

(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
26. November 2015 (26.11.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/177231 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F04B 27/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/061149

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2015 (20.05.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 209 892.0 23. Mai 2014 (23.05.2014) DE

(71) Anmelder: **MAHLE INTERNATIONAL GMBH**
[DE/DE]; Pragstraße 26-46, 70376 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BAITINGER, Gert**; Senefelderstraße 83, 70176 Stuttgart (DE). **BEERENS, Christoph**; Leibnitzstraße 47, 70193 Stuttgart (DE). **KREISIG, Michael**; Gutenbergstraße 130, 70197 Stuttgart (DE). **LEUTERT, Markus**; Habsburgerstr. 1, 79664 Wehr/Baden (DE). **MÜLLER, Rolf**; Thymianweg 32, 71711 Steinheim/Murr (DE). **REPGEN, Berthold**; Baddinghagener Weg 10,

58840 Plettenberg (DE). **SCHACHERER, Roland**; Kindergartenweg 1, 78187 Geisingen (DE). **SCHNEIDER, Falk**; Alleenstraße 22, 70825 Kornthal-Münchingen (DE). **WIESKE, Peter**; Lembergstraße 4, 70825 Kornthal-Münchingen (DE).

(74) Anwalt: **BRP RENAUD UND PARTNER MBB**; Königstraße 28, 70173 Stuttgart (DE).

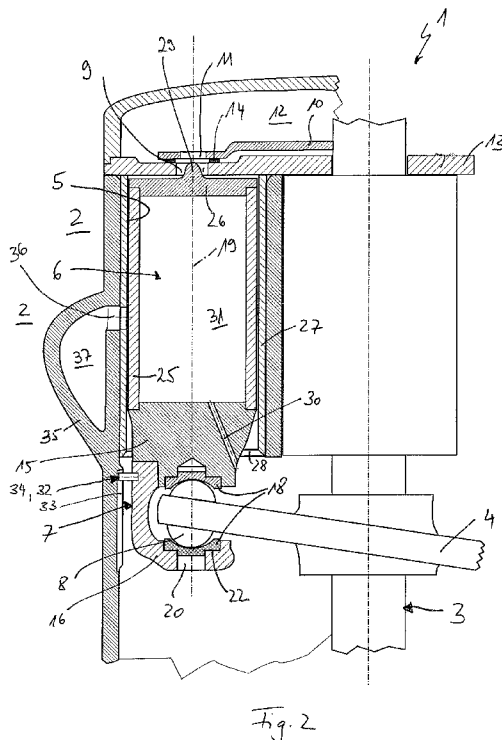
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AXIAL PISTON MACHINE

(54) Bezeichnung : AXIALKOLBENMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to an axial piston machine (1) comprising: a shaft (3) which is non-rotatably connected to a swash plate (4); and cylinders (5) that are disposed annularly around and coaxially with the shaft (3), in which cylinders pistons (6) are disposed in a translationally displaceable manner, wherein each piston (6) is coupled to the swash plate (4) by means of a spherical bearing (7) and a sliding member (8) and wherein an inlet opening (9) is assigned to each cylinder (5). The axial piston machine further comprises a control plate (10) having an eccentrically disposed through-opening (11) which passes over each inlet opening (9) once during each revolution of the control plate (10) thereby guiding the working medium into the associated cylinder (5). According to the invention, at least one spherical bearing (7) has a multi-part design.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Axialkolbenmaschine (1), - mit einer Welle (3), die drehfest mit einer Schrägscheibe (4) verbunden ist, - mit ringförmig um und koaxial zur Welle (3) angeordneten Zylindern (5), in welchen Kolben (6) translatorisch verstellbar angeordnet sind, wobei jeder Kolben (6) über ein Kalottenlager (7) und einen Gleitstein (8) mit der Schrägscheibe (4) gekoppelt ist, - wobei jedem Zylinder (5) eine Einlassöffnung (9) zugeordnet ist, - mit einer Steuerscheibe (10) mit einer exzentrisch angeordneten Durchgangsöffnung (11), die bei jeder Umdrehung der Steuerscheibe (10) jede Einlassöffnung (9) einmal überstreicht und dabei Arbeitsmedium in den zugehörigen Zylinder (5) leitet. Erfindungswesentlich ist dabei, dass zumindest ein Kalottenlager (7) mehrteilig ausgebildet ist.



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).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Axialkolbenmaschine

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Axialkolbenmaschine mit einer Welle, die drehfest mit einer Schrägscheibe verbunden ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem ein Wärmerückgewinnungssystem mit einer derartigen Axialkolbenmaschine.

Bei Verbrennungsmotoren ist es bekannt, dass lediglich 40% der im Kraftstoff gespeicherten Energie zur Bewegung des Kolbens und damit zum Antrieb des Verbrennungsmotors genutzt werden. Die restliche im Rahmen der Verbrennung erzeugte Energie wird hauptsächlich durch entweichende Verbrennungsabgase in Form von Wärme aus dem Verbrennungsmotor abgeleitet. Zur Reduzierung derartiger Wärmeverluste und damit auch zur Steigerung der Effizienz des Verbrennungsmotors ist es dabei bekannt, eine Axialkolbenmaschine mit dem Verbrennungsmotor zu koppeln.

Aus der DE 10 2010 036 917 A1 ist beispielsweise eine gattungsgemäße Axialkolbenmaschine mit einer Welle bekannt, welche drehfest mit einer Schrägscheibe verbunden ist. Koaxial zur Welle und ringförmig um diese sind dabei mehrere Zylinder angeordnet, in welchen jeweils gebaute und hohle Kolben translatorisch verstellbar angeordnet sind. Jeder dieser Kolben ist über ein zugehöriges Kalottenlager und einen Gleitstein mit der Schrägscheibe gekoppelt, wodurch eine Bewegung des jeweiligen Kolbens einen Antrieb der Schrägscheibe und damit ein Antreiben der Welle bewirkt. Über eine Steuerscheibe mit einer exzentrisch angeordneten Durchgangsöffnung wird dabei jede Einlassöffnung eines Zylinders bei jeder Umdrehung einmal überstrichen und dabei dem jeweiligen Zylinder Arbeitsmedium zugeführt. Hierdurch soll insbesondere eine kompaktbauende Axialkolbenmaschine geschaffen werden können.

Nachteilig bei der aus dem Stand der Technik bekannten Axialkolbenmaschine ist indes die vergleichsweise schwierige Fertigung des Kalottenlagers.

Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher mit dem Problem, für eine Axialkolbenmaschine der gattungsgemäßen Art eine verbesserte oder zumindest eine alternative Ausführungsform anzugeben, welche sich insbesondere durch ein verbessertes Kalottenlager auszeichnet.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, ein Kalottenlager einer Axialkolbenmaschine nicht mehr wie bisher üblich einteilig oder sogar einstückig, sondern nunmehr mehrteilig auszubilden und dadurch deutlich einfacher herstellen zu können. Das Kalottenlager ist dabei Bestandteil einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine, die eine Welle aufweist, welche drehfest mit einer Schrägscheibe verbunden ist. Um die Welle herum und koaxial zu dieser sind üblicherweise zumindest vier Zylinder angeordnet, in welchen insbesondere gebaute und hohle Kolben translatorisch verstellbar angeordnet sind. Jeder dieser Kolben ist dabei über das besagte Kalottenlager und mindestens einen Gleitstein mit der Schrägscheibe gekoppelt. In dem Zylinder ist darüber hinaus eine Einlassöffnung zugeordnet, wobei die Axialkolbenmaschine zusätzlich eine Steuerscheibe mit einer exzentrisch angeordneten Durchgangsöffnung aufweist, die bei jeder Umdrehung der Steuerscheibe jede Einlassöffnung einmal überstreicht und dabei Arbeitsmedium, beispielsweise Abgas, in den zugehörigen Zylinder leitet. Durch die erfindungsgemäße mehrteilige Ausbildung des Kalottenlagers ist es möglich, die einzelnen Teile desselben separat herzustellen und separat zu bearbeiten, insbesondere auch separat vorzufertigen, wodurch insbesondere das Her-

stellen der den Gleitstein aufnehmenden Aufnahme deutlich vereinfacht wird. Durch die mehrteilige Ausbildung des erfindungsgemäßen Kalottenlagers ist nicht nur eine Steigerung der Herstellungsqualität, sondern auch eine Reduzierung der Herstellungskosten möglich.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine ist das Kalottenlager zweiteilig ausgeführt und besitzt einen ersten und einen zweiten Teil, wobei diese beiden Teile jeweils eine Aufnahme oder eine Aufnahmeschale für einen Gleitstein aufweisen. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass das Kalottenlager zweiteilig ausgeführt ist mit einem ersten und einem zweiten Teil, wobei der erste Teil mit dem Kolbenhemd verbunden ist und der zweiten Teil zwei Aufnahmen oder zwei Aufnahmeschalen für den Gleitstein aufweist. Die beiden Teile des Kalottenlagers, wovon eines einen Kopf des jeweiligen Kolbens bildet, sind dabei fest miteinander verbunden, beispielsweise thermisch miteinander gefügt, miteinander verschweißt, verklebt, verlötet oder verstemmt. Der zweite Teil des Kalottenlagers kann dabei insbesondere als umgeformte Blechbrücke ausgebildet sein und dadurch beispielsweise aus einem dickwandigen Blech hergestellt werden. Selbstverständlich ist auch eine Ausbildung des zweiten Teils als Sinterteil denkbar. Vorteilhaft ist es, wenn die umgeformte Blechbrücke mit dem ersten Teil des Kalottenlagers durch einen Presssitz, Schweißen, Löten und/oder thermisches Fügen verbunden ist.

