

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901819859A1

Publication Date

20110916

Applicant

AKTIEBOLAGET SKF

Title

MISURAZIONE DELL'ANGOLO DI CONTATTO DI UN CUSCINETTO A SFERE

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Misurazione dell'angolo di contatto di un cuscinetto a sfere"

Di: AKTIEBOLAGET SKF, nazionalità svedese, 415 50  
Göteborg, Svezia

Inventore designato: ARCIULI Vito

Depositata il: 16 marzo 2010

\*\*\*

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un metodo per misurare l'angolo di contatto di un cuscinetto a sfere.

Stato della tecnica

Nel brevetto statunitense US-5 423 218 è descritto un metodo per la misurazione dell'angolo di contatto basato sul rilievo di vibrazione radiale, per mezzo di un sensore pick-up applicato sull'anello esterno del cuscinetto. L'anello interno del cuscinetto viene posto in rotazione, mentre l'anello esterno viene mantenuto stazionario e assoggettato ad un carico assiale. Il segnale rilevato dal pick-up viene trasmesso ad un convertitore di frequenza per mezzo di un amplificatore. Il convertitore di frequenza determina, mediante calcolo, la frequenza di rotazione dell'anello interno e la

frequenza del numero di passaggi delle sfere, e dall'elaborazione di queste frequenze calcola l'angolo di contatto.

Secondo un metodo convenzionale, descritto nel modello di utilità giapponese JP-52 143 955-U, si risale all'angolo di contatto rilevando due parametri: la rotazione dell'anello interno e la rotazione della gabbia di ritegno delle sfere (che corrisponde alla rivoluzione delle sfere attorno all'asse centrale di rotazione del cuscinetto). Sulla gabbia viene fissato uno schermo a settori opachi e l'anello esterno viene tenuto stazionario. Facendo ruotare l'anello interno, i settori opachi dello schermo intercettano il fascio luminoso di una fotocellula, consentendo la rilevazione della rotazione della gabbia.

Il suddetto metodo convenzionale è poco preciso e comporta dei limiti di carattere pratico. Infatti, per cuscinetti di dimensioni molto piccole dove lo spazio tra il diametro interno dell'anello esterno e il diametro esterno dell'anello interno è minimo, è problematico applicare sulla gabbia un supporto per uno schermo a settori opachi per rilevare la rotazione della stessa. Il montaggio dello schermo è reso più difficile se gli anelli del cu-

scinetto sono flangiati, o se il cuscinetto è già assemblato in un determinato apparato/macchina. Il gioco esistente tra le sfere e le sedi della gabbia in cui le sfere alloggiavano, non consente di determinare con precisione l'angolo di rivoluzione delle sfere. Inoltre, lo schermo montato sulla gabbia ne aumenta la massa inerziale della gabbia stessa; ciò può provocare uno slittamento delle sfere sulle gole degli anelli ed influire negativamente sulla precisione della misura dell'angolo di contatto.

#### Sintesi dell'invenzione

Scopo primario dell'invenzione è di ottenere una misura molto accurata dell'angolo di contatto, ovviando ai limiti della tecnica nota sopra discussa. Un altro scopo dell'invenzione è di proporre un metodo di misurazione semplificato, che si presti bene ad essere automatizzato.

Questi ed altri scopi e vantaggi, che saranno compresi meglio in seguito, sono raggiunti secondo l'invenzione da un metodo come definito nelle rivendicazioni annesse. In sintesi, l'invenzione propone di rilevare la rotazione della gabbia di ritenimento delle sfere (o la rivoluzione delle sfere) tramite mezzi di rilevamento ottici che proiettano una radiazione attraverso il cuscinetto nell'intercapedine

dine tra l'anello esterno e quello interno. La radiazione viene così intercettata direttamente dalle sfere e/o dalla gabbia, senza l'applicazione di corpi esterni al cuscinetto. Una misurazione particolarmente precisa si ottiene utilizzando una radiazione Laser, cioè un fascio di luce coerente collimato e di uniforme densità luminosa con un grado elevato di coerenza.

#### Breve descrizione dei disegni

Verrà ora descritta, a puro titolo di esempio non limitativo, una forma di attuazione preferenziale del metodo secondo la presente invenzione. Si fa riferimento ai disegni annessi, nei quali:

la figura 1 illustra schematicamente un cuscinetto sezionato assialmente, montato su un mandrino rotante con un associato dispositivo di rilevamento ottico ed un gruppo spintore per l'esecuzione del metodo secondo l'invenzione;

la figura 2 è una vista in sezione assiale di un cuscinetto a sfere;

la figura 3 è una vista prospettica del dispositivo di rilevamento ottico e del gruppo spintore della figura 1; e

la figura 4 è una vista prospettica del dispositivo di rilevamento ottico.

