

# MANUALE DEI CUSCINETTI PER IL COLLO DEI CILINDRI DI LAMINAZIONE



---

Leader mondiale nella produzione e nello sviluppo tecnologico di cuscinetti volventi, prodotti lineari, automotive e di sistemi sterzanti, NSK è un'organizzazione presente in ogni continente – con stabilimenti di produzione, uffici vendite e centri tecnici pronti a soddisfare le esigenze dei clienti attraverso canali di comunicazione diretti, servizi in loco e consegne rapide.



### NSK – l'azienda

NSK è stato il primo produttore giapponese di cuscinetti volventi. L'attività di produzione è iniziata nel 1916. Da allora, abbiamo costantemente esteso e migliorato il nostro portafoglio di soluzioni ma anche la gamma di servizi per svariati settori industriali. Sviluppiamo tecnologie innovative per cuscinetti volventi, sistemi lineari, componenti per il settore automobilistico e sistemi mecatronici. I nostri centri di ricerca e di produzione in Europa, America ed Asia lavorano in sinergia all'interno di una rete tecnologica

globale. Non ci concentriamo solo sullo sviluppo di nuove tecnologie, ma anche sull'ottimizzazione costante della qualità – nell'ambito dell'intero processo.

Le nostre attività comprendono la progettazione dei prodotti, la simulazione delle applicazioni tramite svariati sistemi analitici, lo sviluppo di acciai e lubrificanti speciali per cuscinetti volventi.

# La partnership si basa sulla fiducia – e la fiducia sulla qualità

Qualità Totale NSK: La sinergia della rete globale dei Centri Tecnologici di NSK. Ecco come riusciamo a garantire elevati standard di qualità totale. Questo è solo uno degli esempi.

NSK è un'azienda leader che vanta una consolidata esperienza nello sviluppo di applicazioni brevettate per componenti di macchine.

I nostri centri di ricerca situati in tutto il mondo non si dedicano solo allo sviluppo di tecnologie innovative, ma

anche al miglioramento costante delle nostre tecnologie chiave – tribologia, ingegneria dei materiali, tecnologia di analisi e meccatronica.

**Per maggiori informazioni, visitate il sito NSK**  
**[www.nskeurope.it](http://www.nskeurope.it) o telefonateci al numero 02-99.519.1**



# Sommario

## 1. Caratteristiche, denominazione e marcatura per tipologia di cuscinetto

1.1 Cuscinetto a quattro corone di rulli conici, KV (TQO)	6
1.2 Cuscinetto schermato Slead-Clean a quattro corone di rulli conici, KVS	7
1.3 Cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici, RV e RVK	8
1.4 Cuscinetto a due corone di rulli conici, KDH, KH (TDI)	9
1.5 Cuscinetto assiale a rulli conici a doppio effetto, TFD	10

## 2. Istruzioni per la manipolazione

2.1 Operazioni prima del montaggio	11
2.2 Attrezzature necessarie	11

## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

3.1 Cuscinetto a quattro corone di rulli conici, KV (TQO)	12
3.1.1 Procedura di montaggio	12
3.1.2 Dopo il montaggio	12
3.1.3 Come manipolare il cuscinetto a quattro corone di rulli conici con foro conico, KWK (TQIT)	14
3.2 Cuscinetto schermato Sealed-Clean a quattro corone di rulli conici, KVS	16
3.2.1 Montaggio del cuscinetto	16
3.2.2 Dopo aver montato il cuscinetto	17
3.2.3 Precauzioni relative ai dispositivi di sollevamento	18
3.2.4 Precauzioni per il montaggio del cuscinetto nella guarnitura	18
3.2.5 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura	18
3.2.6 Come utilizzare i dispositivi di sollevamento (esempio)	18
3.2.7 Precauzioni per il montaggio del gruppo cilindro e della guarnitura con il cuscinetto	19
3.3 Cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici, RV	20
3.3.1 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura	20
3.3.2 Come montare e rimuovere l'anello interno	22
3.3.3 Montaggio sul collo del cilindro di laminazione	22
3.3.4 Rettifica dell'anello interno del cuscinetto successiva al suo montaggio sul collo del cilindro di laminazione	22
3.4 Cuscinetto a due corone di rulli conici, KDH, KH (TDI)	24
3.4.1 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura	24
3.4.2 Regolazione del gioco del cuscinetto tramite molle di precarico	24
3.5 Cuscinetto assiale a rulli conici a doppio effetto, TFD	26
3.5.1 Montaggio del cuscinetto	26
3.5.2 Regolazione del coperchio della guarnitura durante il montaggio	26



#### 4. Ispezione

4.1 Procedure generali d'ispezione .....	28
4.2 Ispezione di un cuscinetto schermato .....	29
4.3 Ispezione di parti diverse dai cuscinetti .....	29
4.4 Scheda di documentazione del cuscinetto .....	29

#### 5. Lubrificazione

5.1 Finalità ed effetto .....	32
5.2 Metodo di lubrificazione .....	32
5.2.1 Lubrificazione a grasso .....	32
5.2.2 Lubrificazione a olio .....	33
(1) Lubrificazione a circolazione forzata d'olio .....	33
(2) Lubrificazione a nebbia d'olio .....	34
(3) Lubrificazione aria-olio .....	35

# 1. Caratteristiche, denominazione e marcatura per tipologia di cuscinetto

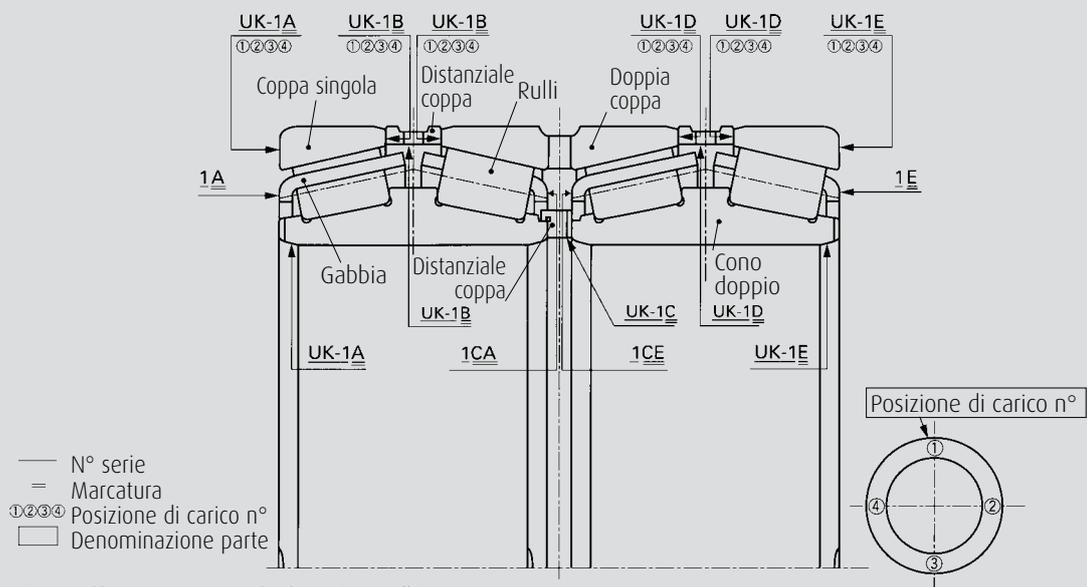
## 1.1 Cuscinetto a quattro corone di rulli conici, KV (TQO)

Le dimensioni di un cuscinetto per cilindri di laminazione sono definite dal diametro del collo del cilindro e dal diametro minimo del cilindro. Il cuscinetto a quattro corone di rulli conici è progettato in modo da avere il coefficiente di carico più elevato possibile in questo spazio limitato. Questo tipo di cuscinetto è costituito da due serie di gruppi conici, tre coppe e due distanziali delle coppe. Per agevolare l'installazione e la rimozione del cilindro e della guarnitura, questo tipo di cuscinetto viene montato sul collo del cilindro con accoppiamento libero. Di conseguenza è fondamentale lubrificare la superficie di accoppiamento per evitare rigature fra il collo del cilindro e il foro del cuscinetto causate dallo scorrimento. Per evitare l'usura e il grippaggio del cono e del distanziale, su un lato del cono e su entrambi i lati del distanziale sono previste fessure per l'olio. La coppa a due corone e i distanziali delle coppe sono provvisti di fori e scanalature per l'immissione di lubrificante. Eventuali cricche microscopiche causate dallo scorrimento sulle superfici laterali del cono potrebbero determinare la formazione di cricche nel cono stesso. Per evitare questo effetto e migliorare la resistenza agli urti di un cuscinetto, gli anelli del cuscinetto vengono solitamente fabbricati con acciaio cementato. La gabbia è del tipo a finestra o a perni.

## Denominazione e marcatura delle parti

Oltre al codice del cuscinetto, come mostrato in Fig. 1.1, il cuscinetto è contraddistinto da un numero di serie che definisce la famiglia di cuscinetti e da marcature che rappresentano l'ordine sequenziale dei componenti. Il numero di serie ha lo scopo di impedire errori di combinazione dei cuscinetti, mentre le marcature mostrano l'esatta posizione di ciascuna parte all'interno del cuscinetto. Errori nella combinazione delle parti possono determinare un'eccessiva riduzione del gioco del cuscinetto con conseguente grippaggio. Per contro, un gioco troppo ampio può determinare una riduzione della zona di carico, con conseguente accorciamento della durata a fatica. Sulla coppa del cuscinetto sono riportati i numeri delle posizioni di carico in corrispondenza di quattro punti equamente distanziati lungo la circonferenza. (Questi numeri sono riportati sul cono se la coppa ruota). Per prolungare la durata del cuscinetto, ogni qualvolta il cuscinetto viene rimontato dopo essere stato smontato e pulito, ruotare di 90° i numeri per cambiare la posizione di carico.

Fig. 1.1 Esempi di denominazione e marcatura delle parti (cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici)



Nota: Alcune marcature potrebbero essere omesse qualora lo spazio sia insufficiente.

## 1.2 Cuscinetto schermato Sealed-Clean a quattro corone di rulli conici, KVS

I cuscinetti Sealed-Clean a quattro corone di rulli conici sono dotati di tenute laterali e tra i due anelli interni. Questo tipo di cuscinetto è simile al cuscinetto a quattro corone di rulli conici e ha le seguenti caratteristiche:

- › Riduzione sostanziale del consumo di grasso lubrificante
- › Riduzione della frequenza di smontaggio e pulizia, con conseguente abbattimento dei costi di manutenzione
- › Maggiore pulizia del laminatoio e dello stabilimento
- › Prevenzione di guasti improvvisi dovuti all'ingresso di corpi estranei
- › La durata del cuscinetto viene prolungata prevenendo l'infiltrazione di acqua
- › La capacità di carico è equivalente a quella dei cuscinetti a quattro corone di rulli conici senza tenute

Le principali tipologie di cuscinetti sono a due e quattro tenute.

Il cuscinetto schermato a rulli conici si contraddistingue per la lunga durata di esercizio senza necessità di rilubrificazione.

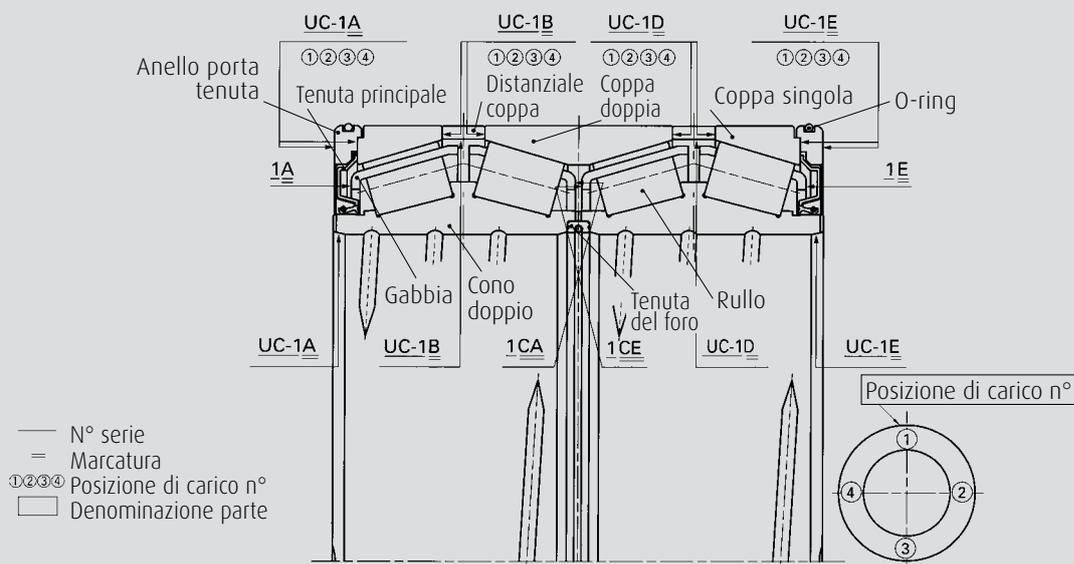
Grazie a questa caratteristica non sono necessari fori per l'olio nei distanziali delle coppe per garantire la lubrificazione del cuscinetto ma, in presenza di condizioni d'esercizio gravose, il sistema potrebbe essere progettato per consentire la lubrificazione

attraverso una scanalatura e fori nei distanziali delle coppe. Esiste anche una tipologia compatibile con lubrificazione a olio-aria.

### Denominazione e marcatura delle parti

Oltre al codice del cuscinetto, come mostrato in Fig. 1. 2, il cuscinetto è contraddistinto da un numero di serie che ne individua il set e da marcature che rappresentano l'ordine sequenziale dei componenti. Il numero seriale ha lo scopo di impedire errori di combinazione dei cuscinetti, mentre le marcature mostrano l'esatta posizione di ciascuna parte all'interno del cuscinetto. Errori nella combinazione delle parti possono determinare un'eccessiva riduzione del gioco del cuscinetto con conseguente grippaggio. Per contro, un gioco troppo ampio a causa di errori di combinazione può determinare una riduzione della zona di carico, con conseguente accorciamento della durata a fatica. Sulla coppa del cuscinetto sono riportati i numeri delle posizioni di carico in corrispondenza di quattro punti equamente distanziati lungo la circonferenza. (Questi numeri sono riportati sul cono se la coppa ruota). Per prolungare la durata del cuscinetto, ogni qualvolta il cuscinetto viene rimontato dopo essere stato smontato e pulito, fare ruotare di 90° i numeri per cambiare la posizione di carico.

Fig. 1.2 Esempi di denominazione e marcatura delle parti (cuscinetto schermato Sealed-Clean a rulli conici)



Nota: Alcune marcature potrebbero essere omesse qualora lo spazio sia insufficiente.

# 1. Caratteristiche, denominazione e marcatura per tipologia di cuscinetto

## 1.3 Cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici, RV e RVK

Il cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici viene utilizzato sul collo del cilindro di laminazione in impianti per la produzione di filo metallico, acciaierie e laminatoi per blumi, oltre che nel cilindro di appoggio dei laminatoi di finitura sia a caldo che a freddo.

Questo tipo di cuscinetto ha un orletto di ritegno dell'anello esterno integrato con l'anello esterno o separato da esso. L'anello interno può essere del tipo integrato o in due pezzi. Il cuscinetto provvisto di anello interno con foro conico è contraddistinto da una "K" aggiunta al numero del cuscinetto. Entrambe le tipologie di cuscinetti a quattro corone di rulli cilindrici supportano solo carichi radiali e non possono sostenere carichi assiali. Un cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici viene impiegato in combinazione con un cuscinetto di altro tipo, ad esempio un cuscinetto a sfere a contatto obliquo o un cuscinetto assiale a rulli conici. Poiché la superficie della pista di rotolamento dell'anello interno è cilindrica, è facile smontare il gruppo dell'anello esterno e l'anello interno. Il cilindro può essere rettificato

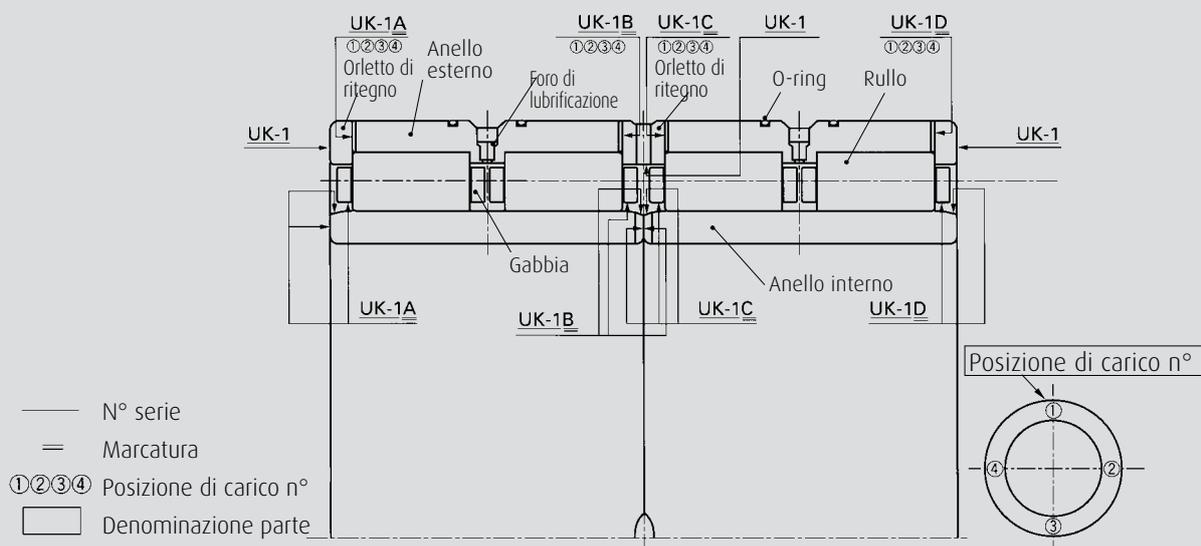
usando come riferimento la superficie della pista di rotolamento dell'anello interno accoppiata in modo forzato al collo del cilindro. Quando è prevista per il cuscinetto la possibilità di rettificare la pista dell'anello interno, eseguendo la rettifica assieme alla guarnitura dopo il montaggio sul collo del cilindro, si può ridurre al minimo l'eccentricità del cilindro.

