

(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
03. September 2020 (03.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/173520 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F03C 1/28 (2006.01) *F04B 53/14* (2006.01)
F04B 1/124 (2020.01) *F04B 53/18* (2006.01)
F04B 1/20 (2020.01) *F04B 27/08* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2020/100053

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Januar 2020 (28.01.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 104 700.5
25. Februar 2019 (25.02.2019) DE

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

(72) Erfinder: **EGBERS, Johann**; Am Weihersbach 27, 91074 Herzogenaurach (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: PISTON, AXIAL PISTON ENGINE AND METHOD FOR PRODUCING A PISTON

(54) Bezeichnung: KOLBEN, AXIALKOLBENMASCHINE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KOLBENS

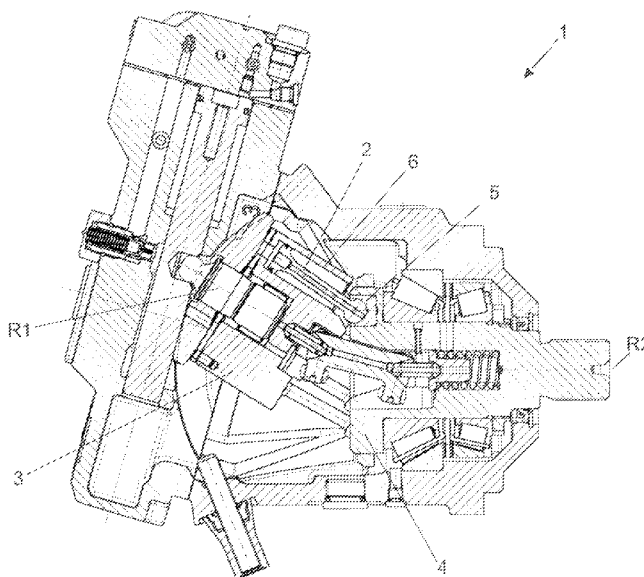


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a piston (2) for an axial piston engine (1), wherein the piston (2) has a ball head portion (7a) having a ball surface (17), a shaft portion (7b) and a seal portion (7c). The shaft portion (7b) connects the ball head portion (7a) to the seal portion (7c), wherein, proceeding from the seal portion (7c), an opening (15) extends within the shaft portion (7b) in the longitudinal direction of the piston (2) to the ball head portion (7a). The ball head portion (7a) has a plurality of lubricant channels (18) which connect the opening (15) to the ball surface (17), wherein each lubricant channel (18), proceeding from the opening (15) in the direction of the ball surface (17), has a continuously changing channel diameter (18a). The invention furthermore relates to a method for producing such a piston (2) and to an axial piston engine (1).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2020/173520 A1

(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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Kolben (2) für eine Axialkolbenmaschine (1), wobei der Kolben (2) einen Kugelkopfabschnitt (7a) mit einer Kugeloberfläche (17), einen Schaftabschnitt (7b) und einen Dichtabschnitt (7c) aufweist. Der Schaftabschnitt (7b) verbindet den Kugelkopfabschnitt (7a) mit dem Dichtabschnitt (7c), wobei sich ausgehend vom Dichtabschnitt (7c) eine Öffnung (15) innerhalb des Schaftabschnitts (7b) in Längsrichtung des Kolbens (2) zum Kugelkopfabschnitt (7a) erstreckt. Der Kugelkopfabschnitt (7a) weist eine Mehrzahl von Schmiermittelkanälen (18) auf, die die Öffnung (15) mit der Kugeloberfläche (17) verbinden, wobei ein jeder Schmiermittelkanal (18) ausgehend von der Öffnung (15) in Richtung der Kugeloberfläche (17) einen sich kontinuierlich verändernden Kanaldurchmesser (18a) aufweist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kolbens (2) sowie eine Axialkolbenmaschine (1).

Kolben, Axialkolbenmaschine und
Verfahren zur Herstellung eines Kolbens

5 Die Erfindung betrifft einen Kolben für eine Axialkolbenmaschine, wobei der Kolben einen Kugelkopfabschnitt mit einer Kugeloberfläche, einen Schaftabschnitt und einen Dichtabschnitt aufweist, wobei der Schaftabschnitt den Kugelkopfabschnitt mit dem Dichtabschnitt verbindet, und wobei sich ausgehend vom Dichtabschnitt eine Öffnung innerhalb des Schaftabschnitts in Längsrichtung des Kolbens zum Kugelkopfabschnitt
10 erstreckt. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kolbens sowie eine Axialkolbenmaschine.

Es sind Axialkolbenmaschinen bekannt, welche als Pumpe und/oder als Motor arbeiten. Derartige Axialkolbenmaschinen weisen eine Mehrzahl von sogenannten Axial-
15 kolben auf. Beispielsweise werden die Axialkolben spanend gefertigt.

Die Druckschrift DE 10 2004 061 863 A1 offenbart einen Kolben für eine Kolbenmaschine, insbesondere für eine Axialkolbenmaschine in Schrägachsenbauweise, umfassend einen konischen Abschnitt, einen Halsbereich und einen an dem Halsbereich
20 angeformten Kugelkopf, eine in dem Kolben ausgebildete Ausnehmung und einen in der Ausnehmung ausgebildeten Zapfen. Ferner offenbart die Druckschrift ein Verfahren zur Herstellung des Kolbens, wobei das Verfahren die Verfahrensschritte Absteichen von Rundmaterial auf gewünschte Länge, Herstellen einer Innenkontur durch Kaltfließpressen, Vorbereiten der Außenkontur durch Vordrehen, Herstellen der Außenkontur durch Rundkneten und Nachbearbeiten umfasst.
25

Die DE 10 2017 119 967 beschreibt einen Kolben, der mittels Fließpressens gebildet ist, wobei eine Durchgangsöffnung durch zerspanende Bearbeitung eingebracht wird.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kolben vorzuschlagen, welcher im Bereich des Kugelkopfabschnitts eine bessere Schmierung ermöglicht. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kolbens be-

reitzustellen. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, eine Axialkolbenmaschine mit mindestens einem solchen Kolben vorzuschlagen.

