

(19)



(11)

**EP 3 660 267 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**26.04.2023 Patentblatt 2023/17**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F01C 21/10** <sup>(2006.01)</sup>      **F04C 9/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04C 15/00** <sup>(2006.01)</sup>      **F04C 15/06** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **19205086.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04C 15/0096; F01C 21/10; F04C 9/002;**  
**F04C 15/06**

(22) Anmeldetag: **12.05.2015**

(54) **KOLBENMASCHINE**

PISTON ENGINE

MACHINE À PISTON

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **12.05.2014 DE 102014208939**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.06.2020 Patentblatt 2020/23**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:  
**15726873.1 / 3 143 258**

(73) Patentinhaber: **RapSon GmbH**  
**12167 Berlin-Steglitz (DE)**

(72) Erfinder: **RAPP, Manfred**  
**12167 Berlin-Steglitz (DE)**

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner mbB**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Joachimsthaler Straße 10-12**  
**10719 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-95/08055 DE-A1- 2 353 008**  
**DE-A1- 3 705 313 DE-A1-102008 040 574**  
**GB-A- 331 545 GB-A- 486 745**  
**US-A- 3 408 991 US-A- 5 228 414**  
**US-A- 5 979 163**

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 3 660 267 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Anmeldung betrifft eine Kolbenmaschine, welche ein Gehäuse mit einer Kammer, die einen im Wesentlichen kreissektorförmigen Querschnitt aufweist, einen als Schwenkelement ausgebildeten schwenkbaren und in dem Gehäuse angeordneten Kolben mit einer ersten Arbeitsfläche, wobei das Gehäuse und der Kolben mindestens eine erste variable Arbeitskammer definieren, einen mit dem Kolben verbundenen Antrieb oder Abtrieb sowie einen in der Arbeitskammer angeordneten Auslass zum Auslassen eines Arbeitsfluids aufweist.

**[0002]** Kolbenmaschinen der eingangs erwähnten Art, die als Arbeitsmaschinen in Form von Kolbenpumpen und Kolbenverdichtern oder als Kraftmaschinen in Form von Verbrennungsmotoren, Druckgasmotoren oder Hydraulikmotoren zur Umsetzung von dem Arbeitsraum erzeugten Druck in Bewegung eingesetzt werden, sind aus dem Stand der Technik bekannt.

**[0003]** Beispielsweise ist in der DE 10 2008 04 05 74 A1 eine Kolbenmaschine offenbart, welche einen als Doppelschwenkplatte ausgebildeten Kolben aufweist. Der in einem etwa kreissektorförmigen Gehäuse angeordnete Kolben ist mittels eines an dieser ausgebildeten Drehzylinders verschwenkbar eingelagert und teilt das Gehäuse in zwei voneinander getrennte, jeweils mit Ein- und Auslassventilen versehene Arbeitskammern.

**[0004]** In der DE 10 2010 036 977 B3 ist ebenfalls eine Kolbenmaschine offenbart. Die Kolbenmaschine ist mit zwei als Doppelschwenkplatten ausgebildeten Kolben ausgestattet. Ein Gehäuse der Kolbenmaschine ist gebildet aus zwei oder mehreren jeweils kreiszylindersegmentförmigen, jedoch um 180 Grad gedreht, einstückig aneinandergfügten, einen gemeinsamen Hohlraum bildenden Gehäuseteilen mit jedem Gehäuseteil zugeordneten, jeweils in entgegengesetzter Richtung synchron angetriebenen parallel zueinander angeordneten Kolben, die mit der jeweils benachbarten schrägen Seitenwand jeweils eine äußere Arbeitskammer und zwischen den Doppelkolbenplatten jeweils eine innere Arbeitskammer mit in einer Gehäuserückwand in Höhe einer gedachten Trennlinie zwischen den aneinander grenzenden Gehäuseteilen ausgebildeten dritten und vierten Ein- und Auslassventilen definieren.

**[0005]** Weitere Kolbenmaschinen sind zum Beispiel aus den nachfolgenden Druckschriften bekannt: US 5 228 414 A, GB 331 545 A, DE 37 05 313 A1, US 3 408 991 A, GB 486 745 A, US 5 979 163 A, WO 95/08055 A1 und DE 23 53 008 A1.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kolbenmaschine der eingangs erwähnten Art so weiterzuentwickeln, dass sie mit größerer Effektivität betrieben werden kann. Die Aufgabe wird mit einer gemäß den Merkmalen des Hauptanspruchs ausgebildeten Kolbenmaschine gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen der Anmeldung sind Gegenstand der Unteransprüche und der Ausführungsbeispiele.

