



KNOWLEDGEPOOL

DANNI AI CUSCINETTI A STRISCIAMENTO



GRUPPO MOTORSERVICE

QUALITÀ E ASSISTENZA DA UN UNICO FORNITORE

Il Gruppo Motorservice è l'organizzazione di distribuzione per le attività aftermarket di Rheinmetall a livello globale. L'azienda rappresenta uno dei fornitori leader per componenti del motore nel mercato libero dei ricambi. Con i marchi premium Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components e il marchio BF, Motorservice offre ai suoi rivenditori e alle officine un ampio e vario assortimento di elevata qualità, tutto da un unico fornitore.

RHEINMETALL

TECNOLOGIE PER LA MOBILITÀ DEL FUTURO

In qualità di partner privilegiato dell'industria automobilistica, Rheinmetall è leader a livello mondiale nei settori dell'alimentazione dell'aria, della riduzione delle sostanze nocive e delle pompe nonché nello sviluppo, nella produzione e nella fornitura di ricambi di pistoni, blocchi motore e cuscinetti a strisciamento. Lo sviluppo dei prodotti avviene in stretta collaborazione con i principali costruttori automobilistici.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



TRW
EngineComponents

Redazione:

Motorservice, Technical Market Support

Layout e produzione:

Motorservice, Marketing

La riproduzione, la copia e la traduzione, anche parziali, sono consentite solo previa autorizzazione scritta da parte nostra e con opportuna indicazione della fonte.

Salvo modifiche. Le immagini possono non corrispondere esattamente a quanto descritto nel testo.
È esclusa qualsiasi responsabilità.

Editore:

© MS Motorservice International GmbH

Responsabilità

Tutte le indicazioni riportate nel presente opuscolo sono state reperite e raccolte con la massima diligenza. Ciononostante non è possibile escludere errori, la traduzione errata di dati, la mancanza di determinate informazioni o la variazione di informazioni avvenuta nel frattempo. Non possiamo pertanto assumere alcuna garanzia né responsabilità giuridica per la completezza, attualità e qualità delle informazioni messe a disposizione. È esclusa qualsiasi responsabilità da parte nostra per danni, in particolare per danni diretti ed indiretti nonché materiali ed immateriali, conseguenti all'uso oppure all'uso inappropriato di informazioni oppure informazioni incomplete o errate riportate nel presente opuscolo, ad eccezione di danni conseguenti a dolo o colpa grave da parte nostra. Conseguentemente non rispondiamo di eventuali danni attribuibili al fatto che il riparatore di motori o il meccanico non dispongano delle nozioni tecniche approfondite e delle esperienze acquisite necessarie per l'esecuzione delle riparazioni. Non è possibile prevedere in che misura i procedimenti tecnici e le avvertenze di riparazione descritti in questa sede potranno trovare applicazione per le generazioni future di motori; tale valutazione va pertanto fatta per ogni singolo caso dal riparatore di motori incaricato dei lavori o dall'officina.

CONTENUTO	PAGINA
1. NOZIONI BASILARI	5
1.1 Punti di supporto nel motore	5
1.2 Cuscinetti di banco e di biella nel manovellismo	6
1.3 Funzioni dei cuscinetti a strisciamento	7
1.4 Struttura dei cuscinetti a strisciamento	8
1.5 Smontaggio di cuscinetti a strisciamento in caso di danni	10
2. USURA DOVUTA A ATTRITO MISTO	12
2.1 Introduzione	12
2.2 Usura di adattamento in fase di rodaggio	13
2.3 Segni iniziali di grippaggio	14
2.4 Grippaggio	16
2.5 Casi speciali	18
2.5.1 Usura dei bordi unilaterale	20
2.5.2 Usura dei bordi unilaterale alternata	22
2.5.3 Usura dei bordi bilaterale	24
2.5.4 Ampia traccia di usura al centro del cuscinetto in direzione della circonferenza	26
2.5.5 Usura a strisce al centro del cuscinetto	28
2.5.6 Usura su aree opposte delle superfici di separazione	30
2.5.7 Usura bilaterale sulle aree delle superfici di separazione	32
2.5.8 Zona di usura ristretta alla sommità del semicuscinetto	34
2.5.9 Strisce strette prive di usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto	36
3. DANNI DOVUTI ALL'AZIONE DI PARTICELLE	38
3.1 Introduzione	38
3.2 Formazione di rigature	40
3.3 Incorporamento	42
3.4 Tracce dovute alla migrazione dello sporco	44
3.5 Sporco incorporato sul dorso del cuscinetto	46
4. EROSIONE E CAVITAZIONE	48
4.1 Erosione	48
4.2 Cavitazione	49
5. DANNI DA AFFATICAMENTO	52
5.1 Introduzione	52
5.2 Incrinature e scheggiature dello strato di strisciamento	54
5.3 Incrinature e scheggiature del metallo antifrizione	55
6. DANNI DA SURRISCALDAMENTO	56
6.1 Introduzione	56
6.2 Cricche da calore	57
6.3 Punti di fusione dello strato di scorrimento	58
6.4 Valterazioni cromatiche dello strato di scorrimento o del dorso del cuscinetto	59
7. CORROSIONE	60
7.1 Corrosione da attrito / ossido di ferro da ossidazione per attrito	61
7.2 Corrosione chimica	62
8. DANNI AGLI ANELLI DI SPALLAMENTO	64
9. GLOSSARIO	66

QUALCHE OSSERVAZIONE SULLA PRESENTE BROCHURE

La presente brochure fornisce una panoramica sulle diverse tipologie di danno di semicuscinetti e anelli di spallamento montati all'interno di motori. Essa aiuta inoltre l'esperto nell'ambito della diagnosi e dell'individuazione della causa del danno.

Per la valutazione dei danni al motore è sempre necessaria una visione complessiva per poter identificare le cause, non sempre univoche. Dopo una riparazione del motore, non di rado si verificano nuovi guasti e avarie. Ciò è dovuto al fatto che i componenti danneggiati sono stati sì sostituiti, ma non sono state eliminate le cause alla base del problema.

Data la complessità nell'ambito dell'interazione dei singoli componenti di un punto di supporto all'interno del motore, l'identificazione della causa di un danno spesso non risulta affatto semplice. Di frequente la causa è da ricercarsi infatti non

nel cuscinetto stesso, bensì nella zona circostante il punto di supporto. Sebbene nella maggior parte dei casi sia il cuscinetto stesso a subire il danno maggiore, la sola sostituzione dei cuscinetti interessati spesso non basta per eliminare la causa del problema.

Nel corso della riparazione professionale di un motore, occorre quindi per prima cosa individuare la causa effettiva del danno verificatosi, per poter quindi dedurre le corrette misure di riparazione da intraprendere.

Per ciascun caso di danno viene illustrata la tipologia di danno caratteristica sulla base di alcuni semicuscinetti idonei. Occorre tuttavia considerare che le tipologie di danno possono variare in base al materiale utilizzato. A causa delle diverse espressioni di una stessa tipologia di danno possono risultare differenze rispetto alle immagini contenute nella brochure.

01 Foro corpo (esempio: biella):

- Rigidità (elasticità e resistenza)
- Deformazione termica
- Tolleranze di fabbricazione
- Finitura superficiale
- Coppie di serraggio delle viti

02 Perno dell'albero:

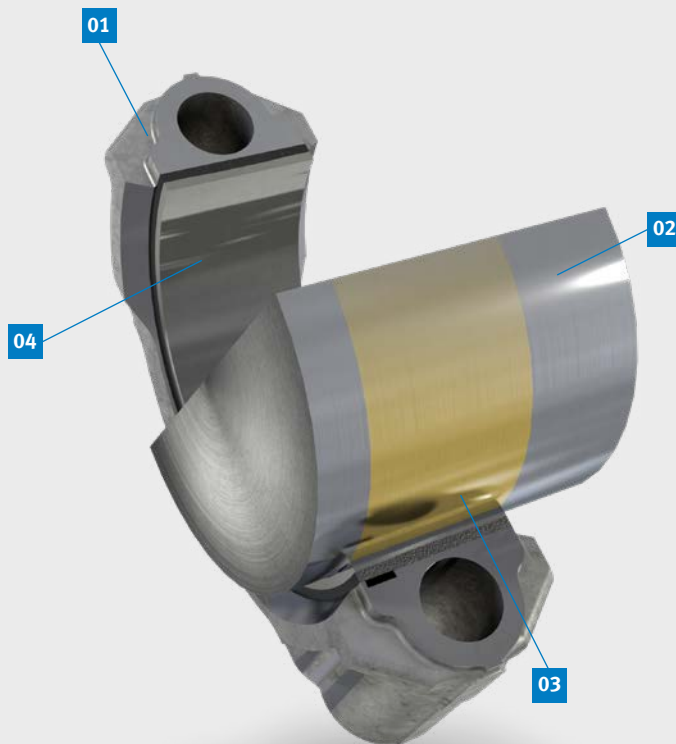
- Materiale (ad es. albero in ghisa o acciaio)
- Rigidità (elasticità e resistenza)
- Deformazione termica
- Tolleranze di fabbricazione
- Finitura superficiale

03 Lubrificazione:

- Lubrificante (viscosità, additivi)
- Alimentazione di olio (livello dell'olio, pressione dell'olio, pompa dell'olio, tubi dell'olio, filtro dell'olio)
- Grado di contaminazione con impurità

04 Semicuscinetto:

- Materiale (resistenza alle sollecitazioni, resistenza all'usura, caratteristiche di funzionamento di emergenza, capacità di incorporamento)
- Tolleranze di fabbricazione
- Finitura superficiale



1. NOZIONI BASILARI

1.1 PUNTI DI SUPPORTO NEL MOTORE

La rappresentazione del motore a sei cilindri mostra i punti di supporto nel motore. Sono montati sette cuscinetti di banco di cui uno è configurato come cuscinetto assiale. Rispettivamente in mezzo ai cuscinetti di banco sono disposti i cuscinetti di biella – per ciascun cilindro un cuscinetto di biella.

Gli altri punti di supporto, come cuscinetti degli alberi a camme, boccole piede di biella e cuscinetti per contralberi di bilanciamento, vengono in genere realizzati non per mezzo di semicuscinetti, bensì tramite boccole a strisciamento.

La presente brochure è incentrata sui semicuscinetti che nel manovellismo vengono utilizzati per il supporto del fusto di biella e dell'albero motore.



01 Cuscinetto di biella



02 Anelli di spallamento /
cuscinetto di banco
o cuscinetto flangiato



03 Cuscinetto di banco



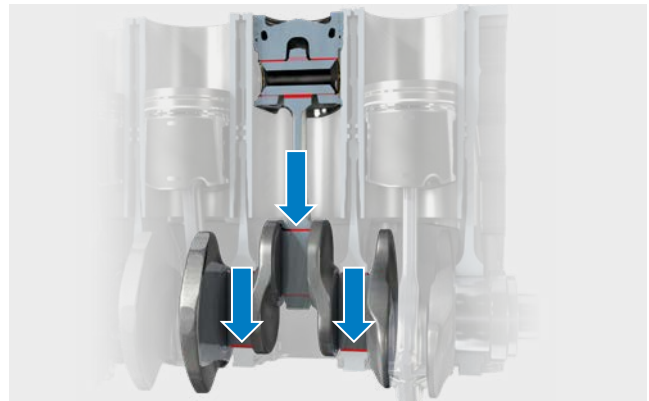
04 Boccole piede di biella

1.2 CUSCINETTI DI BANCO E DI BIELLA NEL MANOVELLISMO

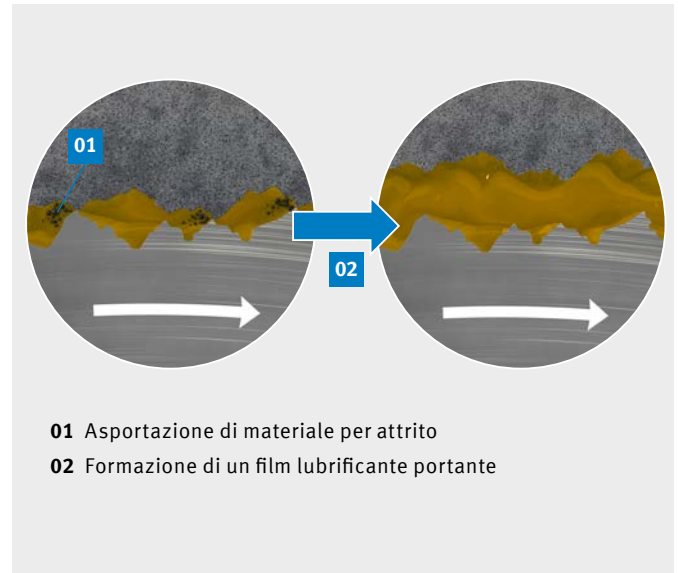
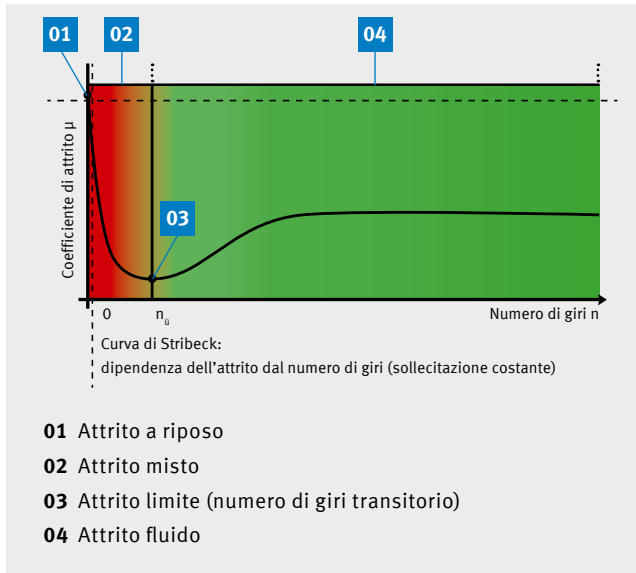
I cuscinetti di biella collegano il fusto di biella con l'albero motore. Si possono distinguere i semicuscinetti in quelli sul lato del fusto e quelli sul lato del cappello; i semicuscinetti sul lato del fusto sono soggetti a sollecitazioni notevolmente maggiori rispetto a quelli sul lato del cappello. Attraverso questi semicuscinetti, la forza di accensione generata durante la combustione viene infatti inviata all'albero motore. Nei motori a benzina anche il semicuscinetto sul lato del cappello è soggetto ad elevate sollecitazioni, in quanto, a causa dei regimi superiori rispetto a quelli del motore diesel, agiscono forze di massa elevate. Tramite appositi fori, i cuscinetti di biella vengono alimentati con olio dal cuscinetto di banco attraverso l'albero motore.

Il supporto dell'albero motore viene realizzato tramite i cuscinetti di banco. Anche qui il cuscinetto si suddivide in un semicuscinetto superiore ed uno inferiore. Nel caso dei cuscinetti di banco è il semicuscinetto inferiore a essere maggiormente sollecitato a causa dell'assorbimento delle forze di accensione. Le forze immesse da una biella nell'albero motore vengono assorbite da diversi cuscinetti di banco, con il risultato che i singoli semicuscinetti di banco devono sopportare sollecitazioni minori rispetto ai semicuscinetti di biella sul lato del fusto. Il semicuscinetto di banco superiore viene munito di una scanalatura di lubrificazione che convoglia l'olio attraverso appositi fori nell'albero motore ai cuscinetti di biella.

Per poter inoltre assorbire delle forze assiali che vengono generate ad es. all'azionamento della frizione, vengono montati come cuscinetti assiali degli anelli di spallamento o dei cuscinetti compositi.



1.3 FUNZIONI DEI CUSCINETTI A STRISCIAMENTO



La funzione principale dei cuscinetti a strisciamento consiste nell'assorbimento e nella trasmissione di forze tra componenti con movimento relativo tra loro. Inoltre si vuole minimizzare l'attrito e ottenere un movimento di rotazione pressoché esente da usura. In ogni cuscinetto durante il funzionamento vengono generate delle forze di attrito che contrastano il movimento di rotazione e producono calore. Per ridurre queste forze e dissipare il calore dovuto all'attrito, è necessario un film lubrificante tra cuscinetto e perno dell'albero. Senza questo film lubrificante il contatto diretto determina il verificarsi di attrito a secco che provoca usura e l'asportazione di materiale sul cuscinetto.

I cuscinetti a strisciamento idrodinamici, in cui si viene a formare un film lubrificante portante solamente per effetto del movimento relativo tra semicuscinetto e perno, attraversano un regime ad attrito misto fino ad un determinato numero di giri limite.

In presenza di regimi bassi, la portanza idrodinamica non è sufficiente per separare le superfici completamente tra loro. Si verifica pertanto un contatto parziale tra solidi delle superfici di strisciamento, con il conseguente rischio di danni al cuscinetto. Solo con l'aumentare del numero di giri le forze di attrito diminuiscono e si forma un film permanente di lubrificante. Si verifica quindi l'attrito fluido in cui vi è una separazione completa delle due superfici di strisciamento. Per garantire un funzionamento sicuro dei cuscinetti, la pressione del lubrificante che si viene a generare nell'interstizio del cuscinetto deve essere sufficientemente grande da poter assorbire le forze agenti sul cuscinetto senza contatto tra le superfici di strisciamento. Tali condizioni rappresentano il punto di esercizio ideale per i cuscinetti a strisciamento. Ma anche questa forma di attrito genera calore, per cui è comunque necessaria una lubrificazione sufficiente per l'asportazione di calore.

1.4 STRUTTURA DEI CUSCINETTI A STRISCIAMENTO

Conformemente alla norma DIN 50282 (“Il comportamento tribologico di materiali di strisciamento metallici – termini caratterizzanti”) è possibile caratterizzare il comportamento tribologico di un materiale di strisciamento tramite termini come caratteristiche di rodaggio, capacità di incorporamento, caratteristiche di funzionamento di emergenza, resistenza all’usura e capacità di adattamento. I requisiti posti al cuscinetto a strisciamento risultano pertanto decisivi nell’ambito della scelta dei materiali.

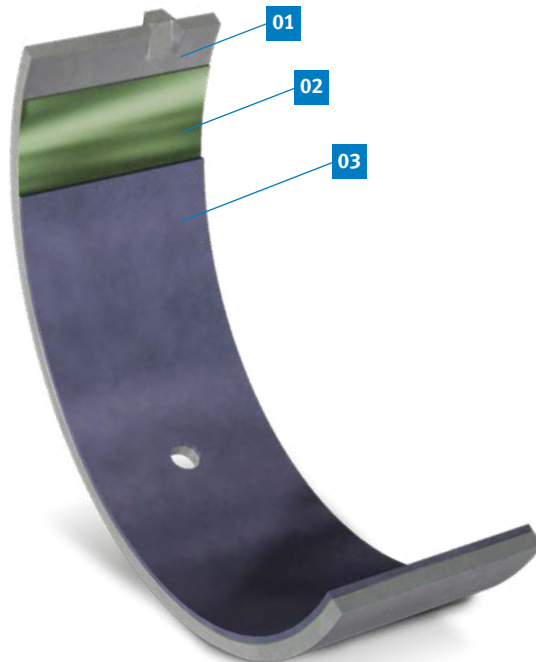
Si distinguono due diverse famiglie di materiali di strisciamento.

CUSCINETTI BIMETALLICI

- Materiali compositi acciaio-alluminio

I cuscinetti bimetallici sono costituiti da un dorso in acciaio, uno strato intermedio in alluminio puro ed un materiale antifrizione applicato tramite placcatura. Nella maggior parte dei casi si sceglie come materiale una lega di alluminio addizionata di stagno, rame e silicio.