Zweckmäßig weist zumindest eine Aufnahme oder eine Aufnahmeschale eine Beschichtung auf, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder ist nitriert. Bereits diese nicht abschließende Aufzählung der möglichen Beschichtungen lässt erahnen, welche mannigfaltigen Möglichkeiten für eine verschleiß- und/oder reibungsreduzierende Beschichtung im Bereich der Aufnahme bzw. der Aufnahmeschale bestehen. Von besonderem Vorteil hierbei ist wiederum, dass die Beschichtung da-

bei besonders einfach auf die beiden zunächst noch separaten Teile des Kalottenlagers aufgebracht werden kann, was bei einem einstückigen Kalottenlager deutlich schwieriger wäre.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist beispielsweise eine Aufnahmeschale aus Kunststoff ausgebildet und/oder in eine zugehörige Aufnahme des Kalottenlagers eingespritzt. Dies kann insbesondere auf der Gegendruckseite des Kolbens erfolgen. Durch die Ausbildung der Aufnahmeschale aus Kunststoff bzw. dem Einspritzen derselben in die zugehörige Aufnahme des Kalottenlagers kann wiederum ein vergleichsweise kostengünstiges aber dennoch verschleißbeständiges und reibungsarmes Kalottenlager geschaffen werden.

Darüber hinaus kann die Aufnahme vor dem Einfügen der Aufnahmeschale vermessen und dadurch mit der zugehörigen Aufnahmeschale gepaart werden, die selbst wiederum maßlich so bemessen ist, dass sie Fertigungstoleranzen ausgleicht. Dadurch kann das Kalottenlager zur Verwendung eines einheitlich gefertigten (gleichen Maßes) Gleitsteins eingestellt werden und die Toleranzkette bis hin zum oberen Totpunkt des Kolbens verkleinert werden. Da jede Toleranz am Restgasraum des Kolbens im oberen Totpunkt zum Zylinderende hin eine Reduzierung des Wirkungsgrads bedeutet, ist das Ausgleichen von Fertigungstoleranzen durch die beschriebene Vermessung und Paarung der Aufnahme mit der Aufnahmeschale von besonders großem Vorteil.

Zweckmäßig ist das Kalottenlager fest mit dem zugehörigen Kolben verbunden und weist eine zur Kolbenachse parallele Bohrung auf, in welche die jeweilige Aufnahmeschale einsetzbar ist. Hierbei ist es beispielsweise denkbar, dass die zugehörige Aufnahmeschale einen Nippel oder Fortsatz besitzt, welcher form-

schlüssig in die zugehörige Bohrung eingreift und dadurch ein formschlüssiges Einfügen der Aufnahmeschale in die Aufnahme des Kalottenlagers ermöglicht.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist zumindest eine Aufnahmeschale mittels einer Schraube oder einer Feder, insbesondere mittels einer Tellerfeder, insbesondere von der Gegendruckseite aus gegen den zugehörigen Gleitstein vorgespannt. Hierdurch ist wiederum ein Toleranzausgleich auf der Gegendruckseite möglich, wodurch insbesondere größere Fertigungstoleranzen ermöglicht werden.

Zweckmäßig ist zumindest ein Gleitstein aus Kunststoff, insbesondere aus einem Polymer mit Polytetrafluorethylen (PTFE) ausgebildet. Eine derartige Ausbildung des Gleitsteins aus Kunststoff ermöglicht wieder um eine qualitativ hochwertige sowie auch eine kostengünstige Herstellung desselben.

Eine günstige Möglichkeit sieht vor, dass die Aufnahme und der Gleitstein derart geformt sind, dass der Gleitstein in einem ringförmigen Kontaktbereich in Kontakt mit der Aufnahme ist, oder dass die Aufnahmeschale und der Gleitstein derart geformt sind, dass der Gleitstein in einem ringförmigen Kontaktbereich in Kontakt mit der Aufnahmeschale ist. Dadurch kann eine genauere Führung des Gleitsteins in der Aufnahme bzw. der Aufnahmeschale erzielt werden, so dass das Spiel insgesamt verringert wird. Besonders günstig ist es, wenn der Gleitstein halbkugelförmig ausgebildet ist und wenn der ringförmige Kontaktbereich sich in einem Winkelbereich von 30° bis 57° zu einer Kolbenachse, bezogen auf einen Kugelmittelpunkt des Gleitsteins, liegt.

Eine weitere günstige Möglichkeit sieht vor, dass die Aufnahme oder die Aufnahmeschale eine Innenkontur aufweist, die aus einer Innenseite einer um eine Kreisbahn rotierende Hohlkugel gebildet ist, wobei der Mittelpunkt der Kreisbahn

auf einer Kolbenachse liegt und die Kreisbahn in einer im Wesentlichen senkrecht zur Hochachse verlaufenden Ebene liegt. Auf diese Weise kann die Aufnahme oder die Aufnahmeschale derart ausgebildet werden, dass ein halbkugelförmiger Gleitstein mit der Aufnahme bzw. der Aufnahmeschale in einem ringförmigen Kontaktbereich in Kontakt ist.

Zumindest ein Kolben der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine kann als gebauter und hohler Kolben ausgebildet sein und ein aus einem Rohr hergestelltes Kolbenhemd aufweisen, wodurch der Kolben selbst nicht nur vergleichsweise kostengünstig, sondern zudem auch leicht ausgebildet werden kann, wodurch insbesondere bei einem Einsatz der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine in einem Kraftfahrzeug Kraftstoff eingespart werden kann. Der Kolben ist dabei üblicherweise aus dem zuvor beschriebenen Kolbenhemd, einem Kolbenboden und dem Kalottenlager zusammengesetzt, wobei diese Komponenten beispielsweise thermisch miteinander gefügt, miteinander verklebt, verschweißt oder verlötet sein können. Diese nicht abschließende Aufzählung lässt bereits erahnen, wie vielfältig die Verbindungsmöglichkeiten der einzelnen Komponenten des Kolbens gestaltet sind. Rein theoretisch ist selbstverständlich auch ein Verpressen der einzelnen Teile miteinander denkbar.

Eine vorteilhafte Variante sieht vor, dass das Kolbenhemd aus einem tiefgezogenen Rohr gebildet ist und einen geschlossenen Kolbenboden aufweist. Dadurch kann der Kolben vielfältiger und kostengünstig hergestellt werden. Ferner ist es auch möglich, dass das Kolbenhemd aus einem gezogenen Rohr gebildet ist, das mittels Kalt-, Halbwarm-, oder Warmumformen umgeformt ist.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung weist das Kolbenhemd eine Beschichtung auf, insbesondere eine Polymerbe-

schichtung, eine DLC-Beschichtung (Diamond Like Carbon) oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder ist nitriert. Diese Beschichtungen ermöglichen nicht nur eine Reduzierung des Reibungswiderstands, sondern auch eine Erhöhung des Verschleißwiderstandes, so dass durch eine derartige Beschichtung ein leichtgängiges und zugleich verschleißarmes Führen des Kolbens im Zylinder ermöglicht wird.

Zweckmäßig ist das Kolbenhemd ballig ausgebildet. Durch ein ballig oder konvex ausgebildetes Kolbenhemd kann insbesondere ein Verklemmen desselben im Zylinder vermieden werden. Ferner kann das Kolbenhemd konkav ausgebildet sein, um einer möglichen Aufweitung des Kolbens durch das Fügen des Kolbenhemdes mit dem Kalottenlager entgegenzuwirken. Darüber hinaus ist es denkbar, dass der Kolben elliptisch ausgebildet ist, d.h. eine unrunde Außenkontur aufweist, wodurch ein Verdrehen desselben um seine Kolbenachse unterbunden werden kann.

