(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 435 675 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.07.2013 Patentblatt 2013/29

(21) Anmeldenummer: **10722921.3**

(22) Anmeldetag: **24.04.2010**

(51) Int Cl.:
F02B 33/42 *(2006.01)* ***F04F 13/00*** *(2009.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2010/000465

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/136005 (02.12.2010 Gazette 2010/48)

(54) **GEBAUTE NABE FÜR EINEN DRUCKWELLENLADER**

BUILT HUB FOR PRESSURE WAVE EXCHANGER

MOYEU MONTÉ POUR MACHINE À ONDES DE PRESSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **29.05.2009 DE 102009023217**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.04.2012 Patentblatt 2012/14

(73) Patentinhaber: **Benteler Automobiltechnik GmbH**
33102 Paderborn (DE)

(72) Erfinder:
- **GLITZ, Georg**
  33106 Paderborn (DE)
- **ARASZKIEWICZ, Jan**
  33100 Paderborn (DE)
- **SMATLOCH, Christian**
  33100 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Ksoll, Peter et al**
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-97/20134
DE-A1- 3 830 058
DE-A1-102007 021 367
DE-A1-102007 037 424
GB-A- 843 911
GB-A- 999 036

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 435 675 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine gasdynamische Druckwellenmaschine zur Aufladung einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem in einem Gehäuse auf einer Welle drehbar gelagerten Zellenrotor, der zwischen einer Zuleitung für Ladeluft und einer Abgasleitung für Verbrennungsgase angeordnet ist, nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Aufladesysteme, die gasdynamische Prozesse in geschlossenen Gaskanälen erzeugen und zur Aufladung nutzen, werden im Allgemeinen als Druckwellenlader oder Druckwellenmaschinen bezeichnet. Die Zellenrotoren sind zylindrisch gestaltet und besitzen zumeist axial gerade, querschnittskonstant verlaufende Kanäle, die sich von der Heißgas- zur Kaltgasseite erstrecken. Einen aus Blechteilen aufgebauten Zellenrotor mit nicht-zylindrischer Außenkontur zeigt die DE 10 2007 021 367 A1. Das tragende Innensystem des Zellenrotors als Welle-Nabe-Verbindung kann durch spanende Fertigung hergestellt werden. Es handelt sich hierbei um eine Welle mit entsprechenden Lagerungsmitteln, an der auch entsprechende Abdichtmittel vorgesehen sind. Die Welle trägt dabei eine kegelstumpfförmige Nabe, an welcher eine Zellenstruktur des Zellenrotors befestigt ist.

[0003] Die GB 920, 624 zeigt ebenfalls einen aus Blech gebauten Zellenrotor aus einem inneren und einem äußeren Zylinder und Zwischenwänden, die sich zwischen den beiden Zylindern erstrecken und die sich in Form eines Z, eines Us oder eines Is jeweils gegenseitig berühren. Sowohl der innere als auch der äußere Zylinder sind dadurch hergestellt, dass ein Blech zu einem Zylinder entsprechender Größe zusammengerollt und dann Längsnaht geschweißt wird. Die eigentliche Welle-Nabe-Verbindung, um die der Zellenrotor rotiert, ist nicht weiter dargestellt.

[0004] Aus der DE 10 2007 037 424 A1 ist eine gasdynamische Druckwellenmaschine zur Aufladung einer Verbrennungskraftmaschine bekannt, welche einen in einem Gehäuse auf einer Welle drehbar gelagerten Zellenrotor aufweist. Der Zellenrotor ist zwischen einer Leitung für Ladeluft und einer Abgasleitung für Verbrennungsgase angeordnet. Dabei ist die Welle in einem Rohr aus Blech als Nabenaußenkörper aufgenommen, wobei die Bohrung für die Wellenaufnahme in einer in dem Nabenaußenkörper befestigten Scheibe ausgebildet ist.

