

UNIVERSITÀ DI LECCE

Corso di Laurea in Ingegneria Industriale

DISEGNO TECNICO
INDUSTRIALE

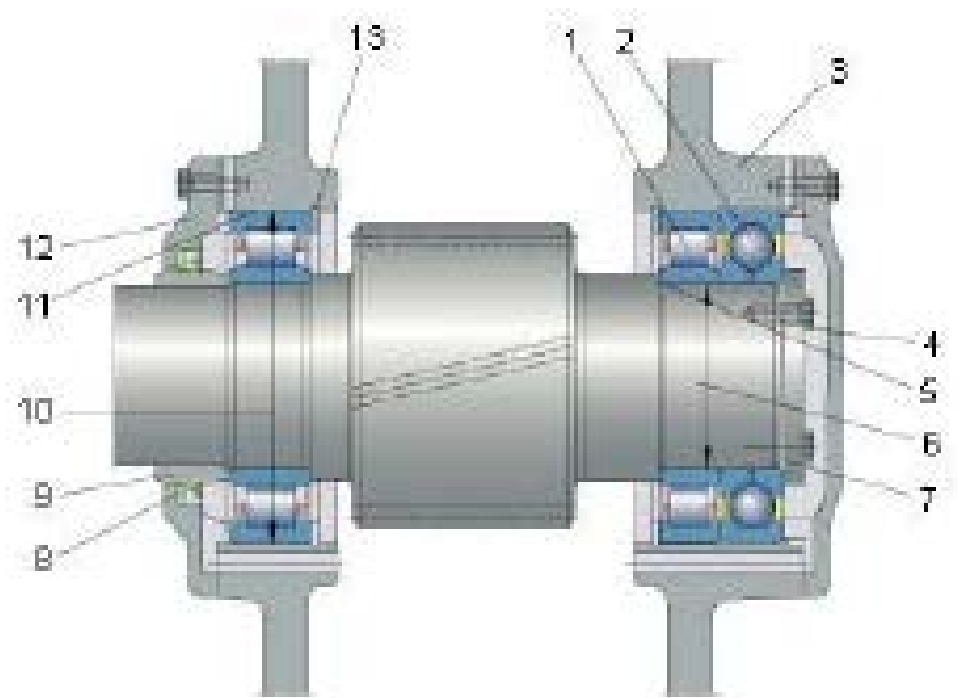
I cuscinetti volventi

Argomenti della lezione

- I cuscinetti volventi: generalità
- I cuscinetti volventi: tipologie
- Il montaggio dei cuscinetti volventi
- La rappresentazione dei cuscinetti volventi
- La lubrificazione dei cuscinetti volventi
- Tenute e guarnizioni

Un **cuscinetto volvente** (o di **rotolamento**) è un elemento posizionato tra un albero (in genere rotante) ed un alloggiamento ricavato in un supporto, telaio o carcassa (in genere fisso).

Il cuscinetto volvente ha lo scopo di permettere la rotazione relativa di un componente rispetto ad un altro *evitando lo strisciamento circonferenziale* grazie al rotolamento di **corpi volventi intermedi**

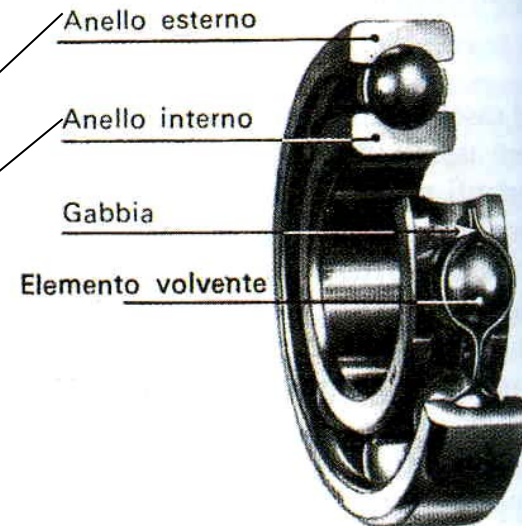
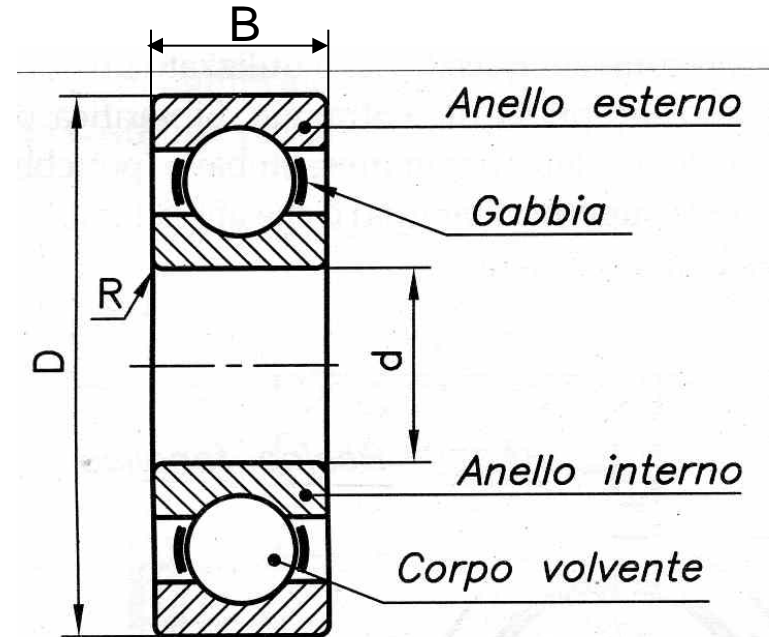


Elementi costituenti un cuscinetto volvente

Un cuscinetto volvente è composto da

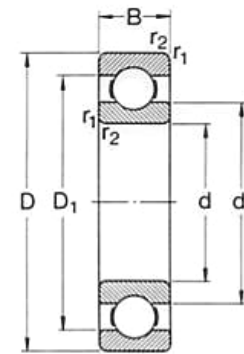
- Due **anelli** (o ralle) coassiali su cui sono ricavate le *piste di rotolamento* dei corpi volventi
- **Corpi volventi**: sfere, rulli, rullini
- **Gabbia distanziatrice** che separa gli elementi volventi tra di loro

Vanno alloggiati in opportune **sedi** ricavate sull'albero e nel supporto/telaio

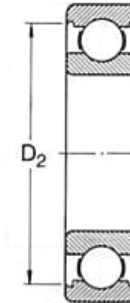


Dimensioni caratteristiche di un cuscinetto

Le dimensioni di un cuscinetto sono unificate e vengono ricavate da tabelle (cataloghi delle ditte costruttrici) sulla base del diametro interno d



Fasce dell'anello esterno senza scanalatura



Fasce dell'anello esterno con scanalatura

Dimensioni d'ingombro			Coeff. di carico		Carico limite di fatica P_u	Velocità di base		Massa	Appellativi
I	D	B	C	C_0		Lubrificazione grasso	olio		
nm			N		N	giri/1'		kg	-
10	140	16	28 100	26 000	1 250	4 300	5 000	0,60	61822
	150	20	43 600	45 000	1 660	4 000	4 800	0,90	61922
	170	19	57 200	57 000	2 040	3 800	4 500	1,45	16022
	170	28	81 900	73 500	2 400	3 800	4 500	1,95	6022
	200	38	143 000	118 000	4 000	3 000	3 600	4,35	6222
	240	50	203 000	180 000	5 700	2 600	3 200	9,55	6322
120	150	16	29 100	28 000	1 290	3 800	4 500	0,65	61824
	165	22	55 300	57 000	2 040	3 600	4 300	1,20	61924
	180	19	60 500	64 000	2 200	3 400	4 000	1,60	16024
	180	28	85 200	80 000	2 750	3 400	4 000	2,05	6024
	215	40	146 000	118 000	3 900	2 800	3 400	5,15	6224
	260	55	208 000	186 000	5 700	2 400	3 000	14,5	6324
130	165	18	37 700	43 000	1 660	3 600	4 300	0,93	61826
	180	24	65 000	67 000	2 280	3 400	4 000	1,60	61926
	200	22	79 300	81 500	2 700	3 200	3 800	2,35	16026
	200	33	106 000	100 000	3 350	3 200	3 800	3,15	6026
	230	40	156 000	132 000	4 150	2 600	3 200	5,80	6226
	280	58	229 000	216 000	6 300	2 200	2 800	18,0	6326

Classificazione dei cuscinetti volventi

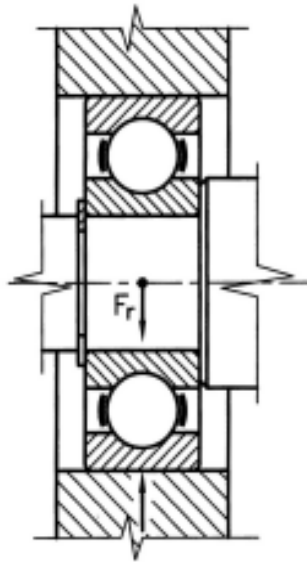
I cuscinetti volventi possono classificarsi in base ad alcune caratteristiche quali:

- 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	Possibilità di rotazione relativa dei due anelli	Forma degli elementi volventi
-Radiali -Assiali -Obliqui	-Rigidi -Orientabili	-A sfere -A rulli -A rulli conici -A rullini

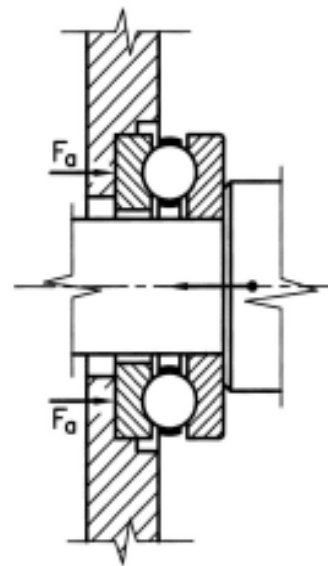
Cuscinetti radiali, assiali ed obliqui

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



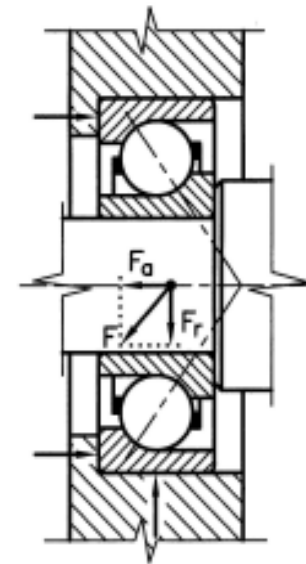
Cuscinetti radiali (portanti)

Possono sopportare forze dirette ortogonalmente all'asse



Cuscinetti assiali (reggispinta)

