

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. April 2021 (15.04.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/069004 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16C 33/64 (2006.01) F16C 23/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2020/100515

(22) Internationales Anmeldedatum:

18. Juni 2020 (18.06.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2019 127 123.1

09. Oktober 2019 (09.10.2019) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **BIERLEIN, Andreas**; Im Wehrlein 18b, 97437 Haßfurt (DE). **GREHN, Martin**; Am Gräfkreuz 5, 97456 Dittelbrunn (DE). **SCHRÖDER, Rainer**; Menanusstr. 18, 97440 Egenhausen (DE). **END, Silvio**; Nezukenkruger Weg

1 C, 90562 Heroldsberg (DE). **HENNEFELDER, Markus**; Im Amtmannswasen 22, 91472 Ipsheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MACHINING A ROLLING BEARING COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG EINES WÄZLAGERBAUTEILS

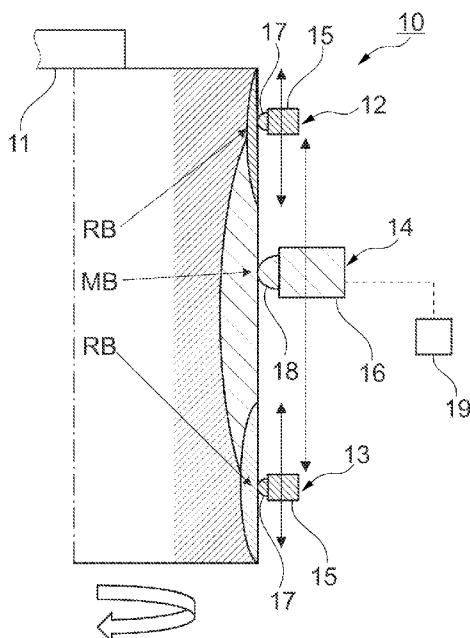


Fig. 13

(57) Abstract: The invention relates to a method for machining a rolling bearing component (2, 3, 4) which is provided for operation under defined load conditions, said method comprising the following features: - subdividing the load conditions into at least two load classes which occur simultaneously during operation of the rolling bearing component (2, 3, 4), - mathematically determining mechanical loads attributable to the various load classes, wherein mechanical stresses under the surface of the rolling bearing component (2, 3, 4) are assigned to each load class, - mathematically superposing the determined mechanical stresses, - theoretically determining residual compressive stresses (SP) which are to be generated in the rolling bearing component (2, 3, 4) and which are matched to the calculated superposed mechanical stresses (BSP), - generating the previously theoretically determined residual compressive stresses (SP) by means of an at least two-stage mechanical process.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils (2, 3, 4), welches zum Betrieb unter definierten Belastungsbedingungen vorgesehen ist, umfasst folgende Merkmale: - Unterteilung der Belastungsbedingungen in mindestens zwei Belastungsgruppen, welche beim Betrieb des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) simultan auftreten, - Rechnerische Ermittlung von auf die verschiedenen Belastungsgruppen zurückzuführenden mechanischen Belastungen, wobei jeder Belastungsgruppe mechanische Spannungen unter der Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) zugeordnet werden, - Rechnerische Superposition der ermittelten mechanischen Spannungen, - Theoretische Bestimmung von im Wälzlagerbauteil (2, 3, 4) zu erzeugenden, auf die berechneten, superponierten mechanischen Spannungen (BSP) abgestimmten Druckeigenstressen (SP), - Erzeugen der zuvor theoretisch bestimmten Druckeigenstressen (SP) durch ein mindestens zweistufiges mechanisches Verfahren.

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils, insbesondere eines Lagerrings. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils.

Aus der DE 10 2011 085 205 A1 ist Verfahren zum Herstellen eines Laufbahnelements einer Wälzlageranordnung bekannt. Dieses Verfahren umfasst das Festwalzen der Laufbahn mit einem ersten Rollkörper und ein anschließendes Festwalzen der Laufbahn mit einem zweiten Rollkörper, wobei der zweite Rollkörper mindestens eine andere Abmessung als der erste Rollkörper aufweist. Als mögliche Formen der Rollkörper sind kugelartige und zylindrische Formen genannt. Nach dem zweiten Festwalzen kann von der Oberfläche Material durch einen Hon- oder Schleifvorgang entfernt werden.

Ein weiteres Verfahren zum Festwalzen einer Laufbahn eines Wälzlagers ist in der DE 10 2015 201 644 A1 beschrieben. Auch im Rahmen dieses Verfahrens wird eine Oberfläche eines Wälzlagerbauteils mehrfach mit Rollkörpern überfahren. Sowohl die Häufigkeit des Überfahrens als auch die hierbei erzeugte Hertzsche Pressung wird im Laufe des Verfahrens variiert.

Ein in der DE 10 2007 055 575 A1 beschriebenes Laufbahnelement einer Wälzlagerung wird unter anderem durch Hartdrehen bearbeitet. Durch die Bearbeitung werden Druckeigenspannungen unter der Oberfläche einer Abrollbahn, das heißt Laufbahn, des Wälzlagerbauteils erzeugt.

Ein weiteres Verfahren, welches zur Erzeugung von Eigenspannungen in Wälzlagerbauteilen vorgesehen ist, ist in der DE 102 09 264 A1 beschrieben. Dieses Verfahren umfasst die Bearbeitungsschritte Hartdrehen und Schleifen. Anschließend ist eine Wär-

mebehandlung vorgesehen, durch die entweder eine martensitische oder eine bainitische Härtung erfolgt.

Die EP 2 831 436 B1 offenbart ein Wälzlagerbauteil mit einer aufgestickten Randzone, welche einen von außen nach innen abnehmenden Stickstoffgehalt aufweist, wobei Druckspannungen in der Randzone ebenfalls von außen nach innen abnehmen. Das Wälzlagerbauteil ist insbesondere für Maschinenelemente geeignet, die in der Luftfahrt eingesetzt werden.

10 Zum technischen Hintergrund wird weiterhin auf folgende Dissertationen hingewiesen:

„Betriebs- und Lebensdauerverhalten hartgedrehter und festgewalzter Zylinderrollenlager“, Dipl.-Ing. Timo Neubauer, Fakultät für Maschinenbau der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2016

15

„Wälzkontaktermüdung bei Mischreibung“, Dipl.-Ing. (FH) Michael Gleß, Fakultät für Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2009

Im Rahmen der theoretischen Analyse von Belastungszuständen, die in Maschinenelementen, beispielsweise Wälzlagerelementen, auftreten, kann insbesondere auf die Gestaltänderungshypothese nach von Mises, auf die in der Dissertation von Dipl.-Ing. Timo Neubauer näher eingegangen wird, zurückgegriffen werden.

20

Hinsichtlich verschiedener Möglichkeiten zur Untersuchung von Wälzlagerkomponenten, insbesondere mittels Röntgenfeinstrukturanalyse, wird auf folgende Veröffentlichung hingewiesen:

25

Schaeffler Technologies AG & Co. KG: WL 82 102/2 D-D „Wälzlagerschäden - Schadenserkennung und Begutachtung gelaufener Wälzlager“, Schweinfurt, Juni 2013

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, metallische Wälzlagerbauteile, insbesondere Lagerringe, hinsichtlich ihrer beanspruchungsgerechten Gestaltung gegenüber dem genannten Stand der Technik weiterzuentwickeln.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils gemäß Anspruch 1. Ebenso wird die Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils gemäß Anspruch 7. Im Folgenden im Zusammenhang mit der Vorrichtung erläuterte Ausgestaltungen und Vorteile
10 der Erfindung gelten sinngemäß auch für das Bearbeitungsverfahren und umgekehrt.