[0005] Aus der WO 97/20134 A1 geht ebenfalls eine Aufladeeinrichtung für die Ladeluft einer Verbrennungskraftmaschine hervor, deren Zellenrotor um einen Nabenaußenkörper aus Blech in Form eines Rohres angeordnet ist, wobei der Nabenaußenkörper eine innere Scheibe aufweist, welche über eine entsprechende Bohrung den Zellenrotor mit der Welle verbindet.

[0006] Problematisch an heutigen Systemen ist das thermische Belastungskollektiv, dem die gesamte Bauteilgeometrie des Zellenrotors unterliegt. So finden sich auf der Heißgasseite des Zellenrotors Temperaturen von bis zu 1.100° C und auf der Kaltgasseite Temperaturen von maximal 200° C. Ein thermisch verursachter Bauteilverzug und ein daraus resultierender suboptimaler Wirkungsgrad sind die Folge. Probleme treten insbesondere bei der Spaltmaßhaltigkeit zwischen den Gas führenden Elementen auf. Üblicherweise wurden daher die bei Druckwellenmaschinen bisher in der Serienproduktion für Automobile zum Einsatz gekommenen Zellenrotoren aus gegossenem Material hergestellt. Da eine gegossene Druckwellenmaschine aber relativ teuer und schwer ausfällt, gehen die Bestrebungen vermehrt in Richtung eines aus Blech gebauten Rotors. Die Welle-Nabe-Verbindung inklusive einem die Verbindung aufnehmenden Nabenaußenkörper verblieben bisher aufgrund der Bauteilkomplexität jedoch als Gussteil. Allerdings ist es aufgrund der anisotrophen thermischen Belastung problematisch, unterschiedliche Werkstoffe für die Zellenstruktur des Rotors und die Nabe zu wählen. Außerdem ergibt sich durch die bisher verwendeten hochtemperaturfesten Werkstoffe eine aufwändige, langsame Bearbeitung zum Fertigmaß.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte gasdynamische Druckwellenmaschine mit einer leichteren und mit geringerem Fertigungsaufwand herstellbaren Welle-Nabe-Verbindung aufzuzeigen.

[0008] Diese Aufgabe löst die Erfindung, indem bei einer gasdynamischen Druckwellenmaschine zur Aufladung einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem in einem Gehäuse auf einer Welle drehbar gelagerten Zellenrotor, der zwischen einer Zuleitung für Ladeluft und einer Abgasleitung für Verbrennungsgase angeordnet ist. Die Welle ist in einem Rohr aus Blech als Nabenaußenkörper aufgenommen,wobei in dem Nabenaußenkörper ein Stück Rohr kleineren Durchmessers als das Rohr des Nabenaußenkörpers befestigt ist, welches die Welle aufnimmt. Der Nabenaußenkörper kann dabei entsprechend dem Zellenrotor aus einem höherwertigen Blechmaterial bestehen. Das Innenleben des Nabenaußenkörpers ermöglicht dann einen neuen Freiheitsgrad in Bezug auf die Werkstoffauswahl.

[0009] Die gesamte Nabe ist aus Blechteilen gebaut. Dazu wird ein inneres Rohr kleineren Durchmessers als der Nabenaußenkörper eingesetzt, um die Welle aufzunehmen. Dieses innere Rohr kleineren Durchmessers wird dann mittels separater Blechteile im Nabenaußenkörpers radial gehaltert. Das die Welle aufnehmende innere Rohr erstreckt sich dabei nur über eine Teillänge des äußeren Nabenkörpers. Es ist ausreichend dickwandig, um den Belastungen standzuhalten. Die Blechteile können im Nabenaußenkörper in einem Winkel zur Querschnittsebene des Nabenaußenkörpers angebracht werden. Die Blechteile sind konvex oder konkav zueinander gekrümmt sein, um Spannungen, Fertigungstoleranzen und/oder Wärmeverzug auszugleichen. Um einen sicheren Sitz des inneren Rohres zu gewährleisten, sind mehrere Blechteile zwischen innerem Rohr und Nabenaußenkörper vorgesehen, die voneinander beabstandet

sind. Die innere Wandung des Nabenaußenkörpers kann in der Kontur bearbeitet sein, um einen Passsitz einzelner Teile zu gewährleisten oder Toleranzen auszugleichen. Bevorzugt sind in den Nabenaußenkörper mit Abstand zur Wellenaufnahme ein oder mehrere Hitzeschilde eingebracht, die die empfindlichen Lager der Welle vor den bis zu 950° C heißen Abgastemperaturen schützen.