Per questo motivo il cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici è ideale e molto utilizzato come cuscinetto per il cilindro di appoggio, per garantire l'esatto spessore del prodotto.

### Denominazione e marcatura delle parti

Oltre al codice del cuscinetto, come mostrato in Fig. 1.3, il cuscinetto è contraddistinto da un numero di serie che ne individua il set e da marcature che rappresentano l'ordine sequenziale dei componenti. Il numero seriale ha lo scopo di impedire errori di combinazione dei cuscinetti, mentre le marcature mostrano l'esatta posizione di ciascuna parte all'interno del cuscinetto. Errori nella combinazione delle

Fig. 1.3 Esempi di denominazione e marcatura delle parti (cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici)



parti possono determinare un'eccessiva riduzione del gioco del cuscinetto con conseguente grippaggio. Per contro, un gioco troppo ampio può determinare una riduzione della zona di carico, con conseguente accorciamento della durata a fatica. Sull'anello esterno del cuscinetto sono riportati i numeri delle posizioni di carico in corrispondenza di quattro punti equamente distanziati lungo la circonferenza.

(Questi numeri sono riportati sull'anello interno se l'anello esterno ruota). Per prolungare la durata del cuscinetto, ogni qualvolta il cuscinetto viene rimontato dopo essere stato smontato e pulito, fare ruotare di 90° i numeri per cambiare la posizione di carico.

#### 1.4 Cuscinetto a due corone di rulli conici, KDH, KH (TDI)

Questa tipologia di cuscinetto è costituita da un doppio cono con rulli e due coppe singole con o senza distanziale. Il tipo KDH ha un angolo di contatto più elevato rispetto al tipo KH. Il cuscinetto è progettato specificamente per carichi assiali e solitamente è montato con gioco nella sede per evitare

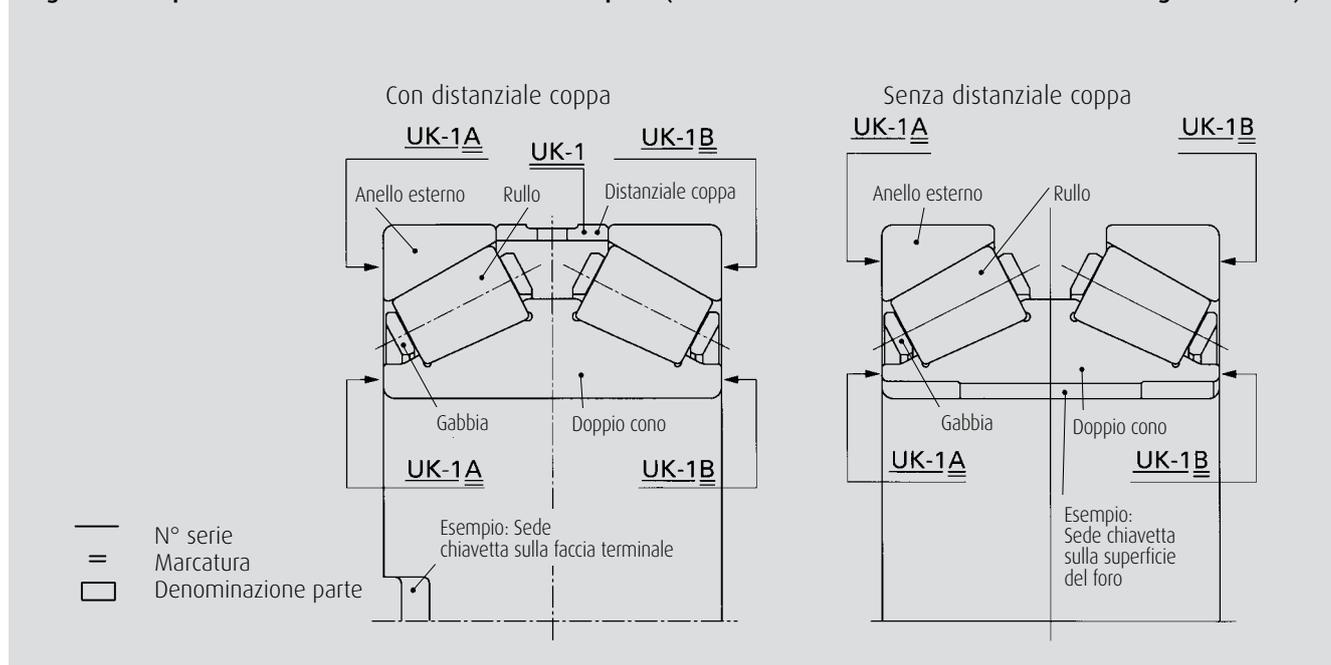
carichi radiali. La tipologia senza distanziale tra le coppe, è provvista di molle nelle coppe che spingono sullo spallamento dell'alloggiamento. Le molle garantiscono il precarico del cuscinetto durante l'uso. Il cuscinetto è montato libero sull'albero, con una sede chiavetta sul cono per impedirne la rotazione.

#### Denominazione e marcatura delle parti

Oltre al codice del cuscinetto, come mostrato in Fig. 1. 4, il cuscinetto è contraddistinto da un numero di serie che ne individua il set e marcature che rappresentano l'ordine sequenziale dei componenti.

Il numero seriale ha lo scopo di impedire errori di combinazione dei cuscinetti, mentre le marcature mostrano l'esatta posizione di ciascuna parte all'interno del cuscinetto.

Fig. 1.4 Esempi di denominazione e marcatura delle parti (cuscinetto a due corone di rulli conici con angolo elevato)



# 1. Caratteristiche, denominazione e marcatura per tipologia di cuscinetto

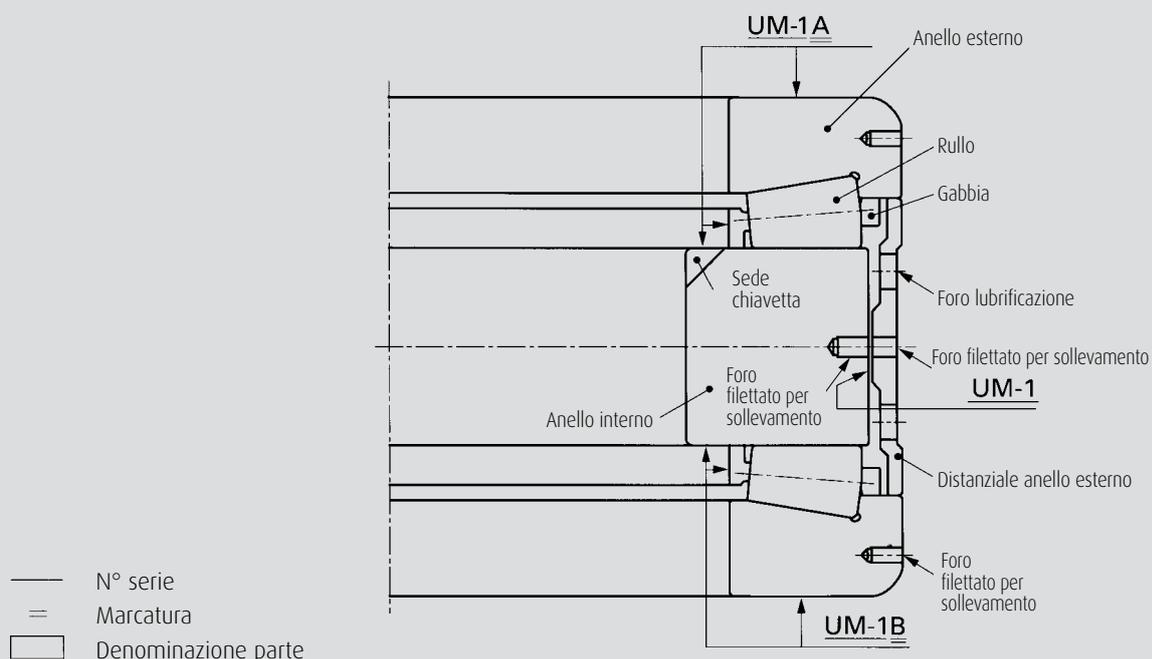
## 1.5 Cuscinetto assiale a rulli conici a doppio effetto, TFD

Questa tipologia di cuscinetto può sopportare un carico assiale in entrambe le direzioni e un carico maggiore rispetto al cuscinetto a due corone di rulli conici con angolo elevato (KDH). Per carichi superiori e urti maggiori, fra lo spallamento dell'alloggiamento e la faccia terminale dell'anello esterno viene inserita una molla che determina il precarico del cuscinetto durante l'utilizzo.

## Denominazione e marcatura delle parti

Oltre al codice del cuscinetto, come mostrato in Fig. 1. 5, il cuscinetto è definito da un numero di serie che ne individua il set di cuscinetti e da marcature che rappresentano l'ordine sequenziale dei componenti. Il numero di serie ha lo scopo di impedire errori di combinazione dei cuscinetti, mentre le marcature mostrano l'esatta posizione di ciascuna parte all'interno del cuscinetto.

Fig. 1.5 Esempi di denominazione e marcatura delle parti (cuscinetto assiale a rulli conici a doppio effetto)



## 2. Istruzioni per la manipolazione

### 2.1 Operazioni prima del montaggio

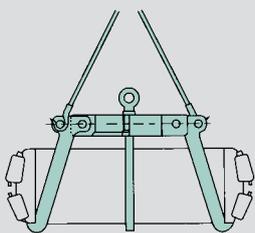
1. Conservare il cuscinetto in un luogo pulito e asciutto, senza esposizione diretta alla luce del sole. La cassa di legno contenente il cuscinetto non deve essere appoggiata direttamente sul pavimento e deve restare sollevata per consentire il passaggio di aria fra il fondo della cassa e il piano di appoggio.
2. Disimballare il cuscinetto solo nel momento in cui si deve procedere all'installazione.
3. Curare la pulizia dell'ambiente circostante per evitare che sabbia, limatura di ferro e polvere possano contaminare il cuscinetto durante il montaggio.
4. Pulire il collo del cilindro e la superficie del foro della guarnitura eliminando qualsiasi traccia di polvere.
5. Verificare con cura che il diametro del collo del cilindro e le dimensioni del foro della guarnitura rispettino le tolleranze consentite e che le dimensioni degli smussi delle parti a contatto siano conformi alle specifiche, quindi procedere al

montaggio. Se la guarnitura è nuova, pulire adeguatamente il foro di lubrificazione della guarnitura in modo da eliminare completamente eventuale limatura di ferro e altre sostanze estranee.

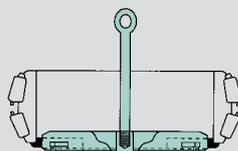
### 2.2 Attrezzature necessarie

6. Dispositivo di sollevamento: serve per smontare e rimuovere le parti del cuscinetto dalla guarnitura. Scegliere un dispositivo adeguato in termini di resistenza e funzionalità rispetto alla tipologia di cuscinetto.
7. Utensili: Chiavi di manovra e giravite secondo quanto richiesto dall'applicazione.
8. Blocchetti distanziatori: servono per creare lo spazio necessario all'inserimento della ganascia del dispositivo di sollevamento sotto il cuscinetto.
9. Barra di ottone: serve per allineare un cuscinetto che si è impuntato nella fase di montaggio o smontaggio.

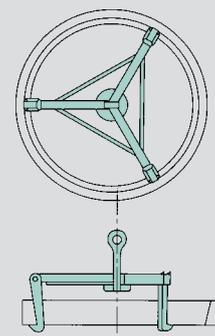
Fig. 2.1 Dispositivi di sollevamento del cuscinetto



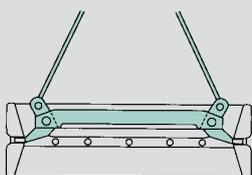
1. Dispositivo di sollevamento per doppio cono (a)



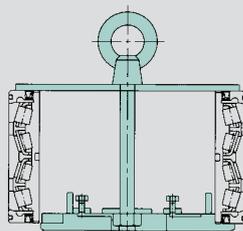
2. Dispositivo di sollevamento per doppio cono (b)



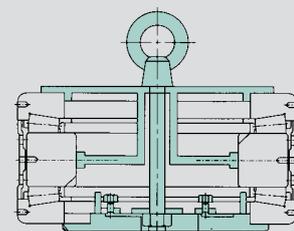
3. Dispositivo di sollevamento per coppa singola (a)



1. Dispositivo di sollevamento per coppa doppia (b)



2. Set di dispositivi di sollevamento (a)



3. Set di dispositivi di sollevamento (b)

## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.1 Cuscinetto a quattro corone di rulli conici, KV (TQO)

#### 3.1.1 Procedura di montaggio

Verificare il numero di serie e le marcature sul cuscinetto da montare. Assicurarsi anche che le parti interessate (guarnitura, collo del cilindro, ecc.) rispettino le dimensioni e le tolleranze specificate. In questa descrizione si presuppone che il cuscinetto da montare riporti la marcatura A sul lato della guarnitura e che la posizione di carico n° 1 si trovi nella posizione di carico massimo. (La guarnitura mostrata presenta una costruzione tipica).

1. Applicare il grasso sulla superficie del foro della guarnitura e su tutte le superfici della coppa singola con marcature A-B.
2. Sollevare la coppa singola (con marcature A-B) con un dispositivo di sollevamento, individuare il numero corretto della posizione di carico e inserire la coppa nella guarnitura con cura, assicurandosi che il numero della posizione di carico coincida con la posizione di carico massimo. (Fig. 3.1) (Se la coppa si impunta, martellare delicatamente utilizzando una barra di ottone per correggerne la posizione).
3. Inserire il distanziale della coppa con marcatura B.
4. Applicare il grasso sulla superficie del foro e sulla superficie terminale del cono con marcature A-CA.
5. Applicare il grasso su entrambi i gruppi di gabbie e rulli. Far ruotare i gruppi di gabbie e rulli per distribuire il grasso sulle superfici della pista di rotolamento del cono e dell'orletto di ritegno.
6. Sollevare l'unità per assemblare il cono, con il lato contrassegnato dalla marcatura A rivolto verso il basso, utilizzando il dispositivo di sollevamento. (Fig. 3.2)
7. Applicare il grasso su tutte le superfici della doppia coppa.
8. Sollevare la doppia coppa, con il lato contrassegnato dalla marcatura B rivolto verso il basso, utilizzando il dispositivo di sollevamento, quindi abbinare i numeri della posizione di carico e assemblare con cura. (Se la doppia coppa si impunta, martellare delicatamente utilizzando una barra di ottone per correggerne la posizione).
9. Applicare il grasso su tutte le superfici del distanziale del cono e assemblarlo con l'orletto di ritegno rivolto verso il basso. (Fig. 3.3)
10. Inserire il distanziale della coppa con marcatura D.

