

(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
23. November 2006 (23.11.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/122518 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16C 33/60 (2006.01) F16C 33/64 (2006.01)

F16C 33/62 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2006/000784

(22) Internationales Anmeldedatum:

6. Mai 2006 (06.05.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 022 730.9 18. Mai 2005 (18.05.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SCHAEFFLER KG** [DE/DE];
Georg-Schäfer-Strasse 30, 97421 Schweinfurt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BEER, Oskar**

[DE/DE]; Erikastrasse 3, 84032 Landshut (DE). **STREIT, Edgar** [DE/DE]; Am Etzart 4, 97711 Poppenlauer (DE).

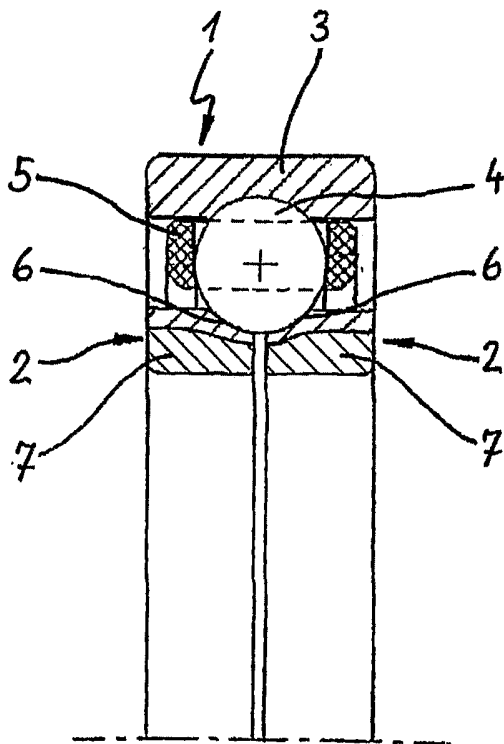
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ANTIFRICTION BEARING RACE, PARTICULARLY FOR HIGHLY STRESSED ANTIFRICTION BEARINGS IN AIRCRAFT POWER UNITS AND METHODS FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: WÄZLAGERRING, INSBESONDERE FÜR HOCHBEANSPRUCHTE WÄZLAGER IN FLUGZEUG-TRIEBWERKEN, SOWIE VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to an antifriction bearing race, particularly for highly stressed antifriction bearings in aircraft power units, which are comprised of a fixed joining of two layers made of different metallic materials, the area of the raceway (6) for the roller bodies (4) being made of a steel with a very high degree of hardness and resistance to wear, and the core area (7) of the antifriction bearing race (2) being made of a high-strength steel. According to the invention, a powder-metallurgical high-speed steel having a high content of carbide-forming alloying elements and a high carbon content is provided as the material for the raceway (6) of the roller bodies (4), whereas the material for the core area (7) of the antifriction bearing race (2) is made of a hot-work steel with, in comparison to the raceway material (11), a lower content of carbide-forming alloying elements and with a low carbon content, both materials being joined to one another with material fit by diffusion welding.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wälzlagering, insbesondere für hochbeanspruchte Wälzlager in Flugzeugtriebwerken, welcher aus einem festen Verbund zweier Schichten aus verschiedenen metallischen Werkstoffen besteht, wobei der Bereich der Laufbahn (6) für die Wälzkörper (4) aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestigkeit und der Kernbereich (7) des Wälzlagerings (2) aus einem Stahl mit hoher Zähigkeit besteht. Erfindungsgemäß ist als Werkstoff für die Laufbahn (6) der Wälzkörper (4) ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl mit hohem Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen und einem hohen Kohlenstoffgehalt vorgesehen, während der Werkstoff für den Kernbereich (7) des Wälzlagerings (2) aus einem Warmarbeitsstahl mit im Vergleich zum Laufbahnwerkstoff (11)

niedrigem Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen und niedrigem Kohlenstoffgehalt besteht, wobei beide Werkstoffe durch Diffusionsschweißen stoffschlüssig miteinander verbunden sind.



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Rechenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

5

Bezeichnung der Erfindung

- 10 Wälzlagerring, insbesondere für hochbeanspruchte Wälzlager in Flugzeugtriebwerken, sowie Verfahren zu dessen Herstellung

Beschreibung

15

Gebiet der Erfindung

- Die Erfindung betrifft einen Wälzlagerring nach den oberbegriffsbildenden Merkmalen des Patentanspruchs 1, der insbesondere geeignet ist für hochbe-
- 20 anspruchte Wälzlager in Flugzeugtriebwerken, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Wälzlagerrings.

Hintergrund der Erfindung

25

- Dem Fachmann in der Triebwerktechnik von Flugzeugen ist es allgemein bekannt, dass für die Lagerringe von hoch beanspruchten Wälzlagern, wie beispielsweise die Hauptwellenlager von Flugzeugtriebwerken, wegen der hohen Betriebstemperaturen vor allem warmfeste Lagerwerkstoffe wie M50 (80 MoCr
- 30 V 42-16, 1.3551) oder auch warmfeste Einsatzstähle wie M50 NiL (13MoCrNi 42-16-14, 1.3555) eingesetzt werden. Diese Werkstoffe weisen nach der Aufkohlung und Härtung im Bereich der Laufbahn eine hohe Härte und im nicht

aufgekohlten Kernbereich des Lagerrings eine hohe Zähigkeit auf. Die Zusammensetzung dieser Werkstoffe ist aber bis auf den Kohlenstoffgehalt über den gesamten Querschnitt des Lagerrings konstant. Daher sind die unterschiedlichen Anforderungen an die Laufbahnen der Lagerringe, wie hohe Überrollfestigkeit und Verschleißfestigkeit, sowie an die Kernbereiche der Lagerringe, wie
5 hohe Zähigkeit, nur in begrenztem Umfang zu verwirklichen.