Cuscinetti bimetallici



- 01 Dorso di acciaio
- 02 Strato intermedio (se necessario)
- 03 Materiale antifrizione



Acciaio-alluminio

Materiale antifrizione: alluminio

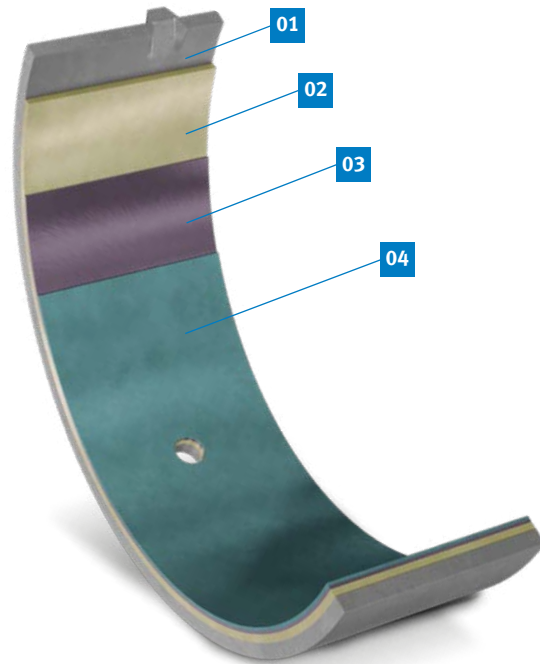
CUSCINETTI TRIMETALLICI

- Materiali compositi acciaio-bronzo o acciaio-ottone sinterizzati o fusi con uno strato overlay
- Materiali compositi acciaio-alluminio con uno strato overlay

Lo strato overlay dei cuscinetti trimetallici viene applicato, a seconda della finalità di impiego e dei relativi requisiti specifici, come strato di strisciamento aggiuntivo sotto forma di strato di vernice lubrificante o strato applicato tramite galvanizzazione o polverizzazione catodica (sputtering). Il metallo antifrizione (lega di alluminio, bronzo o ottone) viene applicato sul dorso in acciaio tramite placcatura, fusione o sinterizzazione. Come inibitore della diffusione viene applicato all'occorrenza uno strato intermedio di nichel o lega di nichel tra il materiale antifrizione e lo strato di scorrimento (overlay).

Per i cuscinetti a strisciamento si possono quindi impiegare diversi materiali, a seconda dei requisiti del caso specifico. Spesso per il semicuscinetto maggiormente sollecitato si sceglie un materiale diverso rispetto a quello per il semicuscinetto complementare. In un motore a V i semicuscinetti di biella vengono ad es. realizzati su lato del fusto tramite un semiguscio con rivestimento a polverizzazione catodica e sul lato del cappello tramite un semiguscio in materiale composito acciaio-alluminio senza alcun rivestimento.

Cuscinetti bimetallici



- 01 Dorso di acciaio
- 02 Materiale antifrizione
- 03 Strato intermedio (se necessario)
- 04 Strato di scorrimento (overlay)



Galvanizzazione

Materiale antifrizione: bronzo
Strato intermedio
Strato di scorrimento: galvanizzazione



Vernice lubrificante

Materiale antifrizione: alluminio o bronzo
Strato di scorrimento: vernice lubrificante



Polverizzazione catodica

Materiale antifrizione: ottone o bronzo
Strato intermedio (con ottone)
Strato di scorrimento: polverizzazione catodica

1.5 SMONTAGGIO DI CUSCINETTI A STRISCIAMENTO IN CASO DI DANNI

Ecco alcuni accorgimenti da attuare in caso di smontaggio di semicuscinetti in caso di danni:

- I semicuscinetti devono essere muniti di riferimenti indicanti la sede e la posizione nella linea dei cuscinetti di banco, in modo da poter ricostruire con maggiore chiarezza la dinamica all'origine del danno. Spesso oltre all'aspetto è infatti la sede a fornire indicazioni sulla dinamica all'origine del danno. In caso di flessione dell'albero motore sono ad es. soprattutto il primo e l'ultimo cuscinetto di banco lungo la linea a presentare tracce di usura unilaterali.
 - Devono essere documentati sia le condizioni di funzionamento (durata, tipo di sollecitazione) sia altri influssi, come ad es. l'olio utilizzato, in modo da permettere una migliore valutazione del danno.
 - Eventuali anomalie riscontrate su altri componenti del motore, come ad es. sull'albero motore, devono essere altrettanto documentate. Nella maggioranza dei casi si possono riscontrare danni sull'antagonista di strisciamento del cuscinetto a strisciamento. Spesso i danni sul cuscinetto sono anche conseguenti a danni su altri componenti del motore.
- Al fine di consentire analisi successive, è inoltre opportuno prelevare un campione dell'olio utilizzato e conservare il filtro dell'olio. Eventuali residui di particelle possono essere rilevati e analizzati, il che potrebbe fornire degli indizi in merito alle possibili cause del danno.
 - Vanno documentati anche i valori di coppia necessari per allentare le viti del motore. Se le viti non sono serrate con la coppia corretta, si possono verificare dei movimenti relativi tra semicuscinetto e foro corpo.



Serraggio delle viti conformemente alle indicazioni del produttore



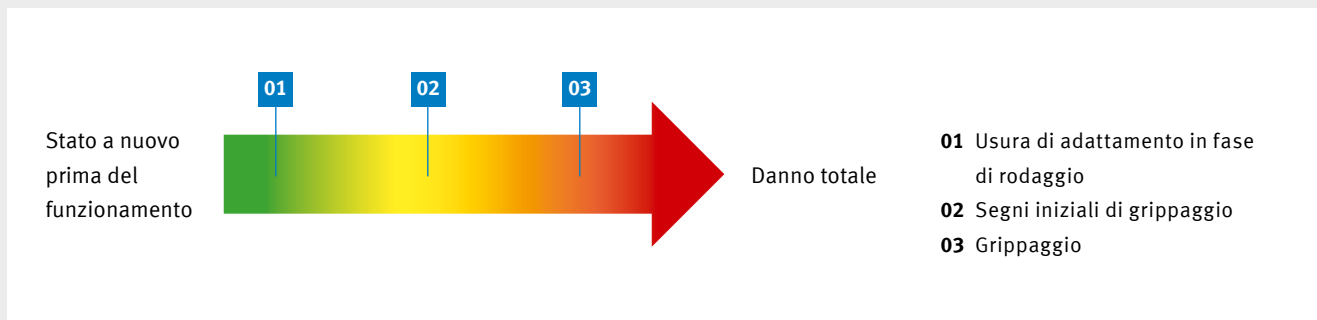
Documentazione di sede e posizione dei cuscinetti



Confronto tra la brochure sui cuscinetti a strisciamento vecchia e quella nuova

2. USURA DOVUTA A ATTRITO MISTO

2.1 INTRODUZIONE



“Usura è la progressiva perdita di materiale dalla superficie di un corpo solido, determinata da cause meccaniche, ossia contatto e movimento relativo di un corpo antagonista solido, liquido o gassoso”. (DIN 50320)

Nei semicuscinetti l'usura viene provocata dal contatto metallico dovuto ad attrito misto tra il cuscinetto e il perno dell'albero.

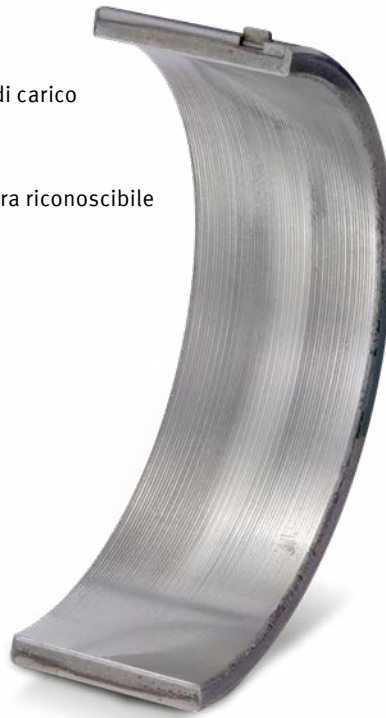
Ciò si verifica ad es. ad ogni avviamento ed arresto del motore. I cuscinetti impiegati tra l'arresto e il numero di giri limite dell'albero attraversano un regime ad attrito misto. In questo regime la capacità di carico del film lubrificante non sempre è sufficiente per separare i due antagonisti di strisciamento completamente tra loro (ved. capitolo: “1.3 Funzioni dei cuscinetti a strisciamento”). Proprio nei veicoli dotati di funzione start / stop automatica, l'impiego di materiali resistenti all'usura gioca pertanto un ruolo importante. Anche con numeri di giri bassi e carico elevato è possibile che non venga raggiunta una condizione di attrito fluido e che il cuscinetto sia quindi soggetto ad usura. Infine anche scostamenti di geometria dovuti ad errori di montaggio o deformazioni di perno e linea dei cuscinetti possono determinare l'insorgenza di usura.

Nelle prime ore di esercizio di un cuscinetto ha luogo un adattamento degli antagonisti di strisciamento. In questa fase vengono levigati i picchi di rugosità con un conseguente livellamento del profilo di rugosità. Questa usura di adattamento in fase di rodaggio va decisamente considerata come voluta e non compromette in alcun modo il corretto funzionamento del cuscinetto. Acuendosi gli effetti dovuti all'attrito misto, l'usura di adattamento in fase di rodaggio si trasforma in segni iniziali di grippaggio e poi in grippaggio vero e proprio – e quindi in un danno totale.

2.2 USURA DI ADATTAMENTO IN FASE DI RODAGGIO

DESCRIZIONE

- Tracce da contatto lucide e lisce nella zona di carico principale
- Zone iniziali e finali morbide
- Struttura di lavorazione del cuscinetto ancora riconoscibile



Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio- alluminio (senza rivestimento)

Al centro del cuscinetto si può notare una striscia di usura lucida, mentre in corrispondenza della zona di scoprimento e dei bordi del cuscinetto non si riscontrano tracce dovute al funzionamento. In quelle zone si può riconoscere ancora la struttura di lavorazione del cuscinetto.

VALUTAZIONE

Nelle prime ore di esercizio si verifica una levigazione dei picchi di rugosità e un livellamento del profilo di rugosità per effetto del contatto di cuscinetto e perno dell'albero nel regime ad attrito misto. L'usura si verifica in prevalenza nella zona di carico principale del cuscinetto o in corrispondenza di punti con scostamenti di forma macroscopici (ved. capitolo: "2.5 Casi speciali").

L'usura di adattamento in fase di rodaggio è un effetto auspicato e pertanto non rappresenta alcun danneggiamento del cuscinetto.

AVVERTENZA

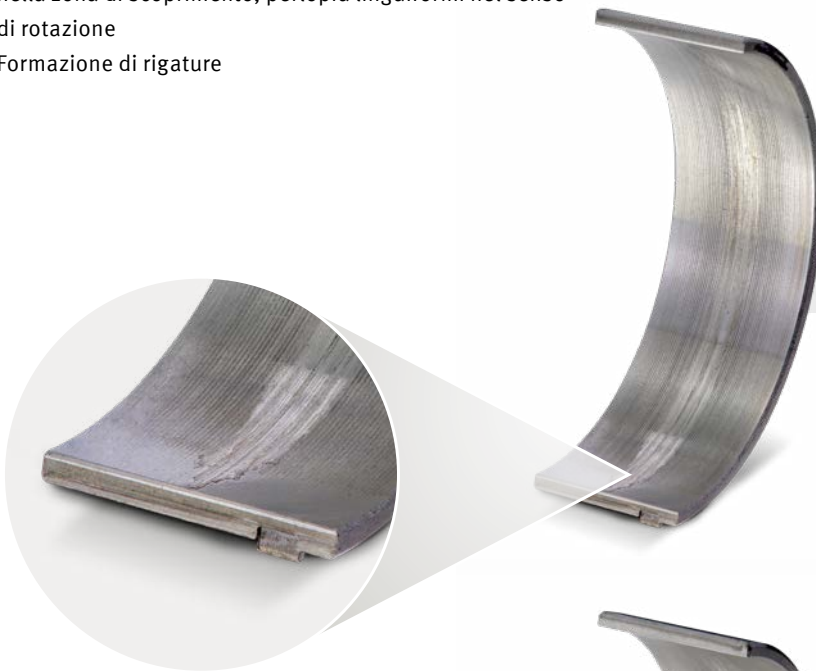
La funzione del cuscinetto non è compromessa.

Se l'usura di adattamento in fase di rodaggio si acuisce però, ad es. in seguito ad un errore di allineamento o di forma persistente, ciò può determinare la comparsa di segni iniziali di grippaggio, di grippaggio vero e proprio o di danni da affaticamento.

2.3 SEGNI INIZIALI DI GRIPPAGGIO

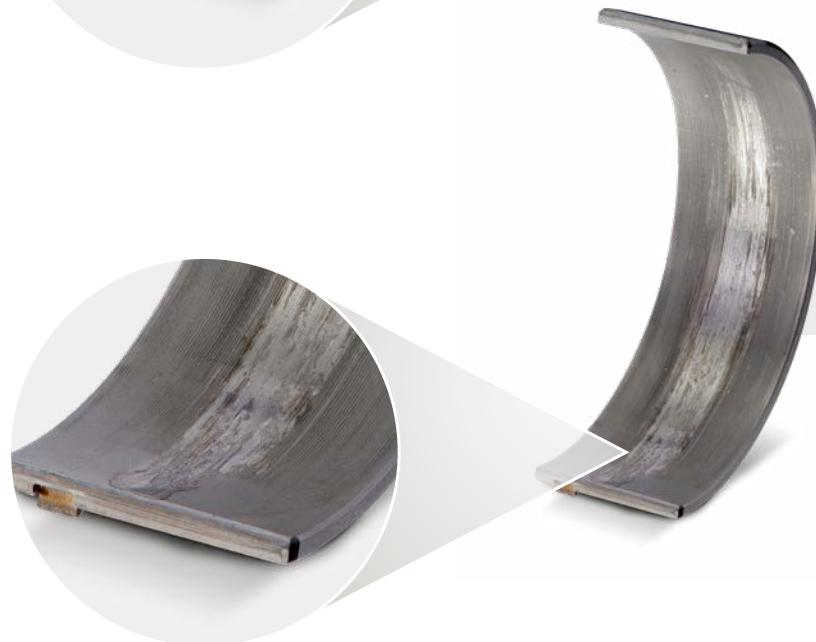
DESCRIZIONE

- Tracce da attrito misto lucide e lisce, in prevalenza nella zona di carico principale
- Spostamenti dello strato di scorrimento o strisciamento fin nella zona di scoprimento, perlopiù linguiformi nel senso di rotazione
- Formazione di rigature



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello in materiale composito acciaio-alluminio

Al centro del cuscinetto si nota un'evidente traccia da attrito misto con contestuale formazione di rigature. Si verifica uno spostamento della superficie di contatto fin nella zona di scoprimento.



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto in materiale composito acciaio-ottone con rivestimento a polverizzazione catodica

Si nota una traccia da attrito misto, in parte con contestuale formazione di rigature. Lo strato a polverizzazione catodica risulta spostato fin nella zona di scoprimento. La zona con strato a polverizzazione catodica già grippata è fusa.

VALUTAZIONE

Eventuali segni iniziali di grippaggio possono formarsi da segni di contatto se si acquisiscono gli effetti dovuti all'attrito misto. Se si tratta di una condizione transitoria, ne è possibile il successivo livellamento e la funzionalità del cuscinetto non risulterà compromessa. Tuttavia è molto difficile valutare questa condizione.

Se lo stato di attrito misto persiste, questi segni iniziali di grippaggio si consolidano e si può verificare la formazione di rigature sul perno. Punti di grippaggio nei semicuscinetti interessati sono la conseguenza, i quali sono dovuti alla saldatura del semicuscinetto con il perno per effetto della sollecitazione termica.

POSSIBILI CAUSE

- Fori dell'olio non liberi: la causa può essere un montaggio errato dei semicuscinetti o l'ostruzione dei fori dell'olio – quest'ultima condizione si verifica spesso con l'utilizzo di carburanti biologici
- Fessura di lubrificazione di dimensioni insufficienti: come conseguenza non è possibile la formazione di un film lubrificante con sufficiente capacità di carico – la causa: scostamenti di forma o di geometria dell'albero o del perno oppure flessione dell'albero motore
- Fessura di lubrificazione di dimensioni eccessive: non viene raggiunta la pressione idrodinamica necessaria alla formazione di un film lubrificante con adeguata capacità di carico
- Livello dell'olio o pressione dell'olio insufficienti
- Filtro dell'olio intasato
- Pompa dell'olio difettosa
- Perdita nei tubi dell'olio
- Sovraccarico dei cuscinetti: sollecitazioni maggiori rispetto a quelle previste – cause: ad es. chip-tuning o grippaggio di pistoni

RIMEDIO

I segni iniziali di grippaggio possono sfociare nel grippaggio vero e proprio di cuscinetti. Risulta pertanto importante sostituire i cuscinetti interessati ed eliminare la causa sottostante:

- Verificare che tutti i fori dell'olio siano liberi da ostruzioni
- Controllare l'effettivo gioco del cuscinetto: se il valore rilevato non rientra nella tolleranza, spesso la causa risiede in errori di forma e di geometria (ved. capitolo: "2.5 Casi speciali")
- Controllare la funzionalità del filtro dell'olio ed effettuare la sostituzione del filtro dell'olio e il cambio dell'olio sempre conformemente alle indicazioni del produttore
- Controllare il livello dell'olio e la pressione dell'olio e all'occorrenza effettuare le opportune correzioni
- Controllare la funzionalità della pompa dell'olio
- Controllare i tubi dell'olio per l'eventuale presenza di perdite
- Controllare la sollecitazione a cui sono sottoposti i singoli cuscinetti
- Controllare l'intero set di cuscinetti per rilevare l'eventuale presenza di particelle incorporate o rigature: in caso affermativo è possibile che l'incorporamento di particelle abbia portato all'insorgenza di segni iniziali di grippaggio (ved. capitolo: "3. Danni dovuti all'azione di particelle")

2.4 GRIPPAGGIO

DESCRIZIONE

- Aree in cui il materiale risulta strappato via
- Evidente formazione di rigature e deformazione
- Messa allo scoperto nonché irruvidimento e fessurazione
- La riduzione dell'espansione rispetto ai semicuscinetti adiacenti è visibile a occhio nudo
- Fenomeni di surriscaldamento: ad es. punti di fusione del materiale antifrizione e alterazioni cromatiche si verificano di frequente in concomitanza con segni di grippaggio



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si riscontrano la fusione del materiale antifrizione e il relativo spostamento oltre il bordo del cuscinetto nonché una superficie fessurata con aree in cui il materiale è stato strappato via.

VALUTAZIONE

Temperature elevate nei settori sottoposti a notevole attrito misto determinano l'insorgenza di saldature locali tra perno e cuscinetto. Tali saldature in un secondo momento sono soggette a rottura, il che determina il distacco del materiale antifrizione più morbido rispetto a quello dell'albero motore. La causa di questo danno è una carenza acuta di lubrificante. Il conseguente sviluppo di calore determina la comparsa di danni da surriscaldamento, i quali costituiscono pertanto un frequente

fenomeno concomitante presente nel grippaggio di cuscinetti. Nei cuscinetti adiacenti possono verificarsi danni dovuti all'azione di particelle o segni iniziali di grippaggio in seguito alla penetrazione nel circuito del lubrificante di materiale asportato per attrito. Stadi preliminari del grippaggio di un cuscinetto sono appunto i segni iniziali di grippaggio.