Possono sopportare forze dirette in direzione assiale



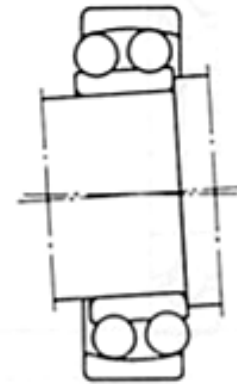
Cuscinetti obliqui

Possono sopportare carichi in entrambe le direzioni

Categorie strutturali dei cuscinetti volventi

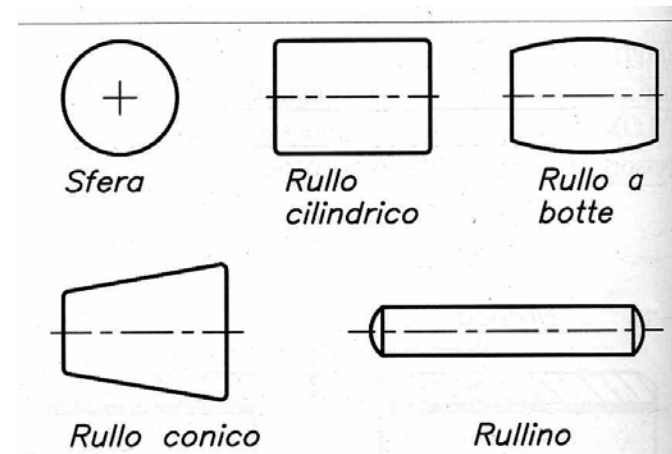
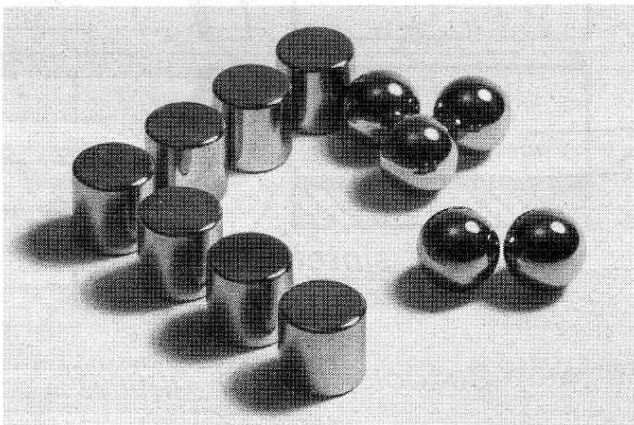
- **Cuscinetti rigidi:** gli assi degli anelli sono permanentemente coassiali → **modestissima adattabilità angolare**. Per il loro corretto funzionamento occorre garantire la coassialità tra la sede sul perno (o albero) e la sede nel supporto

- **Cuscinetti orientabili:** gli assi degli anelli consentono dei disallineamenti (3° - 5°) al montaggio o durante il funzionamento



In base agli elementi volventi i cuscinetti di rotolamento possono essere classificati in:

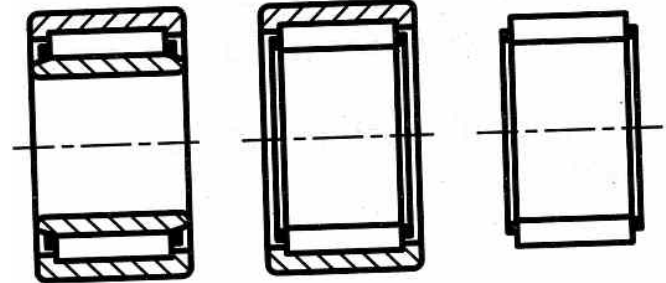
- Cuscinetti a sfere
- Cuscinetti a rulli (cilindrici, conici, a botte)
- Cuscinetti a rullini o ad aghi





I cuscinetti a rulli, a parità di ingombro radiale, sopportano carichi superiori ai cuscinetti a sfere. Per aumentare ulteriormente la capacità di carico si possono affiancare due corone di sfere o di rulli

Con i rullini si riduce l'ingombro radiale del cuscinetto volante

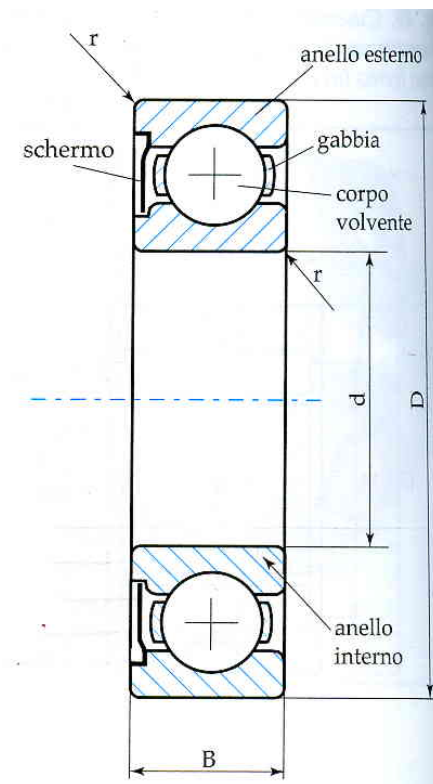


Inoltre i cuscinetti possono essere classificati in:

- **Scomponibili (disassemblabili)**
- **Non scomponibili**

a seconda che consentano o meno spostamenti assiali relativi delle parti del cuscinetto (in una o in entrambe le direzioni) → bloccaggio assiale per evitare il disassemblamento

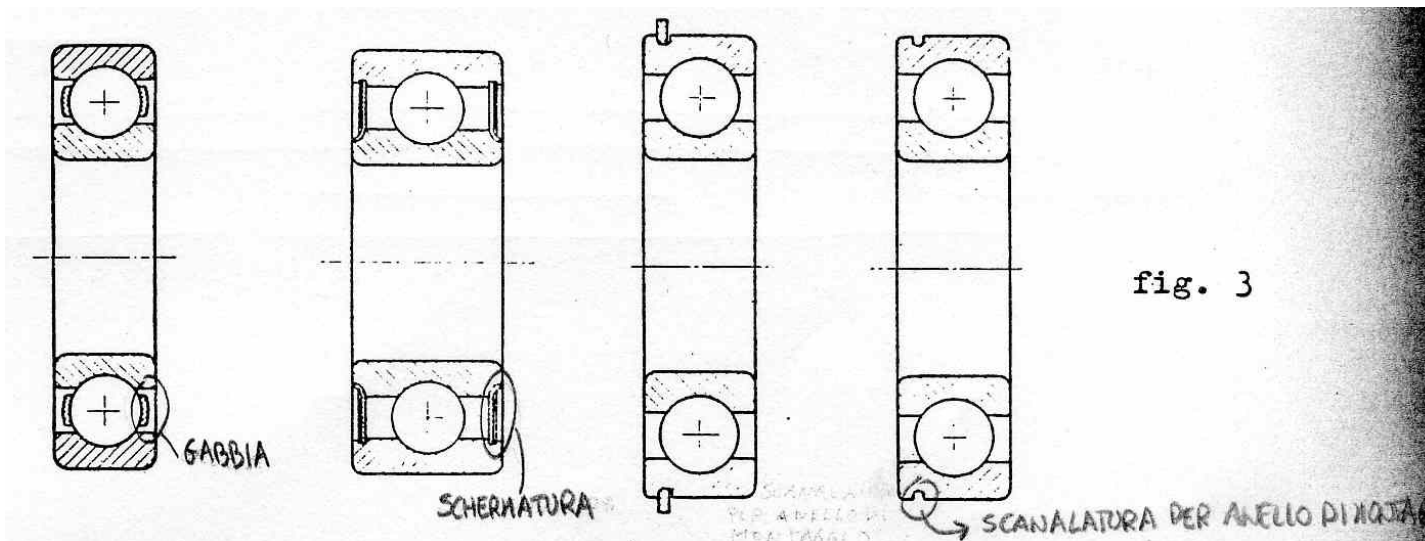
I cuscinetti possono essere dotati di uno o due schermi laterali per impedire l'ingresso di sostanze estranee o per trattenere il lubrificante in situ



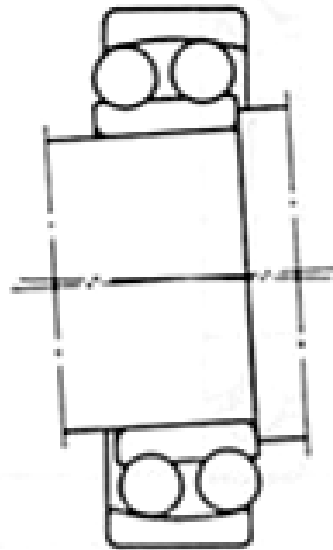
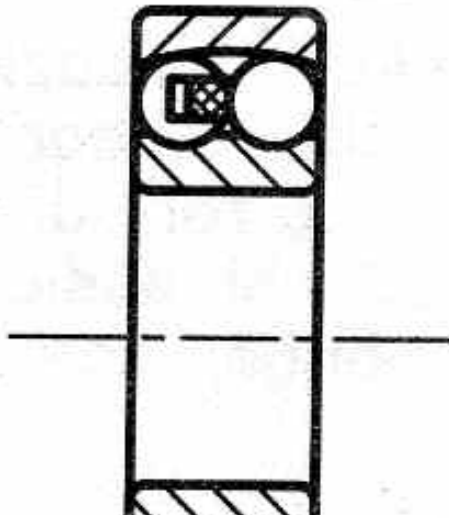
Principali tipi di cuscinetti volventi

Cuscinetti radiali rigidi a sfere

- Sopportano **carichi radiali elevati**, ma anche **carichi assiali**, di **lieve entità**, in **entrambe le direzioni** e sono adatti per *velocità elevate*
- Esigono che gli assi delle parti rotanti coincidano con quelli delle parti fisse → **modesta adattabilità angolare**
- Possono essere muniti di schermi di protezione e di scanalature per gli anelli elastici di ancoraggio (semplificazione del montaggio)
- È in generale **non scomponibile**



Cuscinetti radiali orientabili a sfere

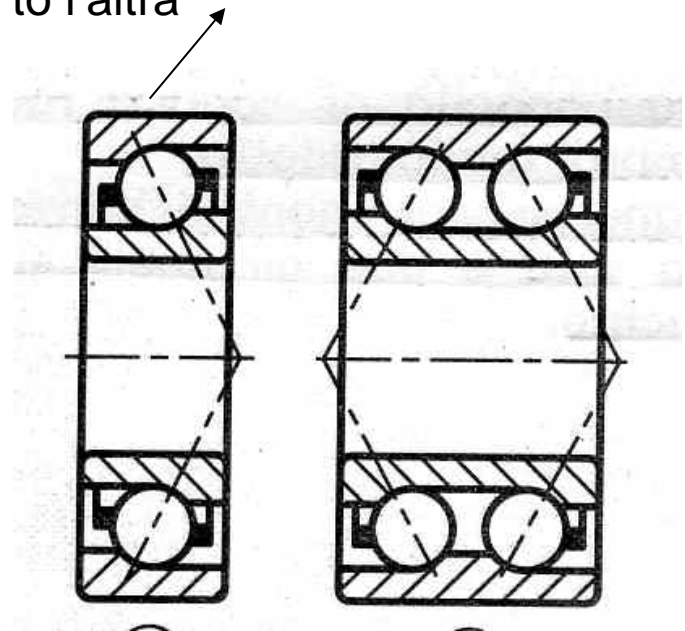


- Hanno **due corone di sfere**.
- L'**anello interno** è costituito da **due piste**, ed è analogo a quello dei cuscinetti rigidi. L'**anello esterno** ha invece un'unica **pista sferica** che permette il corretto funzionamento del cuscinetto anche quando gli assi dei due anelli non coincidono (inflexioni abbastanza grandi o errori di allineamento).
- Sono cuscinetti **non scomponibili**.
- Sopportano carichi radiali elevati, ma anche carichi assiali, di lieve entità, in entrambe le direzioni

Cuscinetti obliqui a sfere

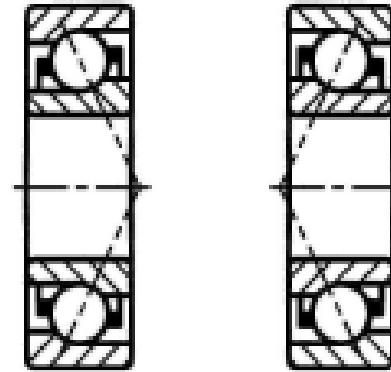
- Nei cuscinetti obliqui a sfere il contatto tra le piste e le sfere avviene, per costruzione, lungo un asse obliquo rispetto all'asse del cuscinetto. Tali cuscinetti sono dunque pensati *per sopportare carichi obliqui* (ossia carichi combinati radiali e assiali).
- Questi cuscinetti possono essere ad **una o a due corone di sfere**.

