

(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. April 2015 (23.04.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/055187 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16C 33/12 (2006.01) C21D 9/40 (2006.01)
F16C 33/14 (2006.01) C22C 33/02 (2006.01)
F16C 33/62 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
F16C 33/64 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)
C21D 9/38 (2006.01)

91074 Herzogenaurach (DE). SCHULTE-NÖLLE,
Christian; Zollner Str. 28, 96052 Bamberg (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200408

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. August 2014 (20.08.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 220 840.5
15. Oktober 2013 (15.10.2013) DE

(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, 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).

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

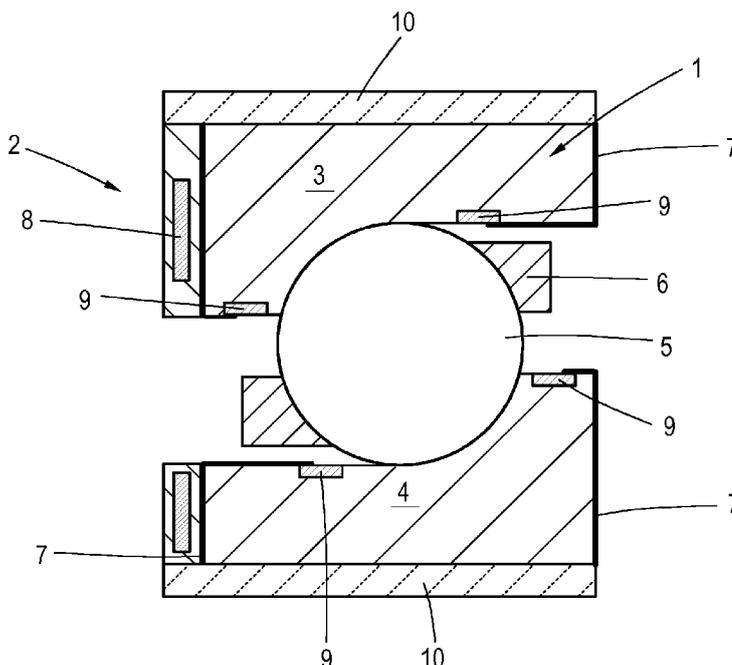
(72) Erfinder: DINKEL, Markus; Friedrich-Ebert-Ring 31,
97072 Würzburg (DE). MÜLLER, Claus; Am Rehhof 31,
90542 Eckental (DE). SUSKE, Irina; Eichendorffstr. 16,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BEARING ELEMENT FOR A ROLLING OR PLAIN BEARING

(54) Bezeichnung : LAGERELEMENT FÜR EIN WÄLZ- ODER GLEITLAGER

FIG. 1



(57) Abstract: A bearing element (1) for a plain or rolling bearing (2), the bearing element (1) being made at least in part of a powder-metallurgical composite material, containing a steel-based metallic phase and a hard material phase, or comprising at least in part such a composite material, wherein the steel contains 0.2 – 0.6 wt.% carbon, 0.1 – 0.3 wt.% nitrogen, 0.5 – 2 wt.% molybdenum and 13 – 15 wt.% chromium.

(57) Zusammenfassung: Lagerelement (1) für ein Gleit- oder Wälzlager (2), welches Lagerelement (1) zumindest abschnittsweise aus einem pulvermetallurgischen Verbundmaterial, enthaltend eine auf einem Stahl basierende metallische Phase und eine Hartstoffphase, gebildet ist oder zumindest abschnittsweise ein solches Verbundmaterial umfasst, wobei der Stahl 0,2 – 0,6 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 0,3 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 2 Gew.-% Molybdän und 13 – 15 Gew.-% Chrom enthält.

WO 2015/055187 A1



Veröffentlicht:

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

Bezeichnung der Erfindung

Lagerelement für ein Wälz- oder Gleitlager

5

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

10

Die Erfindung betrifft ein Lagerelement für ein Wälz- oder Gleitlager, welches Lagerelement zumindest abschnittsweise aus einem pulvermetallurgischen Verbundmaterial, enthaltend eine auf einem Stahl basierende metallische Phase und eine Hartstoffphase, gebildet ist oder zumindest abschnittsweise ein solches Verbundmaterial umfasst.

15

Hintergrund der Erfindung

Lagerelemente für Wälz- oder Gleitlager, insbesondere in Form von Lagerringen, sind weithin bekannt und werden in der Regel aus mechanisch wie auch korrosiv besonders beanspruchbaren Materialien gebildet. Hierzu zählen neben klassischen Wälzlagerstählen pulvermetallurgische Verbundmaterialien, welche eine metallische Phase und eine Hartstoffphase umfassen.

20

Indes besteht weiterhin ein Entwicklungsbedarf an mechanisch wie auch korrosiv hoch beanspruchbaren Materialien, welche den Einsatz entsprechender Lagerelemente in nicht konventionell geschmierten Betriebssituationen, vornehmlich in korrosiv wirkenden (dünn)flüssigen, insbesondere wässrigen, Medien, in welchen entsprechende Lagerelemente dauerhaft ausgelagert und von welchen die Lagerelemente durchspült werden, ermöglichen. Derartige, insbesondere aufgrund einer nicht wirkungsvoll realisierbaren Schmierung der Lagerelemente, mechanisch wie auch korrosiv beanspruchende Betriebssituationen sind insbesondere bei Anwendungen in Wasserbauwerken, wie z. B. Mee-

25

30

reskraftwerken, Schleusentoren, oder in Salz- oder Süßwasserturbinen, oder in Bohrkopf-, Kompressor- oder Pumpenlagern gegeben. In diesen Anwendungen besteht zudem die Gefahr der Aushöhlung (Kavitation) entsprechender Lagerelemente.