POSSIBILI CAUSE

- Fori dell'olio non liberi: la causa può essere un montaggio errato dei semicuscinetti o l'ostruzione dei fori dell'olio – quest'ultima condizione si verifica spesso con l'utilizzo di carburanti biologici
- Fessura di lubrificazione di dimensioni insufficienti: come conseguenza non è possibile la formazione di un film lubrificante con sufficiente capacità di carico – la causa: scostamenti di forma o di geometria dell'albero o del perno oppure flessione dell'albero motore
- Fessura di lubrificazione di dimensioni eccessive: non viene raggiunta la pressione idrodinamica necessaria alla formazione di un film lubrificante con adeguata capacità di carico
- Livello dell'olio o pressione dell'olio insufficienti
- Filtro dell'olio intasato
- Pompa dell'olio difettosa
- Perdita nei tubi dell'olio
- Sovraccarico dei cuscinetti: sollecitazioni maggiori rispetto a quelle previste – cause: ad es. chip-tuning o grippaggio di pistoni
- Azione di particelle: particelle giungono nell'interstizio del cuscinetto, dove provocano segni iniziali di grippaggio sul perno e sul cuscinetto. In caso di incorporamento o formazione di rigature si innalzano dei margini – conseguenza: un attrito misto notevolmente incrementato




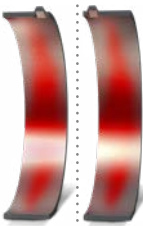

RIMEDIO



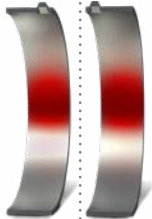

Il grippaggio appartiene ai danni più gravi che si possono verificare nei cuscinetti. Il cuscinetto presenta danni irreversibili e deve essere sostituito. Continuando ad impiegare il cuscinetto è possibile che vengano provocati danni ad altri componenti del motore.

- Verificare che tutti i fori dell'olio siano liberi da ostruzioni
- Controllare l'effettivo gioco del cuscinetto: se il valore rilevato non rientra nella tolleranza, spesso la causa risiede in errori di forma e di geometria (ved. capitolo: "2.5 Casi speciali")
- Controllare la funzionalità del filtro dell'olio ed effettuare la sostituzione del filtro dell'olio e il cambio dell'olio sempre conformemente alle indicazioni del produttore
- Controllare il livello dell'olio e la pressione dell'olio e all'occorrenza effettuare le opportune correzioni
- Controllare la funzionalità della pompa dell'olio
- Controllare i tubi dell'olio per l'eventuale presenza di perdite
- Controllare la sollecitazione a cui sono sottoposti i singoli cuscinetti
- Controllare l'intero set di cuscinetti per rilevare l'eventuale presenza di particelle incorporate o rigature: in caso affermativo è possibile che l'incorporamento di particelle abbia portato all'insorgenza di segni iniziali di grippaggio (ved. capitolo: "3. Danni dovuti all'azione di particelle")

2.5 CASI SPECIALI

Esistono alcuni casi in cui i semicuscinetti presentano un'impronta di contatto caratteristica. Con l'ausilio dei seguenti pittogrammi dei danni è possibile abbinare una tipologia di danno ad una specifica categoria di danno.

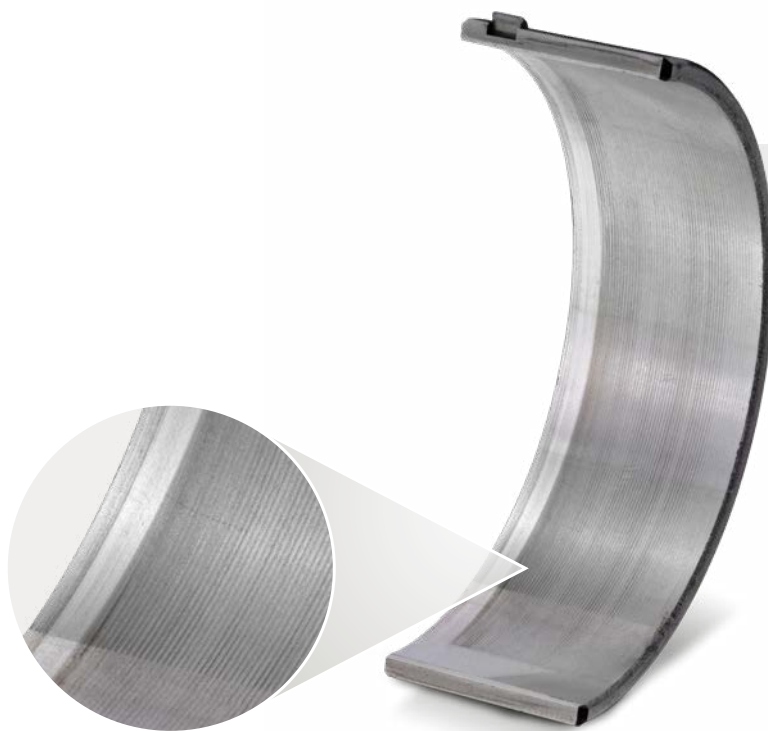
Semicuscinetto inferiore	Semicuscinetto superiore	Capitolo
		2.5.1 Usura dei bordi unilaterale <ul style="list-style-type: none">• sul semicuscinetto superiore ed inferiore, rispettivamente sullo stesso lato
		2.5.2 Usura dei bordi unilaterale alternata <ul style="list-style-type: none">• sul semicuscinetto superiore ed inferiore, con sfalsamento diagonale• diverse aree possono presentare usura di entità differente
		2.5.3 Usura dei bordi bilaterale <ul style="list-style-type: none">• sul semicuscinetto superiore ed inferiore, rispettivamente su entrambi i lati
		2.5.4 Ampia traccia di usura al centro del cuscinetto <ul style="list-style-type: none">• sul semicuscinetto superiore ed inferiore, perlopiù di entità identica• nei semicuscinetti di banco, segni di usura meno marcati nei semicuscinetti superiori a causa della scanalatura di lubrificazione
		2.5.5 Usura a strisce al centro del cuscinetto <ul style="list-style-type: none">• sul semicuscinetto superiore ed inferiore, perlopiù di entità identica• segni di usura meno marcati nei semicuscinetti di banco superiori con scanalatura di lubrificazione

Semicuscinetto inferiore	Semicuscinetto superiore	Capitolo
		2.5.6 Usura su aree opposte delle superfici di separazione
		2.5.7 Usura bilaterale sulle aree delle superfici di separazione
		2.5.8 Zone di usura ristrette alla sommità del semicuscinetto
		2.5.9 Strisce strette prive di usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto <ul style="list-style-type: none">• possono verificarsi solo su un lato oppure su entrambi i lati

2.5.1 USURA DEI BORDI UNILATERALE

DESCRIZIONE

- Striscia di usura chiara, lucida su un lato in corrispondenza del bordo del cuscinetto
- In corrispondenza dell'usura dei bordi: in casi gravi si riscontrano fenomeni di affaticamento del materiale o segni iniziali di grippaggio
- Fenomeni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche dovute alla sollecitazione termica o depositi carboniosi in corrispondenza dell'usura dei bordi sul dorso del cuscinetto



**Semicuscinetto di banco inferiore
in materiale composito acciaio-
alluminio**

Si può notare usura unilaterale di un bordo del cuscinetto. L'usura si manifesta sotto forma di usura di adattamento in fase di rodaggio. La funzione del cuscinetto non è compromessa.

VALUTAZIONE

La fessura di lubrificazione sul bordo del cuscinetto è troppo stretta, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce un attrito misto in determinati punti. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore prodotto dall'attrito. Le conseguenze possono essere danni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche scure del dorso del cuscinetto. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta,

fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale. A seconda dell'entità dell'usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto, tale condizione è da considerarsi del tutto normale. Durante il funzionamento l'albero motore è soggetto ad una flessione che si ripercuote in particolare sui cuscinetti di banco esterni. Come conseguenza i cuscinetti esterni presentano una maggiore usura dei bordi.

POSSIBILI CAUSE

- Perno rettificato con forma conica (Fig. 1)
- Foro del cuscinetto con forma conica (Fig. 2)
- Raggio dell'arrotondamento eccessivo su un lato (Fig. 3)
- Flessione dell'albero motore: mancata equilibratura dell'albero motore in fase di montaggio o deformazione durante il funzionamento in seguito a sollecitazione meccanica
- Foro del cuscinetto non allineato a causa di coppie di serraggio non corrette delle viti in fase di assemblaggio del motore o svergolamento della linea dei cuscinetti di banco in seguito allo sviluppo di calore durante il funzionamento
- Sfalsamento assiale dei semicuscinetti



Fig. 1: Perno rettificato con forma conica



Fig. 2: Foro del cuscinetto conico

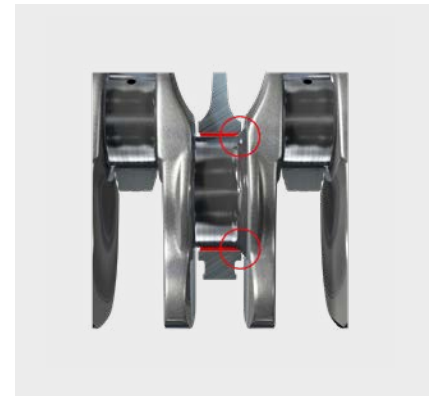


Fig. 3: Raggio dell'arrotondamento eccessivo su un lato

RIMEDIO

I cuscinetti con usura dei bordi possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura. Se la tipologia di danno si acuisce dopo poche ore di esercizio è necessario attuare opportune misure per determinare le cause:

- Verificare la geometria corretta dell'albero motore: dimensioni, rotondità, cilindricità, ondulazione, rugosità della superficie
- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Equilibrare l'albero motore in fase di montaggio e controllare le sollecitazioni dell'albero
- Controllare l'allineamento del foro dei cuscinetti di banco: durante l'assemblaggio di un motore rispettare sempre le coppie di serraggio prescritte e la sequenza di serraggio delle viti – durante il funzionamento il motore deve essere raffreddato a sufficienza, poiché anche le temperature eccessive possono portare a svergolamenti
- Prima del montaggio controllare l'angolarità dei fusti delle bielle

2.5.2 USURA DEI BORDI UNILATERALE ALTERNATA

DESCRIZIONE

- Striscia di usura chiara, lucida - unilaterale e in posizione contrapposta sul semicuscinetto superiore e inferiore
- In corrispondenza dell'usura dei bordi: possibilità di fenomeni di affaticamento visibili del materiale o segni iniziali di grippaggio
- Possibilità di fenomeni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche dovute alla sollecitazione termica o depositi carboniosi in corrispondenza dell'usura dei bordi sul dorso del cuscinetto



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto in materiale composito acciaio-ottone con rivestimento a polverizzazione catodica



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello in materiale composito acciaio-alluminio

Si riconosce lo sfalsamento diagonale delle impronte di contatto. Nelle diverse aree l'usura sul bordo del cuscinetto è di entità differente. La funzione del cuscinetto non è compromessa.

VALUTAZIONE

La fessura di lubrificazione sul bordo del cuscinetto è troppo stretta, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce un attrito misto in determinati punti. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore prodotto dall'attrito. Le conseguenze possono essere danni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche scure

del dorso del cuscinetto. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta, fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale.

POSSIBILI CAUSE

- Errore di allineamento del perno o della scatola (Fig. 1)
- Raggi dell'arrotondamento dell'albero errati
- "Oscillazione assiale" del fusto della biella (forma storta o svergolata) (Fig. 2)
- Deformazione del basamento

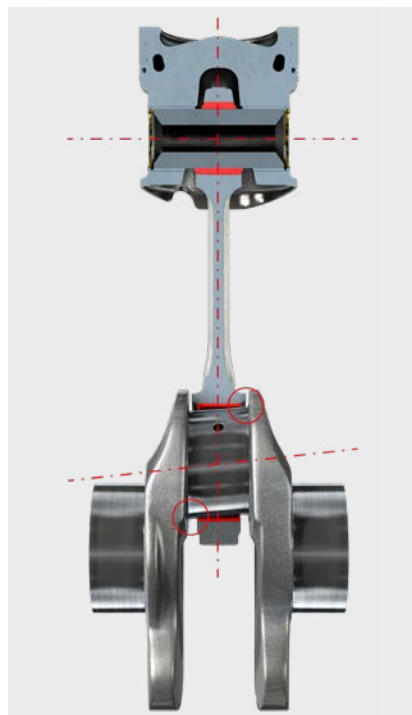


Fig. 1: Errore di allineamento



Fig. 2: "Oscillazione assiale" del fusto della biella

RIMEDIO

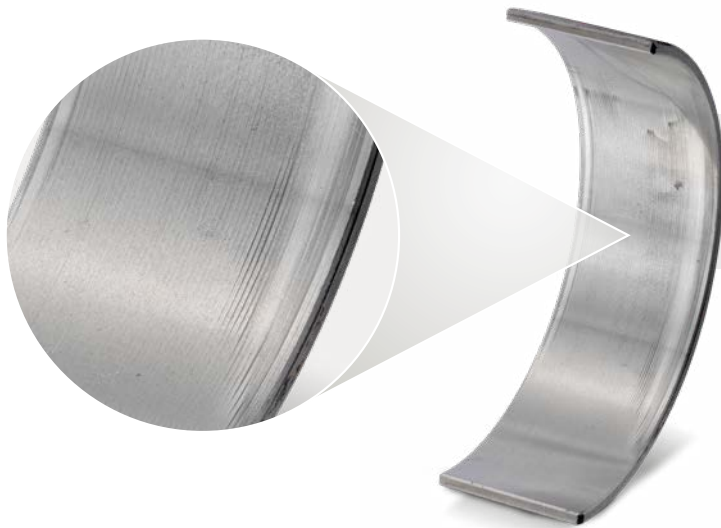
I cuscinetti con usura dei bordi possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura. Se la tipologia di danno si acuisce dopo poche ore di esercizio è necessario attuare opportune misure per determinare le cause:

- Verificare la geometria corretta dell'albero motore: dimensioni, rotondità, cilindricità, ondulazione, rugosità della superficie
- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Equilibrare l'albero motore in fase di montaggio e controllare le sollecitazioni dell'albero
- Controllare l'allineamento del foro dei cuscinetti di banco: durante l'assemblaggio di un motore rispettare sempre le coppie di serraggio prescritte e la sequenza di serraggio delle viti – durante il funzionamento il motore deve essere raffreddato a sufficienza, poiché anche le temperature eccessive possono portare a svergolamenti
- Prima del montaggio controllare l'angolarità dei fusti delle bielle

2.5.3 USURA DEI BORDI BILATERALE

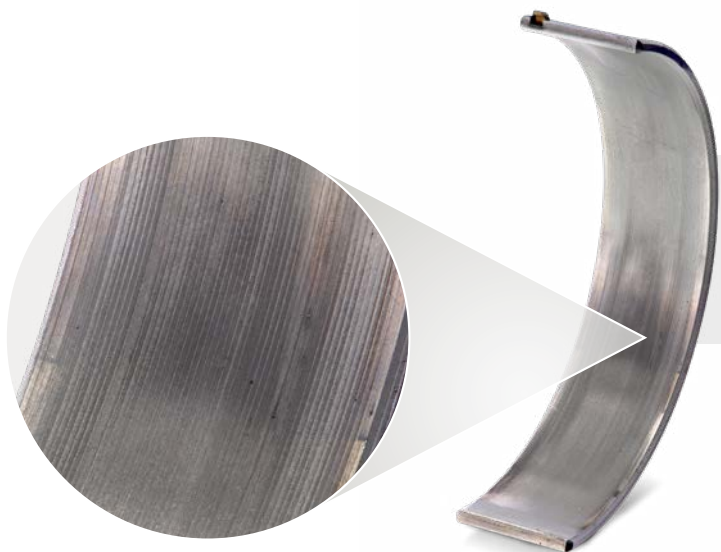
DESCRIZIONE

- Striscia di usura chiara, lucida su entrambi i lati in corrispondenza dei bordi del cuscinetto
- In corrispondenza dell'usura dei bordi: possibilità di fenomeni di affaticamento visibili del materiale o segni iniziali di grippaggio
- Possibilità di fenomeni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche dovute alla sollecitazione termica o depositi carboniosi in corrispondenza dell'usura dei bordi sul dorso del cuscinetto



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello materiale composito acciaio-alluminio

Usura dei bordi bilaterale in uno stadio iniziale – usura sotto forma di usura di adattamento in fase di rodaggio.



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto materiale composito acciaio-ottone con rivestimento a polverizzazione catodica

Usura dei bordi bilaterale in uno stadio iniziale – usura sotto forma di usura di adattamento in fase di rodaggio.

VALUTAZIONE

La fessura di lubrificazione sul bordo del cuscinetto è troppo stretta, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce un attrito misto in determinati punti. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore prodotto dall'attrito. Le conseguenze possono essere danni da surriscaldamento, come alterazioni cromatiche scure del dorso del cuscinetto. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta,

fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale in quest'area. L'usura dei bordi bilaterale si verifica molto spesso nella zona di carico principale di un cuscinetto. A seconda dell'entità dell'usura, tale condizione è da considerarsi del tutto normale e non compromette in alcun modo il corretto funzionamento.

POSSIBILI CAUSE

- Forma del perno concava (Fig. 1)
- Foro del cuscinetto con forma concava (Fig. 2)
- Raggio dell'arrotondamento eccessivo tra perni di banco e braccio di manovella dell'albero (Fig. 3)
- Gioco assiale eccessivo, oscillazione assiale del fusto della biella
- Perno rettificato con andamento obliquo (Fig. 4)



Fig. 1: Forma del perno concava



Fig. 2: Foro del cuscinetto concavo



Fig. 3: Raggio dell'arrotondamento eccessivo

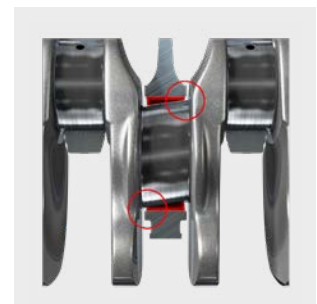


Fig. 4: Perno rettificato con andamento obliquo

RIMEDIO

I cuscinetti con usura dei bordi possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura.