Le piste, sull'anello interno ed esterno, sono sfalsate una rispetto l'altra

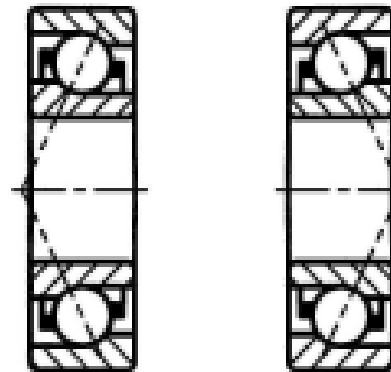


- I cuscinetti del tipo ad una corona devono essere sempre montati in coppia con obliquità contrapposte (montaggio ad O oppure ad X)

Sotto l'azione di un carico radiale puro si determina sugli anelli del cuscinetto una reazione assiale che, per essere eliminata, richiede il montaggio di un altro cuscinetto con obliquità opposta



Montaggio ad X



Montaggio ad O

- I cuscinetti del tipo ad una corona sono **scomponibili**, e quindi necessitano di battuta laterale sull'albero e nell'alloggiamento (spallamenti diagonalmente opposti)

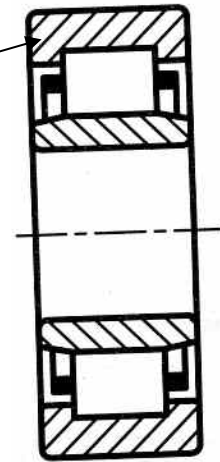
Cuscinetti radiali rigidi a rulli (cilindrici)/1

I cuscinetti radiali a rulli cilindrici sono costituiti prevalentemente da **una sola corona di rulli**.

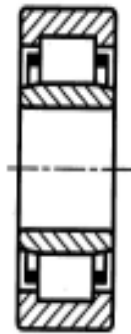
I rulli possono essere guidati assialmente da dei risalti ricavati sulle piste (**orletti**). L'anello con gli orletti, i rulli e la gabbia distanziatrice formano un insieme **non scomponibile**, che **può però essere separato** dall'altro anello.

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.

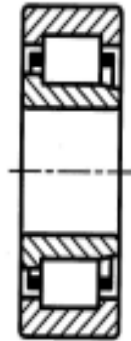


Cuscinetti radiali rigidi a rulli (cilindrici)/2



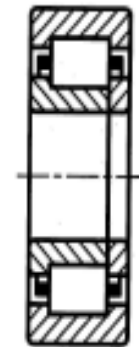
Forma NU

È consentito lo spostamento relativo in senso assiale delle due parti del cuscinetto. La forma N è analoga, con la differenza che è l'anello interno ad avere gli orletti.



Forma NJ

È consentito lo spostamento assiale relativo in un solo verso.



Forma NUP

Non è consentito lo spostamento assiale relativo delle due parti del cuscinetto

Quando **scomponibili** entrambi gli anelli devono essere montati in modo da risultare bloccati assialmente (su ambo i lati)

Questi cuscinetti sopportano **elevati** carichi radiali e, se provvisti di orletti, di **limitati** carichi assiali.

Cuscinetti radiali orientabili a rulli a botte

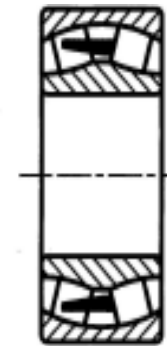
I cuscinetti radiali orientabili a rulli a botte possono essere ad **una** o, **più frequentemente, a due corone di rulli**. In quest'ultimo caso si hanno due piste ricavate sull'anello interno inclinate rispetto all'asse del cuscinetto e un'unica pista di forma sferica ricavata nell'anello esterno.

I corpi volventi 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.

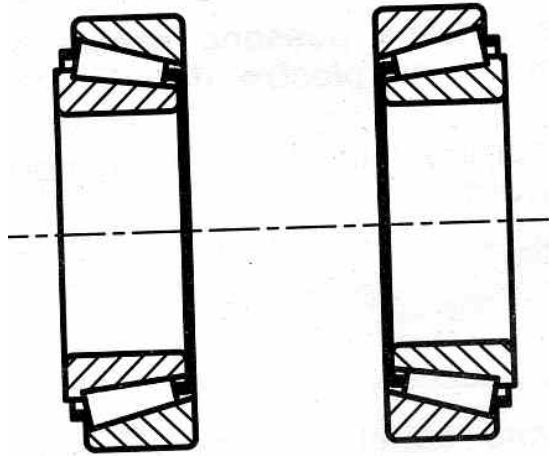


Cuscinetto orientabile a rulli ad una corona di rulli



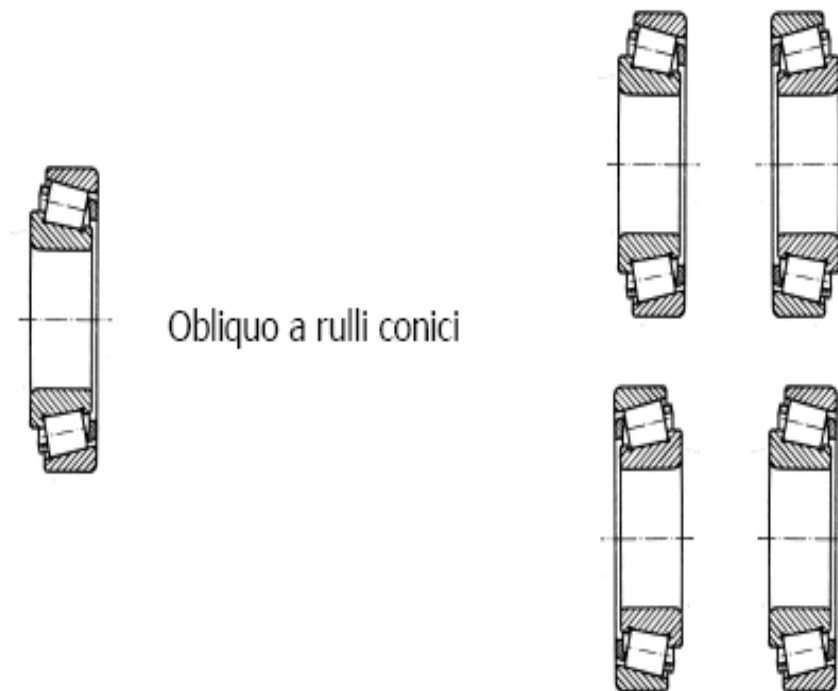
Cuscinetto orientabile a rulli a due corone di rulli

Cuscinetti obliqui a rulli conici



- Nei cuscinetti obliqui a rulli conici gli elementi volventi sono costituiti da tronchi di cono **inclinati** rispetto all'asse dell'albero.
- Entrambi gli anelli – interno ed 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.
- Sopportano carichi radiali, combinati ed assiali

- Essendo **obliqui** il carico radiale dà luogo sempre ad una componente assiale, per cui questi cuscinetti si montano sempre **accoppiati con conicità opposte**.
- Essendo **scomponibili** si deve eliminare lo spostamento relativo in senso assiale tra i due anelli: **necessitano di battuta laterale sull'albero e nell'alloggiamento** (per esempio spallamenti diagonalmente opposti)



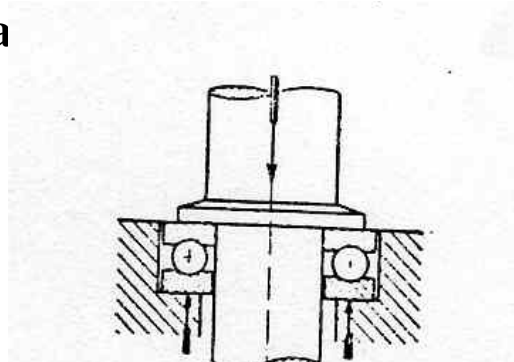
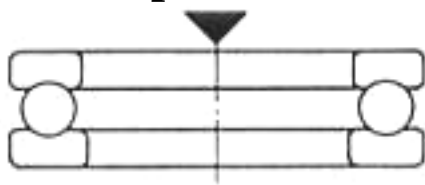
Cuscinetti assiali rigidi a sfere

I cuscinetti assiali a sfere **sopportano esclusivamente carichi assiali**. Si tratta in ogni caso di **cuscinetti scomponibili**. I cuscinetti assiali a sfere possono essere di due tipi: **a semplice effetto** ed **a doppio effetto**.

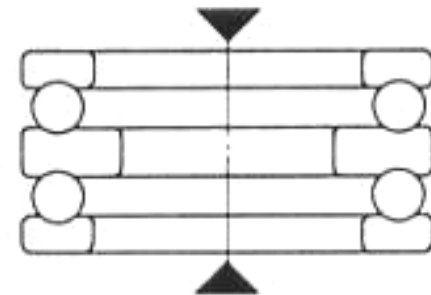
A **semplice effetto** possono reggere carichi assiali in un solo senso (e quindi vincolare l'albero da una lato);

A **doppio effetto** possono reggere carichi assiali agenti in ambo i sensi (e quindi vincolare l'albero da entrambi i lati).

**Cuscinetti assiali a sfere a
semplice effetto**

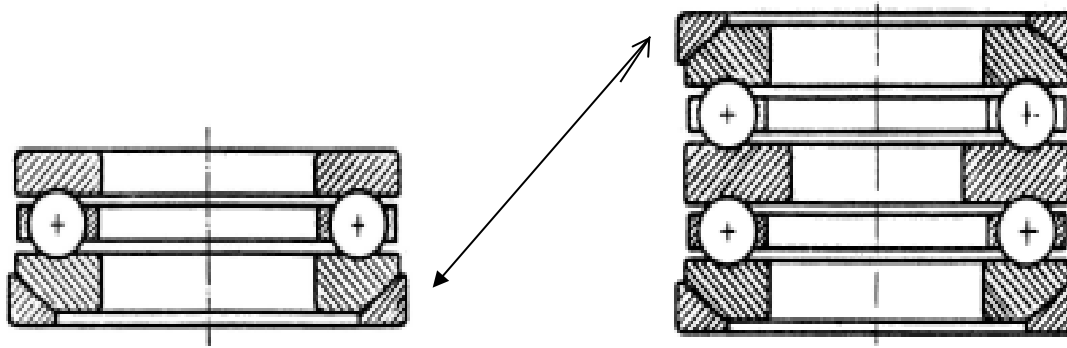


**Cuscinetti assiali a sfere a
doppio effetto**



Cuscinetto assiale orientabile 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



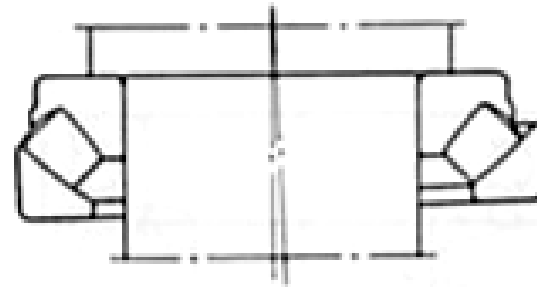
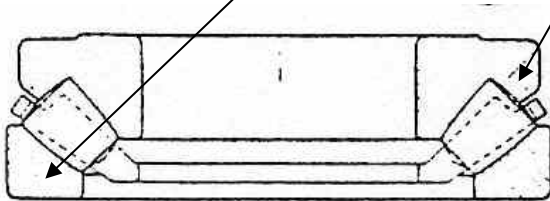
Cuscinetto assiale orientabile a sfere
a singolo effetto

Cuscinetto assiale orientabile a sfere
a doppio effetto

Cuscinetto assiale orientabile 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.