- Diese Aufgabe wird durch einen Kolben für eine Axialkolbenmaschine gelöst, wobei
- 5 der Kolben einen Kugelkopfabschnitt mit einer Kugeloberfläche, einen Schaftabschnitt und einen Dichtabschnitt aufweist, wobei der Schaftabschnitt den Kugelkopfabschnitt mit dem Dichtabschnitt verbindet, wobei sich ausgehend vom Dichtabschnitt eine Öffnung innerhalb des Schaftabschnitts in Längsrichtung des Kolbens zum Kugelkopfab-
- 10 schnitt erstreckt, wobei der Kugelkopfabschnitt eine Mehrzahl von Schmiermittelkanälen aufweist, die die Öffnung mit der Kugeloberfläche verbinden und wobei erfindungsgemäß ein jeder Schmiermittelkanal ausgehend von der Öffnung in Richtung der Kugeloberfläche einen sich kontinuierlich verändernden Kanaldurchmesser aufweist.
- 15 Während bisher lediglich eine zentrale Öffnung im Bereich der Kugeloberfläche, gespeist durch einen Schmiermittelstrom durch die Öffnung im Schaftabschnitt, für die Versorgung der Kugeloberfläche mit Schmiermittel vorhanden war, sind nun eine Mehrzahl an Schmiermittelkanälen vorgesehen, die eine Schmiermittelzuführung zu unterschiedlichen Oberflächenbereichen der Kugeloberfläche ermöglichen. So kann
- 20 ein besonders gleichmäßig dicker Schmierfilm auf der Kugeloberfläche ausgebildet werden und die Schmierung verbessert werden. Die Gefahr, dass Bereiche der Kugeloberfläche mit Schmiermittel nicht versorgt oder unterversorgt werden, ist deutlich verringert. Dadurch, dass die Schmiermittelkanäle erfindungsgemäß einen, sich ausgehend von der Öffnung in Richtung der Kugeloberfläche kontinuierlich verändernden
- 25 Kanaldurchmesser aufweisen, kann die Schmiermittelzuführung zur und ein Schmiermittelausfluß im Bereich der Kugeloberfläche vergleichmäßigt und die Schmierung verbessert werden.

- Bevorzugt verringert sich der Kanaldurchmesser eines jeden Schmiermittelkanals
- 30 ausgehend von der Öffnung kontinuierlich in Richtung der Kugeloberfläche.

Ein Kanaldurchmesser kann sich aber ausgehend von der Öffnung in Richtung der Kugeloberfläche gesehen im Inneren des Kugelpfahabschnitts einmal oder mehrmals verengen und/oder erweitern.

- 5 Weiterhin hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn ein Schmiermittelkanal ausgehend von der Öffnung geradlinig in Richtung Kugeloberfläche verläuft. Alternativ kann ein oder jeder Schmiermittelkanal ausgehend von der Öffnung in Richtung der Kugeloberfläche gesehen einen gewundenen, abgewinkelten oder zumindest abweichend von einer Geraden ausgebildeten Verlauf aufweisen.

10

Im Kugelpfahabschnitt kann weiterhin ein jeder Schmiermittelkanal ein eigenes kleines Schmiermittelreservoir ausbilden, beispielsweise in örtlich begrenzten Bereichen, in denen sich der Schmiermittelkanal kurzfristig ballonförmig erweitert.

- 15 Die Öffnung ist bevorzugt coaxial und/oder konzentrisch zu einer Hauptachse des Kolbens angeordnet. Die Durchgangsöffnung kann beispielsweise zur hydraulischen Entlastung dienen. Vorzugsweise erstreckt sich in einer ersten Ausführungsform die Öffnung durch den Kugelpfahabschnitt bis zur Kugeloberfläche. Dabei kann ein Querschnitt der Öffnung, zumindest im Bereich der Kugeloberfläche, geringer ausgebildet werden als bisher und somit die Tragfähigkeit des Kugelpfahabschnitts verbessert werden.

- 25 Die Schmiermittelaustrittsöffnungen der Schmiermittelkanäle weisen dabei im Bereich der Kugeloberfläche vorzugsweise den gleichen oder einen geringeren Querschnitt auf als die Öffnung.

- Insbesondere hat es sich bewährt, wenn ein Durchmesser der Öffnung im Bereich des Schaftabschnitts in Richtung des Kugelpfahabschnitts abnimmt, insbesondere kontinuierlich abnimmt. Dadurch wird der Druck auf die sich im Bereich des Kugelpfahabschnitts befindlichen Schmiermittelkanäle erhöht und die Verteilung des Schmiermittels verbessert.

30

Im Kugelkopfabschnitt ist optional ein Verteilerraum für Schmiermittel gebildet, in welchen die Öffnung mündet und von dem die Schmiermittelkanäle abzweigen, um schließlich an der Kugeloberfläche zu münden. Der Verteilerraum bildet dabei einen Teil der Öffnung, wobei ein Durchmesser des Verteilerraums im Kugelkopfabschnitt
5 vorzugsweise größer ist als ein Durchmesser der Öffnung im Schaftabschnitt.

Vorzugsweise sind Schmiermittelkanäle vorgesehen, deren Schmiermittelaustrittsöffnungen gleich groß ausgebildet sind. Je nach lokalem Bedarf an die Schmiermittelmenge auf der Kugeloberfläche können aber auch unterschiedliche Querschnitte von
10 Schmiermittelaustrittsöffnungen und/oder Schmiermittelkanälen ausgebildet sein.

Schmiermittelkanäle mit kreisrundem Querschnitt haben sich bewährt. Aber auch andere Querschnittsformen, wie ovale, elliptische oder unregelmäßige Formen sind verwendbar.

Bevorzugt ist in dem Dichtabschnitt eine Aussparung vorhanden, wobei die durch den Schaftabschnitt verlaufende Öffnung in die Aussparung mündet. Die Aussparung dient insbesondere zur Gewichtsreduzierung des Kolbens. Insbesondere ist die Aussparung als eine kegelförmige und/oder eine zylindrische und/oder eine konkave und/oder eine
20 halbkugelartige Vertiefung ausgebildet. Die Aussparung ist vorzugsweise koaxial und/oder konzentrisch zu einer Hauptachse des Kolbens angeordnet. Im Speziellen ist die Aussparung an einer axialen Stirnseite des Dichtabschnitts angebracht und erstreckt sich vorzugsweise axial in Richtung des Schaftabschnitts.

Vorzugsweise weist die Aussparung einen größeren Durchmesser als die Öffnung auf. Der Vorteil der Aussparung besteht darin, dass eine geringere Masse in der späteren Anwendung bewegt werden muss. Dadurch kann insbesondere das Betriebsverhalten einer Axialkolbenmaschine, die mit dem erfindungsgemäßen Kolben ausgebildet ist, verbessert werden.