Das Wälzlagerbauteil ist zum Betrieb unter definierten, prinzipiell bekannten Belastungsbedingungen vorgesehen. Von definierten Belastungsbedingungen wird auch in Fällen gesprochen, in denen lediglich eine Abschätzung von Belastungsbedingungen
15 möglich ist. Das Bearbeitungsverfahren umfasst folgende Merkmale:

- Unterteilung der Belastungsbedingungen in mindestens zwei Belastungsgruppen, welche beim Betrieb des Wälzlagerbauteils simultan auftreten,
- Getrennte rechnerische Ermittlung von auf die verschiedenen Belastungsgruppen zurückzuführenden mechanischen Belastungen, wobei jeder Belastungsgruppe mechanische Spannungen unter der Oberfläche des Wälzlagerbauteils zugeordnet werden,
20
- Rechnerische Superposition der ermittelten mechanischen Spannungen,
- Theoretische Bestimmung von im Wälzlagerbauteil zu erzeugenden, auf die berechneten, superponierten mechanischen Spannungen abgestimmten Druckeigenspannungen,
25
- Erzeugen der zuvor theoretisch bestimmten Druckeigenspannungen durch ein mindestens zweistufiges mechanisches Verfahren.

Die erste Belastungsgruppe umfasst insbesondere auf das Wälzlagerbauteil wirkende Überrollbelastungen. Derartige Belastungen können, je nach Stärke und Dauer der Belastung, bekanntermaßen zur Ermüdung des Wälzlagerbauteils führen. Im Unterschied hierzu umfasst eine zweite Belastungsgruppe insbesondere Schubspannungen, welche vom Schmierungszustand des Wälzlagerbauteils abhängig sind. Schubspannungen treten insbesondere bei Mischreibung auf.

Bezüglich beider Belastungsgruppen wird ein Spannungsverlauf in der Tiefe, das heißt unterhalb der Oberfläche des Wälzlagerbauteils, über den Wälzkontakt hinweg ermittelt. Hierbei kann das Maximum derjenigen mechanischen Spannungen, die der ersten Belastungsgruppe, insbesondere den Überrollbelastungen, zuzuordnen sind, in einer anderen Tiefe, insbesondere in einer größeren Tiefe, auftreten als das Maximum der der zweiten Belastungsgruppe zuzuordnenden mechanischen Spannungen.

Durch die Superposition der verschiedenen theoretisch hergeleiteten mechanischen Spannungen ergibt sich unter anderem eine prognostizierte Tiefe der Maximalspannung innerhalb des Wälzlagerbauteils. Die anschließend im Rahmen der Bearbeitung des Wälzlagerbauteils erzeugten mechanischen Spannungen, nämlich Druckeigen- spannungen, weisen ebenfalls einen tiefenabhängigen Betrag auf. Vorzugsweise wird die mehrstufige mechanische Bearbeitung derart durchgeführt, dass sich ein Spannungsmaximum in einer Tiefe einstellt, welche mindestens das 0,3-fache und maximal das 1,7-fache derjenigen Tiefe beträgt, in welcher das Maximum der durch die verschiedenen beim Betrieb auftretenden Belastungen prognostizierten Spannungen liegt. Idealerweise entspricht die Tiefe der produzierten, im Zuge der Bearbeitung des Wälzlagerbauteils erzeugten Spannungen zumindest näherungsweise der Tiefe des Maximums der betriebsbedingten, theoretisch hergeleiteten Spannungen.

Eine vergleichbare Relation gilt auch für die Beträge der verschiedenen Spannungen: Der Maximalbetrag der durch das mehrstufige mechanische Verfahren erzeugten Druckeigen- spannungen entspricht vorzugsweise mindestens dem 0,1-fachen und höchstens dem 9-fachen, insbesondere mindestens dem 0,3-fachen und höchstens dem 1,7-fachen, des Maximums der späteren betriebsbedingten mechanischen Span-

nungen. Insbesondere liegt der Maximalbetrag der erzeugten Druckeigenspannungen bei mehr als 500 MPa.

Das mehrstufige mechanische Verfahren, mit welchem die Druckeigenspannungen erzeugt werden, umfasst beispielsweise die Verfahrensschritte Hartdrehen und Festwalzen. Die zur Durchführung des gesamten Verfahrens geeignete Vorrichtung umfasst folgende Komponenten:

- Eine Aufspannvorrichtung zum Aufspannen des Wälzlagerbauteils, insbesondere Lagerrings,
- Eine erste Bearbeitungsvorrichtung zur Bearbeitung einer im späteren Betrieb einer Wälzbelastung ausgesetzten Oberfläche des Wälzlagerbauteils in der vorgenommenen Aufspannung,
- Eine zweite Bearbeitungsvorrichtung zur Bearbeitung einer Oberfläche des Wälzlagerbauteils, welche sich mit der im vorherigen Schritt bearbeiteten Oberfläche zumindest überlappt, in derselben Aufspannung, das heißt in derjenigen Aufspannung, die bereits zur Bearbeitung mit der ersten Bearbeitungsvorrichtung gewählt wurde,
- Eine Ansteuervorrichtung, welche dazu ausgebildet ist, in Zusammenwirkung mit den beiden Bearbeitungsvorrichtungen Druckeigenspannungen unter der zweistufig bearbeiteten Oberfläche des Wälzlagerbauteils zu erzeugen, welche auf beim Betrieb des Wälzlagerbauteils simultan auftretende mechanische Belastungen abgestimmt sind.

Hierbei ist die erste Bearbeitungsvorrichtung gemäß einer möglichen Ausgestaltung zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zum Hartdrehen, ausgebildet, wogegen es sich bei der zweiten Bearbeitungsvorrichtung vorzugsweise um eine Vorrichtung zum Festwalzen der Oberfläche des Wälzlagerbauteils handelt. Unter spanabhebender Bearbeitung wird auch eine Bearbeitung mit geometrisch nicht definierter Schneide, wie Schleifen oder Honen, verstanden.

Ebenso sind Ausgestaltungen der Bearbeitungsvorrichtung realisierbar, bei welchen beide Bearbeitungsvorrichtungen zum Festwalzen der Oberfläche des Wälzlagerbauteils, insbesondere Lagerrings, vorgesehen sind. Hierbei können sich die Bearbeitungsvorrichtungen hinsichtlich der Dimensionierung ihrer Walzkörper voneinander unterscheiden. Gemäß einer möglichen Ausgestaltung hat ein zum Festwalzen von Randbereichen der Oberfläche vorgesehener Walzkörper einen geringeren Durchmesser als ein zum Festwalzen eines zwischen den Randbereichen liegenden Mittelbereichs der Oberfläche vorgesehener Walzkörper.

5

10

15

20

Unabhängig von der Art der mehrstufigen mechanischen Bearbeitung der Oberfläche des Wälzlagerbauteils zeichnet sich der Algorithmus, welcher im Rahmen des Bearbeitungsverfahrens zur Ermittlung voraussichtlicher betriebsbedingter Belastungen genutzt wird, dadurch aus, dass zunächst die auf verschiedene Belastungsarten zurückzuführenden mechanischen Spannungen, die beim Betrieb in den Werkstoff des Wälzlagerbauteils eingebracht werden, separat ermittelt werden und erst anschließend eine Superposition dieser Spannungen erfolgt. Dies ermöglicht eine besonders einfache Anpassung der Berechnung auf geänderte Belastungsbedingungen. Eine geänderte Belastungsbedingung kann sich beispielsweise durch geänderte Schmierbedingungen ergeben. Ebenso kann ein sich ändernder Verschleißzustand eine Änderung von Belastungsbedingungen bedeuten.

25

Das Verfahren zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils ist nicht nur bei Lagerringen, sondern bei beliebigen Lagerteilen, die Wälz- und/oder Gleitbelastungen ausgesetzt sind, anwendbar. Zum Beispiel kann es sich bei solchen Teilen um Walzkörper, insbesondere Rollen, oder Lagerkäfige handeln. Zusätzlich zu den beschriebenen mechanischen Bearbeitungsvorgängen, die Druckspannungen erzeugen, können weitere Bearbeitungsschritte, die Einfluss auf Eigenspannungen im Wälzlagerbauteil haben, beispielsweise Härten, zum Einsatz kommen.

