

(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
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/016730 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F16C 3/06**, 3/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02965

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. August 2002 (13.08.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 40 332.1 16. August 2001 (16.08.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BEHR, Thomas**
[DE/DE]; Friedhofweg 1, 89275 Elchingen (DE). **WEIS-
SKOPF, Karl-Ludwig** [DE/DE]; Anemonenweg 4, 73635
Rudersberg (DE). **HAUG, Tilman** [DE/DE]; Sattlerstrasse
27, 89264 Weissenhorn (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **DAIMLERCHRYSLER
AG**; Intellectual Property Management, Wilhelm-Runge-
Strasse 11, 89081 Ulm (DE).

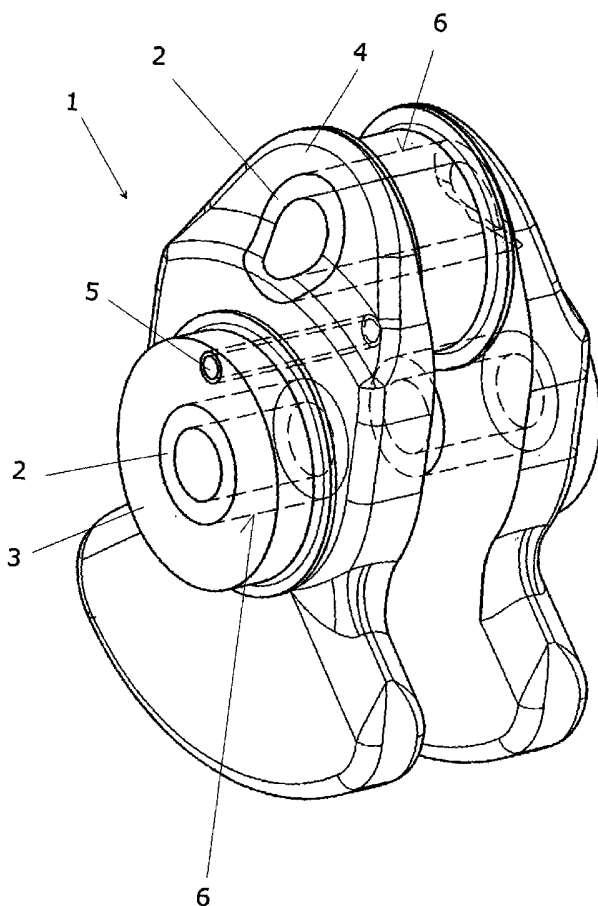
(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHTWEIGHT CRANKSHAFT

(54) Bezeichnung: LEICHTBAUKURBELWELLE



(57) Abstract: The invention relates to a crankshaft (1) and to a corresponding production method. In order to reduce inherent weight, the crankshaft (1) has recesses (7) or cavities that are either axially (area 3) situated or located in eccentric parts (4) of the crankshaft (1) such as in main bearings and connecting rods. In order to reinforce the mechanical stability properties of the crankshaft (1), at least some of the cavities or recesses (7) are provided with high-strength reinforcing elements. In order to delimit the reinforcing elements, which are provided in the form of metal shaped bodies (2) while preferably being made of steel, from the material of the crankshaft (1), these reinforcing elements are provided with a coating (6).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt eine Kurbelwelle (1) und das entsprechende Herstellungsverfahren. Zur Reduzierung des Eigengewichts weist die Kurbelwelle (1) wahlweise zum einen axial (Bereich 3) gelegene, zum anderen in exzentrischen Teilen (4) der Kurbelwelle (1) - wie z.B. Hauptlager, Pleuel - Ausnehmungen (7) oder Hohlräume auf. Zur Verstärkung der mechanischen Stabilitätseigenschaften der Kurbelwelle (1) sind zumindest einige der Hohlräume oder Ausnehmungen (7) mit hochfesten Verstärkungselementen versehen. Zur Abgrenzung der als Metallformkörper (2), vorzugsweise aus Stahl, ausgebildeten Verstärkungselemente von dem Material der Kurbelwelle (1) sind diese mit einer Beschichtung (6) versehen.

WO 03/016730 A1



Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

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

Leichtbaukurbelwelle

Die Erfindung betrifft mechanische Kurbelwellen, wie sie z.B. in Antrieben eingesetzt werden. Insbesondere betrifft die Erfindung (teil-)gegossene Kurbelwellen und Verfahren zu deren Herstellung.

Antriebswellen sind mechanisch hoch belastet und daher üblicherweise aus Vollmaterial (Stahl) gefertigt. Eine massive Kurbelwelle aus geschmiedetem Stahl oder Kugelgraphitguss (GGG70) ist daher mit einem Eigengewicht von 12 bis 40 Kg die schwerste Motorkomponente bei Kraftfahrzeugen.

Eine nicht massive und daher leichtere Kurbelwelle übt einen günstigen Einfluß auf die erreichbaren Drehzahlen aus und führt durch die Reduktion bewegter Massen zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch. Weitere positive Nebeneffekte ergeben sich für die Lagerung der Welle, Pleuel, Gehäusevolumen und Startergenerator und ermöglichen durch Reduktion des Gegengewichtsradius eine Verringerung der Motorbauhöhe.

Zur Reduzierung des Gewichts gibt es technische Ansätze, den Kern der Welle axial hohl auszubilden. So beschreibt die Patentschrift DE 43 14 138 C1 u.a. für den Einsatz als Kurbelwelle - eine Hohlwelle, bei der der Kern aus einem Stahlrohr gefertigt ist, welches dann in einer Gießform eingesetzt wird und mit dem gewünschten Gießmetall umgossen

(z.B. Nockenkörper) gebildet werden. Für eine weitere Reduzierung des Gewichts in Bereichen der Welle, die exzentrisch hervortreten (Nockenkörper), wird in der Patentschrift vorgeschlagen, den Stahlrohrkern in diesen Bereichen durch Druckverformung auszuweiten, um so auch bei diesen besonders schweren Gewichtsanteilen der Welle Material (Gußmetall) einzusparen.

Bei einer so gefertigten Welle sind mögliche Gewichts- einsparungen grundsätzlich eingeschränkt, da nur das zentrale Stahlrohr (mit Druckverformungen) zur Materialreduktion beiträgt. Dabei erfolgt eine Masseverringering nur im Kernbereich der Welle, d.h. Trägheitsmomente exzentrischer Bereiche mit größerem axialen Abstand werden nur unwesentlich reduziert. Nachteilig ist bei diesem Verfahren auch, dass eine Druckverformung eines Stahlrohrkerns (vorgeschlagene Wandstärke bis 4 Millimeter) an mehreren, über die Länge der Welle verteilte Stellen fertigungstechnisch relativ aufwendig ist (erforderlich ist nach der Lehre der genannten Patentschrift eine schlagartige Innendruckbelastung bis 4000 bar). Zudem verliert das zentrale Stahlrohr gerade durch die Druckverformungen an Stabilität, da zum einen durch die Verformung in diesen Bereichen die Stärke der Wandung verringert ist und zum anderen durch lokale Abweichungen von der symmetrischen Zylinderform ungünstige Spannungsverläufe entstehen. Für moderne Hochleistungsantriebe, wie sie beispielsweise in Fahrzeugen eingesetzt werden, kann diese Ausführung einer Kurbelwelle den Anforderungen bzgl. Steifigkeit nicht genügen, da der Verformungsgrad zwischen Haupt- zum Hublager viel zu groß wäre.