Vorzugsweise ist eine Anzahl von mindestens fünf Schmiermittelkanälen im Bereich der Kugeloberfläche vorhanden. Insbesondere sind 5 bis 200, vorzugsweise 10 bis 30 Schmiermittelkanäle vorgesehen. Insbesondere weist jeder Schmiermittelkanal eine

- Schmiermittelaustrittsöffnung im Bereich der Kugeloberfläche auf, wobei die Schmiermittelaustrittsöffnungen statistisch, das heißt unregelmäßig, über die Kugeloberfläche verteilt sind. Alternativ ist auch eine symmetrische Anordnung der Schmiermittelaustrittsöffnungen vorteilhaft. Eine ausreichende Anzahl von Schmiermittelkanälen sichert den Aufbau eines gleichmäßig dicken Schmierfilms auf der Kugeloberfläche und damit eine gute Schmierung in diesem Bereich. Insbesondere können in höher belasteten Bereichen der Kugeloberfläche mehr Schmiermittelöffnungen angeordnet werden als in geringer belasteten Bereichen.
- 5
- 10 Eine einzelne Schmiermittelaustrittsöffnung weist im Bereich der Kugeloberfläche insbesondere eine Querschnittsfläche im Bereich von > 0 bis 5 mm^2 auf. Besonders bevorzugt ist eine Querschnittsfläche im Bereich von $> 0,01$ bis $0,8 \text{ mm}^2$, insbesondere von $> 0,01$ bis $0,5 \text{ mm}^2$.
- 15 Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Kolbens gelöst, indem zumindest der Kugelkopfabschnitt durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt wird. Dies hat den Vorteil, dass auch komplexe Formen und Verläufe von Schmiermittelkanälen im Kugelkopfabschnitt in kurzer Zeit gebildet werden können. Das Verfahren eignet sich derzeit noch insbesondere für eine
- 20 Kleinserienfertigung von Kolben. Vorzugsweise wird der Kolben insgesamt durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt.
- Alternativ wird der Schaftabschnitt, der Dichtabschnitt und die Durchgangsöffnung mittels Fließpressens hergestellt und der Kugelkopfabschnitt mittels des additiven Fertigungsverfahrens an den Schaftabschnitt angeformt. Es kann auch eine separate Herstellung des Kugelkopfabschnitts mittels eines additiven Fertigungsverfahrens erfolgen und dieser dann nachträglich mit dem Schaftabschnitt fest verbunden werden. Dazu eignet sich beispielsweise ein Schweiß-, Löt- oder Klebeverfahren.
- 25
- 30 Durch das Fließpressen wird eine endkonturnahe Schaftoberfläche des Schaftabschnitts erzeugt. Insbesondere ist die endkonturnahe Schaftoberfläche durch eine Mantelfläche des Schaftabschnitts gebildet. Alternativ oder optional ergänzend ist die endkonturnahe Schaftoberfläche durch einen Übergangsbereich zwischen dem

Schaftabschnitt und dem Dichtabschnitt und/oder zwischen dem Schaftabschnitt und dem Kugelkopfabschnitt gebildet. Vorzugsweise ist der Übergangsbereich als ein Radius und/oder ein Konus ausgebildet, mit welchem der Schaftabschnitt auf den Kugelkopfabschnitt und/oder den Dichtabschnitt übergeht.

5

Alternativ oder optional ergänzend wird beim Fließpressen eine endkonturnahe Stirnfläche des Dichtabschnitts erzeugt. Insbesondere ist die endkonturnahe Stirnfläche in Bezug auf die Hauptachse des Kolbens durch eine axiale Stirnfläche des Dichtabschnitts gebildet. Bevorzugt ist die Stirnfläche als eine Kreisringfläche ausgebildet.

10

Insbesondere ist durch das Fließpressen eine Oberflächengüte der endkonturnahen Schaftoberfläche oder Stirnfläche erzeugt, welche den Oberflächenanforderungen des fertigen Kolbens entspricht. Somit müssen die endkonturnahe Schaftoberfläche oder die Stirnfläche nicht nachbearbeitet werden, wodurch die Herstellungskosten des Kolbens deutlich reduziert sind. Ferner bilden die Oberflächenbeschaffenheit der endkonturnahen Flächen sowie der Faserverlauf im Inneren des Kolbens eindeutige Identifizierungsmerkmale für einen teilweise durch Fließpressen hergestellten Kolben.

15

In einer weiteren Ausführungsform des Kolbens wird eine Kalottengeometrie an einer Umfangsfläche des Dichtabschnitts durch Zerspanen erzeugt. Die Kalottengeometrie verhindert insbesondere ein Verkeilen des Kolbens in einer Zylinderbohrung einer Axialkolbenmaschine. Vorzugsweise ist diese Kalottengeometrie als eine rotationssymmetrische Mantelfläche eines Kugelsegmentes ausgebildet. Besonders bevorzugt wird die Kalottengeometrie durch Drehen gefertigt. Im Speziellen werden die Kalottengeometrie, die Aussparung sowie die Öffnung im Schaftabschnitt in einem gemeinsamen Zerspanungsprozess erzeugt. Die Kugelgeometrie des Kugelkopfabschnitts ist vorzugsweise spanend nachbearbeitet.

25

Der Kolben ist vorzugsweise aus Metall oder Kunststoff gebildet, insbesondere aus Stahl. Der Stahl ist vorzugsweise gehärtet. Insbesondere entsprechen die Schaftoberfläche des Schaftabschnitts und/oder die Stirnfläche des Dichtabschnitts nach dem Härtingsprozess der Endkontur des Kolbens.

30

Eine Axialkolbenmaschine mit mindestens einem erfindungsgemäßen Kolben hat sich bewährt, bei welcher der Kolben als ein Axialkolben ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich bei der Axialkolbenmaschine um eine Axialkolbenpumpe oder einen Axialkolbenmotor.

5

Die Axialkolbenpumpe setzt insbesondere mechanische Energie in hydraulische Energie um. Der Axialkolbenmotor setzt insbesondere hydraulische Energie in mechanische Energie um. Diese Axialkolbenmaschinen können ein Gehäuse umfassen, in dem sich ein Rotor und eine Scheibe jeweils um eine Rotationsachse dreht, wobei
 10 die beiden Rotationsachsen einen Winkel bilden, sodass der Rotor relativ zu der Scheibe gewinkelt ist. Der Rotor weist jeweils eine oder mehrere Zylinderbohrungen zur Aufnahme des Kolbens auf. Der Kolben ist einerseits, beispielsweise über einen Kugelkopf, gelenkig mit der Scheibe und andererseits in der Aufnahme des Kolbens geführt aufgenommen. Wenn sich der Rotor in Bezug auf das Gehäuse dreht, bewegt
 15 sich jeder Kolben axial in der Aufnahme. Vorzugsweise ist die Axialkolbenmaschine als eine Schrägachsenmaschine oder eine Schrägscheibenmaschine oder eine Taumelscheibenmaschine ausgebildet. Insbesondere weist die Axialkolbenmaschine mehr als zwei, vorzugsweise mehr als vier, im Speziellen mehr als acht der Kolben auf. Bevorzugt weist die Axialkolbenmaschine eine ungerade Anzahl der Kolben auf.

20

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung. Dabei zeigen:

- 25 Figur 1 in einer Schnittdarstellung eine Axialkolbenmaschine mit einem Axialkolben als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung;
 Figur 2 den Kolben aus Figur 1 im Längsschnitt;
 Figur 3 einen weiteren Kolben im Längsschnitt; und
 Figur 4 noch einen weiteren Kolben im Längsschnitt.

