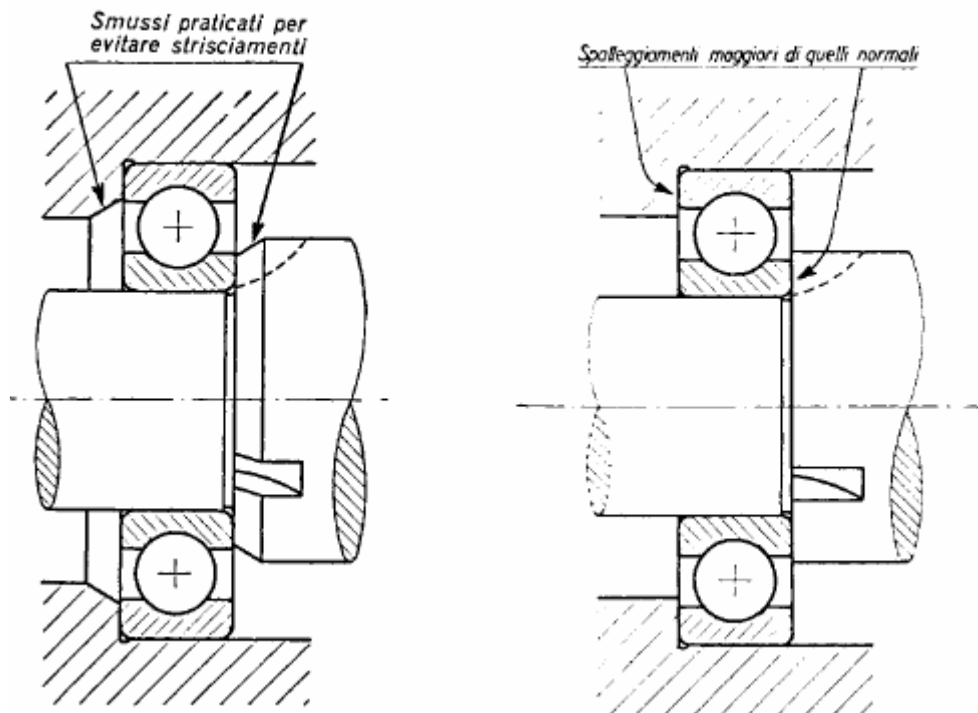
Fig. 14



I raccordi fra la sede e lo spallamento dovranno avere un raggio minore di quello degli anelli, altrimenti questi non potrebbero assumere la giusta posizione (fig. 15). Dato però, che più ampio è il raccordo tra l'albero e lo spallamento tanto più favorevole risulta la distribuzione delle tensioni, per alberi molto sollecitati, può essere indispensabile prevedere un raccordo più ampio di quello dell'anello interno.

Fig. 15





In tal caso tra l'anello interno e lo spallamento si deve sistemare un distanziale che offra all'anello stesso una superficie d'appoggio sufficientemente estesa e che non interferisca con il raccordo dell'albero.

Talvolta per facilitare lo smontaggio degli anelli è necessario eseguire degli intagli negli spallamenti per permettere di introdurre le griffe dell'estrattore.

TOLLERANZE DI LAVORAZIONE DELLE SEDI

E' della massima importanza che le superfici delle sedi siano lavorate con la estrema accuratezza, sia per quanto riguarda la precisione di forma sia per quanto riguarda la rugosità. Per gli errori di forma è buona norma, per le applicazioni di uso corrente, cioè quelle che si avvalgono delle qualità IT5-IT6, stare entro la metà delle tolleranze prescritte per i diametri; per qualità più grossolane conviene invece stare in un campo di tolleranza non superiore a IT5. Estrema cura deve anche essere posta nelle lavorazioni delle superfici laterali d'appoggio dei cuscinetti, le quali devono risultare perpendicolari alle rispettive superfici cilindriche.

Il difetto di perpendicolarità tra le superfici cilindriche e le superfici laterali d'appoggio dovrebbe stare, per le applicazioni normali, entro il limite di tolleranza della qualità ISO IT7 riferito al diametro medio di appoggio.

