

Installazione e manutenzione dei cuscinetti in

a cura di Gianandrea Mazzola

Particolarmente indicati nei casi in cui siano necessari materiali particolari per la costruzione della struttura che li contiene, come alluminio, fusioni di acciaio, acciaio inossidabile, bronzo e materiali plastici, questa tipologia di cuscinetti trova interesse in molteplici settori industriali. La loro installazione può essere generalmente pilotata da tre esigenze principali: la necessità di mettere in rotazione diametri piuttosto grandi, avere un centro libero, un controllo delle inerzie e della velocità.

Simili e assimilabili ai cuscinetti a sezione sottile, i cuscinetti in elemento a rotolamento su filo si propongono quale valida risposta alle esigenze di movimentazione circolare nella costruzione di macchine, componenti e asservimenti. La tecnologia della via di scorrimento riportata sulla struttura portante prende forma sul finire degli anni '40 grazie all'intraprendenza del fondatore Erich Franke che, come giovane ingegnere alla Karl Zeiss, fu chiamato a trovare soluzioni innovative nello sviluppo dei sistemi ottici.

Una di queste fu proprio l'invenzione del cuscinetto a sfere in elementi, i cui principali vantaggi riguardano la sua elevata precisione di scorrimento, la piccola sezione trasversale, una libera selezione di materiali della struttura di contenimento, la possibilità di supportare carichi da ogni direzione, e il competitivo rapporto costo/prestazioni, in particolare con grandi diametri. In questo contesto, il primo catalogo di cuscinetti di base in elementi vide la luce nel 1949 guadagnando interesse e rispetto in molteplici settori industriali. La collaborazione di Roberto Pescarmona, titolare di HTC di Cuornè (TO), distributore di prodotti Franke, ha permesso di approfondire la

COME SCEGLIERE IL CUSCINETTO

In fase di progettazione della macchina, e quindi in base al tipo di applicazione, la scelta di un cuscinetto in elementi a rotolamento su filo può essere pilotata da tre esigenze principali: la necessità di mettere in rotazione diametri piuttosto grandi, avere un centro libero, un controllo delle inerzie e della velocità.

I dati da tenere in considerazione sono il carico utile, la precisione, la velocità di rotazione, l'uniformità di scorrimento. Un ulteriore parametro, molto spesso trascurato e sottovalutato, riguarda il tempo medio di buon funzionamento, ovvero, che ciclo di vita deve soddisfare lo stesso cuscinetto. Tale dato, in abbinamento ai precedenti, completa il quadro delle specifiche necessarie affinché si ottenga la giusta resa prestazionale, con il corretto fattore di sicurezza statica. In fase di progettazione è altresì importante definire la modalità di pre-carico. Ci sono infatti due



conoscenza di questi componenti e di metterne in evidenza peculiarità e indicazioni di montaggio e manutenzione.

LE CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Stiamo parlando di cuscinetti particolarmente indicati nei casi in cui siano necessari materiali particolari per la costruzione della struttura come alluminio, fusioni di acciaio, acciaio inossida-

I principali vantaggi dei cuscinetti a rotolamento su filo sono rappresentati dalla possibilità di avere ampi diametri, sino a 7.000 mm.

bile, bronzo e materiali plastici (versioni antimagnetiche). Le versioni standard sono prodotte in acciaio temprato (54SiCr6), con anelli di scorrimento che si adattano infatti alla struttura permettendo l'utilizzo di materiali diversi. I cuscinetti in elementi Franke sono composti da quattro vie di scorrimento in acciaio temprato e rettificato e una gabbia in poliammide contenente le sfere. Tale struttura offre notevoli vantaggi nella progettazione e costruzione di macchine, attrezzature e componenti, lasciando libera scelta nel materiale di alloggiamento, garantendo elevate capacità di carico con ingombri ridotti. La pista di scorrimento ha una raggatura che normalmente è dell'87% ri-

spetto al diametro della sfera. Tale valore può essere comunque incrementato per migliorare alcune caratteristiche, e in modo particolare delle capacità di carico; ciò a scapito tuttavia delle velocità e degli attriti.