5

Zusammenfassung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein, insbesondere gegenüber mechanischen wie auch korrosiven Beanspruchungen, hoch beanspruchbares
10 Lagerelement anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Lagerelement der eingangs genannten Art gelöst, welches sich dadurch auszeichnet, dass der Stahl 0,2 – 0,6 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 0,3 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 2 Gew.-% Molybdän, 13
15 – 15 Gew.-% Chrom enthält.

Erfindungsgemäß wird ein Lagerelement vorgeschlagen, welches zumindest abschnittsweise aus einem eine auf einem Stahl basierende metallische Phase und eine Hartstoffphase enthaltenden pulvermetallurgischen Verbundmaterial
20 gebildet ist respektive hergestellt ist oder zumindest abschnittsweise ein solches pulvermetallurgisches Verbundmaterial umfasst. Das Besondere an dem erfindungsgemäßen Lagerelement besteht in der (chemischen) Zusammensetzung der metallischen Phase, d. h. des Stahls auf dem die metallische Phase basiert. Dieser Stahl umfasst als wesentliche Legierungselemente Kohlenstoff
25 mit einem Anteil von 0,2 – 0,6 Gew.-%, Stickstoff mit einem Anteil von 0,1 – 0,3 Gew.-%, Molybdän mit einem Anteil von 0,5 – 2 Gew.-% und Chrom mit einem Anteil von 13 – 15 Gew.-%.

Die genannten Legierungselemente liegen in den genannten Anteilen jeweils
30 elementar, d. h. in Reinform vor. Die genannten Gewichtsanteile beziehen sich also nicht auf den in Kohlenstoff- bzw. Stickstoffverbindungen enthaltenen Kohlenstoff bzw. Stickstoff respektive das in Molybdän- oder Chromverbindungen enthaltene Molybdän oder Chrom, sondern auf den elementar, d. h. in Rein-

form, in der metallischen Phase vorliegenden Kohlenstoff bzw. Stickstoff respektive das elementar, d. h. in Reinform, in der metallischen Phase vorliegende Molybdän bzw. Chrom.

- 5 Der die metallische Phase bildende Stahl enthält selbstverständlich, wie üblich, Eisen, Verunreinigungen sowie, gegebenenfalls weitere Legierungselemente, so dass sich insgesamt eine Zusammensetzung von 100 Gew.-% ergibt.

Die Wirksumme des die metallische Phase bildenden Stahls ist typischerweise
10 größer als 30. Die Wirksumme wird gemäß nachfolgender PREN-Formel bestimmt, welche ein Maß für die Korrosionsbeständigkeit des Stahls gegenüber Lochfraß oder Spaltkorrosion angibt: $1 \times \text{Anteil an Chrom in Gew.-%} + 3,3 \times \text{Anteil an Molybdän in Gew.-%} + 16 \times \text{Anteil an Stickstoff in Gew.-%}$.

- 15 Bei dem die metallische Phase bildenden Stahl handelt es sich sonach insbesondere um einen hochlegierten Stahl, insbesondere einen hochlegierten Werkzeugstahl. Die gewichtsmäßigen Anteile, d. h. die Konzentrationen, der Legierungselemente bedingen ein mechanisch hoch beanspruchbares sowie ein hoch korrosionsbeständiges Material. Die mechanischen Eigenschaften
20 werden dabei insbesondere durch die Legierungselemente Kohlenstoff, Molybdän und Stickstoff bestimmt, die hohe Korrosionsbeständigkeit des pulvermetallurgischen Verbundmaterials ergibt sich durch den vergleichsweise hohen Anteil an Chrom.

- 25 Konkret zeichnet sich das pulvermetallurgische Verbundmaterial insbesondere durch eine hohe Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Überroll- und Verschleißfestigkeit und eine hohe Korrosionsbeständigkeit aus.

Die besondere chemische wie auch anteilmäßige Zusammensetzung des die
30 metallische Phase bildenden Stahls ist somit Grundlage für das besondere Eigenschaftsprofil des pulvermetallurgischen Verbundmaterials, welches das aus diesem gebildete Lagerelement, insbesondere auch ohne konventionelle Schmierung des Lagerelements respektive eines dieses aufnehmenden Lager-

bauteils, für die Verwendung in mechanisch wie auch korrosiv hoch beanspruchenden Einsatzgebieten prädestiniert. Entsprechende Einsatzgebiete können z. B. in korrosiv wirkenden Umgebungen, d. h. z. B. in wässrigen, insbesondere korrosiv wirkenden chlorhaltigen, Umgebungen, wie z. B. im Bereich von Meereskraftwerken, allgemein Wasserbauwerken, oder sonstigen Meeresanwendungen, wie z. B. Schiffen, liegen.

Das das erfindungsgemäße Lagerelement respektive das dieses bildende Verbundmaterial ist durch pulvermetallurgische Verfahren, d. h. basierend auf einem pulverförmigen Ausgangsmaterial bzw. einer pulverförmigen Ausgangsmaterialmischung, hergestellt. Der Einsatz pulvermetallurgischer Verfahren ist insbesondere deshalb vorteilhaft, als dieser die Ausbildung von Gefügestrukturen mit (nahezu) isotropen Eigenschaften ermöglicht. Gleichmaßen erlaubt der Einsatz pulvermetallurgischer Verfahren eine endkonturnahe Fertigung bzw. Urformung des Lagerelements, was den Bedarf mechanischer Nachbearbeitungsschritte weitgehend reduziert und deshalb in fertigungstechnischer und somit auch wirtschaftlicher Hinsicht effizient ist.