[0010] Nachfolgend ist die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Nabe;

Figur 2 einen Schnitt durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Nabe und

Figur 3 einen Längsschnitt durch einen Druckwellenlader im Bereich der Welle-Nabe-Verbindung. Die Nabe ist nicht erfindungsgemäß ausgeführt.

[0011] Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Nabe 1 ohne Welle im Längsschnitt. Die Nabe 1 weist einen zylindrischen Nabenaußenkörper 2 auf, in dem ein inneres Rohr 3 über konvex zueinander angeordnete Blechteile 4a, 4b gehaltert ist. Die Blechteile 4a, 4b schließen hierbei eine im Wesentlichen bikonvexe Form zwischen sich ein. Die Blechteile 4a, 4b verlaufen folglich nicht parallel zu einer Querschnittsebene A-A. Damit sich die zwischen den Blechteilen 4a, 4b eingeschlossene Luft unter thermischer Belastung ausdehnen kann, sind in den Blechteilen 4a, 4b nicht näher dargestellte Ausnehmung für einen Gasaustausch vorgesehen.

[0012] Figur 2 zeigt einen ähnlichen Aufbau, allerdings ist hier das innere Rohr 3 über eine bikonkave Form zwischen sich einschließende Blechteile 5a, 5b im Nabenaußenkörper 2 festgelegt. Die Blechteile 5a, 5b sind somit konkav zueinander geformt. Der Nabenaußenkörper 2 besteht aus einem aus Blech gezogenen oder geschweißten Rohr, gleiches gilt für das innere Rohr 3. Das innere Rohr 3 dient zur Aufnahme der nicht gezeigten Welle. In einem Bereich 20, 21 sind die möglichen Konturen einer Bearbeitung der Innenwand des Nabenaußenkörpers 2 dargestellt. Durch den erfindungsgemäßen Konstruktionsaufbau können Nabenaußenkörper 2, inneres Rohr 3 und Blechteile 4a, 4b, 5a, 5b verschiedene Materialien aufweisen. Die Nabe 1 wird insgesamt leichter und flexibler herstellbar.

[0013] Figur 3 zeigt eine Druckwellenmaschine 6 im Längsschnitt. Die Druckwellenmaschine 6 weist einen Zellenrotor 7 auf, welcher aus zwei Reihen 7a, 7b von Zellen besteht, die durch ein Blech 7c voneinander getrennt sind. Die Reihen 7a, 7b des Zellenrotors 7 sind um einen zylindrischen Nabenaußenkörper 71 herum angeordnet. Der Zellenrotor 7 ist mit dem Nabenaußenkörper 71 verbunden und über dessen Verbindung zu einer Welle 13 drehbar gelagert. Der Zellenrotor 7 ist von einem feststehenden doppelwandigen Gehäuse 8 umgeben, welches über eine Gehäuseanbindung 9 mit einer nicht näher dargestellten Heißgasseite B verbindbar ist. Auf einer der Heißgasseite B gegenüberliegenden Kaltgasseite C ist der Zellenrotor 7 mit einem Ansaugtrakt 10 und einer Ladeluftleitung 11 verbunden. Sowohl Ansaugtrakt 10 als auch Ladeluftleitung 11 befinden sich in einem gemeinsamen Gussgehäuse 12.

[0014] In dem Gussgehäuse 12 ist die Welle 13 über Kugellager 14 drehbar gelagert. An ihrem dem Zellenrotor 7 abgewandten Ende wird die Welle 13 an einem nicht näher dargestellten Antriebsmotor befestigt. Die Kugellager 14 sind über Deckel und Dichtungen 15a, 15b gegen Verschmutzungen geschützt.