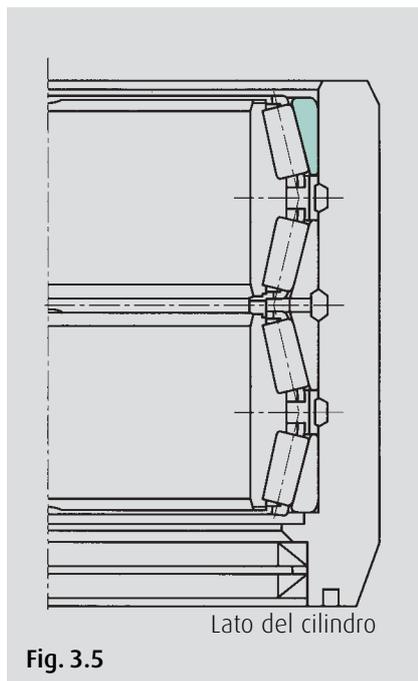
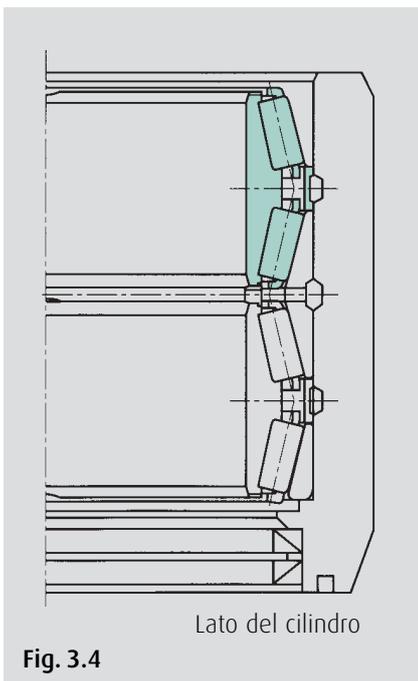
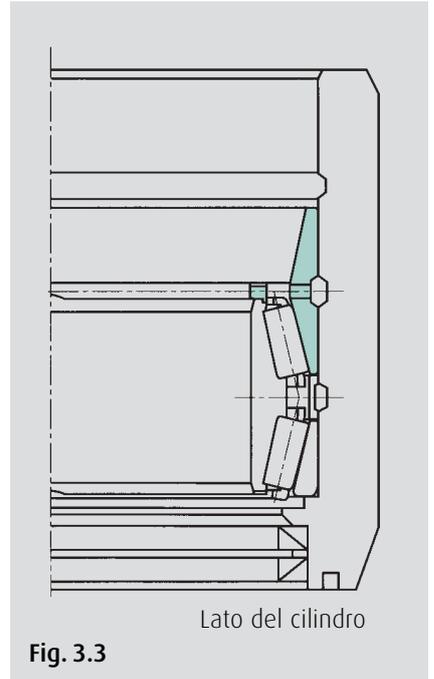
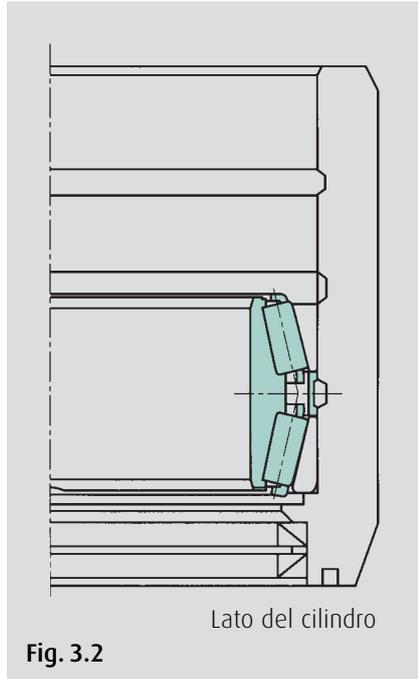
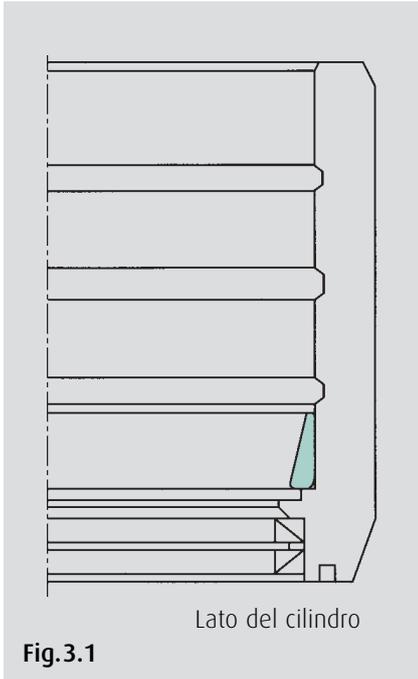
11. Applicare il grasso sulla superficie del foro e sulla superficie terminale del cono con marcature CE-E.
12. Applicare il grasso su entrambi i gruppi di gabbie e rulli. Far ruotare i gruppi di gabbie e rulli per distribuire il lubrificante all'interno del cuscinetto (superfici della pista di rotolamento del cono e dell'orletto di ritegno).
13. Sollevare il cono, con la marcatura E rivolta verso il basso, e montarlo nella guarnitura. (Fig. 3.4)
14. Applicare il grasso su tutte le superfici della coppa singola con marcature D-E, individuare la posizione del numero della posizione di carico e inserire la coppa con cura. (Fig. 3.5) (Se la coppa singola si impunta, martellare delicatamente utilizzando una barra di ottone per correggerne la posizione. Fare attenzione a non colpire la superficie terminale della gabbia).
15. Installare (rimuovere) la copertura. Le coperture hanno diverse forme in base al tipo di laminatoio. Attenersi al manuale di manutenzione del costruttore del laminatoio quando si installa (rimuove) la copertura.

#### 3.1.2 Dopo il montaggio

1. Verificare il centraggio durante il montaggio del cilindro e della guarnitura, facendo attenzione a non danneggiare la tenuta della guarnitura.
  2. Con una pietra a olio, spianare eventuali rigature sulle superfici terminali dell'anello filettato, sulle superfici terminali della gabbia e sulla superficie del collo del cilindro.
  3. Durante il montaggio del cilindro e della guarnitura, stringere il dado di regolazione fino a bloccarlo, quindi allentare il dado in una certa misura e bloccarlo nuovamente.
- Il dado deve essere allentato di circa 1/8-1/6 di giro per i cuscinetti di grandi dimensioni (dado con passo di 5 mm o più) oppure 1/6-1/4 di giro per i cuscinetti di piccole dimensioni.

#### NOTA

I cuscinetti a quattro corone di rulli cilindrici utilizzati esclusivamente con cuscinetti assiali (KDH, KH, TFD) sono progettati per mantenere un gioco sufficiente (ad es. 10 - 15mm) fra la superficie terminale dell'anello interno e la parte accoppiata.



## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.1.3 Come manipolare il cuscinetto a quattro corone di rulli conici con foro conico, KWK (TQIT)

Per ottenere un accoppiamento forzato fra le superfici del collo del cilindro e del foro conico, installare un cuscinetto con foro conico sul collo del cilindro conico. Prima del montaggio verificare la corrispondenza dei coni del foro del cuscinetto e del collo del cilindro. Per installare il cuscinetto, montarlo prima nel foro della guarnitura (come nel caso di un normale cuscinetto a quattro corone di rulli conici). Quindi montare la guarnitura, sulla quale è stato montato il cuscinetto, sul collo del cilindro conico nel modo seguente:

#### Installazione del cuscinetto con foro conico

1. Far coincidere l'angolo del foro conico  
Per l'accoppiamento forzato del cuscinetto con foro conico, solitamente si utilizza una conicità 1/12, ma è possibile anche una conicità 1/30. Per misurare la sezione conica, applicare un velo (meno di 4 µm) di pasta di riscontro (pasta blu) sulla superficie del foro di un calibro conico, come mostrato in Fig. 3.6 e applicare il calibro sulla superficie del collo del cilindro per verificare il contatto uniforme tra le superfici. Si raccomanda un contatto del 70% o più della superficie totale. Nel caso di grandi diametri, il calibro risulta molto pesante e rende la misura più difficoltosa. In questo caso utilizzare un calibro per conicità come mostrato in Fig. 3.7, misurare il valore delle quote A e B con un micrometro e decidere se sono accettabili o meno, in base alla differenza fra i valori misurati in A e B.
2. Pulizia del collo del cilindro prima dell'installazione  
Una quantità eccessiva di lubrificante potrebbe compromettere l'accoppiamento fra il cuscinetto e il collo del cilindro. Un accoppiamento inadeguato potrebbe causare incidenti in seguito alla fuoriuscita del cuscinetto dal collo conico. È quindi necessario pulire la superficie di accoppiamento delle superfici del collo e del foro conico con un detergente.
3. Controllo della tolleranza di serraggio  
Per l'accoppiamento forzato del cuscinetto è importante verificare la tolleranza di serraggio. Regolare la larghezza dell'anello filettato con un calibro conico (calibro ad anello), in modo che il diametro del collo conico sia costante in corrispondenza della posizione terminale dell'anello filettato. È essenziale rispettare la tolleranza di serraggio prevista quando il cuscinetto viene accoppiato a pressione sull'anello filettato.
4. Accoppiamento forzato e rimozione  
Accoppiare il cuscinetto a foro conico sul collo conico del cilindro con una pressa idraulica come mostrato in Fig. 3.8. Per rimuovere il cuscinetto, applicare una pressione sul foro di lubrificazione che conduce l'olio alle superfici di accoppiamento del cuscinetto. (Fig. 3.9)
5. Forza di accoppiamento sul cono del foro conico  
La forza di accoppiamento del cuscinetto sul collo conico del cilindro viene calcolata con la formula seguente:

$$P = M \cdot \mu \cdot P_m$$

$$M = \pi \cdot d \cdot B$$

$$P_m = \frac{E}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \left(1 - \frac{d^2}{D_i^2}\right)$$

Dove:

$P$  : Forza di accoppiamento a pressione (N){kgf}

$M$  : Superficie di contatto fra il foro del cuscinetto e l'albero (mm<sup>2</sup>)

$P_m$  : Pressione superficiale sulla superficie di accoppiamento (N/mm<sup>2</sup>){kgf/mm<sup>2</sup>}

$E$  : Modulo di Young (208 kN/mm<sup>2</sup>) {21 200 kgf/mm<sup>2</sup>}

$\mu$  : Coefficiente di attrito fra foro del cuscinetto e albero ( $\mu=0.165$ )

$d$  : Diametro medio del foro conico (mm)

$D_i$  : Diametro effettivo della pista di rotolamento del cono (mm)

$\Delta d$  : Interferenza fra foro del cuscinetto e albero (mm)

$B$  : Larghezza della sezione conica del cuscinetto (mm)

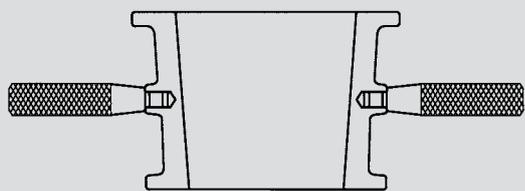


Fig. 3.6 Calibro ad anello per misurare la conicità del collo del cilindro

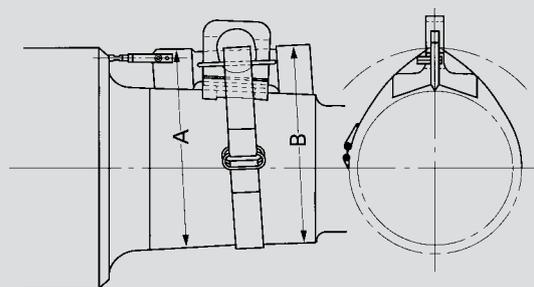


Fig. 3.7 Misurazione della conicità del collo del cilindro con calibro per conicità

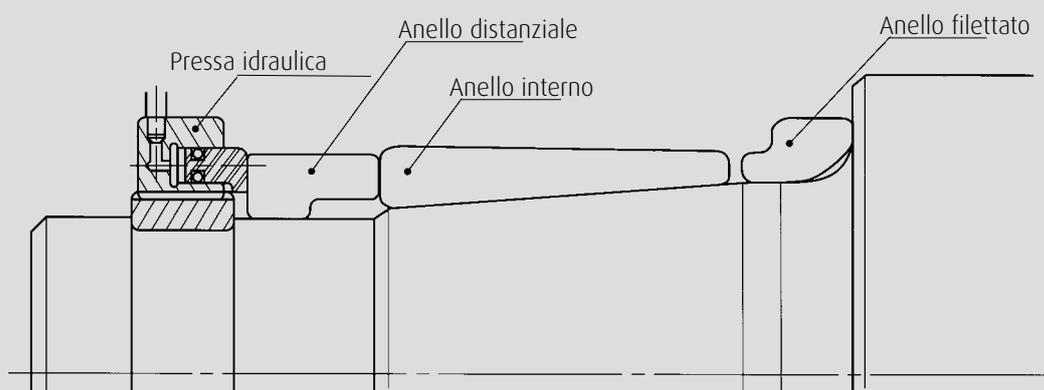


Fig. 3.8 Pressa idraulica per accoppiamento forzato

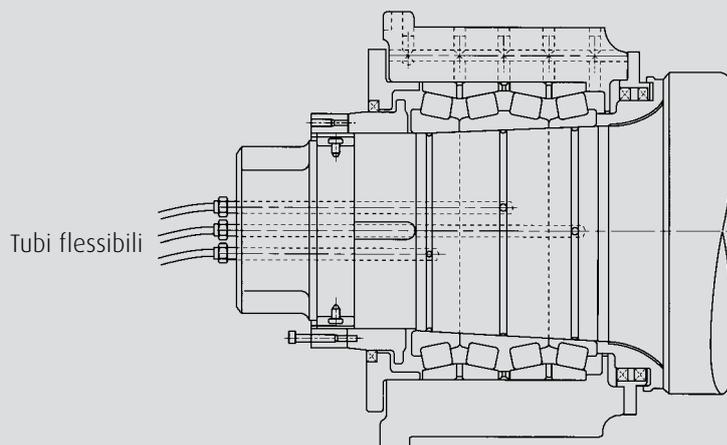


Fig. 3.9 Rimozione idraulica del cuscinetto con foro conico montato con accoppiamento forzato

## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.2 Cuscinetto schermato Sealed-Clean a quattro corone di rulli conici, KVS

#### 3.2.1 Montaggio del cuscinetto

In questa descrizione si presuppone che il montaggio cominci con l'inserimento del particolare del cuscinetto identificato con marcatura "A" e che il numero di posizione di carico ① coincida con la posizione di carico massimo. Se non viene indicata una descrizione specifica come "grasso per il collo del cilindro", il termine "grasso" si riferisce al lubrificante all'interno del cuscinetto.

1. Posizionare i parallelepipedi a distanza adeguata in base alle dimensioni del cuscinetto.
2. Installare la tenuta principale e l'O-ring nell'anello porta tenuta con la marcatura A. Verificare che siano montati correttamente. Quando si applica la tenuta principale al porta tenuta, prestare particolare attenzione ai seguenti aspetti:
  - › Applicare la tenuta principale nell'anello porta tenuta su una superficie piana, ad esempio un banco di lavoro robusto.
  - › Martellare il diametro esterno della tenuta principale uniformemente lungo tutta la circonferenza con un martello di plastica e inserire gradualmente l'anima della tenuta nel porta tenuta.
  - › Non martellare il labbro della tenuta, altrimenti potrebbe danneggiarsi seriamente.
3. Applicare un sottile strato di grasso su tutte le superfici del porta tenuta e uno strato spesso sul labbro della tenuta e sull'O-ring. Verificare il numero della posizione di carico e quindi posizionare il cuscinetto come mostrato in Fig. 3.10.
4. Applicare un velo di grasso su tutte le superfici della coppa singola con marcatura A-B.
5. Montare il cuscinetto sul porta tenuta in modo che i numeri della posizione di carico coincidano fra loro. (Fig. 3.11)
6. Applicare un velo di grasso su tutte le superfici del distanziale della coppa con la marcatura B ed effettuare il montaggio verificando la coincidenza con la coppa.
7. Applicare il grasso sulla superficie terminale del cono con marcatura A.
8. Riempire il gruppo gabbia e rulli con grasso. La quantità di grasso deve rispettare le indicazioni. Durante il riempimento, ruotare la gabbia e i rulli per distribuire uniformemente il grasso nel cuscinetto (pista di rotolamento del cono e superfici dell'orletto di ritegno).
9. Montare il cono con il lato contrassegnato dalla marcatura A rivolto verso il basso. Effettuare il montaggio mentre si ruota il cono. (Fig. 3.12) Durante il montaggio, eseguire il centraggio con cura in modo che la superficie terminale del cono non danneggi la tenuta principale. Dopo il montaggio, verificare che la tenuta principale sia applicata correttamente sulla superficie della pista di rotolamento.
10. Applicare un velo di grasso su tutta la superficie della doppia coppa.
11. Con la marcatura B rivolta verso il basso, verificare che i numeri della posizione di carico coincidano fra loro per procedere all'assemblaggio. Montare saldamente la doppia coppa fino a quando non è ben a contatto con il distanziale. (Fig. 3.13). Applicare un velo di grasso su tutte le superfici del distanziale della coppa con la marcatura D ed effettuare il montaggio facendolo coincidere con la coppa.
12. Applicare il grasso sulle superfici terminali del cono con marcatura CE-E e sulla superficie cilindrica, del cono stesso, di contatto con il labbro di tenuta.
13. Riempire la gabbia e il gruppo dei rulli con grasso, come descritto al punto (8).
14. Montare il cono con la marcatura E rivolta verso l'alto, ruotando nel contempo il cono. (Fig. 3.14)
15. Applicare un velo di grasso su tutte le superfici della coppa singola con marcatura D-E.
16. Assicurarsi che i numeri delle posizioni di carico coincidano fra loro e assemblare saldamente fino a quando la coppa non è ben a contatto con il distanziale. (Fig. 3.15)
17. Applicare la tenuta principale e l'O-ring nell'anello porta tenuta con la marcatura E. Verificare che siano accoppiati correttamente.
18. Applicare un velo di grasso su tutte le superfici dell'anello porta tenuta. Dopo avere applicato una quantità di grasso sufficiente sul labbro di tenuta principale e sull'O-ring, assemblare l'anello porta tenuta. Verificare che i numeri della posizione di carico coincidano fra loro.
19. Una volta ultimato il montaggio, verificare che il labbro della tenuta principale sia correttamente a contatto con la superficie cilindrica del cono.
20. Montare l'O ring nell'apposita sede (Fig. 3.16)

