

(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  
25. November 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/101836 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **C22C 33/02**,  
B22F 3/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004702

(22) Internationales Anmeldedatum:  
4. Mai 2004 (04.05.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 21 521.2 14. Mai 2003 (14.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **GKN SINTER METALS GMBH** [DE/DE]; Krebs-  
söge 10, 42477 Radevormwald (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ARNHOLD, Volker**  
[DE/DE]; Kottsiepen 62, 42369 Wuppertal (DE).  
**DOLLMEIER, Klaus** [DE/DE]; Rupprechtstrasse 9,  
97769 Bad Brückenau (DE). **BALZER, Harald** [DE/DE];  
Lönsweg 13, 58099 Hagen (DE). **KRUZHANOV,**  
**Vladislav** [DE/DE]; Am Hardtpark 13, 42897 Remscheid  
(DE).

(74) Anwalt: **MAXTON LANGMAACK & PARTNER;**  
Postfach 51 08 06, 50944 Köln (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, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, 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).

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— Erfindenerklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

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

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.

(54) Title: OIL PUMP

(54) Bezeichnung: ÖLPUMPE

(57) **Abstract:** The aim of the invention is to provide an oil pump that is both light and compact. To this end, the inventive oil pump comprises a housing consisting of a material containing aluminium, and mobile moulded parts are arranged in said housing. Said mobile moulded parts are at least partially produced from a sinterable material comprising at least one austenitic iron-base alloy, and the mobile moulded parts produced from the sinterable material have a heat coefficient corresponding to at least 60 % of that of the housing.

(57) **Zusammenfassung:** Zur Lösung der Aufgabe, eine Ölpumpe zur Verfügung zu stellen, welche sowohl leicht als auch kompakt ist, wird eine Ölpumpe mit einem Gehäuse, hergestellt aus einem Aluminium umfassenden Material, und in dem Gehäuse angeordneten beweglichen Formteilen vorgeschlagen, wobei die beweglichen Formteile zumindest teilweise hergestellt sind aus einem sinterfähigen Material, umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung, und wobei die aus dem sinterfähigen Material hergestellten beweglichen Formteile einen Wärmekoeffizienten aufweisen, welcher mindestens 60% desjenigen des Gehäuses beträgt.



WO 2004/101836 A2

## Ölpumpe

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ölpumpe mit einem Gehäuse und in diesem Gehäuse angeordneten beweglichen Formteilen, derartige Formteile sowie Verfahren zur Herstellung derartiger Formteile.

Ölpumpen der eingangs genannten Art finden insbesondere Verwendung in Verbrennungskraftmaschinen, in welchen höhere Temperaturen vorherrschen. Übliche, im Stand der Technik bekannte Ölpumpen weisen ein Gehäuse aus Gußeisen auf und in diesem Gehäuse angeordnete bewegliche Formteile, beispielsweise einen Verzahnungsrotorsatz im Falle einer Innenzahnradpumpe. Die beweglichen Formteile sind dabei aus eisenhaltigen Legierungen hergestellt, und zwar üblicherweise in einem sintermetallurgischen Herstellungsverfahren. Dabei werden Eisenkupferlegierungen verwendet. Die Verwendung von Gußeisen und Eisenkupferlegierungen hat zur Folge, daß derartige Ölpumpen ein relativ hohes Gewicht aufweisen. Im Hinblick auf die allgemeine Tendenz im Automobilbau, das Gewicht von Kraftfahrzeugen zu vermindern, ist es daher erstrebenswert, Ölpumpen zur Verfügung zu stellen, welche ein geringeres Gewicht aufweisen.

Hierzu ist aus dem Stand der Technik bekannt, das Gehäuse von Ölpumpen nicht aus einem Gußeisen, sondern aus einer Aluminiumlegierung im Gußverfahren herzustellen. Auch hierbei finden als bewegbare Formteile, beispielsweise als Verzahnungsrotorsatz, angeordnet im Innern des Ölpumpengehäuses, Eisenkupferlegierungen Anwendung. Problematisch bei derartigen Ölpumpen ist jedoch, daß aufgrund der Temperaturschwankungen und höheren Temperaturen, denen die Ölpumpen insbesondere im Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine ausgesetzt sind, Spaltverluste aufweisen, welche üblicherweise durch eine größere Dimensionierung der Ölpumpe selbst kompensiert werden. Durch die größere Dimensionierung der Ölpumpe werden jedoch die ge-

wünschten Gewichtseinsparungen teilweise wieder zunichte gemacht.