Aus den Schriften DE 4 85 336 C, DE 7 14 558 C sowie aus der DD 22 40 sind außerdem Kurbelwellen bekannt, bei welchen sowohl im

Bereich der Rotationsachse, als auch im Bereich der exzentrischen Strukturen Hohlräume unterschiedlicher Ausgestaltung vorgesehen sind.

Die Druckschriften DE 74 27 967 U1 und DE 27 06 072 A1 beschreiben gegossene Kurbelwellen, deren Gewicht nicht durch Hohlräume sondern durch seitliche, im Bereich der exzentrischen Strukturen angeordnete Ausnehmungen reduziert wird.

Die DE 10 22 426 B geht dabei sogar noch einen Schritt weiter und bildet praktisch die gesamte Kurbelwelle hohl aus.

All diesen Kurbelwellen ist es gemeinsam, dass durch die Hohlräume zwar Vorteile hinsichtlich des Gewichts der Kurbelwelle zu erzielen sind, die Festigkeit bzw. Steifigkeit der Kurbelwelle wird durch die Hohlräume und/oder Ausnehmungen jedoch gegenüber einer massiven Bauweise herabgesetzt.

Um diesem Punkt der geringeren Festigkeit und Steifigkeit entgegenzuwirken sind dem Abstract der JP 55-103112 A Kurbelwellen bekannt, bei welchen während des Gießens metallische Kerne eingelegt sind, welche in der Kurbelwelle verbleiben. In dem Abstract der JP 56-131819 A sind diese Kerne während des Gießens an geraden Rohren befestigt, welche zu Führung von Öl in der Kurbelwelle dienen. Auch der Abstract der JP 55-078813 beschreibt die Befestigung von, allerdings andersartig ausgebildeten Kernen an den Ölführungsrohren einer Kurbelwelle während des Gießens.

Ein Nachteil ist darin zusehen, dass es zu sich verschlechternden Eigenschaften sowohl bei den metallischen Kernen, als auch bei der Kurbelwelle selbst kommen kann, da durch Diffusion Stoffe zwischen den beiden Partnern

ausgetauscht werden, welche dann beim Abkühlen zu sich verändernden Eigenschaften führen können. Als Beispiel hierfür sei die Diffusion von Kohlenstoff und die sich daraus ergebenden Gefügeausbildungen von z.B. gehärtetem Stahl bei langsamer Abkühlung genannt.

Des weiteren kann es sehr leicht zu einem Aufschmelzen der metallischen Kerne kommen.

Die metallischen Kerne tragen außerdem wieder zu einer Erhöhung des Gewichts der Kurbelwelle bei.

Die Erfindung geht aus von dem dargelegten Stand der Technik. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kurbelwelle sowie das entsprechende Herstellungsverfahren zu entwickeln, wobei einerseits eine weitergehende Reduzierung des Eigengewichts der Welle erreicht werden, und andererseits die mechanische Stabilität gesteigert werden soll, so dass die aufgeführten Nachteile besser überwunden und weitere Vorteile (z.B. bzgl. Laufruhe) erreicht werden können.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Kurbelwelle mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Das entsprechende Herstellungsverfahren ist Gegenstand des Anspruchs 6.

Gegossene Kurbelwellen weisen gegenüber geschmiedeten Kurbelwellenwerkstoffbedingt eine geringere Steifigkeit (Axial-, Biege- und Torsionssteifigkeit) auf, welche durch den geringeren E-Modul begründet wird (Stahl: 210.000 MPa; Sphäroguss: 160.000 MPa). Durch die hohe Gestalt- und Designfreiheit beim Giessen kann dieser Nachteil jedoch durch konstruktive Maßnahmen wie Verrippung(en) oder einer Optimierung des Kraftflusses durch

spezielle Formgebung vermindert werden.

Die Erfindung nutzt die durch das Giessen bestehende Möglichkeit einer gezielten Ausstattung der Welle bzw. der Lager mit Hohlräumen und/oder Ausnehmungen. Eine solche Hohlgestaltung kann - je nach Wellentyp - zu einer Gewichtsreduktion der Welle von bis zu 50% führen. Dabei ist die Hohlgestaltung der Lager meist mit einer Reduzierung der Steifigkeit des Bauteils verbunden. Dieser Nachteil kann durch spezielle Formgebung der Hohlräume oder Ausnehmungen teilweise überwunden werden, da die Geometrie der Hohlgestaltung einen signifikanten Einfluß auf die Höhe der Steifigkeitsreduktion (Axial-, Biege- und Torsionssteifigkeit) hat. Durch das Fertigungsverfahren Giessen können die unterschiedlichsten Hohlraumgeometrien (z.B. konisch, zylindrisch, geschlossen, einseitig offen, zweiseitig offen) dargestellt werden, wobei die Form auch über den Querschnitt variieren kann. Durch die Integration von Metallformkörpern als Verstärkungselemente, insbesondere solche aus Stahl, wird eine weitere Steigerung der Festigkeit erreicht.

Zur Einstellung der Grenzflächen zwischen den Verstärkungselementen und dem Gusswerkstoff und zur Verhinderung des Aufschmelzens der Verstärkungselemente, wenn dies als Verdrängungskörper eingesetzt werden, ist eine vollständige oder teilweise Beschichtung der Verdrängungskörper vorgesehen. Des weiteren kann die Beschichtung die Diffusion von Stoffen, insbesondere von Kohlenstoff, aus der Schmelze in die Verdrängungskörper verhindern, welche ansonsten einen negativen Einfluß auf die mechanischen Kennwerte nach sich ziehen würde.

Diese Beschichtung kann gemäß einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung mittels thermischer Spritzverfahren (z.B. Lichtbogendrahtspritzen, Plasmabeschichtung), Sol-Gel, galvanisch oder als Schlichte (Al_2O_3 , $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, MgAl_2O_4 , Zr/Al-Silicat, NiCrAlY- und NiTi-Schichten, Bornitrid; generell Metall-Oxide) aufgetragen werden.

Die aufgeführten steifigkeitsoptimierten Konstruktionen mit Verstärkungselementen sind grundsätzlich für alle üblichen Gusslegierungen für Kurbelwellen (z.B. Sphäroguss nach DIN EN 1563) einsetzbar. Die Verwendung von bainitischem Gusseisen (ADI Austempered Ductile Iron) nach DIN EN 1564 bietet darüber hinaus, bedingt durch die anschließende Wärmebehandlung, die Möglichkeit, die durch das Eingießen von Verstärkungselementen vielleicht entstandenen Spannungen abzubauen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung und Vorzüge verschiedener Ausführungsformen ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Kurbelwelle und das entsprechende Herstellungsverfahren wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben, wobei Bezug genommen wird auf die Abbildungen und die darin aufgeführten Bezugsziffern.