**[0007]** Die Kolbenmaschine der vorliegenden Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche definiert.

**[0008]** Die Kolbenmaschine umfasst ein Gehäuse mit einer Kammer, die einen im Wesentlichen kreissektorförmigen Querschnitt aufweist, sowie einen als Schwenkelement ausgebildeten schwenkbaren und in dem Gehäuse angeordneten Kolben mit einer ersten Arbeitsfläche, wobei das Gehäuse und der Kolben mindestens eine erste variable Arbeitskammer definieren. Weiterhin umfasst die Kolbenmaschine einen mit dem Kolben verbundenen Antrieb oder Abtrieb sowie einem in der Arbeitskammer angeordneten Auslass zum Auslassen eines Arbeitsfluids. Das Gehäuse weist in mindestens einer Gehäusewand eine Kühlöffnung zur Kammer auf zumindest zur konvektiven Kühlung einer der ersten Arbeitsfläche gegenüberliegenden Seite des Kolbens mittels eines Kühlfluids. Durch die Kühlöffnung kann ein Kühlfluid in die Kammer eingeführt werden, wodurch die Temperatur des Kolbens und/oder des Arbeitsfluids und/oder des Gehäuses und/oder der Kammer verringert werden kann. Hierdurch lässt sich der Wirkungsgrad der Kolbenmaschine steigern. Typischerweise wird durch die Kühlöffnung zwar ein Arbeitsvolumen der variablen Arbeitskammer verringert. Die Kolbenmaschine kann jedoch durch Kühlung mit einer größeren Effektivität betrieben werden. Je nach Lage der Kühlöffnung können neben der genannten Fläche des Kolbens z.B. auch weitere Flächen des Kolbens sowie eine oder mehrere Gehäusewände oder Teile der Kammer intensiv gekühlt werden.

**[0009]** Außerdem ist die Kammer durch eine im Querschnitt kreisbogenförmige Wand begrenzt. Im Folgenden wird die im Querschnitt kreisbogenförmige Wand mit "kreisbogenförmiger Wand" bezeichnet. Die Kühlöffnung ist in der kreisbogenförmigen Wand vorgesehen. Durch die Öffnung in der kreisbogenförmigen Wand kann die Kammer mittels eines Kühlfluids gespült werden, wodurch eine effektive Kühlung der Kammer stattfinden kann. Beispielsweise können heiße Rückexpansionsgase nach Verdichtung in der Kammer durch einen Spülvorgang mittels des Kühlfluids aus der Kammer beseitigt werden. Hierdurch lässt sich der Wirkungsgrad der Kolbenmaschine weiter steigern.

**[0010]** Ein Schwenkwinkel (vgl. z.B. Winkel  $\alpha$  in den Figuren 1-6) des Kolbens kann die maximale Auslenkung einer Schwenkbewegung des Kolbens von einem Totpunkt bis zum nächsten Totpunkt definieren. Vorzugsweise beträgt der Schwenkwinkel  $\leq 90^\circ$ , typischerweise  $\leq 60^\circ$ . Bevorzugt ist der Schwenkwinkel jedoch größer als  $40^\circ$ . Abhängig von den Druckverhältnissen können unterschiedliche Schwenkwinkel zum Einsatz kommen. Insbesondere für Dosierpumpen können auch kleinere Schwenkwinkel zum Einsatz kommen, beispielsweise  $\leq 10^\circ$ .

**[0011]** Typischerweise wird ein Mittelpunktswinkel in einem Kreis durch das Verhältnis eines Kreisbogens zum Radius  $r$  des zugehörigen Kreises angegeben. Es kann vorgesehen sein, dass die Öffnung in der kreisbogenförmigen Wand durch einen ersten Mittelpunktswinkel (vgl. z.B. Winkel  $\beta$  in der Fig. 2) definiert ist, welcher höchstens so groß ist wie der Schwenkwinkel ( $\alpha$ ) des Kolbens. In einer Weiterbildung definiert die kreisbogenförmige Wand einen zweiten Mittel-

punktwinkel (vgl. z.B. Winkel  $\gamma$  in der Fig. 6), welcher z.B. höchstens so groß ist wie der Schwenkwinkel. Vorzugweise beträgt der zweite Mittelpunktswinkel weniger als 50% des Schwenkwinkels. Eine der kreisbogenförmigen Wand zugewandte Kolbenseite ist bevorzugt in einem Querschnitt kreisbogenförmig und kann einen dritten Mittelpunktswinkel (vgl. z.B. Winkel  $\delta$  in der Fig. 10) definieren. Der zweite Mittelpunktswinkel ( $\gamma$ ) der kreisbogenförmigen Wand ist beispielsweise genau so groß wie der dritte Mittelpunktswinkel ( $\delta$ ) der Kolbenseite. Der zweite Mittelpunktswinkel kann aber auch kleiner oder größer sein als der dritte Mittelpunktswinkel. Der erste Mittelpunktswinkel ( $\beta$ ) kann größer oder kleiner als oder genauso groß sein wie der genannte zweite ( $\gamma$ ) und/oder dritte Mittelpunktswinkel ( $\delta$ ). Die Abmessungen der genannten im Querschnitt kreisbogenförmigen Kolbenseite, der kreisbogenförmigen Wand und der Öffnung in der kreisbogenförmigen Wand können somit variiert und abgestimmt werden, je nachdem wieviel Kühlung benötigt ist oder je nachdem wie groß ein Förder- oder Arbeitsvolumen der Kolbenmaschine sein soll.