Eine günstige Lösung sieht vor, dass das Kolbenhemd in axialer Richtung mindestens zwei Abschnitte aufweist, die sich durch einen Außendurchmesser und/oder durch einen Innendurchmesser unterscheiden. Auch auf diese Weise kann einer möglichen Aufweitung des Kolbens durch das Fügen des Kolbenhemdes mit dem Kalottenlager entgegengewirkt werden.

Eine besonders günstige Lösung sieht vor, dass das Kolbenhemd in axialer Richtung zweiteilig aufgebaut ist und dass die beiden Teile mittels thermischen Fügen, Verkleben, Verschweißen oder Verlöten miteinander verbunden sind. Dadurch kann das Kolbenhemd und damit der Kolben noch flexibler angepasst werden, so dass verschiedene, voranstehend beschriebene Vorteile kombiniert werden können.

In zumindest einem Zylinder kann darüber hinaus eine Zylinderlaufbuchse vorgesehen werden, welche beispielsweise verschleiß- und reibungsreduzierende Oberflächeneigenschaften aufweist, wodurch wiederum ein besonders verschleißarmes und leichtgängiges Verstellen des Kolbens im Zylinder ermöglicht wird. Ferner kann vorgesehen sein, dass die Zylinderlaufbuchse eine Beschichtung aufweist, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder nitriert ist. Diese Beschichtungen ermöglichen nicht nur eine Reduzierung des Reibungswiderstands, sondern auch eine Erhöhung des Verschleißwiderstandes, so dass durch eine derartige Beschichtung ein leichtgängiges und zugleich verschleißarmes Führen des Kolbens im Zylinder ermöglicht wird.

Am Kolbenboden kann darüber hinaus eine in die Einlassöffnung zumindest teilweise eingreifende Nase angeordnet sein, welche generell als Fortsatz bezeichnet werden kann, und die derart ausgelegt ist, dass noch Gas, insbesondere in Gasform vorliegendes Arbeitsmittel, das expandiert wird, zum Anströmen und Betätigen des Kolbens durch die Einlassöffnung gelangen kann, unnützer Totraum hingegen, der den Wirkungsgrad negativ beeinflusst, ausgefüllt wird. Eine derartige Nase bzw. ein derartiger Fortsatz kann zusammen mit dem Kolbenboden, d.h. insbesondere einstückig, mit diesem hergestellt sein.

Zweckmäßig weist zumindest ein Kalottenlager eine Entlüftungsbohrung auf, welche einen Kolbeninnenraum mit der Umgebung verbindet. Hierdurch kann insbesondere ein sich Aufdehnen des Kolbens beim Betrieb der Axialkolbenmaschine und damit ein Verklemmen desselben im Zylinder zuverlässig vermieden werden. Ebenfalls vorgesehen sein kann eine Verdrehsicherung, die ein Verdrehen des Kolbens im Zylinder verhindert. Die Verdrehsicherung kann dabei – wie in den vorherigen Absätzen beschrieben – über eine unrunde Außenkontur des Kolbens sowie eine passend dazu ausgelegte Innenkontur des Zylinders gestaltet sein,

oder aber auch durch eine Nut und einen darin eingreifenden Stift, wobei der Stift an dem Kalottenlager und die Nut an einem Gehäuse angeordnet ist, oder umgekehrt. Darüber hinaus kann die Verdrehsicherung durch eine Nut und eine darin eingreifende Passfeder gestaltet sein, wobei die Passfeder an dem Kalottenlager und die Nut an einem Gehäuse angeordnet ist, oder umgekehrt.

Vorteilhaft ist es, wenn die Nut durch mindesten einen in dem Gehäuse angeordneten Führungskranz gebildet ist. Der Führungskranz kann beispielsweise ein umgeformtes Blech sein. Dadurch kann der Führungskranz einfach und kostengünstig hergestellt werden. Um den Führungskranz im Gehäuse zu halten, kann vorgesehen sein, dass der Führungskranz durch eine Rastverbindung in dem Gehäuse gehalten ist. Die Rastverbindung kann vorzugsweise durch eine Vertiefung im Gehäuse gebildet werden, die eine Lage des Führungskranzes am Umfang definiert. Die Vertiefung kann beispielsweise schon beim Gießen eingebracht werden oder durch spanende Bearbeitung. Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, dass der Führungskranz einen Kragen aufweist, mit welchem der Führungskranz zwischen zwei Gehäuseteilen verklemmt ist.

Generell ist die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine besonders bevorzugt in einem Wärmerückgewinnungssystem eines Kraftfahrzeuges einsetzbar, da hier über die Hälfte der im Kraftstoff gespeicherten Energie als Abwärme verloren geht und ein derartiges Wärmerückgewinnungssystem mit der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine mit dazu beitragen kann, den Kraftstoff effizienter zu nutzen und damit den Rückgewinnungsgrad des Kraftfahrzeugs zu steigern.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

Es zeigen, jeweils schematisch

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung durch eine erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine,
- Fig. 2 eine Darstellung wie in Figur 1, jedoch bei einem anders ausgebildeten Kalottenlager,
- Fig. 3-5 jeweils Detaildarstellungen unterschiedlicher Kalottenlager,
- Fig. 6 eine Darstellung wie Fig. 1, jedoch ein kleinerer Ausschnitt und bei einem nochmal anders ausgebildeten Kalottenlager,
- Fig. 7 eine Detaildarstellung eines weiteren Kalottenlagers,
- Fig. 8 eine Detaildarstellung einer Aufnahme oder Aufnahmeschale mit einem darin liegenden Gleitstein, und

Fig. 9-12 jeweils Detaildarstellungen unterschiedlicher Hohlkolben mit Kalottenlagern.

Entsprechend den Figuren 1 und 2 weist eine erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine 1, welche beispielsweise Bestandteil eines nicht näher gezeigten Wärmerückgewinnungssystems 2 eines Kraftfahrzeuges sein kann, eine Welle 3 auf, welche drehfest mit einer Schrägscheibe 4 verbunden ist. Um die Welle 3 herum und coaxial zu dieser angeordnet sind mehrere, vorzugsweise zumindest vier, Zylinder 5, in welchen gebaute und hohle Kolben 6 translatorisch verstellbar angeordnet sind. Jeder dieser Kolben 6 ist dabei über ein Kalottenlager 7 und einen Gleitstein 8 mit der Schrägscheibe 4 zum Antrieb der Welle 3 gekoppelt. Jedem Zylinder 5 ist darüber hinaus eine Einlassöffnung 9 zugeordnet, die je von einer Steuerscheibe 10 abdeckbar ist. Diese Steuerscheibe 10 besitzt eine exzentrisch angeordnete Durchgangsöffnung 11 und ist zudem drehfest mit der Welle 3 verbunden. Bei jeder Umdrehung der Steuerscheibe 10 überstreicht deren Durchgangsöffnung 11 jeweils einmal jede Einlassöffnung 9 eines Zylinders 5 und ermöglicht dadurch einen Zutritt von Arbeitsmedium in den zugehörigen Zylinder 5. Das Arbeitsmedium wird dabei zuvor in einem Sammelraum 12 unter Druck gesammelt, wobei dieser Sammelraum 12 beispielsweise mit einem Kreislauf eines Wärmerückgewinnungssystems 2 verbunden ist. Die Einlassöffnung 9 ist dabei in einer Zylinderabdeckung 13 angeordnet und fluchtet in genau einer Drehstellung der Steuerscheibe 10 mit deren Durchgangsöffnung 11. Zwischen der Zylinderabdeckung 13 und der Steuerscheibe 10 ist eine Dichtung 14 angeordnet, welche den Hohlraum 12 gegenüber dem Zylinder 5 abdichtet.

Erfindungsgemäß ist nun das Kalottenlager 7 mehrteilig, d.h. zumindest aus zwei Komponenten, zusammengesetzt, wodurch dessen Herstellbarkeit deutlich vereinfacht werden kann. Betrachtet man beispielsweise das Kalottenlager 7 gemäß der Figur 1, so kann man erkennen, dass dieses zweiteilig ausgeführt ist, mit ei-

nem ersten Teil 15 und einem zweiten Teil 16, wobei die beiden Teile 15, 16 jeweils eine Aufnahme 17 (vgl. Figur 1) oder eine Aufnahmeschale 18 (vgl. Figuren 2 bis 5) aufweisen. Der zweite Teil 16 des Kalottenlagers 7 kann dabei in kostengünstiger Weise als umgeformte Blechbrücke ausgebildet sein, wodurch insbesondere die Herstellung des Kalottenlagers 7 kostengünstiger und einfacher möglich ist. Durch die mehrteilige, insbesondere zweiteilige, Ausbildung des Kalottenlagers 7 können insbesondere die Aufnahmen 17 bzw. die Aufnahmeschalen 18 leichter nachbearbeitet bzw. überhaupt bearbeitet werden, wodurch nicht nur eine höhere Qualität, sondern auch eine einfachere Fertigung möglich ist. Vorzugsweise ist das zweite Teil 16, insbesondere die umgeformte Blechbrücke, mit dem ersten Teil 15 des Kalottenlagers 7 durch einen Presssitz, Schweißen, Löten und/oder thermisches Fügen verbunden.