30

Bei dem Wälzlagerbauteil handelt es sich zum Beispiel um eine Komponente eines Großlagers, beispielsweise eines Pendelrollenlagers, welches zum Einsatz in einer Windkraftanlage oder in einer Industrieanlage vorgesehen ist.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

- 5 Fig. 1 ein Wälzlager, nämlich zweireihiges Pendelrollenlager, in einer Schnittdarstellung,
- Fig. 2 ein Detail „A“ des Wälzlagers nach Figur 1 mit eingezeichneten Pressungen in einem ersten Betriebszustand,
- 10 Fig. 3 die Anordnung nach Figur 2 mit eingezeichneten Pressungen in einem zweiten Betriebszustand,
- Fig. 4 die Anordnung nach Figur 2, wobei die Ortsabhängigkeit von im Betriebszustand nach Figur 2 auftretender, in die Oberfläche eines Teils des Wälzlagers induzierter Gleitreibung illustriert ist,
- 15 Fig. 5 die Anordnung nach Figur 2 mit Darstellung verschiedener Eigenspannungs- und Pressungsverläufe bei symmetrischer Spannungsverteilung um die Mittelebene eines Wälzkörpers, wobei Einflüsse durch die Gleitreibung unberücksichtigt sind,
- 20 Fig. 6 in einer Darstellung analog zu Figur 5 einen Ausschnitt des Wälzlagers im Betriebszustand nach Figur 3,
- 25 Fig. 7 die Anordnung nach Figur 5, wobei zusätzlich die Belastungen gemäß Fig. 4 berücksichtigt sind,

Fig. 8 das Wälzlager im Betriebszustand nach Fig. 3, wobei auch die Belastungen gemäß Fig. 4 visualisiert sind,

Fig. 9 bis 11 auf den Betriebszustand nach Fig. 8 bezogene Diagramme, welche mechanische Spannungen in verschiedenen Schnittebenen innerhalb eines Lagerrings des Wälzlagers zeigen,

Fig. 12 in einer Schnittdarstellung ausschnittsweise einen Wälzkörper des Wälzlagers mit Illustration diverser ortsabhängiger Eigenschaften,

Fig. 13 in grob schematisierter Darstellung eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Bauteils des Wälzlagers nach Figur 1,

Fig. 14 ein Flussdiagramm zur Erläuterung des mit der Vorrichtung nach Figur 13 durchführbaren Verfahrens.

Sämtliche Figuren beziehen sich auf ein und dasselbe Wälzlager 1, nämlich ein zweireihiges Pendelrollenlager. Hinsichtlich des prinzipiellen Aufbaus und der Funktion eines zweireihigen Pendelrollenlagers wird beispielhaft auf die WO 2016/008479 A1 hingewiesen, welche ein asymmetrisches Pendelrollenlager zeigt. Im Unterschied hierzu handelt es sich beim Wälzlager 1 nach dem Ausführungsbeispiel um ein symmetrisches Pendelrollenlager. Die Erfindung ist nicht nur bei symmetrischen und asymmetrischen Pendelrollenlagern, sondern bei Wälzlagern beliebiger Bauart, beispielsweise Zylinderrollenlagern, Kegelrollenlagern und Kugellagern, anwendbar.

Das Pendelrollenlager 1 umfasst einen Innenring 2, einen Außenring 3, sowie zwischen den Lagerringen 2, 3 abrollende Wälzkörper 4. Die Wälzkörper 4 haben in prinzipiell bekannter Weise eine tonnenförmige Gestalt und sind durch nicht dargestellte Käfige geführt. Das Wälzlager 1 nimmt sowohl Radiallasten als auch Axiallasten auf, wobei die Lagerringe 2, 3 beschränkt gegeneinander kippbar sind. Die Rotationsachse

des Wälzlagers 1 ist als Mittelachse M bezeichnet. Das Wälzlager 1 kann mit rotierendem Innenring 2 und/oder rotierendem Außenring 3 betrieben werden. Die Längsachsen der Wälzkörper 4 sind mit LW bezeichnet.

- 5 Die Figur 2 veranschaulicht einen Betriebszustand, in welchem praktisch ausschließlich Radiallasten zwischen den Lagerringen 2, 3 wirken. Der Wälzkörper 4, das heißt die Tonnenrolle, kontaktiert eine Laufbahn 5 des Innenrings 2 und eine Laufbahn 6 des Außenrings 3. Pressungen P_r , die auf die Laufbahnen 5, 6 einwirken, sind in Figur 2 durch gestrichelte Linien visualisiert. Wie aus Figur 2 hervorgeht, haben die
- 10 Pressungen P_r , bezogen auf die Längsachse des Wälzkörpers 4, näherungsweise einen symmetrischen Verlauf, wobei eine Spiegelsymmetrie zur Mittelebene des Wälzkörpers 4 gegeben ist. Die Mittelebene liegt mittig zwischen den beiden mit 7 und 8 bezeichneten Stirnflächen des Wälzkörpers 4. Die sphärische Mantelfläche des Wälzkörpers 4, welche die Lagerringe 2, 3 kontaktiert, ist mit 9 bezeichnet.

15

- Der Betriebszustand nach Figur 3 unterscheidet sich vom Betriebszustand nach Figur 2 dadurch, dass das Wälzlager 1 stärker axial belastet ist, was sich in einer ausgeprägten Asymmetrie der Pressung P_r zeigt. Sowohl in Figur 2 als auch in Figur 3 sind ausschließlich innerhalb des Wälzlagers 1 wirkende Belastungen berücksichtigt,
- 20 welche einer ersten Belastungsgruppe zuzurechnen sind. Diese Belastungsgruppe umfasst die Belastung der Wälzkörper 4 sowie Lagerring 2, 3 durch Überrollung, jedoch keine durch die Schmierungsbedingungen beeinflusste Belastungen.

- Die Figur 4 bezieht sich auf den Betriebszustand nach Figur 2. In diesem Fall ist in die
- 25 Oberfläche der Lagerringe 2, 3 induzierte Gleitreibung SG eingezeichnet, welche zum einen zwischen dem Wälzkörper 4 und dem Innenring 2 und zum anderen zwischen dem Wälzkörper 4 und dem Außenring 3 auftritt. Die gegebene Gleitreibung SG führt zu mechanischen Spannungen, welche innerhalb der Komponenten 2, 3, 4 des Wälzlagers 1 auftreten und einer zweiten Belastungsgruppe zuzurechnen sind, wobei in
- 30 diesem Fall die Schmierungsbedingungen maßgeblichen Einfluss haben. Darüber hinaus spielt auch die Detailgeometrie der Komponenten 2, 3, 4 eine Rolle. Dies gilt insbesondere im Fall von Mischreibung. In jedem Fall führt die die ortsabhängige

Gleitreibung SG zu Schubspannungen, welche signifikant zur Gesamtbelastung der Komponenten 2, 3, 4 beitragen. Im Unterschied zu den auf die Pressungen Pr zurückzuführenden Belastungen handelt es sich bei den Schubspannungen um oberflächennahe Belastungen. Unter anderem werden die Schubspannungen durch die Oberflächenrauheit der Wälzlagerkomponenten 2, 3, 4, durch die Schmierstoffviskosität, sowie durch die Drehzahl des Wälzlagers 1 beeinflusst.

Auch die Figur 5 bezieht sich auf den Betriebszustand nach Figur 2. In diesem Fall sind zusätzlich zum Kontaktpressungsverlauf Pr auch ein statischer Eigenspannungsverlauf SeS und ein dynamischer Eigenspannungsverlauf DeS veranschaulicht. Einflüsse durch Reibung, das heißt, Einflüsse, welche der zweiten Belastungsgruppe zuzurechnen sind, sind hierbei unberücksichtigt.