**[0012]** Typischerweise ist der Kolben um eine Schwenkachse schwenkbar. Die Schwenkachse kann hierbei eine axiale Richtung definieren. Senkrecht zur axialen Richtung und senkrecht zur Schwenkrichtung kann eine radiale Richtung definiert werden. Es kann z.B. vorgesehen sein, dass die Öffnung in der kreisbogenförmigen Wand sich über eine gesamte axiale Ausdehnung der kreisbogenförmigen Wand erstreckt.

**[0013]** In einer Ausführung definiert eine Schwenkbewegung des Kolbens eine Schwenkebene. Die Kammer ist vorzugsweise durch eine Vorderwand und eine Rückwand begrenzt, wobei die Vorderwand und die Rückwand parallel zur Schwenkebene ausgebildet sein können. Es kann vorgesehen sein, dass die Kühlöffnung in der Vorderwand und/oder in der Rückwand ausgebildet ist. Mit dieser Ausbildung kann in ähnlicher Weise eine Kühlung erreicht werden, wie bei der oben beschriebenen Ausbildung der Kühlöffnung in der kreisbogenförmigen Wand. Die Kühlöffnung in der Rückwand und/oder Vorderwand erstreckt sich beispielsweise über eine gesamte radiale Ausdehnung der Rückwand und/oder der Vorderwand.

**[0014]** Der An- oder Abtrieb umfasst typischerweise zumindest eine Pleuelwelle mit einem Pleuelzapfen. Der Pleuelzapfen greift beispielsweise in ein Pleuelauge einer mit dem Kolben verbundenen Pleuelschleife oder in eine Führungsnut einer fest mit dem Kolben verbundenen Pleuelschleife ein. Einem Fachmann ist geläufig, dass es viele Möglichkeiten für die Konstruktion des Antriebs oder des Abtriebs gibt. Eine Drehzahl der Pleuelwelle beträgt typischerweise mehr als  $1500 \text{ min}^{-1}$ . Die Drehzahl kann sogar bis zu  $8000 \text{ min}^{-1}$  oder mehr betragen.

**[0015]** Die Arbeitsfläche des Kolbens ist typischerweise die Fläche des Kolbens, durch die oder an der Arbeit geleistet wird. Es kann weiter vorgesehen sein, dass der Kolben auf einer der ersten Arbeitsfläche gegenüberliegenden Seite eine zweite Arbeitsfläche aufweist und der Kolben und das Gehäuse eine zweite variable Arbeitskammer mit einem darin angeordneten zweiten Auslassventil definieren, wobei die Kühlöffnung die erste Arbeitskammer von der zweiten Arbeitskammer trennt oder zumindest auf einer Trennlinie zwischen der ersten Arbeitskammer und der zweiten Arbeitskammer liegt. Arbeit kann dann jeweils abwechselnd von der ersten Arbeitsfläche und von der zweiten Arbeitsfläche geleistet werden, je nach dem, welche variable Arbeitskammer gerade geschlossen und geöffnet ist. Die konvektive Kühlung mittels des Kühlfluids findet dann üblicherweise zumindest an der jeweils gegenüberliegenden Seite der Arbeitsfläche des Kolbens statt. Die Kühlöffnung liegt bevorzugt in der kreisbogenförmigen Wand, z.B. in der Mitte der kreisbogenförmigen Wand, und/oder in der Vorderwand und/oder in der Rückwand. Die beiden Arbeitskammern werden typischerweise während einer kompletten Schwenkbewegung oder einer Umdrehung der Pleuelwelle von  $360^\circ$  abwechselnd geöffnet und geschlossen. Die geöffnete Arbeitskammer wird z.B. mittels des Kühlfluids gespült, während bei der geschlossenen Arbeitskammer ein Arbeitsfluid gefördert oder komprimiert werden kann. Bei dieser Ausbildung der Kolbenmaschine lassen sich der genannte Spül- und Kühlvorgang somit besonders effektiv durchführen.

**[0016]** In einer weiteren Ausbildung ist die Arbeitskammer je nach Schwenklage des Kolbens geöffnet oder geschlossen. Bei geöffneter Arbeitskammer strömt vorzugsweise das Kühlfluid in die Arbeitskammer und kühlt zumindest konvektiv die der Arbeitsfläche gegenüberliegende Seite des Kolbens und/oder spült die Arbeitskammer.