Es zeigt:

Fig. 1 eine dreidimensionale Darstellung eines Abschnitts einer Kurbelwelle mit hohlen Metallformkörpern als Verstärkungselemente;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung durch den Abschnitt der Kurbelwelle gemäß Figur 1;

Fig. 3 bis Fig. 7 Schnittdarstellungen durch verschiedene Ausführungsformen von Kurbelwellen mit jeweils unterschiedlichen Verstärkungselementen;

Fig. 8 eine Schnittdarstellungen durch eine Ausführungsformen einer gegossenen Kurbelwellen mit Ölführungsrohren und daran angebrachten Verdrängungskörpern; und

Fig. 9 eine dreidimensionale Darstellung eines Abschnitts einer Kurbelwelle mit einer Vielzahl von einzelnen Verstärkungselementen in einem Bereich der Kurbelwelle.

In Figur 1 ist in einer dreidimensionalen Darstellung eine mögliche Ausführungsform einer Kurbelwelle (1) bzw. eines Abschnitts davon dargestellt. Bei dieser Ausführungsform sind zylindrische hohle Metallformkörper (2) aus Stahl zum einen im Kern (3) der Kurbelwelle (1) entlang der Hauptachse angebracht und weitere zylindrische hohle Metallformkörper (2) im Bereich der Lager (4) exzentrisch angeordnet. Die in den verschiedenen Bereichen eingebrachten Metallformkörper (2) dienen als Verstärkungselemente für die Kurbelwelle (1). Sie können dabei unterschiedliche Durchmesser haben, um den jeweiligen Belastungen an verschiedenen Stellen der Welle Rechnung zu tragen. Außerdem ist in Figur 1 ein eingegossenes Rohr (5), das beispielsweise zur Ölführung dient, zu erkennen, welches jedoch für die Erfindung in der hier dargestellten Form nicht relevant ist, und auf welches daher erst im Rahmen der Figur 8 näher eingegangen wird.

Zur Einstellung der Grenzflächen zwischen den als Verstärkungselemente dienenden Metallformkörpern (2) und dem

Gusswerkstoff der Kurbelwelle (1) und zur Verhinderung des Aufschmelzens, wenn die Metallformkörper beim Guss der Kurbelwelle (1) als Verdrängungskörper eingesetzt werden, ist eine vollständige oder teilweise Beschichtung (6) der Metallformkörper (2) vorgesehen. Des weiteren kann die Beschichtung (6) die C-Diffusion von der Schmelze in die Metallformkörper (2) verhindern, welche ansonsten einen negativen Einfluß auf die mechanischen Kennwerte nach sich ziehen würde.

Die Beschichtung (6) kann mittels thermischer Spritzverfahren (z.B. Lichtbogendrahtspritzen, Plasmabeschichtung), Sol-Gel, galvanisch oder als Schlichte (Al_2O_3 , $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, MgAl_2O_4 , Zr/Al-Silicat, NiCrAlY- und NiTi-Schichten, Bornitrid; generell Metall-Oxide) aufgetragen werden.

Figur 2 zeigt den selben Aufbau der Kurbelwelle (1), wie er in Figur 1 zu erkennen war, nochmals in einem Querschnitt.

In Figur 3 ist die besonders einfache (und damit kostengünstige) Variante der erfindungsgemäßen Kurbelwelle (1) analog zu Figur 1 nochmals in einem Querschnitt durch die gesamte Kurbelwelle (1) dargestellt. Vorgesehen sind bei dieser einfachen Ausführung Metallformkörper (2) gleicher geometrischer Form (Zylinder) und gleicher Ausrichtung (Zylinderachse parallel zur Rotationsachse der Welle). Ohne fertigungstechnischen Mehraufwand können einfache zylindrische Metallformkörper (2) auch unterschiedliche Orientierungen (Zylinderachse mit Winkel zur Rotationsachse) aufweisen (nicht dargestellt).

Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem in exzentrischen Bereichen (3) der Kurbelwelle (1) 'gewinkelte' Metallformkörper

(2) mit abschnittsweise zylindrischem Profil (in der Art eines gebogenen Rohrs) eingebracht sind. Diese veränderte Geometrie bewirkt eine deutliche Erhöhung der Steifigkeit, so dass die mechanische Belastbarkeit der Kurbelwelle (2) trotz Gewichtsreduktion weitgehend erhalten bleibt. Durch Wahl des Winkels kann der Kraftfluss im Bereich des Metallformkörpers (2) definiert werden, wobei für die meisten Anforderungen ein Bereich des Winkels zwischen 15° bis 45° vorteilhaft ist, aber auch andere Werte sind natürlich nicht ausgeschlossen. In Figur 4 ist die Kurbelwelle (1) so dargestellt, dass sie die Metallformkörper (2) mit ausschließlich identischer Form (Winkel, Durchmesser) aufweist. In Abweichung von dem dargestellten Ausführungsbeispiel können für Anpassungen an die lokal unterschiedlichen Belastungen verschiedene 'gewinkelte' Metallformkörper (2) (d.h. Variation in Winkel und Durchmesser) in der Kurbelwelle (1) zum Einsatz kommen.

Ein alternatives Ausführungsbeispiel ist in Figur 5 dargestellt, bei dem die Metallformkörper (2) mit variierendem Querschnitt und nahezu geschlossener Außenkontur vorgesehen sind. Durch die im Innenbereich aufgeweitete Form dieser Metallformkörper (2) ist die Materialreduktion relativ hoch und gleichzeitig der Spannungsverlauf günstig beeinflusst, so daß höhere Belastungen möglich sind. Diese Metallformkörper (2) können in verschiedenen Bereichen (axial, exzentrisch) der Welle eingebracht werden und auch mit anders geformten Metallformkörper (2) kombiniert werden.

Eine andere Möglichkeit der Gewichtsreduzierung ist in Figur 6 dargestellt. In dieser Ausführung werden keine durchgängigen Metallformkörper (2) eingesetzt, sondern kavernenartige Ausnehmungen (7) axial bzw. in exzentrischen Bereichen der Kurbelwelle (1) angebracht, in welche dann die entsprechend

geformten Metallhohlkörper (2) eingesetzt sind. Die Form der Ausnehmungen (7) und damit auch der Metallformkörper (2) kann dabei wie dargestellt konisch (auch mit unterschiedlichem Öffnungswinkel, vorzugsweise zwischen 15° - 45°) ausgebildet sein. Ebenso können die Ausnehmungen (7) zueinander und zur Rotationsachse der Welle (1) unterschiedlich orientiert sein. Variierende Größen und andere Formen (Kalotte, Kugelsegment, Ellipsenabschnitt, abgestumpfter Kegel, usw.) sind ebenso möglich (nicht dargestellt). Vorzugsweise ist am Eintritt der Lager ein größerer Durchmesser vorhanden, zur Mitte der Lager ein kleinerer, um die Steifigkeit zu optimieren und auch in diesem Bereich eine Ölführung zu ermöglichen.