30

Figur 1 zeigt in einer Schnittdarstellung eine Axialkolbenmaschine 1, welche beispielsweise für eine Baumaschine ausgebildet und/oder geeignet ist. Die Axialkolbenmaschine 1 ist als eine Schrägachsenpumpe ausgebildet, welche bevorzugt me-

chanische Energie in hydraulische Energie umwandelt. Die Axialkolbenmaschine 1 weist mehrere Kolben 2, einen Rotor 3 sowie eine Scheibe 4 auf. Die Axialkolbenmaschine 1 weist beispielsweise neun der Kolben 2 auf, wobei die Kolben 2 als Axialkolben ausgebildet sind. Die Kolben 2 sind über ein Kugelgelenk 5 mit der Scheibe 4 gelenkig verbunden.

Der Rotor 3 rotiert in einem Betrieb der Axialkolbenmaschine 1 um eine erste Rotationsachse R1. Der Rotor 3 ist als ein Kolbengehäuse ausgebildet und weist hierzu mehrere Zylinderbohrungen 6 auf, wobei jeder Kolben 2 in einer der Zylinderbohrungen 6 beweglich angeordnet und in axialer Richtung in Bezug auf die erste Rotationsachse R1 geradgeführt ist. Die Zylinderbohrungen 6 sind gleichmäßig voneinander beabstandet um die Rotationsachse R1 angeordnet.

Die Scheibe 4 rotiert in einem Betrieb der Axialkolbenmaschine 1 um eine zweite Rotationsachse R2, wobei sich die erste und die zweite Rotationsachse R1, R2 schneiden, sodass der Rotor 3 relativ zu der Scheibe 4 gewinkelt angeordnet ist. Durch eine Drehung der Scheibe 4 werden die Kolben 2 in den Zylinderbohrungen 6 hin und her bewegt, sodass diese beispielsweise eine Hydraulikflüssigkeit fördern.

Figur 2 zeigt einen der Kolben 2 aus Figur 1 im Längsschnitt entlang einer Hauptachse H des Kolbens 2. Der Kolben 2 ist insgesamt durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt und aus Stahl oder Kunststoff gebildet. Der Kolben 2 weist einen Kugelkopfabschnitt 7a mit einer Kugeloberfläche 17, einen Schaftabschnitt 7b und einen Dichtabschnitt 7c auf. Der Schaftabschnitt 7b verbindet den Kugelkopfabschnitt 7a mit dem Dichtabschnitt 7c, wobei sich ausgehend vom Dichtabschnitt 7c eine Öffnung 15 innerhalb des Schaftabschnitts 7b in Längsrichtung des Kolbens 2 zum Kugelkopfabschnitt 7a erstreckt. Der Kugelkopfabschnitt 7a weist eine Mehrzahl von Schmiermittelkanälen 18 auf, die die Öffnung 15 mit der Kugeloberfläche 17 verbinden. Die Schmiermittelkanäle 18 münden jeweils in einer, hier kreisförmig ausgebildeten, Schmiermittelaustrittsöffnung 18b. Dabei zweigen die Schmiermittelkanäle 18, die einen geringeren Durchmesser als die Öffnung 15 aufweisen, von einem Verteilerraum 19 für Schmiermittel im Kugelkopfabschnitt 7a ab. Dabei sind die Schmiermittelkanäle

18 hier ausgehend vom Verteilerraum 19 geringfügig gebogen ausgebildet, das heißt sie folgen in ihrem Verlauf nicht einer Geraden.

Der Dichtabschnitt 7c ist in Bezug auf die Hauptachse H als ein umlaufender Kragen
5 ausgebildet, welcher sich radial nach außen hin erstreckt. Der Dichtabschnitt 7c weist eine endkonturnahe Stirnfläche 13 auf. Der Dichtabschnitt 7c weist eine Aussparung 10 auf, welche ausschnittsweise in einer vergrößerten Detailansicht dargestellt ist. Die Aussparung 10 ist als eine Zylindersenkung mit einem nach innen gewölbten Bodenbereich ausgebildet. Die Aussparung 10 ist coaxial und/oder konzentrisch zu der
10 Hauptachse H an einer axialen Stirnfläche 13 des Dichtabschnitts 7c angeordnet. Die Aussparung 10 dient zur Gewichtsreduzierung des Kolbens 2 und erstreckt sich hierzu über beispielsweise mehr als 60%, vorzugsweise mehr als 70%, im Speziellen mehr als 80% der Stirnfläche 13 des Dichtabschnitts 7c. Die Stirnfläche 13 ist als eine Kreisringfläche ausgebildet und ist durch die Aussparung 10 in radialer Richtung be-
15 grenzt.

Der Dichtabschnitt 7c weist an einer Umfangsfläche eine Kalottengeometrie 16 auf, welche ebenfalls in der vergrößerten Detailansicht dargestellt ist. Die Kalottengeometrie 16 dient beispielsweise dazu, ein Verkeilen des Kolbens 2 in der Kolbenaufnahme
20 6 (vergleiche Figur 1) zu verhindern. Hierzu wird die Umfangsfläche des Dichtabschnitts 7c spanend bearbeitet, sodass die Kalottengeometrie 16 erzeugt wird. Beispielsweise können die Aussparung 10, die Öffnung 15 und die Kalottengeometrie 16 in einem gemeinsamen Zerspanungsprozess gebildet werden.

25 Der Schaftabschnitt 7b weist eine zylindrische Form auf, wobei der Schaftabschnitt 7b mit dem Kugelpopfabschnitt 7a in einem ersten Übergangsbereich 11a über einen Radius verbunden ist. In einem zweiten Übergangsbereich 11b ist der Schaftabschnitt 7b über eine in Richtung des Dichtabschnitts 7c verlaufende konusförmige Verbreiterung und über einen weiteren Radius mit dem Dichtabschnitt 7c verbunden. Der erste
30 und der zweite Übergangsbereich 11a, 11b sowie die Mantelfläche des zylindrischen Schaftabschnitts 7b bilden eine endkonturnahe Schaftoberfläche 12 des Schaftabschnitts 7b.

Zur Fertigstellung des Kolbens 2 wird dieser beispielsweise gehärtet, bevor oder nachdem der Kugelabschnitt 7a, insbesondere die Kugeloberfläche 17 und der Dichtabschnitt 7c, insbesondere die Kalottengeometrie 16, auf Endkontur bearbeitet werden. Beispielsweise werden in einem Nachbearbeitungsprozess die Kugeloberfläche
5 17 und die Kalottengeometrie 16 in einem Hartdreh-, Schleif- und/oder Superfinish-Prozess bearbeitet. Dabei wird gegebenenfalls auch eine Dichtmittelaufnahme, welche beispielsweise zur Aufnahme mindestens eines Kolbenrings ausgebildet ist, im Bereich der Kalottengeometrie 16 eingebracht.