**[0017]** Die Kammer kann weiterhin durch eine der ersten Arbeitsfläche abgewandte erste Seitenwand begrenzt sein, wobei die Kühlöffnung in der ersten Seitenwand vorgesehen ist. Typischerweise ist die Kammer durch eine der ersten Arbeitsfläche zugewandte zweite Seitenwand begrenzt. Ferner kann die variable Arbeitskammer durch den Kolben, die zweite Seitenwand, die kreisbogenförmige, die Vorderwand und die Rückwand begrenzt sein. Falls die Kühlöffnung lediglich in der der Arbeitsfläche abgewandten ersten Seitenwand vorgesehen ist, findet eine Spülung der Arbeitskammer mittels des Kühlfluids somit üblicherweise nicht statt. Stattdessen erlaubt diese Ausbildung eine permanente konvektive Kühlung der der Arbeitsfläche gegenüberliegenden Seite des Kolbens.

**[0018]** Die Kühlöffnung in der ersten Seitenwand kann sich über eine gesamte radiale und/oder axiale Ausdehnung der Seitenwand erstrecken. Vorzugsweise erstreckt sich die Kühlöffnung sogar über die gesamte erste Seitenwand, d.h. die erste Seitenwand wird weggelassen. Hierdurch kann die Kühlwirkung weiter vergrößert werden.

**[0019]** Zur Bildung der Kühlöffnung im Gehäuse können eine oder mehrere Gehäusewände ganz oder zum Teil entfernt sein, wodurch zwar ein Arbeitsvolumen der Kammer verringert wird, aber insgesamt die Arbeitsqualität der Kolbenmaschine verbessert werden kann.

**[0020]** Es kann vorgesehen sein, dass die kreisbogenförmige Wand und/oder die Vorderwand und/oder die Rückwand und/oder die genannte Seitenwand durch die Kühlöffnung zweigeteilt ist/sind. Die Kühlöffnung kann insbesondere in

einer Gehäusewand vorgesehen sein, wo Platz ist und eine gute Durchströmung des Kühlfluids gewährleistet ist. Die Kühlöffnung kann durch verschiedenste Formen in der Gehäusewand ausgebildet sein, wie z.B. eine Nut, einen Kreis-  
 sektor oder einen Kreis oder eine andere Form. Es können auch mehrere Kühlöffnungen in jeweils verschiedenen  
 5 Wänden vorgesehen sein, z.B. in der kreisbogenförmigen Wand und/oder der Vorderwand und/oder der Rückwand  
 und/oder der Seitenwand. Die genannten Kühlöffnungen können miteinander kombiniert werden.

**[0021]** Falls mehrere Kühlöffnungen vorgesehen sind, kann eine Kühlöffnung als Kühlfluideinlass und die andere  
 Kühlöffnung als Kühlfluidauslass ausgebildet sein. Z.B. ist in einer Ausführung eine Kühlöffnung jeweils in der Rückwand  
 und in der Vorderwand ausgebildet. Das Kühlfluid kann z.B. durch die Kühlöffnung der Rückwand oder der Vorderwand  
 10 in die Kammer eingelassen werden und durch die Kühlöffnung der Vorderwand oder der Rückwand ausgelassen werden.  
 Weiterhin kann die Kühlöffnung auch jeweils in der kreisbogenförmigen Wand und in der Rückwand und/oder in der  
 Vorderwand vorgesehen sein. Das Kühlfluid kann in dieser Ausbildung z.B. durch die Kühlöffnung in der kreisbogen-  
 förmigen Wand in die Kammer eingelassen werden und durch die Kühlöffnung in der Rückwand und/oder in der Vor-  
 derwand ausgelassen werden. Auch andere Kombinationen von Kühlöffnungen in jeweils verschiedenen Gehäusewän-  
 den sind denkbar, bei denen das Kühlfluid durch eine Kühlöffnung in die Kammer eingelassen wird und durch die jeweils  
 15 andere Kühlöffnung aus der Kammer ausgelassen wird. Die Kammer kann in diesen Ausführungen besonders gut mittels  
 des Kühlfluids gespült werden.

**[0022]** Falls mehrere Kühlöffnungen vorgesehen sind, können diese verschieden groß oder sogar geteilt sein. Die  
 Kühlöffnungen können anders in der Breite und in der Länge gestaltet sein.

**[0023]** Als Kühlfluid oder Arbeitsfluid können z.B. Luft, CO<sub>2</sub> oder andere Gase oder eine Flüssigkeit wie z.B. Wasser  
 20 verwendet werden. Für den Fachmann ist es ersichtlich, dass die Wahl des Kühlfluids und des Arbeitsfluids von der  
 jeweiligen Ausführungsform der Kolbenmaschine abhängt. Die Kolbenmaschine kann beispielsweise als Pumpe, Va-  
 kuumpumpe, Verdichter oder Motor betreibbar sein.