In der in Figur 6 dargestellten Ausführung sind identische Ausnehmungen (7) paarweise symmetrisch angeordnet, wodurch Stege (8) zwischen den Ausnehmungen verbleiben, die eine stabilisierende Wirkung haben. Grundsätzlich kann aber auch eine Kombination von Ausnehmungen (7) mit Metallformkörpern (2) und Metallformkörper (2) gemäß den verschiedenen zuvor beschriebenen Ausbildungen in einer Kurbelwelle (1) angewendet werden und für bestimmte Belastungsvorgaben vorteilhaft sein.

Eine mechanisch besonders stabile Ausführungsform ist in Figur 7 dargestellt. Dabei ist der gewichtsreduzierende Hohlraum in dem Metallformkörper (2) ohne Öffnungen vollständig geschlossen im Material der Kurbelwelle (1) eingebettet. Dadurch und durch entsprechende Formgebung (z.B. elliptisch, kugelförmig) liefert diese Ausführung bezüglich des Kraftflusses höchste Belastungswerte, die - wie später noch erläutert wird - durch stabilisierendes Füllmaterial noch optimiert werden können.

Bei den Ausführungsbeispielen nach Figur 3, 4 und 6 können die Metallformkörper (2) alternativ zum, sicherlich als bevorzugt

anzusehenden Eingiessen, auch in zuvor hergestellte Hohlräume eingebracht und dort verklebt werden. Diese Variante ist insbesondere für die Ausführungsform gemäß Figur 6 interessant.

Die Gestaltung der Hohlräume kann dabei direkt beim Giessprozess durch das Einlegen der entsprechenden Metallformkörper (2), als Verstärkungselemente, z.B. aus hochschmelzendem Stahl oder Eisen, verschiedenster Geometrie (konisch, zylindrisch, geschlossen, einseitig offen, zweiseitig offen, massiv oder insbesondere auch hohl -wie bisher immer dargestellt-) und Wandstärken (auch über den Querschnitt variierend) dargestellt werden. Die im Bauteil verbleibenden Metallformkörper (2) führen durch ihren höheren E-Modul sowie ihre geometrische Form und Anordnung zu einer Versteifung der Kurbelwelle (1).

Darüber hinaus können solche hohl ausgebildeten Metallformkörper (2) als Verstärkungselemente auch zusätzlich mit einem stabilisierendem Füllmaterial (nicht dargestellt) ausgefüllt werden, so dass sich weitere festigkeitssteigernde Effekte ergeben. Hierzu werden vorzugsweise Materialien eingesetzt, die einerseits einer hohen mechanischen Belastung widerstehen können, andererseits im Vergleich zum massiven Material der Kurbelwelle (1) und des Metallformkörpers (2) ein deutlich geringeres Gewicht aufweisen. Ein Auffüllen der Metallformkörper (2) beispielsweise mit Metallschaum führt zu einer erheblichen Versteifung bei nur geringer Massezunahme der Kurbelwelle (1). Je nach Vorrang - Gewichtseinsparung bzw. Festigkeit - sind unterschiedliche Metalle, z.B. Aluminium, Zink, Eisen, Stahl sowie Legierungen verwendbar.

Einerseits können die Metallschäume vor dem Giessen in die Metallformkörper (2) eingebracht werden oder andererseits auch

im Nachhinein durch Ausschäumen der Hohlräume in den Metallformkörpern (2) mit entsprechendem Halbzeug (beispielsweise bestehend aus Metallpulver und Treibmittel, z.B. Titanhydrid und anschließender Wärmebehandlung mittels Ofen oder induktiv). Als Alternative können kleine Metallschaum-Stücke durch die verbleibenden Öffnungen in die Hohlräume eingebracht und dort verklebt werden. Diese Variante ist insbesondere für die Ausführungsform, welche gemäß Figur 6 erläutert wurde, interessant.

Die Verwendung von Metallschaum als stabilisierendes Füllmaterial hat den zusätzlichen Vorteil, dass Eigenschwingungen der Kurbelwelle (1) beim Lauf gedämpft werden. Die Laufruhe (Akustik, Vibration) der Kurbelwelle (1) wird dadurch deutlich verbessert.

Für die Herstellung von solchen Ausführungsformen der Kurbelwelle (1) wird beim Gießen der beschichteten Metallformkörper (2) als Verdrängungskörper an den entsprechenden Positionen fixiert und so zumindest teilweise eingegossen, wobei die Beschichtung (6) dabei in der oben bereits beschriebenen Form wirkt. Figur 8 zeigt die Fixierung solcher Verdrängungskörper in der Giessform (nicht dargestellt) durch Metallrohre (9), die vorzugsweise aus einem hochschmelzenden Eisen- oder Stahlwerkstoff bestehen und gleichzeitig Ölführungsrohre darstellen können. Die einzulegenden Verdrängungskörper werden dabei schon vor dem Einlegen mit den einzugießenden Metallrohren (1) verbunden, z.B. durch Schweißen.

Grundsätzlich kann bei allen vorgenannten Ausführungsbeispielen eine weitere Erhöhung der Steifigkeit der Kurbelwelle (1) durch Einbringen von Querrippen (nicht

dargestellt) in die Metallformkörper (2) erfolgen. Die Kombination mit dem Füllmaterial ist selbstverständlich auch hier denkbar.

Neben diesem Versehen der Metallformkörper (2) mit Querrippen können diese zur weiteren Steigerung der Festigkeit auch massiv oder zumindest teilweise massiv ausgebildet sein, wie dies in Figur 9 dargestellt ist. Darüber hinaus ist in Figur 9 der gesamte Querschnitt der Metallformkörper (2) je Bereich der Kurbelwelle (1) auf eine Vielzahl von einzelnen Metallformkörpern (2) als Verstärkungselemente aufgeteilt.

Bei der Verwendung von Metallformkörper (2) mit einem großen Aussendurchmesser, so dass der gesamte gewünschte Querschnitt des Metallformkörpers (2) in einem Metallformkörper (2) je Bereich der Kurbelwelle (1) realisiert ist, durch Schrumpfungsprozesse bei der Abkühlung zu erheblichen Eigenspannungen um den Metallformkörper (2) kommen. Die hierdurch auftretenden tangentialen Zugspannungen sind nachteilig und können im Extremfall sogar zu einer Zerstörung des die Metallformkörper (2) umgebenden Materials führen.

Durch ein Aufteilen des gesamten Querschnitts der Metallformkörper (2) je Bereich der Kurbelwelle (1) auf eine Vielzahl von einzelnen Metallformkörpern (2) können diese schädlichen Eigenspannungen reduziert werden. Werden die Metallformkörper (2) beim eingiessen außerdem so gelagert, dass sie beim Abkühlen der Kurbelwelle (1) wenigstens einen, insbesondere jedoch zwei Freiheitsgrade aufweisen, sich als entsprechend bewegen können, so wird das Entstehen von schädlichen Eigenspannungen bei der Abkühlung weiter verringert.