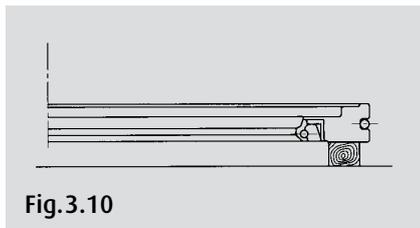


Fig. 3.10

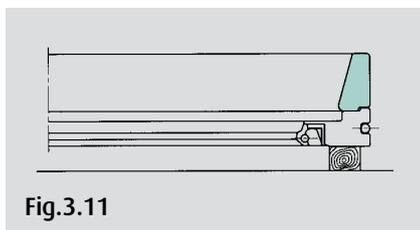


Fig. 3.11

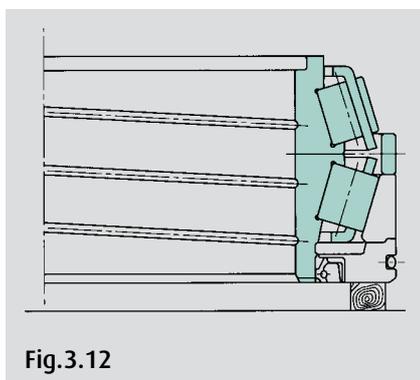


Fig. 3.12

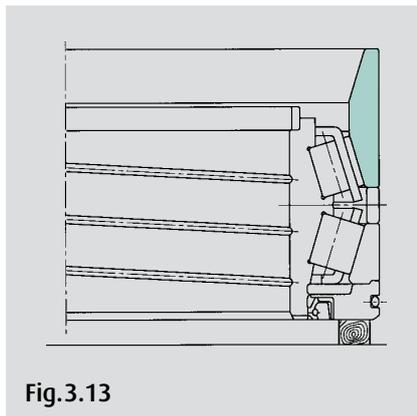


Fig. 3.13

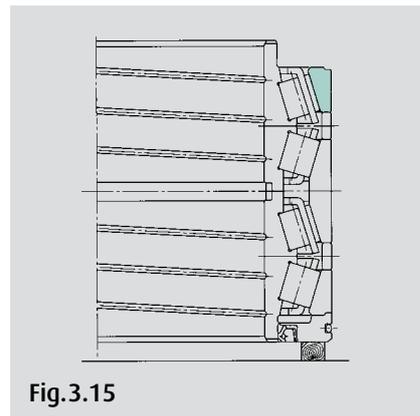


Fig. 3.15

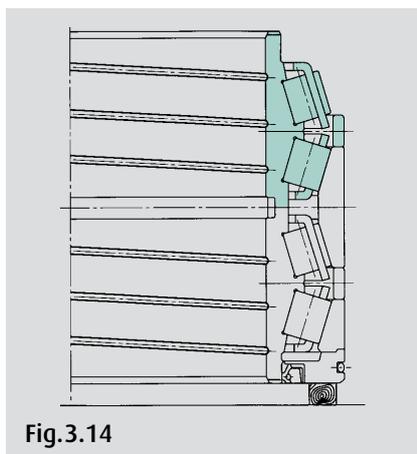


Fig. 3.14

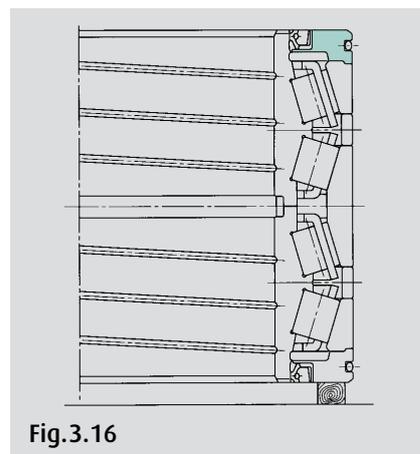
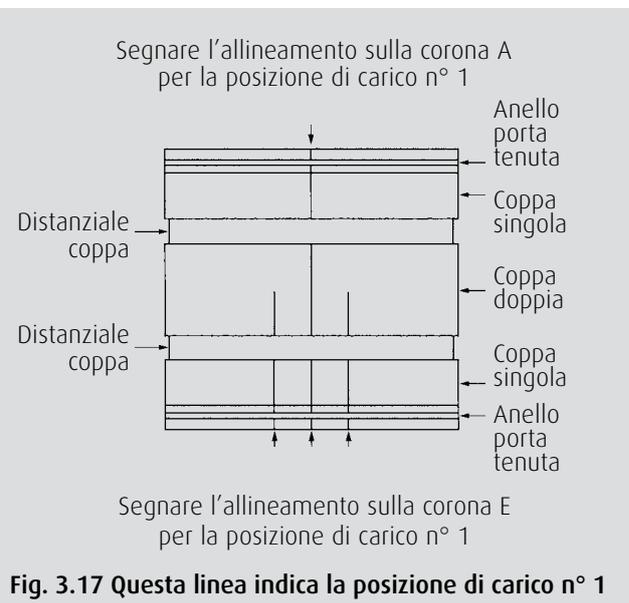


Fig. 3.16

### 3.2.2 Dopo aver montato il cuscinetto

1. Verificare lateralmente il cuscinetto assemblato. Sulla superficie esterna delle coppe e degli anelli porta tenuta è riportata una linea in corrispondenza della posizione di carico n° 1. Verificare che i segni sulle coppe singole siano correttamente allineati con i segni sulla doppia coppa, come mostrato in Fig. 3.17. Se l'esterno del distanziale della coppa non coincide con la coppa, martellarlo delicatamente con un martello di plastica per eliminare qualsiasi sporgenza del distanziale rispetto all'esterno della coppa.
2. Verificare che la tenuta principale, la tenuta del foro e l'O-ring siano montati correttamente.
3. Applicare un velo di grasso sull'esterno e sulla superficie terminale del cuscinetto, se non è già stato applicato.
4. Applicare una quantità idonea di grasso per il collo del cilindro sulla superficie del foro del cuscinetto.



## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.2.3 Precauzioni relative ai dispositivi di sollevamento

Quando si usa un argano di sollevamento, fare attenzione ad agganciare il gancio all'anello porta tenuta e non alla tenuta stessa. Qualora venga agganciata la superficie terminale del cono, si potrebbe danneggiare la tenuta principale. (Fig. 3.18)

### 3.2.4 Precauzioni per il montaggio del cuscinetto nella guarnitura

1. Posizionare la guarnitura su una superficie piana, in modo che la mezzeria del foro della guarnitura sia verticale. Pulire il foro e applicare un velo di grasso.
2. Contrassegnare la posizione di carico massimo sulla superficie terminale della guarnitura.
3. Utilizzare un adeguato dispositivo di sollevamento, come mostrato in Fig. 3.19 e 3.20, quando si estrae il cuscinetto dalla cassa di legno, quando si maneggia l'anello interno e quando si monta il cuscinetto sulla guarnitura.
4. Prima del montaggio, verificare che la tenuta dell'olio e l'O-ring non presentino difetti.
5. Durante il montaggio, martellare delicatamente il cuscinetto con una barra di ottone per correggerne la posizione qualora si sia impuntato. In questo caso non bisogna colpire la superficie terminale del cuscinetto direttamente. Applicare una piastra o martellare sulla parte superiore del coperchio del dispositivo di sollevamento.
6. Ogni qualvolta che il cuscinetto viene rimontato dopo essere stato smontato e pulito, cambiare il numero della posizione di carico. In questo modo si prolungherà la durata del cuscinetto.

### 3.2.5 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura

1. Dopo aver riempito di grasso e assemblato il cuscinetto, sollevarlo con un dispositivo di sollevamento secondo la procedura descritta al punto 3.2.6.
2. Collocare il segno della posizione di carico del cuscinetto sulla posizione di carico massimo della guarnitura e inserire lentamente il cuscinetto nella guarnitura, facendo attenzione al centraggio ed evitando inclinazioni.

3. Montare il cuscinetto fino a quando la superficie terminale non è ben a contatto con lo spallamento della guarnitura.
4. Dopo aver montato il cuscinetto nella guarnitura, installare la flangia di chiusura. La flangia di chiusura è disponibile in diverse forme per coprire tutta la varietà di cilindri di laminazione recenti. Installare (rimuovere) la flangia di chiusura seguendo le istruzioni del manuale di manutenzione del costruttore del laminatoio.

### 3.2.6 Come utilizzare il dispositivo di sollevamento (esempio)

1. Tirare le leve per ritrarre le ganasce nel corpo principale, quindi inserire il dispositivo di sollevamento nel foro del cuscinetto.
2. Spingere le leve per estrarre le ganasce. Dopo aver verificato che la superficie terminale superiore della ganasce è ben a contatto con la superficie terminale del cuscinetto, stringere il bullone di fissaggio.
3. Posizionare il coperchio superiore ad angolo retto rispetto al corpo principale e stringere il golfare con occhiello.
4. Far passare il cavo metallico attraverso l'occhiello e sollevare lentamente il cuscinetto con un carroponete.
5. Per montare il cuscinetto in una guarnitura, fare in modo che la mezzeria del cuscinetto coincida quanto più possibile con la mezzeria del foro della guarnitura. Inserire lentamente il cuscinetto nella guarnitura avendo cura di mantenere costante la tensione del cavo metallico durante l'inserimento del cuscinetto.
6. Dopo aver portato il cuscinetto nella posizione specificata, allentare il cavo e ritrarre le ganasce nel corpo del dispositivo di sollevamento, quindi rimuovere il dispositivo. Per rimontare il cuscinetto schermato in modo semplice e affidabile, si raccomanda di utilizzare un dispositivo di sollevamento dedicato. A questo scopo è necessario prevedere uno spazio per l'inserimento del dispositivo di sollevamento come mostrato in Fig. 3.20. Consultare il Servizio Tecnico NSK perché le dimensioni possono variare in base al peso e alla costruzione della guarnitura.

### 3.2.7 Precauzioni per il montaggio del cilindro e della guarnitura con il cuscinetto

1. Eventuali imperfezioni superficiali sul foro dei cuscinetti, sulla sua superficie laterale e sull'imboccatura dell'albero, devono essere spianate con una pietra a olio fino a ottenere una superficie levigata.
2. Applicare un velo di grasso per il collo del cilindro sulla superficie del collo del cilindro stesso.
3. Durante il montaggio del cilindro e della guarnitura, effettuare il centraggio avendo cura di non danneggiare la tenuta della guarnitura.
4. Durante il montaggio del cilindro e della guarnitura, stringere a fondo il dado di regolazione e rallentarlo parzialmente, quindi bloccarlo. Il dado deve essere allentato di circa  $1/8-1/6$  di giro per i cuscinetti di grandi dimensioni (dado con passo di 5 mm o più) oppure  $1/6-1/4$  di giro per i cuscinetti di piccole dimensioni.
5. Una volta ultimato il montaggio del cilindro e della guarnitura, verificare che il foro di drenaggio della guarnitura non sia ostruito dal grasso.