Es besteht daher ein Bedarf an Ölpumpen, welche einerseits  
5 ein geringes Gewicht, andererseits aber keine oder nur geringe Spaltverluste aufweisen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Ölpumpen zur  
Verfügung zu stellen, welche die vorgenannten Nachteile nicht  
10 aufweisen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Ölpumpe mit einem Gehäuse, hergestellt aus einem Aluminium umfassenden Material, und in dem Gehäuse angeordneten beweglichen Formteilen vorgeschlagen, wobei die Ölpumpe dadurch gekennzeichnet ist, daß  
15 die beweglichen Formteile zumindest teilweise hergestellt sind aus einem sinterfähigen Material, umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung, und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, welcher mindestens 60% desjenigen des Gehäuses der Ölpumpe beträgt. Bevorzugt beträgt der Wärmeausdehnungskoeffizient mindestens 70%, weiter bevorzugt mindestens 74% desjenigen des Gehäuses der Ölpumpe. Die Ölpumpe kann beispielsweise als Außenzahnradpumpe mit Evolventenverzahnung, Innenzahnradpumpe mit Trochoidenverzahnung  
20 und Mondsichel, G-Rotor mit Zykloidenverzahnung, P-Rotor oder Flügelzellenpumpe ausgebildet sein.

Unter gesinterten Formteilen im Sinne der vorliegenden Erfindung werden Formteile verstanden, welche vollständig aus einem sinterfähigen Material hergestellt wurden, andererseits  
30 werden hierunter auch Verbundformteile verstanden, wobei der Grundkörper eines derartigen Verbundformteils beispielsweise aus einer aluminiumhaltigen Pulvermischung hergestellt sein kann und der mit dem Grundkörper weiter verbundene Körper aus einem weiteren sinterfähigen Material, umfassend mindestens  
35 eine austenitische Eisenbasislegierung. Der Grundkörper aus

einer aluminiumhaltigen Pulvermischung könnte dabei auch ersetzt werden durch einen solchen aus massivem Aluguß. Umgekehrt kann das Verbundformteil auch beispielsweise lediglich auf den Stirnseiten oder seiner Oberfläche eine gesinterte Schicht aus einem sinterfähigen Material, umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung, aufweisen, wohingegen der Grundkörper aus beispielsweise Stahl oder Gußeisen, gesintert oder massiv, hergestellt ist.

- 10 Die erfindungsgemäße Ölpumpe weist insbesondere bei einem Betrieb in einer Verbrennungskraftmaschine geringe Spaltverluste auf. Daher ist eine größere Dimensionierung nicht notwendig, und durch die Verwendung von Aluminium für das Ölpumpengehäuse ist das Gewicht der Ölpumpe deutlich verringert. Das
- 15 Gehäuse der Ölpumpe kann entweder im Gußverfahren oder über sintermetallurgische Herstellungsverfahren hergestellt werden. Vorteilhafterweise ist das Gehäuse aus einer Aluminiumlegierung gegossen.
- 20 Das sinterfähige Material, aus welchem die in dem Gehäuse der Ölpumpe angeordneten beweglichen Formteile hergestellt sind, ist vorteilhafterweise aus nur einer austenitischen Eisenbasislegierung hergestellt. Jedoch sind auch Mischungen verschiedener austenitischer Eisenbasislegierungen möglich. Weiterhin kann das sinterfähige Material übliche Schmierstoffe,
- 25 Preßhilfsmittel, Gleitmittel o.ä. umfassen. Als Schmiermittel, welche in einer Menge von etwa 0,2 bis etwa 5 Gew%, bezogen auf die Gesamtmenge des sinterfähigen Materials, zugesetzt werden, können selbstschmierende Mittel wie beispielsweise
- 30  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$ , BN, MnS sowie Graphit und/oder andere Kohlenstoffmodifikationen wie Koks, polarisierter Graphit o.ä. verwendet werden, welche den beweglichen Formteilen selbstschmierende Eigenschaften vermitteln. Als Bindemittel und/oder Gleitmittel können Materialien ausgewählt werden aus
- 35 einer Gruppe umfassend Polyvinylacetate, Wachse, insbesondere Amidwachse wie Ethylenbissteaorylamid, Schellack, Polyalkylenoxide und/oder Polyglykole. Polyalkylenoxide und/oder

-glykole werden vorzugsweise als Polymere und/oder Copolymere mit mittlerem Molekulargewicht in einem Bereich von etwa 100 bis 50.000 g/mol, bevorzugt etwa 1.000 bis 6.500 g/mol, verwendet. Binde- und/oder Gleitmittel werden vorzugsweise in einer Menge in einem Bereich von etwa 0,01 bis 12 Gew%, bevorzugt in einem Bereich von etwa 0,5 bis 5 Gew%, bezogen auf die Gesamtmenge des eingesetzten sinterfähigen Materials, verwendet.