In Figur 9 ist außerdem zu erkennen, dass die Metallformkörper (2) jeweils in einem Abstand zur wenig oder nicht belasteten neutralen Faser der Kurbelwelle (1) angeordnet sind. Durch die Aufteilung des gesamten Querschnitts der Metallformkörper (2) je Bereich der Kurbelwelle (1) auf eine Vielzahl von einzelnen Metallformkörpern (2) können die einzelnen Metallformkörper (2) somit sehr leicht in den am höchsten belasteten Bereichen angeordnet werden, vergleichbar den Fasern bei einem Faserverbundwerkstoff. In idealer Weise könnte bei einer Ausführung gemäß Figur 9 im Bereich der neutralen Faser dann ein Hohlraum oder ein hohler Metallformkörper (2) angeordnet werden (nicht dargestellt).

Grundsätzlich ist dabei die Ausgestaltung und die Querschnittsgeometrie sämtlicher Metallformkörper (2) beliebig, so das diese jeweils an die gegebenen Belastungsanforderungen angepasst werden können. Außerdem lässt sich durch eine geeignete Querschnittsform auch eine Fixierung der Metallformkörper (2) in der Kurbelwelle erreichen, z.B. durch Querschnittsformen mit Hinterschnitten oder dergleichen, welche eine formschlüssige Verbindung mit der Kurbelwelle (1) nach dem eingiessen sicherstellen.

Patentansprüche

1. Kurbelwelle mit exzentrischen Strukturen wie Pleuel, Hauptlager usw., wobei zur Gewichtsreduktion Hohlräume und/oder Ausnehmungen sowohl im Bereich der Rotationsachse, als auch davon isoliert im Bereich der exzentrischen Strukturen vorhanden sind, wobei zumindest ein Hohlraum und/oder eine Ausnehmung vorhanden ist, bei dem/der ein aus einem vorgefertigten Metallformkörper, vorzugsweise aus Stahl, bestehendes Verstärkungselement eingesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Metallformkörper (2) durch eine Beschichtung (6) vom Material der Kurbelwelle (1) abgegrenzt ist.

2. Kurbelwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (6) den Austausch von Stoffen, insbesondere die Diffusion von Kohlenstoff, zwischen dem Metallformkörper (2) und dem Material der Kurbelwelle (1) behindert.

3. Kurbelwelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallformkörper (2) zumindest teilweise hohl ausgebildet sind.

4. Kurbelwelle nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,

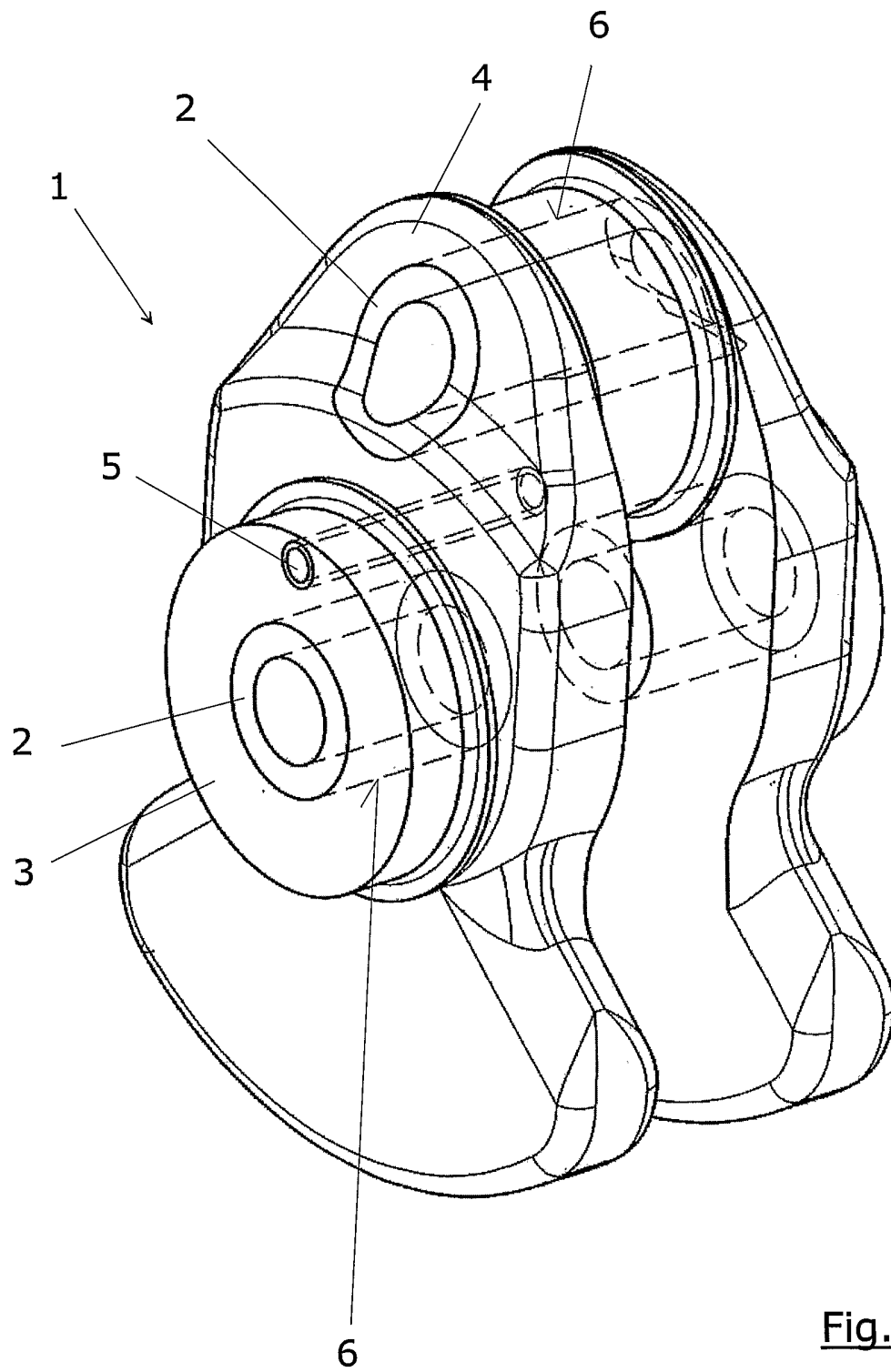
dass die Beschichtung (6) zumindest einen der Stoffe/ eine der Stoffkombinationen Al_2O_3 , $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, MgAl_2O_4 , Zr/Al-Silicat, Bornitrid, und/oder Schichten aus NiCrAlY und/oder NiTi aufweist.

5. Kurbelwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der gesamte Querschnitt der als Verstärkungselemente dienenden Metallformkörper (2) je Bereich der Kurbelwelle (1) auf eine Vielzahl von einzelnen Metallformkörpern (2) aufgeteilt ist.