**[0024]** In einer weiteren Ausführungsform kann an dem Kolben eine zweite im Querschnitt kreisbogenförmige Wand  
 25 befestigt sein, welche auf einem kleineren Radius als eine maximale radiale Ausdehnung des Kolbens angeordnet ist  
 und zumindest in einer Schwenklage des Kolbens in einen Durchlass einer Seitenwand eingreift, wobei die Kühlöffnung  
 bevorzugt ebenfalls in dieser Seitenwand vorgesehen ist. In einer Ausführung bildet die Kühlöffnung den Einlass für die  
 zweite im Querschnitt kreisbogenförmige Wand. Die in der Seitenwand vorgesehene Kühlöffnung kann von der Schwenk-  
 achse aus gesehen oberhalb oder unterhalb der zweiten kreisbogenförmigen Wand vorgesehen sein. Vorzugsweise  
 wird die zweite kreisbogenförmige Wand ebenfalls durch das Kühlfluid gekühlt. Eine zweite variable Arbeitskammer  
 kann dann zumindest durch die zweite bogenförmige Wand, den Kolben und die Seitenwand definiert sein. Mit dieser  
 30 Ausführung ist beispielsweise eine zweistufige Verdichtung möglich.

**[0025]** Außerdem ist in der Arbeitskammer ein Einlassventil angeordnet zum Einlassen des Arbeitsfluids in die Ar-  
 beitskammer. Typischerweise unterscheidet sich die Kühlöffnung von dem Einlassventil. Zudem ist der Auslass als  
 Auslassventil ausgebildet. Typischerweise unterscheidet sich die Kühlöffnung von dem Auslassventil. Es sind somit in  
 35 der Arbeitskammer ein Einlass- und ein Auslassventil angeordnet, beispielsweise in der Rückwand, Vorderwand, Sei-  
 tenwand und/oder in der kreisbogenförmigen Wand. Bei geöffneter Kammer wird die Kammer und/oder des Kolbens  
 mittels des Kühlfluids zumindest konvektiv gekühlt und/oder gespült. Bei fortschreitender Schwenkbewegung des Kol-  
 bens schließt sich die Kammer anschließend. Das noch in der Kammer verbleibende Kühlfluid kann dann durch das  
 Auslassventil abtransportiert werden.

**[0026]** In einer weiteren Ausbildung weist der Kolben zur konvektiven Kühlung Kühlrippen auf. Vorzugsweise liegen  
 40 die Kühlrippen auf der der Arbeitsfläche gegenüberliegenden Seite des Kolbens. Der Kolben kann weiterhin als Hohl-  
 körper ausgebildet sein. Durch die Kühlrippen und/oder die Ausbildung als Hohlkörper kann die Kühlung des Kolbens  
 weiter verbessert werden.

**[0027]** In einer weiteren Ausführungsform ist eine Größe der Kühlöffnung variabel steuerbar oder einstellbar, vorzugs-  
 45 weise mittels eines in einer Gehäusewand angeordneten Regelorgans, oder Schiebers oder Drosselklappe. Hierdurch  
 kann eine Größe der Öffnung gesteuert oder verkleinert oder vergrößert werden, um einen Kühlluftdurchsatz zu beein-  
 flussen oder regulieren. Die Kolbenmaschine kann somit an unterschiedliche Leistungsanforderungen angepasst wer-  
 den, wobei die Kühlwirkung während des Betriebs gesteuert werden kann. Die variabel steuerbare Kühlöffnung kann  
 mechanisch, beispielsweise über eine Bewegung einer Nockenwelle, je nach Bedarf mehr oder weniger geöffnet oder  
 50 geschlossen werden. Die variabel steuerbare Kühlöffnung kann auch durch eine elektronische Steuervorrichtung ge-  
 steuert werden, um ein eine Größe der Kühlöffnung je nach Bedarf während des Betriebs der Kolbenmaschine zu  
 variieren. In einer weiteren Ausführung sind in der Kammer und/oder im Kolben ein Drucksensor und/oder ein Tempe-  
 raturesensor vorgesehen, welche mit der Steuervorrichtung und/oder einer Auswertevorrichtung verbunden sein können.  
 Bei Erreichen eines Schwellenwerts einer Temperatur und/oder eines Drucks in der Kammer und/oder im Kolben kann  
 55 die Kühlöffnung mehr oder weniger geöffnet oder geschlossen bzw. deren Größe kann vergrößert oder verkleinert  
 werden. Wenn die gemessene Temperatur z.B. weniger als ein bestimmter Schwellenwert beträgt, kann die Kühlöffnung  
 geschlossen werden, um ein Fördervolumen der Kolbenmaschine zu erhöhen. Somit können während des Betriebs der  
 Kolbenmaschine mittels der variabel steuerbaren Kühlöffnung Fördervolumen der Kolbenmaschine, Kühlluftdurchsatz,

Druck und Temperatur beeinflusst werden, um die Effizienz der Kolbenmaschine zu erhöhen.

**[0028]** Das Kühlfluid kann durch die Bewegung des Kolbens durch die Kühlöffnung gesaugt werden. Ferner kann eine Kühlvorrichtung, vorzugsweise ein Gebläse oder eine Pumpe, vorgesehen sein zur Förderung des Kühlfluids durch die Öffnung des Gehäuses und in die Kammer. Die Kühlung lässt sich hierdurch noch effizienter gestalten. Um den Kühlluftdurchsatz noch weiter zu erhöhen, kann an der Kühlöffnung ein Venturirohr vorgesehen sein, welches den Durchsatz erheblich zu steigern vermag.