10 Eine Maßveränderung des Kolbens 2 durch den Härteprozess wird bereits in der Auslegung des Kolbens 2 berücksichtigt. Der Herstellungsprozess wird entsprechend optimiert, so dass alle nicht nachzubearbeitenden Konturen und Maße, insbesondere die endkonturnahe Schaftoberfläche 12 und die endkonturnahe Stirnfläche 13, nach einem Härteprozess der Endkontur entsprechen.

15 Figur 3 zeigt einen weiteren Kolben 2' im Längsschnitt. Gleiche Bezugszeichen wie in Figur 2 kennzeichnen gleiche Elemente. Hier erstreckt sich die Öffnung 15 durch den Kugelkopfabschnitt 7a mit gleichem Durchmesser hindurch bis zur Kugeloberfläche 17. Der Kanalquerschnitt 18a der Schmiermittelkanäle 18, die von der Öffnung 15 im
20 Bereich des Kugelkopfabschnitts 7a abzweigen, ist geringer als der Durchmesser der Öffnung 15 und verändert sich kontinuierlich in seinem Verlauf, wobei hier lediglich eine schematische Darstellung gewählt wurde, die dieses Detail nicht aufzeigt.

Figur 4 zeigt noch einen weiteren Kolben 2'' im Längsschnitt. Gleiche Bezugszeichen
25 wie in Figur 2 oder 3 kennzeichnen gleiche Elemente. Hier erstreckt sich die Öffnung 15 bis zum Kugelkopfabschnitt 7a. Dort zweigen Schmiermittelkanäle 18 von dieser ab, deren Querschnitte beziehungsweise Kanaldurchmesser sich in Richtung der Kugeloberfläche 17 kontinuierlich verringern.

30 Figur 5 zeigt eine Ansicht des Kolbens 2'' aus Figur 4 in Richtung der Hauptachse H auf die Kugeloberfläche 17 gesehen. Es ist die Anordnung der Schmiermittelaustrittsöffnungen 18b der Schmiermittelkanäle 18 über die Kugeloberfläche 17 erkennbar.

Die Anordnung der Schmiermittelaustrittsöffnungen 18b im Bereich der Kugeloberfläche 17 kann gleichmäßig verteilt sein. Insbesondere kann aber auch eine Häufung von Schmiermittelaustrittsöffnungen 18b im Bereich besonders reib- oder verschleißbelasteter Bereiche der Kugeloberfläche 17 vorhanden sein.

Bezugszeichenliste

	1	Axialkolbenmaschine
	2	Kolben
5	3	Rotor
	4	Scheibe
	5	Kugelgelenk
	6	Zylinderbohrung
	7a	Kugelkopfabschnitt
10	7b	Schaftabschnitt
	7c	Dichtabschnitt
	10	Aussparung
	11a	erster Übergangsbereich
	11b	zweiter Übergangsbereich
15	12	endkonturnahe Schaftoberfläche
	13	endkonturnahe Stirnfläche
	15	Öffnung
	16	Kalottengeometrie
	17	Kugeloberfläche
20	18	Schmiermittelkanal
	18a	Kanaldurchmesser
	18b	Schmiermittelaustrittsöffnung
	19	Verteilerraum
	H	Hauptachse
25	R1	erste Rotationsachse
	R2	zweite Rotationsachse

Patentansprüche

1. Kolben (2) für eine Axialkolbenmaschine (1), wobei der Kolben (2) einen Kugelkopfabschnitt (7a) mit einer Kugeloberfläche (17), einen Schaftabschnitt (7b) und einen Dichtabschnitt (7c) aufweist, wobei der Schaftabschnitt (7b) den Kugelkopfabschnitt (7a) mit dem Dichtabschnitt (7c) verbindet, wobei sich ausgehend vom Dichtabschnitt (7c) eine Öffnung (15) innerhalb des Schaftabschnitts (7b) in Längsrichtung des Kolbens (2) zum Kugelkopfabschnitt (7a) erstreckt, wobei der Kugelkopfabschnitt (7a) eine Mehrzahl von Schmiermittelkanälen (18) aufweist, die die Öffnung (15) mit der Kugeloberfläche (17) verbinden, dadurch gekennzeichnet, dass ein jeder Schmiermittelkanal (18) ausgehend von der Öffnung (15) in Richtung der Kugeloberfläche (17) einen sich kontinuierlich verändernden Kanaldurchmesser (18a) aufweist.
2. Kolben (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kanaldurchmesser (18a) eines jeden Schmiermittelkanals (18) sich ausgehend von der Öffnung (15) in Richtung des Kugelkopfabschnitts (7a) kontinuierlich verringert.
3. Kolben (2) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung (15) sich durch den Kugelkopfabschnitt (7a) bis zur Kugeloberfläche (17) erstreckt.
4. Kolben (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Dichtabschnitt (7c) eine Aussparung (10) vorhanden ist, wobei die Öffnung (15) in die Aussparung (10) mündet.
5. Kolben (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von mindestens fünf Schmiermittelkanälen (18) vorhanden ist.
6. Kolben (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Schmiermittelkanal (18) eine Schmiermittelaustrittsöffnung (18b) im Bereich der Kugeloberfläche aufweist, wobei die Schmiermittelaustrittsöffnungen (18b) statistisch über die Kugeloberfläche (17) verteilt sind.

7. Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Kugelkopfabschnitt (7a) durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt wird.

5 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (2) insgesamt durch ein additives Fertigungsverfahren hergestellt wird.

9. Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (2) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaftabschnitt (7b), der Dichtabschnitt (7c) und die Durchgangs-
10 öffnung (15) mittels Fließpressens hergestellt wird und dass der Kugelkopfabschnitt mittels des additiven Fertigungsverfahrens an den Schaftabschnitt (7b) angeformt wird.

10. Axialkolbenmaschine (1) mit mindestens einem Kolben (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (2) als ein Axialkolben ausgebildet ist.