Die Figur 6 bezieht sich auf den Betriebszustand des Wälzlagers 1 nach Figur 3, das heißt auf einen asymmetrischen Belastungszustand, und beinhaltet Informationen entsprechend Figur 5. In beiden Fällen handelt es sich bei den statischen Eigenspannungen SeS um Eigenspannungen, die bereits ohne mechanische Belastung der Laggerringe 2, 3 vorliegen. Die zusätzlichen dynamischen Eigenspannungen DeS resultieren aus dem Betrieb des Wälzlagers 1.

20

Die Figur 7 geht vom Belastungszustand nach Figur 5, das heißt einer symmetrischen Belastung, aus, wobei zusätzlich die Belastungen gemäß Figur 4 berücksichtigt sind. Insgesamt liegt somit ein Belastungszustand des Wälzlagers 1 vor, welcher sich durch Superposition der Belastungen ergibt, die den beiden Belastungsgruppen zuzuordnen sind. In gleicher Weise wie in den Figuren 5 und 6 sind auch in Figur 7 statische Eigenspannungen SeS sowie dynamische Eigenspannungen DeS dargestellt.

25

Die Figur 8, welche sich auf den Betriebszustand nach Fig. 3, das heißt eine Asymmetrische Belastung des Wälzlagers 1, bezieht, zeigt zusätzlich zur Gleitreibung SG und zum Pressungsverlauf Pr insgesamt drei Ebenen E1, E2, E3, welche parallel zueinander sowie zur Mittelebene des Wälzkörpers 4 angeordnet sind. Die Belastungs-

30

zustände in den verschiedenen Ebenen E1, E2, E3 unterscheiden sich unter anderem durch die unterschiedlichen Beträge der Gleitreibung SG voneinander, wie im Folgenden anhand der Figuren 9 bis 11 erläutert wird.

- 5 Das Diagramm nach Figur 9 bezieht sich auf die Ebene E1. Dargestellt ist die gesamte, von außen, das heißt durch den Wälzkörper 4, in den Lagerring 3 eingebrachte mechanische Spannung. Wie aus Figur 8 hervorgeht, liegt in der Ebene E1 eine reine Belastung durch Pressung vor. Dagegen ist die Gleitreibung SG in diesem Punkt Null. Dementsprechend ist eine Symmetrie um den Kontaktpunkt zwischen dem Wälzkörper 4 und dem Lagerring 3 gegeben. Das Spannungsmaximum liegt hierbei unter der Oberfläche (z-Achse) der Laufbahn 6. Mechanische Belastungen, die der zweiten Belastungsgruppe zuzurechnen sind, sind in diesem Fall nicht gegeben.
- 10

- In der Ebene E2 ist dagegen ein Maximalwert der Gleitreibung SG gegeben. Die hieraus resultierenden Belastungen zeigen sich in einer ausgeprägten Asymmetrie der mechanischen Spannungen unter der Oberfläche der Laufbahn 6, wie aus Figur 11 hervorgeht.
- 15

- Die Ebene E3 liegt zwischen den Ebenen E1 und E2. Auch hinsichtlich der Gleitreibung SG ist eine Situation gegeben, die zwischen der in Figur 9 gegebenen Situation und der in Figur 11 gegebenen Situation liegt und im Detail, was die mechanischen Spannungen betrifft, in Figur 10 dargestellt ist.
- 20

- In Figur 12 ist eine Kontur des Wälzkörpers 4 erkennbar. Zusätzlich ist die Gleitreibung SG, welche mit einer Reibenergie korreliert, die Tiefe TSm des Spannungsmaximums (vgl. Fig. 10), sowie der Wert Smx des Spannungsmaximums dargestellt, wobei die Belastungssituation der Situation nach Figur 8 entspricht.
- 25

- Um Druckeigenspannungen SP in der gewünschten Weise zu erzeugen, wird eine in Figur 13 lediglich in einem Ausschnitt grob schematisiert dargestellte Bearbeitungsmaschine 10, das heißt Vorrichtung zur Bearbeitung einer Komponente des Wälzla-
- 30

gers 1, verwendet. Die Bearbeitungsmaschine 10 umfasst eine Aufspannvorrichtung 11 zum Aufspannen des Wälzlagerbauteils 3, im vorliegenden Fall Lagerrings. Ferner umfasst die Bearbeitungsmaschine 10 zwei Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 erster Art und eine Bearbeitungsvorrichtung 14 zweiter Art. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei sämtlichen Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13, 14 um Vorrichtungen zum Festwalzen der Oberfläche 6 des Außenrings 3. Die Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13, 14 sind datentechnisch mit einer Ansteuervorrichtung 19 verknüpft, die die Durchführung des gewünschten Bearbeitungsverfahrens ermöglicht.

Jede Bearbeitungsvorrichtung 12, 13, 14 weist eine Kugelaufnahme 15, 16 auf, welche einen Walzkörper 17, 18 abstützt, wobei der Walzkörper 17, 18 mit Druck durch ein in der Kugelaufnahme 15, 16 befindliches Hydraulikmedium beaufschlagt und freidrehbar ist. Wie aus Figur 13 hervorgeht, sind die Walzkörper 17 der Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 erster Art kleiner als der Walzkörper 18 der Bearbeitungsvorrichtung 14 zweiter Art. Entsprechendes gilt für die Dimensionierung der verschiedenen Kugelaufnahmen 15, 16.

Die mit den kleineren Walzkörpern 17 arbeitenden Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 erster Art sind im Ausführungsbeispiel zur Bearbeitung von Randbereichen RB der Laufbahn 6 vorgesehen. Dagegen wird mit dem vergleichsweise großen Walzkörper 18 der Bearbeitungsvorrichtung 14 zweiter Art der Mittelbereich MB der Laufbahn 6 bearbeitet. Wie aus Figur 13 weiter hervorgeht, überlappen die beiden äußeren, mit den Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 erster Art bearbeiteten Bereiche RB der Oberfläche des Außenrings 3 mit dem mittleren, mit der Bearbeitungsvorrichtung 14 zweiter Art bearbeiteten Bereich MB. Die Bearbeitung der verschiedenen Bereiche RB, MB der Oberfläche der Laufbahn 6 kann entweder nacheinander oder simultan erfolgen. Während der Bearbeitung rotiert typischerweise das Werkstück, hier der Lagerring 3, während die Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 oszillierende Bewegungen ausführen, wie in Fig. 13 angedeutet ist. Prinzipiell ist auch eine Bearbeitung bei stillstehendem Werkstück möglich.

Im Flussdiagramm nach Figur 14 wird von Berechnungsschritten BS1, BS2 ausgegangen, die in beliebiger zeitlicher Reihenfolge, auch gleichzeitig, durchgeführt werden können. Der Berechnungsschritt BS1 bezieht sich auf theoretische mechanische

Belastungen, welche durch äußere Kräfte auf das Wälzlager 1 einwirken und der ersten Belastungsgruppe zugeordnet werden. Einflüsse durch Schmierung werden im ersten Berechnungsschritt BS1 nicht berücksichtigt. Berechnet werden Spannungsverläufe in der Tiefe über den Wälzkontakt hinweg, wobei insbesondere die Gestaltänderungshypothese nach von Mises in die Simulation einbezogen wird.

Im zweiten Berechnungsschritt BS2 werden insbesondere die Schmierungsgegebenheiten berücksichtigt und basierend auf diesen Gegebenheiten unter anderem Schubspannungen unter der Oberfläche des Wälzkontaktes, das heißt des Kontaktes zwischen dem Wälzkörper 4 und dem Lagerring 2, 3, ermittelt. Schubspannungen spielen insbesondere im Fall von Mischreibung eine Rolle. Die Belastungen, welche in die im zweiten Berechnungsschritt BS2 durchgeführte Simulation einbezogen werden, sind der zweiten Belastungsgruppe zugeordnet. Der zweite Berechnungsschritt BS2 bezieht sich im Vergleich zum ersten Berechnungsschritt BS1 auf mechanische Belastungen BSP, welche weniger weit unter der Oberfläche des betrachteten Wälzlager-
teils 2, 3, 4 liegen.