### Descrizione dettagliata

Facendo inizialmente riferimento alla figura 2, con 10 è indicato nel suo insieme un cuscinetto a sfere del quale si desidera misurare l'angolo di contatto  $\alpha_k$ . Il cuscinetto comprende un anello esterno 11 con una pista di rotolamento esterna 12 su una sua parete periferica interna, un anello interno 13 con una pista di rotolamento interna 14 su una sua parete periferica esterna, ed una pluralità di sfere di rotolamento 15 radialmente interposte tra gli anelli esterno 11 ed interno 13 per rotolare lungo le piste esterna 12 ed interna 14. Le sfere 15 sono circonferenzialmente distanziate l'una dall'altra da una gabbia di ritegno di tipo tradizionale 16. Nel cuscinetto 10, una retta  $r$  passante per i punti di contatto di ciascuna sfera con la pista esterna 12 e la pista interna 14 è inclinata di un angolo  $\alpha_k$  (denominato "angolo di contatto") rispetto ad un piano  $p$  che passa per il centro di una prima sfera ed il centro di una seconda sfera situata in una posizione diametralmente opposta alla prima.

Il cuscinetto 10 viene dapprima sistemato su un mandrino girevole A infilato nell'anello interno 13. Un gruppo spintore B applica all'anello esterno

11 un carico assiale C costante, ad esempio dell'ordine di 50 N.

Un dispositivo di rilevamento ottico D è predisposto per proiettare una radiazione attraverso il cuscinetto, nello spazio anulare o intercapedine tra l'anello esterno e quello interno. Nella forma di attuazione preferita, il dispositivo di rilevamento ottico proietta una radiazione Laser L in una direzione sostanzialmente parallela all'asse di rotazione x del cuscinetto, in modo tale per cui quando il mandrino A fa ruotare l'anello interno 13, la radiazione L viene intercettata dalle sfere 15 e/o dalla gabbia 16 in movimento.

Nella particolare forma di realizzazione illustrata nei disegni, il dispositivo di rilevamento ottico D presenta un emettitore ed un ricevitore laser disposti da lati opposti del cuscinetto. Nella figura 4 è illustrato un supporto S destinato ad essere disposto a cavallo del cuscinetto da testare; l'emettitore laser (non illustrato) è alloggiato in un primo ramo E del supporto, mentre il ricevitore (non illustrato) è accolto in un secondo ramo R separato dal primo da uno spazio vuoto nel quale viene sistemato il cuscinetto. In una forma di realizzazione alternativa (non illustrata), e-

mettitore e ricevitore sono disposti dallo stesso lato rispetto al cuscinetto, mentre dal lato opposto è previsto un elemento riflettente che manda al ricevitore la radiazione emessa dall'emettitore.

Per misurare l'angolo di contatto  $\alpha_k$ , l'anello interno 13 viene messo in rotazione dal mandrino A, sul quale è applicato un encoder (non illustrato) necessario per rilevare la rotazione dell'anello interno 13. Il mandrino viene ruotato a velocità angolare costante, preferibilmente per mezzo di un motore elettrico *brushless*. Il dispositivo ottico D rileva il passaggio delle sfere e rende disponibile un segnale in uscita U indicativo della rivoluzione delle sfere attorno all'asse di rotazione x. Questo segnale viene trasmesso ad un processore che calcola l'angolo di rivoluzione delle sfere che corrisponde alla deviazione angolare della gabbia. Il processore elabora i suddetti valori angolari, li mette in relazione con il diametro delle sfere e il diametro primitivo delle sfere (cioè il diametro della circonferenza primitiva passante per i centri delle sfere) e calcola il valore dell'angolo di contatto  $\alpha_k$  mediante la formula seguente:



$$\cos \alpha_K = \frac{D_d}{D_w} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\gamma + 1440}{1800}\right)$$

dove :

$\alpha_K$  = angolo di contatto;

$D_d$  = diametro primitivo delle sfere;

$D_w$  = diametro delle sfere;

$\Delta\gamma$  = deviazione angolare della gabbia a seguito di 4 giri effettuati dalla stessa gabbia dopo 10 giri completi dell'anello interno;

1440 = rappresenta 4 giri completi della gabbia;

1800 = rappresenta 10 giri dell'anello interno.

La formula sopra riportata si riferisce ad un esempio di attuazione del metodo, nel quale si è scelto di rilevare la deviazione angolare della gabbia dopo 10 giri completi dell'anello interno.