[0015] Erfindungsgemäß besteht der Nabenaußenkörper 71 als inneres Rohr des Zellenrotors 7 aus einem nahtlos gezogenen oder geschweißten Rohr. Die Innenwand des Nabenaußenkörpers 71 weist eine bearbeitete Kontur 72 auf, um einen Passsitz für drei hintereinander liegende Hitzeschilde 16 zu schaffen, welche mittels einer Schraube 17 miteinander verbunden sind. Die Hitzeschilde 16 trennen die Heißgasseite B von der Kaltgasseite C im Inneren des Nabenaußenkörpers 71. Damit sich die zwischen den drei Hitzeschilden 16 eingeschlossene Luft unter thermischer Belastung ausdehnen kann, sind die beiden der Kaltgasseite C zugewandten Hitzeschilde 16 mit einer nicht näher dargestellten Ausnehmung für einen Gasaustausch versehen. Der erste der Hitzeschilde 16, welcher der Heißgasseite B zugewandt ist, weist eine gasdichte Ausführung auf.

[0016] Weiterhin ist in dem Nabenaußenkörper 71 eine bearbeitete Kontur 73 vorgesehen, in der das Gussgehäuse 12 mit genügend Spiel für eine ungehinderte Drehbarkeit des Zellenrotors 7 eingeschoben ist. Die Welle 13 ist nicht erfindungsgemäß in eine Scheibe 18 in Form eines gegossenen Felgensterns eingesteckt und über eine Schraube 19 mit der Scheibe 18 verschraubt. Die Scheibe 18 ist mit dem Nabenaußenkörper 71 stoffschlüssig verbunden.

[0017] In vorteilhafter Weise können somit die Materialien der Scheibe 18 und des Nabenaußenkörpers 71 voneinander abweichen. Zwar ist der Einzelaufbau der erfindungsgemäß gebauten Welle-Nabe-Verbindung komplexer als ein einteiliges Gießen einer Nabe. Der Einzelaufbau rechnet sich aber bei größeren Stückzahlen über die Menge und ist insgesamt leichter.

Bezugszeichen:

1 - Nabe
2 - Nabenaußenkörper
3 - inneres Rohr
4a - Blechteil
4b - Blechteil
5a - Blechteil
5b - Blechteil
6 - Druckwellenmaschine

(fortgesetzt)

7 -	Zellenrotor
7a -	Reihe von Zellen
7b -	Reihe von Zellen
7c -	Blech zwischen 7a und 7b
8 -	Gehäuse
9 -	Gehäuseanbindung
10 -	Ansaugtrakt
11 -	Ladeluftleitung
12 -	Gussgehäuse
13 -	Welle
14 -	Kugellager
15a -	Deckel und Dichtung
15b -	Deckel und Dichtung
16 -	Hitzeschild
17 -	Schraube
18 -	Scheibe
19 -	Schraube
20 -	Bereich von 2
21 -	Bereich von 2
71 -	Nabenaußenkörper
72 -	bearbeitete Kontur
73 -	bearbeitete Kontur
A - A -	Querschnittsebene
B -	Heißgasseite
C -	Kaltgasseite

Patentansprüche

1. Gasdynamische Druckwellenmaschine (6) zur Aufladung einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem in einem Gehäuse (8) auf einer Welle (13) drehbar gelagerten Zellenrotor (7), der zwischen einer Leitung für Ladeluft und einer Abgasleitung für Verbrennungsgase angeordnet ist, wobei die Welle (13) in einem im Zellenrotor (7) angeordneten Rohr aus Blech als Nabenaußenkörper (2) aufgenommen ist, wobei in dem Nabenaußenkörper (2) ein inneres Rohr (3) kleineren Durchmessers als das Rohr des Nabenaußenkörpers (2) befestigt ist, welches mittels mehrerer separater Blechteile (4a, 4b, 5a, 5b) im Nabenaußenkörper (2) radial gehaltert ist und in dem die Welle (13) aufgenommen ist, wobei die Blechteile (4a, 4b, 5a, 5b) konvex oder konkav zueinander gekrümmt ausgeführt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einem der Blechteile (4a, 4b, 5a, 5b) eine Ausnehmung für einen Gasaustausch vorgesehen ist.