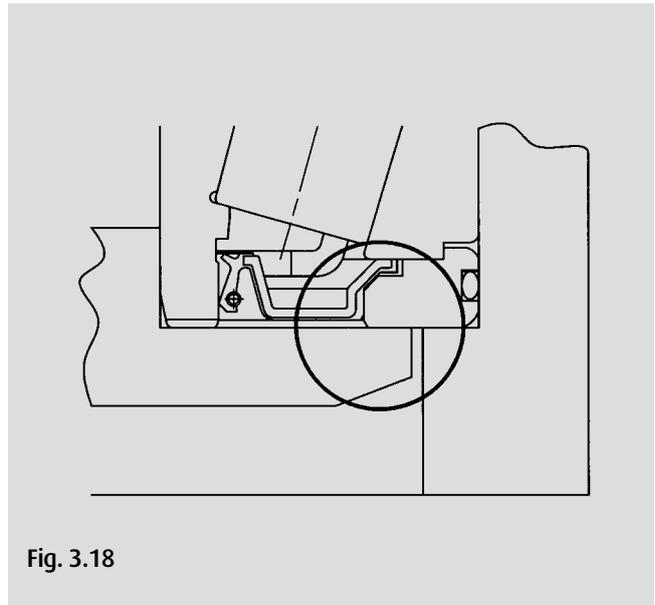


Fig. 3.18

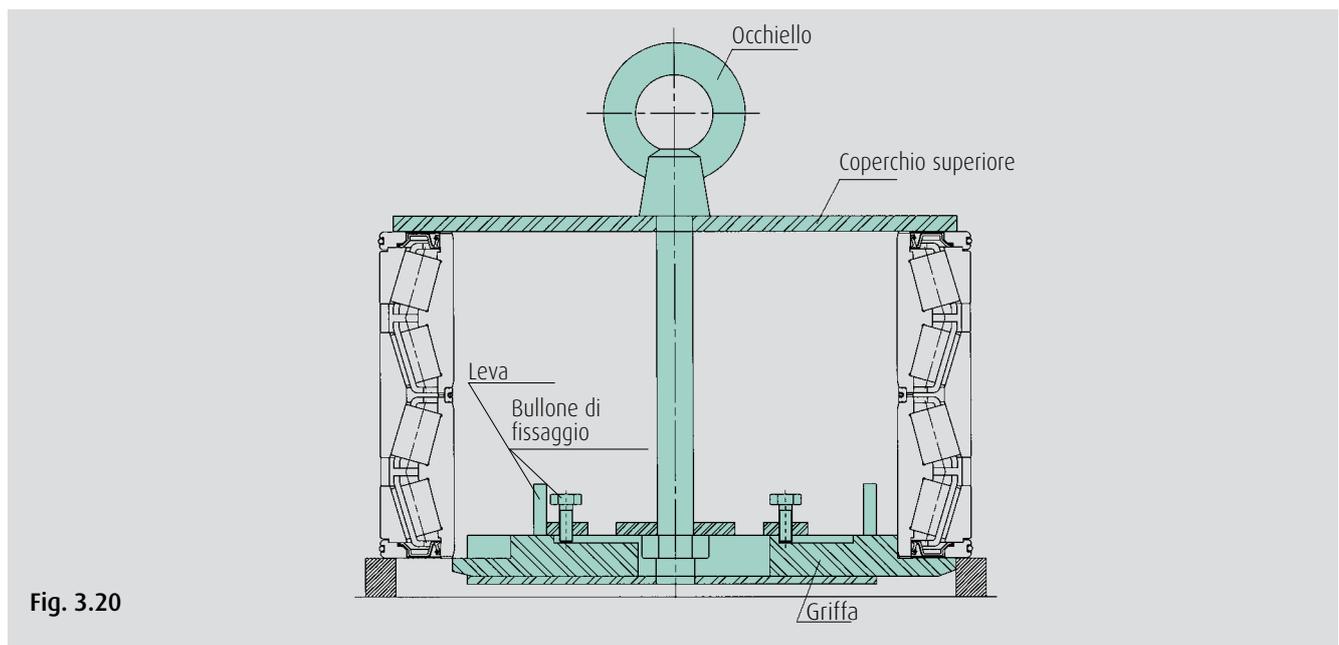


Fig. 3.20

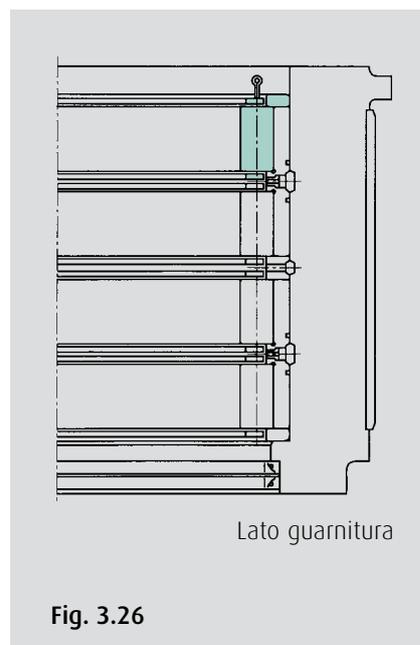
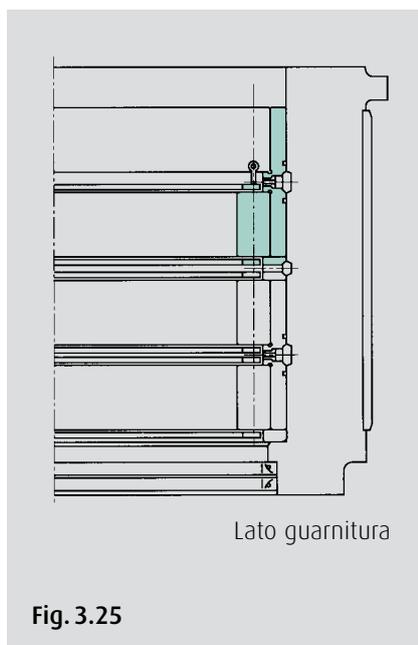
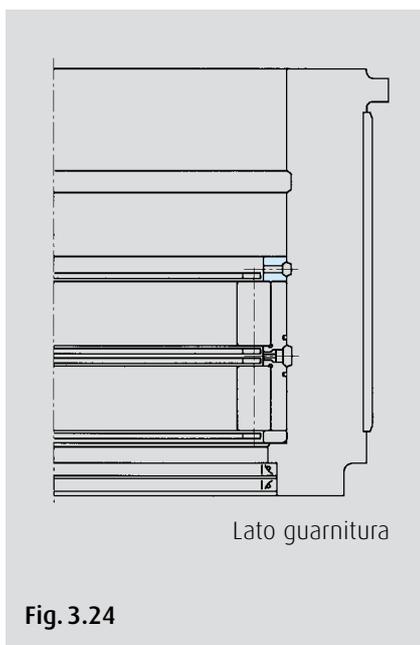
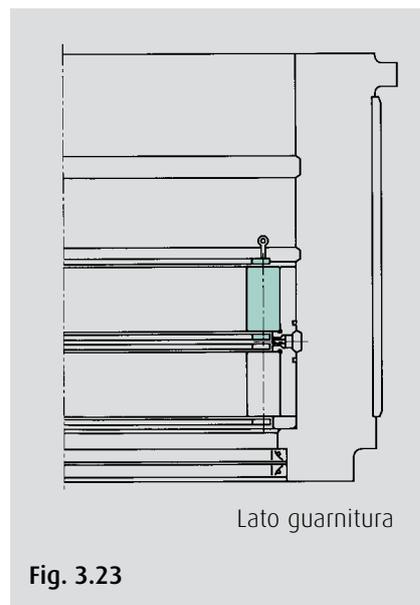
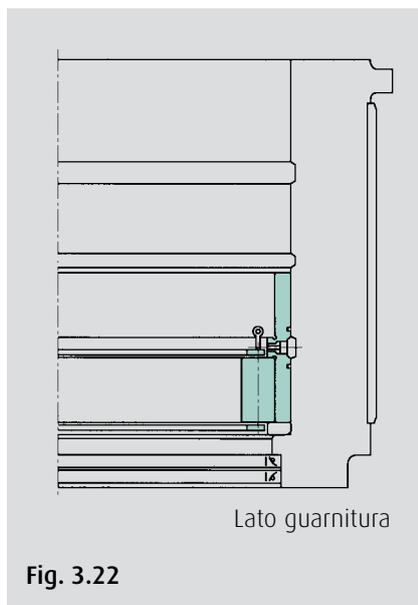
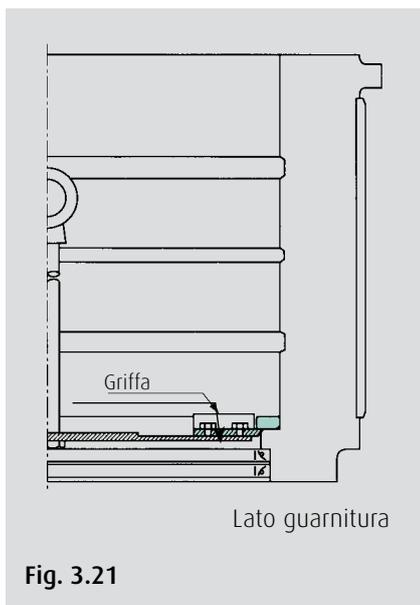
## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.3 Cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici, RV

#### 3.3.1 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura

In questa descrizione si presuppone che il montaggio cominci con l'inserimento del particolare del cuscinetto identificato con marcatura "A" e che il numero di posizione di carico ☉ coincida con la posizione di carico massimo. (La guarnitura mostrata in figura ha una struttura tipica e si tratta di un cuscinetto con lubrificazione a olio).

1. Posizionare la guarnitura con la faccia rivolta verso il basso.
2. Applicare il lubrificante sulla superficie del foro della guarnitura, quindi applicare il lubrificante su tutte le superfici dell'anello dell'orletto di tenuta.
3. Sollevare l'anello dell'orletto tenendo il lato con le marcature rivolto verso il basso, quindi inserirlo. (Fig. 3.21)
4. Con uno spessore verificare che la superficie terminale dell'anello dell'orletto sia a contatto con lo spallamento della guarnitura.
5. Applicare il lubrificante sull'anello esterno con le marcature A e B e sulla superficie di rotolamento dei rulli, oltre che su entrambe le superfici terminali dei rulli della corona A.
6. Posizionare l'anello esterno con la marcatura A rivolta verso il basso sulla gabbia con il lato contrassegnato (corona A) rivolto verso il basso. Inserire i golfari con occhiello nei quattro fori filettati presenti sulla gabbia. Sollevare la gabbia e l'anello esterno, verificare che i numeri della posizione di carico coincidano fra loro e inserire l'anello esterno nella guarnitura. (Fig. 3.22) (Se l'anello esterno si impunta, martellare delicatamente utilizzando una barra di ottone per correggerne la posizione).
7. Applicare il lubrificante sulla superficie di rotolamento dei rulli e su entrambe le superfici terminali dei rulli della corona B.
8. Posizionare la gabbia della corona B con il lato contrassegnato (corona B) rivolto verso l'alto e inserire i golfari con occhiello nei quattro fori filettati presenti nella gabbia. Sollevare e inserire la gabbia nell'anello esterno della guarnitura. (Fig. 3.23).
9. Applicare il lubrificante su tutte le superfici dell'anello dell'orletto e quindi inserirlo. In questo caso l'anello dell'orletto può essere inserito posizionandolo sulla superficie terminale dei rulli quando si deve montare la gabbia della corona B. Usare i fori di lubrificazione per sollevare l'anello dell'orletto. (Fig. 3.24)
10. Applicare il lubrificante sulla superficie terminale dell'anello esterno con le marcature C e D e sulla superficie di rotolamento dei rulli, oltre che su entrambe le superfici terminali dei rulli della corona C.
11. Posizionare la gabbia della corona C con il lato contrassegnato (corona C) rivolto verso il basso, quindi posizionare l'anello esterno con la marcatura C rivolta verso il basso sulla gabbia della corona C. Inserire i golfari con occhiello nei quattro fori filettati presenti sulla gabbia. Sollevare la gabbia e l'anello esterno, verificare che i numeri della posizione di carico coincidano fra loro e inserire l'anello lentamente nella guarnitura. (Fig. 3.25) (Se l'anello esterno si impunta, martellare delicatamente con una barra di ottone per correggerne la posizione).
12. Applicare il lubrificante sulla superficie di rotolamento dei rulli e sulle superfici terminali dei rulli della fila D.
13. Applicare il lubrificante su tutte le superfici dell'anello dell'orletto.
14. Posizionare l'anello dell'orletto con il lato della marcatura rivolto verso l'alto sulla gabbia della corona D. Con il lato contrassegnato rivolto verso l'alto, inserire i golfari con occhiello nei quattro fori filettati presenti nella gabbia, sollevare l'insieme della gabbia e inserirlo lentamente nell'anello esterno della guarnitura. (Fig. 3.26)
15. Le flange di chiusura sono disponibili in diverse forme per coprire tutta la varietà di cilindri di laminazione recenti. Installare (rimuovere) la flangia di chiusura seguendo le istruzioni del manuale di manutenzione del costruttore del laminatoio.



## 3.3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.3.2 Come montare e rimuovere l'anello interno

Quando si monta l'anello interno del cuscinetto sul collo del cilindro, assicurarsi di annotare il numero dei cilindri sui quali verranno installati gli anelli interni, il numero di serie dell'anello interno con riferimento alla posizione di installazione (lato operatore o motore) e, infine, verificare le dimensioni (scheda di ispezione allegata all'anello interno). In questo modo si faciliterà la manutenzione del cuscinetto. Normalmente l'anello interno potrebbe essere accoppiato in modo forzato sul collo del cilindro mediante calettamento a caldo. La procedura è descritta di seguito:

#### 1. Riscaldamento in olio

Per dilatare l'anello interno, riscaldarlo in un bagno d'olio a 100°C, avendo cura che la temperatura non superi il limite massimo di 120°C.

a. Sollevare l'anello interno con un carroponte e installarlo sul collo del cilindro. Montare l'anello interno con la marcatura A e quindi con la marcatura B. L'anello interno con diametro esterno di 180 mm o più riporta un segno di eccentricità E oppure 0 nella posizione di eccentricità massima sul lato. Contrassegnare preventivamente la posizione di eccentricità minima sul collo del cilindro, in modo che i due segni possano essere abbinati durante il montaggio.

b. Quando si raffredda, l'anello interno si contrae in direzione assiale. Premere l'anello interno contro l'anello di spallamento per evitare giochi fra l'anello di spallamento e l'anello interno o fra gli anelli interni.

c. La vasca per il bagno d'olio deve poter contenere da due a cinque cuscinetti e deve essere sufficientemente profonda da immergere i cuscinetti completamente. Inserire nella vasca una rete metallica o uno strumento simile come mostrato in Fig. 3.27 per evitare che il cuscinetto venga direttamente a contatto con il fondo. Per agevolare la movimentazione si può appoggiare una barra sulla parte superiore della vasca e appendere ad essa i cuscinetti con un gancio.

#### 2. Riscaldamento a induzione

Questo procedimento consente di riscaldare l'anello interno alla temperatura richiesta in un breve tempo mediante una corrente d'induzione, allo scopo di dilatare l'anello interno

accoppiato in modo forzato sul collo del cilindro quando deve essere installato o rimosso. Il riscaldatore a induzione di NSK effettua la smagnetizzazione automatica dopo il riscaldamento, consentendo la facile rimozione dell'anello interno dal collo del cilindro. Con questa unità non servono interventi aggiuntivi sul collo del cilindro (ad esempio un foro e una scanalatura per l'iniezione di olio). Per maggiori informazioni contattare il Servizio Tecnico NSK.

### 3.3.3 Montaggio sul collo del cilindro di laminazione

Prima di montare l'anello interno sul collo del cilindro, verificare il numero di serie, la marcatura e la posizione della tacca sull'anello interno. La Fig. 3.29 mostra un esempio di montaggio con marcatura A sul lato dell'anello di spallamento. Il montaggio di un anello interno riscaldato sul collo del cilindro risulta più semplice se l'anello interno viene prima accoppiato con un manicotto di guida come mostrato in Fig. 3.29 (poiché il diametro esterno del manicotto è 1 - 1,5 mm inferiore al diametro del collo del cilindro). Prima del montaggio assicurarsi di pulire l'anello interno e il collo del cilindro. Quando il processo di calettamento a caldo è completato, lasciar raffreddare completamente il cuscinetto, misurare e annotare il diametro della pista di rotolamento dell'anello interno.

### 3.3.4 Rettifica dell'anello interno del cuscinetto successiva al suo montaggio sul collo del cilindro di laminazione

Quando è richiesta la massima precisione nella laminazione dei prodotti, laminatoi di fogli di alluminio o laminatoi a freddo, è necessario rettificare contemporaneamente il cilindro e la pista di rotolamento dell'anello interno dopo aver calettato l'anello interno del cuscinetto sul collo del cilindro. Questa operazione serve a ridurre al minimo l'eccentricità fra la pista di rotolamento dell'anello interno ed il cilindro di laminazione. Questo intervento, detto "co-grinding", aumenta la precisione del prodotto finito.

1. Effettuare la rettifica del supporto di rettifica del cilindro stesso, che funge da superficie di riferimento per il cilindro. Dopo la rettifica, verificare la rotondità, l'eccentricità e la cilindricità. (Fig. 3.30)

2. Dopo aver rettificato il supporto di rettifica del cilindro, rettificare il collo del cilindro. Dopo la rettifica, verificare la rotondità, l'eccentricità e la cilindricità. (Fig. 3.31). Montare l'anello interno facendo coincidere la posizione massima (E oppure 0) con la posizione di eccentricità minima del collo del cilindro.
3. Rettificare la pista di rotolamento dell'anello interno montato sul collo del cilindro. (In questo caso il Servizio Tecnico NSK indicherà le dimensioni di finitura e la rugosità della superficie della pista di rotolamento). (Fig. 3.32)
4. Ultimato il lavoro sulla superficie della pista di rotolamento dell'anello interno, rettificare la superficie del cilindro di laminazione. (Fig. 3.33)

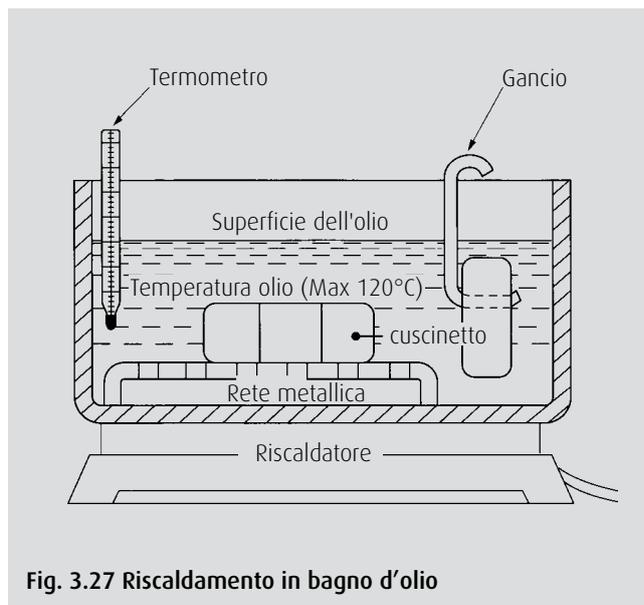


Fig. 3.27 Riscaldamento in bagno d'olio

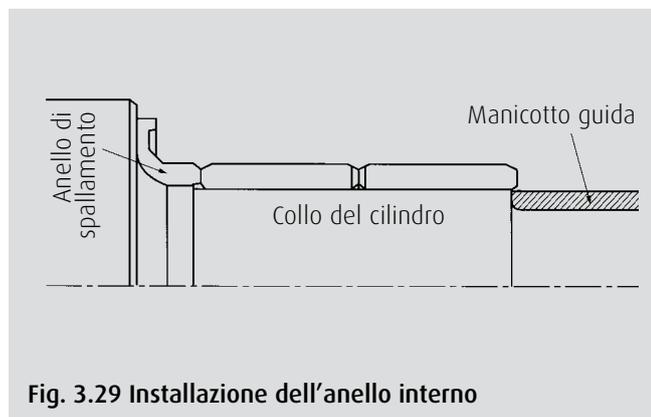


Fig. 3.29 Installazione dell'anello interno

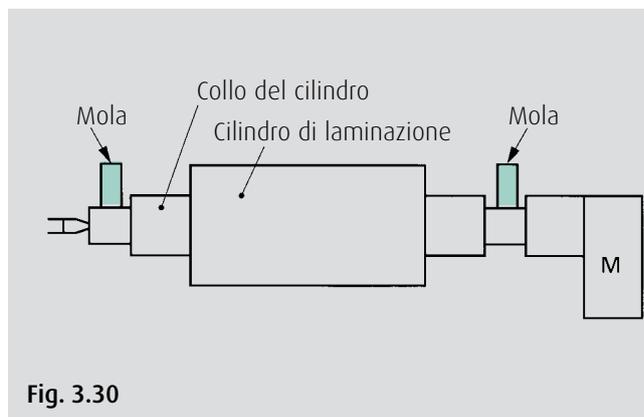


Fig. 3.30

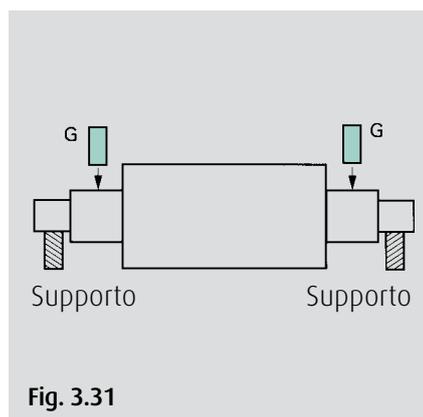


Fig. 3.31

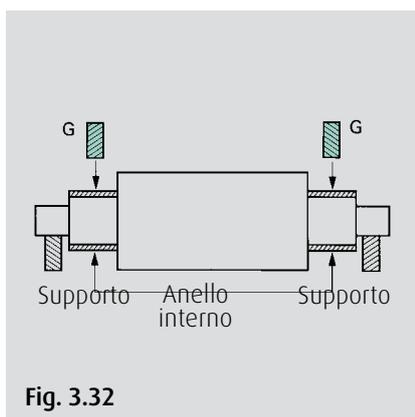


Fig. 3.32

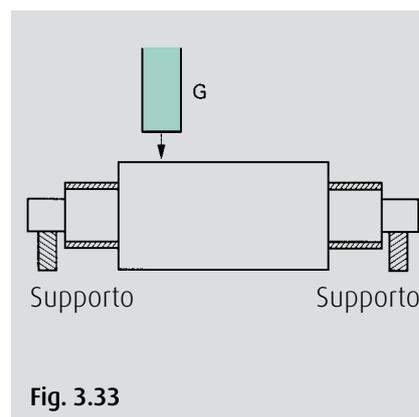


Fig. 3.33

## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.4 Cuscinetto a due corone di rulli conici, KDH, KH (TDI)

#### 3.4.1 Montaggio del cuscinetto nella guarnitura

In questa descrizione, la parte con la marcatura A si trova sul lato della guarnitura con spallamento assiale. (In figura 3.34 è mostrata una costruzione tipica dell'alloggiamento).