Se la tipologia di danno si acuisce dopo poche ore di esercizio è necessario attuare opportune misure per determinare le cause:

- Verificare la geometria corretta dell'albero motore: dimensioni, rotondità, cilindricità, ondulazione, rugosità della superficie
- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Equilibrare l'albero motore in fase di montaggio e controllare le sollecitazioni dell'albero
- Controllare l'allineamento del foro dei cuscinetti di banco: durante l'assemblaggio di un motore rispettare sempre le coppie di serraggio prescritte e la sequenza di serraggio delle viti – durante il funzionamento il motore deve essere raffreddato a sufficienza, poiché anche le temperature eccessive possono portare a svergolamenti
- Prima del montaggio controllare l'angolarità dei fusti delle bielle

2.5.4 AMPIA TRACCIA DI USURA AL CENTRO DEL CUSCINETTO IN DIREZIONE DELLA CIRCONFERENZA

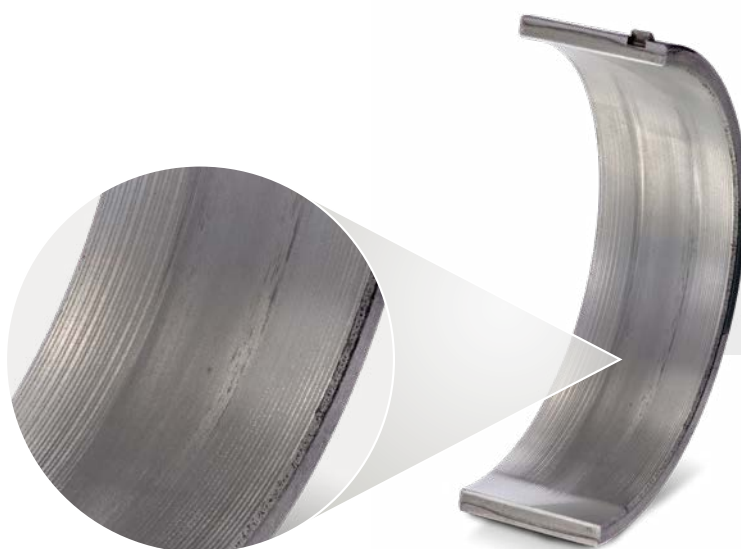
DESCRIZIONE

- Traccia di usura evidente al centro del cuscinetto in direzione della circonferenza
- Bordi del cuscinetto con usura minore
- Spostamenti di materiale localizzati in direzione della circonferenza
- Nei casi più gravi: sono visibili fenomeni di affaticamento del materiale e segni iniziali di grippaggio



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si notano evidenti tracce di usura al centro del cuscinetto che vanno a scemarsi in direzione dell'area di scoprimto. Nello strato di scorrimento queste tracce sono ormai arrivate a segni iniziali di grippaggio.



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Qui si nota un'impronta di contatto maggiormente accentuata al centro del cuscinetto che va a scemarsi in direzione dell'area di scoprimto. Nella forma questa impronta di contatto corrisponde ancora ad un'usura di adattamento in fase di rodaggio.

VALUTAZIONE

La fessura di lubrificazione è di dimensioni insufficienti al centro del cuscinetto, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce un attrito misto in determinati punti. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore prodotto dall'attrito.

Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante. Il processo si autoalimenta, fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale in quest'area.

POSSIBILI CAUSE

- Forma del perno troppo convessa (Fig. 1)
- Foro del cuscinetto con forma concava (Fig. 2)
- Carenza di lubrificante



Fig. 1: Forma del perno troppo convessa



Fig. 2: Foro del cuscinetto concava

RIMEDIO

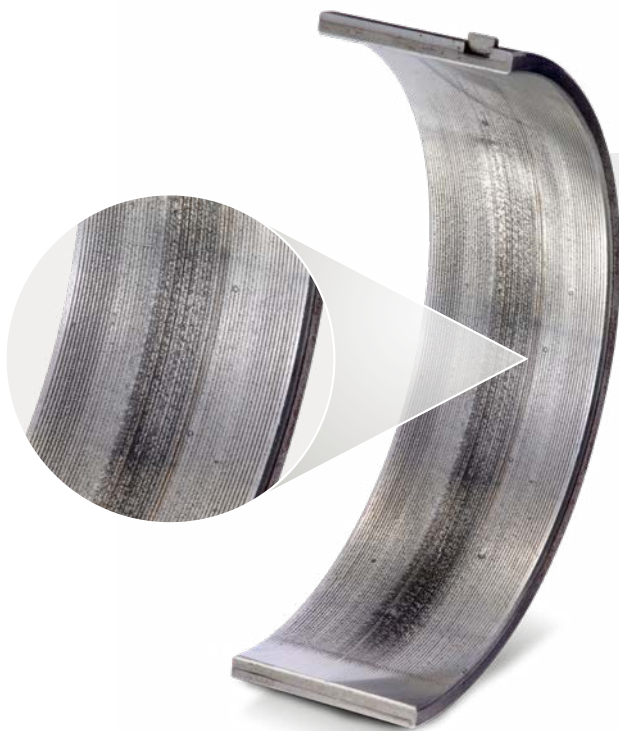
I cuscinetti possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura. Non appena compaiono i primi segni di grippaggio o di affaticamento del materiale, i cuscinetti dovrebbero essere sostituiti e occorre intraprendere opportune misure per determinare le cause:

- Verificare la geometria corretta dell'albero motore: dimensioni, rotondità, cilindricità, ondulazione, rugosità della superficie
- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Equilibrare l'albero motore in fase di montaggio e controllare le sollecitazioni dell'albero
- Controllare l'allineamento del foro dei cuscinetti di banco: durante l'assemblaggio di un motore rispettare sempre le coppie di serraggio prescritte e la sequenza di serraggio delle viti – durante il funzionamento il motore deve essere raffreddato a sufficienza, poiché anche le temperature eccessive possono portare a svergolamenti
- Prima del montaggio controllare l'angolarità dei fusti delle bielle
- Controllare il sistema di lubrificazione (ved. capitolo: "2.3 Segni iniziali di grippaggio")

2.5.5 USURA A STRISCE AL CENTRO DEL CUSCINETTO

DESCRIZIONE

- Usura a strisce al centro del cuscinetto nel proseguimento della scanalatura di lubrificazione – nel cuscinetto di biella in entrambi i semicuscinetti a livello del foro dell'olio sul perno
- In parte con graffi perimetrali
- Bordi del cuscinetto con usura minore
- Zona di usura fortemente circoscritta
- Nei casi più gravi: sono visibili fenomeni di affaticamento del materiale e segni iniziali di grippaggio



Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio- alluminio

Si notano strisce nettamente delimitate al centro del cuscinetto. Ciò corrisponde alla forma della scanalatura di lubrificazione disposta nel semicuscinetto di banco superiore. Le tracce di usura si manifestano sotto forma di usura di adattamento in fase di rodaggio.

VALUTAZIONE

Questa forma di usura può essere causata da un foro dell'olio mancante o non sufficientemente arrotondato (Fig. 1). Pertanto l'usura è particolarmente pronunciata in corrispondenza del semicuscinetto inferiore nei cuscinetti di banco o di entrambi i semicuscinetti nei cuscinetti di biella nella zona del foro dell'olio sul perno.

Un secondo fenomeno che può provocare la stessa tipologia di danno è la cosiddetta usura a pettine (Fig. 2). Quest'ultima è la conseguenza della minore usura del perno in corrispondenza

della scanalatura di lubrificazione. Poiché a causa della scanalatura di lubrificazione non si verifica alcun contatto metallico tra il perno e il cuscinetto, qui non si verifica l'asportazione di materiale e si va così a formare un rialzo sul perno. Questo rialzo provoca un'usura a strisce nel semicuscinetto senza scanalatura di lubrificazione.

Entrambi i processi possono determinare l'insorgenza di segni iniziali di grippaggio e danni da affaticamento.

POSSIBILI CAUSE

- Foro di lubrificazione con arrotondamento insufficiente o mancante (Fig. 1)
- Un abbinamento sfavorevole di materiali tra cuscinetto e perno determina una minore usura del perno in corrispondenza della scanalatura di lubrificazione (Fig. 2)

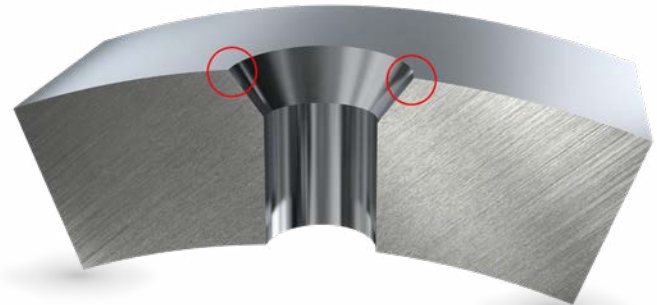
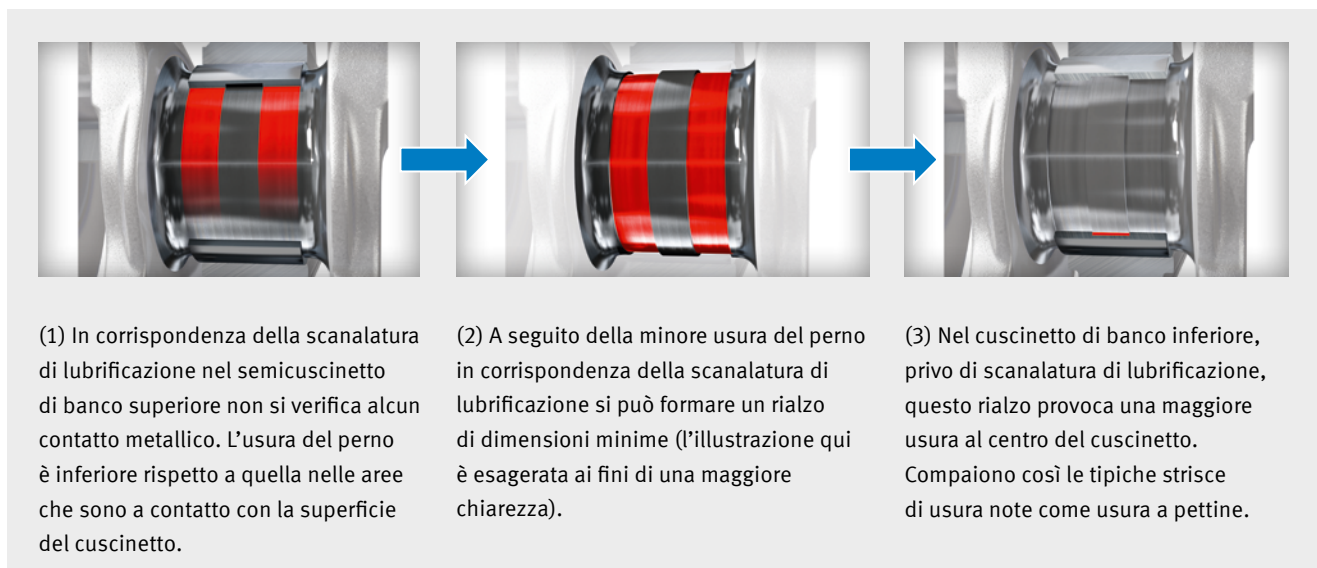


Fig. 1: Foro di lubrificazione con arrotondamento insufficiente o mancante



(1) In corrispondenza della scanalatura di lubrificazione nel semicuscinetto di banco superiore non si verifica alcun contatto metallico. L'usura del perno è inferiore rispetto a quella nelle aree che sono a contatto con la superficie del cuscinetto.

(2) A seguito della minore usura del perno in corrispondenza della scanalatura di lubrificazione si può formare un rialzo di dimensioni minime (l'illustrazione qui è esagerata ai fini di una maggiore chiarezza).

(3) Nel cuscinetto di banco inferiore, privo di scanalatura di lubrificazione, questo rialzo provoca una maggiore usura al centro del cuscinetto. Compaiono così le tipiche strisce di usura note come usura a pettine.

Fig. 2: Abbinamento sfavorevole di materiali tra cuscinetto e perno

RIMEDIO

I cuscinetti possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura. Non appena compaiono i primi segni di grippaggio o di affaticamento del materiale, i cuscinetti dovrebbero essere sostituiti e occorre intraprendere opportune misure per determinare le cause:

- Controllo e rettifica dell'uscita del foro dell'olio
- Controllare il perno dell'albero per rilevare l'eventuale presenza di rialzi in corrispondenza della scanalatura di lubrificazione
- Controllare l'abbinamento di materiali tra perno e cuscinetto (durezza albero / cuscinetto)
- Controllare la rugosità del perno

2.5.6 USURA SU AREE OPPOSTE DELLE SUPERFICI DI SEPARAZIONE

DESCRIZIONE

- Evidenti tracce di usura in corrispondenza delle aree di scoprimiento opposte in diagonale
- Sommità del semicuscinetto notevolmente meno usurata
- Nei casi più gravi: sono visibili fenomeni di affaticamento del materiale e segni iniziali di grippaggio



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si nota una marcata usura in corrispondenza delle aree di scoprimiento, mentre la sommità del cuscinetto presenta un'usura notevolmente minore.

VALUTAZIONE

Se semicuscinetti risultano portanti in quest'area, si tratta di un difetto grave. La causa dell'usura può essere uno sfalsamento tra i semicuscinetti dovuto a un errore di montaggio. In alcuni punti il gioco del cuscinetto è insufficiente a causa dello sfalsamento del cappello, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce in determinati punti un attrito misto. Se la carenza

di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore prodotto dall'attrito. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta, fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale.

POSSIBILI CAUSE

- Montaggio di un cappello del cuscinetto errato
- Montaggio del cappello del cuscinetto in posizione ruotata di 180 gradi
- Utilizzo di un attrezzo non adatto o di viti calibrate errate
- Sequenza di serraggio errata o coppia di serraggio delle viti errata



RIMEDIO

Il cuscinetto deve essere sostituito e la causa deve essere eliminata, dato che il cuscinetto non è predisposto per svolgere una funzione portante in quest'area:

- Prestare attenzione all'abbinamento corretto dei semicuscinetti rispetto al relativo cilindro
- Montare viti adatte servendosi solo di attrezzi idonei
- Procedere al serraggio delle viti in conformità alle indicazioni del produttore per quanto riguarda le coppie di serraggio e la sequenza di serraggio
- Controllare il foro di base: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie devono rientrare in determinate tolleranze prescritte

2.5.7 USURA BILATERALE SULLE AREE DELLE SUPERFICI DI SEPARAZIONE

DESCRIZIONE

- Evidenti tracce di usura in corrispondenza delle due aree di scoprimiento sul semicuscinetto superiore e inferiore
- Sommità dei semicuscinetti notevolmente meno usurate
- Nei casi più gravi: sono visibili fenomeni di affaticamento del materiale e segni iniziali di grippaggio



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si notano tracce di usura di forte entità su entrambi i lati in corrispondenza delle superfici di separazione. La sommità / zona di carico principale del semicuscinetto presenta un'usura notevolmente minore.

VALUTAZIONE

Se semicuscinetti risultano portanti in quest'area, si tratta di un difetto grave. Un danno di questo aspetto può essere causato da un foro di base ovale in altezza. Conseguentemente si riduce il gioco del cuscinetto in corrispondenza della superficie parziale, per cui il film lubrificante non è interamente portante e si verifica un attrito misto nelle aree di scoprimento. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta a causa del calore

prodotto dall'attrito. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta, fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale in quest'area.

POSSIBILI CAUSE

- Deformazione ovale del foro del cuscinetto causata da sollecitazioni termiche o meccaniche
- Fusto della biella con occhio di biella ovale: sono stati rimontati fusti di biella usati senza la necessaria rettifica
- Serraggio delle viti errato durante la realizzazione del foro di base



RIMEDIO

- Controllare il carico sul foro del cuscinetto
- Controllare il foro di base: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie devono rientrare in determinate tolleranze; rettificare i pezzi usati prima dell'eventuale riutilizzo
- Procedere al serraggio delle viti in conformità alle indicazioni del produttore per quanto riguarda le coppie di serraggio e la sequenza di serraggio

2.5.8 ZONA DI USURA RISTRETTA ALLA SOMMITÀ DEL SEMICUSCINETTO

DESCRIZIONE

- Tracce di usura ristrette in corrispondenza della sommità del guscio
- Usura più evidente in corrispondenza del guscio maggiormente sollecitato
- Nei casi più gravi: sono visibili fenomeni di affaticamento del materiale e segni iniziali di grippaggio



**Semicuscinetto di banco superiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si notano tracce di usura in corrispondenza della sommità sotto forma di usura di adattamento in fase di rodaggio. Nella parte restante della superficie di scorrimento del cuscinetto non si riscontrano tracce dovute al funzionamento.

VALUTAZIONE

Un danno di questo aspetto viene causato da un foro di base ovale in larghezza. Il gioco del cuscinetto viene così ridotto in corrispondenza della sommità, per cui il film lubrificante non è interamente portante e produce un attrito misto in alcuni punti. Se la carenza di lubrificante persiste, la temperatura aumenta

a causa del calore prodotto dall'attrito. Il livello di temperatura in aumento acuisce ulteriormente la carenza di lubrificante e il processo si autoalimenta, fino alla comparsa dei primi segni di grippaggio e di danni da affaticamento causati dalla maggiore pressione superficiale in quest'area.

POSSIBILI CAUSE

- Assestamento della biella o delle superfici di giunzione delle scatole
- Serraggio delle viti errato durante la realizzazione del foro di base
- Estrema sollecitazione a pressione della biella



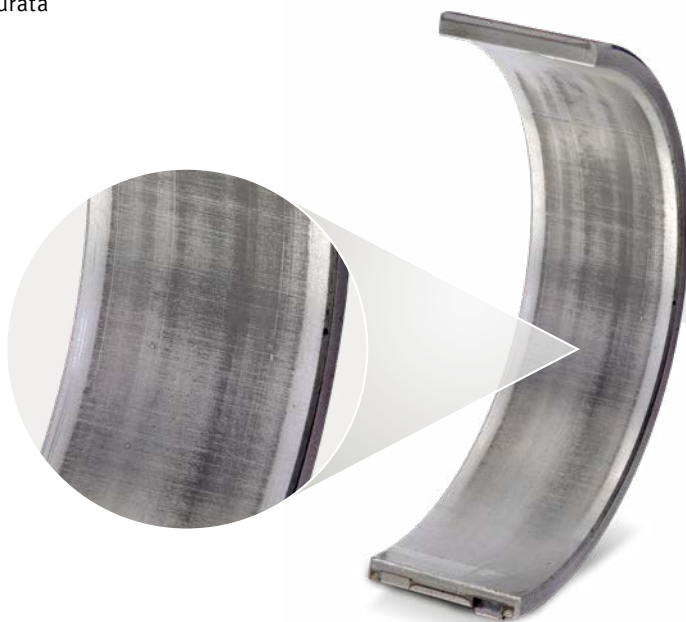
RIMEDIO

- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Procedere al serraggio delle viti in conformità alle indicazioni del produttore per quanto riguarda le coppie di serraggio e la sequenza di serraggio
- Controllare il carico sulla biella

2.5.9 STRISCE STRETTE PRIVE DI USURA IN CORRISPONDENZA DEI BORDI DEL CUSCINETTO

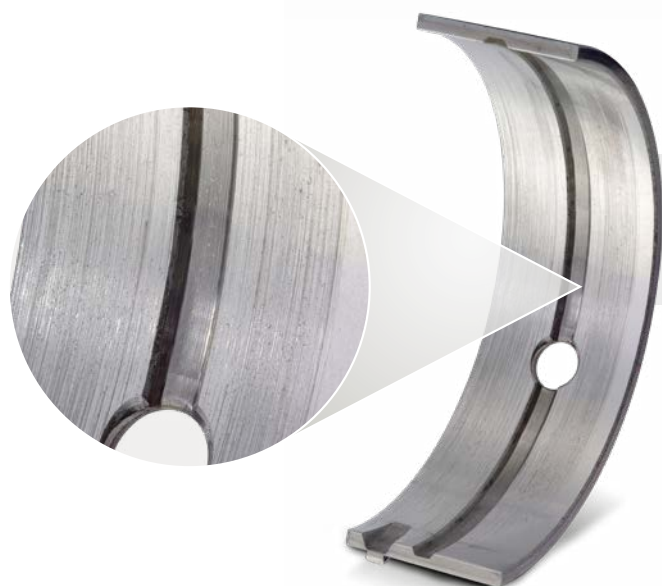
DESCRIZIONE

- Strisce strette prive di usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto
- Non si notano segni di contatto in quest'area
- In questa zona si riconosce ancora la struttura di lavorazione del processo di produzione
- Si nota una netta delimitazione tra la striscia priva di usura e l'area usurata



Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio- alluminio

Si notano due strisce prive di usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto senza tracce da contatto visibili. La parte restante del cuscinetto presenta un'alterazione cromatica tendente al nero che potrebbe essere la conseguenza di corrosione o usura.