HTC mette a disposizione tre gamme standard di prodotto: i cuscinetti in elementi LEL rettificati, LER a profilo rettangolare e LED a doppio profilo. I primi hanno le vie di scorrimento in acciaio rettificato, sono previsti in sezioni da 5,9 fino a 50 mm, diametri da 70 a 7.000 mm, portate fino a oltre 1.000 kN. I cuscinetti serie LER sono invece caratterizzati da vie di scorrimento in acciaio trafilato a profilo rettangolare, sono previsti con sezione da 11 x 13 mm, in diametri da 100 a 1.500 mm, per portate superiori a 200 kN. Infine, i cuscinetti LED hanno vie di scorrimento in acciaio profilato rettificato o trafilato a doppio profilo; sono previste esecuzioni nelle sezioni da 12,86 x 12,86 mm fino a 14,61 x 14,61 mm, per portate di poco inferiori a 500 kN. Tra i principali settori applicativi si segnalano l'industria tessile, la microelettronica, la meccanica, l'industria medica e le macchine utensili, e anche il settore della robotica antropomorfa.

versioni standard raggiungono i 12 m/s). Sono poi disponibili anche versioni antimagnetiche e in acciaio inossidabile sempre in tutti i diametri di scorrimento prima citati. Da aggiungere, inoltre, che una loro installazione non richiede la rettifica della sede; gli anelli sono infatti sempre aperti e in grado di adattarsi alla struttura, all'interno comunque di determinate tolleranze. La tabella mette in evidenza i principali vantaggi e svantaggi delle due tipologie di cuscinetti presi in esame. Non tiene conto di applicazioni particolari ma vuole essere indicativa degli aspetti che maggiormente emergono da una comparazione oggettiva a largo spettro.

versioni standard raggiungono i 12 m/s). Sono poi disponibili anche versioni antimagnetiche e in acciaio inossidabile sempre in tutti i diametri di scorrimento prima citati. Da aggiungere, inoltre, che una loro installazione non richiede la rettifica della sede; gli anelli sono infatti sempre aperti e in grado di adattarsi alla struttura, all'interno comunque di determinate tolleranze. La tabella mette in evidenza i principali vantaggi e svantaggi delle due tipologie di cuscinetti presi in esame. Non tiene conto di applicazioni particolari ma vuole essere indicativa degli aspetti che maggiormente emergono da una comparazione oggettiva a largo spettro.

VANTAGGI ED ECONOMIE NEL LORO UTILIZZO

Principali vantaggi dei cuscinetti a rotolamento su filo sono rappresentati dalla possibilità di avere ampi diametri (da 70 fino a 7.000 mm), possibilità di mettere in rotazione delle strutture con un ampio centro libero, con conseguente riduzione delle inerzie in gioco (grazie anche all'impiego di materiali leggeri), per velocità che possono sfiorare in alcuni casi i 20 m/s (le