Uno degli anelli, con pista sferica, consente l'orientamento dell'albero mentre l'altro, **munito di un orletto**, sopporta la spinta dei rulli → **cuscinetto orientabile**



Il montaggio dei cuscinetti volventi

In genere un albero richiede, per poter essere sostenuto e guidato, due o più supporti

I cuscinetti, di norma, servono a guidare radialmente l'albero durante la rotazione e a vincolarne la posizione in senso assiale (in entrambe le direzioni)

Necessità di rispettare scrupolosamente alcune *regole di montaggio*, già in sede di disegno, aventi lo scopo di:

- Evitare alle piste e ai corpi rotolanti sollecitazioni anomale
- Assicurare una opportuna lubrificazione

Regola n.1: scelta di accoppiamenti opportuni tra gli anelli del cuscinetto e le relative sedi

- **L'anello rotante rispetto al carico esterno** deve essere montato con un **adeguato grado di interferenza** (in genere j5, k6 per la sede sull'albero, M7 sull'alloggiamento esterno).
- L'interferenza di montaggio va accuratamente verificata in modo da evitare rotazioni o scorrimenti degli anelli rispetto alle sedi. Lo scorrimento relativo, infatti, può portare al **danneggiamento per usura** degli anelli o delle sedi, ed in generale a malfunzionamenti.
- L'entità del forzamento deve essere tale da non ridurre il giuoco interno del cuscinetto al disotto di un valore critico e da non generare sovraccarichi anomali sugli elementi rotolanti. Si tenga conto che maggiore l'entità del carico, maggiore è l'entità del forzamento richiesto.

Nel caso di **cuscinetti non scomponibili** (esempio: cuscinetti radiali a sfere) **l'anello non rotante** deve essere montato con **accoppiamento libero o di spinta** per permettere al cuscinetto di seguire l'albero nelle sue eventuali variazioni di lunghezza conseguenti alla dilatazione termica (in genere H6 per alloggiamento esterno, h6 o g6 per sede sull'albero).

Se il cuscinetto è **scomponibile** anche **l'anello non rotante** può essere montato con **interferenza: il gioco interno al cuscinetto è sufficiente a compensare gli eventuali allungamenti dell'albero.**

Se la direzione del carico è **indeterminata**, in presenza di **carichi di forte entità**, **entrambi gli anelli saranno montanti con interferenza.**

TOLLERANZE PER SEDI DI CUSCINETTI SU ALBERI

g 6	Per cuscinetti con alloggiamento rotante e albero fisso, anello interno registrabile assialmente: applicazione a ruote folli, pulegge, carrucole, trasportatori, a basse velocità
h 5	Per cuscinetti con anello esterno rotante con carichi irregolari accompagnati da urto; come nelle pulegge a funi e a catene, boccole ferroviarie, ecc.; per cuscinetti con anello interno, oppure esterno, rotante ad alta velocità con piccoli carichi; come nei motorini elettrici, aspiratori, dinamo
j 5	Per cuscinetti con anello interno rotante con carichi e velocità medie; per cuscinetti assiali
j 6	Per cuscinetti con anello interno rotante; carichi medi e velocità elevate
k 6	Per cuscinetti con anello interno rotante; forti carichi radiali e velocità medie ed elevate
m 6	Per cuscinetti con anello interno rotante; carichi radiali molto elevati accompagnati da urti; applicazione a boccole ferroviarie, motori da trazione, pignoni differenziali
n 6	Per cuscinetti con anello interno rotante applicati ai laminatoi

Tab. VII. *Tolleranze dimensionali per le sedi di cuscinetti su alberi ed alloggiamenti.*

TOLLERANZE PER ALLOGGIAMENTI DI CUSCINETTI

H 8	Per cuscinetti con anello interno rotante con forti carichi e basse velocità: applicazione a trasmissioni, sopporti con scatole in due parti; per cuscinetti assiali;
H 6	Per cuscinetti con anello interno rotante; carichi e velocità medie, per tutte le normali applicazioni;
J 6	Per cuscinetti con anello interno rotante ad alte velocità, con piccoli carichi; applicazioni a macchine utensili, motorini elettrici, ecc.; per cuscinetti con anello esterno registrabile assialmente
K 6	Per cuscinetti con albero od alloggiamento rotante; anello esterno con registrabile assialmente: applicazione a pulegge folli, trasmissioni con funi, ruote di teleferiche
M 7	Per cuscinetti con anello esterno rotante; con carichi e velocità medie, applicazione a ruote anteriori di automobile
n 6	Per cuscinetti con anello esterno rotante; con forti carichi accompagnati da urti: applicazione a ruote folli di carrelli ferrotranviari, bielle, pignoni differenziali

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.

Regola n.2: definizione dei vincoli in senso assiale

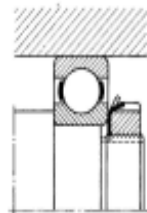
I cuscinetti, oltre a guidare opportunamente l'albero durante la rotazione intorno al proprio asse, possono vincolarne la posizione assiale in entrambe le direzioni.

I cuscinetti che svolgono anche questo compito sono detti **cuscinetti di vincolo assiale e avranno **tutti e due gli anelli bloccati in senso assiale** (oltre ad accoppiamenti con interferenza rispetto alle relative sedi)**

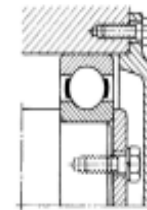
Vari esempi di bloccaggio assiale

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**.

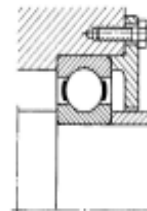


L'anello interno è bloccato a sinistra da uno **spallamento** sull'albero, a destra da un **disco di fermo**.

Bloccaggio dell'anello esterno

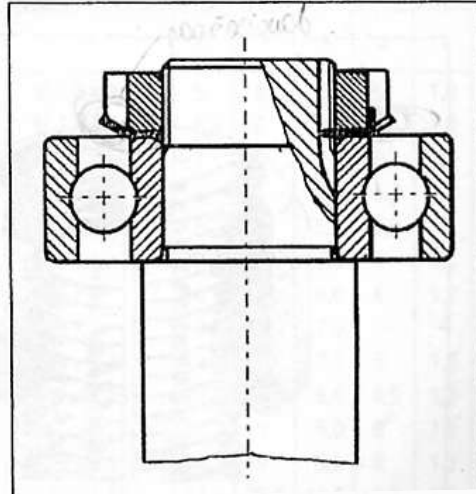


L'anello esterno è bloccato a sinistra da una **sede sull'alloggiamento**, a destra da una **ghiera filettata**.



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

Il bloccaggio assiale con ghiera e rosetta di sicurezza



Con questo sistema si effettua anche la registrazione dei cuscinetti!

Regolazione gioco interno introdotto durante il montaggio e il funzionamento

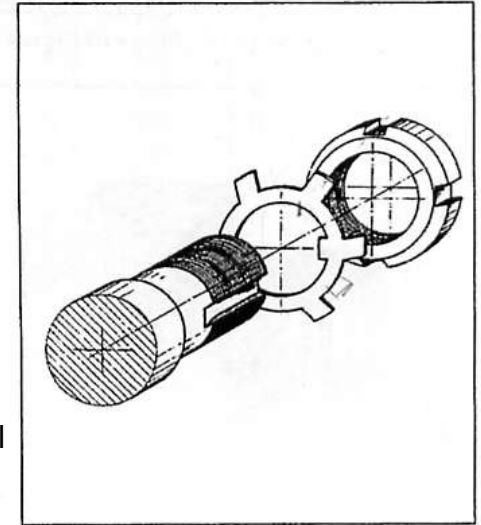
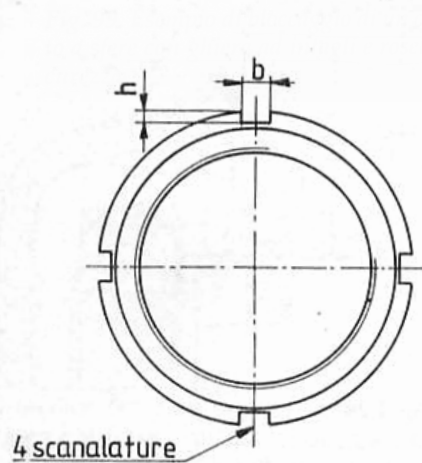
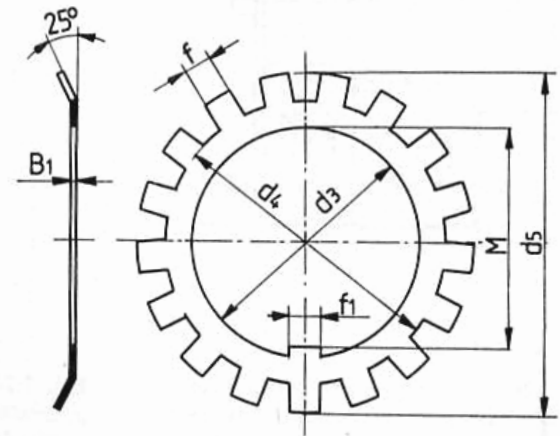
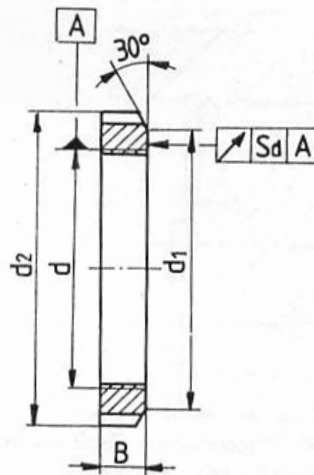


Fig. 98. Il funzionamento della rosetta di sicurezza nel montaggio di ghiera.



Ghiere di bloccaggio



Rosette di sicurezza

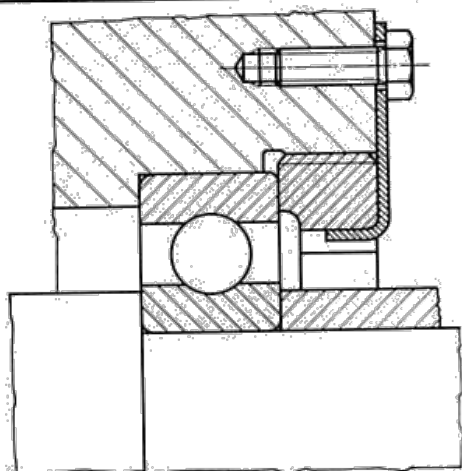
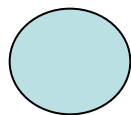


Fig. 1.26 - Il fissaggio dell'anello esterno del cuscinetto è ottenuto con un anello filettato, del quale si impedisce la rotazione tramite una rosetta di sicurezza con nasello ripiegato in una tacca dell'anello stesso.

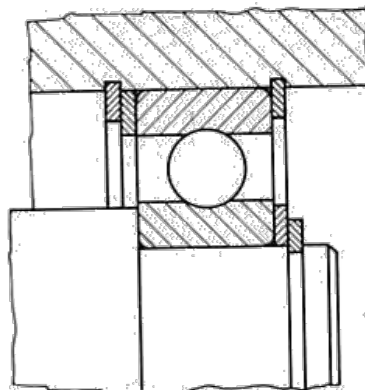


Fig. 1.27 - Impiego di anelli elastici di sicurezza per il fissaggio assiale degli anelli di un cuscinetto, con l'interposizione di anelli distanziatori.