Bei einem pulvermetallurgischen Verfahren zur Herstellung des Lagerelements handelt es sich beispielsweise um heißisostatisches Pressen, kurz HIP; mithin ein pulvermetallurgisches fertigungstechnisches Prinzip aus dem Bereich des Urformens, gemäß welchem ein pulverförmiges Ausgangsmaterial respektive eine pulverförmige Ausgangsmaterialmischung unter Einfluss von Druck und Temperatur verdichtet bzw. verpresst und versintert wird.

25

Ein anderes denkbare pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Lagerelements respektive des dieses bildenden Verbundmaterials ist das Sprühkompaktierverfahren, bei welchem es sich ebenso um ein pulvermetallurgisches fertigungstechnisches Prinzip aus dem Bereich des Urformens handelt, gemäß welchem ein pulverförmiges Ausgangsmaterial respektive eine pulverförmige Ausgangsmaterialmischung auf ein Trägermaterial gesprüht und durch einen schichtweisen Auftrag auf dem Trägermaterial ein Bauteil „aufgebaut“ wird. Ein Vorteil des Sprühkompaktierverfahrens gegen-

30

über dem heißisostatischen Pressen besteht darin, dass hier nicht zwingend eine Verdichtung der pulverförmigen Ausgangsmaterialien notwendig ist. Ein weiterer Vorteil des Sprühkompaktierverfahrens ist die mögliche Realisierung einer „maßgeschneiderten“ Materialzusammensetzung des Verbundmaterials, welches sonach mit örtlich bzw. räumlich verteilten Stoff- bzw. Konzentrationsgradienten hergestellt werden kann. Derart ist es beispielsweise möglich, ein Verbundmaterial mit einer äußeren, d. h. oberflächen- bzw. randschichtnahen, hoch legierten und inneren, d. h. oberflächen- bzw. randschichtfernen, niedrig legierten Stahlzusammensetzung auszubilden.

10

Im Rahmen der pulvermetallurgischen Herstellung des Verbundmaterials ist es denkbar, das die metallische Phase bildende pulverförmige Material bzw. Materialgemisch mit einem die Hartstoffphase bildenden pulverförmigen Material bzw. Materialgemisch im Rahmen eines pulvermetallurgischen Verfahrens zu verbinden. Alternativ dazu ist es denkbar, zunächst die metallische Phase über ein pulvermetallurgisches Verfahren herzustellen und die Hartstoffphase in der metallischen Phase durch eine anschließende Bildung von Ausscheidungen, etwa im Zuge der Urformung des Verbundmaterials oder einer Wärmebehandlung, auszubilden.

20

Der Volumenanteil der Hartstoffphase in dem Verbundmaterial liegt insbesondere in einem Bereich zwischen 8 und 30 Vol.-%, bevorzugt in einem Bereich zwischen 15 und 25 Vol.-%. Es ist darauf zu achten, dass der Volumenanteil der Hartstoffphase 8 Vol.-% nicht unterschreitet, um eine hohe Härte des Verbundmaterials und sonach des Lagerelements zu gewährleisten. Gleichwohl kann der Volumenanteil der Hartstoffphase in Ausnahmefällen selbstverständlich auch unterhalb 8 Vol.-% oder oberhalb 30 Vol.-% liegen.

Für das Eigenschaftsprofil des Verbundmaterials ist neben des volumenmäßigen Anteils der Hartstoffphase insbesondere auch die Form, Größe und Verteilung der die Hartstoffphase bildenden Hartstoffpartikel bzw. Hartstoffkörner in der als Matrix dienenden metallischen Phase entscheidend. Die Hartstoffe bzw. Hartstoffkörner sind bevorzugt runder oder rundlicher Gestalt. Die Größe zu-

30

sammenhängender Hartstoffe bzw. Hartstoffkörner liegt insbesondere in einem Bereich zwischen 1 und 100 μm , vorzugsweise in einem Bereich zwischen 3 und 10 μm . Insbesondere ist auf eine möglichst kohärente Verteilung der die Hartstoffphase bildenden Hartstoffpartikel bzw. Hartstoffkörner in der als Matrix dienenden metallischen Phase zu achten.

Ein Charakteristikum für die Form, Größe und Verteilung der die Hartstoffphase bildenden Hartstoffpartikel bzw. Hartstoffkörner stellt die Oberflächengüte des Lagerelements in einem fertig bearbeiteten Zustand dar. Hier ist es anzustreben, dass Rauigkeitswerte R_a bei Lagerelementen mit einem Außendurchmesser oberhalb 500 mm nach der Finishbearbeitung unterhalb 0,5 μm und bei Lagerelementen mit einem Außendurchmesser unterhalb 500 mm unterhalb 0,3 μm liegen. Untersuchungen der Rauigkeit ergaben, dass für erfindungsgemäße Lagerelemente mit Außendurchmessern oberhalb 500 mm Rauigkeitswerte R_a im Bereich von 0,15 – 0,2 μm realisierbar sind, was auf eine besonders kohärente Gefügestruktur, d. h. eine besonders kohärente Verteilung der Hartstoffpartikel bzw. Hartstoffkörner in der metallischen Phase schließen lässt.

In zweckmäßiger Weiterbildung der Erfindung enthält der die metallische Phase des pulvermetallurgischen Verbundmaterials bildende Stahl zusätzlich 0,1 – 2 Gew.-% Mangan, 0,1 – 1 Gew.-% Silizium und einen Nickelanteil kleiner 1 Gew.-%. Die Zulegierung von Mangan, Silizium und Nickel bedingt eine weitere Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, wie insbesondere der Streckgrenze und Zugfestigkeit, sowie der Verschleißfestigkeit des Verbundmaterials. In Ausnahmefällen können die Gewichtsanteile der zusätzlichen Legierungselemente Mangan, Silizium und Nickel auch oberhalb bzw. unterhalb der vorstehend genannten Wertebereiche liegen.