Accoppiamenti per alberi pieni di acciaio

Carico fisso rispetto all'anello interno

Facile spostamento assiale g6

Non necessario spostamento assiale h6

Carico rotante a direzione indeterminata rispetto all'anello interno

Carichi leggeri e variabile ($P < 0.07 C$) j6-k6

Carichi leggeri, elevata precisione h5-j5-k5

Carichi normali o elevati ($P > 0.07 C$) j5-k5-m6

Carichi molto elevati ($P > 0.15 C$) n6-p6

Carichi puramente assiali j6-js6

Accoppiamenti per alloggiamenti di ghisa o acciaio in un sol pezzo

Carico rotante rispetto all'anello esterno

Carichi normali o elevati ($P > 0.07 C$) N7

Carichi leggeri e variabili ($P < 0.07 C$) M7

Carico di direzione indeterminata

Elevati carichi d'urto (motori di trazione) M7
Carichi normali o elevati (P > 0.07 C) K7
Rotazione precisa e silenziosa
Mandrini macchine utensili K6
Piccoli motori elettrici H6-J6

LUBRIFICAZIONE

E' invalso l'uso di giudicare dal valore del prodotto " d_n " (d = diametro del foro del cuscinetto in mm; n = numero di giri al primo) quando per una certa applicazione è più conveniente lubrificare con grasso oppure con olio.

Per cuscinetti a sfere o a rulli cilindrici con foro fino a 50 mm, si potrà prevedere la lubrificazione con grasso per valori "d_n" uguali o inferiori a 300000_500000 secondo il grado di precisione con il quale è stato costruito un cuscinetto. Per cuscinetti con foro più grande, il valore limite diminuisce all'aumentare del diametro approssimativamente secondo la relazione:

$$\frac{(300000 \div 500000)}{\sqrt{\frac{d}{50}}}$$

Il controllo del valore " d-n " ha un valore solo puramente orientativo, dato che la scelta del tipo di lubrificazione dipende da molti fattori valutabili caso per caso. In generale, comunque, quando è possibile, è conveniente prevedere la lubrificazione a grasso, sia perché il lubrificante può essere meglio trattenuto nei supporti, sia perché si possono adottare, per realizzare la tenuta, dispositivi più semplici e quindi più economici.

Quando però la velocità di rotazione e la temperatura di esercizio raggiungono valori molto alti, oppure quando vi è necessità di raffreddare il supporto per mezzo di liquido circolante la lubrificazione ad olio diventa insostituibile.

LUBRIFICAZIONE A GRASSO

E' importantissimo ricordare che il lubrificante non deve mai riempire completamente il supporto, altrimenti si generano nella rotazione, dei moti vorticosi che producono delle dannose sopraelevazioni di temperatura. Il periodo di tempo durante il quale un cuscinetto funziona regolarmente senza necessità di rilubrificazione dipende dal tipo e dalle dimensioni del cuscinetto, dalla velocità di rotazione e dalla temperatura di esercizio del grasso. Gli intervalli di lubrificazione si possono orientativamente stabilire dal diagramma (fig. 16), tenendo presente che i dati rilevati sono validi per cuscinetti montati su macchine fisse e in condizioni normali di carico. La quantità di grasso occorrente per la lubrificazione è data dalla formula:

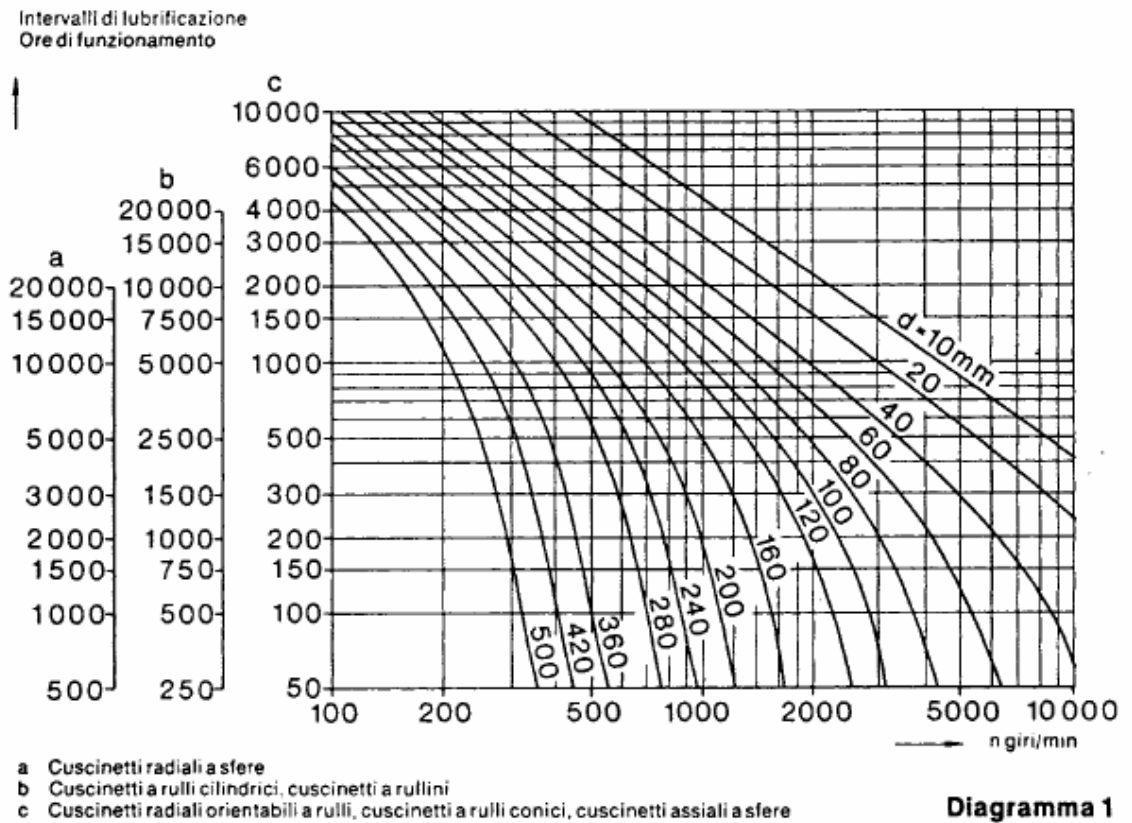
$B D G _ _ _ 005 \cdot 0$

G quantità di grasso in grammi

D diametro esterno del cuscinetto in mm

B larghezza del cuscinetto in mm

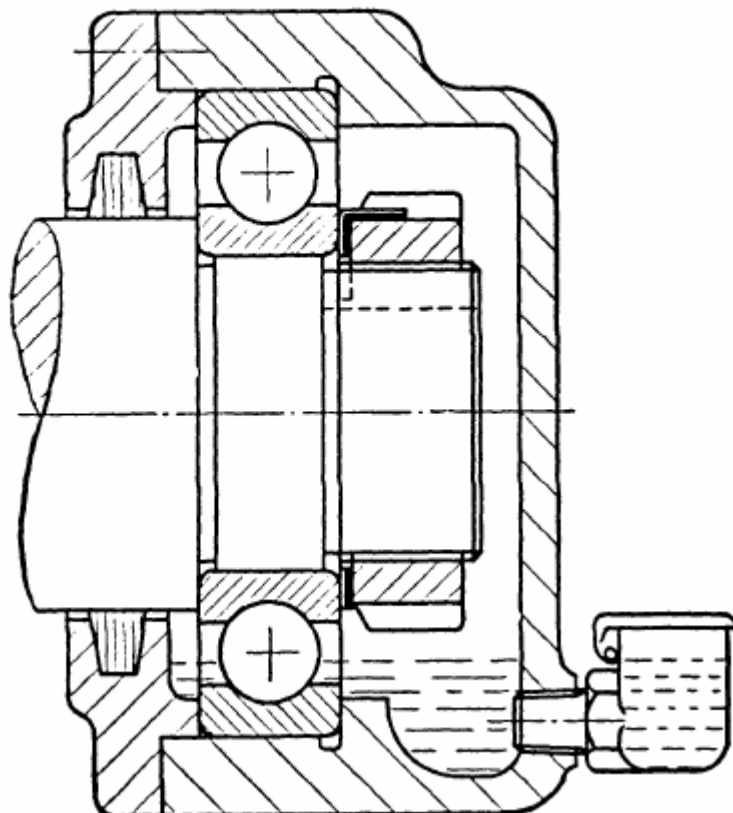
Fig. 16



LUBRIFICAZIONE AD OLIO

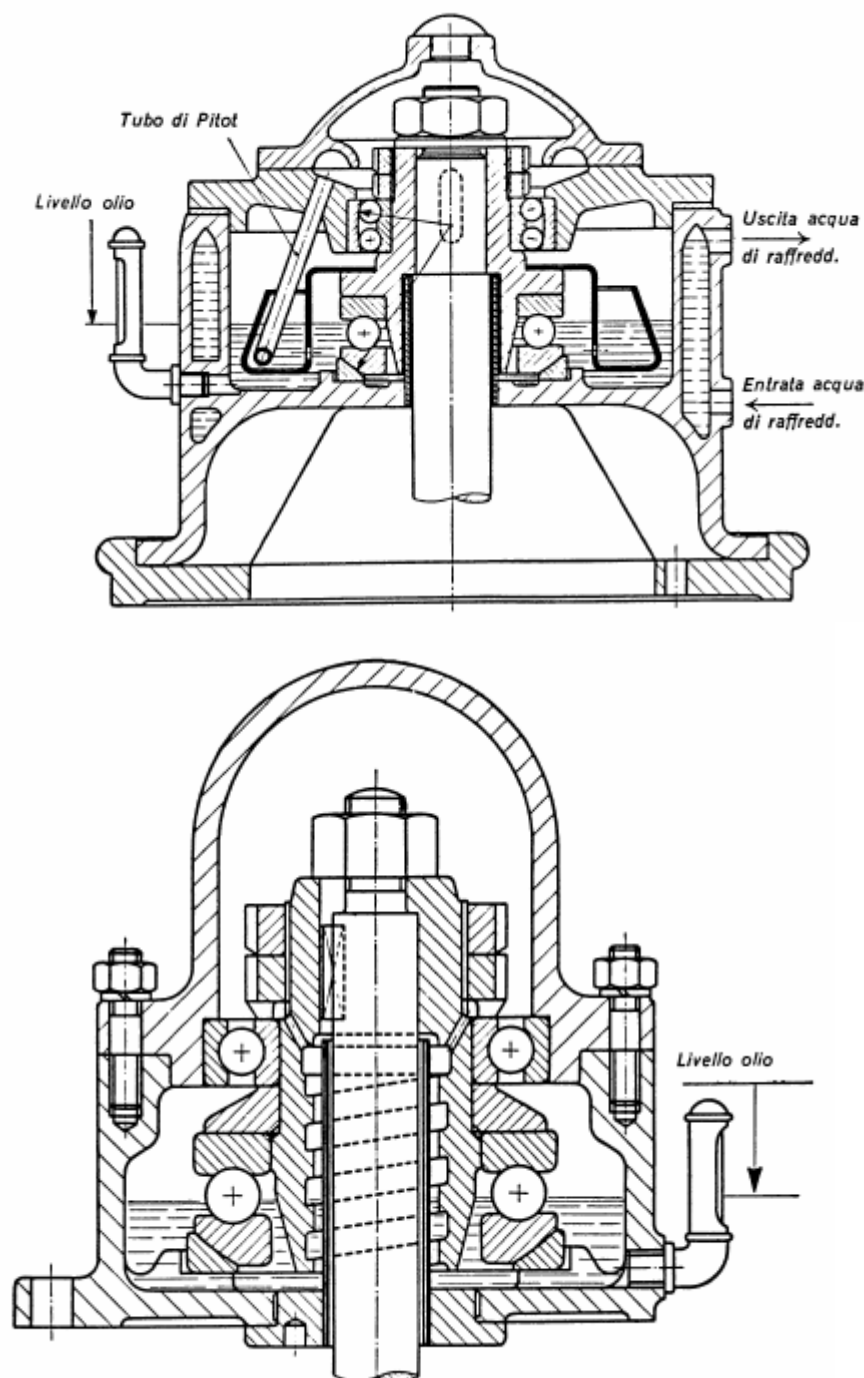
Il tipo più comune di lubrificazione per basse velocità è quello cosiddetto a 'bagno d'olio'. Il principio è molto semplice: le parti in rotazione trascinano il lubrificante distribuendolo per tutto il supporto facendolo infine ricadere nel bagno.

Fig. 17



Il livello dell'olio, a riposo, deve essere leggermente al di sotto del centro del corpo volvente più basso. In caso contrario si creerebbero dei moti vorticosi che, ostacolando la rotazione, provocherebbero un dannoso innalzamento della temperatura. Quando le velocità di regime sono particolarmente elevate, il sistema a bagno d'olio, non smaltendo una sufficiente quantità di calore, risulta inadeguato e si ricorre alla lubrificazione a circolazione d'olio. In tal caso il lubrificante, dopo essere passato attraverso il cuscinetto viene filtrato, eventualmente raffreddato, per poi di nuovo ritornare in ciclo. Per evitare l'introduzione di una quantità eccessiva d'olio è opportuno predisporre nel circuito di mandata un parzializzatore di portata. Nel caso di alberi ad asse verticale rotanti a elevata velocità la corretta lubrificazione può essere assicurata anche da una vaschetta rotante o da una bussola opportunamente scanalata.