Nach dem Abschluss der Berechnungsschritte BS1, BS2 erfolgt im Schritt SP eine Superposition der rechnerisch ermittelten mechanischen Belastungen zur theoretischen mechanischen Gesamtspannung BSP. Aus dieser berechneten prognostizierten betriebsbedingten mechanischen Spannung BSP wird ein Druckeigenspannungsverlauf SP hergeleitet, der zur optimalen Beherrschung der mechanischen Spannung BSP zu erzeugen ist.

Der Druckeigenspannungsverlauf SP wird in den anschließenden Bearbeitungsschritten AG1, AG2, welche mit der Bearbeitungsmaschine 10 nach Figur 13 durchgeführt werden, erzeugt. Hierbei wird der Bearbeitungsschritt AG1 mit Hilfe der Bearbeitungsvorrichtungen 12, 13 erster Art und der Bearbeitungsschritt AG2 mit Hilfe der Bearbeitungsvorrichtung 14 zweiter Art durchgeführt. Die Tiefe (ca. 0,15 mm), in der der Betrag der durch mechanischen Bearbeitung erzeugten Druckeigenspannungen SP maximal ist, entspricht annähernd der Tiefe, in der die durch äußere Einwirkungen erzeugten Spannungen BSP maximal sind.

Bezugszeichenliste

- 1 Wälzlager, Pendelrollenlager
 - 2 Innenring
 - 3 Außenring
 - 4 Wälzkörper, Wälzlagerbauteil
 - 5 Laufbahn
 - 6 Laufbahn
 - 7 Stirnfläche
 - 8 Stirnfläche
 - 9 Mantelfläche
 - 10 Bearbeitungsmaschine
 - 11 Aufspannvorrichtung
 - 12 Bearbeitungsvorrichtung erster Art
 - 13 Bearbeitungsvorrichtung erster Art
 - 14 Bearbeitungsvorrichtung zweiter Art
 - 15 Kugelaufnahme
 - 16 Kugelaufnahme
 - 17 Walzkörper
 - 18 Walzkörper
 - 19 Ansteuervorrichtung
-
- AG1 Bearbeitungsschritt
 - AG2 Bearbeitungsschritt
 - BS1 erster Berechnungsschritt
 - BS2 zweiter Berechnungsschritt
 - BSP betriebsbedingte mechanische Spannung
 - DeS dynamischer Eigenspannungsverlauf
 - E1 Ebene
 - E2 Ebene
 - E3 Ebene

LW Längsachse des Wälzkörpers
M Mittelachse
MB Mittelbereich
Pr Pressung
RB Randbereich
SeS statischer Eigenspannungsverlauf
SP Druckeigenspannung
SG Gleitreibung
Smx Wert des Spannungsmaximums
TSm Tiefe des Spannungsmaximums

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils (2, 3, 4), welches zum Betrieb unter definierten Belastungsbedingungen vorgesehen ist, mit folgenden Merkmalen:
- Unterteilung der Belastungsbedingungen in mindestens zwei Belastungsgruppen, welche beim Betrieb des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) simultan auftreten,
 - Rechnerische Ermittlung von auf die verschiedenen Belastungsgruppen zurückzuführenden mechanischen Belastungen, wobei jeder Belastungsgruppe mechanische Spannungen unter der Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) zugeordnet werden,
 - Rechnerische Superposition der ermittelten mechanischen Spannungen,
 - Theoretische Bestimmung von im Wälzlagerbauteil (2, 3, 4) zu erzeugenden, auf die berechneten, superponierten mechanischen Spannungen (BSP) abgestimmten Druckeigenspannungen (SP),
 - Erzeugen der zuvor theoretisch bestimmten Druckeigenspannungen (SP) durch ein mindestens zweistufiges mechanisches Verfahren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Belastungsgruppe auf das Wälzlagerbauteil (2, 3, 4) wirkende Überrollbelastungen umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Belastungsgruppe vom Schmierungszustand des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) abhängige Schubspannungen umfasst.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Fall jeder Belastungsgruppe die mechanischen Spannungen über einen Wälzkontakt hinweg auch in Abhängigkeit von der Tiefe unterhalb der Oberfläche rechnerisch ermittelt werden, wobei das Maximum derjenigen mechanischen Spannungen, die der ersten Belastungsgruppe zuzuordnen sind, in einer

anderen Tiefe auftritt als das Maximum der der zweiten Belastungsgruppe zuzuordnenden mechanischen Spannungen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens zweistufige mechanische Verfahren zumindest einen der Schritte Hartdrehen und Glattwalzen umfasst und hierdurch ein Maximum an Druckeigenspannungen (SP) in einer Tiefe erzeugt wird, welche mindestens dem 0,3-fachen und höchstens dem 1,7-fachen der Tiefe (T_{Sm}) des Maximums der rechnerisch ermittelten mechanischen Spannungen (BSP) unter der Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximalbetrag der durch das mindestens zweistufige mechanische Verfahren erzeugten Druckeigenspannungen (SP) mindestens dem 0,7-fachen und höchstens dem 9-fachen des Maximalbetrags der rechnerisch ermittelten mechanischen Spannungen (BSP) unter der Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) entspricht.
7. Vorrichtung zur Bearbeitung eines Wälzlagerbauteils (2, 3, 4), mit folgenden Komponenten:
- Eine Aufspannvorrichtung (11) zum Aufspannen des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4),
 - Eine erste Bearbeitungsvorrichtung (12, 13) zur Bearbeitung einer Oberfläche (RB) des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) in der vorgenommenen Aufspannung,
 - Eine zweite Bearbeitungsvorrichtung (14) zur Bearbeitung einer Oberfläche (MB) des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4), welche sich mit der im vorherigen Schritt bearbeiteten Oberfläche (RB) zumindest überlappt, in derselben Aufspannung,
 - Eine Ansteuervorrichtung (19), welche dazu ausgebildet ist, in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Bearbeitungsvorrichtungen (12, 13, 14) Druckeigenspannungen (SP) unter der zweistufig bearbeiteten Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) zu erzeugen, welche auf beim Betrieb des

Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) simultan auftretende mechanische Belastungen (BSP) abgestimmt sind.

- 5 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Bearbeitungsvorrichtung (12, 13) zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zum Hartdrehen, ausgebildet ist.
- 10 9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verschiedenen Bearbeitungsvorrichtungen (12, 13, 14) zum Festwalzen der Oberfläche des Wälzlagerbauteils (2, 3, 4) ausgebildet sind, wobei sich die Bearbeitungsvorrichtungen (12, 13, 14) hinsichtlich der Dimensionierung von zum Festwalzen der Oberfläche vorgesehenen Walzkörpern (17, 18) voneinander unterscheiden.
- 15 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zum Festwalzen von Randbereichen (RB) der Oberfläche vorgesehener Walzkörper (17) einen geringeren Durchmesser als ein zum Festwalzen eines zwischen den Randbereichen (RB) liegenden Mittelbereichs (MB) der Oberfläche vorgesehener Walzkörper (18) hat.