- 10 Als austenitische Eisenbasislegierungen sind insbesondere geeignet die Legierungen 316L, 305, 308, 317 L und 321 oder Mischungen derselben. Vorzugsweise umfassen die eingesetzten austenitischen Eisenbasislegierungen 0,005 bis 0,04 Gew% Kohlenstoff, 0,1 bis 1,5 Gew% Silizium, 8 bis 18 Gew% Nickel, 0 bis 25 Gew% Chrom, 1 bis 4 Gew% Molybdän und 0,05 bis 1 Gew% Mangan neben Eisen.

Vorteilhafterweise weisen die aus dem sinterfähigen Material hergestellten beweglichen Formteile der Ölpumpe eine Brinell-Härte gemäß DIN EN 24498-1 von mindestens 100 HB, bevorzugt 120 HB, weiter bevorzugt mindestens 130 HB, weiter bevorzugt mindestens 140 HB, auf. Die Brinell-Härte wird hierbei ermittelt mit einer gehärteten Stahlkugel als Eindringkörper mit einem Durchmesser von 2,5 cm und mit einer Last von 62,5 kg. Durch derart harte bewegliche Formteile können lange Lebensdauern der erfindungsgemäßen Ölpumpen erzielt werden. Denn es muß berücksichtigt werden, daß die Wärmeausdehnungskoeffizienten herkömmlicher Aluminiumgußlegierungen in einem Bereich von etwa 20 bis 24 ppm liegen, diejenigen der als sinterfähiges Material verwendeten austenitischen Eisenbasislegierungen jedoch darunter liegen.

Vorzugsweise liegt der Wärmeausdehnungskoeffizient der aus dem sinterfähigen Material hergestellten beweglichen Formteile in einem Bereich von etwa 12 – 21 ppm, bevorzugt 16 – 19 ppm. Durch derartige bewegliche Formteile ist sichergestellt, daß die erfindungsgemäße Ölpumpe die an diese gestellten me-

chanischen tribologischen Anforderungen insbesondere bei Verwendung in einer Verbrennungskraftmaschine erfüllt. Vorzugsweise umfassen die beweglichen Formteile der Ölpumpe einen Rotorsatz, wobei das Axialspiel zwischen mindestens einem auf  
5 einer Welle angeordneten Rotor des Rotorsatzes und der Wand des Gehäuses der Ölpumpe, gegen welches der Rotor arbeitet, weniger als 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt weniger als 40  $\mu\text{m}$ , beträgt. Die erfindungsgemäße Ölpumpe kann somit vorteilhafterweise sehr kompakt ausgebildet werden. Des weiteren wird durch das wie  
10 vorstehend definierte Axialspiel eine hohe Leistung der erfindungsgemäßen Ölpumpe erzielt.

Die Erfindung betrifft weiterhin Formteile, die in dem Gehäuse der Ölpumpe angeordnet sind, sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Formteile, wobei  
15

- in einem ersten Schritt ein sinterfähiges Material, umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung, in eine Preßform gefüllt wird;  
20
- in einem zweiten Schritt bei einem Preßdruck von mindestens 500 MPa ein Grünling gepreßt wird mit einer Dichte gemäß DIN ISO 2738 von mindestens 6,5 g/cm<sup>3</sup>; und
- 25 - in einem dritten Schritt der Grünling bei einer Temperatur von mindestens 1.000°C in einer Gasatmosphäre, umfassend Stickstoff und/oder Wasserstoff, gesintert wird. Bei Vorsehen einer Mischgasatmosphäre aus Wasserstoff und Stickstoff beträgt das Verhältnis der Anteile von Stickstoff und Wasserstoff mindestens 66:33 vorzugsweise mehr als 95:5.  
30

Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden in den aus mindestens einer austenitischen Eisenbasislegierung hergestellten beweglichen Formteilen nitridische Phasen erzeugt, durch  
35 welche diese die für den Betrieb einer erfindungsgemäßen Ölpumpe notwendigen Anforderungen im Hinblick auf Härte und Festigkeit insbesondere in Verbrennungskraftmaschinen erfül-

len. Eine Alternative zu der Einbringung nitridischer Phasen über eine Mischgasatmosphäre gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist das sogenannte Plasmanitrieren, wobei dieses auch zusätzlich in einem weiteren Schritt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kombiniert werden kann.