6. Verfahren zur Herstellung einer Kurbelwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei während des Gießens sowohl im Bereich der Rotationsachse der Kurbelwelle (1), als auch im Bereich exzentrischer Strukturen (3) entsprechend geformte Verdrängungskörper eingesetzt werden, so dass in diesen Bereichen Hohlräume und/oder Ausnehmungen gebildet werden, wobei zumindest einer der durch die Beschichtung (6) vom späteren Material der Kurbelwelle (1) abgegrenzten Metallformkörper (2) als Verdrängungskörper eingesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Beschichtung (6) mittels thermischer Spritzverfahren (z.B. Lichtbogendrahtspritzen, Plasmabeschichtung), galvanisch oder als Schlichte (z.B. Al_2O_3 , $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, MgAl_2O_4 , Zr/Al-Silicat, NiCrAlY- und NiTi-Schichten, Bornitrid) aufgetragen wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Metallformkörper (2) zur Fixierung während des Gießens an Hilfskonstruktionen, z.B. Metallstiften oder Metallrohren (9), oder an Ölführungsrohren (5) befestigt werden.

Fig. 1

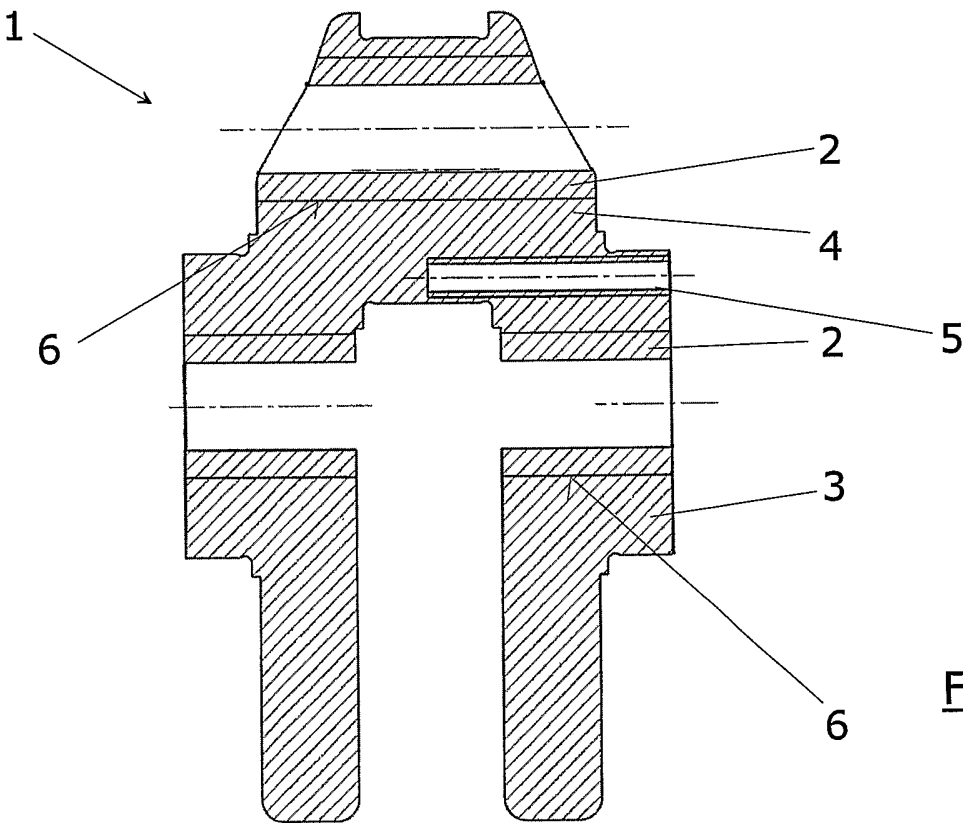


Fig. 2

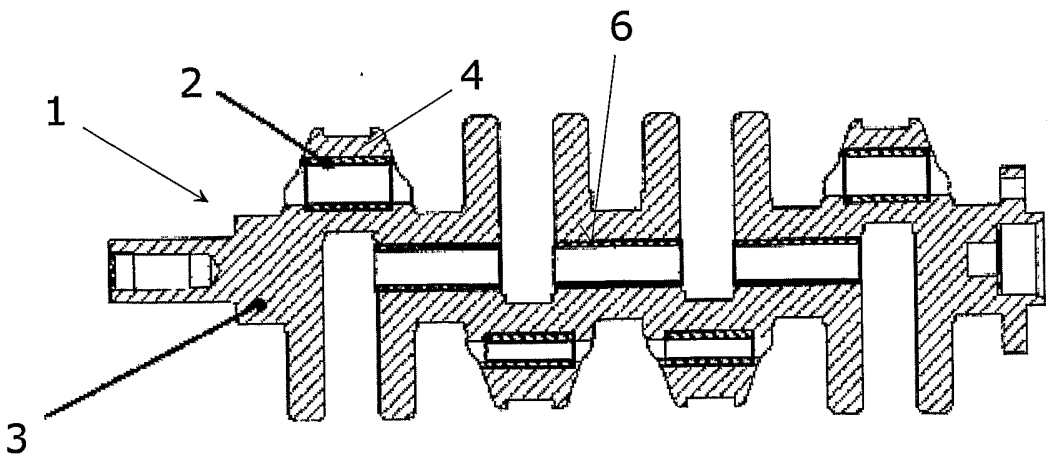


Fig. 3

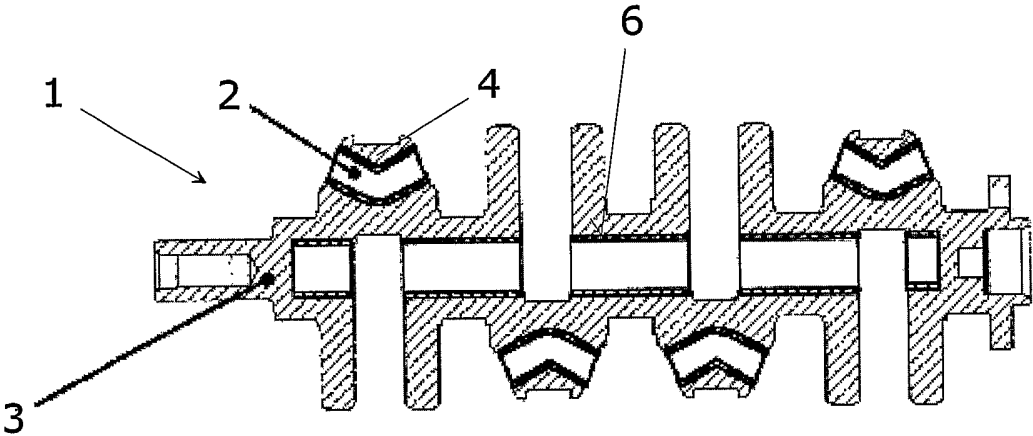


Fig. 4

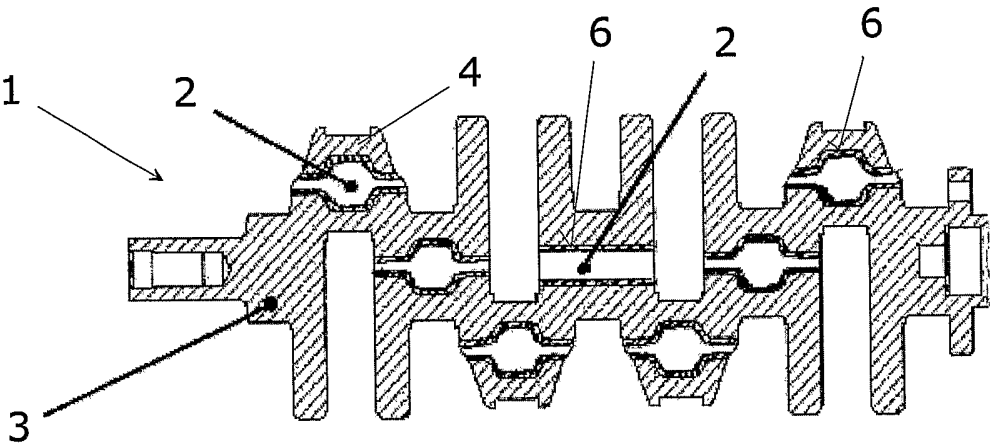


Fig. 5

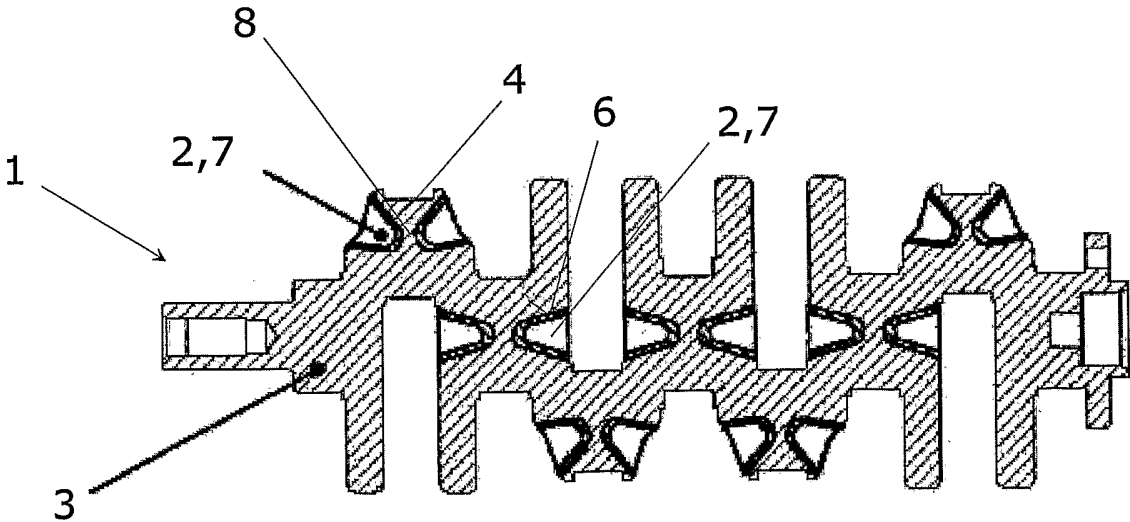


Fig. 6

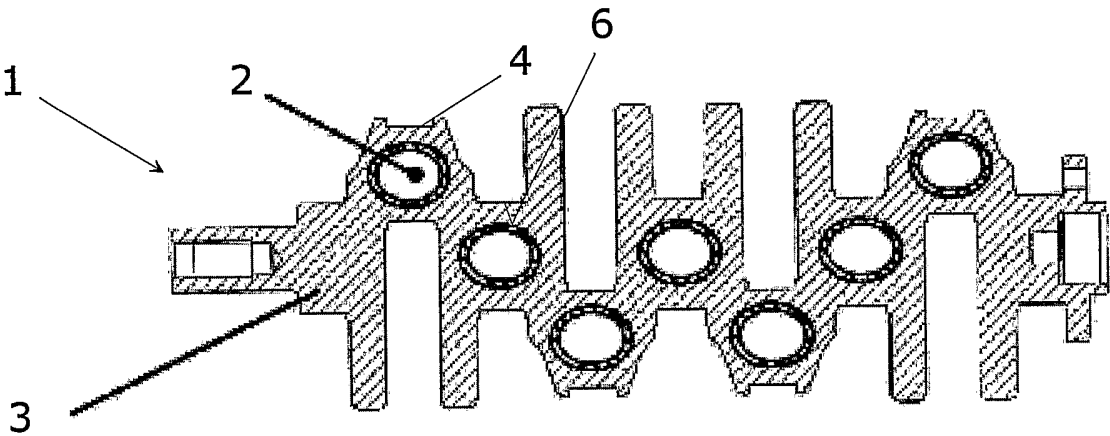


Fig. 7

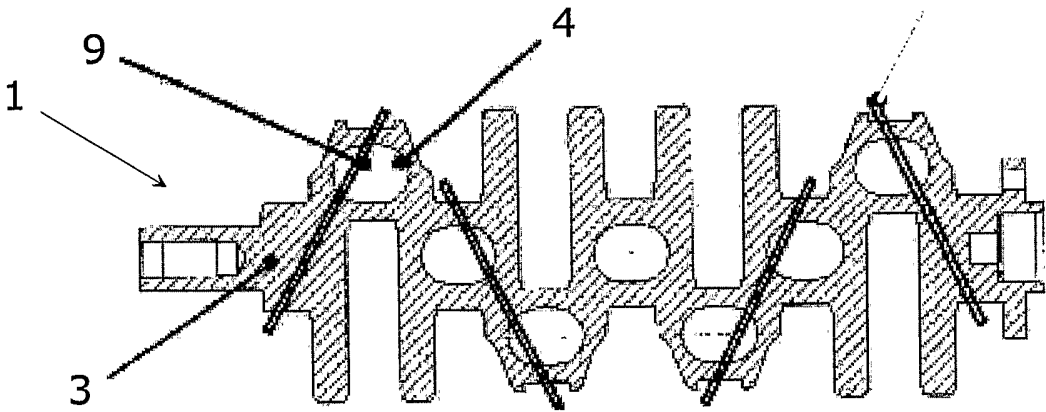


Fig. 8

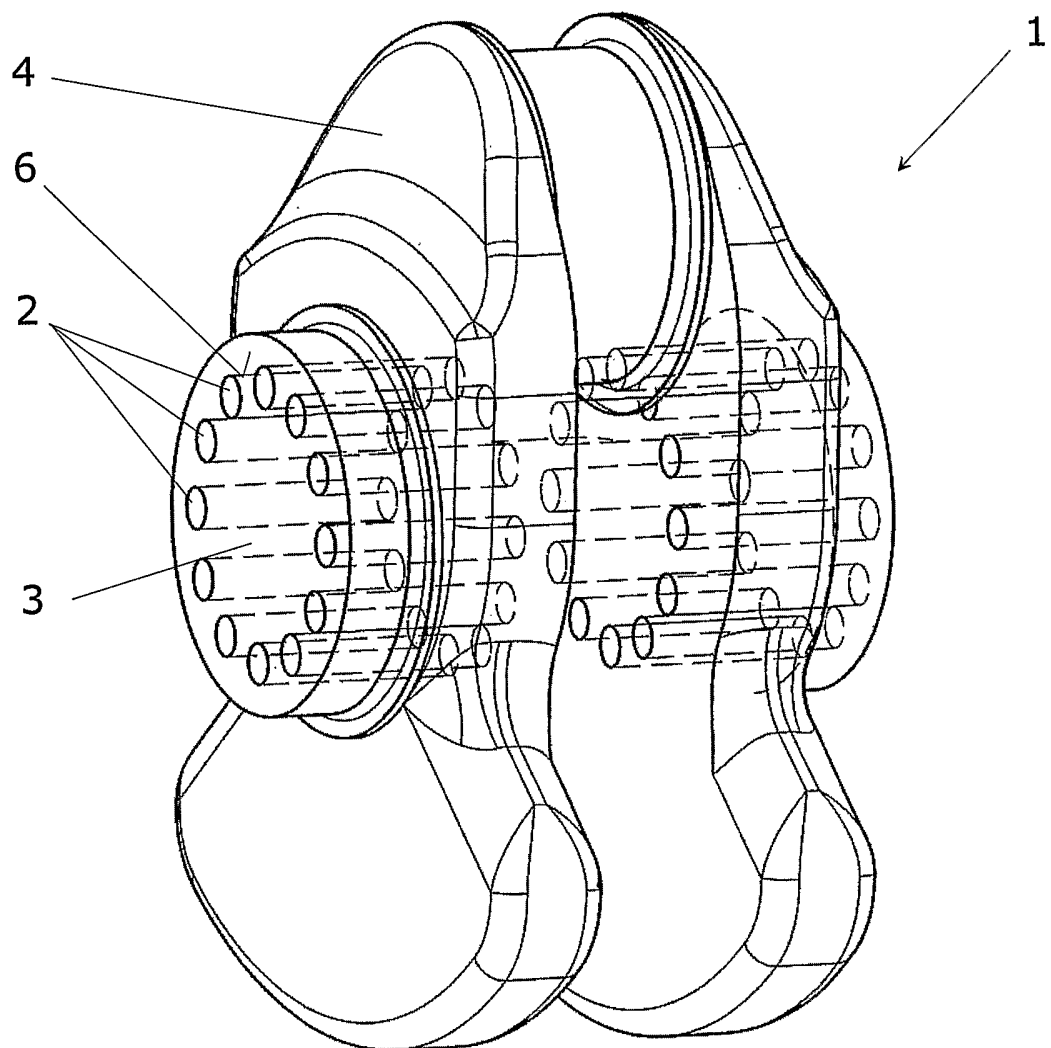


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Internati pplication No
 PCT/DE 02/02965

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F16C3/06 F16C3/08

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)
 IPC 7 F16C B22D

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 39 13 088 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23 November 1989 (1989-11-23) column 3, line 52 -column 4, line 63; figures 1,2 ---	1,5,6