1. Posizionare la guarnitura con lo spallamento assiale rivolto verso il basso.
2. Applicare il lubrificante sulla superficie del foro della guarnitura.
3. Applicare il lubrificante su tutte le superfici della coppa con la marcatura A.
4. Sollevare la coppa con un adeguato dispositivo di sollevamento e inserirla lentamente nella guarnitura. (Fig. 3.34)
5. Se la coppa è provvista di distanziale, applicare il lubrificante sul distanziale della coppa e inserirlo lentamente nella guarnitura.
6. Applicare il lubrificante sulla superficie del foro conico e su entrambe le superfici terminali, sulla superficie di rotolamento e su entrambe le superfici terminali dei rulli e sulla coppa con la marcatura B. Ruotare la gabbia e i rulli per distribuire il lubrificante sulle superfici della pista di rotolamento del cono e dell'orletto.
7. Posizionare la coppa con la marcatura B sull'assieme del cono con la marcatura A rivolta verso il basso, inserire i golfari con occhiello nei quattro fori filettati presenti nella gabbia. Sollevare e inserire lentamente nella guarnitura. (Fig. 3.35) Per gabbie stampate a finestra, utilizzare un dispositivo di sollevamento come mostrato in Fig. 2.1.
8. Per i cuscinetti senza distanziale della coppa e per i quali il precarico viene effettuato con una molla, regolare il gioco secondo la procedura descritta al paragrafo 3.4.2.
9. Montare (rimuovere) la flangia di chiusura. La flangia di chiusura è disponibile in diverse forme per coprire tutta la varietà di cilindri di laminazione recenti. Montare (rimuovere) la flangia di chiusura seguendo le istruzioni del manuale di manutenzione del costruttore del laminatoio.

#### 3.4.2 Regolazione del gioco del cuscinetto tramite molle di precarico

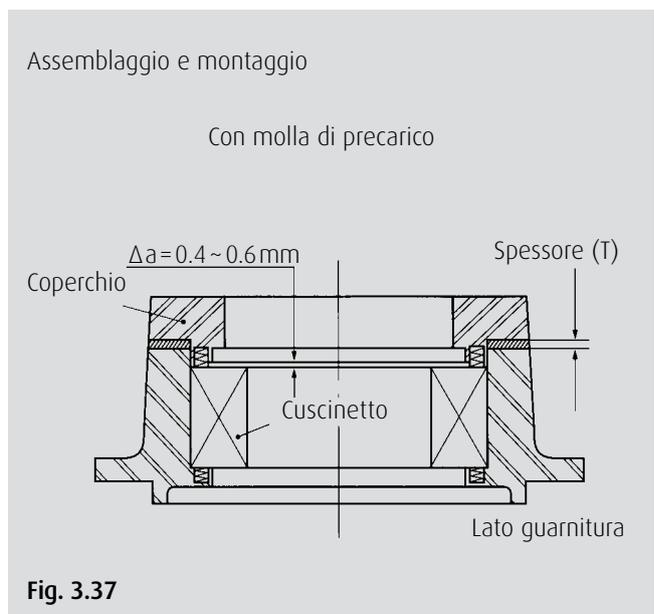
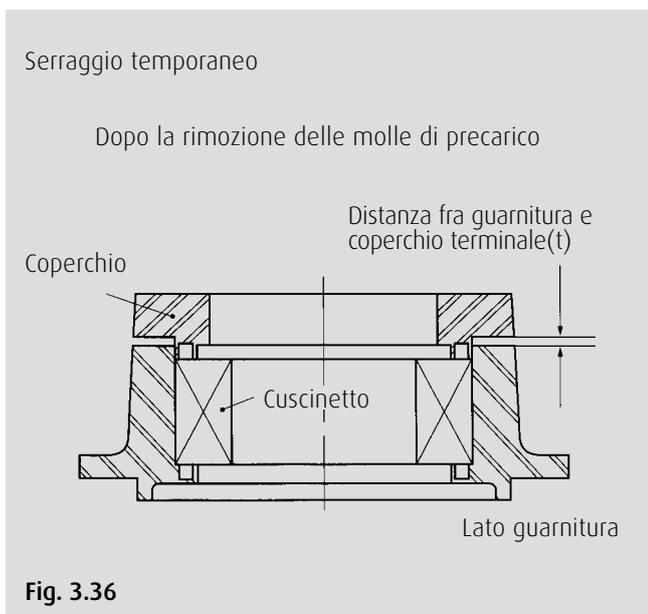
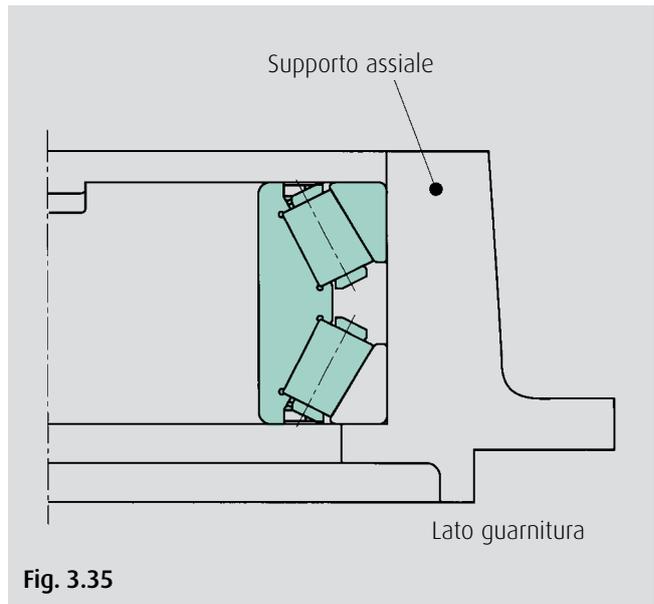
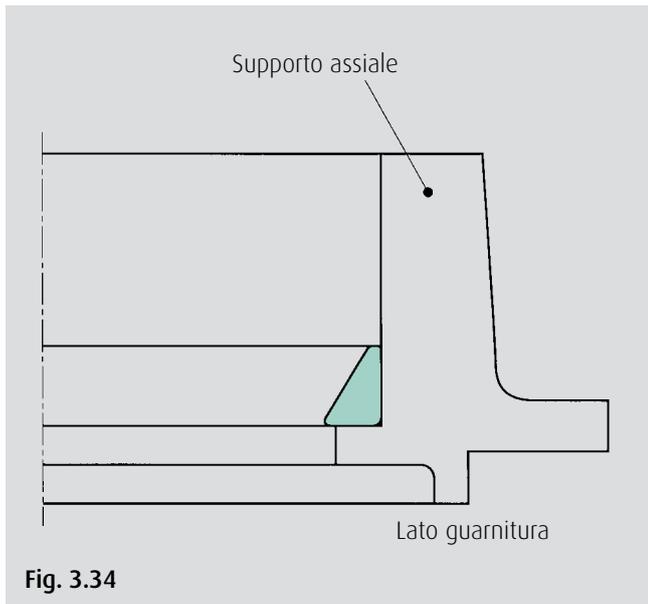
In genere il cuscinetto a due corone di rulli conici non ha il distanziale della coppa e il cuscinetto viene precaricato mediante molle. Regolare il gioco come descritto di seguito.

1. Seguire i punti da (1) a (7) della procedura descritta al paragrafo 3.4.1, senza usare molle di precarico.
2. Stringere temporaneamente i dadi della flangia di chiusura.
3. Misurare il gioco fra la guarnitura e la flangia di chiusura in quattro punti equidistanti attorno ai dadi e determinare il gioco medio ( $t$ ). (Fig. 3.36).
4. Rimuovere la flangia di chiusura e installare le molle, quindi assemblare il cuscinetto e inserire lo spessore predefinito ( $T$ ). Tale spessore può essere calcolato. (Fig. 3.37, Tabella 3.1)
5. Altre precauzioni. In base alla tipologia, le molle installate nella flangia di chiusura possono cadere o meno. Nel primo caso, riempire il foro della molla con una quantità sufficiente di grasso per trattenere la molla grazie alla viscosità del grasso stesso.

Tabella 3.1

Tolleranza della molla ( $\Delta a$ )	Spessore predefinito( $T$ )
0.4 ~ 0.6	$T = \Delta a + t$

Se lo spessore non è metallico, calcolare lo spessore tenendo conto della deflessione..



## 3. Procedura di montaggio dei cuscinetti

### 3.5 Cuscinetto assiale a rulli conici a doppio effetto, TFD

#### 3.5.1 Montaggio del cuscinetto

1. Applicare un velo di grasso sull'anello esterno con la marcatura A e posizionare l'anello esterno sui supporti con la superficie della pista di rotolamento rivolta verso l'alto. (Fig. 3.38). Quindi applicare la quantità di grasso indicata sulla superficie della pista di rotolamento, distribuendola uniformemente. Applicare un sufficiente quantitativo di lubrificante sulla superficie dell'orletto.
2. Dopo aver applicato la quantità di grasso indicata sul perimetro della gabbia e dei rulli con la marcatura A, posizionarli lentamente sull'anello esterno. Verificare la direzione della gabbia controllando che sia a contatto con l'anello esterno nel "Punto A" e verificare che ci sia gioco fra la gabbia e l'anello esterno nel "Punto B" come mostrato in Fig. 3.39.
3. Dopo aver applicato un velo di grasso su tutta la superficie dell'anello interno e aver effettuato il centraggio con cura, posizionare l'anello sui rulli. Una volta posizionato, applicare la quantità di grasso indicata su tutto il perimetro della pista di rotolamento. (Fig. 3.40)
4. Posizionare il distanziale dell'anello esterno, rivestito con un velo di grasso, sulla superficie terminale dell'anello esterno (orletto). (Fig. 3.41)
5. Posizionare la gabbia e i rulli con la marcatura B sull'anello interno. Verificare che la gabbia sia uniformemente a contatto con la pista di rotolamento dell'anello interno nel "Punto C" della Fig. 3.42. Applicare la quantità di grasso indicata sul perimetro dei rulli. (Fig. 3.42)
6. Applicare uno strato spesso di grasso uniformemente su tutto il perimetro dell'orletto dell'anello esterno con la marcatura B. Applicare un velo di grasso sulle altre superfici. Posizionare l'anello esterno lentamente sui rulli. (Fig. 3.43). Effettuare con cura il centraggio. Riempire il cuscinetto della quantità di grasso indicata attraverso il foro di lubrificazione del distanziale dell'anello esterno. Applicare la quantità di grasso indicata nel foro e nella scanalatura di lubrificazione dell'anello esterno. Applicare un velo di grasso sulla superficie esterna. Utilizzare il dispositivo di sollevamento come mostrato in Fig. 2.1.6, montare il gruppo del cuscinetto nella guarnitura.

#### 3.5.2 Regolazione del coperchio della guarnitura durante il montaggio

1. Estrarre la molla di precarico dalla guarnitura.
2. Utilizzando un'attrezzatura idonea, montare il cuscinetto nella guarnitura.
3. Estrarre l'O-ring e la molla di precarico dalla sede cuscinetto e installare l'alloggiamento nella guarnitura.
4. Stringere temporaneamente i dadi della flangia.
5. Misurare la distanza fra la superficie terminale della guarnitura e la superficie della flangia del coperchio ( $\Delta_{sp}$ ) con uno spessore in diversi punti attorno ai dadi e stabilire la distanza media ( $\Delta_{sp}$ ). (Fig. 3.44)
6. Regolare lo spessore ( $\Delta_{sm}$ ) come segue:  
$$\Delta_{sm} = \Delta_{sp} + 0,5 \text{ (mm)}$$
7. Rimuovere la flangia e inserire lo spessore ( $\Delta_{sm}$ ).
8. Utilizzando un'attrezzatura idonea, rimuovere il cuscinetto dalla guarnitura, installare la molla di precarico e rimontare il cuscinetto nella guarnitura.
9. Montare l'O-ring e la molla nella sede e installare l'alloggiamento nella guarnitura.
10. Stringere i dadi della flangia in maniera uniforme.
11. Dopo il montaggio, verificare che  $CL1 + CL2 = 0,5 \text{ mm}$ . (Fig. 3.45)

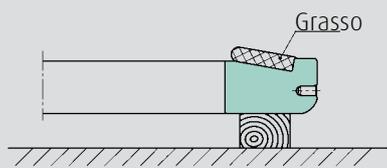


Fig. 3.38

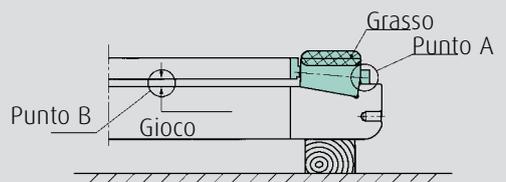


Fig. 3.39

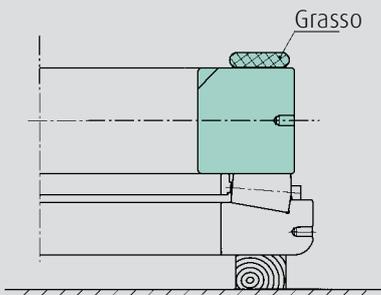


Fig. 3.40

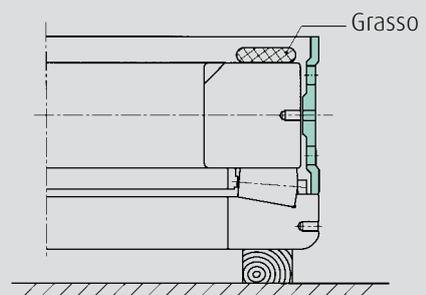


Fig. 3.41

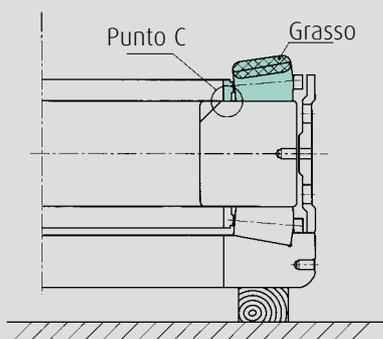


Fig. 3.42

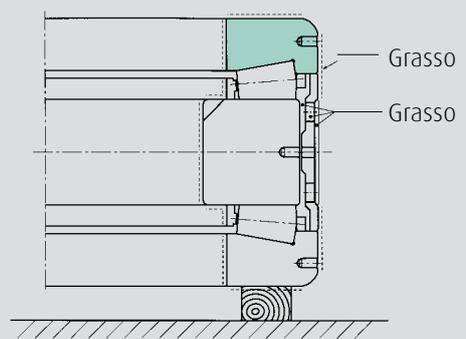


Fig. 3.43

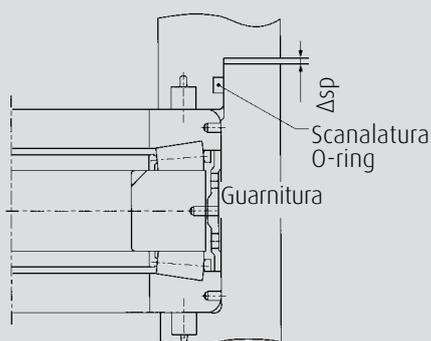


Fig. 3.44 Montaggio temporaneo senza molle di precarico

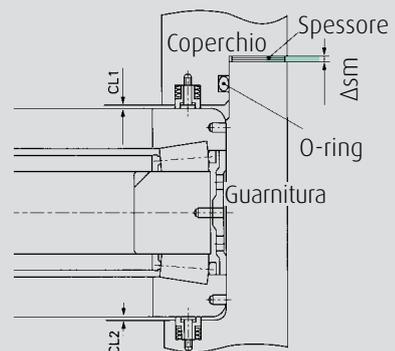


Fig. 3.45 Montaggio con molle di precarico

## 4. Ispezione

### 4.1 Procedure generali d'ispezione

Dopo aver pulito il cuscinetto utilizzato sul cilindro di laminazione, effettuare l'ispezione come descritto di seguito. Apportare tutte le correzioni necessarie in modo che il cuscinetto sia pronto per essere riutilizzato.