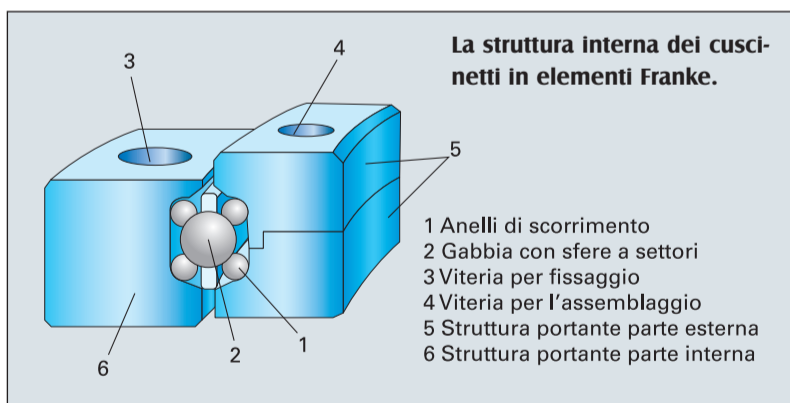
QUALI SONO LE FASI DI MONTAGGIO

I cuscinetti in elementi sono composti da quattro anelli di scorrimento e una gabbia con sfere a settori. Tali componenti verranno assemblati nella struttura ospite che può essere costruita in acciaio, ghisa, alluminio, bronzo o materiali plastici. La resistenza allo scorrimento è influenzata dall'accoppiamento delle parti della struttura. Per il loro montaggio si deve applicare una minima quantità di grasso nella sede dell'anello, al fine di mantenere lo stesso nella sua sede. È necessario identificare poi la parte di scorrimento e alloggiare i due anelli nella parte interna e due nella parte esterna della struttura portante. Si può procedere quindi in questo modo:

- Inserire i due anelli sulla stessa parte con la giunzione sfasata di 175° circa (Fig. 1).
- Ingrassare le gabbie a sfera e inserirle all'interno della struttura. Nel montaggio della gabbia con sfere non si devono utilizzare altre sfere che non siano quelle fornite con il cuscinetto (classe 3 DIN 5401) (Fig. 2). Nel caso in cui alcune sfere vadano perse, al fine di evitare danneggiamenti del cuscinetto, sarà necessario sostituire tutte le sfere.
- Chiudere il cuscinetto con le apposite flange (Fig. 3).
- Inserire le viti nei fori.

La corretta registrazione del pre-carico del cuscinetto si può ottenere per mezzo degli spessori sottovite (Fig. 4), oppure attraverso l'adattamento delle superfici di contatto.

Il **montaggio con spessori** è sicuramente il modo più rapido e semplice per la registrazione del pre-carico. Le fasi sono le seguenti: serrare leggermente le viti; misurare la distanza tra le superfici di accoppiamento in diversi punti sulla circonferenza e calcolare la media dei valori rilevati; selezionare un insieme di spessori il cui totale risulti non inferiore a 0,01 mm della media calcolata; inserire gli spessori tra gli anelli e serrare le viti (Fig. 5 e Fig. 6). La regolazione del pre-carico con l'**adattamen-**



Cuscinetti a filo in elementi		Cuscinetti sottili tradizionali	
Vantaggi	Svantaggi	Vantaggi	Svantaggi
Elevato rapporto prezzo/prestazioni	Rigidità	Elevata precisione	Diametri più limitati
Massa in rotazione ridotta	Precisione leggermente inferiore	Semplicità di manipolazione	Accurata esecuzione della sede di montaggio
Ampie gamme di diametri e sezioni	Smontaggio non immediato	Semplicità di montaggio e smontaggio	Prezzo elevato
Elevata velocità		4 punti di contatto ma a pre-carico definito	2 punti di contatto
4 punti di contatto			
Possibilità di regolazione di pre-carico			
Preparazione della sede di installazione più semplice			

elementi, a rotolamento su filo

LUBRIFICAZIONE E MANUTENZIONE CORRETTA PER DURARE NEL TEMPO

La scelta del lubrificante, la quantità utilizzata e la definizione dell'intervallo di lubrificazione, sono fattori determinanti nella vita del cuscinetto. Quest'ultimo deve essere fornito di sufficiente lubrificante al fine di ridurre l'attrito e prevenire la corrosione. Tutti i lubrificanti subiscono un processo di invecchiamento che ne limita la durata nel tempo e ne modifica le caratteristiche iniziali; i più longevi risultano essere i lubrificanti interamente sintetici. In base ai risultati ottenuti nel corso degli anni, Franke raccomanda per i suoi cuscinetti l'impiego di grasso Isoflex Topas NCA 52 di Klüber (DIN 51502:KHC 2 N-50). Come alternativa possono essere utilizzati lubrificanti ai saponi di litio con base polialfaolefina o minerale in accordo alla norma DIN 51825:K2K-40. È importante prestare attenzione che il lubrificante sia compatibile con l'applicazione e con i materiali utilizzati, al tipo di base, spessore, viscosità e classe di consistenza NLGI.