Semicuscinetto di banco superiore materiale composito acciaio- alluminio

Si nota una striscia priva di usura in corrispondenza del bordo del cuscinetto senza tracce da contatto visibili. La parte restante del cuscinetto presenta una marcata formazione di rigature.

VALUTAZIONE

In seguito alla sporgenza assiale del semicuscinetto su un lato (Fig. 1) o su entrambi i lati (Fig. 2) si formano delle strisce strette prive di usura in corrispondenza dei bordi del cuscinetto, prive anche di una tipica usura di adattamento in fase di rodaggio. In queste aree, indipendentemente dal numero di giri del perno, non si verifica mai alcun contatto metallico.

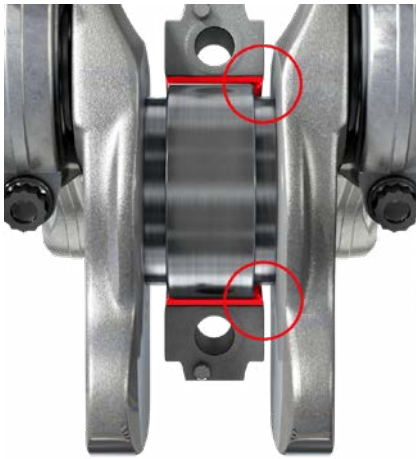


Fig. 1: Sporgenza assiale su un lato

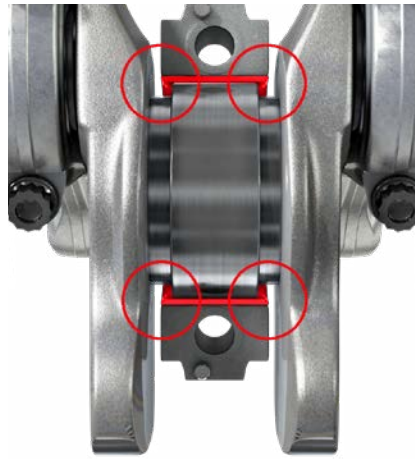


Fig. 2: Sporgenza assiale su entrambi i lati

POSSIBILI CAUSE

- Scostamento geometrico del perno
- Larghezza errata del cuscinetto
- Gioco di montaggio (sfalsamento albero / perno)

RIMEDIO

I cuscinetti possono continuare a essere utilizzati a seconda dell'entità dell'usura. Non appena compaiono i primi segni di grippaggio o di affaticamento del materiale, i cuscinetti dovrebbero essere sostituiti e occorre intraprendere opportune misure per determinare le cause:

- Verificare la geometria corretta dell'albero motore prima del montaggio: dimensioni, rotondità
- Sostituire l'albero motore o montare nuovi cuscinetti adeguati per la geometria dell'albero motore

3. DANNI DOVUTI ALL'AZIONE DI PARTICELLE

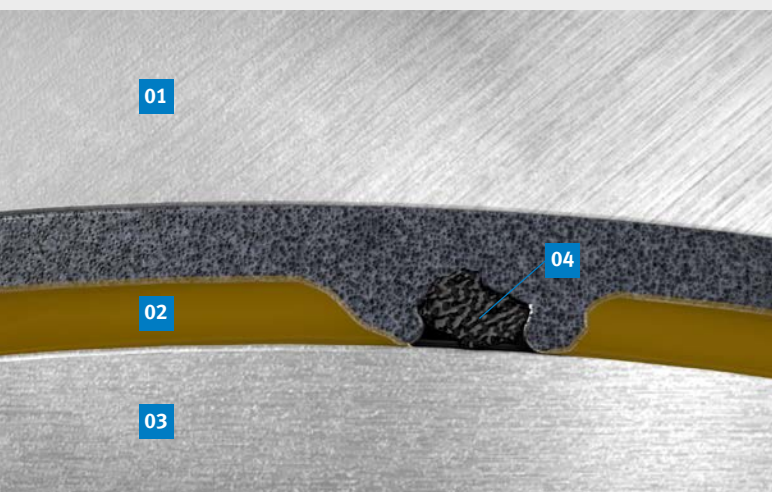
3.1 INTRODUZIONE

Se particelle estranee giungono nel meato tra cuscinetto e perno dell'albero, il rischio di un danno al cuscinetto è elevato. A causa degli spessori minimi del film lubrificante, persino particelle molto piccole possono compromettere il regolare funzionamento e causare condizioni di attrito misto. Le particelle possono essere incorporate nello strato di strisciamento o scorrimento e in tal modo essere rese "innocue". I margini che si formano in seguito all'incorporamento vengono lisciati al contatto con l'albero. Eventuali particelle che superano le dimensioni dello spessore dello strato di strisciamento o scorrimento non possono essere integralmente incorporate. La parte sporgente provoca l'usura del perno dell'albero sotto forma di rigature. Rigature di entità notevole riducono il ciclo di vita da attendersi e possono favorire il grippaggio del cuscinetto.

Già in fase di produzione o anche nel corso di interventi di riparazione su un motore, si può verificare la penetrazione e il deposito di particelle nel blocco motore. Ciò può accadere ad es. Durante la sabbatura con sabbia o perle di vetro di un blocco motore. Ma anche durante il normale funzionamento si possono "formare" particelle di sporco (ad es. fuliggine o calamina).

Una manutenzione insufficiente del sistema di lubrificazione o condizioni esterne estreme favoriscono ulteriormente la penetrazione di impurità nel circuito del lubrificante. Anche cuscinetti adiacenti danneggiati o altri componenti del motore danneggiati possono provocare l'entrata di particelle nel circuito dell'olio.

In generale il rischio di danni dovuti all'azione di particelle è maggiore nel cuscinetto di banco che non nei cuscinetti di biella. I cuscinetti di biella vengono alimentati con olio proveniente dai cuscinetti di banco attraverso fori nell'albero motore, per cui sono i cuscinetti di banco ad essere attraversati per primi dall'olio. Particelle più grandi vengono quindi incorporate già nel cuscinetto di banco e nella maggior parte dei casi non giungono proprio all'interno del cuscinetto di biella.



- 01 Dorso di acciaio
- 02 Film di olio
- 03 Albero
- 04 Particella



Per poter risalire all'origine delle particelle possono essere utili l'analisi del cuscinetto e il prelievo di un campione di olio.

POSSIBILI CAUSE

- Montaggio senza la necessaria pulizia: in seguito a disattenzione o pulizia insufficiente dei componenti del motore possono penetrare delle impurità nel blocco motore in fase di montaggio
- Residui come trucioli metallici o agenti di sabbiatura rimasti dalla produzione o dal ricondizionamento possono dare luogo a depositi nel blocco motore che si staccano poi durante il funzionamento – spesso si tratta anche di depositi provenienti da parti annesse, come ad es. il radiatore dell'olio, che durante interventi di riparazione del motore non sono state pulite a sufficienza
- Danni su guarnizioni nell'area del motore: se una guarnizione viene sollecitata eccessivamente o danneggiata in fase di montaggio, essa non potrà più svolgere la sua funzione e permetterà quindi la penetrazione di particelle
- Manutenzione insufficiente del sistema di lubrificazione: intervalli di revisione superati o filtri dell'olio intasati possono determinare l'accumulo di impurità nell'olio
- Cavitazione: le particelle si staccano dal materiale antifrizione e vengono trascinate dall'olio – queste particelle, a seconda della loro dimensione, possono quindi portare alla formazione di rigature o a piccoli incorporamenti nel cuscinetto adiacente
- Grippaggio: componenti del motore grippati (pistoni, semicuscinetti) immettono una molteplicità di particelle nel circuito del lubrificante, le quali a loro volta possono provocare danni ad altri componenti
- Danni da affaticamento: se si verificano scheggiature del materiale su componenti del motore, il materiale staccatosi può essere trascinato dall'olio nei cuscinetti dove provoca poi danni

RIMEDIO

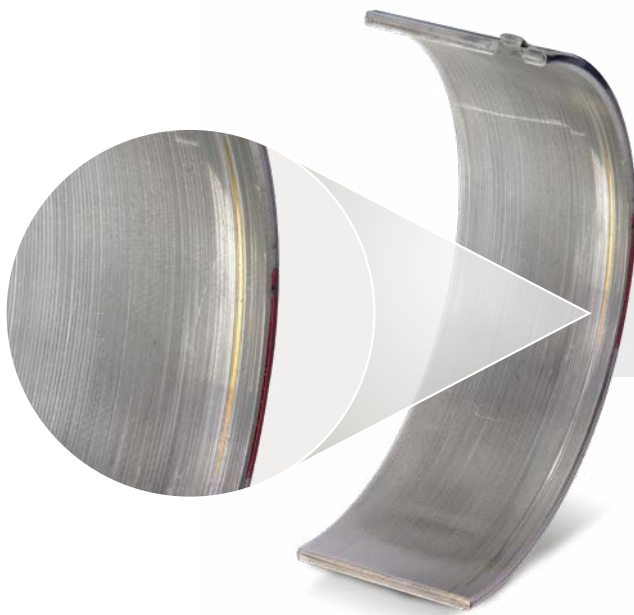
In linea di massima i cuscinetti possono continuare a essere utilizzati nonostante la formazione di rigature o l'incorporamento di particelle. Ciò dipende tuttavia dall'entità del danno. Se si riscontrano ad es. numerose grandi impronte di particelle con tracce iniziali da attrito misto in seguito a rialzi di materiale è consigliabile procedere alla sostituzione del cuscinetto. Impronte di particelle lievi non limitano il funzionamento del cuscinetto. In entrambi i casi è tuttavia opportuno chiarire la causa:

- Pulizia di tutti i componenti prima del montaggio: è importante che tutti i fori dell'olio nell'albero e nel basamento vengano sciacquati prima della messa in funzione e che vengano pulite le superfici delle sedi dei cuscinetti, in modo da rimuovere piccoli trucioli e particelle risultanti dalla produzione o da interventi di riparazione – anche i canali dell'olio di parti annesse, come radiatore dell'olio e turbocompressore, devono essere puliti accuratamente
- Controllare la funzionalità delle guarnizioni
- Effettuare la sostituzione del filtro dell'olio e il cambio dell'olio sempre conformemente alle indicazioni del produttore: assicurare che vengano rispettati gli intervalli di revisione e che vengano impiegati solo oli e filtri dell'olio con qualità sufficiente
- Filtraggio dell'aria di aspirazione: provvedere regolarmente alla manutenzione dei filtri, all'occorrenza sostituirli
- Controllare gli altri componenti del motore per rilevare l'eventuale presenza di danni come cavitazione, affaticamento o grippaggio – spesso i danni di cuscinetti a strisciamento dovuti all'azione di particelle sono infatti danni conseguenti
- Se non si riscontra alcuna azione di particelle, un'analisi dei semicuscinetti danneggiati e un campione dell'olio possono fornire chiarimenti: se nel cuscinetto sono ancora presenti particelle incorporate o si rileva la presenza di particelle nell'olio, è possibile analizzare la loro composizione chimica – se si tratta ad es. di materiale proveniente dall'albero motore, è possibile effettuare ulteriori accertamenti in quella sede

3.2 FORMAZIONE DI RIGATURE

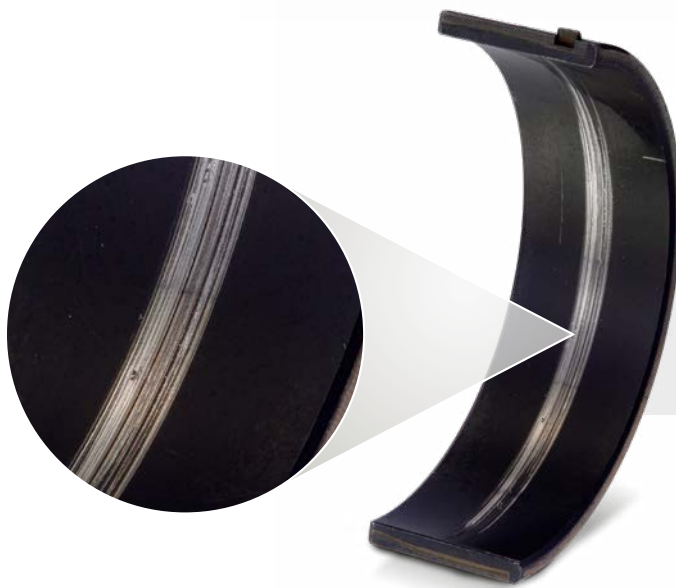
DESCRIZIONE

- Incavi lineari nella direzione di strisciamento con rialzi di materiale in corrispondenza dei margini
- In parte i rialzi sono stati successivamente livellati per effetto dell'usura e sono di colore chiaro lucido
- Spesso in concomitanza con formazione di rigature o particelle incorporate nell'albero motore o in cuscinetti adiacenti



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto materiale composito acciaio-ottone con rivestimento a polverizzazione catodica

La rigatura arriva fino allo strato in ottone. Si sono formate delle tracce di usura accanto alle rigature dovute al livellamento dei precedenti rialzi.



Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio-alluminio con rivestimento polimerico

Le rigature risultano asportate fin allo strato in lega di alluminio.

VALUTAZIONE

Le particelle penetrate nella fessura di lubrificazione che non vengono incorporate nel materiale antifrizione attraversano a forza ripetutamente la fessura provocando delle rigature. A seconda dello spessore dei margini formati, è possibile il loro successivo livellamento nel corso del funzionamento e si verifica quindi, a causa del maggiore attrito misto, un incremento della temperatura al contatto con l'albero.

Come conseguenza si verificano spesso segni iniziali di grippaggio e segni di grippaggio vero e proprio.

La formazione di rigature può anche essere la conseguenza di effetti dovuti all'attrito misto. In quel caso le rigature sono però sottili ed estese e presenti su entrambi gli antagonisti di strisciamento.

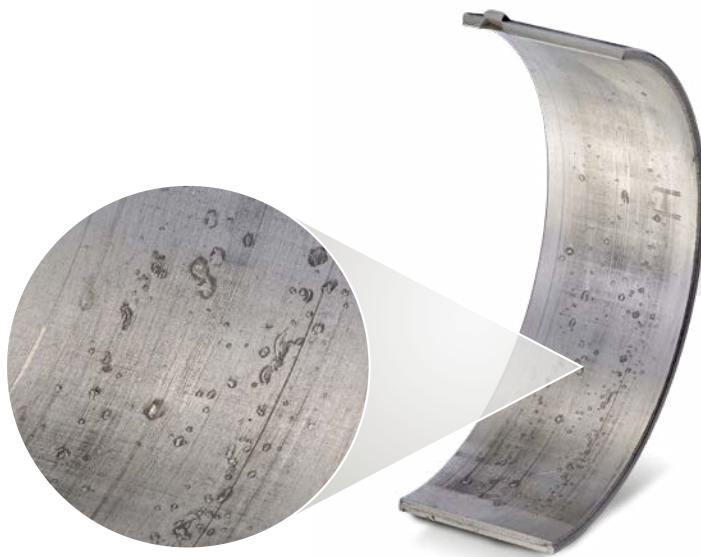
RIMEDIO

In presenza di rigature con forti rialzi ai margini è necessario sostituire il cuscinetto. In presenza di rigature i cui margini rialzati risultano invece livellati e condizioni che escludono un'ulteriore azione di particelle, i cuscinetti possono continuare a essere utilizzati.

3.3 INCORPORAMENTO

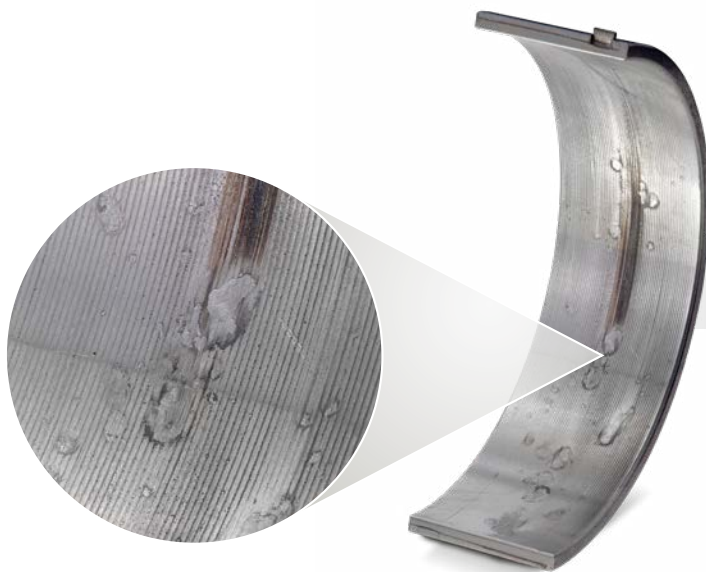
DESCRIZIONE

- Superficie cicatrizzata
- Impronte di particelle (in parte contenenti ancora le particelle) circondate da un rialzo che in seguito all'usura risulta visibile come punto di colore chiaro lucido
- Spesso in concomitanza con la formazione di rigature nel perno e nel cuscinetto
- Nei casi più gravi si riscontrano segni iniziali di grippaggio che prendono origine da incorporamenti



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello materiale composito acciaio-alluminio

Si notano impronte di particelle lievi e la formazione di singole rigature.



Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio-alluminio

Si notano grandi impronte di particelle senza particelle incorporate. Le particelle hanno provocato rialzi di materiale i quali a loro volta hanno causato un punto con segni iniziali di grippaggio al centro del cuscinetto.

VALUTAZIONE

Eventuali particelle che giungono nella fessura di lubrificazione possono essere incorporate nel materiale antifrizione. In funzione dello spessore dello strato di strisciamento / scorrimento si può distinguere tra incorporamento profondo o incorporamento superficiale. In caso di incorporamento profondo, le particelle vengono integrate completamente nello strato di strisciamento o scorrimento. Ciò è ovviamente possibile solo se la dimensione della particella è inferiore allo spessore dello strato. Il materiale del cuscinetto rialzato in fase di incorporamento viene livellato per effetto dell'usura nei successivi contatti con l'albero.

L'incorporamento superficiale si verifica quando la dimensione della particella supera lo spessore dello strato. Le particelle vengono incorporate solo parzialmente e sporgono dalla superficie del cuscinetto. Esse provocano usura e la formazione di rigature sulla superficie del perno.

A causa di rialzi in corrispondenza dei margini e sporgenze di particelle incorporate solo parzialmente viene disturbata la formazione del film lubrificante e si possono quindi verificare condizioni di attrito misto. Anche l'asportazione di materiale lanoso è una possibile conseguenza. In quel caso le particelle incorporate tagliano la superficie dell'albero provocando l'asportazione di materiale (lana di trucioli). Le particelle staccatesi che vengono incorporate a loro volta aggravano il danno al cuscinetto, per cui spesso risulta inevitabile un danno totale di perno e cuscinetto.

Una conseguenza dell'incorporamento di particelle possono essere quindi segni iniziali di grippaggio e grippaggio vero e proprio.

RIMEDIO

In presenza di grandi incorporamenti di particelle e concomitante usura di perno e cuscinetto, il cuscinetto deve essere sostituito.

In presenza di incorporamenti di particelle lievi i cui margini rialzati sono stati livellati e condizioni che escludono un'ulteriore azione di particelle, il funzionamento del cuscinetto non è compromesso.