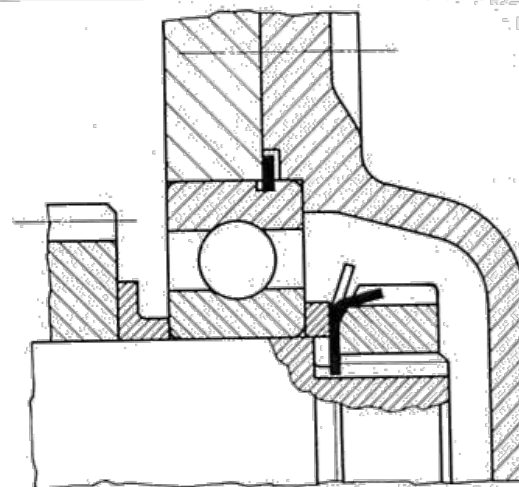


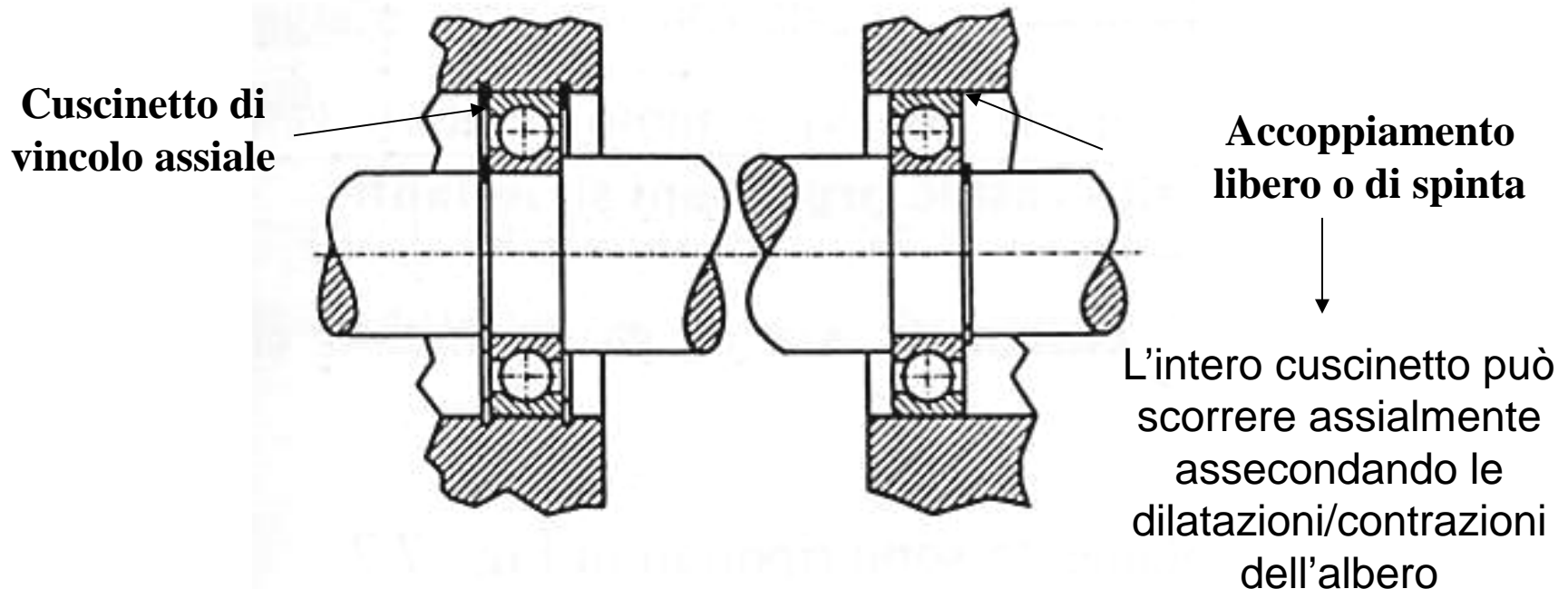
Fig. 1.28 - Un cuscinetto con scanalatura ed anello elastico permette una soluzione semplice del fissaggio assiale dell'anello esterno.

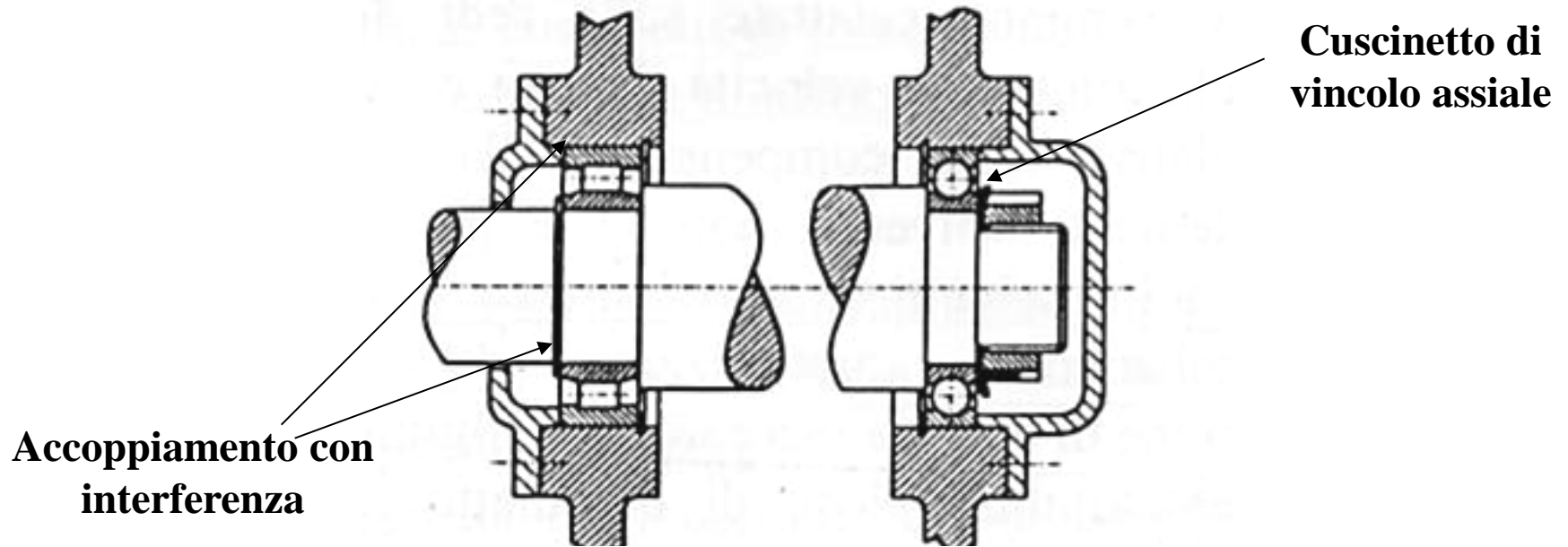
Esempi di montaggio di cuscinetti di vincolo assiale

Regola n.2: definizione dei vincoli in senso assiale

I cuscinetti di **vincolo assiale dell'albero** sono, di solito, i cuscinetti radiali a sfere o i cuscinetti reggispinta

Dei vari cuscinetti radiali e reggispinta che supportano uno stesso albero uno solo deve essere di **vincolo assiale** e quindi montato in modo da impedire ogni spostamento assiale dell'albero (nei due sensi) nella sezione in cui è applicato.





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.

Se i cuscinetti sono scomponibili (per esempio alcuni cuscinetti a rulli o a rullini) **entrambi gli anelli dovranno essere bloccati assialmente in entrambe le direzioni** sull'albero e la carcassa \Rightarrow evitare il **disassemblamento**

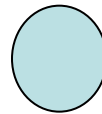
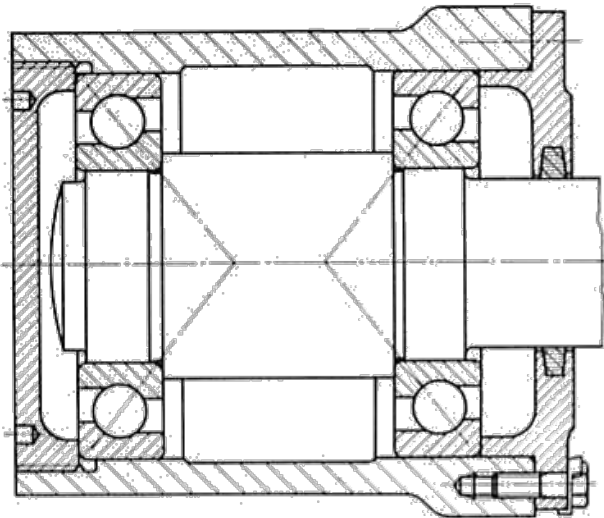
Questi cuscinetti consentono piccoli spostamenti assiali relativi e quindi riescono a seguire l'albero nelle sue dilatazioni e contrazioni termiche

Cuscinetti obliqui

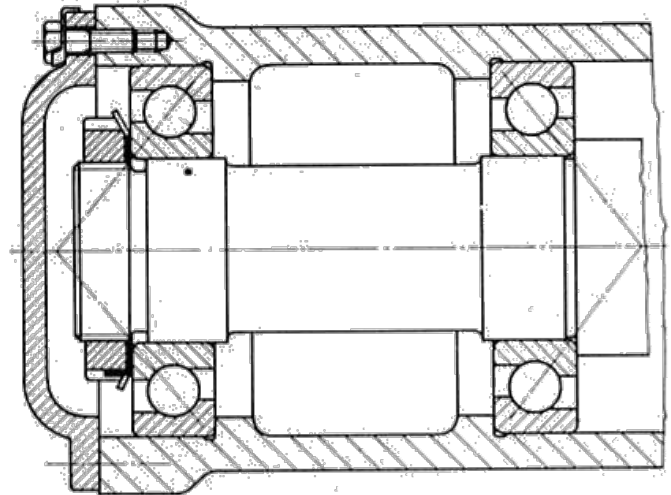
Vanno utilizzati in presenza di carichi assiali dello **stesso ordine di grandezza** di quelli radiali (es. cuscinetti obliqui a rulli conici o cuscinetti obliqui a sfere)

1. Per ogni cuscinetto le superfici da bloccare assialmente sono quelle per cui passa la retta d'azione del carico che si trasmette da una pista all'altra
2. Questi cuscinetti vanno sempre montati a coppie con obliquità contrapposte (**montaggio a contrasto**)