Zumindest eine der Aufnahmen 17 bzw. der Aufnahmeschalen 18 kann darüber hinaus eine Beschichtung, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) aufweisen oder aber nitriert sein. Diese nicht abschließende Aufzählung zeigt eine lokale verschleiß- und/oder reibungsreduzierende Beschichtung, welche insbesondere den Betrieb der Axialkolbenmaschine 1 erleichtert und deren Lebensdauer erhöht. Die Aufnahmeschalen 18 können beispielsweise aus Kunststoff, insbesondere als Kunststoffspritzgussteil ausgebildet sein, oder aber auch in zumindest eine zugehörige Aufnahme 17 des Kalottenlagers 7 eingespritzt werden. Prinzipiell bestehen dabei zwei unterschiedliche Herstellungsmethoden des Kalottenlagers 7, wobei bei der einen eine separate Aufnahmeschale 18 in dem jeweiligen Teil 15, 16 des Kalottenlagers 7 eingesetzt wird. Die andere Methode sieht dagegen eine Aufnahme 17 im jeweiligen Teil 15, 16 vor, wobei zusätzlich in diese Aufnahme 17 entweder eine verschleiß- und/oder reibungsreduzierende Beschichtung oder aber auch eine Aufnahmeschale 18 eingespritzt werden kann.

Betrachtet man die Figuren 2 bis 5, so kann man erkennen, dass das Kalottenlager 7 fest mit dem zugehörigen Kolben 6 verbunden ist, beispielsweise mit diesem verstemmt, verschweißt oder verlötet ist, und eine zur Kolbenachse 19 parallele Bohrung 20 aufweist, in welche die jeweilige Aufnahmeschale 18 eingesetzt ist. Hierbei kann die jeweilige Aufnahmeschale 18 beispielsweise einen Fortsatz 21 bzw. Nippel aufweisen, der in die Bohrung 20 formschlüssig eingreift. Selbstverständlich kann die Aufnahmeschale 18 generell formschlüssig in eine entsprechende Ausnehmung 22 am ersten oder zweiten Teil 15, 16 des Kalottenlagers 7 eingesetzt werden. Darüber hinaus, kann beispielsweise eine Schraube 23 (vgl. Figur 4) oder eine Feder 24 (vgl. Figur 5), insbesondere eine Tellerfeder, vorgesehen werden, welche zumindest eine Aufnahmeschale 18 insbesondere von der Gegendruckseite aus gegen den zugehörigen Gleitstein 8 vorspannt. Der Gleitstein 8 selbst kann ebenfalls aus Kunststoff, insbesondere aus einem Polymer mit Polytetrafluorethylen (PTFE), ausgebildet sein, und dadurch einerseits verschleißfest und andererseits reibungsarm ausgebildet werden. Selbstverständlich ist auch die Auswahl eines anderen Materials mit einer entsprechenden Beschichtung denkbar.

Wie beispielsweise in Fig. 8 dargestellt ist, sind zumindest eine der Aufnahmen 17 und der Gleitstein 8 derart geformt, dass der Gleitstein 8 in einem ringförmigen Kontaktbereich 38 in Kontakt mit der Aufnahme 17 ist, entsprechend können bei einer Ausführung mit Aufnahmeschalen 18 zumindest eine der Aufnahmeschalen 18 und der Gleitstein 8 derart geformt sein, dass der Gleitstein 8 in einem ringförmigen Kontaktbereich 38 in Kontakt mit der Aufnahmeschale 18 ist.

Der Kontaktbereich 38 erstreckt sich ringförmig um die Kolbenachse 19 herum. Insbesondere verläuft der Kontaktbereich 38 coaxial zu der Kolbenachse 19. Dadurch reduzieren sich Drehmomente, die durch den Gleitstein 8 über das Kalottenlager 7 auf den Kolben 6 übertragen werden. Dadurch reduziert sich wieder-

rum die Gefahr einen Verkantens des Kolbens 6 in dem Zylinder 5. Vorzugsweise liegt der Kontaktbereich 38 in einem Winkelbereich von 20° bis 70° , besonders bevorzugt von 25° bis 60° oder noch bevorzugter von 30° bis 57° zu der Kolbenachse 19. Der Winkelbereich bezieht sich dabei bei einem halbkugelförmigen Gleitstein 8 auf einen Winkel 42, gemessen an einem Kugelmittelpunkt 41 des Gleitsteins 8, zwischen der Kolbenachse 19 und einer Verbindungslinie 51 zwischen dem Kugelmittelpunkt 41 und dem Kontaktbereich 38.

Einen solcher Kontaktbereich 38 kann insbesondere dadurch erzielt werden, dass die Aufnahme 17 oder die Aufnahmeschale 18 eine Innenkontur 43 aufweist, an der der Gleitstein 8 anliegt und die aus einer Innenseite einer um eine Kreisbahn 39 rotierenden Hohlkugel 40 gebildet ist, wobei der Mittelpunkt 44 der Kreisbahn 39 auf einer Kolbenachse 19 liegt und die Kreisbahn 39 in einer im Wesentlichen senkrecht zur Kolbenachse 19 liegenden Ebene liegt. Die Kreisbahn 39 weist einen kleinen Radius 45 auf, so dass die Innenkontur 43 nur leicht von einer Kugelform abweicht. Der Radius 46 der Hohlkugel 40 ist dabei etwas größer als der Radius 47 der Halbkugel des Gleitsteins 8.

Betrachtet man nochmals die Figuren 1 und 2, so kann man erkennen, dass zumindest ein Kolben 6 ein aus einem Rohr hergestelltes Kolbenhemd 25 aufweist, wobei der Kolben 6 insgesamt aus dem Kolbenhemd 25, einem Kolbenboden 26 und dem Kalottenlager 7 zusammengesetzt ist. Die einzelnen Komponenten 25, 26 und 7 können dabei thermisch miteinander gefügt, miteinander verstemmt, verklebt, verschweißt oder verlötet sein.

Das Kolbenhemd 25 und der Kolbenboden 26 können beispielsweise zusammen aus einem tiefgezogenen Napf gebildet sein. So können das Kolbenhemd 25 und der Kolbenboden 26 in einem Arbeitsschritt gebildet werden. Ein Fügen des Kolbenhemds 25 mit dem Kolbenboden 26 ist dann nicht notwendig. Alternativ oder

ergänzend hierzu kann vorgesehen sein, dass das Kolbenhemd 25 aus einem gezogenem Rohr gebildet ist, das mittels Kalt-, Halbwarm-, oder Warmumformen umgeformt ist.

Auch das Kolbenhemd 25 kann eine Beschichtung aufweisen, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder aber nitriert sein und dadurch einerseits verschleißbeständig und andererseits reibungsarm ausgebildet werden.

Darüber hinaus ist es denkbar, dass das Kolbenhemd 25 ballig oder konvex ausgebildet ist, wie es beispielsweise in Fig. 9 dargestellt ist. Dadurch kann insbesondere ein Verklemmen des Kolbens 6 im Zylinder 5 zuverlässig vermieden werden. Alternativ kann das Kolbenhemd 25 auch konkav ausgebildet sein, wie es beispielsweise in Fig. 10 dargestellt ist. Dadurch kann eine mögliche Aufweitung des Kolbens 6 durch das Fügen des Kolbenhemdes 25 mit dem Kalottenlager 7 vermindert werden. Es können auch konkave und konvexe Bereiche kombiniert werden, so dass sowohl ein Verklemmen des Kolbens 6 im Zylinder 5 als auch eine Aufweitung des Kolbens 6 beim Fügen vermieden werden kann.