Die dem pulvermetallurgischen Verbundmaterial zugehörige Hartstoffphase kann aus wenigstens einer der folgenden Hartstoffverbindungen gebildet sein oder wenigstens eine der folgenden Hartstoffverbindungen umfassen: Boride, Carbide, insbesondere Vanadiumcarbid und/oder Niobcarbid, Nitride, insbe-

sondere Vanadiumnitrid und/oder Niobnitrid, Silizide. Selbstverständlich sind Mischungen (chemisch) unterschiedlicher Hartstoffverbindungen denkbar.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Lagerelements
5 sieht vor, dass das pulvermetallurgische Verbundmaterial insgesamt 1 – 1,5 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 2 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 4 Gew.-% Molybdän und 14 – 15,75 Gew.-% Chrom enthält, wobei das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis 0,5 – 4 beträgt, und die Hartstoffphase weniger als 4 Gew.-% Vanadium und/oder weniger als 3 Gew.-% Nickel enthält. Ein Teil des Kohlenstoffs, Stick-
10 stoffs, Molybdäns und Chroms liegt elementar vor, ein anderer Teil des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Molybdäns und Chroms liegt in Kohlenstoff-, Stickstoff-, Molybdän- oder Chromverbindungen vor. Untersuchungen zeigten, dass durch diese Zusammensetzung ein pulvermetallurgisches Verbundmaterial mit so-
15 wohl im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften, d. h. insbesondere Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Überroll- und Verschleißfestigkeit, als auch im Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit besonders vorteilhaften Eigenschaften realisiert ist.

Die Härte des Lagerelements liegt zumindest im Bereich seiner Oberfläche
20 bzw. Randschicht bzw. in oberflächennahen Randschichtbereichen insbesondere in einem Bereich von 55 bis 70 HRC (Härte Rockwell), bevorzugt oberhalb 59 HRC. Die Oberfläche bzw. Randschicht des Lagerelements kann einen bestimmten Gefügebereich aufweisen, welcher sich von weiter innen liegenden Gefügebereichen in seinen Eigenschaften, wie insbesondere der Härte, unter-
25 scheidet und sonach von weiter innen liegenden Bereichen abgrenzbar ist. Typische Oberflächen- bzw. Randschichtbereiche sind z. B. lagerelementseitig vorgesehene Laufbahnflächen für Gleit- oder Wälzkörper. Selbstverständlich kann das Lagerelement auch insgesamt eine konsistente Härte aufweisen. In Ausnahmefällen kann die Härte des Lagerelements selbstverständlich auch
30 unterhalb 55 HRC bzw. oberhalb 70 HRC liegen.

Um die Korrosionsbeständigkeit des Lagerelements weiter zu erhöhen, kann das Lagerelement zumindest abschnittsweise mit einer Schutzschicht, wie z. B.

einem Schutzlack auf Basis eines Polymers, gegenüber korrosiven Medien überzogen sein. Alternativ oder ergänzend kann das Lagerelement wenigstens einen eine Opferanode bildenden metallischen Schutzkörper umfassen oder mit einem solchen elektrisch leitend verbunden sein. Beide Varianten stellen
5 einen Schutz gegenüber korrosiven Beanspruchungen des Lagerelements dar, wobei durch die Beschichtung des Lagerelements mit einer entsprechenden Schutzschicht ein passiver Korrosionsschutz und durch den eine Opferanode bildenden Schutzkörper ein aktiver Korrosionsschutz realisiert ist. In letzterem Fall wird das Lagerelement üblicherweise elektrisch leitend mit dem Schutzkörper,
10 welcher aus einem im Vergleich zu dem das Lagerelement bildenden Verbundmaterial unedleren Metall, wie z. B. einem Metall auf Basis von Aluminium, Magnesium oder Zink, gebildet ist, verbunden. Der die Opferanode bildende Schutzkörper kann zumindest abschnittsweise in einem aus einem elektrisch leitfähigen Material, insbesondere einem Metall, gebildeten Aufnahmekörper eingebettet sein. In diesem Fall ist der Aufnahmekörper zweckmäßig mit dem
15 Lagerelement verbunden.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lagerelements sieht vor, dass das Lagerelement zumindest abschnittsweise mit einer
20 elektrisch isolierenden Beschichtung versehen ist. Die elektrisch isolierende Beschichtung kann z. B. aus einem keramischen Material oder einem Kunststoffmaterial gebildet sein und ermöglicht eine elektrische Isolierung des Lagerelements gegenüber elektrisch leitfähigen Drittgegenständen.

25 Bei dem erfindungsgemäßen Lagerelement kann es sich z. B. um einen Lagering, d. h. einen Außen- oder einen Innenring, eines Gleit- oder Wälzlagers handeln. Das Lagerelement kann auch ein Gleit- oder Wälzkörper sein.

Die Erfindung betrifft ferner ein Gleit- oder Wälzlager, welches wenigstens ein
30 wie vorstehend beschriebenes, erfindungsgemäßes Lagerelement umfasst. Bei dem oder den Lagerelement(en) kann es sich, wie erwähnt, sonach insbesondere um Lagerringe und/oder Gleit- oder Wälzkörper handeln. Bezüglich des

erfindungsgemäßen Gleit- oder Wälzlagers gelten sämtliche Ausführungen bezüglich des erfindungsgemäßen Lagerelements analog.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

5

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben. Es zeigt:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines Wälzlagers, umfassend ein Lager-
10 element gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Figur 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Korrosionsbeständig-
keit von Lagerelementen gemäß zwei Ausführungsbeispielen der
Erfindung.