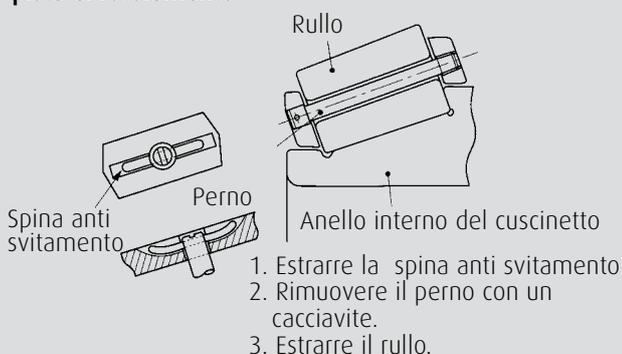
1. Verificare che il cuscinetto sia stato montato rispettando l'ordine delle marcature.
2. Esaminare le superfici laterali dell'anello interno per rilevare eventuali incisioni o intagli. Se presenti, spianare le rigature con una pietra a olio.
3. Esaminare la superficie del foro dell'anello interno per rilevare eventuali incisioni, intagli o imbrunimenti/scolorimenti.
4. Verificare la superficie della pista di rotolamento dell'anello esterno o interno e la superficie di rotolamento dei rulli per individuare possibili anomalie di contatto. In caso vengano rilevate tracce anomale sulle piste o sui corpi volenti, verificare il gioco e il parallelismo tra guarnitura e coperchio e correggere il gioco qualora sia superiore al raccomandato. Nel caso di cuscinetti a quattro corone di rulli conici, segni di contatto particolarmente marcati su due piste adiacenti denotano serraggio insufficiente. In questo caso ricalibrare il gioco tra guarnitura e coperchio. Per cuscinetti di modeste dimensioni, qualora si rilevasse un contatto particolarmente marcato sulle due piste esterne, è probabile un eccessivo serraggio assiale.
5. Verificare che le piste di rotolamento degli anelli interno ed esterno e la superficie di rotolamento dei rulli non presentino sfaldature. Le piste di rotolamento degli anelli e dei rulli potrebbero essere soggette a fatica a causa del carico persistente dopo un lungo utilizzo, con conseguente sfaldatura. Di norma, i cuscinetti che presentano sfaldature non devono essere riutilizzati. Se la sfaldatura è minima e riguarda l'anello esterno, rettificare l'area attorno alla sfaldatura con una rettificatrice manuale come mostrato in Fig. 4.1, arrotondare il profilo fra la pista di rotolamento e le superfici rettificate con una pietra a olio, e cambiare la posizione di carico per il riutilizzo. Se la gabbia a perni è dotata di un perno di ispezione, estrarre il perno come mostrato in Fig. 4.2. Si può così verificare la pista di rotolamento dell'anello interno.
6. Verificare l'eventuale presenza di ruggine sulla pista di rotolamento e sui rulli. Se si nota ruggine sulla pista di rotolamento e sui rulli, rimuovere le tracce più lievi con carta vetrata o pietra a olio. Se la ruggine è profonda, con tracce a intervalli corrispondenti al passo dei rulli sull'intera lunghezza degli stessi, il cuscinetto deve essere scartato.
7. Verificare eventuali smerigliature della superficie di rotolamento e dei rulli. Smerigliature di piccola entità possono essere corrette con una pietra a olio. Migliorando la lubrificazione al momento del riutilizzo, si può evitare che la smerigliatura avanzi ulteriormente.
8. Verificare che le superfici delle piste di rotolamento dell'anello interno o esterno e la superficie di rotolamento dei rulli non presentino indentature eccessive o danni da montaggio. Le indentature eccessive provocate da inclusioni di sostanze estranee possono causare una sfaldatura prematura. È importante eliminare l'origine del difetto, soprattutto impedendo che sostanze estranee si mescolino all'acqua di raffreddamento e penetrino nella guarnitura, migliorando la tenuta o ingrassando direttamente la tenuta stessa. Inoltre è necessario migliorare il filtraggio dell'acqua di raffreddamento circolante. Correggere eventuali danni da montaggio con pietra a olio o carta abrasiva.
9. Verificare eventuali scheggiature o rigature sui rulli. In presenza di scheggiature sulle estremità dei rulli o rigature eccessive, il cuscinetto deve essere scartato. Rigature più lievi possono consentire l'utilizzo del cuscinetto purché si migliori la lubrificazione.
10. Verificare eventuali anomalie della gabbia. Qualora si rilevino tracce di contatto sulle superfici della gabbia (superficie esterna, foro e superficie terminale), che non dovrebbe entrare a contatto con nessun'altra parte, si possono verificare usura o rigature significative nelle tasche o nei perni della gabbia (tipo a perni) a contatto con i rulli. In generale è necessario migliorare le condizioni di lubrificazione.

### 4.2 Ispezione di un cuscinetto schermato

1. Sfilare il cilindro di laminazione dalla guarnitura
  - › Smontaggio del cuscinetto
  - › Analisi del grasso: quantità residua, stato, sostanze estranee e gocce d'acqua
  - › Adesione del grasso sulla pista di rotolamento dell'anello esterno e sulla superficie di rotolamento dei rulli
  - › Adesione del grasso sull'anello esterno, sui rulli, sulla gabbia e sull'anello porta tenuta



**Fig. 4.1** Correzione della sfaldatura sulla superficie della pista di rotolamento



**Fig. 4.2** Come estrarre il perno di ispezione di una gabbia a perni

## 2. Pulizia del cuscinetto

- › Usura, larghezza della superficie di contatto, posizione di contatto della superficie di scivolamento della tenuta
- › Ruggine e indentature sulla superficie terminale dell'anello porta tenuta
- › Verificare l'effettiva posizione delle guarnizioni, la loro eventuale deformazione, lo stato delle molle toroidali, oltre che lo stato delle superfici in gomma, tagli crepe usura del labbro di tenuta.
- › Sostituire la tenuta principale, la tenuta del foro oppure l'O-ring in caso di danneggiamento o usura. In particolare, sostituire il labbro della tenuta se si notano crepe durante la manipolazione.

## 4.3 Ispezione di parti diverse dai cuscinetti

Quando la guarnitura viene utilizzata a lungo, il foro della guarnitura si deforma a causa della differenza di spessore, del carico di laminazione e dell'usura da strisciamento. Misurare il foro della guarnitura ogni uno/due anni e annotare il grado di circolarità e usura. Anche il diametro del collo del cilindro diminuisce per l'usura e gli interventi di rettifica e deve essere annotato. Le regole per scartare un cuscinetto devono quindi essere adeguate

alle condizioni di lavoro. Spesso la tenuta principale si danneggia durante il montaggio del cilindro e della guarnitura; in tal caso deve essere sostituita. Inoltre, la superficie terminale dell'orletto di spinta e dell'anello filettato potrebbe essere soggetta a usura da strisciamento e scalettatura dopo un lungo periodo di utilizzo. Questi difetti riducono eccessivamente l'area di contatto sull'anello interno, provocando rigature o crepe termiche nella superficie terminale dell'anello interno. Ripassare di tanto in tanto la superficie terminale dell'orletto di spinta per eliminare la scalettatura. Un altro aspetto importante è il controllo del gioco fra il rivestimento della guarnitura e l'alloggiamento del laminatoio (gioco finestra), così come del gioco fra la piastra di fissaggio e l'aletta della guarnitura. L'aumento del gioco provoca l'inclinazione della guarnitura, inducendo un momento ribaltante sul cuscinetto con conseguenti effetti di sfaldatura e grippaggio prematuri. Analizzare periodicamente il grasso nel cuscinetto per verificarne le proprietà meccaniche e chimiche oltre al grado di contaminazione da acqua e sostanze estranee. In particolare, acqua, sabbia e polvere metallica accorciano la vita del cuscinetto. Pertanto è necessario, in base al grado di contaminazione, rivedere gli intervalli di rilubrificazione, il metodo di applicazione del grasso e la quantità, oltre a migliorare la tenuta.

## 4.4 Scheda di documentazione del cuscinetto

Per un utilizzo appropriato e duraturo dei cuscinetti è importante tenere una scheda di documentazione dell'utilizzo dei cuscinetti stessi e dei risultati delle verifiche. La Fig. 4.3 mostra un esempio di scheda. Ogni cuscinetto richiede una propria scheda e ogni scheda riporta il numero di serie del cuscinetto. La scheda contiene anche altri dati: data di montaggio del cuscinetto, numero del supporto, numero della guarnitura, posizione di montaggio, tempo di laminazione, tonnellaggio di laminazione, storia delle ispezioni e degli interventi sul cuscinetto. Questa scheda deve essere consultata per l'acquisto dei cuscinetti di ricambio, per avere sempre un magazzino adeguato. Inoltre, si tratta di un'importante fonte di informazioni per la manutenzione e il miglioramento del cuscinetto.

A titolo di riferimento, i valori raccomandati per il diametro del collo del cilindro e per il foro della guarnitura rispetto al foro dell'anello interno e al diametro esterno dell'anello esterno sono riportati nelle Tabelle da 4.1 a 4.5.

## 4. 4. Ispezione

Fig. 4.3 Esempio di scheda di documentazione del cuscinetto

SCHEDA DI DOCUMENTAZIONE DEI CUSCINETTI PER COLLI DI CILINDRO DI LAMINAZIONE																	
Nome del laminatoio _____			Cuscinetto del cilindro _____			Lubrificante _____											
Sigla _____			Data di accettazione _____			Tempo di laminazione totale _____											
Dimensioni principali _____			Data inizio funzionamento _____			Tonnellaggio di laminazione cumulativo _____											
Numero di serie del cuscinetto _____			Data di dismissione _____														
Gioco del cuscinetto _____			Motivo della dismissione _____														
Frequenza di rimontaggio	Assemblaggio montaggio		N° Guarnitura	N° Laminato	N° Supporto	Posizione di montaggio	Posizione di carico anello esterno N°	Smontaggio		Tempo di laminazione	Tonnellaggio di laminazione	Tonnellaggio di laminazione cumulativo	Data ispezione		Stato del lubrificante	Note	
	Data	Ora						Data	Ora				Controllo cuscinetto	Correzione cuscinetto			
1																	
2																	
3																	

Tabella 4.1 Tolleranze di accoppiamento dei cuscinetti a quattro corone di rulli conici metrici con il collo del cilindro

Unità:  $\mu\text{m}$

Diametro foro nominale d (mm)		Scostamento del diametro medio del foro sul singolo piano $\Delta d_{mp}$		Tolleranza di lavorazione del diametro del collo del cilindro		Giochi		Limite di usura del collo del cilindro (riferimento)
oltre	fino a	max.	min.	max.	min.	min.	max.	
80	120	0	-20	-120	-150	100	150	300
120	180	0	-25	-150	-175	125	175	350
180	250	0	-30	-175	-200	145	200	400
250	315	0	-35	-210	-250	175	250	500
315	400	0	-40	-240	-300	200	300	600
400	500	0	-45	-245	-300	200	300	600
500	630	0	-50	-250	-300	200	300	600
630	800	0	-75	-325	-400	250	400	800
800	1000	0	-100	-375	-450	275	450	900
1000	1250	0	-125	-425	-500	300	500	1000
1250	1600	0	-160	-510	-600	350	600	1200

Tabella 4.2 Tolleranze di accoppiamento dei cuscinetti a quattro corone di rulli conici metrici con la guarnitura

Unità:  $\mu\text{m}$

Diametro foro nominale d (mm)		Scostamento del diametro medio del foro sul singolo piano $\Delta d_{mp}$		Tolleranza di lavorazione del diametro del collo del cilindro		Giochi		Limite di usura del collo del cilindro (riferimento)
oltre	fino a	max.	min.	max.	min.	min.	max.	
120	150	0	-18	+57	+25	25	75	150
150	180	0	-25	+100	+50	50	125	250
180	250	0	-30	+120	+50	50	150	300
250	315	0	-35	+115	+50	50	150	300
305	400	0	-40	+110	+50	50	150	300
400	500	0	-45	+105	+50	50	150	300
500	630	0	-50	+100	+50	50	150	300
630	800	0	-75	+150	+75	75	225	450
800	1000	0	-100	+150	+75	75	250	500
1000	1250	0	-125	+175	+100	100	300	600
1250	1600	0	-160	+215	+125	125	375	750
1600	2000	0	-200	+250	+150	150	450	900

**Tabella 4.3 Tolleranze di accoppiamento dei cuscinetti a quattro corone di rulli conici in pollici con il collo del cilindro** Unità:  $\mu\text{m}$

Diametro foro nominale d (mm)				Scostamento del diametro del foro $\Delta d_s$		Tolleranza di lavorazione del diametro del collo del cilindro		Giochi		Limite di usura del collo del cilindro (riferimento)
oltre		fino a		max.	min.	max.	min.	max.	min.	
(mm)	(inch)	(mm)	(inch)							
101,600	4.0000	127,000	5.0000	+ 25	0	- 100	- 125	100	150	300
127,000	5.0000	152,400	6.0000	+ 25	0	- 125	- 150	125	175	350
152,400	6.0000	203,200	8.0000	+ 25	0	- 150	- 175	150	200	400
203,200	8.0000	304,800	12.0000	+ 25	0	- 175	- 200	175	225	450
304,800	12.0000	609,600	24.0000	+ 51	0	- 200	- 250	200	301	600
609,600	24.0000	914,400	36.0000	+ 76	0	- 250	- 325	250	401	800
914,400	36.0000	1219,200	48.0000	+ 102	0	- 300	- 400	300	502	1000
1219,200	48.0000	-	-	+ 127	0	- 375	- 475	375	602	1200
800	1000			0	-100	-375	-450	275	450	900
1000	1250			0	-125	-425	-500	300	500	1000
1250	1600			0	-160	-510	-600	350	600	1200

**Tabella 4.4 Tolleranze di accoppiamento dei cuscinetti a quattro corone di rulli conici in pollici con la guarnitura** Unità:  $\mu\text{m}$

Diametro nominale del foro d (mm)				Scostamento del diametro del foro $\Delta d_s$		Tolleranza di lavorazione del diametro del collo del cilindro		Giochi		Limite di usura del collo del cilindro (riferimento)
oltre		fino a		max.	min.	max.	min.	max.	min.	
(mm)	(inch)	(mm)	(inch)							
-	-	304,800	12.0000	+ 25	0	+ 75	+ 50	25	75	150
304,800	12.0000	609,600	24.0000	+ 51	0	+ 150	+ 100	49	150	300
609,600	24.0000	914,400	36.0000	+ 76	0	+ 225	+ 150	74	225	450
914,400	36.0000	1219,200	48.0000	+ 102	0	+ 300	+ 200	98	300	600
1219,200	48.0000	1524,000	60.0000	+ 127	0	+ 375	+ 250	123	375	750
1524,000	50.0000	-	-	+ 157	0	+ 450	+ 300	143	450	900

**Tabella 4.5 Accoppiamento consigliato del cuscinetto a quattro corone di rulli cilindrici con anello interno calettato a caldo** Unità:  $\mu\text{m}$

Diametro nominale del foro d o diametro esterno D (mm)		Tolleranza per il diametro del collo del cilindro (classe di tolleranza)		Tolleranza per il diametro del foro della guarnitura (G7)	
oltre	fino a	max.	min.	max.	min.
80	120	+ 45	+ 23(n6)	-	-
120	140	+ 52	+ 27(n6)	+ 54	+ 14
140	180	+ 68	+ 43(p6)	+ 54	+ 14
180	200	+ 79	+ 50(p6)	+ 61	+ 15
200	225	+ 109	+ 80(r6)	+ 61	+ 15
225	250	+ 113	+ 84(r6)	+ 61	+ 15
250	280	+ 126	+ 94(r6)	+ 69	+ 17
280	305	+ 165	+ 130	+ 69	+ 17
315	355	+ 165	+ 130	+ 75	+ 18
355	400	+ 190	+ 150	+ 75	+ 18
400	450	+ 220	+ 170	+ 83	+ 20
450	500	+ 250	+ 190	+ 83	+ 20
500	560	+ 280	+ 210	+ 92	+ 22
560	630	+ 320	+ 250	+ 92	+ 22
630	710	+ 350	+ 270	+ 104	+ 24
710	800	+ 390	+ 310	+ 104	+ 24
800	900	+ 440	+ 350	+ 116	+ 26
900	1000	+ 480	+ 390	+ 116	+ 26
1000	1250	+ 530	+ 430	+ 133	+ 28
1250	1600	-	-	+ 155	+ 30

# 5. Lubrificazione

## 5.1 Finalità ed effetto

Lo scopo della lubrificazione è ridurre l'attrito e l'usura all'interno del cuscinetto e, quindi, prevenirne il grippaggio. Gli effetti della lubrificazione sono descritti di seguito.

1. Riduzione di usura e attrito  
Prevenire il contatto metallo-metallo e ridurre l'attrito e l'usura formando una pellicola d'olio protettiva sulla porzione di contatto reciproco fra l'anello del cuscinetto, l'elemento volvente e la gabbia.
2. Eliminazione del calore da attrito e raffreddamento  
Dissipare il calore generato dall'attrito o trasmesso dall'esterno e raffreddare il cuscinetto con l'olio, prevenendo il surriscaldamento del cuscinetto e il degrado dell'olio lubrificante mediante la circolazione dell'olio.
3. Estensione della durata a fatica  
Prolungare la durata a fatica di un cuscinetto formando una pellicola d'olio sufficientemente spessa sulla superficie di rotolamento. La lubrificazione può inoltre prevenire l'infiltrazione di sostanze estranee nel cuscinetto, la ruggine e la corrosione.

## 5.2 Metodo di lubrificazione

I cuscinetti volventi vengono lubrificati con olio o grasso. Vantaggi e svantaggi dei due metodi sono illustrati nella Tabella 5.1. La scelta del metodo di lubrificazione più idoneo alle condizioni operative e alla funzione del cuscinetto è importante per garantire le massime prestazioni del cuscinetto stesso.

**Tabella 5.1 Vantaggi e svantaggi della lubrificazione a grasso e a olio**

Elemento	Lubrificazione a grasso	Lubrificazione a olio
Sistema di tenuta dell'alloggiamento	Semplificazione in generale	Leggermente complicato, richiede un'attenta manutenzione
Velocità	Utilizzabile con velocità medie o basse	Utilizzabile anche con velocità elevate
Dissipazione del calore	Nessuno	Dissipazione efficace del calore (lubrificazione a ricircolo)
Rimozione di polvere e acqua	Difficile	Possibile (lubrificazione a ricircolo)
Apparecchiature meccaniche adiacenti possono condividere lo stesso sistema di lubrificazione	Difficile	Facile
Manutenzione	Facile	Richiede controlli frequenti a causa delle perdite d'olio ecc.