Eine Möglichkeit, den hohen Anforderungen an Wälzlager in Flugzeugtriebwerken noch besser gerecht zu werden, ist es daher, die Wälzlagerringe jeweils
10 aus einem festen Verbund zweier Schichten aus verschiedenen metallischen Werkstoffen herzustellen, das heißt, den Bereich der Laufbahn für die Wälzkörper aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestigkeit und der Kernbereich des Wälzlagerings aus einem Stahl mit hoher Zähigkeit auszubilden.

15 Ein solcher Wälzlagering aus einem Verbundwerkstoff ist beispielsweise aus der DE 27 45 527 A1 vorbekannt. Dieser Wälzlagering besteht aus einem die Laufbahn für die Wälzkörper bildenden ersten Ring aus einem mit Chrom legierten Wälzlagerstahl und aus einem den Kernbereich des Wälzlagerings bildenden zweiten Ring aus einem korrosionsfesten Stahl mit geringem Kohlenstoffanteil. Diese beiden volumengenau zueinander ausgebildeten Ringe
20 werden zur Verbindung miteinander konzentrisch ineinander gesteckt und radial bis zur Ausfüllung einer den Abmessungen des Lagerrings entsprechenden Kammer bei gleichzeitiger Ausbildung der Laufbahnen für die Wälzkörper durch Profilwalzen verformt. Anschließend werden die Ringe einer thermischen Be-
25 handlung unterzogen und durch Schrumpfen fest miteinander verbunden sowie abschließend durch Überdrehen und Schleifen fertig bearbeitet.

Nachteilig bei diesem Wälzlagering aus einem Verbundwerkstoff ist es, dass die beiden Ringe aus verschiedenen Werkstoffen gemeinsam gleichzeitig tangential, radial und axial durch Walzen verformt und miteinander verbunden
30 werden. Aus der Praxis ist es jedoch bekannt, dass insbesondere das Kaltwalzen von hochwarmfesten und verschleißfesten Werkstoffen nur begrenzt durch-

föhrbar ist, da diese Werkstoffe in der Regel über ein unterschiedliches Aufweitvermögen verfügen. Dadurch wird eine dauerhafte Verbindung der beiden Ringe problematisch, so dass auch mit dem anschließenden Schrumpfen nur in Ausnahmefällen ein fester Verbund zwischen den Ringen erreicht wird. Ebenso
5 ist eine über die Breite der Laufbahn veränderliche, an den jeweiligen Einsatzfall des Wälzlagers angepasste Dicke der Schichten beider Werkstoffe mit der beschriebenen Herstellungsweise nicht realisierbar. Da die Ringe nicht stofflich direkt miteinander verbunden sind, hat sich somit ein solcher Verbund hinsichtlich seiner Dauerfestigkeit als nicht ausreichend erwiesen, um den hohen Anforderungen an Wälzlager in Flugzeugtriebwerken gerecht zu werden. Darüber
10 hinaus sind zur Umsetzung des Herstellungsverfahrens für einen solchen Lagerring eine Vielzahl von Fertigungsschritten und Werkzeugen sowie mehrere geteilte Werkzeugformen notwendig, durch die relativ hohe Herstellungskosten für ein mit solchen Lagerringen ausgebildetes Wälzlager entstehen.

15

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung eines Wälzlagerings aus einem Verbundwerkstoff wird darüber hinaus durch die DE 29 38 812 A1 offenbart. Bei dem in dieser Druckschrift beschriebenen Wälzlagering besteht der die Laufbahn für die Wälzkörper bildende erste Ring ebenfalls aus einem mit Chrom
20 legierten Wälzlagerstahl, der durch Stanzen und Ziehen eines entsprechenden Blechstreifens hergestellt wird. Der den Kernbereich des Wälzlagerings bildende zweite Ring besteht dagegen aus einem Metallpulver, das zur Verbindung mit dem ersten Ring zusammen mit diesem in eine Form eingefüllt und unter Druck und bei Temperaturen zwischen 300°C und 700°C in einer Presse
25 verdichtet wird. Anschließend wird der entstandene Rohling in einem Ofen bei Temperaturen zwischen 1100°C und 1200°C gesintert sowie in sauerstofffreier Atmosphäre auf 950°C bis 1000°C abgekühlt und abschließend wird durch Gesenkschmieden oder durch Walzen die Laufbahn für die Wälzkörper in den Wälzlagering eingeformt.

30

Bei einem nach diesem Verfahren hergestellten Wälzlagering sind die beiden Ringe des Werkstoffverbundes zwar durch den Sintervorgang auch stofflich

- miteinander verbunden, jedoch ist auch hier durch die Verwendung eines gestanzten Blechteils für den Laufbahnbereich die Schichtdicke dieser Laufbahn weitgehend konstant und kann nicht in wünschenswerter Weise in ihrer Stärke über die Breite der Laufbahn variiert werden. Ebenso ist auch bei diesem
- 5 Werkstoffverbund das abschließende gemeinsame Walzen oder Schmieden des warmfesten und des verschleißfesten Werkstoffes für den Kernbereich und für den Laufbahnbereich fertigungstechnisch nur sehr aufwändig umsetzbar. Darüber hinaus hat sich der Aufwand für die Herstellung eines solchen Werkstoffverbundes in der Praxis als unwirtschaftlich erwiesen, insbesondere des-
- 10 halb, da für jeden einzelnen Lagerring eine gesonderte Form zum Verdichten und zum Sintern des Metallpulvers zur Verfügung stehen muss sowie durch den aufwändigen Verdichtungs- und Abkühlungsprozess des Sintermetalls.