Come si potrà apprezzare, la presente invenzione offre svariati vantaggi rispetto alla tecnica nota. L'assenza di parti da montare sulla gabbia, e quindi il rilevamento diretto del passaggio delle sfere o della loro gabbia di ritegno rende il procedimento applicabile anche a cuscinetti di piccole dimensioni, e a prescindere dalla forma geometrica (flangiata o no) degli anelli. La misura è molto accurata in quanto non viene inficiata negativamente dal gioco esistente tra sfere e gabbia. La misu-

ra è molto accurata anche perché non viene montato nulla sulla gabbia per rilevarne la rotazione, per cui non avviene alcuna variazione della massa inerziale della gabbia.

Un altro aspetto vantaggioso, correlato all'assenza di elementi da montare sul cuscinetto, è che il procedimento si presta in modo particolare ad essere attuato con l'utilizzo di apparecchiature di manipolazione automatizzate per applicare i cuscinetti sul mandrino e rimetterli nel canale di produzione a misurazione effettuata.

Fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione. Ciò vale, ad esempio, per quanto riguarda la scelta del tipo di dispositivo ottico atto a generare la radiazione. Vi è la possibilità che questa intercetti le sfere, ma è possibile pensare a soluzioni diverse, dove la radiazione intercetta la gabbia. Si apprezzerà ancora che la soluzione secondo l'invenzione non richiede necessariamente che la pressione assiale sia applicata all'anello esterno. In alternativa a quanto descritto e illustrato,

l'invenzione trova applicazione anche nel caso in cui il gruppo spintore agisce sull'anello interno e la rotazione attorno all'asse  $x$  viene impartita all'anello esterno.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per misurare l'angolo di contatto ( $\alpha_k$ ) di un cuscinetto a sfere (10) comprendente un anello esterno (11), un anello interno (13), una pluralità di sfere (15) circonferenzialmente distanziate da una gabbia di ritegno (16) e radialmente interposte tra gli anelli esterno ed interno, il metodo comprendendo le fasi di:

- far ruotare uno (13) degli anelli, interno o esterno, attorno ad un asse centrale (x) del cuscinetto mentre si tiene stazionario l'altro anello (11), esterno o interno;
  - rilevare la velocità di rivoluzione delle sfere (15) o la velocità di rotazione della gabbia (16) attorno all'asse centrale (x);
  - rilevare la velocità di rotazione dell'anello (13) che si fa ruotare attorno a detto asse;
  - determinare l'angolo di contatto utilizzando i seguenti parametri: velocità di rotazione dell'anello (13) rotante, velocità di rivoluzione delle sfere (15) o velocità di rotazione della gabbia (16), diametro ( $D_w$ ) delle sfere, diametro ( $D_d$ ) della circonferenza primitiva delle sfere;
- caratterizzato dal fatto che la rotazione della gabbia o la rivoluzione delle sfere viene rilevata

tramite mezzi di rilevamento ottici (D) che proiettano una radiazione (L) attraverso il cuscinetto (10) nell'intercapedine tra l'anello esterno (11) e quello interno (13), in modo tale per cui la radiazione (L) viene intercettata direttamente dalle sfere (15) e/o dalla gabbia (16).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la radiazione (L) è una radiazione Laser.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che la radiazione (L) è proiettata in una direzione sostanzialmente parallela all'asse centrale (x) del cuscinetto.

4. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento ottici (D) includono un emettitore ed un ricevitore situati da lati opposti rispetto al cuscinetto.

5. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 3, caratterizzato dal fatto che i mezzi di rilevamento ottici (D) includono un emettitore ed un ricevitore situati da uno stesso lato del cuscinetto, ed un mezzo riflettente situato dal lato opposto rispetto al cuscinetto.

6. Metodo secondo una qualunque delle rivendica-

zioni precedenti, caratterizzato dal fatto che all'anello (11) tenuto stazionario viene applicato un carico assiale (C) costante.

7. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che l'anello interno (13) viene ruotato, mentre l'anello esterno (11) è tenuto stazionario.

8. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che l'anello (13) viene ruotato a velocità angolare costante.