Vorteilhafterweise wird im erfindungsgemäßen Verfahren in einem

10 - vierten Schritt das gesinterte Formteil bei einem Druck von mindestens 600 MPa, bevorzugt mindestens 750 MPa auf eine Dichte gemäß DIN ISO 2738 von mindestens 6,7 g/cm<sup>3</sup> kalibriert.

15 Diese und weitere Vorteile der Erfindung werden anhand des nachfolgenden Beispiels und der Figur erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Ölpumpe (Ausschnitt).

20

Fig. 1 zeigt eine insgesamt mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnete erfindungsgemäße Ölpumpe 1 vom Typ P-Rotor (wie er beispielsweise in DE 196 46 39 C2 offenbart ist) mit einem Gehäuse 2, welches hier zweiteilig (2', 2'') ausgebildet ist. In diesem Gehäuse 2 ist ein Verzahnungsrotorsatz 4 angeordnet mit einem auf einer Welle 5 in Richtung der Achse Z angeordneten Innenrotor 6 und diesen umgebenden Planetenrädern 8. Der Verzahnungsrotorsatz 4 besteht weiterhin aus einem drehbaren Lagerring 9 mit hier nicht gezeigten Lagertaschen, in denen die drehbar gelagerten Planetenrotoren 8 angeordnet sind. Der Innenrotor 6 ist exzentrisch zum Lagerring 9 gelagert und weist eine annähernd sternförmige Außenkontur auf, die mit einer Außenverzahnung versehen ist. Der Verzahnungsrotorsatz 4 weist wie üblich einen hier nicht näher bezeichneten Saugbereich, einen Druckbereich und eine Verdrängungskammer auf. Über die Antriebswelle 5 wird ein Antriebsmoment auf den verzahnten Innenrotor 6 übertragen. Als bewegliche

Formteile im Sinne der vorliegenden Erfindung sind gemäß der Fig. 1 der Lagerring 9, der Innenrotor 6, die Planetenrotoren 8 als auch die Welle 5 einschließlich der auf dieser angeordneten Mitnahme (nicht gezeigt) anzusprechen.

5

Zwischen der Innenwand 3 des Gehäuseteils 2' der Ölpumpe 1 und der Stirnfläche 10 des Innenrotors 6 besteht ein Axialspiel A, welches 40  $\mu\text{m}$  beträgt.

10 Der in Fig. 1 gezeigte Verzahnungsrotorsatz 4 wurde hergestellt aus einer Mischung, enthaltend 1 Gew% des Gleitmittels Licowax C, Firma Clariant GmbH, Frankfurt, welches ein Polyamidwachs darstellt, und 99 Gew% der austenitischen Eisenbasislegierung 316L, enthaltend 0,02 Gew% Kohlenstoff, 0,8 Gew%  
15 Silizium, 13 Gew% Nickel, 17 Gew% Chrom, 2,2 Gew% Molybdän und 0,2 Gew% Mangan, wobei der verbleibende Restbestandteil durch Eisen gebildet wird. Die austenitische Eisenbasislegierung 316L wurde bezogen von der Firma Hoeganaes AB, Stockholm, Schweden.

20

Die vorstehend definierte Mischung wurde zunächst bei einem Druck von 600 MPa und Raumtemperatur ein Grünling mit einer Dichte in einem Bereich von 6,6 bis 6,7  $\text{g/cm}^3$  gepreßt, welcher anschließend in einem zweiten Schritt in einem Hubbal-  
25 kenofen für 15 Minuten bei einer Temperatur von 1.280°C unter einer Mischgasatmosphäre aus 70% Stickstoff und 30% Wasserstoff gesintert wurde. Anschließend wurde in einem weiteren Schritt der derart gesinterte Rotorsatz unter einem Druck von 800 MPa kalibriert auf eine Dichte von 6,8 bis 7,0  $\text{g/cm}^3$ . Die  
30 Härte der solchermaßen hergestellten beweglichen Formteile des Verzahnungsrotorsatzes betrug 141 HB, 62,5/2,5 gemäß DIN EN 24498-1 (Brinell-Härte). Der Wärmeausdehnungskoeffizient, bestimmt gemäß der Norm DIN 51045 (Temperaturbereich 25°C – 200°C) wurde mit 17 ppm bestimmt.