15

Aufgabe der Erfindung

- Ausgehend von den dargelegten Nachteilen der Lösungen des bekannten Standes der Technik liegt der Erfindung deshalb die Aufgabe zu Grunde, einen Wälzlagerring, insbesondere für hochbeanspruchte Wälzlager in Flugzeug-
- 20 triebwerken, zu konzipieren, der aus einem dauerfesten Verbund zweier Schichten aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestigkeit für den Bereich seiner Laufbahn und aus einem Stahl mit hoher Zähigkeit für seinen Kernbereich besteht und dabei mit einer weitestgehend variablen Schichtstärke der Laufbahn über die Laufbahnbreite ausgebildet ist und welcher sich
- 25 durch eine kostengünstige Herstellung auszeichnet.

Beschreibung der Erfindung

- 30 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Wälzlagerring nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart gelöst, dass als Werkstoff für die Laufbahn der Wälzkörper ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl mit hohem Gehalt

an karbidbildenden Legierungselementen und einem hohen Kohlenstoffgehalt vorgesehen ist, während der Werkstoff für den Kernbereich des Wälzlagerrings aus einem Warmarbeitsstahl mit im Vergleich zum Laufbahnwerkstoff niedrigem Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen und niedrigem Kohlenstoffgehalt besteht, und dass beide Werkstoffe durch Diffusionsschweißen stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

Der Erfindung liegt somit die Erkenntnis zu Grunde, dass durch Diffusionsschweißen verschleißfeste Werkstoffverbunde mit hoher Warmhärte hergestellt werden können, die den unterschiedlichen Anforderungen an die Laufbahn und den Kernbereich eines hochbelasteten Wälzlagers nahezu optimal gerecht werden. Ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl als Werkstoff für die Laufbahn der Wälzkörper weist nach geeigneter Wärmebehandlung durch den hohen Gehalt an Hartphasen (Karbid) eine im Vergleich zum aufgekohlten Einsatzstahl M50 NiL wesentlich bessere Verschleißfestigkeit auf. Wegen der sehr feinen homogenen Mikrostruktur ist dabei trotz des hohen Karbidgehaltes die Überrollfestigkeit des Laufbahnbereiches sehr hoch. Auch eine nachträgliche Verdichtung des Verbundes ist nicht notwendig, da durch die simultane Einwirkung von hoher Temperatur und hohem Druck Werkstoffe ohne Restporosität erzeugt werden. Der Warmarbeitsstahl für den Kernbereich des Wälzlagerrings lässt sich darüber hinaus bezüglich seiner Zusammensetzung abweichend vom Laufbahnwerkstoff auf hohe Zähigkeit abstimmen, muss aber bezüglich seines Härteverhaltens an den Härteprozess für den Laufbahnwerkstoff angepasst werden.

Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäß ausgebildeten Wälzlagerrings werden in den Unteransprüchen beschrieben.

Danach ist es gemäß der Ansprüche 2 und 3 vorgesehen, dass der Werkstoff für die Laufbahn der Wälzkörper bevorzugt durch den Schnellarbeitsstahl S 10-2-5-8 PM gebildet wird, der mehr als 5 % Legierungsbestandteile Cr, Mo, W und V aufweist und dessen Kohlenstoffgehalt größer als 0,8 % ist, während der Werkstoff für den Kernbereich des Wälzlagerrings bevorzugt durch den Warm-

arbeitsstahl X40CrMoV5-1 gebildet wird, der weniger als 12 % Legierungsbestandteile Cr, Mo, W und V aufweist und dessen Kohlenstoffgehalt kleiner als 0,5 % ist.

- 5 Die gestellte Aufgabe wird darüber hinaus auch durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Wälzlagerings mit den beschriebenen Merkmalen gelöst, welches nachfolgend am Beispiel der Herstellung eines Wälzlagerinnenrings bzw. eines Wälzlageraußenrings beschrieben wird:
- 10 Für die Herstellung von Wälzlagerinnenringen wird als Ausgangsmaterial für den Kernbereich bevorzugt ein stangenförmiger Stahlzylinder aus dem Warmarbeitsstahl X40CrMoV5-1 verwendet, während das Ausgangsmaterial für die Herstellung von Wälzlageraußenringen bevorzugt durch ein dickwandiges Stahlrohr aus dem gleichen Material gebildet wird. Als Hilfswerkzeug wird dar-
- 15 über hinaus eine dünnwandige zylindrische Stahlkapsel von der Höhe des Stahlzylinders bzw. des Stahlrohres benötigt, in die im Fall der Herstellung von Wälzlagerinnenringen der Stahlzylinder zentrisch bzw. im Fall der Herstellung von Wälzlageraußenringen das Stahlrohr konzentrisch an der Innenseite der Stahlkapsel anliegend eingesetzt wird. Anschließend wird der Raum zwischen
- 20 dem Stahlzylinder und der Innenseite der Stahlkapsel bzw. der Hohlraum des Stahlrohres mit dem in Pulverform vorliegenden Schnellarbeitsstahl S 10-2-5-8 PM des Laufbahnwerkstoffs befüllt und manuell verdichtet.