Dazu kann das Kolbenhemd 25, wie beispielhaft in Fig. 12 dargestellt, in axialer Richtung mindestens zwei Abschnitte aufweist, die sich durch einen Außendurchmesser und/oder durch einen Innendurchmesser unterscheiden. Alternativ oder ergänzend hierzu kann vorgesehen sein, dass das Kolbenhemd 25 in axialer Richtung zweiteilig aufgebaut ist und dass ein erstes Teil 52 und ein zweites Teil 54 mittels thermischem Fügen, Verkleben, Verschweißen oder Verlöten miteinander verbunden sind. Dadurch kann eine größere Flexibilität bei der Ausgestaltung des Kolbens 6 erzielt werden. Fig. 11 zeigt beispielsweise einen Kolben 6 mit drei Abschnitten, die sich jeweils durch den Innendurchmesser und/oder den Außendurchmesser unterscheiden.

Um eine Rotation bzw. ein Verdrehen des Kolbens 6 um seine Kolbenachse 19 zuverlässig verhindern zu können, kann darüber hinaus vorgesehen sein, dass der Kolben 6 eine unrunde Außenkontur und der Zylinder 5 eine komplementär dazu ausgebildete unrunde Innenkontur aufweist. Alternativ kann auch zumindest eine Verdrehsicherung 32 vorgesehen sein, die ein Verdrehen des Kolbens 6 um seine Kolbenachse 19 im Zylinder 5 verhindert. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, sofern der Kolben 6 keine unrunde Außenkontur besitzt. Die Verdrehsicherung 32 kann beispielsweise eine Nut 33 sowie einen darin eingreifenden Stift 34 umfassen, wobei der Stift 34 der Kalottenlager 7 und die Nut 33 an einem Gehäuse 35 angeordnet sind, oder umgekehrt.

Des Weiteren kann eine Verdrehsicherung 32 vorgesehen sein, die eine Nut 33 und eine darin eingreifende Passfeder 48 aufweist, wobei die Passfeder 48 an dem Kalottenlager 7 und die Nut 33 an dem Gehäuse 35 angeordnet ist, oder umgekehrt. Vorzugsweise ist die Nut 33 durch mindesten einen in dem Gehäuse 35 angeordneten Führungskranz 49 gebildet. Der Führungskranz 49 kann beispielsweise durch ein umgeformtes Blech gebildet sein. Vorzugsweise ist der Führungskranz 49 durch eine Rastverbindung 53 in dem Gehäuse gehalten ist. Alternativ oder ergänzend hierzu kann der Führungskranz 49 einen Kragen 50 aufweisen, mit welchem der Führungskranz 49 zwischen zwei Gehäuseteilen verklemmt ist.

Im Zylinder 5 kann darüber hinaus eine Zylinderlaufbuchse 27 vorgesehen werden, welche ebenfalls beispielsweise eine entsprechende Beschichtung aufweist, die zum einen den Verschleißwiderstand erhöht und zum anderen die Reibung herabsetzt. Am Zylinder 5 bzw. an der Zylinderlaufbuchse 27 kann darüber hinaus eine Einführphase 28 vorgesehen werden, die ein Einführen des Kolbens 6 in den

Zylinder 5 erleichtert. Dies bietet den großen Vorteil, dass eine derartige Einführphase nicht am Kolbenboden 26 vorgesehen werden muss.

Betrachtet man nochmals die Figuren 1 und 2, so kann man erkennen, dass am Kolbenboden 26 eine in die Einlassöffnung 9 zumindest teilweise eingreifende Nase 29 angeordnet ist, so dass noch Abgas zum Anströmen und Betätigen des Kolbens 6 durch die Einlassöffnung 9 gelangen kann, unnützer Totraum hingegen, welcher Wirkungsgrad kostet, ausgefüllt wird. Darüber hinaus kann zumindest ein Kalottenlager 7 eine Entlüftungsbohrung 30 aufweisen, welche einen Kolbeninnenraum 31 mit der Umgebung verbindet bzw. zumindest einen Druckausgleich mit der der Umgebung außerhalb des Kolbens 6 ermöglicht.

Generell kann die beschriebene Axialkolbenmaschine 1 Bestandteil eines Wärmerückgewinnungssystems 2 eines im Übrigen nicht gezeichneten Kraftfahrzeugs sein, wodurch der Wirkungsgrad des Kraftfahrzeugs deutlich erhöht werden kann, da die Energie bisher ungenutzt in die Umgebung abgelassener Verbrennungsabgase nunmehr zumindest teilweise nutzbar ist.

Im Bereich des unteren Totpunkts des Kolbens 6 besitzt das Gehäuse 35 eine Auslassöffnung 36, durch welche das Arbeitsmedium/Abgas in einen Ringkanal 37 ausströmen kann. Dieser Ringkanal 37 kann die Axialkolbenmaschine 1 zumindest teilweise ringförmig umgeben.

Ansprüche

1. Axialkolbenmaschine (1),
 - mit einer Welle (3), die drehfest mit einer Schrägscheibe (4) verbunden ist,
 - mit ringförmig um und coaxial zur Welle (3) angeordneten Zylindern (5), in welchen Kolben (6) translatorisch verstellbar angeordnet sind, wobei jeder Kolben (6) über ein Kalottenlager (7) und mindestens einen Gleitstein (8) mit der Schrägscheibe (4) gekoppelt ist,
 - wobei jedem Zylinder (5) eine Einlassöffnung (9) zugeordnet ist,
 - mit einer Steuerscheibe (10) mit einer exzentrisch angeordneten Durchgangsöffnung (11), die bei jeder Umdrehung der Steuerscheibe (10) jede Einlassöffnung (9) einmal überstreicht und dabei Arbeitsmedium in den zugehörigen Zylinder (5) leitet,dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Kalottenlager (7) mehrteilig ausgebildet ist.
2. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Kalottenlager (7) zweiteilig ausgeführt ist mit einem ersten und einem zweiten Teil (15,16), wobei die beiden Teile (15,16) jeweils eine Aufnahme (17) oder eine Aufnahmeschale (18) für einen Gleitstein (8) aufweisen oder
 - dass das Kalottenlager (7) zweiteilig ausgeführt ist mit einem ersten und einem zweiten Teil (15,16), wobei der erste Teil (15) mit dem Kolbenhemd

(25) verbunden ist und der zweiten Teil (16) zwei Aufnahmen (17) oder zwei Aufnahmeschalen (18) für den Gleitstein (8) aufweist.

3. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Teil (16) des Kalottenlagers (7) als umgeformte Blechbrücke ausgebildet ist.
4. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die umgeformte Blechbrücke mit dem ersten Teil (15) des Kalottenlagers (7) durch einen Presssitz, Schweißen, Löten und/oder thermisches Fügen verbunden ist.
5. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine Aufnahme (17) oder eine Aufnahmeschale (18) eine Beschichtung aufweist, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder nitriert ist.
6. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine Aufnahmeschale (18) aus Kunststoff ausgebildet ist.
7. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine Aufnahmeschale (18) in eine zugehörige Aufnahme (17) des Kalottenlagers (7) eingespritzt ist.

8. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kalottenlager (7) fest mit dem zugehörigen Kolben (6) verbunden ist
und eine zur Kolbenachse (19) parallele Bohrung (20) aufweist, in welche die
jeweilige Aufnahmeschale (18) eingesetzt ist.
9. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eine Aufnahmeschale (18) mittels einer Schraube (23) oder
einer Feder (24), insbesondere einer Tellerfeder, insbesondere von der Ge-
gendruckseite aus, gegen den zugehörigen Gleitstein (8) vorgespannt ist.
10. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Gleitstein (8) aus Kunststoff, insbesondere aus einem Po-
lymer mit Polytetrafluorethylen (PTFE), ausgebildet ist.
11. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass zumindest eine der Aufnahmen (17) und der Gleitstein (8) derart ge-
formt sind, dass der Gleitstein (8) in einem ringförmigen Kontaktbereich
(38) in Kontakt mit der Aufnahme (17) ist, oder
 - dass zumindest eine der Aufnahmeschalen (18) und der Gleitstein (8) der-
art geformt sind, dass der Gleitstein (8) in einem ringförmigen Kontaktbe-
reich (38) in Kontakt mit der Aufnahmeschale (18) ist.
12. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Gleitstein (8) halbkugelförmig ausgebildet ist,
 - dass der ringförmige Kontaktbereich (38) sich in einem Winkelbereich von 30° bis 57° zu einer Kolbenachse (19), bezogen auf einen Kugelmittelpunkt (41) des Gleitsteins (8), liegt.
13. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Aufnahme (17) oder die Aufnahmeschale (18) eine Innenkontur (43) aufweist, die aus einer Innenseite einer um eine Kreisbahn (39) rotierenden Hohlkugel (40) gebildet ist, wobei ein Mittelpunkt (44) der Kreisbahn (39) auf einer Kolbenachse (19) liegt und die Kreisbahn (39) in einer im Wesentlichen senkrecht zur Kolbenachse (19) liegenden Ebene liegt.
14. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Kolben (6) als hohler und gebauter Kolben ausgebildet ist und ein aus einem Rohr hergestelltes Kolbenhemd (25) aufweist.
15. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
- dass das Kolbenhemd (25) aus einem tiefgezogenen Napf gebildet ist und einen geschlossenen Kolbenboden (26) aufweist, oder
 - dass das Kolbenhemd (25) aus einem gezogenen Rohr gebildet ist, das mittels Kalt-, Halbwarm-, oder Warmumformen umgeformt ist.
16. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest ein Kolben (6) aus einem Kolbenhemd (25), einem Kolbenboden (26) und einem Kalottenlager (7) zusammengesetzt ist, wobei diese

Komponenten (7, 25, 26) thermisch miteinander gefügt, miteinander verklebt, verschweißt oder verlötet sind.

17. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Kolbenhemd (25) eine Beschichtung aufweist, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder nitriert ist.
18. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Kolbenhemd (25) ballig oder konkav oder konvex ausgebildet ist, und/oder
 - dass der Kolben (6) elliptisch ausgebildet ist.
19. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Kolbenhemd (25) in axialer Richtung mindestens zwei Abschnitte aufweist, die sich durch einen Außendurchmesser und/oder durch einen Innendurchmesser unterscheiden.
20. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Kolbenhemd (25) in axialer Richtung zweiteilig aufgebaut ist und dass die beiden Teile mittels thermischen Fügen, Verkleben, Verschweißen oder Verlöten miteinander verbunden sind.
21. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet,

- dass zumindest ein Zylinder (5) eine Zylinderlaufbuchse (27) aufweist, und/oder
- dass zumindest ein Zylinder (5) oder eine Zylinderlaufbuchse (27) eine Einführfase (28) aufweist, und/oder
- dass die Zylinderlaufbuchse (27) eine Beschichtung aufweist, insbesondere eine Polymerbeschichtung, eine DLC-Beschichtung oder eine Polytetrafluorethylenbeschichtung (PTFE) oder nitriert ist.

22. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass am Kolbenboden (26) eine in die Einlassöffnung (9) zumindest teilweise eingreifende Nase (29) angeordnet ist.

23. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Kalottenlager (7) eine Entlüftungsbohrung (30) aufweist, welche einen Kolbeninnenraum (31) mit der Umgebung verbindet.

24. Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Verdrehsicherung (32) vorgesehen ist, die ein Verdrehen des Kolbens (6) im Zylinder (5) verhindert.

25. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrehsicherung (32) eine Nut (33) und einen darin eingreifenden Stift (34) aufweist, wobei der Stift (34) an dem Kalottenlager (7) und die Nut (33) an einem Gehäuse (35) angeordnet ist, oder umgekehrt.

26. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 24,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Verdrehsicherung (32) eine Nut (33) und eine darin eingreifende Passfeder (48) aufweist, wobei die Passfeder (48) an dem Kalottenlager (7) und die Nut (33) an einem Gehäuse (35) angeordnet ist, oder umgekehrt.

27. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 25 oder 26,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Nut (33) durch mindesten einen in dem Gehäuse (35) angeordneten Führungskranz (49) gebildet ist,
- dass der Führungskranz (49) ein umgeformtes Blech ist, und/oder
- dass der Führungskranz (49) durch eine Rastverbindung (53) in dem Gehäuse gehalten ist, und/oder
- dass der Führungskranz (49) einen Kragen (50) aufweist, mit welchem der Führungskranz (49) zwischen zwei Gehäuseteilen verklemmt ist.

28. Wärmerückgewinnungssystem (2) in einem Kraftfahrzeug mit einer Axialkolbenmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 27.