CLAIMS

1. A method of measuring the contact angle ( $\alpha_k$ ) of a ball bearing (10) comprising an outer ring (11), an inner ring (13), a plurality of bearing balls (15) circumferentially spaced by a retaining cage (16) and radially interposed between the outer and inner rings, the method comprising the steps of:

- causing one (13) of the rings, inner or outer, to rotate about a central axis (x) of the bearing while holding the other ring (11), outer or inner, stationary;
- detecting the speed of revolution of the balls (15) or speed of rotation of the cage (16) about the central axis (x);
- detecting the rotational speed of the ring (13) caused to rotate about said axis;
- determining the contact angle by using the following parameters: the rotational speed of the rotating ring (13), the speed of revolution of the balls (15) or speed of rotation of the cage (16), the diameter ( $D_w$ ) of the balls, the primitive diameter ( $D_d$ ) of the balls;

characterised in that the rotation of the cage or revolution of the balls is detected by optical de-

tecting means (D) which project a radiation (L) through the bearing (10) in the gap between the outer (11) and inner (13) rings, whereby the radiation (L) is intercepted directly by the balls (15) and/or the cage (16).

2. A method according to claim 1, characterised in that the radiation (L) is a Laser radiation.

3. A method according to claim 1 or 2, characterised in that the radiation (L) is projected in a direction substantially parallel to the central axis (x) of the bearing.

4. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the optical detecting means (D) include an emitter and a receiver arranged on opposite sides with respect to the bearing.

5. A method according to any one of claims 1 to 3, characterised in that the optical detecting means (D) include an emitter and a receiver arranged on a same side of the bearing, and a reflecting means arranged on the opposite side of the bearing.

6. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that a constant axial load (C) is applied to the ring (11) which is kept



still.

7. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the inner ring (13) is caused to rotate, while the outer ring (11) is kept still.

8. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the ring (13) is rotated at a constant angular speed.