Die so vorbereitete Stahlkapsel wird dann an ihrem offenen Ende verschlossen

25 und gegebenenfalls evakuiert und in einem geeigneten Ofen gleichzeitig einem Druck von ca. 1000 bar und einer Temperatur von 1000°C bis 1200°C ausgesetzt. Durch diesen als Diffusionsschweißen mittels heißisostatischem Pressen bezeichneten Vorgang erfolgt das Sintern des Metallpulvers des Laufbahnwerkstoffs zu einem dichten Material sowie gleichzeitig eine stofflich Verbin-

30 dung des gesinterten Metalls mit dem Stahlzylinder oder dem Stahlrohr des Kernbereichs.

Nach der Abkühlung des entstandenen Verbundrohrlings auf Raumtemperatur und der Entfernung der Stahlkapsel wird der Verbundrohrling dann auf einem Drehautomaten mit einer zentrischen Bohrung versehen und gleichzeitig in einzelne Verbundringe zerspannt. Bei der Herstellung von Wälzlagerinnenringen wird die Bohrung dabei in den Werkstoff des Kernbereichs eingearbeitet, während diese bei der Herstellung von Wälzlageraußenringen in den Werkstoff der Laufbahn eingearbeitet wird.

Anschließend wird in den Laufbahnwerkstoff des durch die Zerspanung entstandenen Verbundrings durch Walzen zwischen zwei Profilwalzen eine Laufbahnrinne eingearbeitet, wobei das Einwalzen dieser Laufbahnrinne die Aufgabe hat, im gesamten Bereich der späteren Laufbahn bzw. über deren gesamte Breite eine optimale Schichtstärke des Laufbahnwerkstoffes zu schaffen.

Danach erfolgt dann die Herstellung der annähernden Außenkontur des Wälzlagerlagers durch Zerspanen des Verbundrings mit abschließendem Härten und Schleifen auf endgültige Lageringabmessungen. Das Härten des Wälzlagerlagers erfolgt dabei bevorzugt bei einer Temperatur zwischen 1000°C und 1200°C, so dass der Laufbahnwerkstoff eine Härte von mindestens 750 HV und der Kernwerkstoff eine Härte von mindestens 500 HV aufweist.

Der nach diesem Verfahren hergestellte, erfindungsgemäß ausgebildete Wälzlagerlagersring weist somit gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Wälzlagerlagersringen den Vorteil auf, dass er aus einem dauerfesten Verbund zweier Schichten aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestigkeit für den Bereich seiner Laufbahn und aus einem Stahl mit hoher Zähigkeit für seinen Kernbereich besteht und durch einen gezielten Profilwalzvorgang mit einer weitestgehend variablen Schichtstärke der Laufbahn über die Laufbahnbreite ausgebildet werden kann. Dabei wird durch das Diffusionsschweißen mittels heißisostatischem Pressen nicht nur der pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl für den Laufbahnbereich gesintert sondern gleichzeitig eine stoffliche Verbindung zum Werkstoff des Kernbereichs erreicht, durch die der hergestellte Wälzlager-

ring auf jeden Fall den hohen Anforderungen an Wälzlager in Flugzeugtriebwerken gerecht wird. Durch relativ kostengünstige Ausgangsmaterialien, einfache Hilfsvorrichtungen und mäßigen Fertigungsaufwand zeichnet sich der erfindungsgemäß ausgebildete Wälzlagering trotz einzelner spanabhebender Fertigungsschritte insgesamt auch durch eine kostengünstige Herstellung aus.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

10 Eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäß ausgebildeten Wälzlagerings sowie des Verfahrens zu dessen Herstellung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

15 Figur 1 einen Längsschnitt durch ein als Dreipunkt-Kugellager ausgebildetes Hauptwellenlager eines Flugzeugtriebwerkes;

 Figur 2 eine vergrößerte Darstellung eines Querschnittes durch das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;

20 Figur 3 eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte a) bis c) zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagerings für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;

25 Figur 4 eine schematische Darstellung des Verfahrensschritts d) zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagerings für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;

30 Figur 5 eine schematische Darstellung des Verfahrensschritts e) zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagerings für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;

- Figur 6 eine schematische Darstellung des Verfahrensschritts f) zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagerings für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;
- 5 Figur 7 eine vergrößerte Darstellung eines Querschnittes durch einen fertig bearbeiteten, erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagering für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1;
- 10 Figur 8 eine graphische Darstellung des Härteverlaufs durch einen erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlagering für das Dreipunkt-Kugellager nach Figur 1.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

- 15 Aus den Figuren 1 und 2 geht deutlich ein als Dreipunkt-Kugellager ausgebildetes Wälzlager 1 hervor, wie es beispielsweise zur Hauptwellenlagerung in Flugzeugtriebwerken verwendet wird. Dieses Wälzlager 1 besteht in bekannter Weise aus einem zweigeteilten inneren Wälzlagering 2 und einem einteiligen
- 20 äußeren Wälzlagering 3 sowie einer Vielzahl zwischen den Wälzlageringen 2, 3 abrollender Wälzkörper 4, die durch einen Lagerkäfig 5 in gleichmäßigen Abständen zueinander gehalten werden. Desweiteren ist in Figur 2 angedeutet, dass zumindest der innere Wälzlagering 2 des Wälzlagers 1 aus einem festen Verbund zweier Schichten aus verschiedenen metallischen Werkstoffen be-
- 25 steht, wobei der Bereich der Laufbahn 6 für die Wälzkörper 4 aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestigkeit und der Kernbereich 7 des Wälzlagerings 2 aus einem Stahl mit hoher Zähigkeit gebildet wird.