Fig. 18



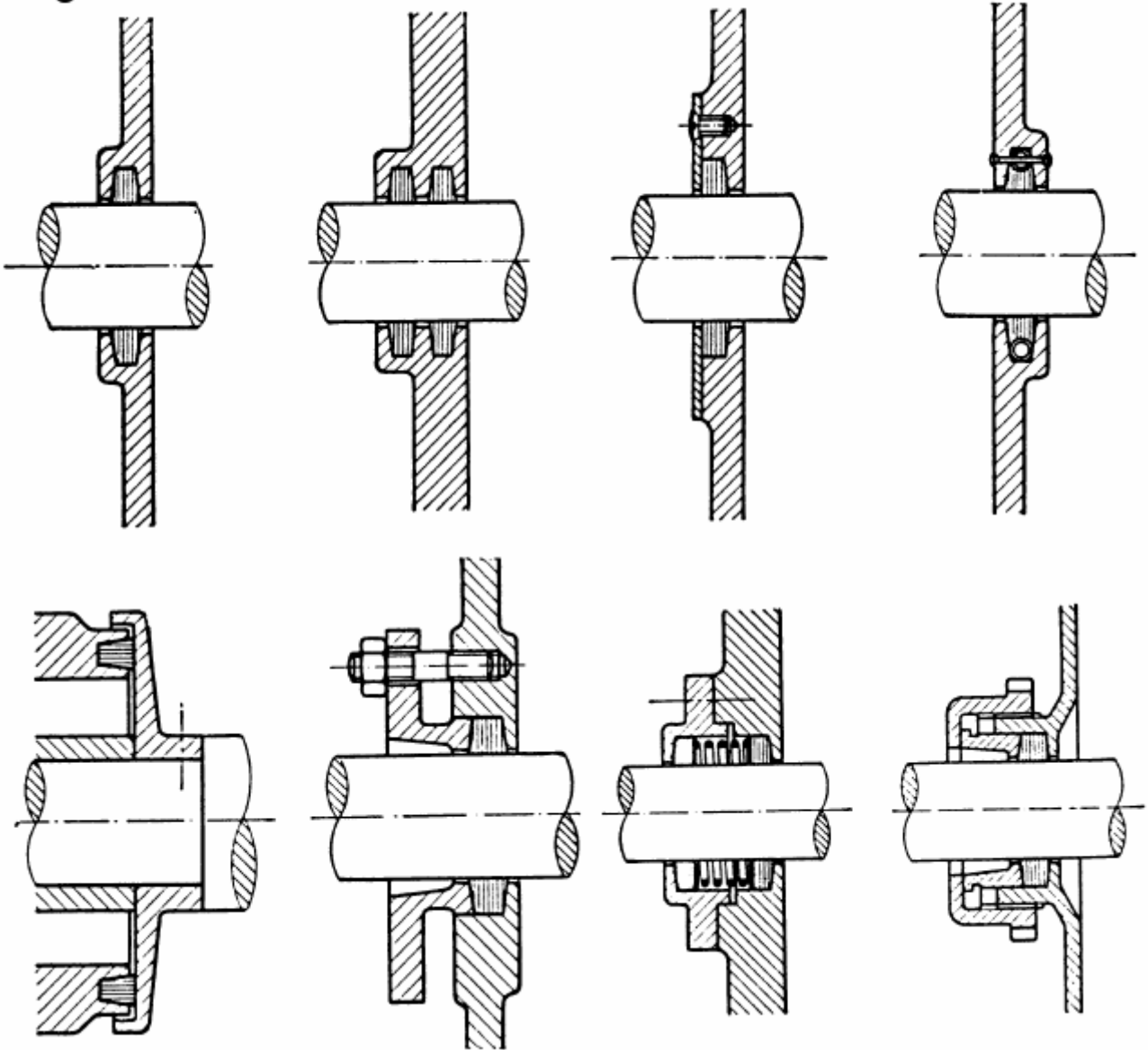
Per quanto riguarda il cambio dell'olio si può dire che nel caso di lubrificazione a circolazione l'intervallo di tempo fra due rinnovi successivi non può che venire determinato, in pratica, in base a frequenti controlli dell'olio stesso. Nel caso di lubrificazione a bagno è sufficiente, di norma, rinnovare il lubrificante una volta l'anno, purché la temperatura del

cuscinetto non superi i 50 C°. A temperature più el evate si rende necessario un cambio dell'olio più frequente: a titolo di esempio si tenga presente che, ad una temperatura di 100 C°, il rinnovo dell'olio deve avvenire ogni tre mesi.