2. Gasdynamische Druckwellenmaschine (6) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blechteile (4a, 4b, 5a, 5b) im Nabenaußenkörper (2) in einem Winkel zu einer Querschnittsebene (A-A) des Nabenaußenkörpers (2) angebracht sind.

3. Gasdynamische Druckwellenmaschine (6) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine innere Wand des Nabenaußenkörpers (2, 71) eine bearbeitete Kontur (20, 21, 72, 73) aufweist.

4. Gasdynamische Druckwellenmaschine (6) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Abstand zur Wellenaufnahme ein oder mehrere Hitzeschilde (16) im Nabenaußenkörper (71) angebracht sind.

5. Gasdynamische Druckwellenmaschine (6) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einem Hitzeschild (16) eine Ausnehmung für einen Gasaustausch vorgesehen ist.

Claims

1. Gas-dynamic pressure wave machine (6) for charging an internal combustion engine, comprising a cell rotor (7) which is rotatably mounted on a shaft (13) in a housing (8) and arranged between a duct for charge air and an exhaust pipe for combustion gases, the shaft (13) being received in a tube of sheet metal as a hub outer body (2), which tube is arranged in the cell rotor (7), an inner tube (3) of a smaller diameter than the tube of the hub outer body (2) being mounted in the hub outer body (2), said inner tube being held radially in the hub outer body (2) by means of a plurality of separate sheet metal parts (4a, 4b, 5a, 5b), and in which tube the shaft (13) is received, the sheet metal parts (4a, 4b, 5a, 5b) being realised so as to be curved in a convex or concave manner with respect to each other, **characterised in that** a recess for gas exchange is provided in at least one of the sheet metal parts (4a, 4b, 5a, 5b).

2. Gas-dynamic pressure wave machine (6) according to claim 1, **characterised in that** the sheet metal parts (4a, 4b, 5a, 5b) in the hub outer body (2) are attached at an angle to a cross-sectional plane (A-A) of the hub outer body (2).

3. Gas-dynamic pressure wave machine (6) according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** an inner wall of the hub outer body (2, 71) has a machined contour (20, 21, 72, 73).

4. Gas-dynamic pressure wave machine (6) according to any of the preceding claims 1 to 3, **characterised in that** one or more heat shields (16) are mounted in the hub outer body (71) at a distance to the shaft support.

5. Gas-dynamic pressure wave machine (6) according to claim 4, **characterised in that** a recess for gas exchange is provided in at least one heat shield (16).

Revendications

1. Machine à ondes de pression (6) gazodynamique pour la suralimentation d'une machine à combustion interne, avec un rotor cellulaire (7) qui est logé de manière rotative dans un boîtier (8) sur un arbre (13) et qui est disposé entre une conduite pour de l'air de suralimentation et une conduite d'échappement pour des gaz de combustion, l'arbre (13) étant reçu dans un tube disposé dans le rotor cellulaire (7), en tôle comme corps extérieur de moyeu (2), un tube intérieur (3) de plus petit diamètre que le tube du corps extérieur de moyeu (2) étant fixé dans le corps extérieur de moyeu (2), lequel tube intérieur (3) est maintenu radialement à l'aide de plusieurs parties de tôle (4a, 4b, 5a, 5b) séparées dans le corps extérieur de moyeu (2) et dans lequel l'arbre (13) est reçu, les parties de tôle (4a, 4b, 5a, 5b) étant réalisées courbées les unes par rapport aux autres de manière convexe ou concave, **caractérisées en ce qu'**un évidement pour un échange de gaz est prévu dans au moins l'une des parties de tôle (4a, 4b, 5a, 5b).