- Um den hohen Anforderungen an einen solchen Wälzlagering 2 hinsichtlich
- 30 Temperaturbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Zähigkeit gerecht zu werden, ist dabei erfindungsgemäß als Werkstoff für die Laufbahn 6 der Wälzkörper 4 ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl mit hohem Gehalt an kar-

bidbildenden Legierungselementen und einem hohen Kohlenstoffgehalt vorge-
sehen, während der Werkstoff für den Kernbereich 7 des Wälzlagerings 2 aus
einem Warmarbeitsstahl mit im Vergleich zum Laufbahnwerkstoff 11 niedrigem
Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen und niedrigem Kohlenstoffge-
5 halt besteht. Beide Werkstoffe sind erfindungsgemäß durch Diffusionsschwei-
ßen stoffschlüssig miteinander verbunden, wobei der Werkstoff für die Lauf-
bahn 6 der Wälzkörper 4 durch den Schnellarbeitsstahl S 10-2-5-8 PM gebildet
wird, der mehr als 5 % Legierungsbestandteile Cr, Mo, W und V und mehr als
0,8 % Kohlenstoffgehalt aufweist, während der Werkstoff für den Kernbereich 7
10 des Wälzlagerings 2 durch den Warmarbeitsstahl X40CrMoV5-1 gebildet wird,
der weniger als 12 % Legierungsbestandteile Cr, Mo, W und V und weniger als
0,5 % Kohlenstoffgehalt aufweist.

Anhand der Figuren 3 bis 8 soll nachfolgend nunmehr beispielhaft das Verfah-
15 ren zur Herstellung eines erfindungsgemäß ausgebildeten inneren Wälzlager-
rings 2 erläutert werden.

Aus Figur 3 geht dabei hervor, dass zunächst ein Stahlzylinder 8 aus dem
Werkstoff des Kernbereichs 7 des Wälzlagerings 2 in eine dünnwandige zy-
20 lindrische Stahlkapsel 9 eingesetzt und anschließend der Hohlraum 10 zwi-
schen dem Stahlzylinder 8 und der Stahlkapsel 9 mit dem Metallpulver des
Laufbahnwerkstoffs 11 aufgefüllt und manuell verdichtet wird. Danach erfolgt
mit der so vorbereiteten Stahlkapsel 9 das Sintern des Laufbahnwerkstoffs 11
und das gleichzeitige stoffliche Verbinden desselben mit dem Stahlzylinder 8
25 durch Diffusionsschweißen mittels heißisostatischem Pressen. Dabei wird die
Stahlkapsel 9 einem hohen, in Figur 3 durch Pfeile angedeuteten Druck von ca.
1000 bar und einer Temperatur von 1000°C bis 1200°C ausgesetzt, so dass
sich das Metallpulver des Laufbahnwerkstoffs 11 zu einem Sinterstahl verdich-
tet und sich zugleich mit dem Stahl des Kernbereichs 7 verbindet.

30

Nach der Abkühlung des entstandenen Verbundrohlings erfolgt dann auf einem
Drehautomaten das Einarbeiten einer zentrischen Bohrung 12 in den Werkstoff

- des Kernbereichs 7 und die Zerspanung des Verbundrohrlings in einzelne Verbundringe 13, von denen ein Verbundring 13 beispielhaft in Figur 4 abgebildet ist. Durch die Bohrung 12 kann dann, wie in Figur 5 dargestellt, in den Laufbahnwerkstoff 11 jedes Verbundringes 13 durch Walzen zwischen zwei Profilwalzen 14, 15 eine Laufbahnrinne 16 eingearbeitet werden, durch die, wie in der vergrößerten Darstellung in Figur 6 zu sehen ist, über die gesamte Breite der angedeutet dargestellten späteren Laufbahn 6 des Wälzlagerrings 2 eine optimale Schichtstärke des Laufbahnwerkstoffes 11 geschaffen wird.
- 10 Abschließend erfolgt dann die Herstellung der annähernden Außenkontur des in Figur 7 einzeln dargestellten Wälzlagerrings 2 durch Zerspanen des Verbundrings 13 und das Fertigbearbeiten des Wälzlagerrings 2 durch Härten bei einer Temperatur zwischen 1000°C und 1200°C, sowie das Schleifen auf endgültige Lagerringabmessungen. Das in Figur 8 abgebildete Härtediagramm
- 15 verdeutlicht dabei, dass der Laufbahnwerkstoff 11 nach dem Härten eine Härte von ca. 870 HV aufweist, die mit zunehmender Tiefe leicht abnimmt und im Übergangsbereich zwischen dem Laufbahnwerkstoff 11 und dem Werkstoff des Kernbereichs 7 stark abfällt. Der Werkstoff des Kernbereichs 7 weist dann nach dem Übergangsbereich eine Härte von ca. 670 HV auf, die in Richtung Innen-
- 20 seite des Wälzlagerrings 2 noch leicht auf eine Härte von ca. 630 HV absinkt.

