

DEFINIZIONI DI BASE

Si definisce **SUPPORTO** un elemento funzionale destinato a sorreggere un elemento rotante vincolandone la posizione dell'asse.

Si definisce **CUSCINETTO** la parte di supporto a contatto con l'elemento rotante.

CUSCINETTI AD ATTRITO RADENTE (CORPI IN STRISCIAMENTO)

Materiali usati	<ul style="list-style-type: none">• Ferro o bronzo• Leghe antifrizione a base di stagno e piombo
Caratteristiche dei materiali	<ul style="list-style-type: none">★ Basso coefficiente d'attrito: ridurre al minimo potenza dissipata e calore★ Elevata resistenza meccanica e a fatica★ Buona durezza superficiale (ma inferiore a quella dell'albero)★ Costanza delle caratteristiche meccaniche al variare della temperatura★ Resistenza alla corrosione★ Elevata conducibilità termica★ Buona plasticità e fusibilità
Caratteristiche costruttive	<ul style="list-style-type: none">❖ Possono essere anche di acciaio e rivestiti con un metallo antifrizione che viene fuso e colato nel cuscinetto❖ Scanalature a coda di rondine per favorire l'adesione del rivestimento al metallo di base❖ Per trattenere e distribuire uniformemente il lubrificante sono spesso presenti scanalature di varia forma❖ Possono essere costruiti in un solo pezzo o in due metà a secondo dell'accessibilità nel montaggio (collegamento biella-spinotto e collegamento biella-manovella albero motore)❖ Sono formati da un supporto fisso, una bronzina (forzata all'interno del supporto) e un albero rotante in modo da supportare il carico il modo radiale. Quando la direzione del carico da supportare non è puramente radiale, devono essere previsti dei collari sui cuscinetti di strisciamento in modo da supportare il carico sia in modo radiale che assiale

CUSCINETTI AD ATTRITO VOLVENTE (CORPI IN ROTOLAMENTO)

Costituiti da due anelli, uno esterno che rimane solidale al supporto ed uno interno che rimane solidale all'albero, e da una serie di corpi volventi interposti tra questi. Le dimensioni sono normalizzate per quanto riguarda: D (diametro anello esterno), d (diametro anello interno), B (spessore anello) e r (raggio di raccordo).

Cuscinetti volventi VS cuscinetti radenti	<ul style="list-style-type: none">• Riduzione potenza consumata• Lubrificazione ridotta al minimo con eliminazione delle cause di grippaggio• Eliminazione delle continue registrazioni richieste dai cuscinetti radenti• Calcolo e verifica più semplici grazie alla unificazione delle dimensioni di ingombro
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none">★ Impossibilità di impiego per carichi elevatissimi a causa delle elevate pressioni di contatto tra corpi volventi e piste★ Peggior funzionamento nelle applicazioni ad altissima velocità a causa di fenomeni di inerzia e frequenza propria dei corpi da portare in rotazione★ Maggior ingombro radiale

Classificazione in base a

- ❖ Forma dei corpi volventi
 - sfere, rulli cilindrici, rullini, a botte e a rulli conici
- ❖ Numero di corone di corpi volventi
- ❖ Direzione del carico (in base alla congiungente tra i punti di contatto del corpo volvente con le piste)
 - Radiali → retta perpendicolare rispetto all'asse del cuscinetto
 - Misti → retta inclinata di un certo angolo rispetto all'asse del cuscinetto
 - Assiali → retta parallela rispetto all'asse del cuscinetto
- ❖ Rigidi (assi anelli coincidenti) od orientabili (assi anelli orientabili tra loro mantenendo fisso un punto in comune detto centro del cuscinetto)

Montaggio

- ♣ Non montare mai cuscinetti rigidi quando non si è certi della perfetta co-assialità dei supporti per evitare funzionamenti cinematicamente scorretti.
- ♣ È opportuno che le sedi siano progettate in modo da non presentare discontinuità.
- ♣ Gli spallamenti su cui vanno ad appoggiare gli anelli dei cuscinetti devono avere altezza opportuna (tabella). In caso di spallamento eccessivo od insufficiente si può ricorrere a soluzioni del tipo riportato nelle figure.
- ♣ Gli spallamenti dovranno essere dotati di scarichi o raggi di raccordo tali da non interferire con i cuscinetti stessi. Il raggio di raccordo dello spallamento (rg) deve essere minore del raggio di raccordo del cuscinetto (r).