A	US 5 064 726 A (SWARS HELMUT) 12 November 1991 (1991-11-12) the whole document ---	1,2,5
A	JP 55 103112 A (KUBOTA LTD) 7 August 1980 (1980-08-07) cited in the application abstract ---	1,6,7
A	EP 0 345 424 A (PORSCHE AG) 13 December 1989 (1989-12-13) abstract ---	1,6
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 2003

Date of mailing of the international search report

03/02/2003

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

BEGUIN, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatio pplication No

PCT/DE 02/02965

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 1 494 106 A (ELLIOTT PAUL C) 13 May 1924 (1924-05-13) the whole document ---	1,5
A	DE 195 26 057 C (DAIMLER BENZ AG) 4 April 1996 (1996-04-04) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internatio pplication No

PCT/DE 02/02965

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3913088	A	23-11-1989	DE 3913088 A1	23-11-1989
US 5064726	A	12-11-1991	DE 3837293 A1	17-05-1990
			BR 8905609 A	29-05-1990
			CA 2002194 A1	03-05-1990
			CN 1042400 A ,B	23-05-1990
			DE 3844746 A1	14-02-1991
			DE 3844747 C2	04-02-1993
			DE 58908997 D1	23-03-1995
			DE 58909815 D1	25-09-1997
			EP 0366989 A2	09-05-1990
			EP 0621410 A2	26-10-1994
			ES 2070157 T3	01-06-1995
			ES 2105431 T3	16-10-1997
			JP 1901746 C	27-01-1995
			JP 2187328 A	23-07-1990
			JP 6022954 B	30-03-1994
			KR 9310006 B1	14-10-1993
			MX 171809 B	16-11-1993
			RU 2013669 C1	30-05-1994
			RU 2053419 C1	27-01-1996
			US 5664327 A	09-09-1997
JP 55103112	A	07-08-1980	NONE	
EP 0345424	A	13-12-1989	DE 3819643 A1	14-12-1989
			DE 58901928 D1	03-09-1992
			EP 0345424 A1	13-12-1989
US 1494106	A	13-05-1924	NONE	
DE 19526057	C	04-04-1996	DE 19526057 C1	04-04-1996

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F16C3/06 F16C3/08

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F16C B22D