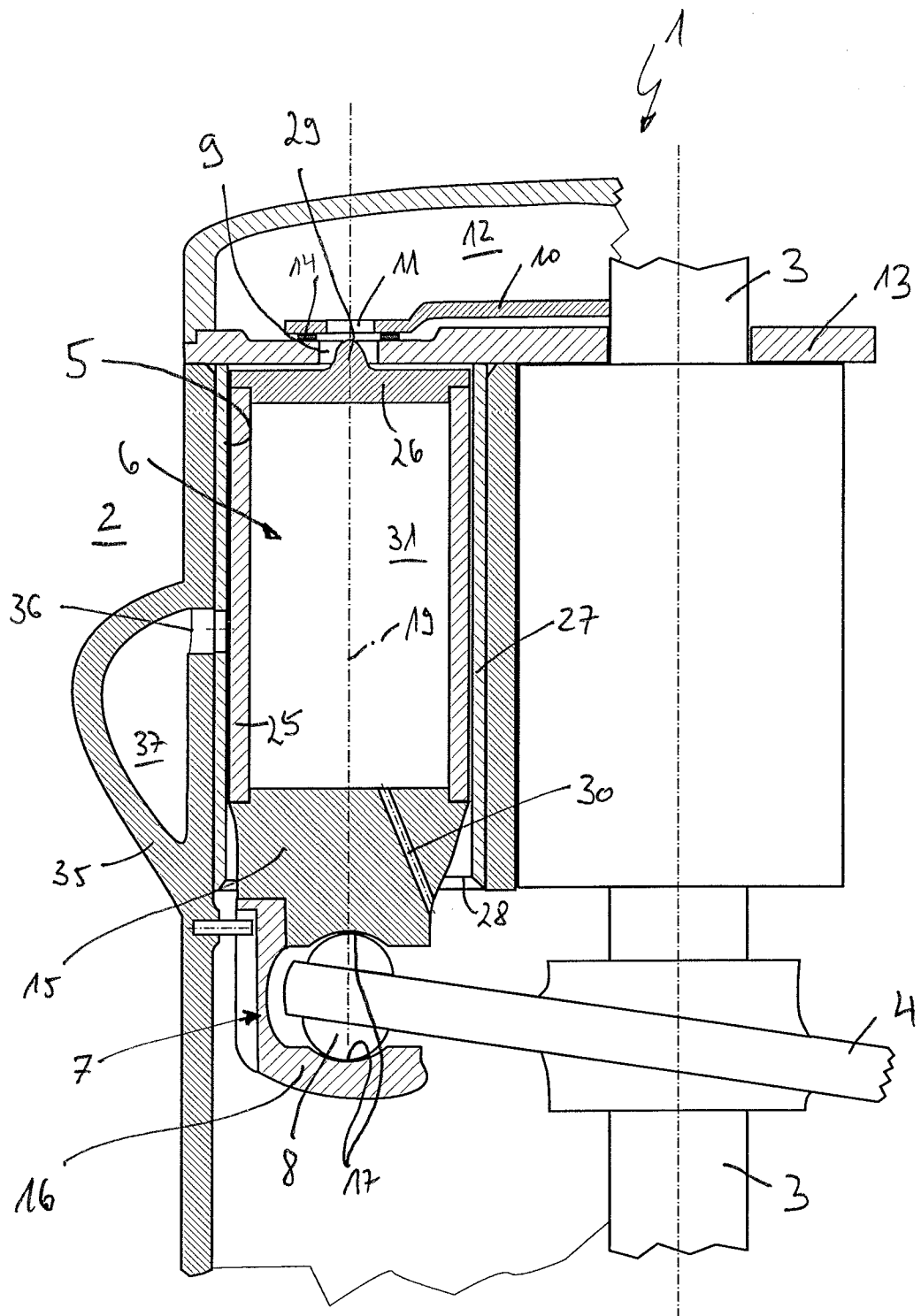


Fig. 1

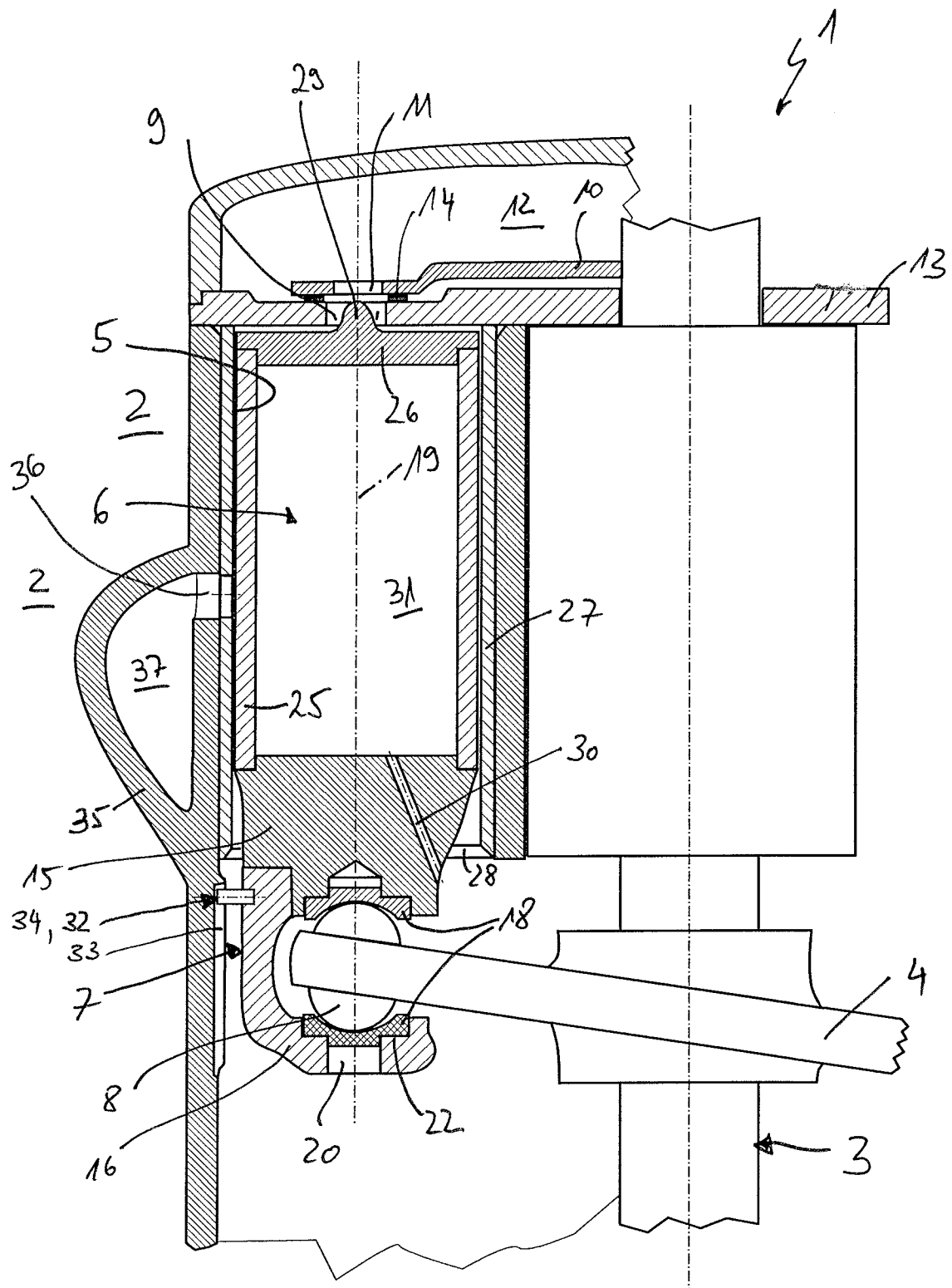


Fig. 2

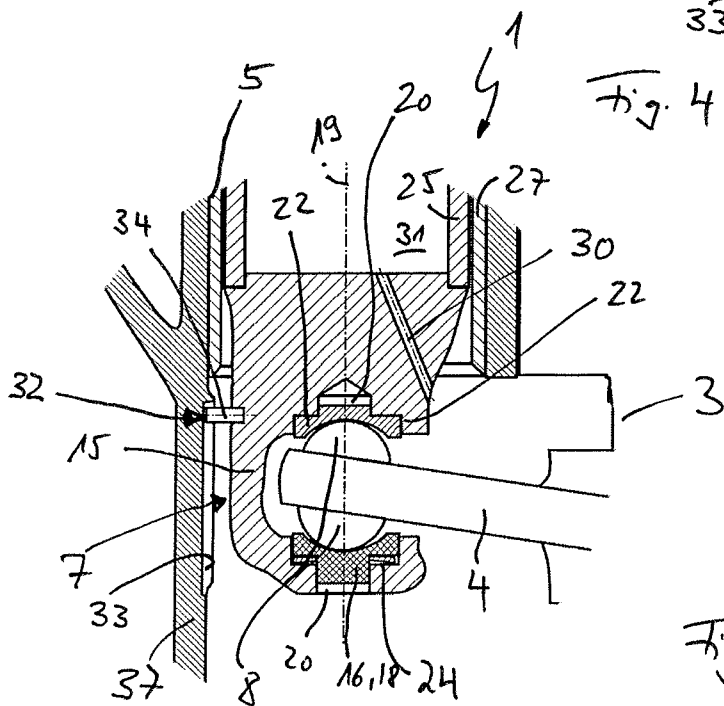
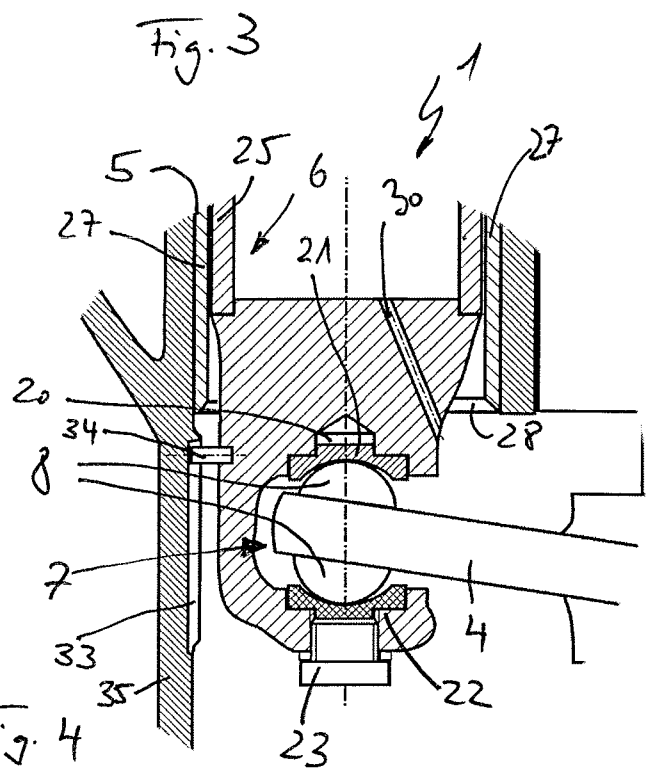
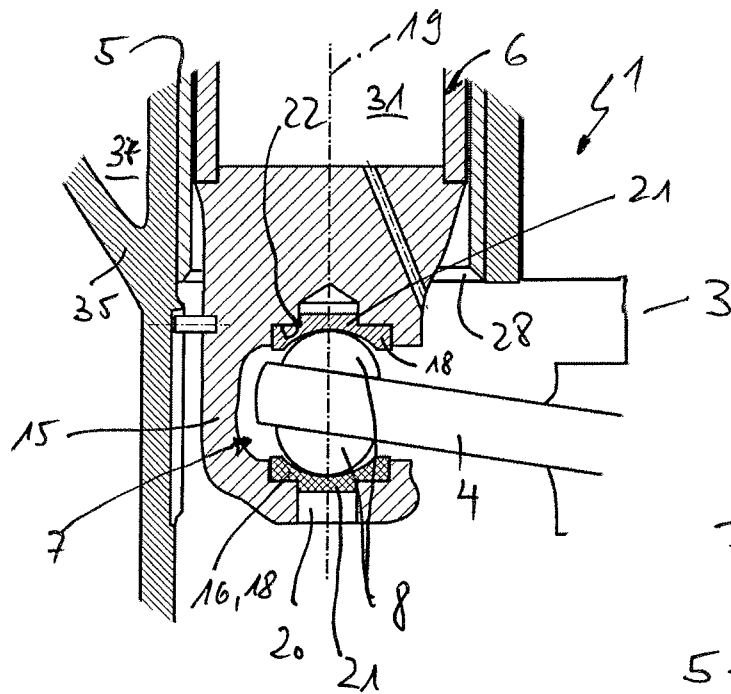