15

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Lagerelements 1 gemäß einem Aus-
führungsbeispiel der Erfindung. Das Lagerelement 1 ist Teil eines Wälzlagers
20 2. Bei dem Lagerelement 1 handelt es sich um den Außenring 3 des Wälzla-
gers 2. Der Innenring 4 des Wälzlagers 2 könnte gleichermaßen als entspre-
chendes Lagerelement 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung
ausgebildet sein. Gleiches gilt für die zwischen dem Außenring 3 und dem In-
nenring 4 wälzenden Wälzkörper 5, welche in einem Käfig 6 gelagert sind.

25

Das Lagerelement 1 ist aus einem pulvermetallurgischen, d. h. pulvermetallur-
gisch hergestellten, Verbundmaterial gebildet. Das pulvermetallurgische Ver-
bundmaterial umfasst eine auf einem Stahl gebildete metallische Phase und
eine aus einem Hartstoff gebildete Hartstoffphase.

30

Die Hartstoffphase ist aus einer Borid-, Carbid-, Nitrid- oder Silizidverbindung
oder einer Mischung wenigstens zweier der genannten Hartstoffverbindungen
gebildet. Insbesondere handelt es sich bei der Hartstoffphase um eine Niob-

carbid- oder eine Vanadiumcarbidverbindung bzw. eine Niobnitrid- oder eine Vanadiumnitridverbindung. Der Volumenanteil der Hartstoffphase in dem Verbundmaterial liegt oberhalb von 5 Vol.-%, insbesondere in einem Bereich zwischen 10 und 30 Vol.-%. Die Hartstoffphase liegt in der als Matrix dienenden metallischen Phase in Form fein verteilter runder bzw. kugeliger Körner vor. Die Größe zusammen hängender Hartstoffkörner liegt insbesondere in einem Bereich zwischen 3 und 10 μm .

Die Gefügeeigenschaften des Verbundmaterials sind weitgehend isotrop. Die Gefügefinesse ist sehr hoch (ASTM KG > 7 – 8). Untersuchungen des Mikrofeinheitsgrads (K-Wert) ergaben $K_4 = 0$ und $K_1 < 4$.

Der die metallische Phase des Verbundmaterials bildende Stahl enthält 0,2 – 0,6 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 0,3 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 2 Gew.-% Molybdän und 13 – 15 Gew.-% Chrom. Daneben enthält der Stahl zusätzlich Mangan, Silizium und Nickel sowie Eisen und übliche Verunreinigungen.

Eine bevorzugte Variante des die metallische Phase des Verbundmaterials bildenden Stahls enthält die in folgender Tabelle dargestellten Legierungselemente:

Element	C	N	Mo	Cr	Mn	Si	Ni
von Gew.-%	0,20	0,10	0,50	13,00	0,10	0,10	0,99
bis Gew.-%	0,60	0,30	2,00	15,00	2,00	1,00	0

Die Gesamtzusammensetzung des das Lagerelement 1 bildenden Verbundmaterials enthält vorzugsweise insgesamt 1 – 1,5 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 2 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 4 Gew.-% Molybdän und 14 – 15,75 Gew.-% Chrom umfasst, wobei das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis 0,5 – 4 beträgt, und die Hartstoffphase weniger als 4 Gew.-% Vanadium und/oder weniger als 3 Gew.-% Nickel enthält.

Der Rauigkeitswert Ra des Lagerelements 1 liegt in einem Bereich zwischen 0,15 und 0,2 μm , was eine hohe Oberflächengüte des Lagerelements 1 bedingt.

5 Die Härte des Lagerelements 1 liegt oberhalb 58 HRC, insbesondere oberhalb 61 HRC. Insbesondere sind entsprechende Härtewerte für die Randschichten bzw. Laufbahnoberflächen des Lagerelements 1 gegeben. Versuche zeigen, dass die hohe Härte des Lagerelements 1 die Bildung von Kavitationen, bei Anwendungen, in welchen das Lagerelement 1 teilweise oder vollständig mit
10 einem wässrigen Medium gefüllt betrieben wird, deutlich reduziert. Die Versuche zeigen, dass die Kavitationsabtragsrate eines aus dem erfindungsgemäßen Verbundmaterial gebildeten Lagerelements 1 ca. 30% unterhalb der Kavitationsabtragsrate von Lagerelementen aus herkömmlichen Wälzlagerstählen liegt.

15

Das das Lagerelement 1 bildende Verbundmaterial zeichnet sich durch eine hohe Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Überroll- und Verschleißfestigkeit und eine hohe Korrosionsbeständigkeit aus. Die Streckgrenze des Verbundmaterials liegt typischerweise oberhalb 1500 MPa, die maximale Zugspannung liegt typischerweise oberhalb 1800 MPa.
20

Der Außenring 3 und der Innenring 4 des Wälzlagers 2 sind jeweils mit einer Schutzschicht 7 gegenüber korrosiven Medien beschichtet bzw. überzogen. Die Schutzschicht 7 stellt einen passiven Korrosionsschutz dar und ist beispielsweise aus einem auf einem Kunststoffmaterial basierenden Lack gebildet.
25

An dem Außenring 3 bzw. dem Innenring 4 des Wälzlagers 2 ist ferner eine Scheibe 8 angebracht, in welcher Elektroden für Opferanoden bildende metallische Schutzkörper 9 eingebettet sind. Die Opferanoden bildenden metallischen Schutzkörper 9 sind z. B. aus Aluminium oder Zink, allgemein aus einem unedleren Metall als das Verbundmaterial, gebildet und an dem Außenring 3 bzw. dem Innenring 4 des Wälzlagers 2 angebracht. Die Schutzkörper 9 stellen so-
30

nach einen aktiven Korrosionsschutz des Lagerelements 1 bzw. des Wälzlagers 2 dar. Je nachdem, ob die Scheibe 8 aus einem elektrisch leitfähigen, d. h. z. B. aus einem metallischen Material, oder elektrisch isolierenden, d. h. z. B. aus einem Kunststoffmaterial, gebildeten Material besteht, können die Elektroden elektrisch leitend oder elektrisch isoliert angebracht sein.