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 39 13 088 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23. November 1989 (1989-11-23) Spalte 3, Zeile 52 -Spalte 4, Zeile 63; Abbildungen 1,2 ---	1,5,6
A	US 5 064 726 A (SWARS HELMUT) 12. November 1991 (1991-11-12) das ganze Dokument ---	1,2,5
A	JP 55 103112 A (KUBOTA LTD) 7. August 1980 (1980-08-07) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung ---	1,6,7
A	EP 0 345 424 A (PORSCHE AG) 13. Dezember 1989 (1989-12-13) Zusammenfassung ---	1,6
-/--		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

E älteres Dokument, 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 anderen 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

24. Januar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/02/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

BEGUIN, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 1 494 106 A (ELLIOTT PAUL C) 13. Mai 1924 (1924-05-13) das ganze Dokument ---	1,5
A	DE 195 26 057 C (DAIMLER BENZ AG) 4. April 1996 (1996-04-04) -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, zur selben Patentfamilie gehören

Internatio Aktenzeichen
PCT/DE 02/02965

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3913088 A	23-11-1989	DE 3913088 A1	23-11-1989
US 5064726 A	12-11-1991	DE 3837293 A1	17-05-1990
		BR 8905609 A	29-05-1990
		CA 2002194 A1	03-05-1990
		CN 1042400 A ,B	23-05-1990
		DE 3844746 A1	14-02-1991
		DE 3844747 C2	04-02-1993
		DE 58908997 D1	23-03-1995
		DE 58909815 D1	25-09-1997
		EP 0366989 A2	09-05-1990
		EP 0621410 A2	26-10-1994
		ES 2070157 T3	01-06-1995
		ES 2105431 T3	16-10-1997
		JP 1901746 C	27-01-1995
		JP 2187328 A	23-07-1990
		JP 6022954 B	30-03-1994
		KR 9310006 B1	14-10-1993
		MX 171809 B	16-11-1993
		RU 2013669 C1	30-05-1994
		RU 2053419 C1	27-01-1996
		US 5664327 A	09-09-1997
JP 55103112 A	07-08-1980	KEINE	
EP 0345424 A	13-12-1989	DE 3819643 A1	14-12-1989
		DE 58901928 D1	03-09-1992
		EP 0345424 A1	13-12-1989
US 1494106 A	13-05-1924	KEINE	
DE 19526057 C	04-04-1996	DE 19526057 C1	04-04-1996