Bezugszahlenliste

- | | | |
|----|----|-----------------------|
| | 1 | Wälzlager |
| | 2 | innerer Wälzlagerring |
| 5 | 3 | äußerer Wälzlagerring |
| | 4 | Wälzkörper |
| | 5 | Lagerkäfig |
| | 6 | Laufbahn |
| | 7 | Kernbereich |
| 10 | 8 | Stahlzylinder |
| | 9 | Stahlkapsel |
| | 10 | Hohlraum |
| | 11 | Laufbahnwerkstoff |
| | 12 | Bohrung |
| 15 | 13 | Verbundring |
| | 14 | Walze |
| | 15 | Walze |
| | 16 | Laufbahnrinne |

5

Patentansprüche

- 10 1. Wälzlagering, insbesondere für hochbeanspruchte Wälzlager in Flugzeugtrieb-
werken, welcher aus einem festen Verbund zweier Schichten aus verschiede-
nen metallischen Werkstoffen besteht, wobei der Bereich der Laufbahn (6) für
die Wälzkörper (4) aus einem Stahl mit sehr hoher Härte und Verschleißfestig-
keit und der Kernbereich (7) des Wälzlagerings (2) aus einem Stahl mit hoher
15 Zähigkeit besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Werkstoff für die Lauf-
bahn (6) der Wälzkörper (4) ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl mit
hohem Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen und einem hohen Koh-
lenstoffgehalt vorgesehen ist, während der Werkstoff für den Kernbereich (7)
des Wälzlagerings (2) aus einem Warmarbeitsstahl mit im Vergleich zum Lauf-
20 bahnwerkstoff (11) niedrigem Gehalt an karbidbildenden Legierungselementen
und niedrigem Kohlenstoffgehalt besteht, und dass beide Werkstoffe durch Dif-
fusionsschweißen stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
- 25 2. Wälzlagering nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werkstoff
für die Laufbahn (6) der Wälzkörper (4) bevorzugt durch den Schnellarbeitsstahl
S 10-2-5-8 PM gebildet wird, der mehr als 5 % Legierungsbestandteile Cr, Mo,
W und V aufweist und dessen Kohlenstoffgehalt größer als 0,8 % ist.
- 30 3. Wälzlagering nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Werk-
stoff für den Kernbereich (7) des Wälzlagerings (2) bevorzugt durch den
Warmarbeitsstahl X40CrMoV5-1 gebildet wird, der weniger als 12 % Legie-
rungsbestandteile Cr, Mo, W und V aufweist und dessen Kohlenstoffgehalt
kleiner als 0,5 % ist.

4. Verfahren zur Herstellung eines Wälzlagerings mit den Merkmalen des Anspruchs 1, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
- 5 a.) Zentrisches Einsetzen eines Stahlzylinders (8) oder konzentrisches Einsetzen eines Stahlrohres aus dem Werkstoff des Kernbereichs (7) des Wälzlagerings (2) in eine dünnwandige zylindrische Stahlkapsel (8);
- 10 b.) Auffüllen des Hohlraumes (10) zwischen dem Stahlzylinder (8) und der Stahlkapsel (9) oder des Hohlraumes des Stahlrohres mit dem Metallpulver des Laufbahnwerkstoffs (11) und Verdichten desselben;
- 15 c.) Sintern des Laufbahnwerkstoffs (11) und gleichzeitiges Verbinden desselben mit dem Stahlzylinder (8) oder mit dem Stahlrohr des Kernbereichs (7) durch Diffusionsschweißen mittels heißisostatischem Pressen;
- 20 d.) Einarbeiten einer zentrischen Bohrung (12) in den Werkstoff des Kernbereichs (7) oder in den Laufbahnwerkstoff und Zerspanung des Verbundrohlings in einzelne Verbundringe (13);
- 25 e.) Einarbeiten einer Laufbahnrinne (16) in den Laufbahnwerkstoff (11) bei gleichzeitiger Vertiefung der Schichtstärke desselben durch Walzen des Verbundringes (13) zwischen zwei Profilwalzen (14, 15);
- f.) Herstellung der annähernden Außenkontur des Wälzlagerings (2) durch Zerspanen des Verbundrings (13) mit anschließendem Härten und Schleifen auf endgültige Lagerringabmessungen.
- 30 5. Verfahren zur Herstellung eines Wälzlagerings nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sintern und gleichzeitige Diffusionsschweißen der beiden Werkstoffe für die Laufbahn (6) und für den Kernbereich (7) des Wälzlagerings (2) durch heißisostatisches Pressen bevorzugt bei einem Druck von ca 1000 bar und bei einer Temperatur von 1000°C bis 1200°C erfolgt.

6. Verfahren zur Herstellung eines Wälzlagerrings nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das abschließende Härten des Wälzlagerrings (2) bevorzugt bei einer Temperatur zwischen 1000°C und 1200°C erfolgt, so dass
- 5 der Laufbahnwerkstoff (11) eine Härte von mindestens 750 HV und der Werkstoff des Kernbereichs (7) eine Härte von mindestens 500 HV aufweist.