Das Wälzlager 2 ist außenumfangsseitig, d. h. insbesondere im Bereich des Außenumfangs des Außenrings 3, sowie innenumfangsseitig, d. h. insbesondere im Bereich des Innenumfangs des Innenrings 4, zudem mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung 10 versehen. Die elektrisch isolierende Beschichtung 10 ist aus einem elektrisch isolierenden Material, wie z. B. einem keramischen Material, gebildet und dient zur elektrischen Isolation der Lagerringe.

Figur 2 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung der Korrosionsbeständigkeit zweier erfindungsgemäßer Lagerelemente 1 unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung. Anhand von Figur 2 lässt sich die im Vergleich zu einem aus einem herkömmlichen Wälzlagerstahl verbesserte Korrosionsbeständigkeit des die erfindungsgemäßen Lagerelemente 1 bildenden Verbundmaterials darlegen.

20

In dem in Figur 2 gezeigten Diagramm ist der elektrische Strom (y-Achse) gegen das elektrische Potential (x-Achse) aufgetragen. Gezeigt sind Versuchsergebnisse aus Untersuchungen des Lochkorrosionspotentials bzw. des Repassivierungspotentials (Ag/AgCl, 3, 5% NaCl, 20°C). Die Kurven 11 repräsentieren die Messergebnisse für ein erfindungsgemäßes Lagerelement 1 einer ersten chemischen Zusammensetzung, die Kurven 12 repräsentieren die Messergebnisse für ein erfindungsgemäßes Lagerelement 1 einer zweiten chemischen Zusammensetzung, die Kurven 13 repräsentieren die Messergebnisse für ein nicht erfindungsgemäßes Lagerelement aus einem herkömmlichen Wälzlagerstahl.

30

Ersichtlich beginnt die durch den Anstieg der Kurven 11, 12, 13 indizierte Materialauflösung bei den erfindungsgemäßen Lagerelementen 1 deutlich später als

bei dem nicht erfindungsgemäßen Lagerelement. Das Repassivierungspotential, d. h. das Potential, bei welchem die Kurven nach dem Anstieg wieder auf die x-Achse treffen, liegt bei den erfindungsgemäßen Lagerelementen 1 im Vergleich zu dem nicht erfindungsgemäßen Lagerelement deutlich höher. Die 5 Untersuchungen belegen die gute Korrosionsbeständigkeit der erfindungsgemäßen Lagerelemente 1.

Bezugszahlenliste

	1	Lagerelement
	2	Wälzlager
5	3	Außenring
	4	Innenring
	5	Wälzkörper
	6	Käfig
	7	Schutzschicht
10	8	Scheibe
	9	Schutzkörper
	10	elektrisch isolierende Beschichtung
	11	Kurve
	12	Kurve
15	13	Kurve

Patentansprüche

1. Lagerelement (1) für ein Gleit- oder Wälzlager (2), welches Lagerelement (1) zumindest abschnittsweise ein pulvermetallurgisches Verbundmaterial, enthaltend eine auf einem Stahl basierende metallische Phase und eine Hartstoffphase, umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stahl 0,2 – 0,6 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 0,3 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 2 Gew.-% Molybdän und 13 – 15 Gew.-% Chrom enthält.
5
- 10 2. Lagerelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stahl zusätzlich 0,1 – 2 Gew.-% Mangan, 0,1 – 1 Gew.-% Silizium und einen Nickelanteil kleiner 1 Gew.-% enthält.
- 15 3. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hartstoffphase wenigstens eine der folgenden Hartstoffverbindungen umfasst: Boride, Carbide, insbesondere Vanadiumcarbid und/oder Niobcarbid, Nitride, insbesondere Vanadiumnitrid und/oder Niobnitrid, Silizide.
- 20 4. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbundmaterial insgesamt 1 – 1,5 Gew.-% Kohlenstoff, 0,1 – 2 Gew.-% Stickstoff, 0,5 – 4 Gew.-% Molybdän und 14 – 15,75 Gew.-% Chrom umfasst, wobei das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis 0,5 – 4 beträgt, und die Hartstoffphase weniger als 4 Gew.-% Vanadium und/oder weniger als 3 Gew.-% Nickel enthält.
25
5. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hartstoffphase in dem Verbundmaterial einen Anteil in einem Bereich zwischen 8 und 30 Vol.-%, insbesondere 15 – 25
30 Vol.-%, aufweist.
6. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Härte zumindest im Bereich der Oberfläche in

einem Bereich von 55 bis 70 HRC, insbesondere oberhalb 59 HRC, liegt.