ORGANI DI TENUTA

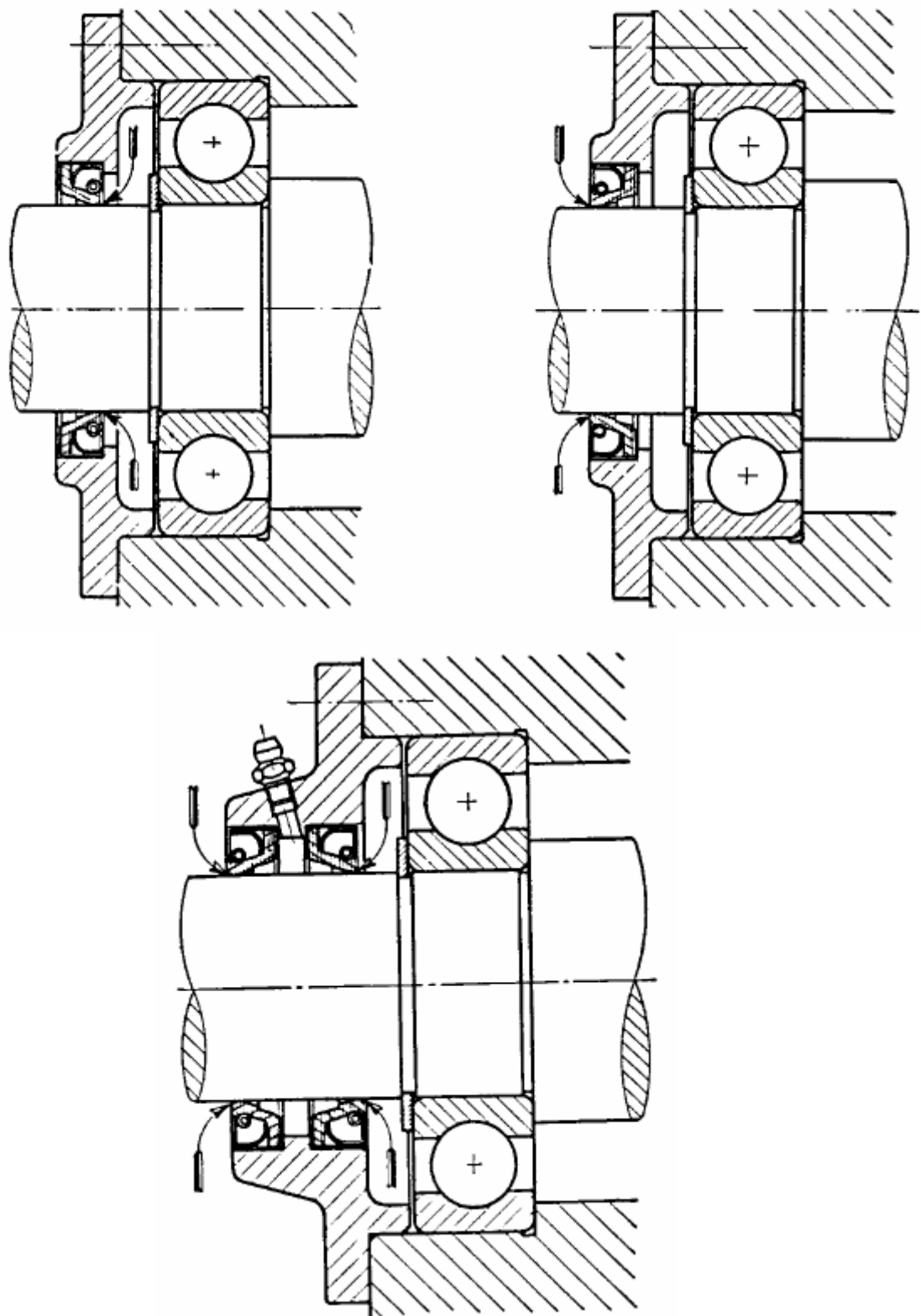
Il tipo più comune era un tempo costituito da feltri contenuti entro scanalature circolari ricavate sui fianchi dei supporti .

Fig. 19



Le scanalature hanno una sezione trapezia, cosicché il feltro, tendendo ad essere spinto verso l'albero, mantiene una aderenza sufficiente per una buona protezione. La superficie dell'albero, in corrispondenza del feltro, deve essere poco rugosa, tenendo presente che migliore è la finitura maggiore è la velocità periferica massima ammessa (in genere non superiore comunque ai 4-5 m/s). Quando le esigenze di tenuta sono maggiori, specialmente nel caso di cuscinetti lubrificati con olio, vengono scelte guarnizioni a labbro piuttosto che a feltro. Anche in questo caso la velocità periferica ammissibile varia a secondo del grado di finitura dell'albero: ad esempio, per un albero finito al tornio si potranno raggiungere i 4 m/s mentre per un albero trattato e rettificato si possono raggiungere i 10 m/s. L'azione protettiva di queste guarnizioni non è simmetrica, perciò vanno montate secondo l'effetto protettivo che si desidera ottenere. Quando occorra ottenere una protezione efficiente nei due sensi, conviene montare due guarnizioni in senso opposto prevedendo fra di loro un ingrassatore.