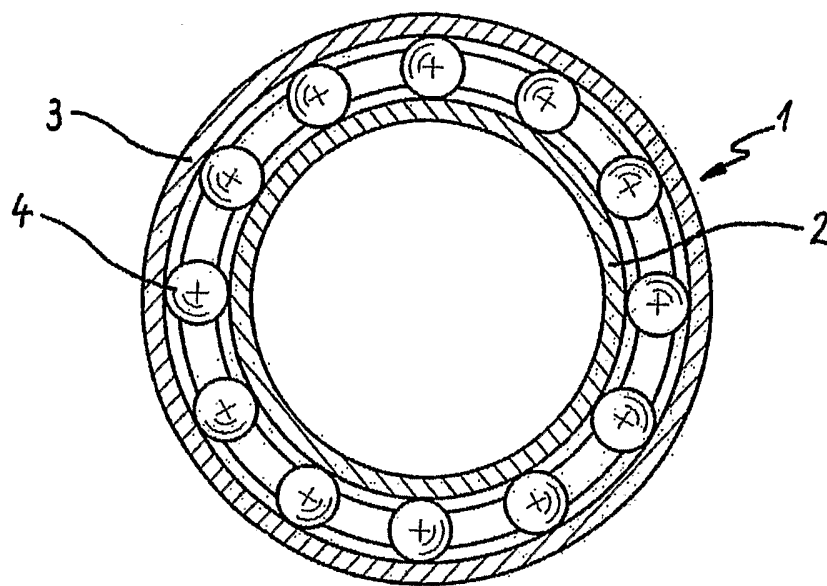


Fig. 1

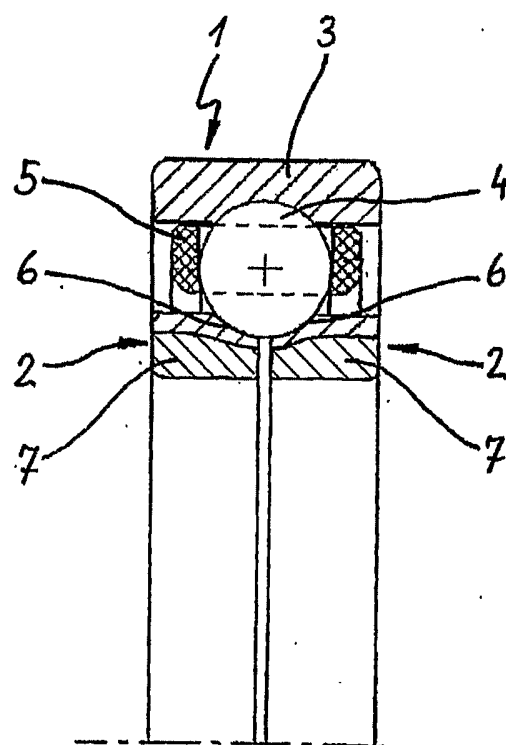


Fig. 2

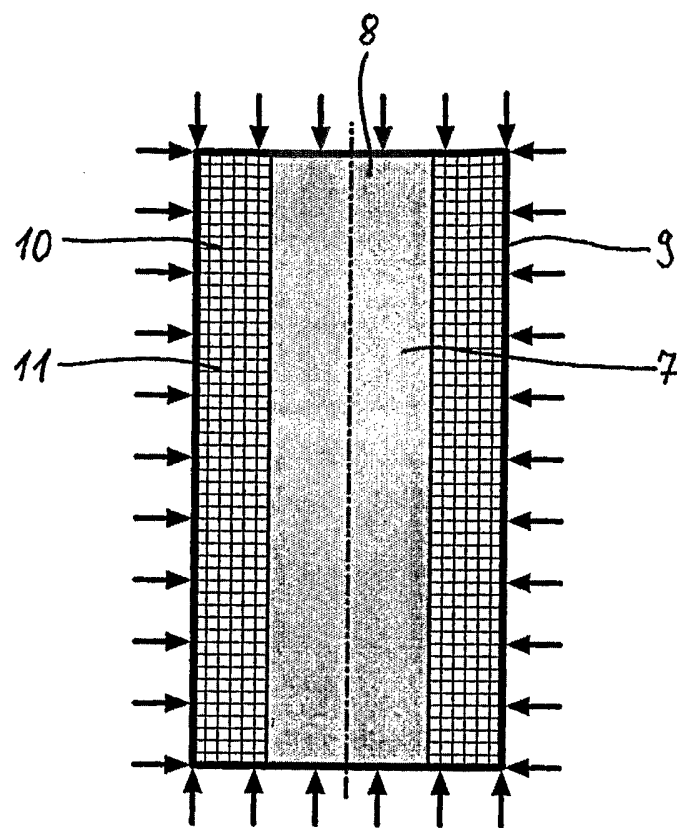


Fig. 3

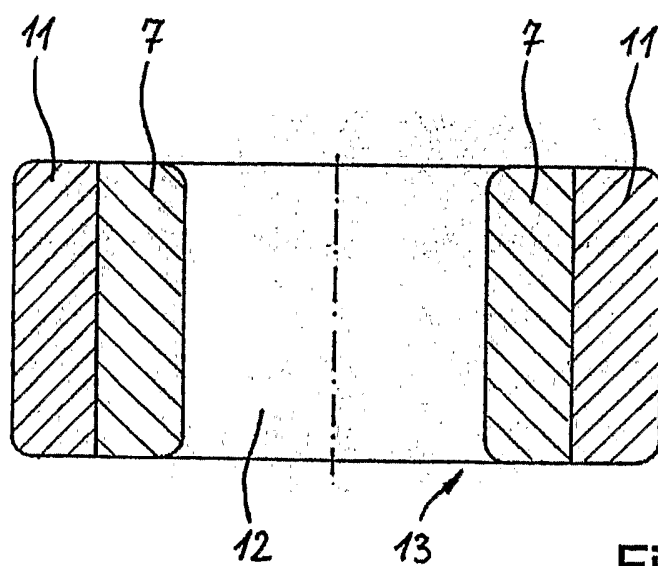


Fig. 4