2. Machine à ondes de pression (6) gazodynamique selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les parties de tôle (4a, 4b, 5a, 5b) dans le corps extérieur de moyeu (2) sont montées dans un angle par rapport à un plan de section (A-A) du corps extérieur de moyeu (2).

3. Machine à ondes de pression (6) gazodynamique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'**une paroi intérieure du corps extérieur de moyeu (2, 71) présente un contour usiné (20, 21, 72, 73).

4. Machine à ondes de pression (6) gazodynamique selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 3, **caractérisée en ce qu'**un ou plusieurs boucliers thermiques (16) sont montés dans le corps extérieur de moyeu (71) à distance du logement de l'arbre.

5. Machine à ondes de pression (6) gazodynamique selon la revendication 4, **caractérisée en ce qu'**un évidement pour un échange de gaz est prévu dans au moins un bouclier thermique (16).

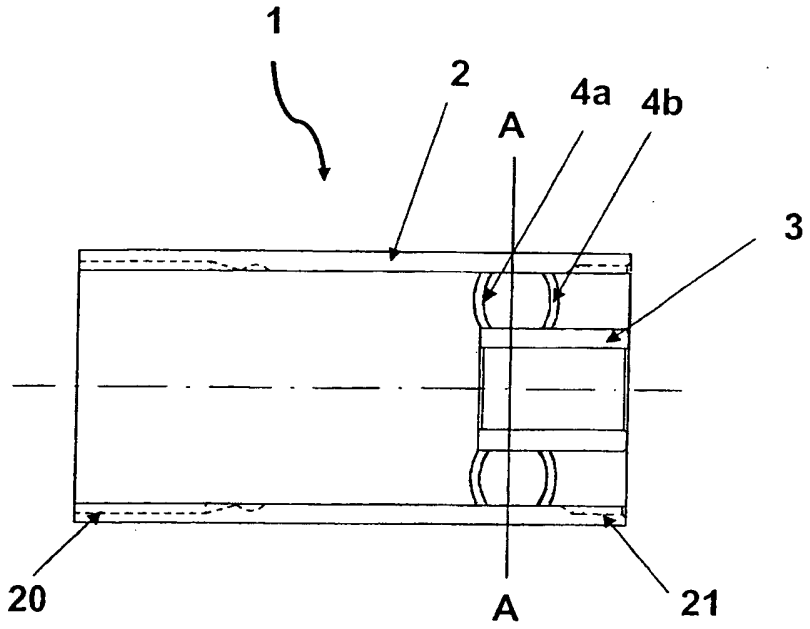


Fig. 1

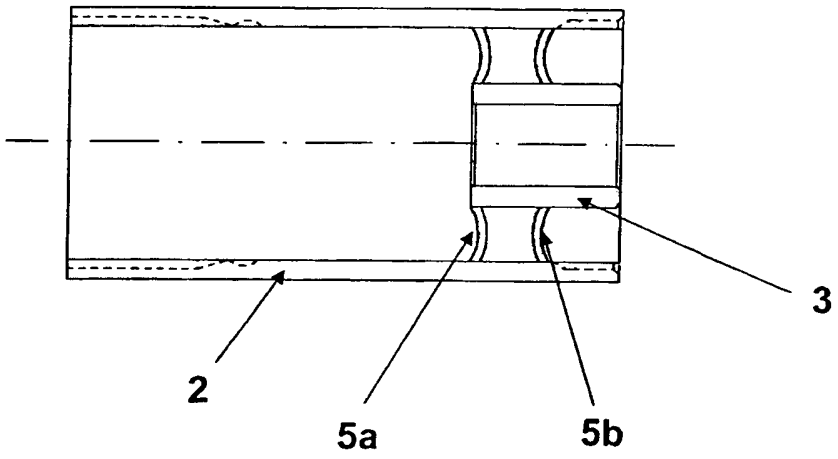


Fig. 2

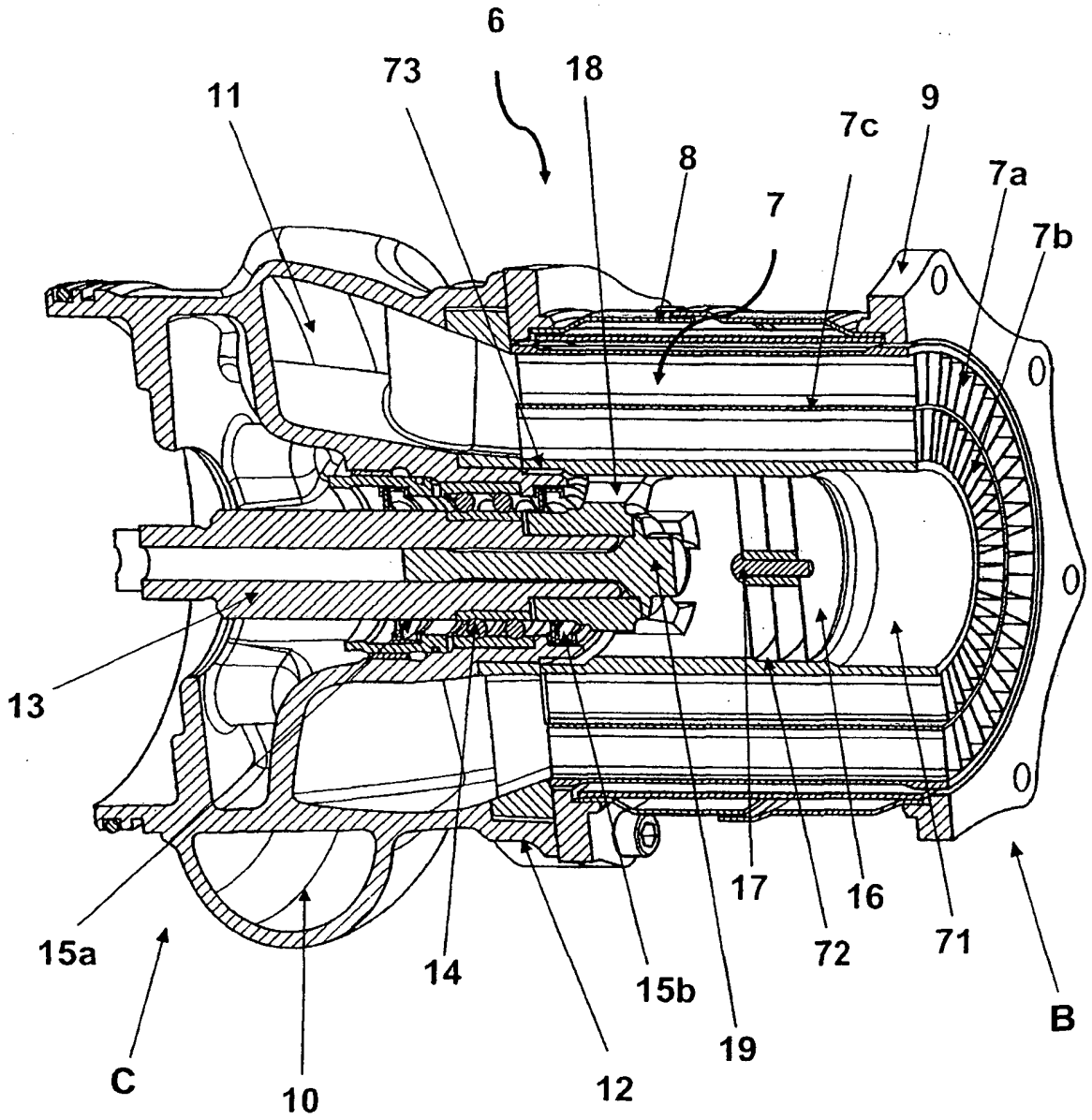


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007021367 A1 **[0002]**
- GB 920624 A **[0003]**
- DE 102007037424 A1 **[0004]**
- WO 9720134 A1 **[0005]**