1/5

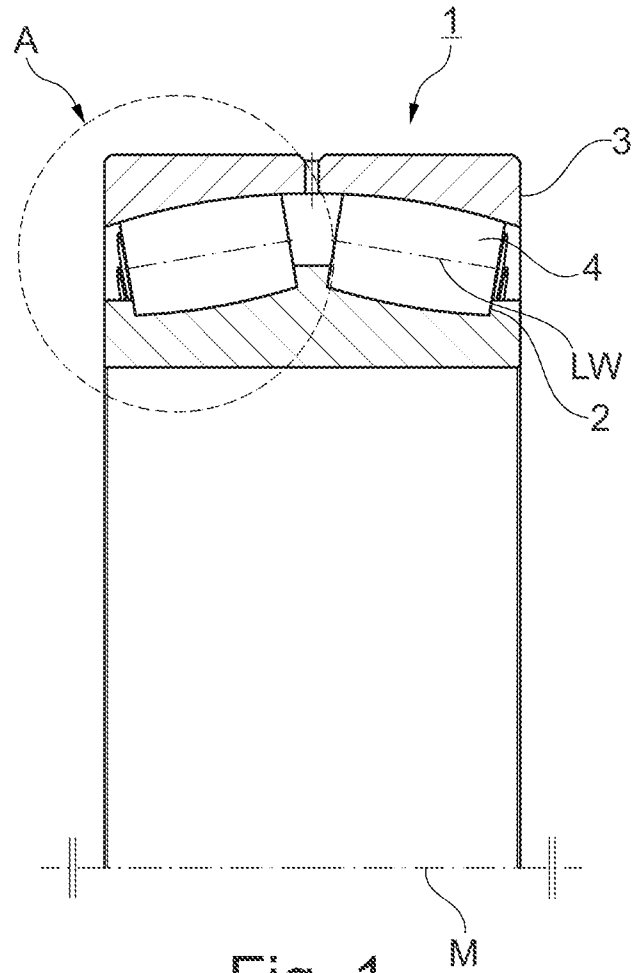


Fig. 1

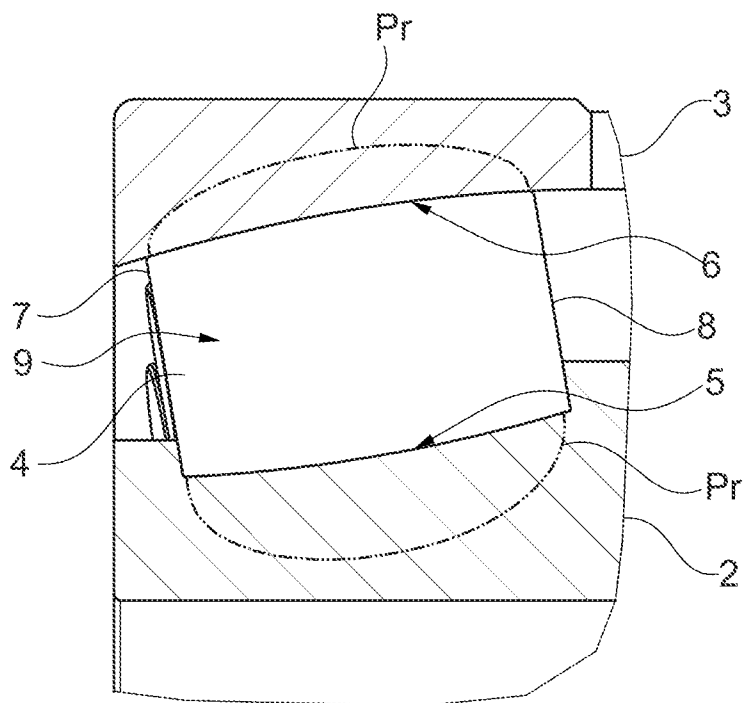


Fig. 2

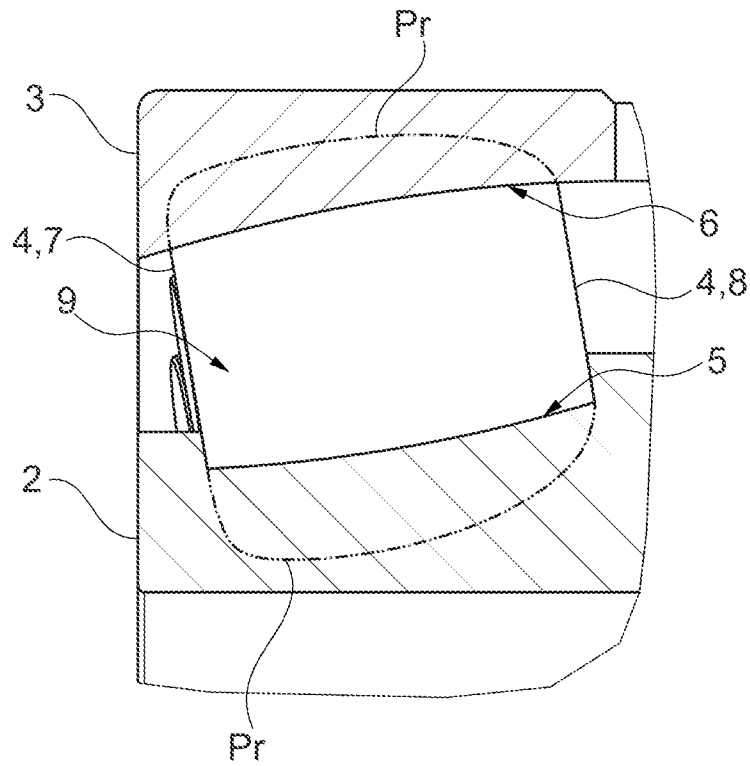


Fig. 3

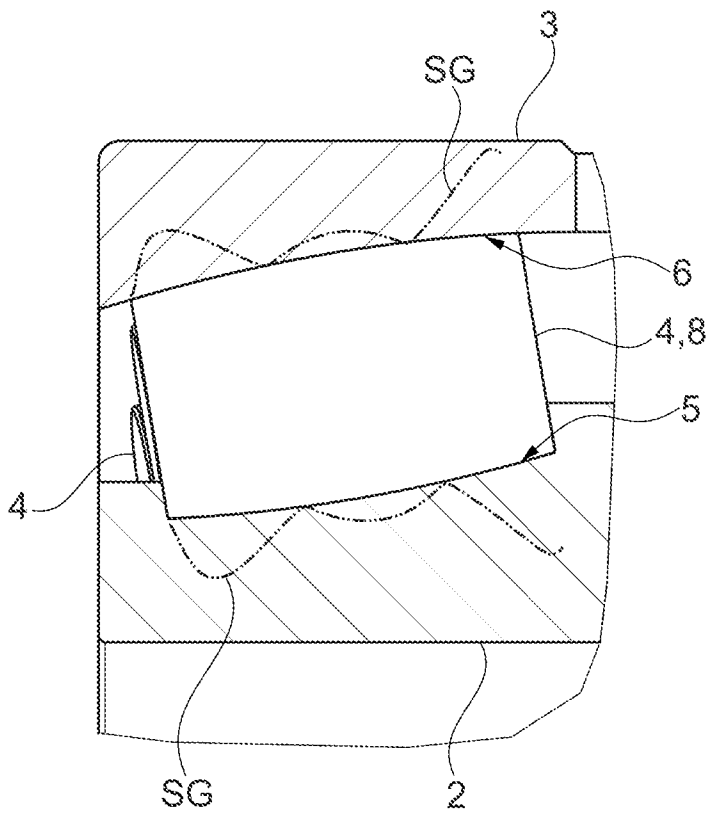


Fig. 4

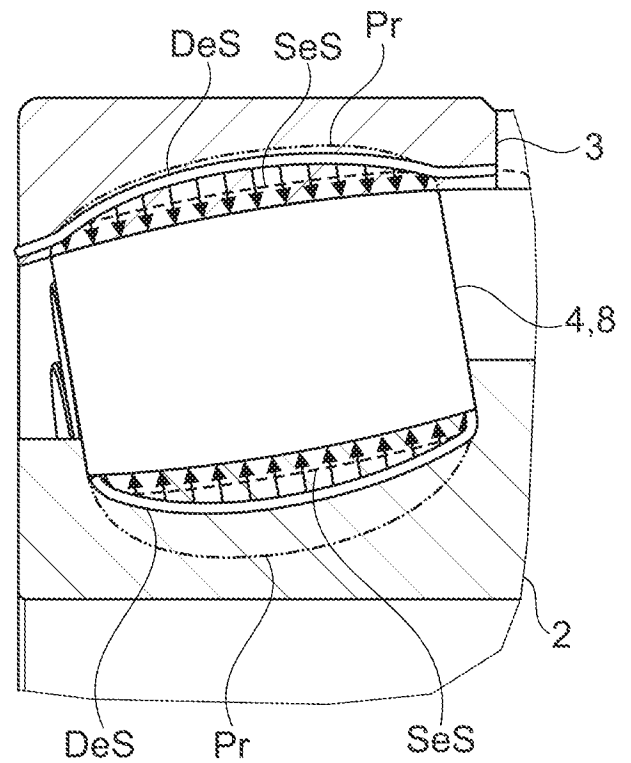


Fig. 5

3/5

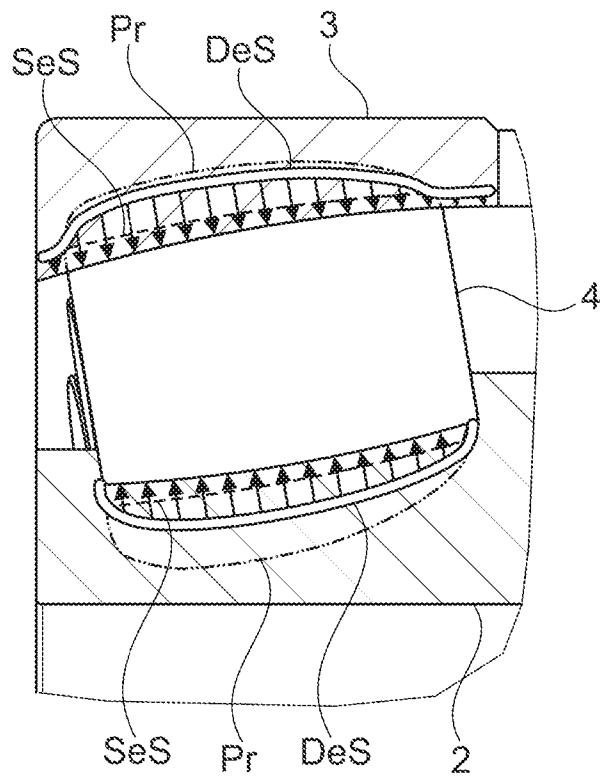


Fig. 6

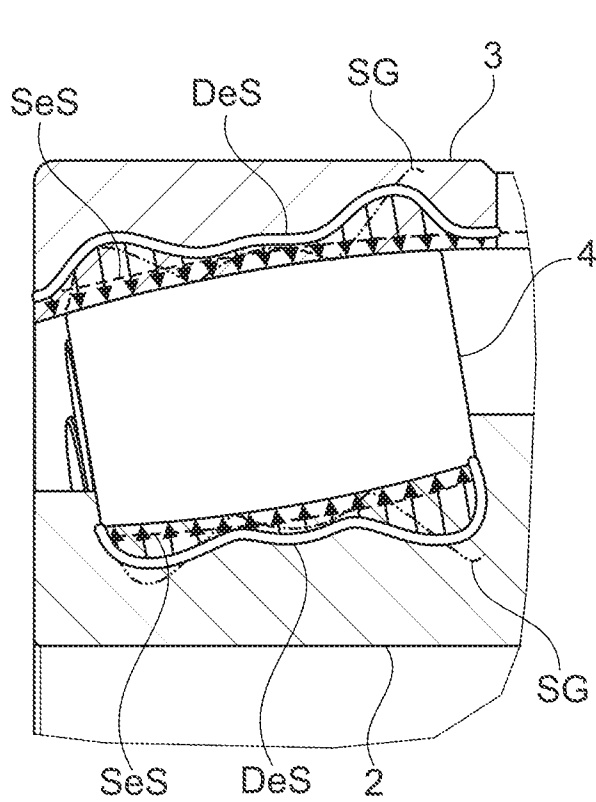


Fig. 7

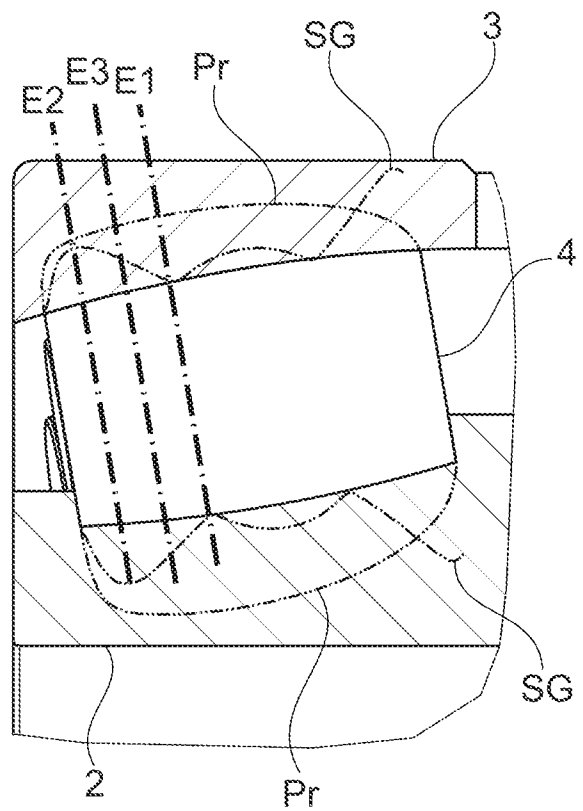


Fig. 8

4/5

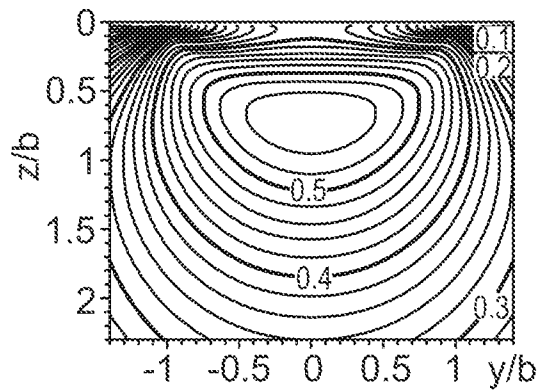


Fig. 9

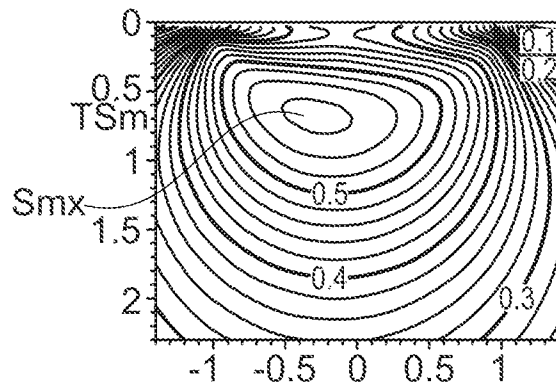


Fig. 10

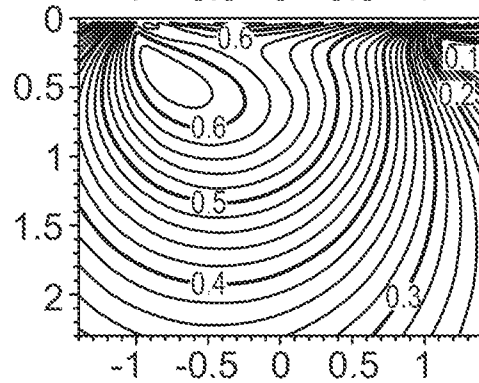


Fig. 11

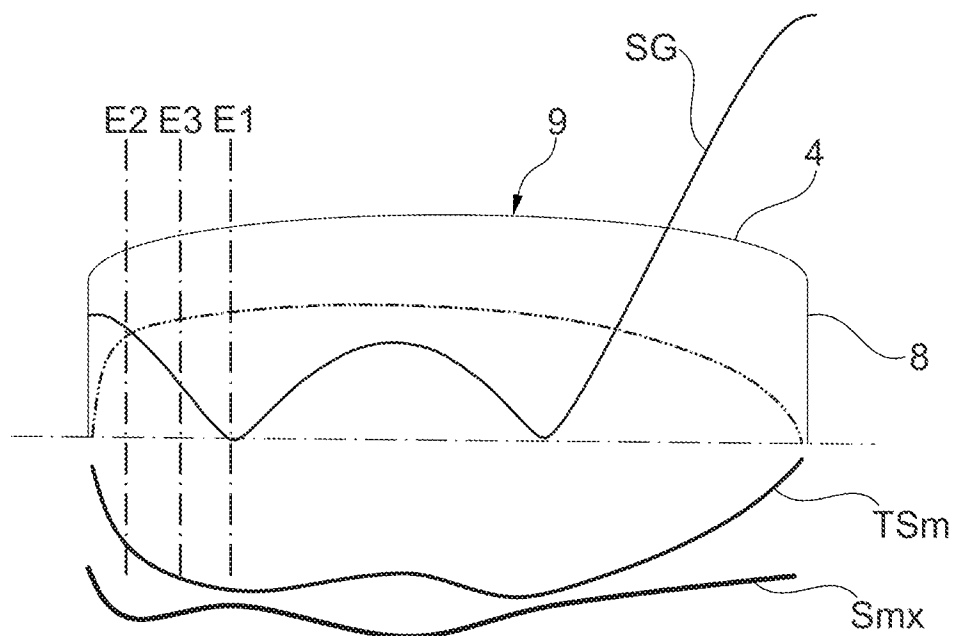


Fig. 12

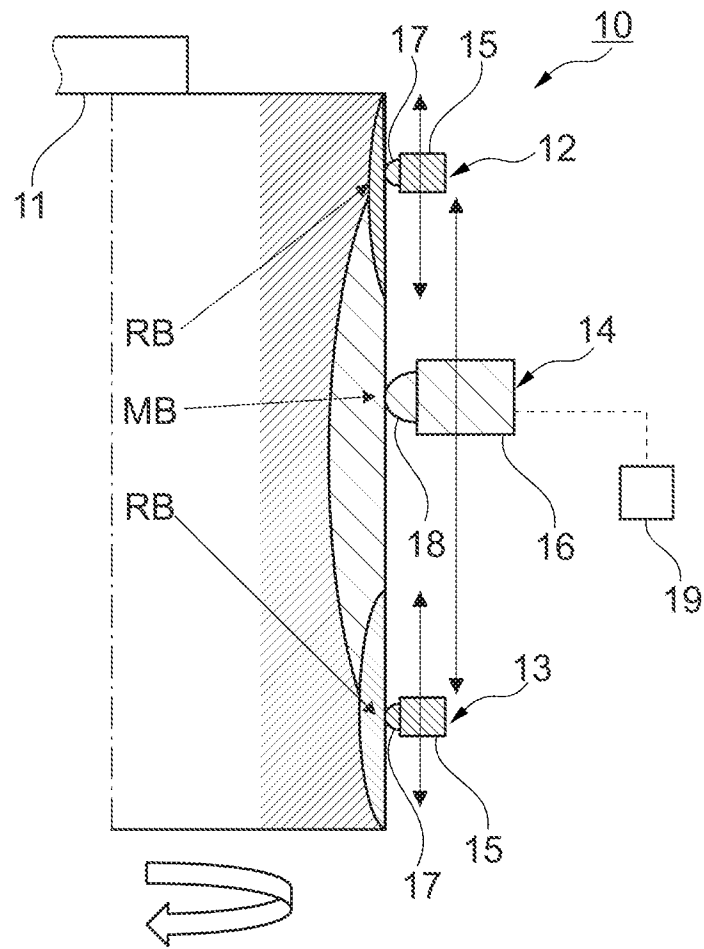


Fig. 13

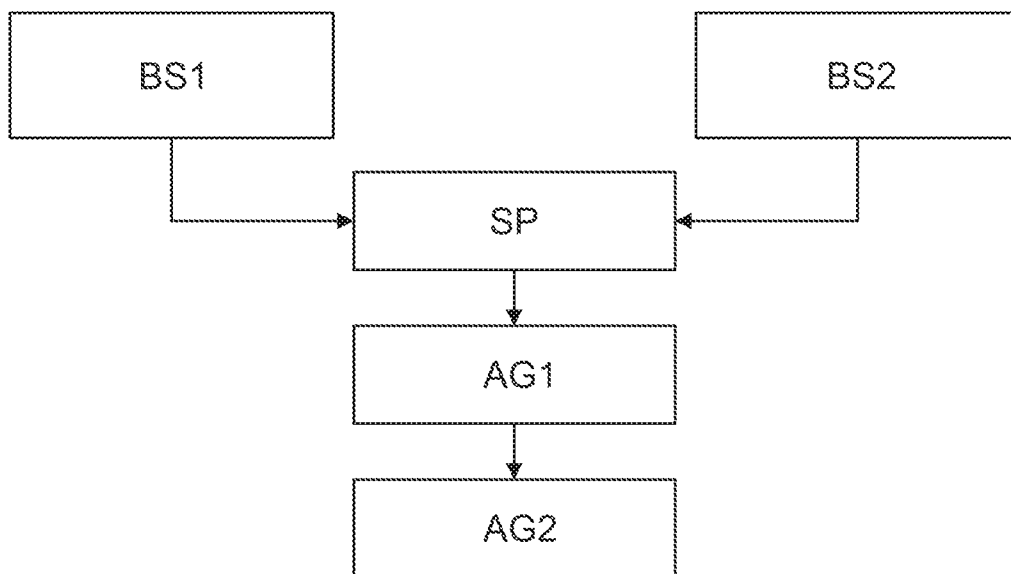


Fig. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2020/100515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*F16C 33/64*(2006.01)i; *F16C 23/08*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102011085205 A1 (SKF AB [SE]) 02 May 2013 (2013-05-02) cited in the application paragraphs [0002] - [0006], [0014], [0015]; figures	1-10
A	DE 102015201644 A1 (SKF AB [SE]) 04 August 2016 (2016-08-04) cited in the application paragraphs [0005] - [0021]	1-10