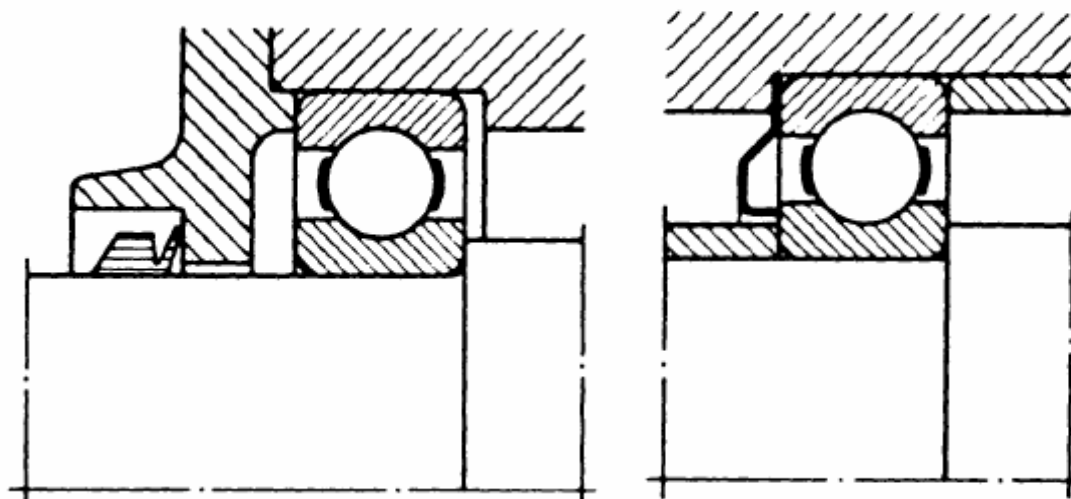
Fig. 20



Un altro tipo di tenuta diventato di uso corrente è la guarnizione "VRing" (fig. 21) che può essere usata sia per lubrificazione con grasso sia per quella con olio. I "V-Ring" consistono in

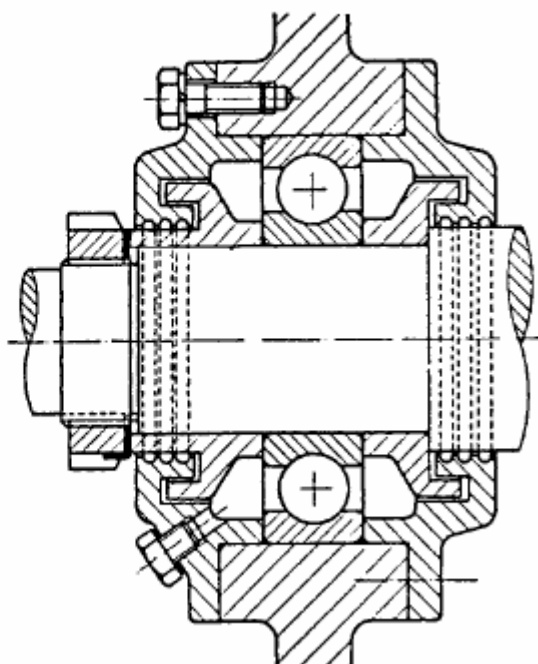
un anello in gomma con un labbro di tenuta che va premuto assialmente contro la superficie di strisciamento. Questo tipo di guarnizione è di semplice montaggio e può far fronte a disassamenti albero-supporto.