La quantità di lubrificante richiesta per i cuscinetti in elementi, compatibilmente con l'ambiente di utilizzo e le velocità di lavoro, è relativamente contenuta. Una quantità eccessiva di lubrificante provoca invece un innalzamento della temperatura con conseguente riduzione delle proprietà lubrificanti del grasso, aumento dell'attrito dei corpi volventi e precoce usura del cuscinetto. Il quantitativo consigliato per la prima lubrificazione è pari a circa il 30% del volume libero all'interno del cuscinetto stesso. La frequenza dell'intervallo di lubrificazione e il quantitativo di grasso necessario possono essere facilmente determinati attraverso apposite tabelle e un semplice calcolo.

■ Individuazione dell'intervallo di lubrificazione:

Velocità periferica Vu (m/s)	Intervallo di lubrificazione (h)
0 - 3	5.000
3 - 5	1.000
5 - 8	600
8 - 10	200

Tabella 1

■ Calcolo della quantità di lubrificante necessaria:

$$m = [(\varnothing KK * h2) / 3] * X$$

dove:

m = quantità di lubrificante (g)

$\varnothing KK$ = diametro di scorrimento del cuscinetto (mm)

$h2$ = spessore dell'anello del cuscinetto (mm)

X = fattore di rilubrificazione (tabella seguente)

Fattore	Settimanale	Mensile	Semestrale	Annuale
X	0,002	0,003	0,004	0,005

Tabella 2

A titolo esemplificativo, eseguiamo il calcolo per una macchina automatica a tavola rotante con cuscinetto Franke LDL 500, velocità periferica di 4 m/s, con operatività giornaliera di 16 h.

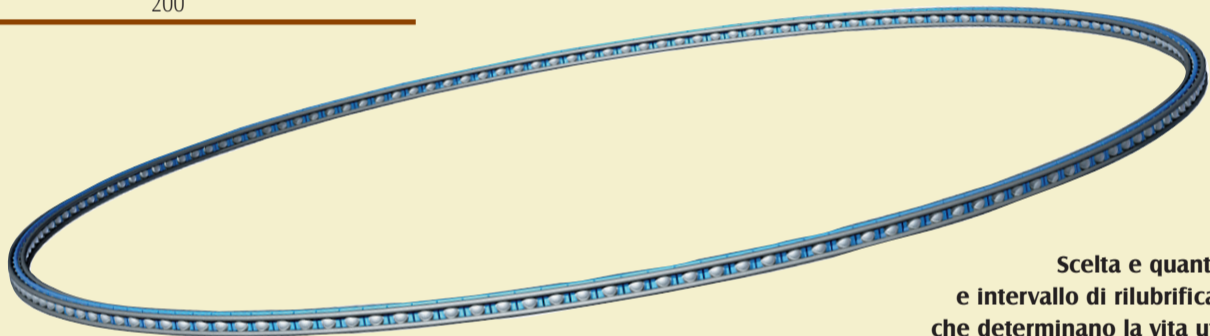
Per l'individuazione dell'intervallo di lubrificazione, dalla tabella 1, a una velocità di 4 m/s corrisponde un intervallo di lubrificazione di 1.000 h. Il fattore di rilubrificazione X si determina dividendo il valore dell'intervallo di lubrificazione precedentemente determinato (1.000 h) per il numero di ore giornaliere di operatività (16 h). Il valore ottenuto (63 giorni) determina la frequenza, in questo caso mensile. Sulla tabella 2 il valore X per la frequenza mensile è 0,003. Il valore h2 è di 42 mm (valore da catalogo).