- 5 7. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest abschnittsweise mit einer Schutzschicht (7) gegenüber korrosiven Medien überzogen ist und/oder dass es wenigstens einen eine Opferanode bildenden metallischen Schutzkörper (9) umfasst.
- 10 8. Lagerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es ein Lagerring (3, 4) oder ein Gleit- oder Wälzkörper (5) ist.
- 15 9. Lager, insbesondere Gleit- oder Wälzlager (2), umfassend wenigstens ein Lagerelement (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

FIG. 1

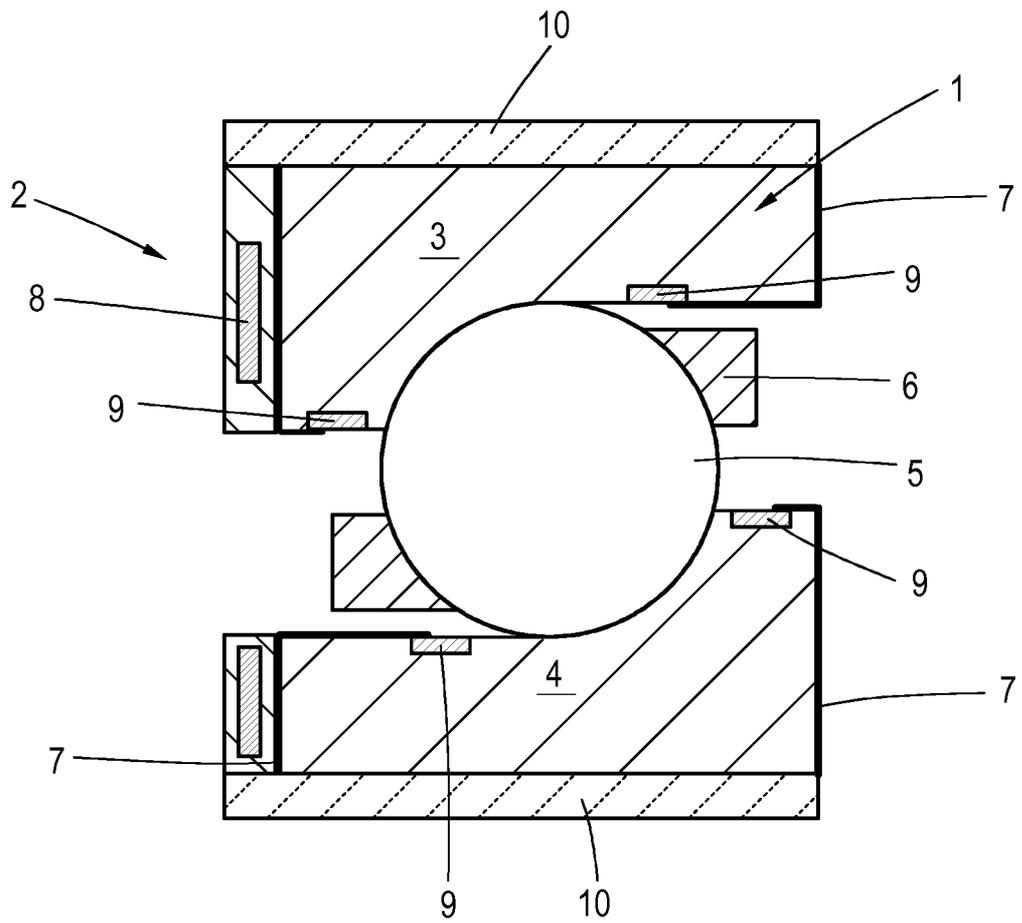
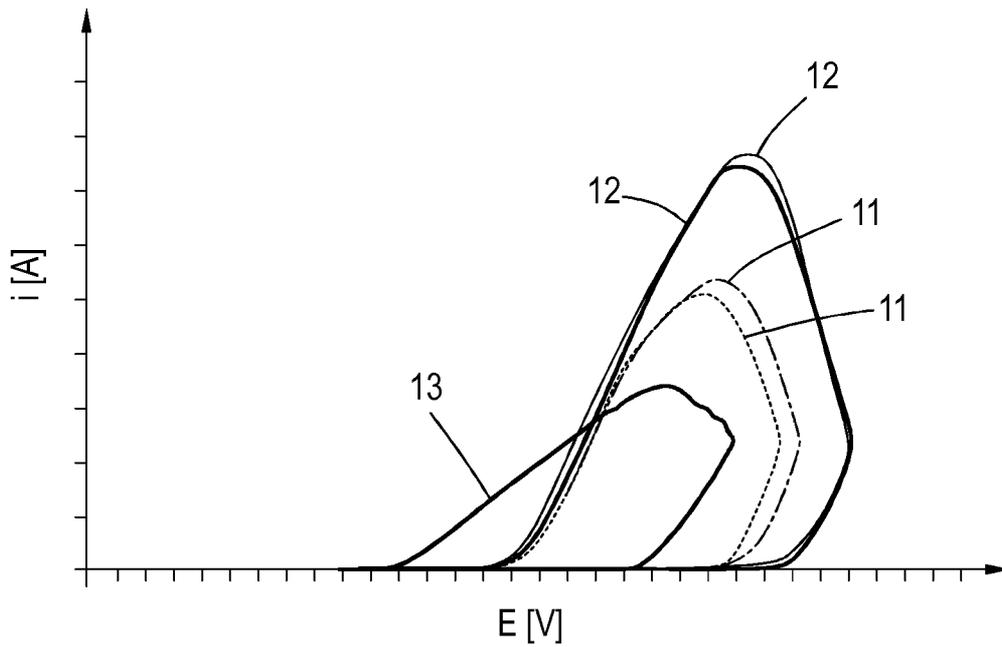