3.4 TRACCE DOVUTE ALLA MIGRAZIONE DELLO SPORCO

DESCRIZIONE

- Singole impronte disposte in fila formano tracce alla cui estremità possono ancora essere presenti delle particelle incorporate
- In genere con andamento obliquo rispetto al bordo del cuscinetto
- Con origine da scanalature o fori di lubrificazione
- Spesso in concomitanza con la formazione di rigature nel perno e la formazione di rigature / l'incorporamento di particelle nel cuscinetto



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si è verificata una traccia dovuta alla migrazione dello sporco che prende origine dalla superficie parziale. Si notano diverse grandi impronte di particelle in fila con andamento obliquo. In parte sono ancora presenti delle particelle incorporate.

VALUTAZIONE

Particelle grandi e dure che giungono nella fessura di lubrificazione non possono essere incorporate nel materiale antifrizione. Esse attraversano quindi a forza la fessura di lubrificazione, rimangono però più volte bloccate. Spesso un danno di questo aspetto prende origine da scanalature o fori di lubrificazione, da cui ha avuto luogo l'immissione delle particelle. Rialzi consistenti lungo la traccia di migrazione provocano segni iniziali di grippaggio e grippaggio vero e proprio.

RIMEDIO

In presenza di rialzi consistenti lungo la traccia di migrazione o primi segni di grippaggio il cuscinetto deve essere sostituito. I cuscinetti possono continuare a essere utilizzati se i rialzi risultano livellati e non si deve temere un'ulteriore azione di particelle.

3.5 SPORCO INCORPORATO SUL DORSO DEL CUSCINETTO

DESCRIZIONE

- Scostamento localizzato dell'impronta di contatto
- Punto di usura di colore chiaro nella superficie di scorrimento
- Spesso residui di particelle / impronte sul dorso in acciaio del cuscinetto
- Nei casi più gravi si riscontrano forti tracce da attrito misto sotto forma di segni iniziali di grippaggio e fenomeni di affaticamento nella superficie di scorrimento del cuscinetto



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

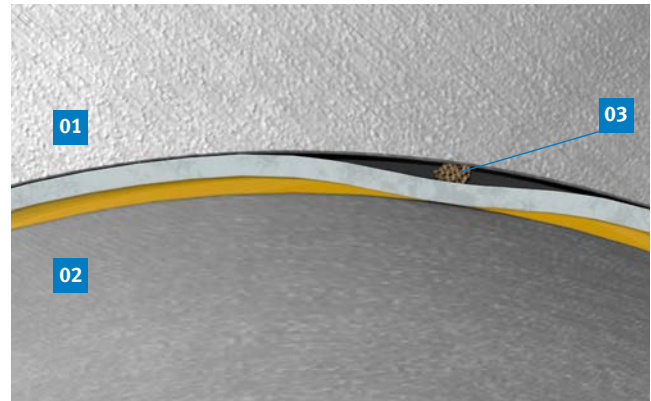
Si nota un netto scostamento dell'impronta di contatto nonché usura puntiforme nella superficie di scorrimento. Il punto di pressione si è formato per effetto di particelle sul dorso del cuscinetto.



Figura dorso del cuscinetto

VALUTAZIONE

Per effetto di impurità o residui dell'olio (calamina) sul dorso del cuscinetto si formano dei punti di pressione localizzati che diventano visibili sulla superficie di scorrimento del cuscinetto. Sul punto interno del cuscinetto si verifica un'usura maggiore a causa della pressione rispetto alla parte restante del cuscinetto. Questa maggiore usura si evidenzia spesso sotto forma di scostamento dall'impronta di contatto di colore chiaro e lucido. A seconda dell'entità del punto di pressione, le conseguenze possono essere segni iniziali di grippaggio e grippaggio vero e proprio nonché danni da affaticamento.



- 01 Scatola
- 02 Albero
- 03 Particella

RIMEDIO

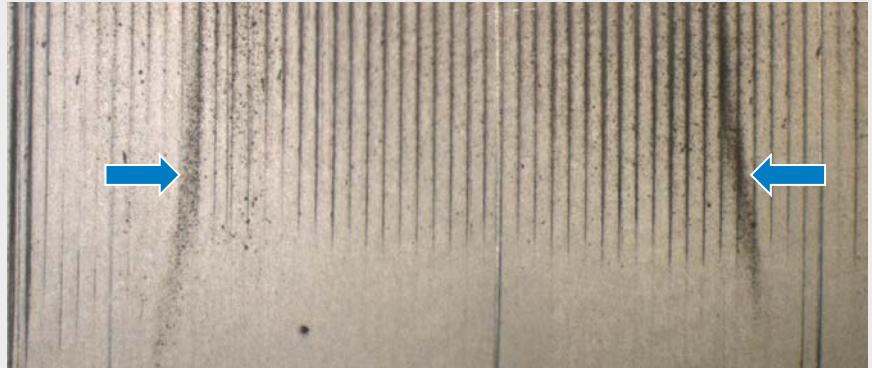
Se il cuscinetto può continuare a essere utilizzato o meno, dipende dall'entità dell'usura dello strato di scorrimento. Non appena si presentano segni iniziali di grippaggio o fenomeni di affaticamento, come cricche o scheggiature in corrispondenza del punto di pressione, il cuscinetto dovrebbe essere sostituito per scongiurare il rischio di un danno totale. L'eventuale materiale staccatosi può portare a un danno conseguente nello stesso cuscinetto o in uno adiacente.

4. EROSIONE E CAVITAZIONE

4.1 EROSIONE

DESCRIZIONE

- Formazione di rigature fini in direzione del flusso dell'olio
- Irruvidimento e fessurazione dello strato di scorrimento / strisciamento



VALUTAZIONE

L'erosione è una forma di asportazione abrasiva di materiale, causata dalle forze fluidodinamiche dell'olio. Questo effetto viene favorito dalla presenza di particelle minuscole nell'olio, come ad es. residui della combustione o materiale asportato per attrito. Spesso l'erosione è anche conseguenza della cavitazione, nella quale ha luogo il distacco di materiale che successivamente va a finire nel sistema di lubrificazione.

L'erosione attacca la superficie del materiale, dove determina

un'attivazione chimica che favorisce l'insorgenza di fenomeni di corrosione. Altrettanto viene influenzata negativamente la resistenza a fatica del materiale, in quanto la fessurazione della superficie può portare a incrinature. Si verificano danni da affaticamento.

L'erosione è sempre più frequente a causa dell'impiego di oli a bassa viscosità.

POSSIBILI CAUSE

- Regimi elevati e giochi dei cuscinetti ridotti
- Utilizzo di oli motore non corretti, ad es. senza additivi o con additivi errati
- Presenza di particelle minuscole nel flusso dell'olio: le particelle possono provenire da diverse aree del motore ed essersi formate ad es. in seguito a combustione incompleta o cavitazione

RIMEDIO

- Mantenere bassa la temperatura dell'olio assicurando un raffreddamento sufficiente
- Effettuare la sostituzione del filtro dell'olio e il cambio dell'olio sempre conformemente alle indicazioni del produttore: assicurare che vengano rispettati gli intervalli di revisione e che vengano impiegati solo oli e filtri dell'olio con qualità sufficiente

4.2 CAVITAZIONE

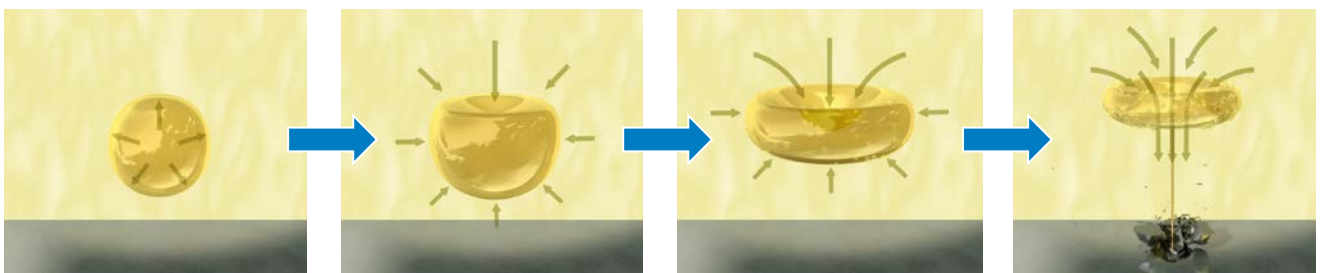
La cavitazione è causata dal flusso del lubrificante attraverso l'interstizio del cuscinetto. In questo contesto gioca un ruolo decisivo la tensione di vapore dell'olio impiegato.

Strettamente parlando la cavitazione è semplicemente il processo fisico della formazione di bolle di vapore da un liquido, che, in sé per sé, non determina ancora alcun danneggiamento del cuscinetto. Solo l'erosione da cavitazione descrive la corrispondente tipologia di danno, che avviene in seguito alla tipica asportazione di materiale, dovuta all'implosione delle bolle di vapore nelle aree con pressione inferiore alla tensione di vapore (cavitazione ↔ erosione da cavitazione).

Nonostante le differenti modalità di origine, per alcuni quadri di danno può essere difficile distinguere tra cavitazione, erosione e corrosione. Spesso si presentano anche forme transitorie complesse, come l'erosione da cavitazione o la corrosione da erosione. Questa circostanza si spiega dal fatto che sia la cavitazione sia l'erosione attacchino gli strati anticorrosivi, ne provocano l'attivazione chimica e come conseguenza si verifica la comparsa di corrosione.

DESCRIZIONE

Se la pressione scende sotto la tensione di vapore dell'olio utilizzato, si formano bollicine di gas e di vapore che vengono trascinate dal flusso. Questo fenomeno si chiama cavitazione. Nel momento in cui la pressione statica aumenta nuovamente, le bollicine implodono e si verificano forti onde di pressione, i cosiddetti micro-jet, e temperature elevate. Le onde di pressione provocano scheggiature di materiale e asportazione di materiale, la cosiddetta erosione da cavitazione.



La bolla di cavitazione si forma e cresce

Ha inizio l'implosione

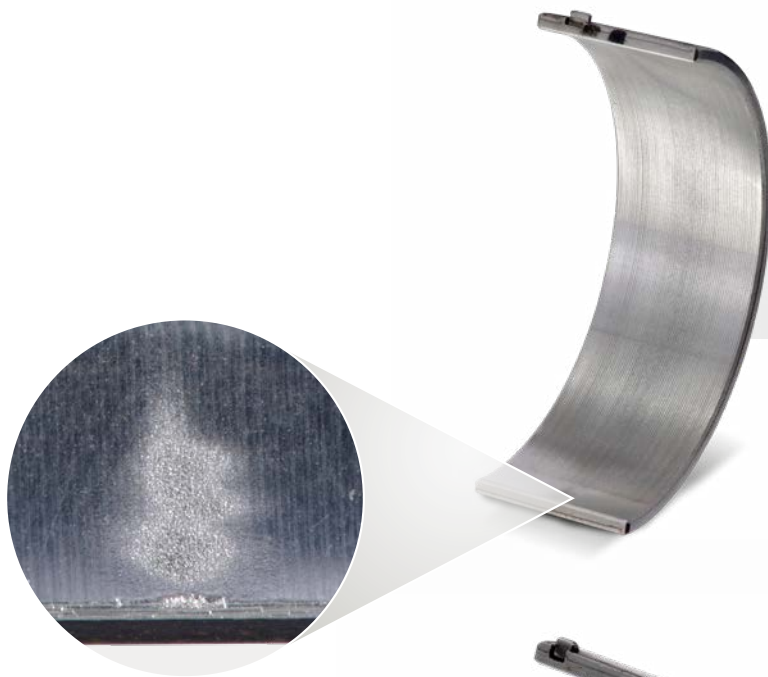
Formazione del micro-jet

Il micro-jet attraversa la bolla di cavitazione e colpisce la superficie

DESCRIZIONE

- Cavitazione nell'area di scoprimiento: scheggiatura puntiforme o fungiforme nell'area di scoprimiento verso la superficie parziale, punto nettamente irruvidito e opaco
- Cavitazione nello sbocco della scanalatura di lubrificazione: scheggiatura fungiforme nello sbocco della scanalatura di lubrificazione, punto irruvidito e opaco

La cavitazione può anche presentarsi in altre aree del cuscinetto, come ad es. la sommità. Queste forme sono però molto più difficili da distinguere dall'erosione e dalla corrosione. Perlopiù non si riscontrano scheggiature del materiale come nelle forme sopraindicate, bensì punti opachi, leggermente irruviditi, che possono altrettanto essere conseguenti a erosione o corrosione.



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello materiale composito acciaio-alluminio

Cavitazione nell'area di scoprimiento: si nota un'evidente asportazione di materiale – la zona appare opaca rispetto al materiale circostante.

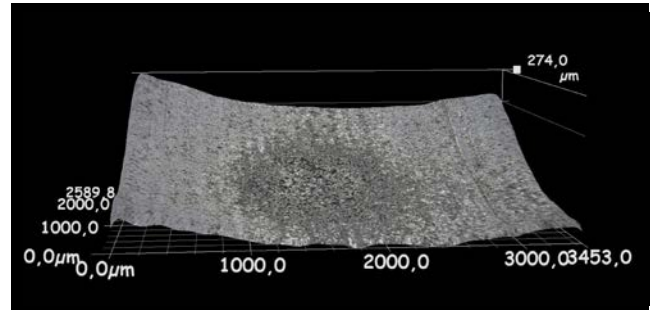


Semicuscinetti di banco superiori materiale composito acciaio-alluminio

Cavitazione nello sbocco della scanalatura di lubrificazione: si nota una scheggiatura fungiforme del materiale antifrizione. La zona è notevolmente più opaca e irruvidita rispetto al materiale circostante.

VALUTAZIONE

Le onde di pressione che sono conseguenti al collasso di bollicine di gas e di vapore vicino alla superficie del cuscinetto determinano scheggiature di materiale (ved. capitolo: “4. Erosione e cavitazione”). La cavitazione è spesso accompagnata da erosione e corrosione e può portare alla formazione di rigature nello stesso cuscinetto o in cuscinetti adiacenti.



Misurazione 3D – cavitazione

POSSIBILI CAUSE

Temperature elevate e sostanze estranee con punto di ebollizione basso possono favorire fenomeni di cavitazione.

- Sostanze estranee nell’olio: acqua, carburante o materiale asportato per attrito e impurità
- Pressione dell’olio troppo bassa: sono presenti delle perdite di pressione impreviste (ad es. in seguito a un difetto della pompa dell’olio) oppure la pressione dell’olio è regolata a un valore troppo basso
- Tensione di vapore troppo bassa dell’olio utilizzato
- Aumento di temperatura nel cuscinetto (ad es. in seguito alla mancanza di olio)
- Oli a bassa viscosità fanno aumentare il rischio di cavitazione
- Presenza di cavità / sporco incorporato (ad es. depositi carboniosi) sul dorso del cuscinetto possono provocare oscillazioni / vibrazioni del semicuscinetto e causare in questo modo cavitazione

Cavitazione da oscillazione o aspirazione:

- La fessura di lubrificazione è troppo grande, come conseguenza cala la pressione idrodinamica nell’interstizio del cuscinetto
- Oscillazioni dell’albero motore: il movimento del perno determina su un lato un calo della pressione in seguito all’effetto aspirante
- Oscillazioni del foro del cuscinetto (perlopiù negli occhi di biella) in seguito a deformazione o flessione – si verifica un calo della pressione nel film di olio

Cavitazione da flusso:

- Interruzioni in superfici (fori o scanalature di lubrificazione) e deviazioni del flusso dell’olio possono determinare un calo della pressione

RIMEDIO

Non è necessario sostituire i cuscinetti che presentano cavitazione. A seconda dell’entità della cavitazione, è possibile che, a causa degli effetti sulla dinamica del cuscinetto, si riduca il ciclo di vita. Tuttavia non si deve temere un danno totale.

- Utilizzare oli di qualità e procedere a intervalli regolari al cambio dell’olio e alla sostituzione del filtro dell’olio, conformemente alle indicazioni del produttore
- Controllare la pressione dell’olio e all’occorrenza effettuare le opportune correzioni
- Impiegare un olio con tensione di vapore superiore: l’olio deve però in ogni caso essere compatibile con tutti i componenti del motore, all’occorrenza interpellare il produttore
- Controllare la fessura di lubrificazione e all’occorrenza effettuare le opportune correzioni del gioco del cuscinetto
- Controllare le sollecitazioni oscillatorie (vibrazioni) del motore
- Controllare se l’olio è diluito con carburante

5. DANNI DA AFFATICAMENTO

5.1 INTRODUZIONE

Se in singoli punti viene superata la resistenza a fatica del materiale, si verificano fenomeni di affaticamento. Si formano quindi prime incrinature (Fig. 1) che, per effetto di intaglio, si estendono dando luogo a una rete di cricche (Fig. 2). Successivamente si verificano delle scheggiature (Fig. 3) nel metallo antifrizione. La rete di cricche e le scheggiature riducono la resistenza del cuscinetto, per cui, in presenza di sollecitazioni, ne può conseguire una rottura da fatica. In quel caso il cuscinetto a strisciamento ha perso la sua funzionalità e si verifica un danno totale.

A causa delle scheggiature del materiale si verifica la penetrazione di particelle nel sistema di lubrificazione. Possono insorgere la formazione di rigature o l'incorporamento di particelle nello stesso cuscinetto o in cuscinetti adiacenti. Anche segni iniziali di grippaggio o grippaggio vero e proprio nello stesso cuscinetto o in cuscinetti adiacenti possono insorgere.

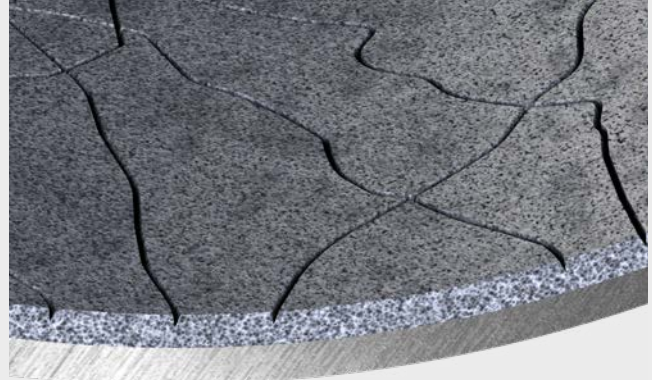


Fig. 1: Inizio di criccatura



Fig. 2: Rete di cricche

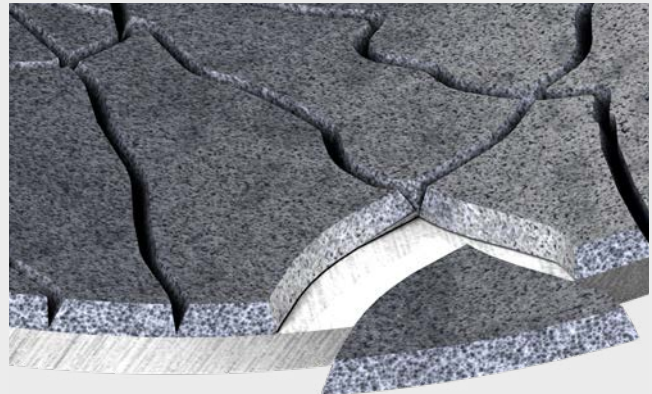


Fig. 3: Scheggiature

POSSIBILI CAUSE

I fenomeni di affaticamento, quali cricche e scheggiature del metallo antifrizione, sono causati da sollecitazioni dinamiche eccessive. Queste possono avere svariate cause:

- Sollecitazione eccessiva: se il cuscinetto è esposto a forze superiori rispetto a quelle previste in fase di progettazione, si verifica un affaticamento del materiale – anomalie della combustione, come ad es. il battito in testa, fanno aumentare la pressione sul pistone e quindi sul cuscinetto di biella
- La fessura di lubrificazione è di dimensioni insufficienti – non è possibile la formazione di un film lubrificante con sufficiente capacità di carico: la pressione del film lubrificante aumenta in questi punti e si verificano elevate pressioni superficiali. La causa può risiedere in errori di allineamento o di forma, errori di geometria o di montaggio (ved. capitolo: “2.5 Casi speciali”), l’esame dei cuscinetti adiacenti può fornire chiarimenti in merito
- Olio di scarsa qualità o invecchiamento dell’olio: se si utilizza olio non adatto o l’olio ha perso di qualità a causa dell’invecchiamento, si possono verificare problemi per quanto riguarda la formazione del film lubrificante
- Oscillazioni: se sul cuscinetto agiscono in aggiunta delle tensioni alternate causate da oscillazioni, il rischio di affaticamento del materiale aumenta.
- Temperature elevate: l’affaticamento del materiale è favorito dalle alte temperature, in quanto esse riducono la resistenza del materiale antifrizione

RIMEDIO

- Verificare le sollecitazioni a cui sono esposti i cuscinetti: eventualmente sarà necessario utilizzare un cuscinetto più resistente alla fatica
- Verificare la geometria corretta dell’albero motore: dimensioni, rotondità, cilindricità, ondulazione, rugosità della superficie
- Controllare che il foro di base della linea di cuscinetti sia corretto: dimensioni, rotondità, cilindricità, superficie
- Controllare l’allineamento del foro dei cuscinetti di banco (osservare le coppie di serraggio prescritte per le viti, garantire il sufficiente raffreddamento del motore)
- Prima del montaggio controllare l’angolarità dei fusti delle bielle
- Equilibrare l’albero motore in fase di montaggio
- Utilizzare solo oli consigliati dal produttore e rispettare gli intervalli previsti per il cambio dell’olio
- Assicurare un raffreddamento sufficiente del motore

5.2 INCRINATURE E SCHEGGIATURE DELLO STRATO DI STRISCIAMENTO

Questa categoria di danno si verifica soltanto nei cuscinetti a strisciamento con strato di strisciamento in polimero / vernice lubrificante o rivestimento applicato tramite galvanizzazione o polverizzazione catodica.