Tolleranze → I cuscinetti di rotolamento vengono costruiti con superfici accuratamente rettifiche con tolleranze molto ristrette. Sia la dimensione del diametro esterno che quella del diametro interno del cuscinetto sono realizzate con un campo di tolleranza avente scostamento superiore nullo. Per un corretto funzionamento dei cuscinetti è necessario che le sedi siano lavorate con una precisione analoga a quella con cui sono realizzati i cuscinetti. Il criterio base da seguire per assegnare le tolleranze alle sedi è il seguente:

- L'anello ruotante rispetto alla direzione del carico deve essere montato bloccato nella sua sede
- L'anello fisso rispetto alla direzione del carico deve invece essere montato con un accoppiamento libero
- La buona norma è attenersi alle istruzioni fornite dalle ditte costruttrici

L'anello al quale è affidato il compito di scorrere assialmente deve essere montato libero nella sua sede ed è quindi non ruotante rispetto alla direzione del carico. Una volta montato il cuscinetto con le dovute tolleranze, è necessario bloccare, in genere, l'anello interno in senso assiale. Sistemi possibili:

- Ghiera filettata con rosetta di sicurezza
- Fissaggio mediante anelli elastici (detti anche di sicurezza, di arresto). Esistono versioni per interni e per esterni. Il più comune è l'anello seeger:
 - Per interni
 - Per esterni → Raramente effettuato con ghiera a filettatura esterna. Talora si utilizzano anelli Seeger per interni. In genere è il coperchio stesso, che protegge il gruppo dei cuscinetti dall'ambiente esterno, a portare un opportuno risalto destinato al bloccaggio dell'anello esterno.
- Dado e controdado
- Piastrina fissata con tre viti

Sistemi di montaggio sul carter

- ❖ Cuscinetti rigidi → sono montaggi idonei per carichi normali e piccoli carichi assiali, si solito si blocca assialmente un cuscinetto e si lascia l'altro libero di scorrere o sulla sede o sull'albero. Quando si bloccano entrambi è critica la quota "I" che deve essere accuratamente tollerata.

- ❖ Cuscinetti a spinta → la forza assiale passa da una ralla dall'altra, quindi è sollecitato solo un cuscinetto, dato il verso della forza assiale.
- ❖ Cuscinetti di spinta → questo tipo tende a smontarsi quindi ha bisogno di un precarico (un carico assiale all'atto del montaggio)
- ❖ Cuscinetti reggispinga → se si vuole anche il centraggio dell'albero si deve usare un cuscinetto radiale che non assorba il carico assiale.

Rappresentazione → Un generico cuscinetto volvente si rappresenta con un quadrato recante una croce in posizione centrale. La simbologia prevista dall'ISO si basa sulla combinazione di un tratto rettilineo per cuscinetti rigidi e curvo per cuscinetti orientabili e da uno o più trattini, perpendicolari al precedente, che indicano le file dei corpi volventi. L'uso della rappresentazione simbolica ha dei limiti ed è quindi da preferire il disegno semplificato. E' possibile disegnare da un lato la sezione del cuscinetto semplificata e dall'altro quella simbolica. I cuscinetti assiali a sfere non possono avere nessun compito di centraggio assiale e devono quindi essere montati con un notevole gioco radiale sul supporto! Il cuscinetto assiale orientabile fissa in modo univoco un punto dell'asse dell'albero. Per questo motivo, quando viene montato assieme a dei cuscinetti radiali orientabili è necessario far coincidere il centro di oscillazione del cuscinetto assiale con quello di uno dei cuscinetti radiali.

CUSCINETTI RADIALI RIGIDI

Montaggio → Dei cuscinetti radiali, indistintamente a sfere o a rulli, il compito di blocco assiale dell'albero deve essere affidato ad un solo cuscinetto, che può agire come "supporto bloccato". Gli altri devono agire come "supporti liberi", devono essere cioè in grado di trasmettere esclusivamente carichi radiali, in modo da scaricare la contrazione o l'allungamento dell'albero legati a sollecitazioni termiche, scaturite da un funzionamento prolungato a velocità elevate. In mancanza di questi accorgimenti si instaurano sui cuscinetti dei carichi assiali anomali. Questa norma non è valida nel caso dei cuscinetti radiali a rulli aperti in quanto essi già consentono lo scorrimento relativo dei due anelli

CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A UNA CORONA DI SFERE

Le sfere vengono introdotte tutte da una parte grazie all'eccentricità che si può creare tra i due anelli. Esistono versioni con cava per l'introduzione delle sfere. La versione con schermo di protezione costituito da una rosetta in lamierino, ha lo scopo di trattenere il lubrificante ed impedire l'azione di agenti esterni.

CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A DUE CORONE DI SFERE

- Maggiore capacità di carico radiale.
- Adatti a sopportare anche leggeri carichi assiali in entrambe le direzioni.

CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A RULLI

I corpi volventi sono dei cilindri con asse parallelo all'asse dell'albero che rotolano in piste ricavate nei due anelli. Lateralmente i rulli sono guidati dalla presenza di orli ricavati sugli anelli. Possono sopportare prettamente carichi radiali anche se le configurazioni chiuse e semichiusa (quest'ultima solo in un senso) possono sopportare anche leggeri carichi assiali.

Tipologie	
Cuscinetti aperti	uno dei due anelli è sprovvisto di orletti e l'altro ha due orletti. È permesso lo spostamento relativo in senso assiale delle due parti del cuscinetto.
Cuscinetti semichiusi	uno dei due anelli aventi due orletti e l'altro un orletto, che consentono lo spostamento assiale relativo in una sola direzione.
Cuscinetti chiusi	uno dei due anelli con orletti integrali e l'altro con un orletto integrale ed uno riportato; non consentono spostamenti assiali.

CUSCINETTI RADIALI RIGIDI A RULLINI

- I corpi volventi sono dei cilindri con diametro molto ridotto rispetto all'altezza. I rullini sono montati senza gabbia con un certo gioco circonferenziale per favorire il loro rotolamento.
- L'anello esterno ha gli orletti integrali ed ha una scanalatura con dei fori in mezzzeria per favorire la circolazione del lubrificante. Si utilizzano quando sussistono problemi di ingombro radiale.
- Esistono configurazioni senza uno dei due anelli per ridurre ulteriormente l'ingombro radiale. In questi casi sono la superficie del supporto o dell'albero, opportunamente trattate per aumentarne la durezza, a fungere da anelli.

CUSCINETTI ASSIALI RIGIDI

I cuscinetti assiali rigidi sono principalmente a sfere e sono prodotti in due tipi: a semplice e a doppio effetto. Sono in grado di sopportare esclusivamente carichi assiali.

SEMPLICE EFFETTO

Sono due anelli, muniti di gole, fra i quali sono alloggiare le sfere distanziate da una gabbia. L'anello di minor alesaggio (il diametro interno dei due anelli differisce da 0.2 a 0.4 mm) viene fissato all'albero, l'altro va appoggiato sulla sede che deve essere perfettamente perpendicolare all'asse dell'albero. Sono adatti a sopportare carichi assiali sono in un verso.

A DOPPIO EFFETTO

Sono costituiti da due unità a semplice effetto con in comune l'anello centrale, di diametro interno minore rispetto agli altri, che viene fissato all'albero. Gli altri due anelli sono appoggiati alle sedi del supporto. Sopportano carichi assiali nei due versi.

CUSCINETTI OBLIQUI E MISTI

Possono essere a sfere o a rulli e sopportano carichi con componenti radiale ed assiale.

CUSCINETTI OBLIQUI AD UNA CORONA DI SFERE

Il contatto tra sfere e piste di rotolamento avviene, per costruzione, obliquamente rispetto all'asse del cuscinetto. La capacità del carico assiale supportabile aumenta con l'aumentare dell'angolo di contatto. Per applicazioni in cui sono previste elevate velocità di rotazione, si utilizzano angoli di contatto più piccoli.

Questi cuscinetti, se sottoposti a carico esclusivamente radiale, determinano sugli anelli una componente di reazione assiale che tende a smontare il cuscinetto. Qualora la componente assiale del carico venga a mancare o ad essere insufficiente è necessario montarli in coppia con obliquità contrapposta.

È opportuno che questi cuscinetti siano montati vicini tra loro per impedire che le diverse dilatazioni termiche degli organi collegati influiscano sulla regolazione eseguita in sede di montaggio.

IMP → Tali cuscinetti non posizionano l'asse di rotazione per cui occorreranno sempre anche dei cuscinetti radiali. Lasciare gioco radiale tra anello e supporto.