**[0029]** Für den Fachmann ist es ersichtlich, dass mehrere Kammern hintereinander oder nebeneinander geschaltet werden können. So kann das Gehäuse beispielsweise zwei oder mehrere jeweils kreissektorförmige, jedoch um 180 Grad gedreht aneinandergefügte, einen gemeinsamen Hohlraum bildende Gehäuseteile aufweisen, wobei jeweils jedem Gehäuseteil ein Kolben zugeordnet ist. Zwei benachbarte Gehäuseteile definieren dann zusammen mit ihren Kolben mindestens eine variable Arbeitskammer. Weitere Einzelheiten befinden sich z.B. in der Druckschrift DE 10 2010 036 977 B3. Hierbei kann in mindestens einer Kammer eine Kühlöffnung vorgesehen sein. Es können jedoch auch mehrere oder sämtliche Kammern Kühlöffnungen aufweisen.

**[0030]** Mit einer als Verdichter ausgebildeten Kolbenmaschine ist z.B. eine Verdichtung auf 10 bar und höher, z.B. bis 20 bar, mit einstufiger Verdichtung möglich. Weiterhin erlaubt die Kolbenmaschine eine ölfreie Funktionsweise, welche insbesondere für eine Anwendung als Vakuumpumpe, Kompressor oder Expansionsmotor erwünscht ist.

**[0031]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand beigefügter Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

- 20 Fig. 1 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer Kühlöffnung in einer kreisbogenförmigen Wand;
- Fig. 2 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer mittig in der kreisbogenförmigen Wand gelegenen Kühlöffnung;
- 25 Fig. 3 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer Kühlöffnung in einer Rückwand;
- Fig. 4 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer Kühlöffnung, welche mittig in der Rückwand vorgesehen ist;
- 30 Fig. 5 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer Kühlöffnung in einer Seitenwand;
- Fign. 6a bis 6c Ansichten eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit zwei Kühlöffnungen in verschiedenen Wänden;
- 35 Fig. 6d eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit einer am Kolben befestigten zweiten im Querschnitt kreisbogenförmigen Wand;
- Fign. 7a bis 7c eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit zwei in einem gemeinsamen Gehäuse angeordneten Kolben, wobei in jeder Seitenwand des Gehäuses eine Kühlöffnung vorgesehen;
- 40 Fign. 8a bis 8c eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine mit zwei in einem gemeinsamen Gehäuse angeordneten Kolben, wobei in jeweils einer kreisbogenförmigen Wand eine Öffnung vorgesehen ist;
- 45 Fgn. 9a-9b eine Ansicht eines Querschnitts von zwei Kolbenmaschinen mit jeweils zwei in einem gemeinsamen Gehäuse angeordneten Kolben, wobei in jeder Seitenwand und in jeder kreisbogenförmigen Wand eine Kühlöffnung vorgesehen ist;
- Fig. 10 eine Ansicht eines Querschnitts einer Kolbenmaschine gemäß dem Stand der Technik;
- 50 Fign. 11a und 11b eine Ansicht eines Querschnitts einer weiteren Kolbenmaschine gemäß dem Stand der Technik und
- 55 Fig. 12 eine Seitenansicht eines Querschnitts der mit einem Antrieb dargestellten Kolbenmaschine gemäß der Fig. 11.

**[0032]** In den Figuren werden wiederkehrende Merkmale mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Kolbenmaschinen der Figuren 1, 2, 6a-b, 8a-c, 9a-b fallen unter den Wortlaut des Anspruchs 1. Die Kolbenmaschinen der Figuren

3-5, 6c, 6d, 7a-c sowie 10-12 enthalten nicht sämtliche Merkmale des Anspruchs 1 und fallen somit nicht in dessen Schutzzumfang, sind jedoch für das Verständnis und die Beschreibung der beanspruchten Erfindung nützlich.

**[0033]** Nachfolgend wird zunächst auf die Fig. 10 Bezug genommen. In der Fig. 10 ist eine Kolbenmaschine gemäß dem Stand der Technik der DE 10 2008 040 574 A1 gezeigt.