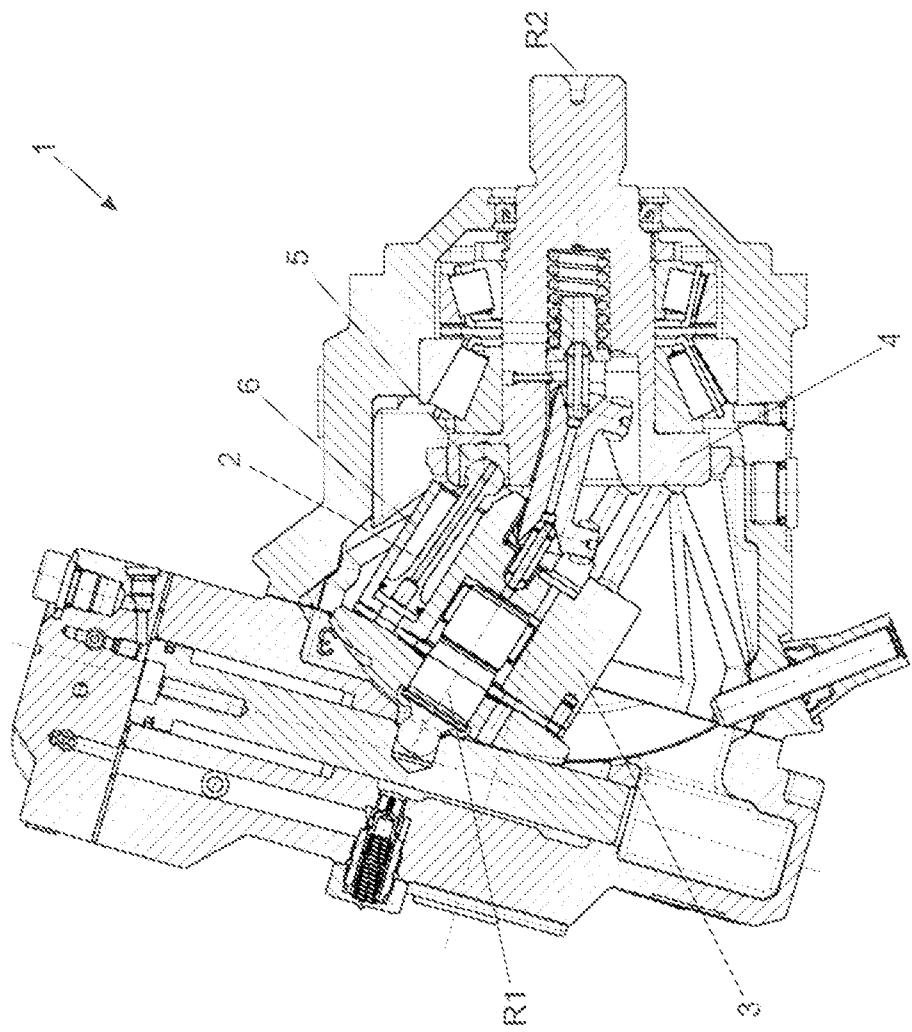
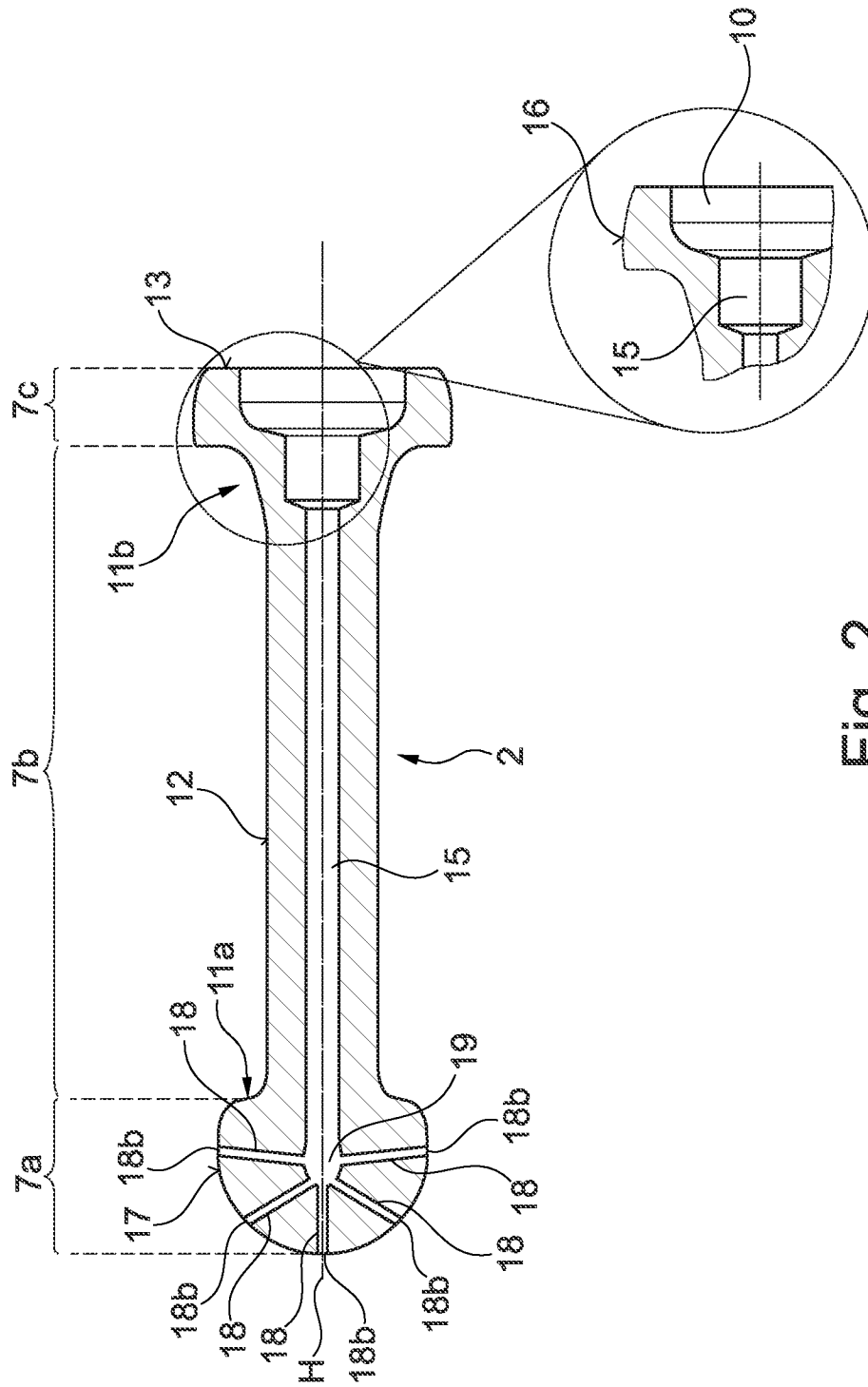