Applicando la formula si ottiene:

$$m = [(500 * 42) / 3] * 0,003 = 21 \text{ g}$$

Per l'applicazione indicata è quindi necessaria una lubrificazione ogni 1.000 h con un quantitativo di 21 g di grasso. L'intervento di lubrificazione deve essere effettuato con l'introduzione del grasso attraverso gli appositi ingrassatori alla normale temperatura di esercizio del cuscinetto, facendolo ruotare in modo che il nuovo lubrificante sia equamente distribuito.

La manutenzione comporta quindi molta attenzione nei confronti degli intervalli di lubrificazione, ma non solo. È infatti altresì importante anche verificare lo stato di usura e l'integrità delle guarnizioni, verificare lo stato del pre-carico e, di conseguenza di assenza di "gioco". L'eccessiva rumorosità può essere sintomo di un possibile cedimento del pre-carico. Da sottolineare infine che per la lubrificazione è possibile impiegare olio per le alte velocità (da 10-12 m/s) e grasso per le basse velocità.



Scelta e quantità del lubrificante e intervallo di rilubrificazione sono fattori che determinano la vita utile del cuscinetto.

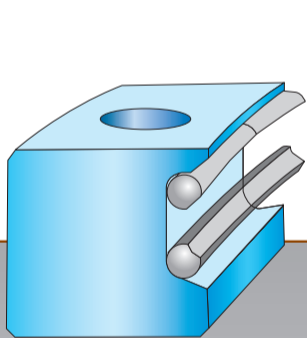


Figura 1

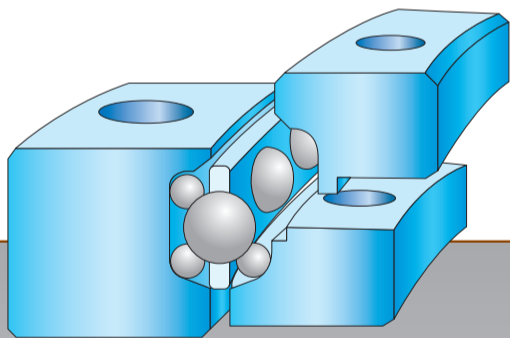


Figura 2

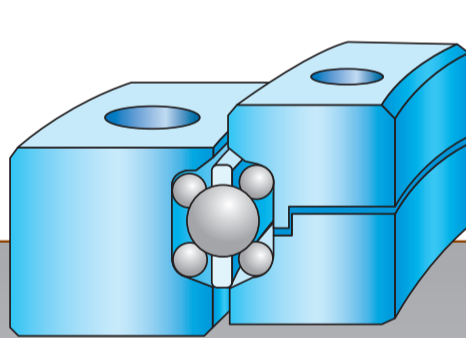


Figura 3

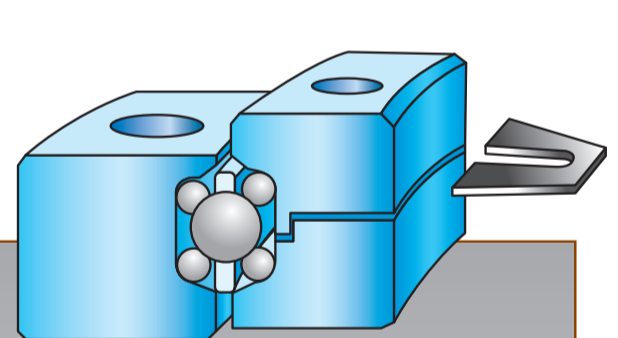


Figura 4

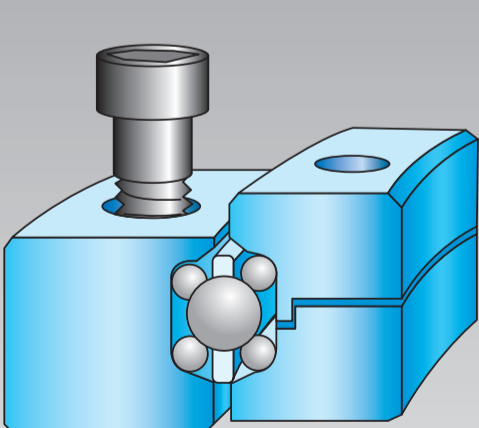


Figura 5

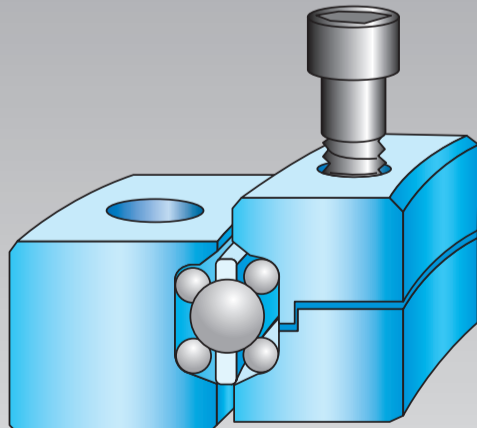


Figura 6

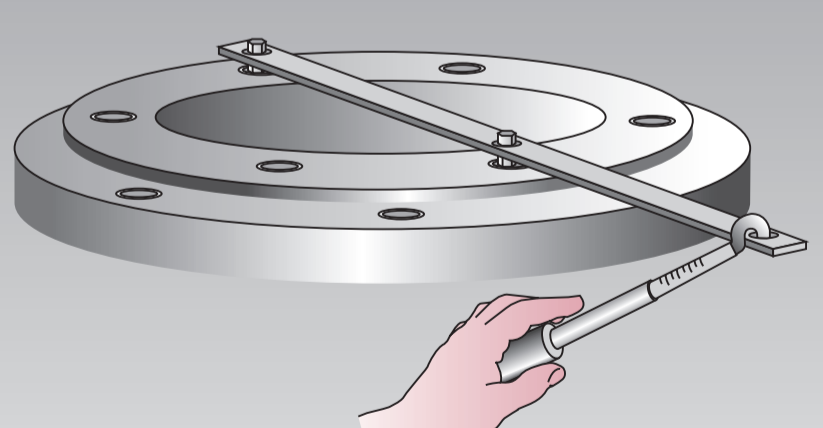


Figura 7