**[0034]** Wie die Fig. 10 zeigt, umfasst die Kolbenmaschine ein Gehäuse 1, das eine Kammer 2, ein Lagergehäuse 3 und ein Kurbelgehäuse 4 einschließt. Die Kammer 2 weist einen kreissektorförmigen Querschnitt auf und wird entsprechend der Form eines Zylindersektors durch zwei im Winkel  $\alpha$  von etwa  $53^\circ$  zueinander angeordnete Seitenwände 5, 6 einer vorderen Stirnwand (nicht dargestellt) und einer hinteren Stirnwand 7 sowie einer im Querschnitt kreisbogenförmigen Wand 8 und einen Drehzylinder 9 begrenzt. An die der kreisbogenförmigen Wand 8 gegenüberliegenden Enden der Seitenwände 5, 6 schließt sich ein von zwei gegenüberliegenden Lagerschalen gebildetes Lagergehäuse 3 an. Weiterhin ist ein teilweise mit einem Ölsumpf 12 gefülltes Kurbelgehäuse 4 vorgesehen. In dem Lagergehäuse 3 ist der um eine Drehachse 14 drehbare Drehzylinder 9 gelagert. Die Kammer 2 ist gegenüber dem Kurbelgehäuse 4 hermetisch, beispielsweise mit in das Lagergehäuse 3 integrierten Dichtleisten 13, abgedichtet. An dem Drehzylinder 9 sind einander diametral gegenüberliegend ein als Schwenkplatte ausgebildeter Kolben 15 und eine Pleuelstange 16 starr befestigt oder einstückig angeformt. Die Pleuelstange 16 weist eine sich über deren gesamte Länge erstreckende Führungsnut 17 auf, in die ein Kurbelzapfen 18 einer in dem Kurbelgehäuse 4 drehbar gelagerten Kurbelwelle 19 eingreift. Der typischerweise als Hohlkörper ausgebildete Kolben 15 befindet sich in der Arbeitskammer 2 und liegt abdichtend mit einer Oberkante 28 an einer Innenfläche der gewölbten kreisbogenförmigen Wand 8 an. Die Oberkante 28 des Kolbens 15 ist im Querschnitt kreisbogenförmig und wird durch einen Mittelpunktswinkel  $\delta$  von etwa  $8^\circ$  definiert. In beiden Seitenwänden 5, 6 der Kammer 2 sind jeweils Einlassventile 22, 24 und Auslassventile 23, 25 ausgebildet. Eine Schwenkbewegung des Kolbens 15 definiert eine Schwenkebene, wobei die hintere Stirnwand 7 und die vordere Stirnwand parallel zur Schwenkebene sind. Selbstverständlich können die genannten Winkel  $\alpha$  und  $\delta$  auch größer oder kleiner als im gezeigten Beispiel sein.

**[0035]** Die zuvor beschriebene Kolbenmaschine kann wie folgt als Kolbenpumpe oder als Kolbenverdichter arbeiten, aber auch als hier in der Funktion nicht beschriebener Verbrennungsmotor mit innerer oder äußerer Verbrennung funktionieren: Während einer Drehbewegung einer Kurbelwelle 19 gleitet ein sich auf einen Kurbelradius 11 bewegender Kurbelzapfen 18 in einer Führungsnut 17 einer Pleuelstange 16. Diese überträgt dabei eine Schwenkbewegung auf den Kolben 15. Bei einer Schwenkbewegung des Kolbens 15 von der in der Fig. 10 gezeigten Position an der linken Seitenwand 5 der Kammer 2 zur rechten Seitenwand 6 sind das linke Einlassventil 22 und das rechte Auslassventil 25 geöffnet, während das linke Auslassventil 23 und das rechte Einlassventil 24 geschlossen sind. Ein zuvor angesaugtes Fluid wird somit aus der Kammer 2 über das rechte Auslassventil 25 ausgestoßen. Auf der anderen Seite wird über das linke Einlassventil 22 ein Arbeitsfluid angesaugt, das bei weiterer Drehbewegung der Kurbelwelle 19 bei geschlossenem linken Einlassventil 22 und offenem linken Auslassventil 23 wieder ausgestoßen wird, während auf der rechten Seite Fluid angesaugt wird über Einlassventil 24.

**[0036]** Der Kolben 15 arbeitet somit als Doppelkolben mit zwei Arbeitsflächen 29 und 30, der bei einer Umdrehung der Kurbelwelle 19 zwei Schwenkbewegungen, das heißt vom linken Totpunkt an der linken Seitenwand 5 zum rechten Totpunkt an der rechten Seitenwand 6 und zurück, ausführt. Der Ölsumpf 12 übernimmt die Schmierung des Kurbelgetriebes, das heißt der Führungsnut 17 und des in dieser gleitenden Kurbelzapfens 18, der im Übrigen auch mit Wälzlagern und Kulissensteinen ausgebildet sein kann.

**[0037]** Wie aus der DE 10 2008 040 574 A1 bekannt ist, kann die Führungsnut 17 auch in dem Kolben 15 angeordnet sein. Hiermit ist eine sehr kompakte Bauweise möglich.

**[0038]** Es kann alternativ auch vorgesehen sein, dass der Kurbelzapfen 18 der Kurbelwelle 19 in ein Pleuelauge einer gelenkig mit dem Kolben 15 verbundenen Pleuelstange eingreift. Der Antrieb oder Abtrieb der Kolbenmaschine ist somit nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt.