Montaggio → I cuscinetti obliqui devono essere vincolati su due spallamenti diagonalmente opposti e vengono montati a coppie con obliquità contrapposte. Si distinguono due tipi di montaggio: ad "O" oppure a "X". Deve essere prevista una regolazione per il recupero del gioco assiale che si crea durante il funzionamento. La regolazione avviene registrando il sistema di fissaggio oppure interponendo tra sistema di fissaggio e cuscinetto degli spessori calibrati.

- Disposizione ad "O"

Relativamente rigida ed in grado di sopportare anche momenti ribaltanti. Le linee di carico divergono verso l'asse del cuscinetto. Possono sopportare carichi assiali in entrambi i versi, ma solo su un cuscinetto per ogni direzione. Viene generalmente utilizzata per basse velocità di rotazione. Le dilatazioni assiali dell'albero, conseguenti al riscaldamento, tendono a far diminuire il precarico. Inoltre, aumenta la possibilità di sopportare momenti ribaltanti. Il montaggio ad O, allontanando i centri di spinta, conferisce a tutto il supporto maggiore rigidità rispetto a quello a X.

- Disposizione a "X"

Non rigida come quella ad "O". Meno sensibile al disallineamento. Le linee di carico convergono verso l'asse del cuscinetto. Possono sopportare carichi assiali in entrambi i sensi, ma solo su un cuscinetto per ogni direzione. particolarmente indicata per velocità di rotazione elevate. Le dilatazioni assiali dell'albero aumentano il precarico.

- Disposizione in tandem

Si utilizza quando la capacità di carico di un cuscinetto singolo non è sufficiente. Le linee di carico sono parallele e i carichi radiale e assiale vengono distribuiti uniformemente fra i cuscinetti. Il gruppo di cuscinetti può sopportare carichi assiali in un unico verso. Se i carichi assiali agiscono in ambo le direzioni, è necessario prevedere un terzo cuscinetto montato in opposizione rispetto alla coppia in tandem.

CUSCINETTI OBLIQUI A DUE CORONE DI SFERE

Sono utilizzati per impedire lo smontaggio del cuscinetto in presenza di rilevanti carichi radiali e per sopportare carichi assiali nei due sensi. Realizza, in modo più compatto, il montaggio di due cuscinetti obliqui ad una corona di sfere in disposizione ad "O". Consentono di realizzare disposizioni rigide e sono in grado di sopportare momenti ribaltanti.

CUSCINETTI OBLIQUI A RULLI

I corpi volenti sono costituiti da tronchi di cono con assi inclinati rispetto all'asse dell'albero. L'anello esterno ha la sede di rotolamento conica ed è sfilabile, l'anello interno, ha anch'esso sede di rotolamento conica, ed è provvisto di due orletti: quello di dimensioni maggiori sopporta le spinte assiali dei rulli, quello minore è di sicurezza per evitare la scomposizione del complesso. Questi cuscinetti sono adatti a sopportare carichi radiali, assiali (in un unico verso) e combinati a velocità non troppo elevate. Per il corretto funzionamento cinematico è necessario che il moto dei rulli sulle piste sia di puro rotolamento e ciò si ha solo se i vertici dei coni, costituenti le due piste e i rulli sono coincidenti. Per qualsiasi punto P appartenente alle generatrici di contatto dei due coni deve essere costante il rapporto r'/r fra il raggio della sede ed il raggio del rullo. E deve valere inoltre la relazione che $w/w' = r'/r$ con w =velocità angolare. Ciò è possibile solo se i vertici dei coni costituenti il rullo e l'anello interno coincidono. Analogamente si può considerare per il contatto tra rullo ed anello esterno.

Montaggio → Se la capacità di carico di un singolo cuscinetto non è sufficiente o se l'albero deve essere vincolato assialmente in entrambi i versi si montano cuscinetti appaiati con uno specifico gioco o precarico assiale. Cuscinetti e distanziali vengono accoppiati in produzione e forniti come gruppo.

- Disposizione in tandem

Si utilizza quando la capacità di carico di un cuscinetto singolo non è sufficiente. Le linee di carico sono parallele e i carichi radiale e assiale vengono distribuiti uniformemente fra i cuscinetti. Il gruppo di cuscinetti può

sopportare carichi assiali in un unico verso. Se i carichi assiali agiscono in ambo le direzioni, è necessario prevedere un terzo cuscinetto montato in opposizione rispetto alla coppia in tandem.