Fig. 1



294

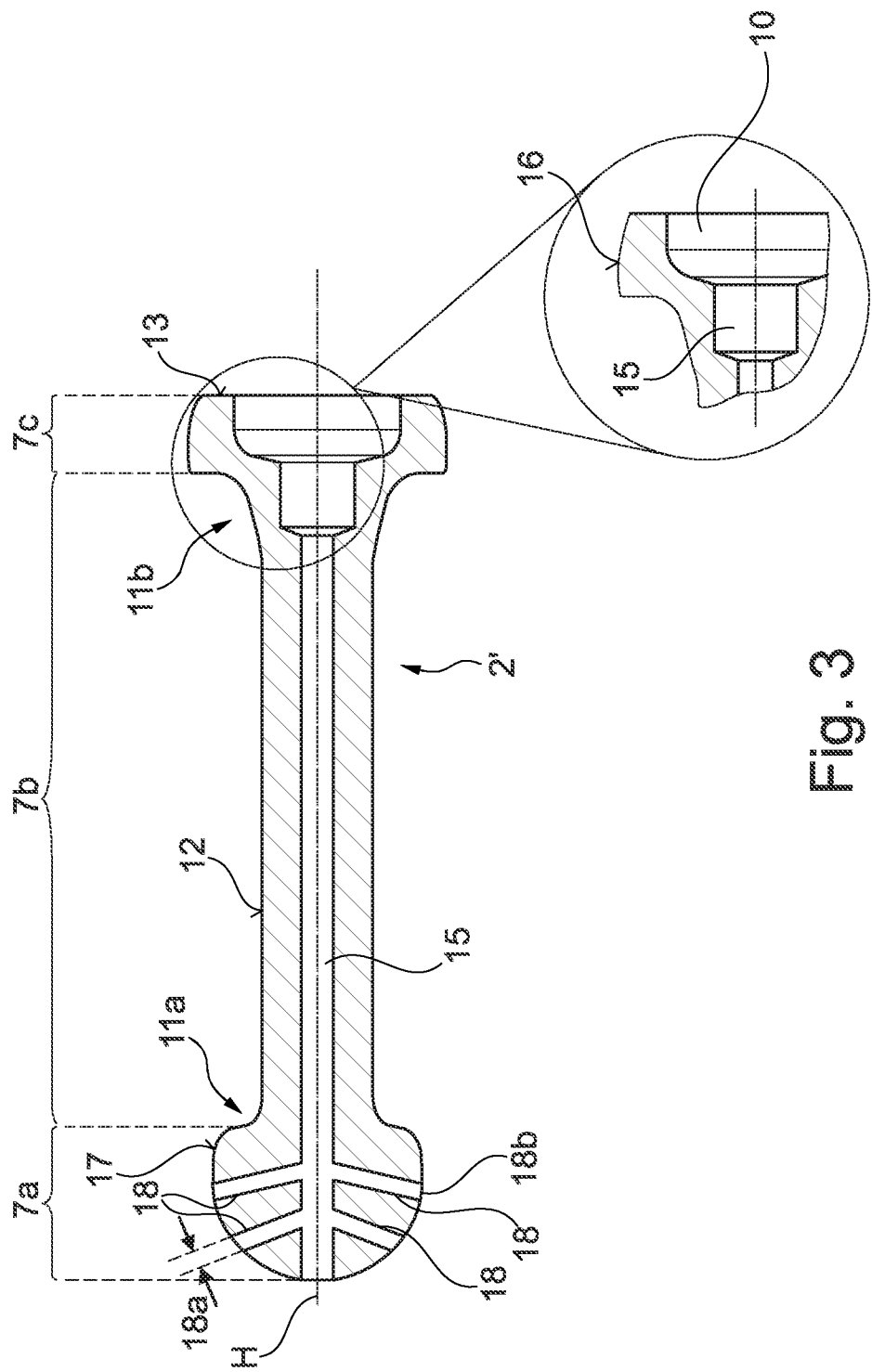


Fig. 3

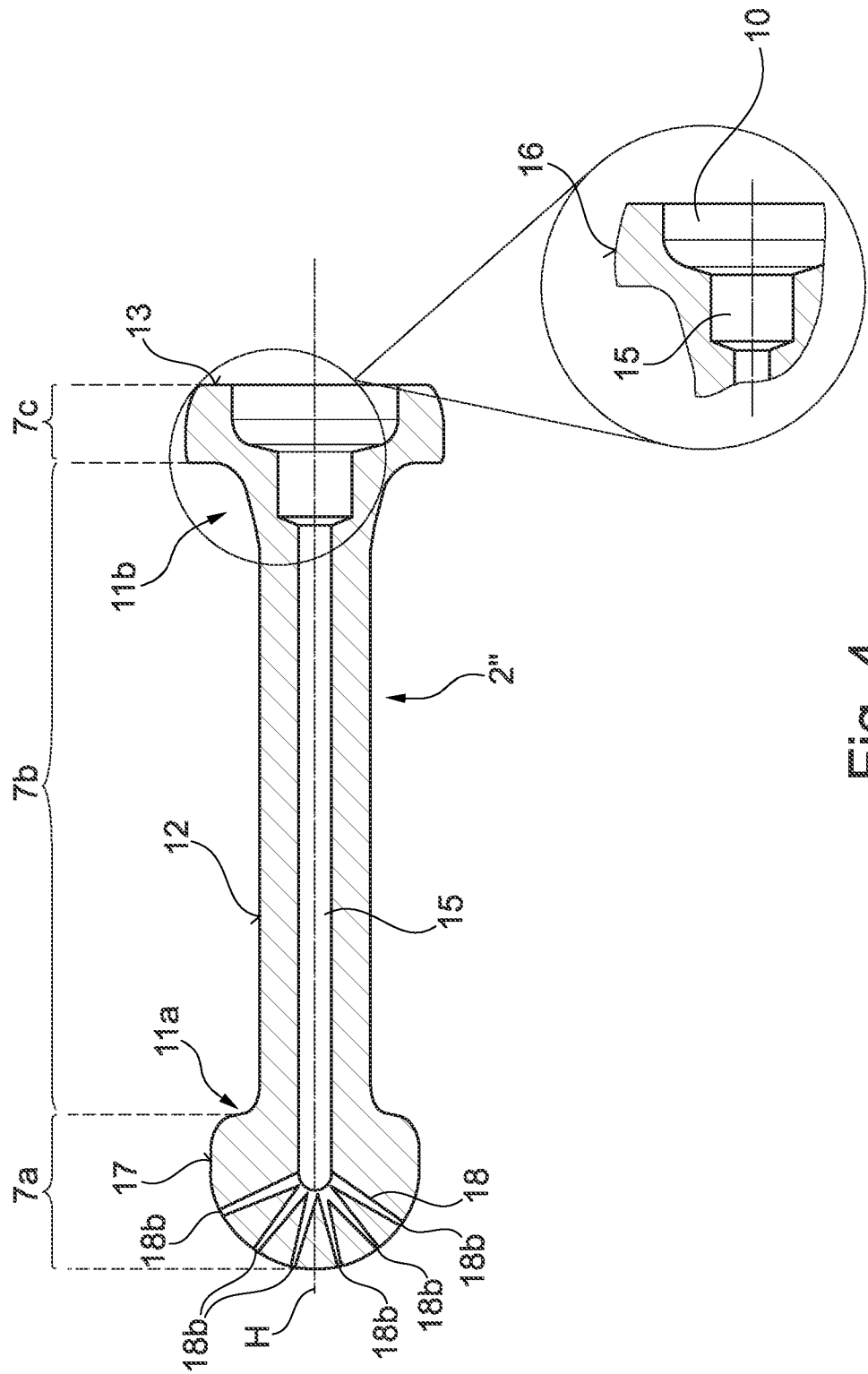


Fig. 4

5/5

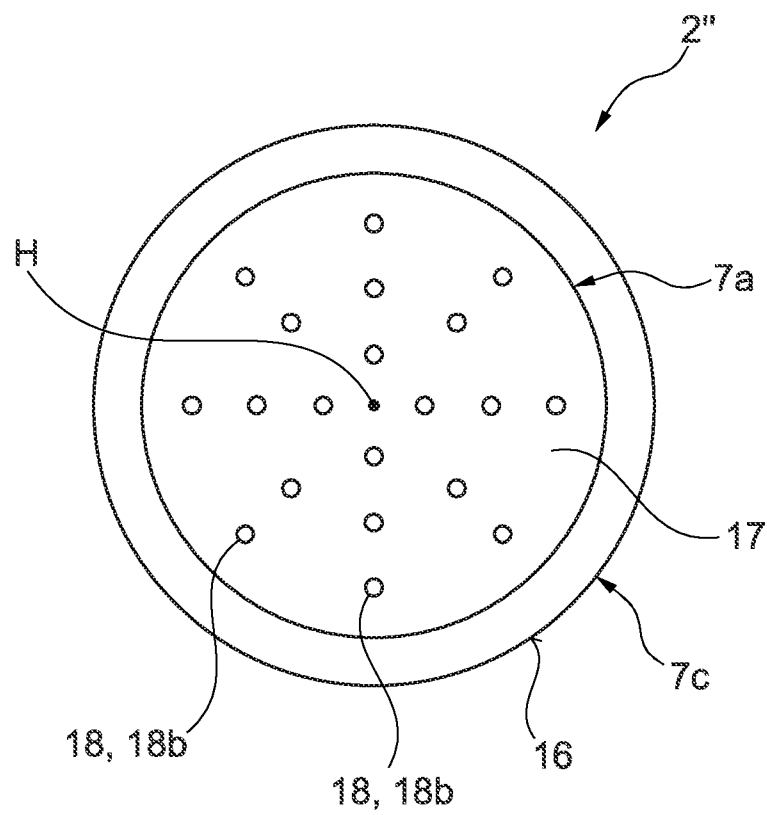


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2020/100053

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03C 1/28(2006.01)i; **F04B 1/124**(2020.01)i; **F04B 1/20**(2020.01)i; **F04B 53/14**(2006.01)i; **F04B 53/18**(2006.01)i;
F04B 27/08(2006.01)i

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)

F03C; F04B; F16J

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.
Y	CN 103867432 B (UNIVERSITY YANSHAN [CN]) 24 August 2016 (2016-08-24) figures 1, 2, 4 abstract	1-10
Y	DE 19641865 A1 (BRUENINGHAUS HYDROMATIK GMBH [DE]) 16 April 1998 (1998-04-16) figure 1 column 3, line 17 - line 64	1-6,10
Y	WO 2016201241 A1 (PARKER HANNIFIN CORPORATION [US]) 15 December 2016 (2016-12-15) figures 7, 9-12 page 1, line 5 - page 2, line 18	7-9
Y	JP 2015178808 A (KAYABA INDUSTRY CO. LTD. [JP]) 08 October 2015 (2015-10-08) figures 3,4 abstract	1-6,10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family 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 application or patent 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

06 April 2020

Date of mailing of the international search report

17 April 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Gnüchtel, Frank

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2020/100053

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102011010278 A1 (ROBERT BOSCH GMBH [DE]) 09 August 2012 (2012-08-09) figures 3, 4 paragraph [0038] - paragraph [0040]	1-6,10
A	CH 390649 A (THOMA, HANS PROF. DR.-ING. [CH]) 15 April 1965 (1965-04-15) figure 5 page 2, line 56 - line 92	1-10
A	US 5685267 A (CUMMINS ENGINE COMPANY, INC. [US]) 11 November 1997 (1997-11-11) figures 1, 3, 6, 7 column 3, line 6 - column 5, line 9	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2020/100053

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	103867432	B	24 August 2016	NONE	
DE	19641865	A1	16 April 1998	NONE	
WO	2016201241	A1	15 December 2016	NONE	
JP	2015178808	A	08 October 2015	NONE	