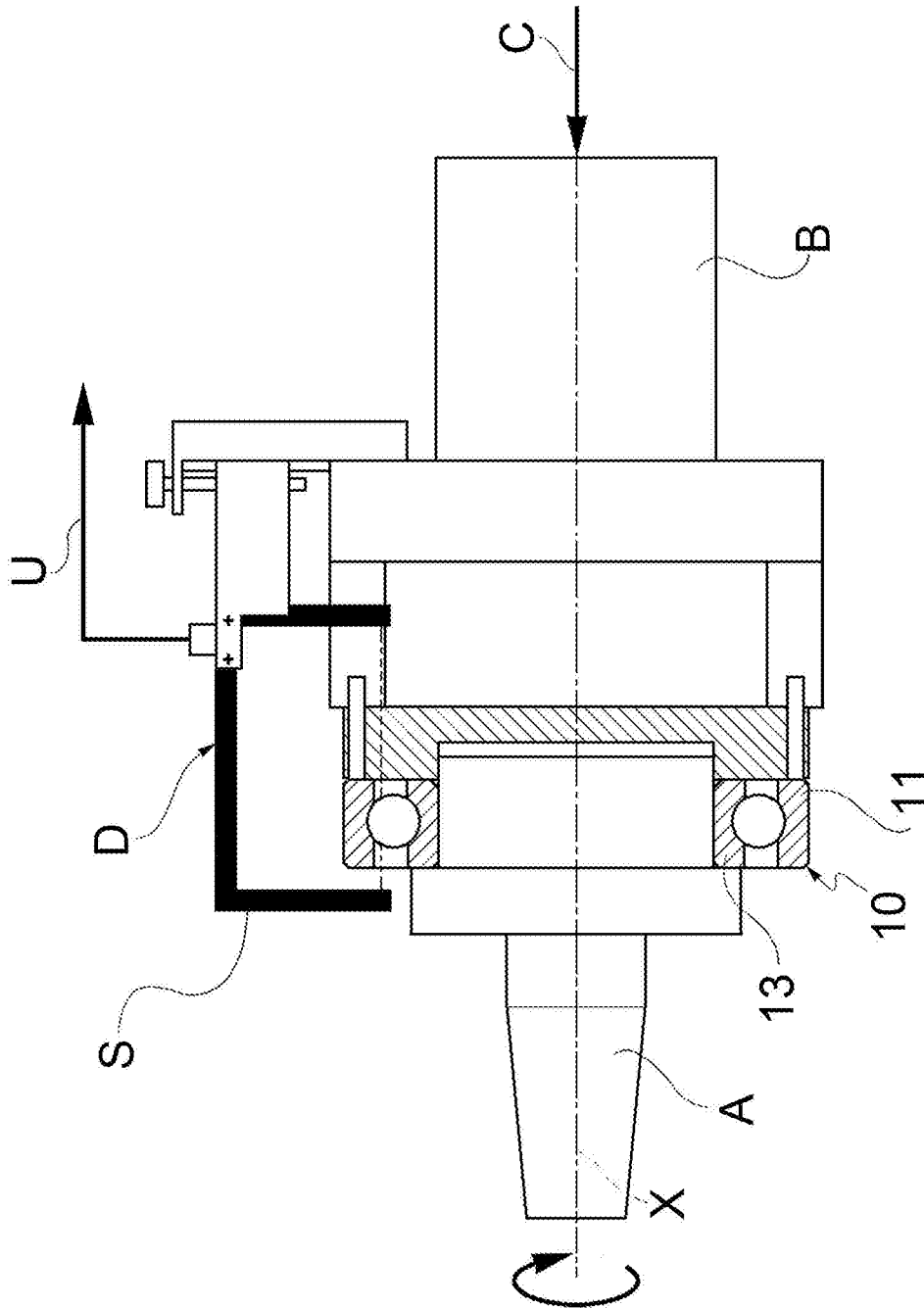


Fig.1

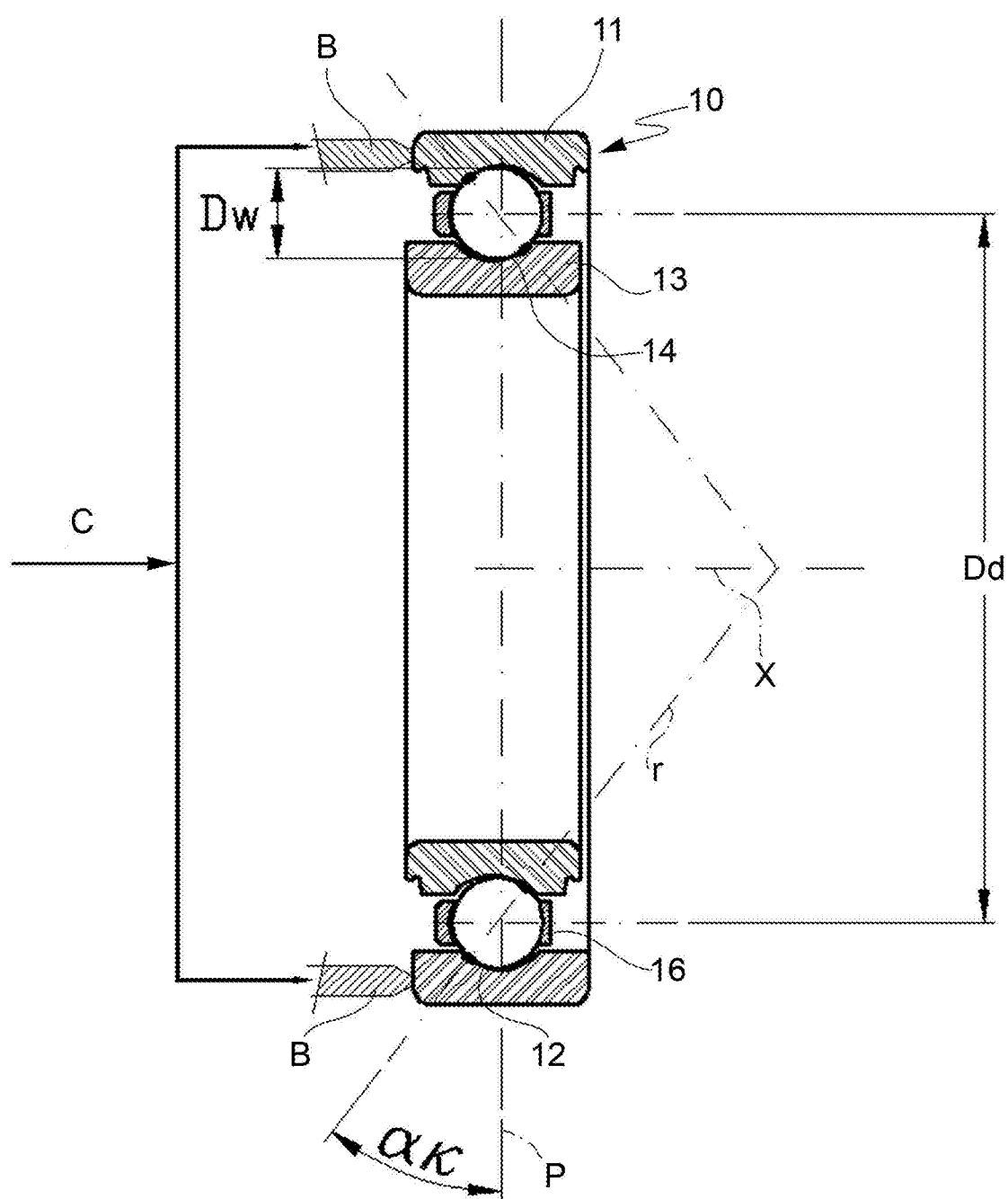


Fig.2