DESCRIZIONE

- Nello strato di strisciamento si notano cricche sottili: soprattutto in direzione trasversale rispetto alla direzione di strisciamento; queste cricche sono indicate spesso come “a coleottero della corteccia” poiché il loro aspetto ricorda le tracce lasciate da questo insetto
- Spesso questa categoria di danno è accompagnata da usura dei bordi e alterazioni cromatiche della superficie del cuscinetto



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto materiale composito acciaio-ottone con rivestimento a polverizzazione catodica

Il cuscinetto a strisciamento presenta in direzione dell'area di scoprimento dei fenomeni di affaticamento sotto forma di incrinature e prime scheggiature che arrivano fino allo strato in ottone.



Semicuscinetto di banco materiale composito acciaio-bronzo con rivestimento a galvanizzazione

Un'usura dei bordi unilaterale su entrambi i semicuscinetti ha provocato l'affaticamento dello strato galvanico con la tipica tipologia di danno “a coleottero della corteccia”.

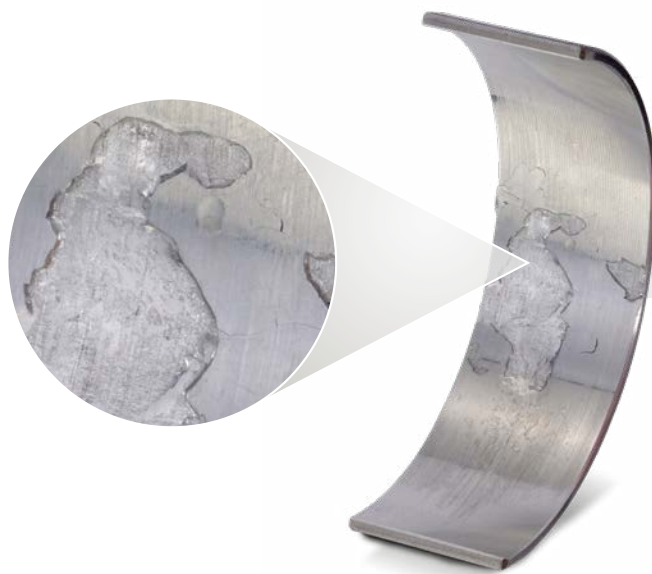


Per le possibili cause e il rimedio, ved. capitolo “5.1 Introduzione”

5.3 INCRINATURE E SCHEGGIATURE DEL METALLO ANTIFRIZIONE

DESCRIZIONE

- Cricche e scheggiature con aspetto simile ad una pietra da selciato fin nel materiale antifrizione
- Con l'ulteriore funzionamento, i margini della scheggiatura vengono smussati per effetto dell'usura



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto materiale composito acciaio-alluminio

Si notano scheggiature e cricche di ampie dimensioni.



Per le possibili cause e il rimedio, ved. capitolo "5.1 Introduzione"

6. DANNI DA SURRISCALDAMENTO

6.1 INTRODUZIONE

I danni da surriscaldamento sono il risultato di fenomeni termici drastici nel semicuscinetto a strisciamento correlati ad un forte attrito misto. Insieme a segni iniziali di grippaggio o grippaggio vero e proprio si possono pertanto riscontrare anche sempre cricche da calore, alterazioni cromatiche e punti di fusione.

La dissipazione del calore tramite il lubrificante gioca un ruolo decisivo in questo contesto. In assenza di dissipazione del calore si verifica un danno totale. Già con i primi fenomeni da surriscaldamento si verificano alterazioni localizzate della struttura e la resistenza a fatica del materiale si riduce. Nei punti interessati si formano cricche da calore.

POSSIBILI CAUSE

- Danno conseguente dovuto all'aumento della temperatura in seguito a segni iniziali di grippaggio, grippaggio vero e proprio o usura dei bordi
- Dissipazione del calore insufficiente tramite il lubrificante (ved. capitolo: "2.3 Segni iniziali di grippaggio")

RIMEDIO

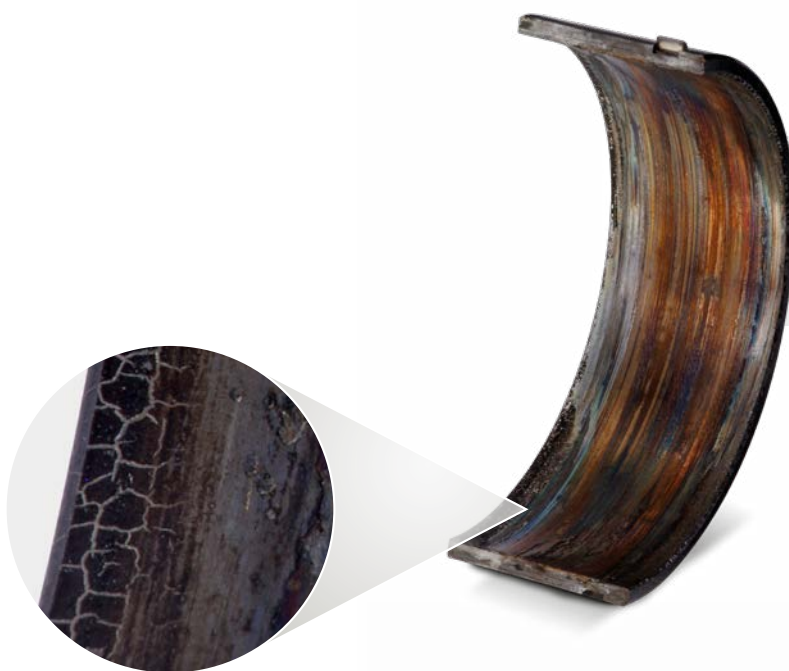
In presenza di danni da surriscaldamento, si deve procedere alla sostituzione del cuscinetto e indagare sulle cause. Se si tratta di un danno conseguente, si deve eliminare la causa del danno primario.

Se non si riscontrano altri danni del cuscinetto, si deve controllare il circuito del lubrificante (ved. capitolo: "2.3 Segni iniziali di grippaggio") e le sollecitazioni a cui è sottoposto il cuscinetto.

6.2 CRICCHE DA CALORE

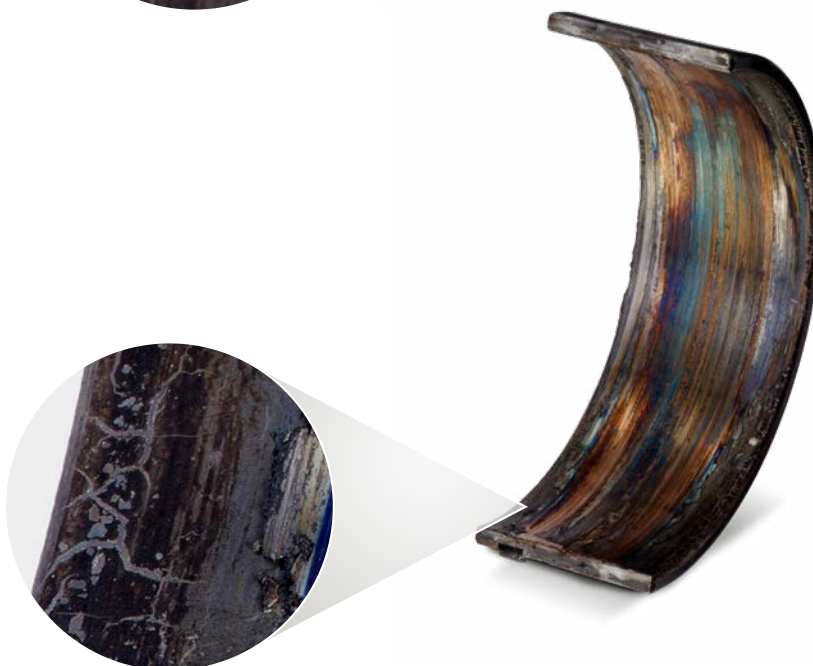
DESCRIZIONE

- Si nota una rete di cricche
- Punti di fusione e alterazioni cromatiche del semicuscinetto



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello e sul lato del fusto materiale composito acciaio-bronzo con rivestimento a galvanizzazione

In corrispondenza dello strato di scorrimento dei semicuscinetti grippati si notano evidenti alterazioni cromatiche e punti di fusione. La formazione di cricche è evidente soprattutto nella zona dei bordi.



Per le possibili cause e il rimedio, ved. capitolo "6.1 Introduzione"

6.3 PUNTI DI FUSIONE DELLO STRATO DI SCORRIMENTO

DESCRIZIONE

- Si notano spostamenti di materiale e spalmature nella superficie di scorrimento
- In concomitanza a cricche da calore e alterazioni cromatiche del semicuscinetto



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello materiale composito acciaio-bronzo con rivestimento a galvanizzazione

Nello strato galvanico si notano punti di fusione di colore bianco.



Per le possibili cause e il rimedio, ved. capitolo "6.1 Introduzione"

6.4 ALTERAZIONI CROMATICHE DELLO STRATO DI SCORRIMENTO O DEL DORSO DEL CUSCINETTO

DESCRIZIONE

- Alterazioni cromatiche che vanno da bluastro a nero nello strato di scorrimento o sul dorso del cuscinetto
- In concomitanza a punti di fusione e distacchi / spostamenti del materiale



Semicuscinetto di biella sul lato del fusto materiale composito acciaio-bronzo con rivestimento a galvanizzazione

Il dorso del cuscinetto in seguito a un punto di grippaggio del cuscinetto è colorato di nero.



Semicuscinetto di biella sul lato del cappello materiale composito acciaio-bronzo con rivestimento a galvanizzazione

Si nota il colore di rinvenimento nello strato di scorrimento.



Per le possibili cause e il rimedio, ved. capitolo “6.1 Introduzione”

7. CORROSIONE

7.1 CORROSIONE DA ATTRITO / OSSIDO DI FERRO DA OSSIDAZIONE PER ATTRITO

DESCRIZIONE

- Superficie cicatrizzata del dorso del cuscinetto o in corrispondenza della superficie parziale
- Punti irruviditi, opachi

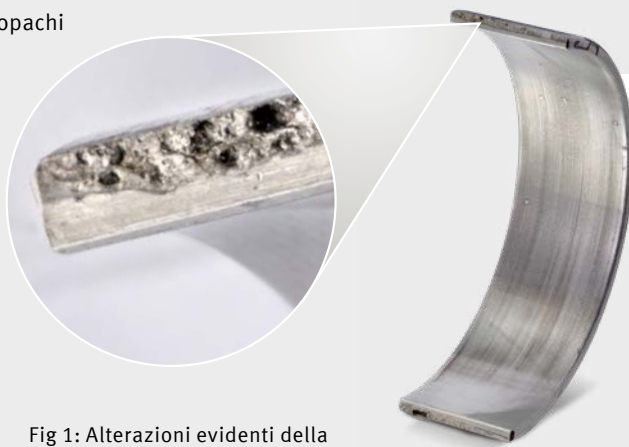


Fig 1: Alterazioni evidenti della superficie del materiale

Semicuscinetto di banco inferiore materiale composito acciaio- alluminio

Anche in corrispondenza della superficie parziale possono essere presenti segni che indicano movimenti del semicuscinetto sotto forma di corrosione da attrito. La superficie del materiale presenta alterazioni evidenti (Fig. 1).



Semicuscinetti di banco superiori materiale composito acciaio- alluminio

Si notano evidenti tracce di corrosione da attrito, in parte con aree in cui il materiale risulta strappato via (Fig. 2).

Qui si evidenziano nette caratteristiche di una corrosione da attrito estesa, con aree in cui il materiale risulta strappato via e cicatrizzazioni della superficie (Fig. 3).

Fig. 2: Aree in cui il materiale risulta in parte strappato via

Fig. 3: Aree in cui il materiale risulta strappato via e cicatrici

VALUTAZIONE

Se il semicuscinetto non è posizionato correttamente nel supporto del cuscinetto, a causa dei conseguenti movimenti relativi (microstrisciamenti) si verifica una corrosione da attrito. Il calore prodotto dall'attrito in seguito al movimento del cuscinetto non può essere asportato dal lubrificante, come accade invece all'interno del cuscinetto, per cui si verifica il surriscaldamento localizzato del dorso in acciaio. Tali surriscaldamenti provocano punti di fusione e la conseguente tipica superficie cicatrizzata. Si verificano trasferimenti di materiale tra il dorso del cuscinetto e il foro.

Il fluido ambiente può penetrare nelle superfici irruvidite e chimicamente attivate e accelerare la corrosione.

La corrosione da attrito riduce la resistenza a fatica del materiale in quanto favorisce la formazione di microcricche. Possono quindi verificarsi danni da affaticamento con conseguenze quali incrinature o rotture da fatica.

POSSIBILI CAUSE

- Precarico insufficiente a causa di un foro di base troppo grande o un semicuscinetto troppo piccolo
- Sporgenza insufficiente del semicuscinetto: la sporgenza del semicuscinetto garantisce il saldo fissaggio grazie a un sufficiente accoppiamento stabile
- Deformazione della scatola: in caso di basamenti del motore in alluminio, in presenza di temperature estreme la scatola e il semicuscinetto possono deformarsi in modo diverso, il che può far sì che il saldo accoppiamento del cuscinetto potrebbe essere non più sufficiente
- Flessione dell'albero motore: la flessione dell'albero motore lascia un'impronta di contatto caratteristica sulla superficie di scorrimento del cuscinetto (ved. capitolo: "2.5 Casi speciali")
- Serraggio insufficiente delle viti
- Oscillazioni o vibrazioni della scatola o dell'albero motore con conseguenti micromovimenti (oscillazioni e vibrazioni possono essere favorite anche da sporco incorporato o presenza di cavità)

RIMEDIO

Se si riscontrano tracce di ossido di ferro da ossidazione per attrito, il cuscinetto deve essere sostituito, in quanto la resistenza a fatica può essere già ridotta.

- Il foro di alloggiamento e il diametro esterno del semicuscinetto devono rientrare nella tolleranza, in modo che venga rispettato il gioco del cuscinetto prescritto
- Sporgenza: per generare il voluto accoppiamento stabile necessario per garantire il saldo fissaggio, il semicuscinetto deve disporre di una sufficiente sporgenza
- Controllare il foro di alloggiamento e la scatola per rilevare eventuali deformazioni
- Equilibrare l'albero motore in fase di montaggio e controllare le sollecitazioni dell'albero
- Procedere al serraggio delle viti in conformità alle indicazioni del produttore per quanto riguarda le coppie di serraggio e la sequenza di serraggio
- Controllare il motore per l'eventuale presenza di oscillazioni o vibrazioni durante il funzionamento

7.2 CORROSIONE CHIMICA

DESCRIZIONE

- Alterazioni cromatiche della superficie del materiale, soprattutto nella zona di carico principale
- Superficie di scorrimento ruvida e porosa



**Semicuscinetto di banco inferiore
materiale composito acciaio-
alluminio**

Si notano depositi di prodotti della corrosione nella superficie di scorrimento del cuscinetto, particolarmente evidenti al centro del cuscinetto. Il deposito si manifesta sotto forma di macchie. All'esame microscopico della zona corrosa, si nota l'irruvidimento della superficie di scorrimento del cuscinetto.

VALUTAZIONE

La corrosione chimica è causata da reazioni tra il semicuscinetto e l'olio motore. La reazione chimica viene scatenata dall'uso di additivi aggressivi nell'olio o da contaminazioni dell'olio durante il funzionamento.

L'attacco chimico riduce la resistenza a fatica del materiale, per cui i danni da affaticamento si aggravano anche con sollecitazioni minime.

POSSIBILI CAUSE

- Usura, cavitazione e erosione possono favorire la corrosione, poiché attaccano la superficie del materiale e ne determinano l'attivazione chimica
- Formazione di acidi e sali metallici in seguito all'invecchiamento dell'olio
- Additivi dell'olio aggressivi, non ammessi
- Prodotti aggressivi derivanti dalla combustione (zolfo, idrogeno solforato)
- Contaminazione dell'olio con acqua o liquido antigelo
- Temperature di esercizio elevate favoriscono i processi chimici come l'invecchiamento dell'olio

RIMEDIO

I cuscinetti corrosi devono essere sostituiti.

- Effettuare il cambio dell'olio sempre conformemente alle indicazioni del produttore
- Utilizzare solo oli di qualità privi di additivi aggressivi
- Garantire il sufficiente raffreddamento del motore

8. DANNI AGLI ANELLI DI SPALLAMENTO

Gli anelli di spallamento permettono di assorbire forze assiali che si vengono a generare ad es. all'azionamento della frizione. Nei cuscinetti di banco un punto di supporto viene perciò sempre sostenuto in direzione assiale. Ciò viene realizzato tramite

l'inserimento di anelli di spallamento oppure tramite cuscinetti premontati con spallamento pronti al montaggio o semicuscinetti flangiati.