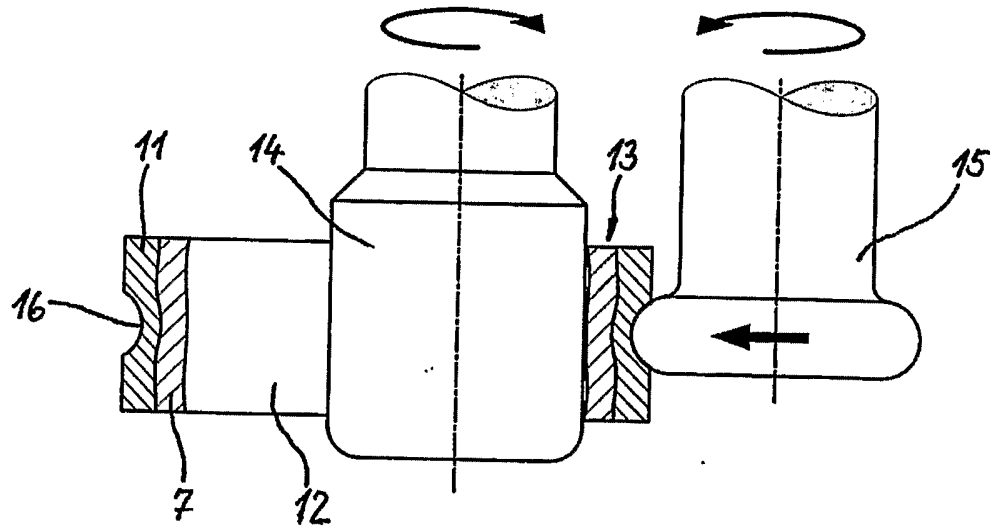


Fig. 5

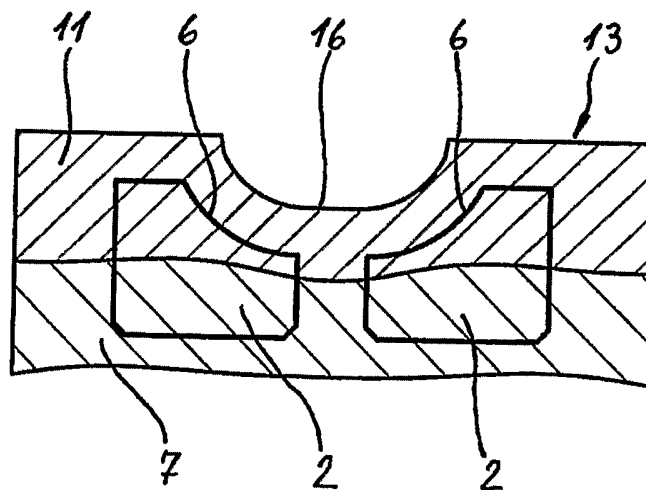


Fig. 6

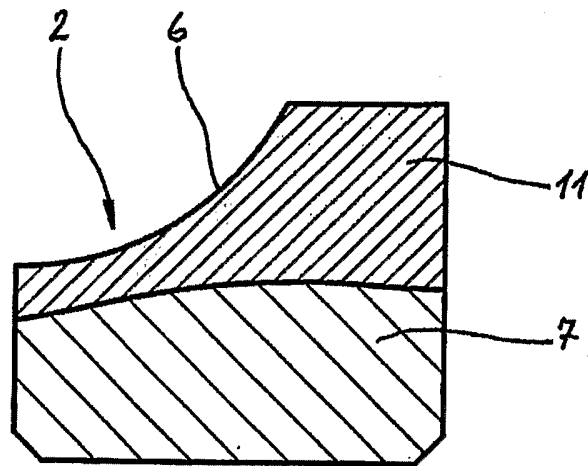


Fig. 7

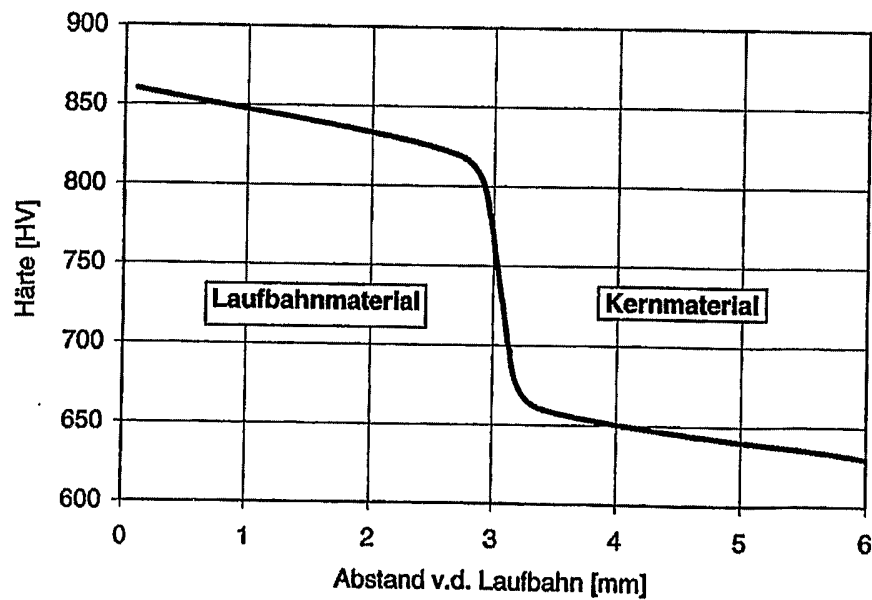


Fig. 8