to delle superfici di contatto prevede invece una rilavorazione. Le fasi sono le seguenti: serrare le viti rispettando i valori di serraggio delle viti raccomandati; compiere alcune rotazioni complete del cuscinetto; controllare il gioco per mezzo di un comparatore; smontare gli anelli accoppiati. Una volta separati gli anelli e rimossa la via di scorrimento, si deve rettificare la superficie di contatto del valore misurato di gioco del cuscinetto misurato in precedenza aumentato di 0,02/0,03 mm. Rimuovere infine la polvere di rettifica e rimontare gli

anelli come descritto in precedenza. Otra fase importante di montaggio riguarda la misurazione della resistenza allo scorrimento. La stessa si esegue dopo aver serrato le viti osservando i valori di coppia raccomandati. È quindi necessario compiere alcune rotazioni complete del cuscinetto e a questo punto misurare la resistenza allo scorrimento per verificare il corretto pre-carico del cuscinetto (Fig. 7). Per tale operazione si consiglia l'utilizzo di un dinamometro applicato a una leva. Il corretto valore di pre-carico dipende dalla serie di cuscinetti uti-

lizzata e dal diametro di scorrimento. La resistenza allo scorrimento può inoltre aumentare con l'utilizzo di guarnizioni a labbro che intervengono anche come protezione da eventuali contaminanti. Se il valore di resistenza allo scorrimento differisce più del 10-15% del valore indicato a catalogo, sarà necessaria una nuova regolazione del cuscinetto. Nel montaggio con spessori, se il valore misurato non è conforme a quanto indicato, si deve sostituire gli spessori e ripetere la procedura di montaggio. L'ultima fase è infine quella dell'ingrassaggio.