Formazione di cricche da bordo esterno a bordo esterno



Scheggiatura del materiale di ampie dimensioni in corrispondenza del bordo esterno dell'anello di spallamento



POSSIBILI CAUSE

- Gioco assiale insufficiente, l'anello di spallamento viene quindi spinto contro l'antagonista di strisciamento
- Sollecitazione assiale eccessiva
- Sollecitazione assiale costante
- Braccio di manovella dell'albero troppo ruvido

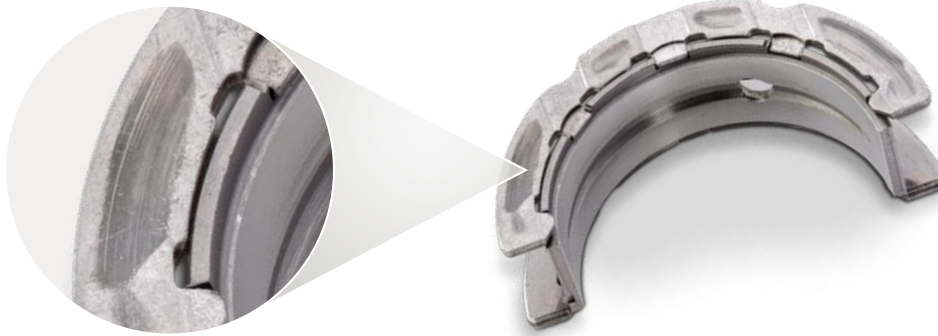
RIMEDIO

- Controllare il gioco assiale dell'albero motore e rispettare la tolleranza prescritta – all'occorrenza inserire un anello di spallamento con sottomisura
- Controllare la sollecitazione assiale sull'anello di spallamento

Usura da strisciamento

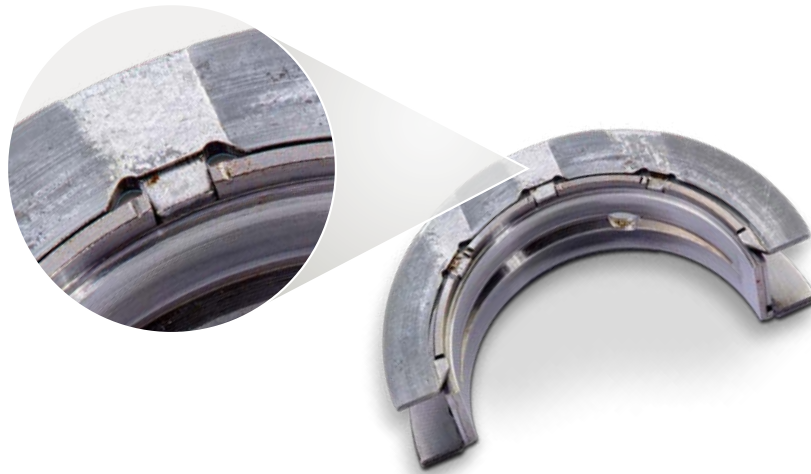
Si notano tracce da contatto sulla superficie di scorrimento dell'anello di spallamento

Stato a nuovo prima del funzionamento



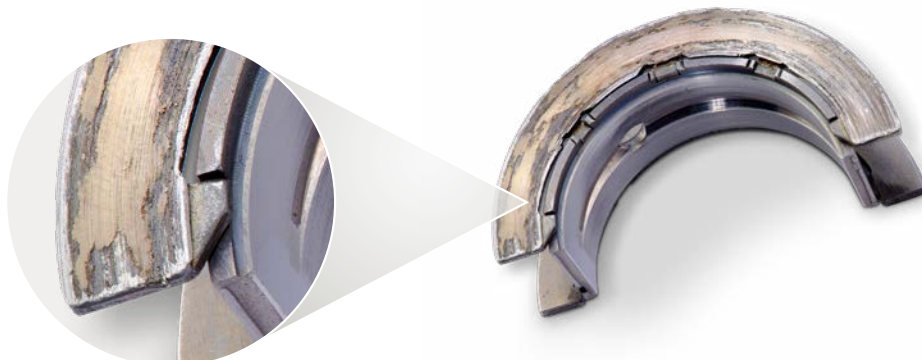
Usura da strisciamento avanzata

Spostamento e asportazione di materiale, le scanalature di lubrificazione sono quasi del tutto scomparse



Grippaggio

Aree in cui il materiale risulta strappato via e formazione di rigature di entità forte, le scanalature di lubrificazione non sono più visibili

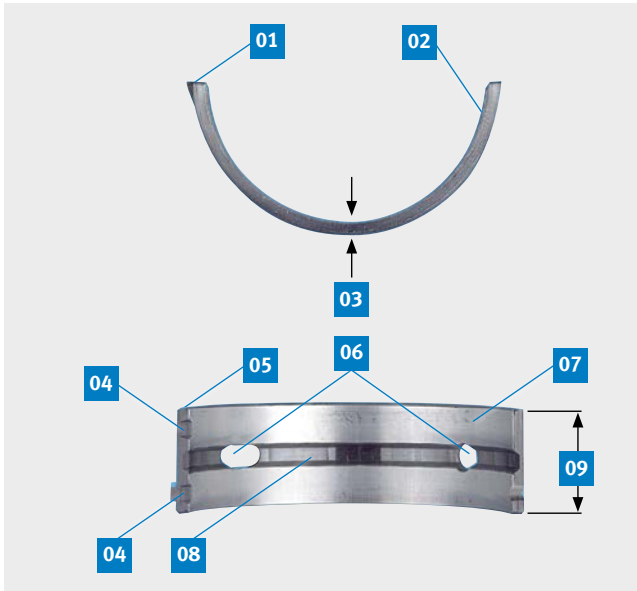


Danno totale

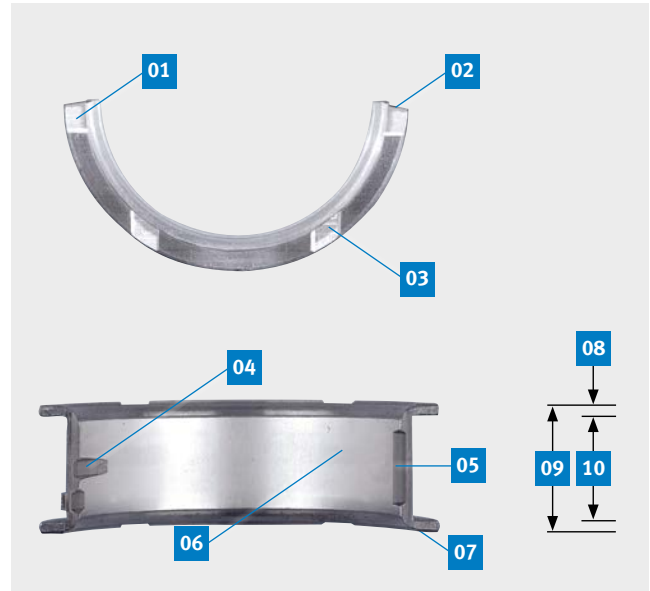


9. GLOSSARIO

TERMINI TECNICI E DENOMINAZIONI PER IL CUSCINETTO A STRISCIAMENTO



- 01 Superficie parziale
- 02 Area di scoprimento della superficie di scorrimento
- 03 Spessore parete
- 04 Camme di fissaggio a sinistra e destra
- 05 Superficie frontale
- 06 Foro per l'olio
- 07 Superficie di scorrimento
- 08 Scanalatura di lubrificazione interna
- 09 Larghezza cuscinetto



- 01 Area di scoprimento sulla superficie frontale
- 02 Area di scoprimento sulla superficie parziale dello spallamento
- 03 Scanalatura di lubrificazione sulla superficie frontale
- 04 Scanalatura falciforme
- 05 Tasca di lubrificazione
- 06 Superficie di scorrimento
- 07 Superficie frontale
- 08 Spessore spallamento
- 09 Larghezza cuscinetto
- 10 Distanza spallamento



- 01 Camma di arresto
- 02 Scanalatura di lubrificazione

SPIEGAZIONE DEI TERMINI TECNICI

Abrasivo

Levigante / smerigliante

Accoppiamento con interferenza e sporgenza

Boccole e semicuscinetti vengono bloccate nella scatola principalmente tramite accoppiamenti stabili. Nei semicuscinetti l'accoppiamento con interferenza risulta dal fatto che i due semicilindri vengono prodotti con una lunghezza della circonferenza maggiore di 180°. La differenza tra la quota effettiva della lunghezza della circonferenza del semicuscinetto e della lunghezza della circonferenza riferita a 180° viene chiamata sporgenza. La sporgenza del semicuscinetto influenza direttamente l'accoppiamento con interferenza.

Area di scoprimento

La zona di un semicuscinetto in cui viene ridotto lo spessore parete in direzione della superficie parziale. Ciò compensa eventuali imprecisioni di montaggio.

Attrito fluido

chiamato anche attrito viscoso nei fluidi. Nei cuscinetti a strisciamento idrodinamici a regimi bassi non si forma un film lubrificante con sufficiente capacità di carico, tra perno e cuscinetto a strisciamento è quindi presente attrito misto. Solo a partire dal numero di giri limite ha inizio l'attrito fluido, ossia la condizione voluta. Ha quindi luogo la formazione di un film lubrificante portante e l'usura di perno e cuscinetto a strisciamento viene minimizzata.

Bielle fratturate

Le bielle fratturate vengono realizzate dapprima in un unico pezzo, quindi vengono praticate delle linee di frattura (bielle sinterizzate) o tacche con laser (bielle in acciaio) e infine le bielle vengono spezzate in due pezzi (frattura). Entrambi i pezzi vengono avvitati durante il montaggio della biella e combaciano esattamente a causa della geometria individuale della frattura.

Blocco mediante espansione

La misura di espansione indica lo scostamento del diametro esterno dalla forma a cerchio ideale in corrispondenza della superficie parziale. Questa misura rappresenta il ritorno elastico dopo la formatura e viene rilevata sul componente non montato. Il risultante precarico del semicuscinetto facilita il montaggio grazie ad un buon contatto sulla parete del foro e ne impedisce la caduta o la rotazione in sede.

Camme di fissaggio

Le camme di fissaggio vengono applicate sui semicuscinetti in corrispondenza della superficie parziale. Grazie al loro posizionamento assiale, esse impediscono errori in fase di montaggio.

Erosione

Asportazione di materiale per effetto dell'energia cinetica di sostanze solide, liquide o gassose che agiscono sulla superficie.

Forza assiale

Una forza che agisce in direzione di un asse di un corpo rotante.

Funzione automatica start / stop

La funzione start / stop dei motori a combustione trova crescente impiego soprattutto per rispondere alla richiesta di abbassamento delle emissioni di CO₂. Nella modalità start / stop il motore si spegne a veicolo fermo per riavviarsi poi in automatico alla ripartenza. Ciò richiede ai cuscinetti a strisciamento montati all'interno del motore una maggiore resistenza all'attrito misto. Ad ogni procedura di avviamento e di arresto i cuscinetti lasciano il regime di funzionamento idrodinamico e attraversano il regime ad attrito misto fino al punto zero della velocità di strisciamento. Solo strati di strisciamento ottimizzati in vista di queste condizioni estremamente critiche in termini tribologici per il cuscinetto a strisciamento possono garantire una sufficiente resistenza all'usura.

Galvanizzazione

Metodo di rivestimento elettrochimico; gli strati galvanici vengono applicati per via elettrochimica sui cuscinetti a strisciamento finiti e consentono sollecitazioni specifiche fino a 100 MPa circa. Tramite gli strati galvanici si vogliono facilitare i processi di adattamento in fase di rodaggio e migliorare la compatibilità dei semicuscinetti con particelle e le loro caratteristiche di funzionamento di emergenza.

Impronta di contatto

Aspetto della superficie di scorrimento del cuscinetto che viene causato dal contatto con il perno durante il funzionamento.

Inibitore della diffusione

L'inibitore della diffusione è uno strato sottile, perlopiù di nichel (Ni) o nichel-cromo (NiCr) che serve a inibire la diffusione dello stagno tra lo strato di strisciamento galvanico o applicato tramite polverizzazione catodica (strato più esterno del cuscinetto) e il materiale antifrizione in bronzo. Una diffusione dello stagno modificherebbe le caratteristiche meccaniche sia dello strato di strisciamento sia del metallo antifrizione.

Lato del fusto / lato del cappello

Per poter montare la biella sull'albero motore, il cuscinetto di biella è costituito da un semicuscinetto sul lato del fusto ed uno sul lato del cappello. Una volta montata, la coppia di semicuscinetti viene bloccata tramite le viti di biella formando un cuscinetto precisamente chiuso. Il semicuscinetto sul lato del fusto è soggetto a sollecitazioni meccaniche notevolmente maggiori rispetto a quello sul lato del cappello, poiché attraverso esso la forza dei gas risultante dal processo di combustione viene trasferita all'albero motore. In particolare nei motori diesel con sovralimentazione spinta agiscono sollecitazioni specifiche pari a 100 MPa e più sul semicuscinetto a strisciamento. Il semicuscinetto di biella sul lato del cappello ha la funzione di chiudere il cuscinetto.

Numero di giri limite

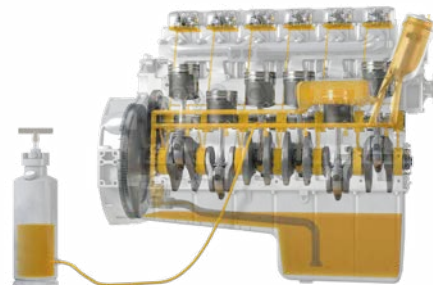
Descrive il punto limite, ossia il momento in cui avviene il passaggio da attrito misto a attrito fluido in seguito alla maggiore velocità di strisciamento. Nei cuscinetti a strisciamento idrodinamici – come utilizzati nei motore a combustione – il sottile film lubrificante si forma solo a velocità di strisciamento più alte. A velocità di strisciamento basse, questi cuscinetti a strisciamento devono sopportare un attrito misto con percentuali elevate di attrito tra corpi solidi. Per questo motivo si mira sempre a mantenere quanto più breve possibile il funzionamento in condizioni di attrito misto.

Polverizzazione catodica

Potenze del motore maggiori richiedono, in particolare per quanto riguarda i cuscinetti di biella, materiali con una resistenza a fatica decisamente superiore, tasso di usura inferiore in condizioni di attrito misto e una buona resistenza alla corrosione a temperature più alte. A questo profilo di requisiti piuttosto complesso si risponde con la separazione fisica in fase gassosa (PVD). Microparticelle vengono vaporizzate da un erogatore in una camera sottovuoto. Grazie ai campi elettromagnetici le particelle vengono trasferite in modo uniforme sul componente da rivestire. Questi strati magnetronici si contraddistinguono per la distribuzione omogenea della struttura microscopica del materiale. Base di partenza è il noto cuscinetto trimetallico. La struttura base è stata mantenuta invariata. Lo strato di strisciamento galvanico viene sostituito con uno strato di strisciamento depositato tramite polverizzazione catodica. I semicuscinetti dotati di polverizzazione catodica trovano impiego principalmente sul lato di pressione dei cuscinetti di biella. I semicuscinetti complementari sono cuscinetti bimetallici o trimetallici convenzionali. La corretta posizione di montaggio del semicuscinetto con polverizzazione catodica è il presupposto per la sicurezza di funzionamento.

Riempimento dell'olio a pressione

Onde evitare danni in fase di rodaggio, come ad es. un funzionamento a secco dei cuscinetti a strisciamento, prima del primo avviamento del motore il sistema dell'olio deve essere riempito con olio in pressione e sfiatato.



Rivestimento polimerico

anche vernice lubrificante polimerica. Questo rivestimento consiste in una resina di poliammide resistente alla temperatura e allo sporco con una percentuale elevata di riempitivi in grado di ridurre l'attrito e l'usura. Il risultato di questa innovativa combinazione di metallo e polimero è una resistenza alle sollecitazioni maggiore del 20% rispetto ai cuscinetti bimetallici tradizionali, una resistenza all'usura più elevata e un attrito ridotto.

Rotondità

La rotondità di un elemento di rotazione in una sezione (perpendicolare al suo asse effettivo) è uguale alla minima larghezza dell'anello tra due cerchi con centro identico. Il centro può essere mosso liberamente in questa sezione in modo che la larghezza dell'anello raggiunge sempre il valore minimo. Tutti i punti dell'elemento si trovano in mezzo a questi due cerchi.

Segni iniziali di grippaggio

Uno stadio preliminare del grippaggio causato da forte attrito misto (ad es. mancanza di olio lubrificante). Tipici dei segni iniziali di grippaggio sono la formazione di rigature e tracce da attrito misto nonché spostamenti dello strato di strisciamento.

Sistemi a scanalature / scanalatura di lubrificazione

I sistemi a scanalature sono necessari per distribuire il lubrificante necessario nel cuscinetto e permettere così il raggiungimento di uno stato di funzionamento idrodinamico. Essi vengono disposti preferibilmente nell'area non sollecitata del cuscinetto. Tramite sistemi a scanalature viene garantita anche la distribuzione del lubrificante verso altri utilizzatori.

Spessore parete

Il gioco del cuscinetto viene regolato attraverso lo spessore parete del cuscinetto a strisciamento. Dato che il diametro esterno è predefinito tramite l'accoppiamento stabile, è possibile adattare il gioco del cuscinetto in relazione al diametro dell'albero variando lo spessore parete. Per gli alberi riparati esistono dei cuscinetti a strisciamento con diversi livelli di maggiorazione (spessori parete maggiori).

Superficie parziale

Le superfici parziali di un semicuscinetto sono le estremità libere della sezione di cilindro cavo. Queste superfici si formano alla tranciatura dello sviluppo dal nastro o durante una corrispondente rettifica. Durante il montaggio il semicuscinetto superiore e quello inferiore vengono serrati nella scatola attraverso le superfici parziali per realizzare quindi tramite la sporgenza l'accoppiamento con interferenza.

TRASFERIMENTO DI KNOW-HOW CONSULENZA DI ESPERTI

FORMAZIONE A LIVELLO GLOBALE

Direttamente dal produttore

Ogni anno circa 4.500 meccanici e tecnici colgono l'opportunità e partecipano ai nostri corsi di formazione e seminari che organizziamo in loco in tutto il mondo o anche nei nostri centri di formazione a Dormagen e Tamm (Germania).

INFORMAZIONI TECNICHE

Consigli pratici per il lavoro quotidiano

Con le Product Information, le Service Information, le brochure e i poster tecnici lo stato attuale della tecnica non è più un mistero.

VIDEO TECNICI

La comunicazione scientifica tramite video

Nei nostri video tecnici potrete trovare avvertenze per il montaggio orientate alla pratica e spiegazioni sul sistema relative ai nostri prodotti.



PRODOTTI IN PRIMO PIANO ONLINE

Le nostre soluzioni spiegate dettagliatamente

Tramite gli elementi interattivi, le animazioni e i videoclip imparerete tutto quello che è utile sapere sui prodotti e sul motore.

ONLINESHOP

Accesso diretto ai nostri prodotti

Ordini 24 ore su 24. Verifica rapida della disponibilità. Ampia ricerca prodotti in base a motore, a veicolo, dimensioni, etc.

NOTIZIE

Informazioni regolari per e-mail

Iscrivetevi ora online alla nostra newsletter gratuita. Riceverete regolarmente informazioni sui nuovi prodotti, sulle pubblicazioni tecniche e tanto altro ancora.

INFORMAZIONI PERSONALIZZATE

Appositamente per i nostri clienti

Vi forniremo informazioni dettagliate e assistenza sul nostro ampio spettro di servizi: come ad es. materiale di promozione delle vendite, supporto alle vendite, assistenza tecnica e tanto altro ancora.



TECHNIPEDIA

Informazioni tecniche sul motore

Nella nostra Technipedia condividiamo con voi il nostro vasto know-how. Avrete accesso diretto alle conoscenze tecniche dei nostri esperti.

MOTORSERVICE APP

Accesso mobile al know-how tecnico

Qui troverete in modo semplice e rapido informazioni aggiornate e assistenza sui nostri prodotti.

SOCIAL MEDIA

Aggiornamento costante





HEADQUARTERS:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com

www.rheinmetall.com

© MS Motorservice International GmbH – 50003 859-05 – IT – 05 / 17 (112022)