- Disposizione ad "O"

Relativamente rigida ed in grado di sopportare anche momenti ribaltanti. Le linee di carico divergono verso l'asse del cuscinetto. Possono sopportare carichi assiali in entrambi i versi, ma solo su un cuscinetto per ogni direzione.

- Disposizione a "X"

Non rigida come quella ad "O". Meno sensibile al disallineamento. Le linee di carico convergono verso l'asse del cuscinetto. Possono sopportare carichi assiali in entrambi i sensi, ma solo su un cuscinetto per ogni direzione.

CUSCINETTI OBLIQUI A SFERE A 4 PUNTI DI CONTATTO

I cuscinetti a sfere a quattro punti di contatto sono cuscinetti radiali obliqui a una corona di sfere con piste concepite per sopportare carichi assiali che agiscono in entrambe le direzioni. Per un determinato carico assiale, possono sopportare un carico radiale limitato. Questi cuscinetti occupano uno spazio assiale notevolmente ridotto rispetto ai cuscinetti a due corone. L'anello interno è in due metà, il che consente di inserire nel cuscinetto un numero notevole di sfere, conferendogli un'elevata capacità di carico. I cuscinetti sono scomponibili, cioè l'anello esterno con il gruppo sfere e gabbia possono essere montati in modo indipendente dalle due metà dell'anello interno.

CUSCINETTI RADIALI ORIENTABILI

Possono essere a sfere o a rulli. Quelli a sfere esistono solo nella versione a due corone di sfere. Si utilizzano ove non sia possibile garantire la co-assialità dei supporti e dovunque si possano verificare disassamenti

A SFERE

L'anello interno ha due piste, l'anello esterno ha un'unica pista sferica che permette il corretto rotolamento del cuscinetto anche quando gli assi dei due anelli non coincidono.

A UNA CORONA DI RULLI

L'anello esterno ha una pista sferica che consente l'orientabilità del cuscinetto, l'anello interno ha una pista torica con due orletti. Su queste piste rotolano corpi volventi costituiti da rulli a botte. Sopportano forti carichi radiali ed urti mentre la capacità di carico assiale è pressoché nulla.

A DUE CORONE DI RULLI

I cuscinetti orientabili a rulli (a botte) sono dotati di due corone di rulli, un anello esterno con pista sferica comune e un anello interno con due piste toriche a una determinata inclinazione rispetto all'asse del cuscinetto. L'anello interno ha tre orletti: quello centrale sopporta le spinte dei rulli mentre gli altri due ne impediscono la fuoriuscita. Il punto centrale delle sfere della pista dell'anello esterno è sull'asse del cuscinetto. Quindi, questi cuscinetti sono orientabili e insensibili al disallineamento dell'albero rispetto all'alloggiamento, che può essere causato, ad esempio, dalla deflessione dell'albero. I cuscinetti orientabili a rulli sono stati concepiti per sopportare pesanti carichi radiali, nonché leggeri carichi assiali in ambo le direzioni.

CUSCINETTI ASSIALI ORIENTABILI

Possono essere a sfere o a rulli, quelli a sfere possono essere a semplice o a doppio effetto. Si montano quando non è possibile garantire la perpendicolarità tra asse dell'albero e piano di appoggio del cuscinetto.

A SFERE

Permettono l'orientamento dell'albero rispetto al supporto. Sono corrispondenti a quelli rigidi tranne il fatto che l'anello di maggior alesaggio in quelli a semplice effetto e gli anelli esterni in quelli a doppio effetto hanno le sedi di appoggio sferica sulla quale avviene l'orientamento del cuscinetto intorno ad un punto esterno al cuscinetto stesso. Sopportano carichi esclusivamente assiali.

A RULLI

I cuscinetti assiali orientabili utilizzano rulli a botte con gli assi convergenti in un punto dell'asse del cuscinetto. L'anello da montare sull'albero ha la pista torica con un orletto che sopporta la spinta dei corpi volventi, sempre presente data la forma. L'altro anello ha la pista sferica, su cui si orienta il cuscinetto, con il centro al di fuori del cuscinetto stesso. Questi cuscinetti sopportano forti carichi assiali (in un verso) e possono sopportare anche carichi combinati purché la componente radiale sia inferiore a quella assiale. Possono consentire il disallineamento statico dell'albero rispetto all'alloggiamento, che può essere causato, ad esempio, dalla deflessione dell'albero.