## 5.2.1 Lubrificazione a grasso

In generale, la lubrificazione a grasso è un metodo pratico e conveniente perché il sistema di tenuta è più semplice. Ovvero, una volta applicato il grasso, non sono più necessari rabbocchi per molto tempo. In realtà, un cuscinetto pieno di grasso viene utilizzato così com'è (sistema a tenuta), una quantità sufficiente di grasso viene versata in un alloggiamento e rabboccata o sostituita dopo un determinato intervallo (sistema a riempimento) oppure il grasso viene fornito da un impianto centralizzato (sistema a lubrificazione centralizzata).

L'utilizzo del grasso è aumentato negli ultimi tempi grazie all'evoluzione dei prodotti. Tuttavia è importante scegliere il grasso e il metodo di lubrificazione migliori tenendo conto della velocità, della temperatura di esercizio, della frequenza di rabbocco e della durata del grasso. Per un cuscinetto per cilindri di laminazione, il sistema di lubrificazione attualmente più diffuso è quello a riempimento, non quello centralizzato, allo scopo di accorciare i tempi della procedura di sostituzione del cilindro. È indispensabile definire uno standard di lavoro tenendo nel dovuto conto l'affidabilità della tenuta, le caratteristiche del grasso e la quantità di grasso disponibile nell'impianto di laminazione.

1. Quantità di rabbocco del grasso nell'alloggiamento (guarnitura)  
La quantità di grasso da immettere nell'alloggiamento (guarnitura) dipende dalla struttura dell'alloggiamento (guarnitura), dal volume libero all'interno del cuscinetto e dall'ambiente. Le linee guida generali sono riportate di seguito. Riempire dapprima il cuscinetto con una quantità di grasso sufficiente; poi, a seconda della velocità, riempire con un'ulteriore quantità di grasso (come indicato nella Tabella 5.2) volume libero all'interno del cuscinetto (escludendo l'albero e il cuscinetto nella guarnitura).
2. Rabbocco del grasso lubrificante  
In generale, una volta riempito il cuscinetto, non è più

**Tabella 5.2 Quantità di rabbocco di grasso**

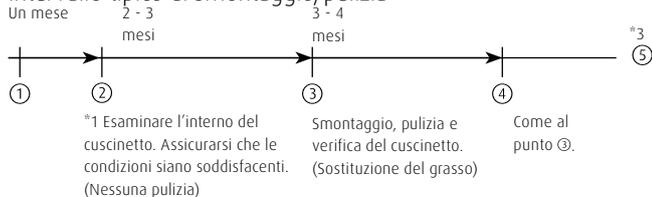
Condizioni di rotazione	Rapporto rispetto al volume	Note
Per velocità da bassissime a basse	2/3 ~ 1	Previene anche l'infiltrazione di acqua a bassa velocità
Velocità medio-basse	1/2 ~ 2/3	Applicazioni a velocità generiche
Velocità medio-alte	1/3 ~ 1/2	Piccole quantità per applicazioni ad alta velocità



necessario aggiungere grasso per molto tempo. Tuttavia, a seconda delle condizioni d'esercizio, potrebbe rendersi necessario rabboccare o sostituire frequentemente il grasso. Bisogna prestare la dovuta attenzione a questo aspetto quando si progetta l'alloggiamento. Nei laminatoi per blumi o nelle acciaierie con lubrificazione centralizzata dei cuscinetti per cilindri di laminazione, la quantità di grasso richiesta viene fornita a intervalli prestabiliti.

Quando si utilizza il metodo a riempimento, come nel caso del cuscinetto per cilindri di laminazione di un laminatoio a freddo, viene immesso grasso fresco finché il grasso vecchio non comincia a fuoriuscire dalla tenuta. Il ciclo di smontaggio e pulizia del cuscinetto schermato, con relativa sostituzione del grasso, varia a seconda delle condizioni di esercizio e di laminazione, pertanto non è possibile stabilire un intervallo standard. Nella pratica si può determinare la frequenza tipica di smontaggio e pulizia verificando periodicamente lo stato del cuscinetto dopo circa un anno dall'avviamento iniziale.

#### Intervallo tipico di smontaggio/pulizia



- \*1. Aggiungere grasso fresco nella stessa qualità del grasso disperso durante l'ispezione.
- \*2. L'intervallo viene stabilito in base ai risultati dell'ispezione di ③. Se l'ispezione di un cuscinetto schermato (paragrafo 4.2) evidenzia danneggiamento o usura delle tenute o degli O-ring, sostituire il cuscinetto con uno nuovo. La frequenza di sostituzione varia secondo le condizioni d'esercizio, ma viene definita in base alle condizioni rilevate in sede di controllo. Solitamente è di circa sei mesi.
- \*3. L'intervallo di smontaggio/pulizia finale ⑤ viene stabilito sulla base dei risultati dell'ispezione di ④. In generale la frequenza consigliata per lo smontaggio di un cuscinetto per cilindri di laminazione è di 3-6 mesi, ma può variare in base alle condizioni d'esercizio.

## 5.2.2 Lubrificazione a olio

### 1. Lubrificazione a circolazione forzata d'olio

Per applicazioni con velocità o temperature ambiente elevate, è necessario raffreddare il cuscinetto con olio. La lubrificazione a circolazione forzata d'olio è il metodo più utilizzato. Con questo sistema l'olio torna nel serbatoio attraverso un tubo di drenaggio dopo aver lubrificato e raffreddato l'interno del cuscinetto.

L'olio viene quindi raffreddato, filtrato e reimesso in circolo per la lubrificazione mediante una pompa. Il tubo di drenaggio ha solitamente una sezione doppia (o ancora superiore) rispetto al condotto di afflusso, per evitare traboccamenti di lubrificante. La quantità di olio necessaria per la lubrificazione forzata viene calcolata come segue:

$$Q \cong \frac{1.89 \times 10^{-6}}{T_2 - T_1} d \cdot \mu \cdot n \cdot F(N) \quad (5.1)$$

$$Q \cong \frac{1.85 \times 10^{-5}}{T_2 - T_1} d \cdot \mu \cdot n \cdot F\{kgf\} \quad (5.1)$$

dove,

- $Q$  : Portata dell'olio (litri/min)
- $T_1$  : Temperatura dell'olio in ingresso (°C)
- $T_2$  : Temperatura dell'olio in uscita (°C)
- $d$  : Foro cuscinetto (mm)
- $n$  : Velocità cuscinetto (min<sup>-1</sup>)
- $F$  : Carico sul cuscinetto (N) {kgf}
- $\mu$  : Coefficiente di attrito dinamico del cuscinetto

Tipologia di cuscinetto	Valore approssimato di $\mu$
Cuscinetto a rulli cilindrici	0.001
Cuscinetti a rulli conici	0.002

Utilizzando il valore calcolato e tenendo conto delle dimensioni delle bocchette di alimentazione e drenaggio dell'olio, si può determinare la quantità di olio adeguata. Per un cuscinetto di grandi dimensioni (foro superiore a 200 mm) soggetto a carichi gravosi, la quantità d'olio calcolata con la formula (5.1) potrebbe essere eccessiva. Il valore consigliato è fra 2/3 e 1/2 della quantità calcolata con la formula.

# 5. Lubrificazione

## 2. Lubrificazione a nebbia d'olio

La nebbia d'olio prodotta dal nebulizzatore viene trasferita al punto di lubrificazione attraverso un condotto e spruzzata sotto forma di particelle da un ugello nell'alloggiamento o nel cuscinetto. Il metodo di lubrificazione a nebbia d'olio offre i seguenti vantaggi:

- › Maggiormente indicato per applicazioni a velocità elevate rispetto a quelle in cui si utilizza la lubrificazione a bagno d'olio.
- › È possibile utilizzare olio ad alta viscosità per formare pellicole spesse, una soluzione efficace per prevenire il grippaggio e aumentare la durata a fatica del cuscinetto.
- › Viene distribuita solo la quantità minima d'olio necessaria, lubrificando efficacemente il cuscinetto con un consumo di olio minimo.
- › Si riduce la presenza di macchie d'olio su macchinari e prodotti rispetto alla lubrificazione a grasso. Lo smontaggio e la pulizia delle parti risultano più facili.

### a) Come calcolare la quantità di nebbia d'olio

La miscela di nebbia d'olio e aria può essere calcolata nel modo seguente:

$$Q_m \cong A \cdot d \cdot R \quad (5.2)$$

dove,

$Q_m$  : Quantità di nebbia (ft<sup>3</sup>/min)

$A$  : Fattore (per laminatoio, velocità nominale  $A = 0,05$ )

$d$  : Foro cuscinetto (inch)

$R$  : Numero di corone di elementi volventi

Per le applicazioni ad alta velocità, il valore di  $Q_m$  viene incrementato di due o quattro volte.

### b) Portata della nebbia d'olio nel condotto

La sezione del tubo per la distribuzione della nebbia d'olio a ogni ugello deve essere tale da consentire una velocità del flusso di aria/olio nel condotto di 5 m/sec o inferiore. Velocità superiori possono causare una condensa eccessiva di olio nel condotto e, quindi, una distribuzione irregolare e una parziale inefficienza.

### c) Posizione di installazione dell'ugello

L'ugello viene installato vicino al foro dell'alloggiamento

(guarnitura) o all'anello esterno del cuscinetto.

Quest'ultima soluzione è particolarmente indicata per i cuscinetti dei cilindri di appoggio che girano ad alta velocità. Nel caso del cuscinetto per cilindri di laminazione di un laminatoio con un carico di laminazione elevato, l'ugello può essere installato direttamente sul distanziale dell'anello esterno.

### d) Sfiato

Lo sfiato è un elemento importante per mantenere costante il volume di olio nell'alloggiamento e un afflusso soddisfacente di nebbia nel cuscinetto. Normalmente lo sfiato viene collocato in una posizione che consenta di mantenere il livello di olio a un'altezza pari a circa la metà dell'elemento volvente sul fondo.

### e) Selezione della nebbia d'olio

La nebbia d'olio deve essere ottenuta con un olio lubrificante di alta qualità con prestazioni in grado di sopportare pressioni estreme e stabile all'ossidazione. Questo olio deve essere vaporizzato velocemente. È inoltre opportuno che l'olio si possa ricoagulare velocemente dopo aver oltrepassato l'ugello. In commercio si trovano oli specifici per nebbia d'olio che soddisfano tutti questi requisiti. La viscosità dell'olio dipende dalle condizioni d'esercizio, ma generalmente è pari a 330 - 430 mm<sup>2</sup>/s {cSt} a 40°C per i cuscinetti per cilindri di laminazione.

### f) Condizioni d'esercizio di un nebulizzatore

Le condizioni generali sono descritte di seguito.

Distribuzione a pressione nel condotto: 500 mm di colonna d'acqua

Temperatura dell'aria di riscaldamento: 65-80°C

Temperatura dell'olio: 50°C

Quando si deve lubrificare a nebbia un cuscinetto di grandi dimensioni ad alta velocità, l'efficacia della lubrificazione dipende dalla struttura circostante al cuscinetti.

Vi preghiamo di rivolgervi al Servizio Tecnico NSK.

### 3. Lubrificazione aria - olio

Caratteristiche di un sistema di lubrificazione aria/olio

- › Regola e stabilizza l'afflusso di olio al cuscinetto, annullando gli effetti delle variazioni di temperatura dell'olio di lubrificazione e dell'aria compressa e le variazioni di pressione nel condotto.

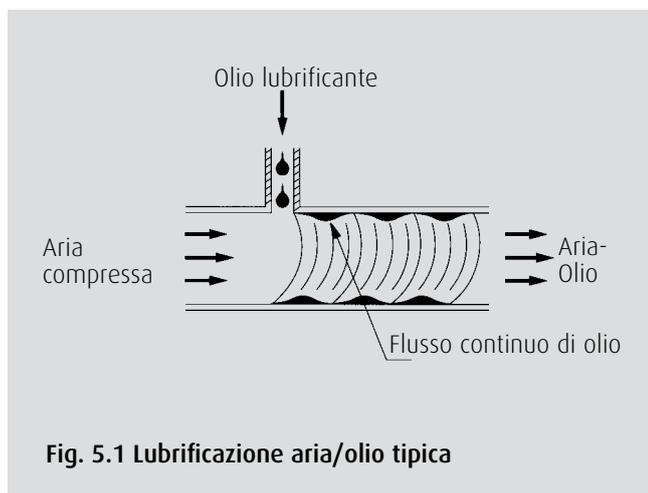


Fig. 5.1 Lubrificazione aria/olio tipica

- › Riduzione sostanziale del consumo di olio.
- › Un distributore ad alte prestazioni nel sistema aria/olio garantisce il corretto afflusso dell'olio al cuscinetto, facilitando così il calcolo della quantità distribuita a ogni punto. In questo modo è necessaria solo la quantità minima di olio, con una conseguente riduzione dei consumi a circa 1/10 della lubrificazione a nebbia d'olio. Il consumo di olio lubrificante può essere ridotto drasticamente con questo metodo.

La quantità di olio richiesta  $Q$  può essere calcolata come segue:

$$Q \cong A \cdot D \cdot B \text{ (ml/h)} \quad (6.1)$$

dove,

$A$  : Coefficiente (generalmente  $A = 0,00003$ , ma può variare a seconda delle condizioni d'esercizio.)

$D$  : Diametro esterno del cuscinetto (mm)

$B$  : Larghezza del cuscinetto (mm)

- › La pressione pneumatica nell'alloggiamento impedisce l'infiltrazione di sostanze estranee nel cuscinetto. Poiché l'afflusso di olio nell'alloggiamento è accompagnato da aria compressa, la funzione di tenuta risulta migliorata, impedendo l'infiltrazione di acqua e particelle dall'esterno. Si ottengono così condizioni d'esercizio ideali, con un sostanziale prolungamento della durata del cuscinetto.
- › Semplicità del condotto  
La lubrificazione aria/olio viene realizzata usando aria compressa per far affluire l'olio. La direzione del condotto non ha nessuna influenza.
- › Distribuzione multidirezionale della miscela di aria/olio  
La maggior parte dei sistemi attuali assicura una corretta distribuzione della miscela di aria/olio a diversi punti di lubrificazione (sistema brevettato). Il sistema di tubazioni risulta così semplificato, assicurando una facile manutenzione.
- › Pulizia dell'ambiente circostante alla macchina  
Poiché la lubrificazione aria/olio distribuisce la quantità di olio minima richiesta, l'olio raccolto nell'alloggiamento può essere recuperato periodicamente attraverso la bocchetta di drenaggio. L'ambiente attorno alle apparecchiature resta così in condizioni di pulizia migliori.

## Filiali NSK – Europa, Medio Oriente e Africa

### Italia

NSK Italia S.p.A.  
Via Garibaldi, 215  
20024 Garbagnate  
Milanese (MI)  
Tel. +39 02 995 191  
Fax +39 02 990 25 778  
info-it@nsk.com

### Francia ed Benelux

NSK France S.A.S.  
Quartier de l'Europe  
2, rue Georges Guynemer  
78283 Guyancourt Cedex  
Tel. +33 (0) 1 30573939  
Fax +33 (0) 1 30570001  
info-fr@nsk.com

### Germania, Austria, Svizzera, Scandinavia

NSK Deutschland GmbH  
Harkortstraße 15  
40880 Ratingen  
Tel. +49 (0) 2102 4810  
Fax +49 (0) 2102 4812290  
info-de@nsk.com

### Gran Bretagna

NSK UK LTD.  
Northern Road, Newark,  
Nottinghamshire NG24 2JF  
Tel. +44 (0) 1636 605123  
Fax +44 (0) 1636 643276  
info-uk@nsk.com

### Medio Oriente

NSK Bearings Gulf Trading Co.  
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3  
Jebel Ali Downtown,  
PO Box 262163  
Dubai, UAE  
Tel. +971 (0) 4 804 8205  
Fax +971 (0) 4 884 7227  
info-me@nsk.com

### Polonia ed Est Europa

NSK Polska Sp. z o.o.  
Warsaw Branch  
Ul. Migdałowa 4/73  
02-796 Warszawa  
Tel. +48 22 645 15 25  
Fax +48 22 645 15 29  
info-pl@nsk.com

### Russia

NSK Polska Sp. z o.o.  
Russian Branch  
Office I 703, Bldg 29,  
18th Line of Vasilievskiy Ostrov,  
Saint-Petersburg, 199178  
Tel. +7 812 3325071  
Fax +7 812 3325072  
info-ru@nsk.com

### Spagna

NSK Spain, S.A.  
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo  
2a Planta, 08014 Barcelona  
Tel. +34 932 89 27 63  
Fax +34 934 33 57 76  
info-es@nsk.com

### Sudafrica

NSK South Africa (Pty) Ltd.  
25 Galaxy Avenue  
Linbro Business Park  
Sandton 2146  
Tel. +27 (011) 458 3600  
Fax +27 (011) 458 3608  
nsk-sa@nsk.com

### Turchia

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti  
19 Mayıs Mah. Atatürk Cad.  
Ulya Engin İş Merkezi No: 68/3 Kat. 6  
P.K.: 34736 - Kozyatağı - İstanbul  
Tel. +90 216 4777111  
Fax +90 216 4777174  
turkey@nsk.com

Sito NSK in Europa: [www.nskeurope.it](http://www.nskeurope.it)

Sito NSK nel mondo: [www.nsk.com](http://www.nsk.com)