A	DE 102015207779 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 03 November 2016 (2016-11-03) paragraphs [0008] - [0025]; figure	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 September 2020

Date of mailing of the international search report

12 October 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Daehnhardt, Andreas

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2020/100515

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102011085205	A1	02 May 2013	CN	104011413	A	27 August 2014
				DE	102011085205	A1	02 May 2013
				EP	2771585	A1	03 September 2014
				JP	2014531010	A	20 November 2014
				US	2015036960	A1	05 February 2015
				WO	2013060783	A1	02 May 2013
DE	102015201644	A1	04 August 2016	NONE			
DE	102015207779	A1	03 November 2016	DE	102015207779	A1	03 November 2016
				EP	3289235	A1	07 March 2018
				US	2018156275	A1	07 June 2018
				WO	2016173596	A1	03 November 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F16C33/64

ADD. F16C23/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F16C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 085205 A1 (SKF AB [SE]) 2. Mai 2013 (2013-05-02) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0002] - [0006], [0014], [0015]; Abbildungen	1-10
A	DE 10 2015 201644 A1 (SKF AB [SE]) 4. August 2016 (2016-08-04) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0005] - [0021]	1-10
A	DE 10 2015 207779 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 3. November 2016 (2016-11-03) Absätze [0008] - [0025]; Abbildung	1-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. September 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/10/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daehnhardt, Andreas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2020/100515

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011085205 A1	02-05-2013	CN 104011413 A	27-08-2014
		DE 102011085205 A1	02-05-2013
		EP 2771585 A1	03-09-2014
		JP 2014531010 A	20-11-2014
		US 2015036960 A1	05-02-2015
		WO 2013060783 A1	02-05-2013

DE 102015201644 A1	04-08-2016	KEINE	

DE 102015207779 A1	03-11-2016	DE 102015207779 A1	03-11-2016
		EP 3289235 A1	07-03-2018
		US 2018156275 A1	07-06-2018
		WO 2016173596 A1	03-11-2016