Montaggio ad X

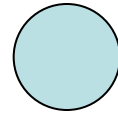
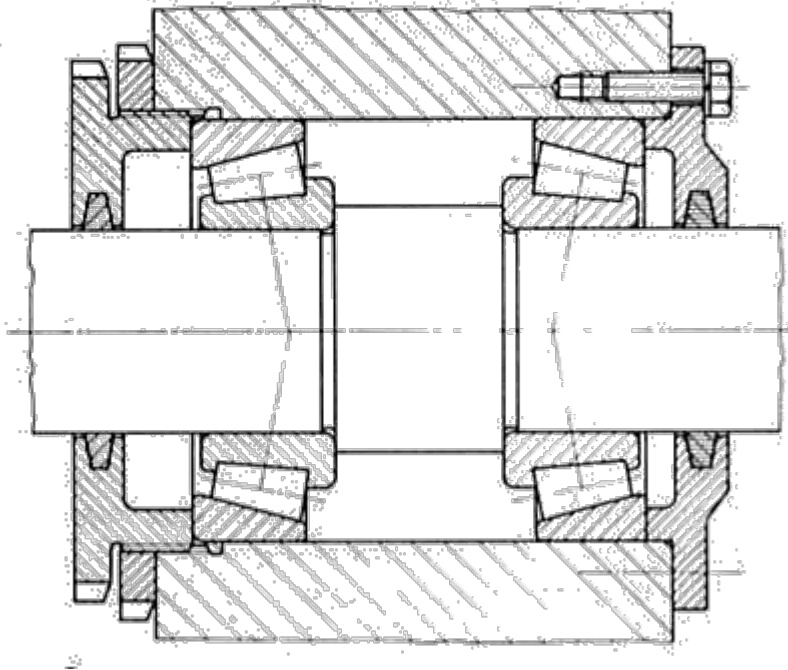


Montaggio ad O

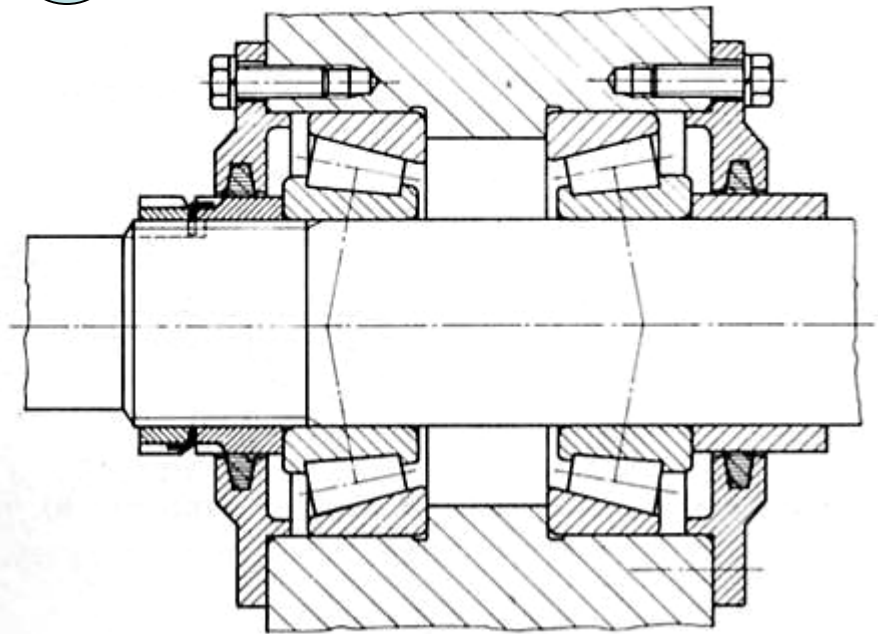


N.B. Entrambi i cuscinetti partecipano al posizionamento assiale dell'albero

Montaggio ad X



Montaggio ad O



Le battute di appoggio per gli anelli dei cuscinetti possono essere ottenute da **elementi aggiunti** (anelli elastici, ghiera, distanziali) o ricavati direttamente nella carcassa o sull'albero (spallamenti)

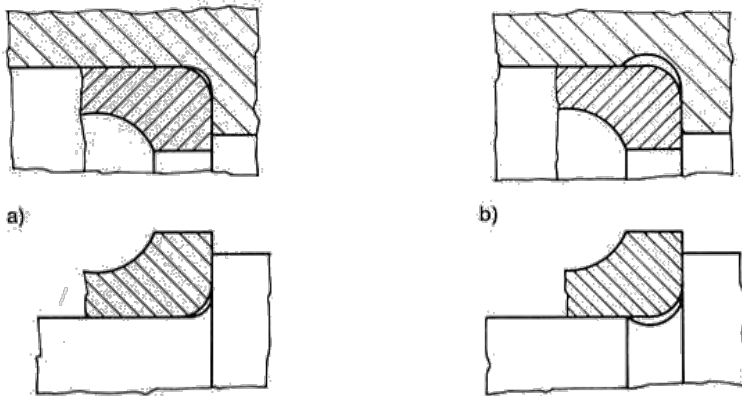


Fig. 1.17 - Il passaggio dalla sede cilindrica allo spallamento può avvenire: a) mediante raccordo; b) mediante gola di scarico. In entrambi i casi il raccordo deve consentire l'appoggio degli anelli agli spallamenti.

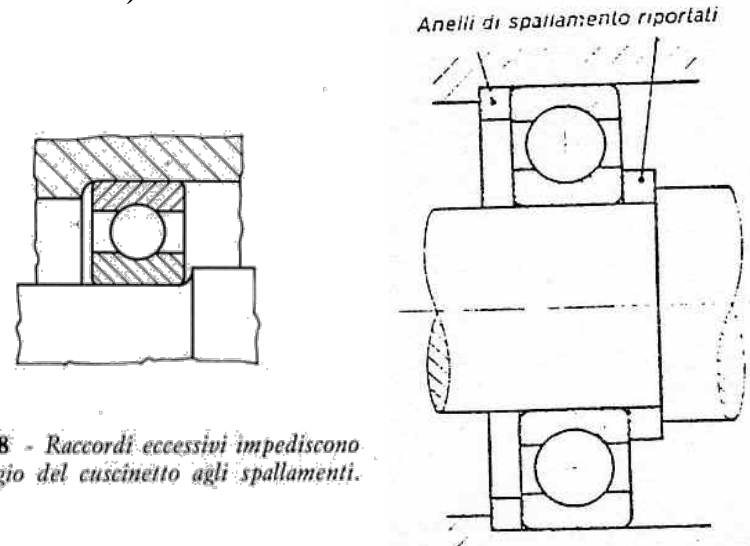
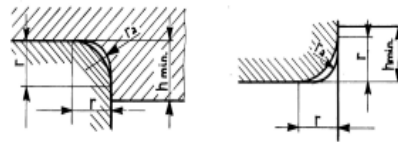
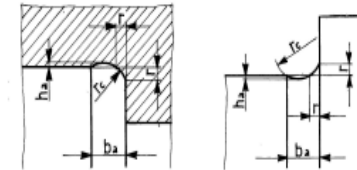


Fig. 1.18 - Raccordi eccessivi impediscono l'appoggio del cuscinetto agli spallamenti.

Raccordo



Gola di scarico



La battuta di appoggio deve avere un raggio di raccordo ed un'altezza minima correlate al raggio di raccordo dell'anello del cuscinetto

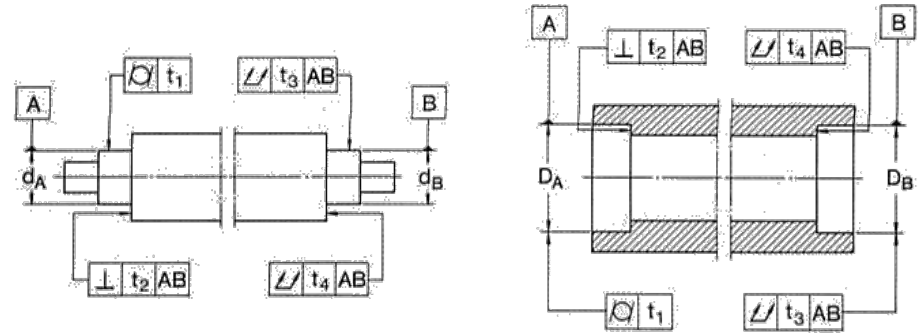
r (raggio di raccordo del cuscinetto)	r _a (raggio di raccordo dello spallamento)	h _{min} (altezza dello spallamento)
0.5	0.3	1
1	0.6	2.5
1.5	1	3
2	1	3.5
2.5	1.5	4.5
...

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
...

Tolleranze geometriche per sedi cuscinetto su alberi ed alloggiamenti

La geometria delle sedi deve essere controllata con attenzione perché influisce sul funzionamento corretto dei cuscinetti:

Tabella 7 Precisione di forma e posizione per sedi cuscinetto su alberi ed alloggiamenti



- perpendicolarità (o oscillazione totale assiale) degli spallamenti
- cilindricità (o oscillazione totale radiale) delle sedi

Superficie
Caratteristica

Simbolo
per carat-
teristica

zona di
tolleranza

Scostamenti ammissibili
Cuscinetti della classe di precisione¹⁾
Normale, CLN P6 P5

Sede cilindrica

Cilindricità
(od oscillazione
radiale totale)

○
(∕)

t₁
(t₃)

IT5
2

IT4
2

IT3
2

IT2
2

Spalleggiamento piano

Perpendicolarità
(od oscillazione
assiale totale)

\perp
(∕)

t₂
(t₄)

IT5

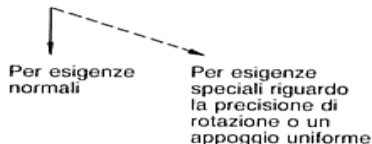
IT4

IT3

IT2

¹⁾ Per cuscinetti di precisione maggiore (precisione P4 ecc.) si prega di consultare il catalogo SKF "Cuscinetti di precisione"

Nota esplicativa



La precisione dimensionale delle sedi cilindriche è generalmente secondo il grado 6 per l'albero o il grado 7 per l'alloggiamento

Le tolleranze geometriche devono essere **di uno o due gradi migliori (minori) delle tolleranze prescritte per i diametri relativi all'albero o all'alloggiamento**

Rugosità delle sedi cuscinetto

Tabella 8 Valori indicativi circa la rugosità delle sedi cuscinetto

Diametro della sede d (D)		Valore R_a consigliato per sedi rettificate Tolleranza del diametro secondo		
oltre	fino a	IT7	IT6	IT5
mm		μm		
-	80	1,6 (N7)	0,8 (N6)	0,4 (N5)
80	500	1,6 (N7)	1,6 (N7)	0,8 (N6)
500	1 250	3,2 (N8) ¹⁾	1,6 (N7)	1,6 (N7)

La rappresentazione dei cuscinetti volventi

Rappresentazione semplificata: si tralascia la rappresentazione di gabbie o altri elementi (esempio: schermi per la tenuta stagna) nonché la rappresentazione in scala dei vari elementi

Possibilità di individuare tutte le parti del cuscinetto con un unico tratteggio (come fosse un particolare unico)

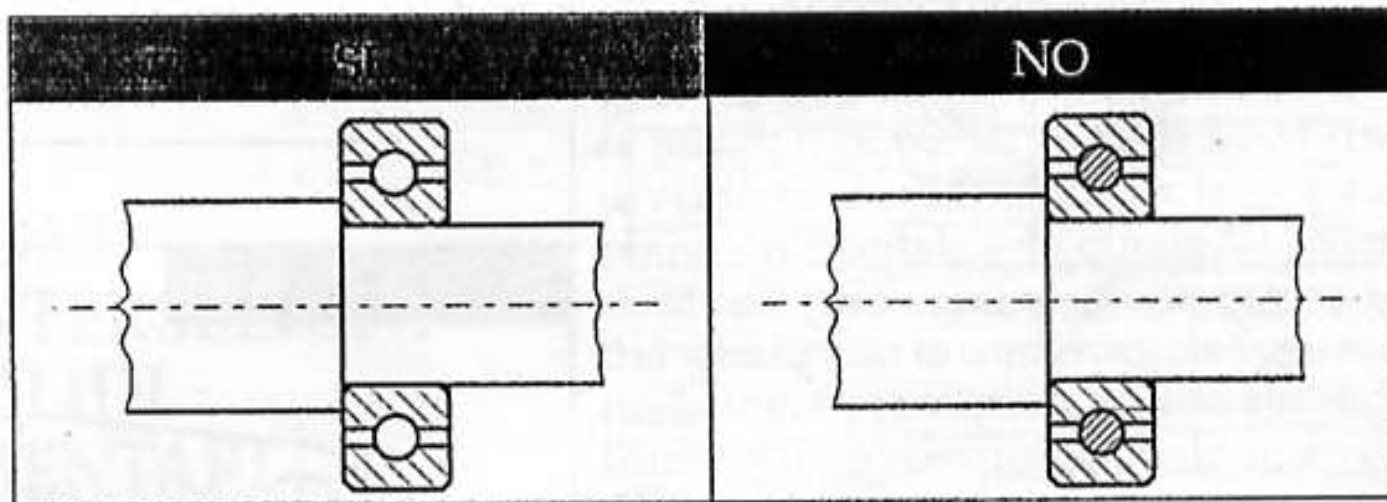


Fig. 60. Non si sezionano rulli e sfere nei cuscinetti volventi.