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2014/200408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F16C33/12 F16C33/14 F16C33/62 F16C33/64 C21D9/38
 C21D9/40 C22C33/02 C22C38/00 C22C38/22
 ADD.
 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 C21D C22C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/177527 A1 (KERRIGAN AIDAN MICHAEL [NL] ET AL) 12 July 2012 (2012-07-12)	1,3,5,6,8,9
Y	paragraph [0002] - paragraph [0013] paragraphs [0019], [0020], [0025], [0026]; claims; figures	4,7
X	JP 2002 047541 A (SANYO SPECIAL STEEL CO LTD; THK CO LTD) 15 February 2002 (2002-02-15)	1,2,6,7,9
Y	paragraphs [0019], [0024], [0028], [0029], [0031]; figures	4
Y	DE 10 2008 024055 A1 (SCHAEFFLER KG [DE]) 19 November 2009 (2009-11-19)	7
A	paragraphs [0001], [0002], [0011] - [0040]; claims; figures	1-6,8,9
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 22 January 2015	Date of mailing of the international search report 29/01/2015
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Daehnhardt, Andreas
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2014/200408

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP H11 61351 A (DAIDO STEEL CO LTD) 5 March 1999 (1999-03-05) abstract; figures -----	1,2,6,8, 9
X	DE 42 12 966 A1 (VER SCHMIEDEWERKE GMBH [DE]) 21 October 1993 (1993-10-21) page 3, line 18 - page 4, line 35; figures; table 1 -----	1,4
X	JP 2000 226641 A (NSK LTD) 15 August 2000 (2000-08-15) abstract; figures -----	1
A	DE 10 2004 043134 A1 (BERNS HANS [DE]) 9 March 2006 (2006-03-09) paragraph [0013] - paragraph [0032]; figures -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2014/200408

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012177527 A1	12-07-2012	CN 102498227 A	13-06-2012
		EP 2456900 A1	30-05-2012
		JP 2012533688 A	27-12-2012
		US 2012177527 A1	12-07-2012
		WO 2011010088 A1	27-01-2011

JP 2002047541 A	15-02-2002	NONE	

DE 102008024055 A1	19-11-2009	NONE	

JP H1161351 A	05-03-1999	JP 3747585 B2	22-02-2006
		JP H1161351 A	05-03-1999

DE 4212966 A1	21-10-1993	NONE	

JP 2000226641 A	15-08-2000	NONE	

DE 102004043134 A1	09-03-2006	AT 490350 T	15-12-2010
		CN 101035922 A	12-09-2007
		DE 102004043134 A1	09-03-2006
		DK 1786941 T3	21-03-2011
		EP 1786941 A1	23-05-2007
		ES 2357189 T3	19-04-2011
		JP 4798461 B2	19-10-2011
		JP 2008512563 A	24-04-2008
		KR 20070091264 A	10-09-2007
		US 2008318083 A1	25-12-2008
		WO 2006027091 A1	16-03-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F16C33/12 C21D9/40	F16C33/14 C22C33/02
	F16C33/62 C22C38/00	F16C33/64 C22C38/22
	C21D9/38	
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F16C C21D C22C		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/177527 A1 (KERRIGAN AIDAN MICHAEL [NL] ET AL) 12. Juli 2012 (2012-07-12)	1,3,5,6,8,9
Y	Absatz [0002] - Absatz [0013] Absätze [0019], [0020], [0025], [0026]; Ansprüche; Abbildungen -----	4,7
X	JP 2002 047541 A (SANYO SPECIAL STEEL CO LTD; THK CO LTD) 15. Februar 2002 (2002-02-15)	1,2,6,7,9
Y	Absätze [0019], [0024], [0028], [0029], [0031]; Abbildungen -----	4
Y	DE 10 2008 024055 A1 (SCHAEFFLER KG [DE]) 19. November 2009 (2009-11-19)	7
A	Absätze [0001], [0002], [0011] - [0040]; Ansprüche; Abbildungen -----	1-6,8,9
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
22. Januar 2015		29/01/2015
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

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H11 61351 A (DAIDO STEEL CO LTD) 5. März 1999 (1999-03-05) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1,2,6,8, 9
X	DE 42 12 966 A1 (VER SCHMIEDEWERKE GMBH [DE]) 21. Oktober 1993 (1993-10-21) Seite 3, Zeile 18 - Seite 4, Zeile 35; Abbildungen; Tabelle 1 -----	1,4
X	JP 2000 226641 A (NSK LTD) 15. August 2000 (2000-08-15) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1
A	DE 10 2004 043134 A1 (BERNS HANS [DE]) 9. März 2006 (2006-03-09) Absatz [0013] - Absatz [0032]; Abbildungen -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/200408

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012177527 A1	12-07-2012	CN 102498227 A	13-06-2012
		EP 2456900 A1	30-05-2012
		JP 2012533688 A	27-12-2012
		US 2012177527 A1	12-07-2012
		WO 2011010088 A1	27-01-2011

JP 2002047541 A	15-02-2002	KEINE	

DE 102008024055 A1	19-11-2009	KEINE	

JP H1161351 A	05-03-1999	JP 3747585 B2	22-02-2006
		JP H1161351 A	05-03-1999

DE 4212966 A1	21-10-1993	KEINE	

JP 2000226641 A	15-08-2000	KEINE	

DE 102004043134 A1	09-03-2006	AT 490350 T	15-12-2010
		CN 101035922 A	12-09-2007
		DE 102004043134 A1	09-03-2006
		DK 1786941 T3	21-03-2011
		EP 1786941 A1	23-05-2007
		ES 2357189 T3	19-04-2011
		JP 4798461 B2	19-10-2011
		JP 2008512563 A	24-04-2008
		KR 20070091264 A	10-09-2007
		US 2008318083 A1	25-12-2008
		WO 2006027091 A1	16-03-2006