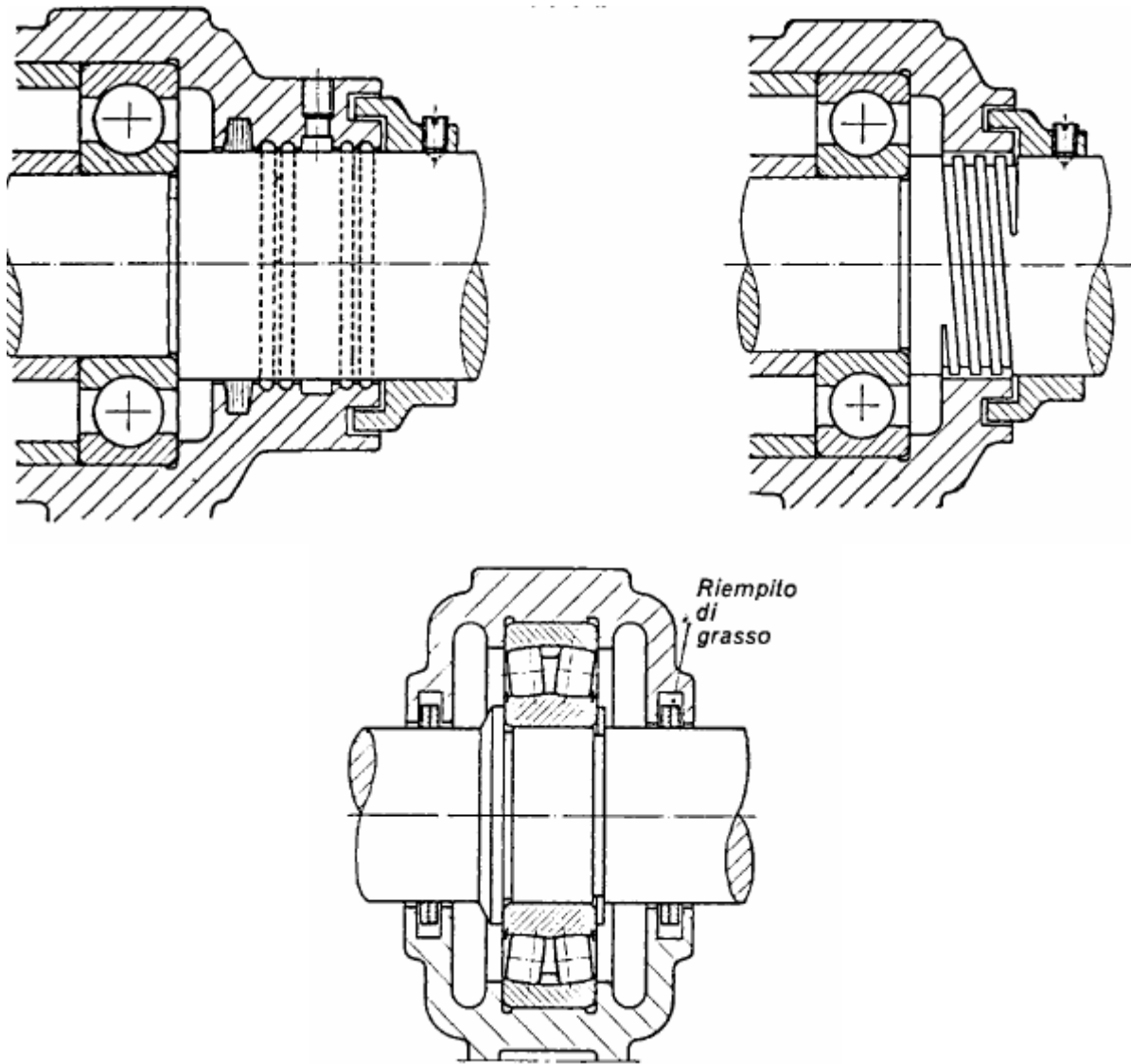
Fig. 21



L'efficacia della tenuta "V-Ring" dipende soprattutto dal fatto che esso, ruotando, allontana impurità e liquidi. Nel caso di lubrificazione con grasso il "V-ring" va per lo più montato all'estremo del supporto, mentre nel caso di lubrificazione con olio va montato all'interno. Le tenute sicuramente più adatte a funzionare ad alta velocità sono senz'altro le protezioni non striscianti.

Fig. 22





Queste si basano principalmente sull'effetto di tenuta delle piccole luci e possono essere disposte assialmente, radialmente, oppure in ambedue le direzioni in modo da formare un labirinto. Le protezioni di questo tipo presentano un attrito e un'usura trascurabili e sono difficilmente soggette a danneggiamenti. Dove è necessario aumentare l'efficacia della protezione, il labirinto va chiuso ermeticamente sfruttando l'azione del grasso. Nel disegnare i labirinti si deve cercare sempre di combinare le rientranze in modo da riuscire ad ottenere un effetto aspirante o soffiante a secondo se si vuole evitare in modo particolare la fuoriuscita del lubrificante oppure l'ingresso di sostanze estranee.