Rappresentazione schematica dei cuscinetti volventi

Il *generico* cuscinetto volvente viene rappresentato schematicamente con un quadrato recante una croce in posizione centrale

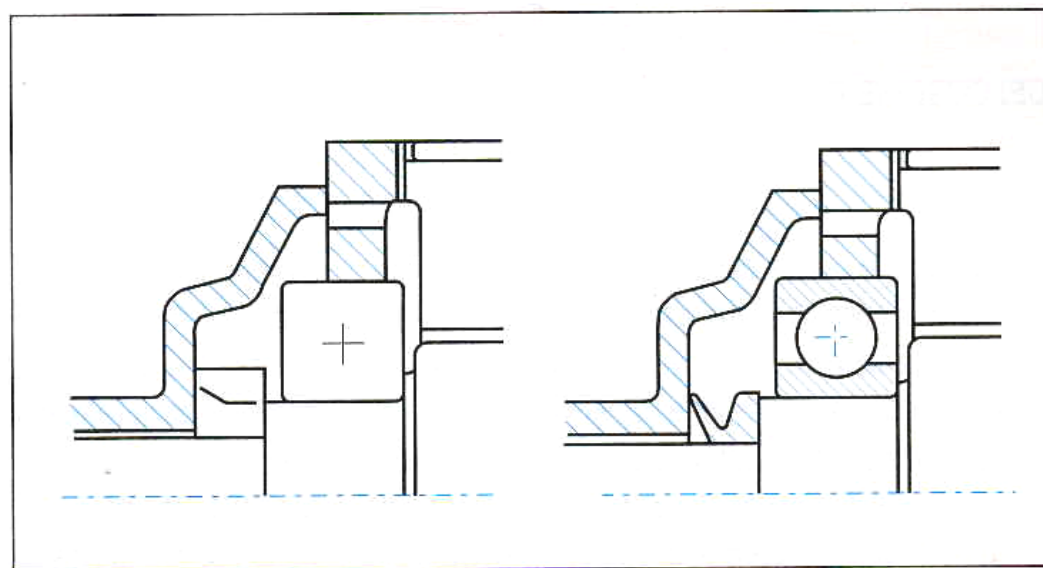
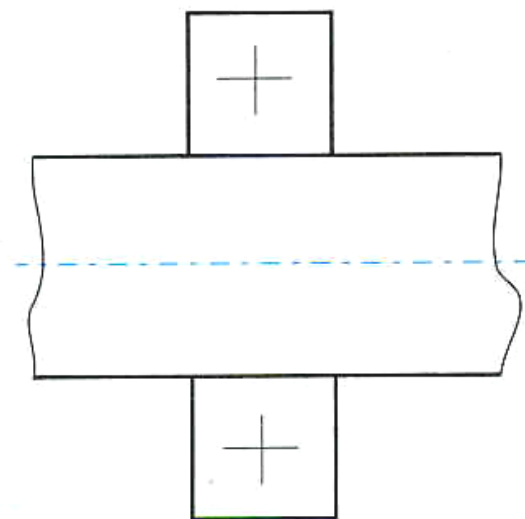























Fig. 62. Esempi di rappresentazione semplificata a destra e simbolica (a sinistra) dei cuscinetti volventi (e di anelli di tenuta, vedi paragrafo successivo).

Rappresentazione simbolica dei cuscinetti volventi

La norma UNI ISO definisce una rappresentazione simbolica per ogni tipo di cuscinetto volvente **radiale**

La simbologia prevista dall'ISO si basa sulla combinazione di:

-) un **tratto rettilineo** per i cuscinetti rigidi e **curvo** per i cuscinetti orientabili
-) **uno o più trattini**, **perpendicolari al precedente**, che indicano le file di corpi volventi.

	TIPO	DISEGNO SEMPLIFICATO	RAPPRESENTAZIONE SIMBOLICA
rigido a sfere			
rigido a due corone di sfere			
rigido a rulli			
orientabili			
orientabili senza anello interno			
orientabile a doppia corona di sfere			
orientabile a doppia corona di rulli a botte			

La norma UNI ISO definisce una rappresentazione simbolica per ogni tipo di cuscinetto volvente **obliquo**







TIPO	DISEGNO SEMPLIFICATO	RAPPRESENTAZIONE SIMBOLICA
A sfere		
A rulli conici		
A doppia corona di sfere		

Fig. 54. Cuscinetti obliqui.

La lubrificazione dei cuscinetti volventi

Nei cuscinetti volventi la lubrificazione è necessaria essenzialmente per:

- migliorare le condizioni di attrito tra le parti in moto relativo
- asportare il calore che si genera in corrispondenza delle superfici di contatto durante il funzionamento (riduzione della temperatura del cuscinetto)
- rendere più silenzioso il cuscinetto durante il funzionamento



Lubrificazione con grasso

Lubrificazione con olio

Lubrificazione con grasso

È da preferire alla lubrificazione con olio ogniqualvolta sia possibile perché presenta i seguenti vantaggi:

- il grasso è più facilmente trattenuto in sito
- consente l'impiego di dispositivi di lubrificazione più semplici ed economici
- contribuisce meglio alla protezione dei cuscinetti dall'umidità e dalle impurità

Il valore massimo ammissibile della velocità di rotazione è ovviamente inferiore a quello ottenibile con una lubrificazione ad olio

Tenute e guarnizioni

Scopo: evitare fuoriuscite di un fluido (per esempio un lubrificante) ed impedire infiltrazioni di impurità (polvere, umidità)

A seconda che le parti meccaniche, tra le quali si teme la fuoriuscita di fluido o l'ingresso di sostanze estranee, siano o meno in moto relativo tra loro si impiegano **guarnizioni (o tenute) statiche o dinamiche**

Organi di Tenuta: materiali

La scelta del mezzo di tenuta dipende dalla natura del fluido (gas vapore acqua, olio), dalla pressione e dalla temperatura e dalla tenuta statica o dinamica

I materiali con cui le guarnizioni sono realizzate possono essere svariati; in generale ad essi si richiedono i requisiti seguenti:

- **Resistenza meccanica:** per sopportare l'azione di serraggio e la pressione del fluido
- **Resistenza termica:** nel caso di fluidi ad alta temperatura
- **Resistenza chimica:** nel caso di fluidi chimicamente aggressivi

Fattori di scelta del mezzo di tenuta

- **Natura del fluido (gas, vapore acqua, olio,...)**
- **Pressione del fluido**
- **Temperatura del fluido**
- **Tenuta statica o dinamica**

I materiali più usati sono la gomma e la plastica, con proprietà di resistenza allo schiacciamento, agli oli e all'usura.

Anelli O-Ring

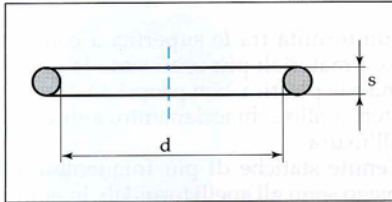


Fig. 2. Tenute tipo OR (O ring).

Sono tra le **tenute statiche** di più frequente impiego. Il funzionamento si basa sulla deformazione elastica subita dopo il montaggio in una sede con una dimensione trasversale inferiore al diametro della sezione originaria della guarnizione. La reazione elastica conseguente si traduce in una pressione sulle superfici a contatto che garantisce una tenuta efficace

Gli elementi, tra cui gli anelli sono inseriti, prevedono in genere accoppiamenti dell'ordine H8/g7

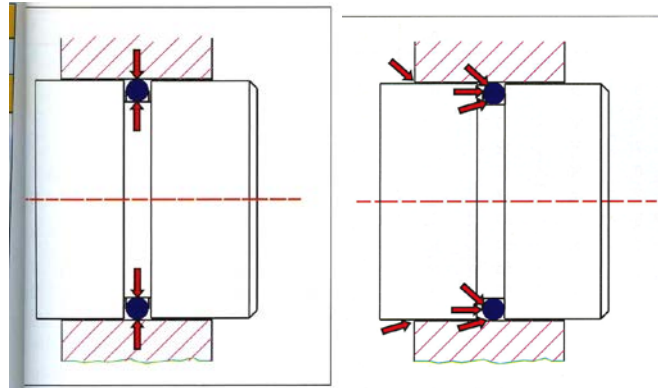
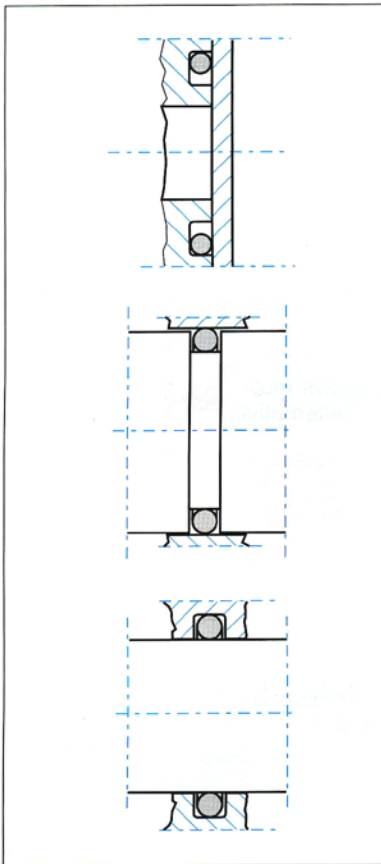


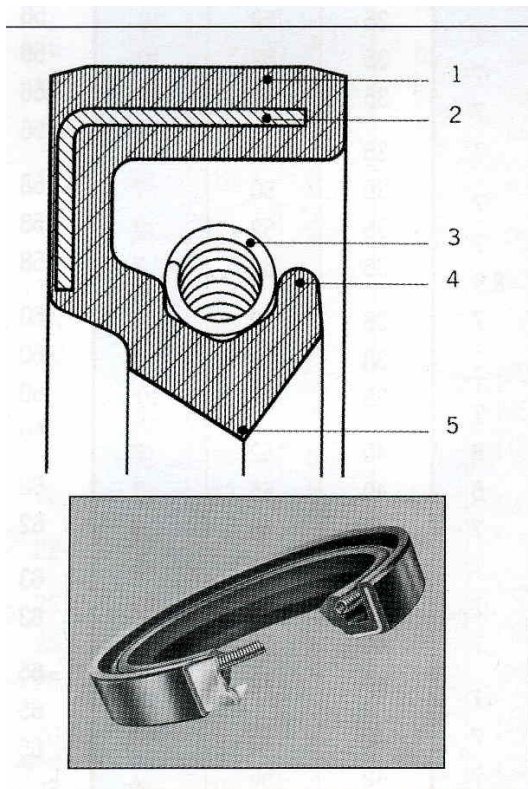
Fig. 4. Il funzionamento della guarnizione OR si basa sulla deformazione elastica subita dopo il montaggio in una sede con dimensione trasversale inferiore al diametro della sezione originaria della guarnizione. La deformazione elastica conseguente esercita una pressione sulle superfici a contatto e fornisce un'efficace tenuta automatica anche se il fluido non è in pressione.