35

Der solchermaßen hergestellte Verzahnungsrotorsatz wurde in einem Aluminiumgußgehäuse aus GD-AlSi<sub>9</sub>Cu<sub>3</sub> (Werkstoffnummer

3.2163.05) eingesetzt, welches einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von 23 ppm gemäß DIN 51405 (Temperaturbereich 25°C – 200°C) aufwies.

5 Die solchermaßen hergestellte Ölpumpe wies auch nach längeren Laufzeiten unter Last und erhöhten Temperaturen, wie diese in Verbrennungskraftmaschinen üblich sind, nur geringe Spaltverluste auf. Im Unterschied zu im Stand der Technik üblichen Ölpumpen ist sie erheblich leichter.

10

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, nicht nur einen vollständigen Verzahnungsrotorsatz, wie vorstehend beschrieben, aus einem mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung umfassenden Material herzustellen, sondern im  
15 Sinne der Erfindung kann auch lediglich der Innenrotor vollständig aus einem eine austenitische Eisenbasislegierung umfassenden Material hergestellt sein. Es können jedoch auch die einzelnen Bestandteile eines Rotorsatzes, insbesondere das Innenrad, als Verbundformteil hergestellt werden, wobei  
20 dann entweder die Verzahnung beispielsweise des Innenrotors und/oder die der Wand 3 beispielsweise zugewandte Stirnfläche 10 des Innenrotors mit einer Beschichtung aus einem eine austenitische Eisenbasislegierung umfassenden Material hergestellt ist. Des weiteren kann umgekehrt auch lediglich die  
25 Verzahnung von Rotorteilen eines Rotorsatzes aus einem anderen Material, beispielsweise einer Aluminiumbasislegierung, gefertigt sein, wohingegen der Grundkörper der betreffenden Rotoren aus einer austenitischen Eisenbasislegierung hergestellt sein kann. Des weiteren ist es auch möglich, lediglich  
30 die Mitnahme des Innenrotors eines Verzahnungsrotorsatzes aus austenitischem Eisenbasislegierungsmaterial herzustellen. Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist jedoch keineswegs beschränkt auf die genannten Kombinationen, sondern erstreckt sich auf jedwede möglichen sonstigen Kombinationen der in ei-  
35 ner Ölpumpe angeordneten beweglichen Formteile.

Mit der vorliegenden Erfindung ist es somit möglich, einerseits sowohl kompakt gebaute als auch leichte Ölpumpen zur Verfügung zu stellen, welche Laufzeiten erreichen, die mit denjenigen ein Eisengußgehäuse aufweisenden Ölpumpen vergleichbar sind.

5

## Patentansprüche

1. Ölpumpe (1) mit einem Gehäuse (2), hergestellt aus einem Aluminium umfassenden Material, und in dem Gehäuse (2) angeordneten beweglichen Formteilen, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Formteile zumindest teilweise aus einem sinterfähigen Material hergestellt sind, umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung, und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, welcher mindestens 60% desjenigen des Gehäuses (2) beträgt.
2. Ölpumpe (1) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aus dem sinterfähigen Material hergestellten Formteile eine Brinell-Härte gemäß DIN EN 24 498-1 von mindestens 100 HB aufweisen.
3. Ölpumpe (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeausdehnungskoeffizient der aus dem sinterfähigen Material hergestellten Formteile in einem Bereich von etwa 15 bis etwa 21 ppm liegt.
4. Ölpumpe (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Formteile einen Rotorsatz (4) umfassen, wobei das Axialspiel zwischen mindestens einem auf einer Welle (5) angeordneten Rotor (6) des Rotorsatzes (4) und der Wand (3) des Gehäuses (2) weniger als 50  $\mu\text{m}$  beträgt.
5. Formteile gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.
6. Verfahren zur Herstellung von Formteilen gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß
- in einem ersten Schritt sinterfähiges Material umfassend mindestens eine austenitische Eisenbasislegierung in eine Preßform gefüllt wird;



- in einem zweiten Schritt bei einem Preßdruck von mindestens 500 MPa ein Grünling gepreßt wird mit einer Dichte gemäß DIN ISO 2738 von mindestens 6,5 g/m<sup>3</sup>; und

5 - in einem dritten Schritt der Grünling bei einer Temperatur von mindestens 1.000°C in einer Gasatmosphäre umfassend Stickstoff und/oder Wasserstoff gesintert wird.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß

10

- in einem vierten Schritt das gesinterte Formteil bei einem Druck von mindestens 600 MPa auf eine Dichte gemäß DIN ISO 2738 von mindestens 6,7 g/cm<sup>3</sup> kalibriert wird.