Fig. 5

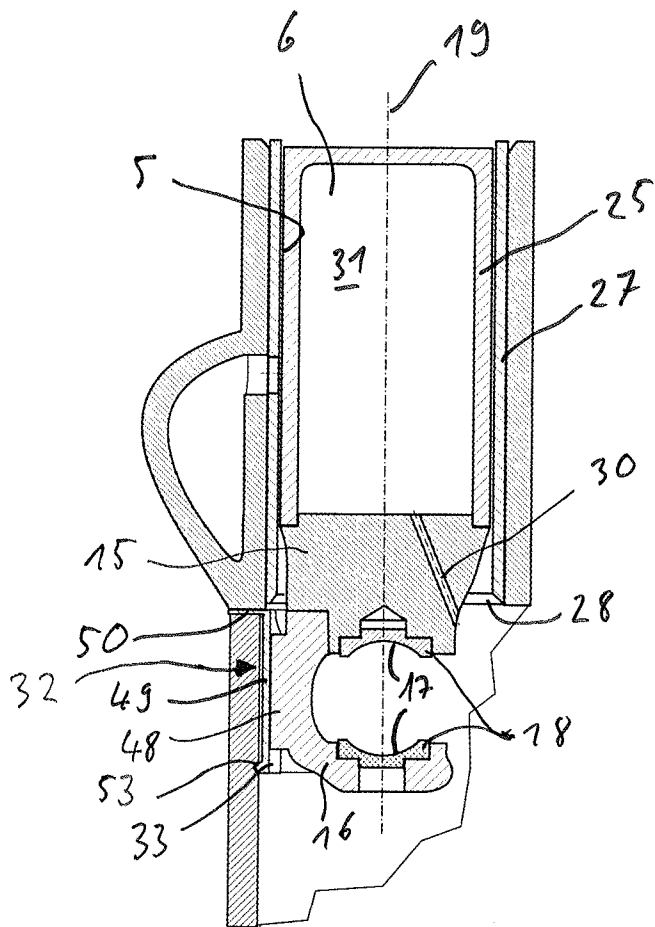


Fig. 6

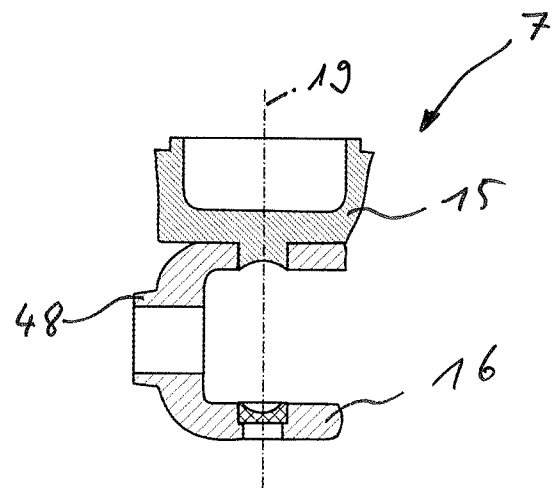


Fig. 7

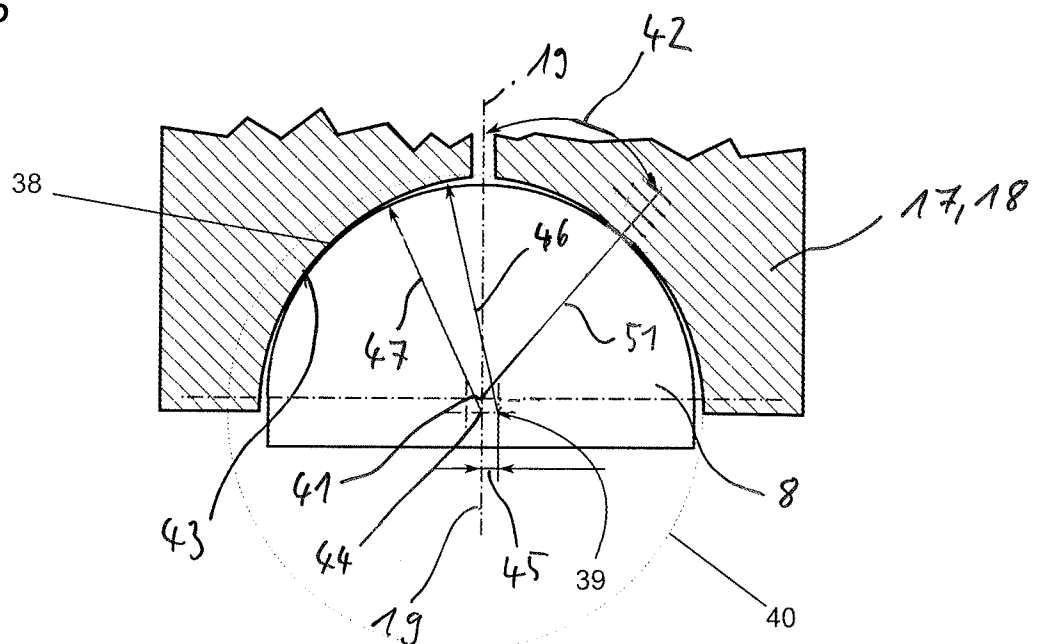


Fig. 8

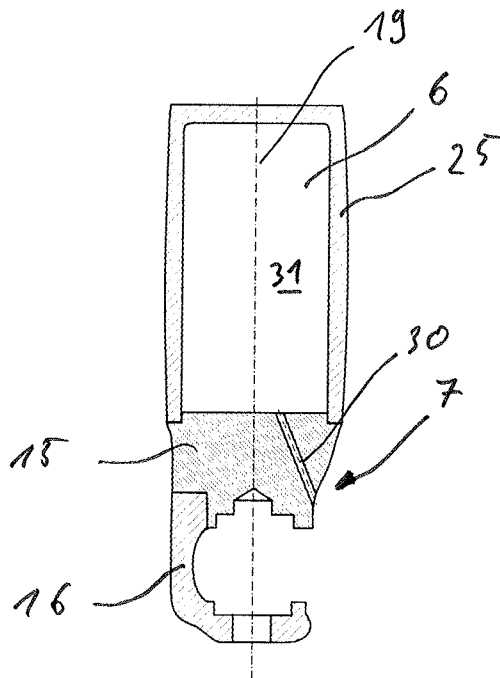


Fig. 9

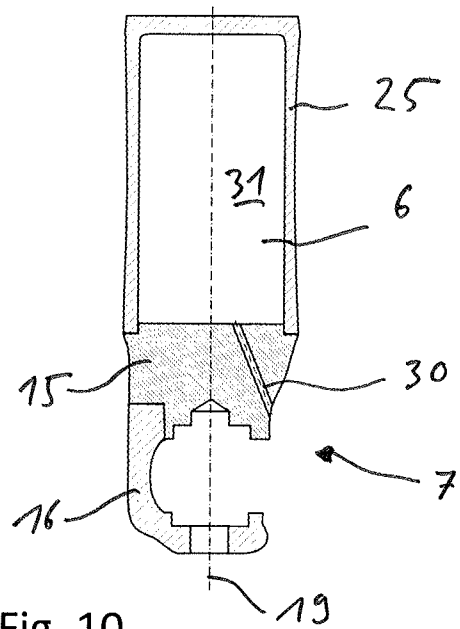


Fig. 10

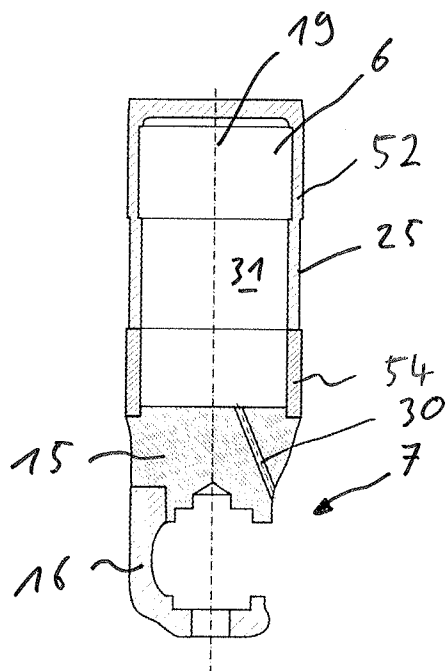


Fig. 11

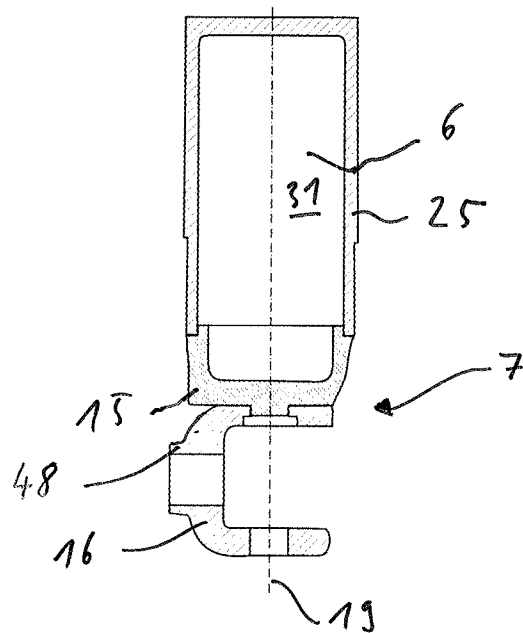


Fig. 12