Fig. 5. La eventuale pressione del fluido viene riassorbita dalla guarnizione OR sulle superfici con essa a contatto, migliorando l'azione di tenuta.

Vengono usati anche in presenza di **movimenti rotatori od assiali lenti** tra le parti

Anelli di tenuta a labbro flessibile

Si tratta di anelli di tenuta per alberi rotanti costituiti da **un'anima metallica**, da un **labbro di tenuta** in elastomero sintetico e da una **molla a spirale in acciaio**



In figura si riporta un anello di tenuta **Angus**

1. Guarnizione in materiale sintetico GACO con buona resistenza agli oli e ai grassi
2. Anima metallica
3. Molla elicoidale metallica
4. Bordo di ritegno della molla
5. Labbro di tenuta

coperchio



La rugosità dell'albero non dovrebbe essere superiore a $0.2-0.4 \mu\text{m}$ con tolleranza h9, mentre per la sede si ha tolleranza H8

L'anello deve essere orientato con la concavità rivolta verso l'ambiente in cui è contenuto il fluido sul quale occorre esercitare la tenuta



Tenute a labbro ad U

Si tratta di **anelli di tenuta per moti rettilinei**. Presentano una sezione ad U in cui uno dei tratti, più flessibile, viene spinto contro la superficie di strisciamento dallo stesso fluido che contribuisce a contenere.

Sono anche dette **guarnizioni automatiche** poiché la pressione del fluido deforma il labbro aumentando la tenuta.

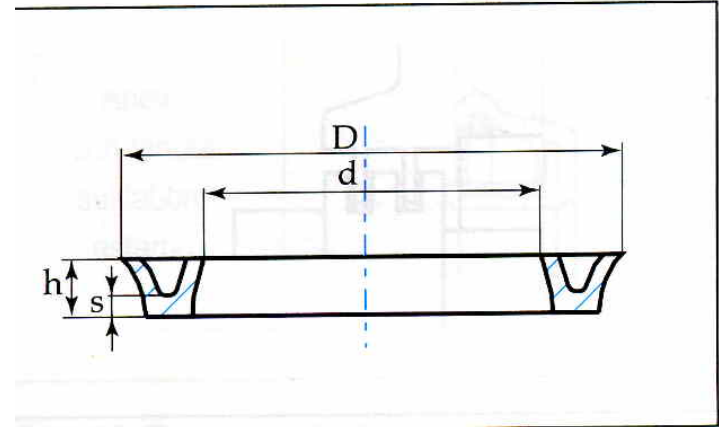


Fig. 12. Tenute a labbro ad U.

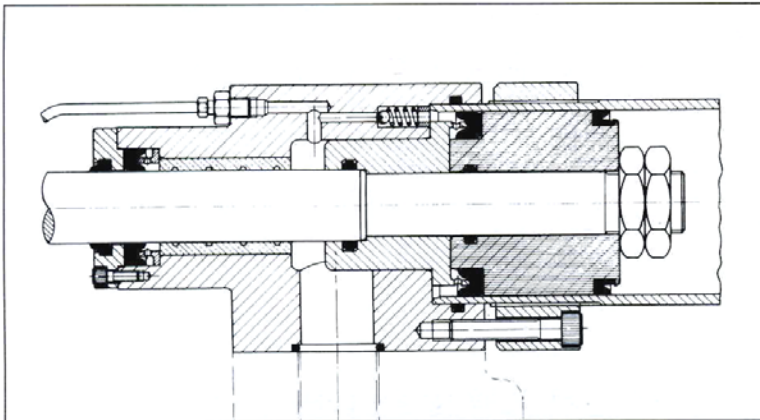


Fig. 13. Applicazioni di tenute a labbro.

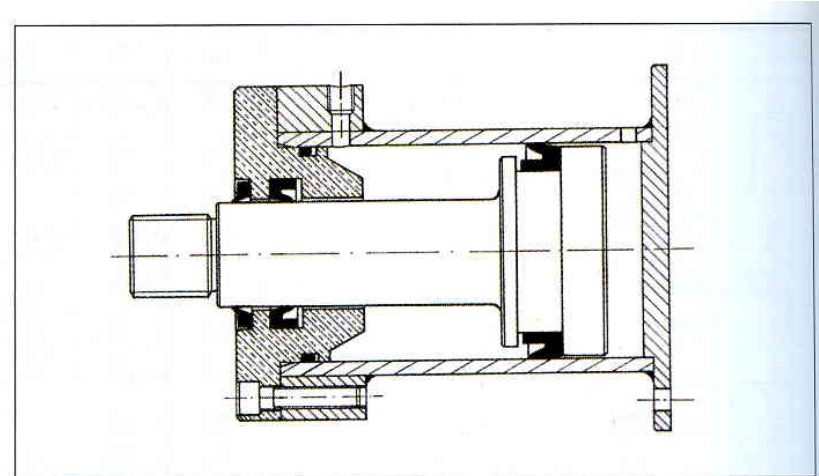


Fig. 15. Applicazione di tenute a labbro sul pistone e sulla testata di un cilindro pneumatico.

Tenute a labirinto

Si tratta di **tenute rotanti** con attrito quasi nullo, indispensabili quando vi siano **condizioni ostili** (per temperatura o sostanze presenti) o **elevate velocità di rotazione**

Queste tenute funzionano basandosi sulla difficoltà per le particelle di superare il cammino tortuoso fra un elemento mobile ed uno fisso contro cui vengono proiettate per forza centrifuga

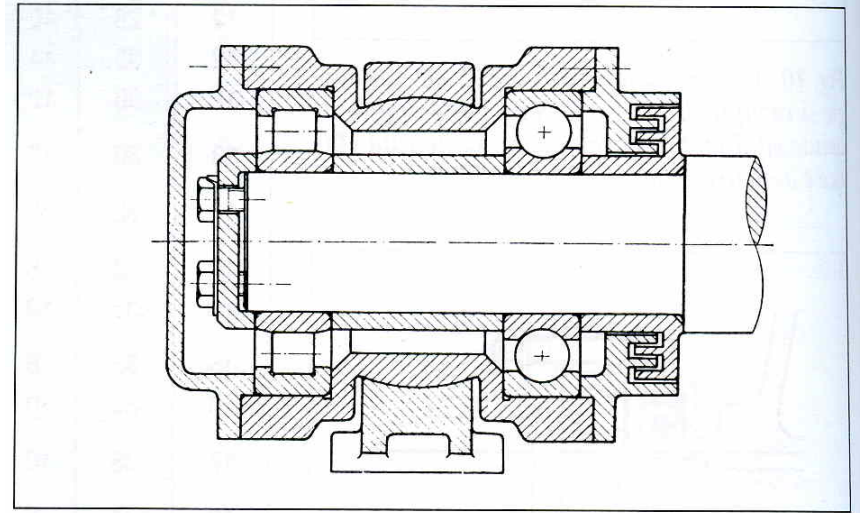


Fig. 16 Tenuta a labirinto.

Rappresentazione delle guarnizioni (UNI ISO 9222)

Anche per le guarnizioni è prevista una rappresentazione semplificata ed una simbolica

Quando si debba rappresentare una guarnizione per applicazioni dinamiche **senza specificarne il tipo, il suo ingombro è rappresentato da un quadrato recante al centro una croce diagonale.**

TIPO	DISEGNO SEMPLIFICATO	RAPPRESENTAZIONE SIMBOLICA	TIPO	DISEGNO SEMPLIFICATO	RAPPRESENTAZIONE SIMBOLICA
Generica			Anello con labbro parapolvere		
Anello di tenuta a labbro per alberi rotanti			Anello a V		
Idem, a doppio effetto			Anello ad U per moto alternativo		
Anello con tenuta sul labbro esterno			Tenuta a labirinto		

Fig. 18. Rappresentazione di guarnizioni per applicazioni dinamiche.

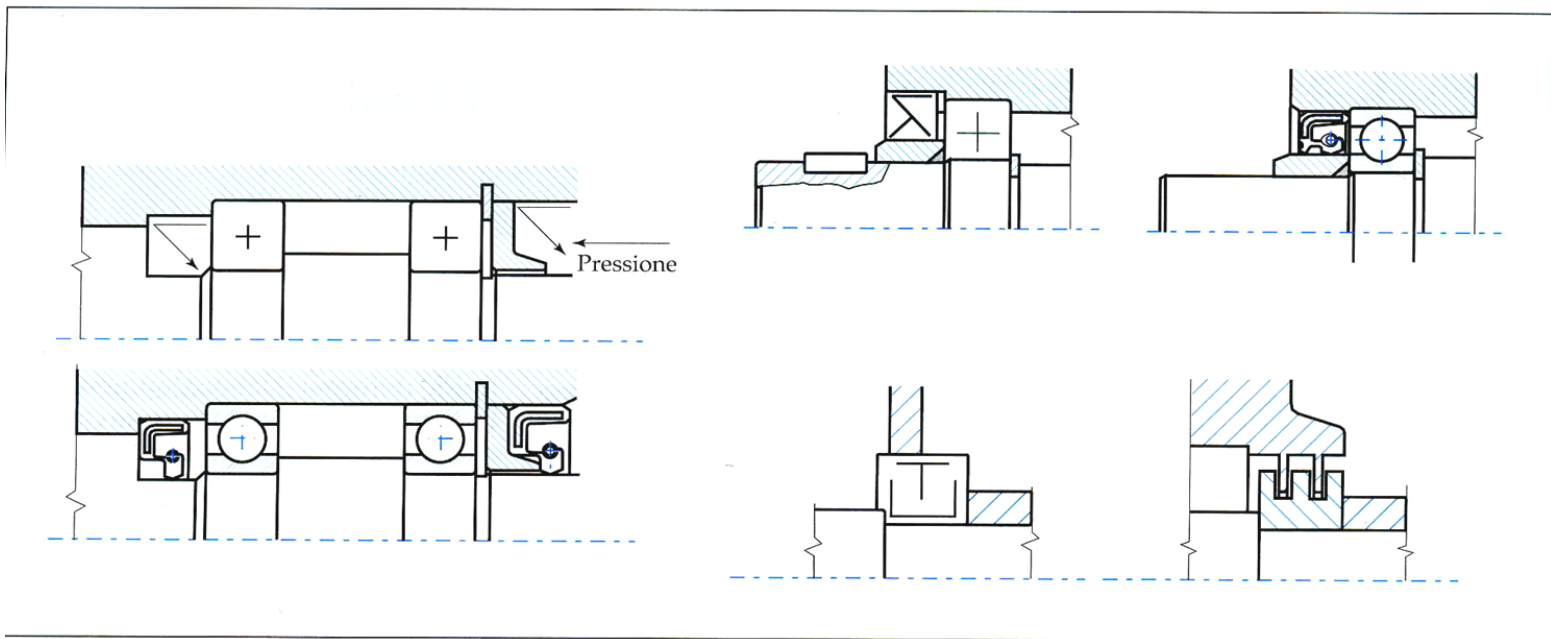


Fig. 17. Esempi di disegni semplificati con rappresentazione simbolica di guarnizioni e cuscinetti.