1 / 1

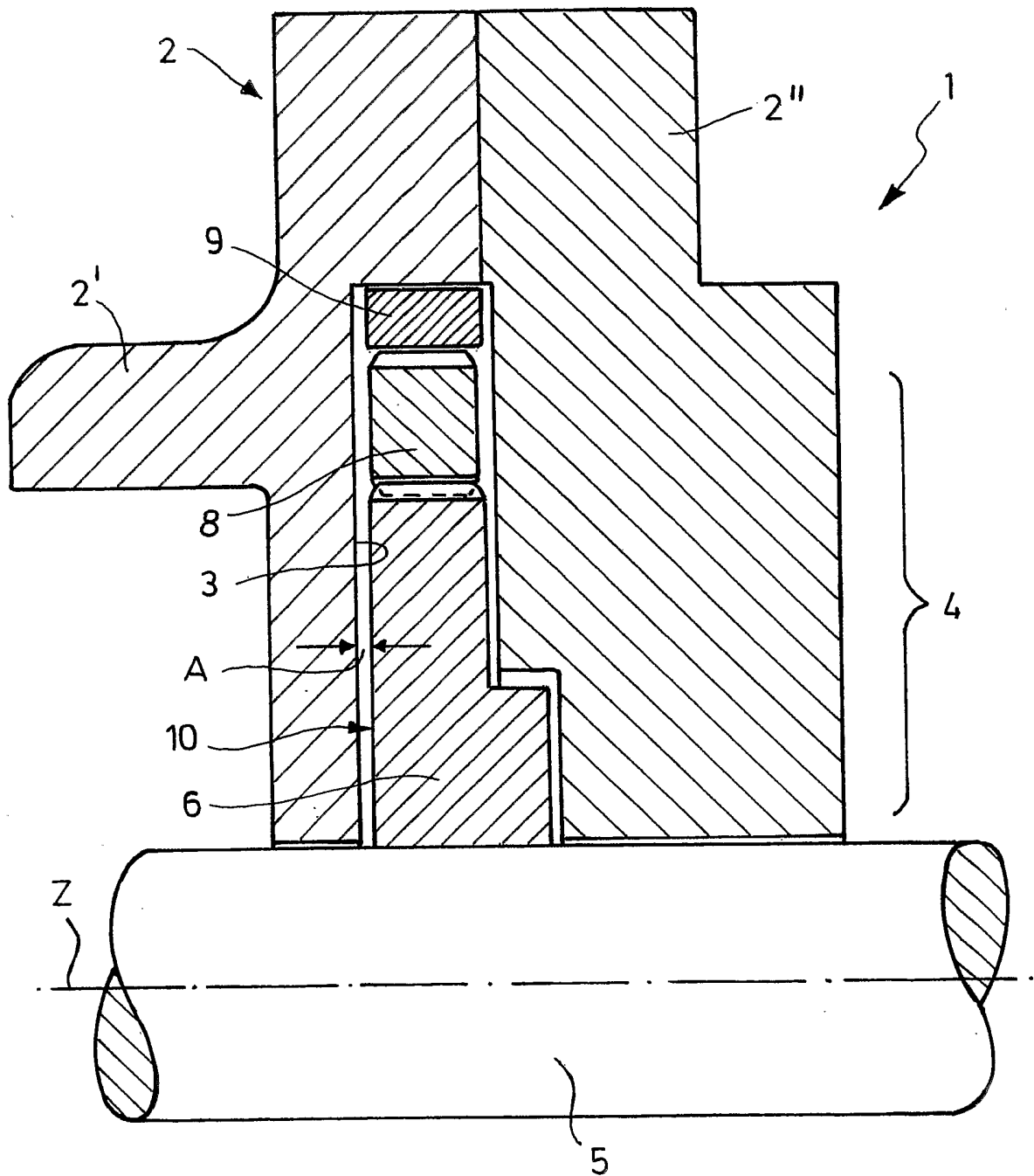


Fig.1