DE	102011010278	A1	09 August 2012	DE 102011010278 A1	09 August 2012
				WO 2012104035 A1	09 August 2012
CH	390649	A	15 April 1965	CH 390649 A	15 April 1965
				DE 1151157 B	04 July 1963
US	5685267	A	11 November 1997	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F03C1/28 F04B27/08	F04B1/124 F04B1/20 F04B53/14 F04B53/18
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F03C F04B F16J		
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.
Y	CN 103 867 432 B (UNIVERSITY YANSHAN [CN]) 24. August 2016 (2016-08-24) Abbildungen 1, 2, 4 Zusammenfassung	1-10
Y	DE 196 41 865 A1 (BRUENINGHAUS HYDROMATIK GMBH [DE]) 16. April 1998 (1998-04-16) Abbildung 1 Spalte 3, Zeile 17 - Zeile 64	1-6,10
Y	WO 2016/201241 A1 (PARKER HANNIFIN CORPORATION [US]) 15. Dezember 2016 (2016-12-15) Abbildungen 7, 9-12 Seite 1, Zeile 5 - Seite 2, Zeile 18	7-9
	-/--	
☒ 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" 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. April 2020		17/04/2020
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 Gnüchtel, Frank

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP 2015 178808 A (KAYABA INDUSTRY CO. LTD. [JP]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08) Abbildungen 3,4 Zusammenfassung -----	1-6,10
Y	DE 10 2011 010278 A1 (ROBERT BOSCH GMBH [DE]) 9. August 2012 (2012-08-09) Abbildungen 3, 4 Absatz [0038] - Absatz [0040] -----	1-6,10
A	CH 390 649 A (THOMA, HANS PROF. DR.-ING. [CH]) 15. April 1965 (1965-04-15) Abbildung 5 Seite 2, Zeile 56 - Zeile 92 -----	1-10
A	US 5 685 267 A (CUMMINS ENGINE COMPANY, INC. [US]) 11. November 1997 (1997-11-11) Abbildungen 1, 3, 6, 7 Spalte 3, Zeile 6 - Spalte 5, Zeile 9 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2020/100053

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 103867432 B	24-08-2016	KEINE	
DE 19641865 A1	16-04-1998	KEINE	
WO 2016201241 A1	15-12-2016	KEINE	
JP 2015178808 A	08-10-2015	KEINE	
DE 102011010278 A1	09-08-2012	DE 102011010278 A1	09-08-2012
		WO 2012104035 A1	09-08-2012
CH 390649 A	15-04-1965	CH 390649 A	15-04-1965
		DE 1151157 B	04-07-1963
US 5685267 A	11-11-1997	KEINE	