**[0039]** Die Fig. 1 unterscheidet sich von der Fig. 10 dadurch, dass das Gehäuse 1 in der kreisbogenförmigen Wand 8 eine Kühlöffnung 51 zur Kammer 2 aufweist. Außerdem sind im Gegensatz zu der Ausführung der Fig. 10 in der Seitenwand 6 keine Ein- und Auslassventile vorgesehen. Durch die Kühlöffnung 51 strömt ein Kühlfluid, im gezeigten Beispiel Luft, in die Kammer 2 und kühlt diese. Außerdem wird der Kolben 15 durch die Luft zumindest an einer der Arbeitsfläche 30 gegenüberliegenden Seite 32 konvektiv gekühlt. Die Kolbenmaschine der Fig. 1 ist als z.B. Verdichter ausgebildet und die Kühlung mittels der Kühlöffnung vermag den Wirkungsgrad des Verdichters zu erhöhen. Optional kann, wie in der Figur 1 dargestellt, eine zweite Kühlöffnung 51' in der Seitenwand 6 vorgesehen sein. Die zweite Kühlöffnung ist z.B. als Kühlfluidauslass ausgebildet, durch den das Kühlfluid ausströmen kann. Eine Strömungsrichtung des Kühlfluids ist in der Figur mittels Pfeile angedeutet. Hierdurch kann der Spülvorgang sowie der Kühlvorgang verbessert werden.

**[0040]** Die Kolbenmaschine der Fig. 2 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel der Fig. 10 darin, dass eine Kühlöffnung 52 mittig in der kreisbogenförmigen Wand 8 vorgesehen ist. Während bei der Ausführung der Fig. 1 bei einer Umdrehung der Kurbelwelle 19 zwei Arbeitstakte, nämlich Ansaugen und Verdichten, möglich sind, sind es bei der Ausführungsform der Fig. 2 vier Arbeitstakte. Durch die mittige Ausbildung der Kühlöffnung 52 kann die Arbeitskammer

mer 2 abwechselnd links und rechts mit Kühlfluid gespült werden. Je nach Schwenklage des Kolbens 15 öffnet sich die Arbeitskammer 2 oder schließt sich die Arbeitskammer 2. Die Kühlöffnung 52 in der kreisbogenförmigen Wand 8 ist sowohl in der Fig. 1 als auch in der Fig. 2 durch einen Mittelpunktswinkel  $\beta$  definiert, welcher kleiner ist als ein Schwenkwinkel  $\alpha$  des Kolbens 15. In den Fig. 1 und 2 erstreckt sich die Öffnung 51 und 52 in der kreisbogenförmigen Wand 8 über eine gesamte axiale Ausdehnung der kreisbogenförmigen Wand 8. Das heißt, die Öffnung 51 und 52 ist als längliche Nut in der kreisbogenförmigen Wand ausgebildet und erstreckt sich von der vorderen Stirnwand bis zur hinteren Stirnwand 7. Alternativ kann die Kühlöffnung 51 und 52 auch eine kleinere axiale Ausdehnung aufweisen.

**[0041]** Die Fig. 3 unterscheidet sich von der Fig. 10 dadurch, dass eine Kühlöffnung 53 in der hinteren Stirnwand 7 angeordnet ist. Außerdem sind im Gegensatz zu der Ausführung der Fig. 10 in der Seitenwand 6 keine Ein- und Auslassventile vorgesehen. Weiterhin weist der Kolben 15 lediglich eine Arbeitsfläche 30 auf.

**[0042]** Die Beispiel der Fig. 4 unterscheidet sich von dem Beispiel der Fig. 10 darin, dass eine Kühlöffnung 54 mittig in der hinteren Stirnwand 7 angeordnet ist. Wie in der Fig. 2 ist auch hier die Öffnung 54 mittig angeordnet. Während der Kolben 15 die Öffnung 53 der Fig. 3 bei einer Schwenklage des Kolbens 15 an der rechten Seitenwand 6 schließt, schließt der Kolben 15 die Öffnung 54 bei einer mittigen Position des Kolbens 15 in der Fig. 4. Sowohl die Öffnung 53 der Fig. 3 als auch die Öffnung 54 der Fig. 4 erstreckt sich über eine gesamte radiale Ausdehnung der Stirnwand 7 vom Lagergehäuse 3 bis zur kreisbogenförmigen Wand 8. In beiden Ausführungen ist die Öffnung 53 und 54 auch in der vorderen Stirnwand (nicht dargestellt) vorgesehen. Es kann auch nur eine Öffnung 53 und 54 in der vorderen Stirnwand oder in der hinteren Stirnwand 7 vorgesehen sein.

**[0043]** Während der Kolben 15 der Fig. 1 und 3 lediglich eine Arbeitsfläche 30 aufweist, umfasst der Kolben 15 der Fig. 2 und 4 neben einer ersten Arbeitsfläche 30 eine zweite Arbeitsfläche 29. Die Kühlöffnung 52 und 54 der Fig. 2 und 4 trennt eine erste Arbeitskammer von einer zweiten Arbeitskammer. Außerdem sind die kreisbogenförmige Wand 8 der Figur 2 sowie die Stirnwand 7 der Figur 4 durch die Kühlöffnung 52 bzw. Kühlöffnung 54 zweigeteilt.

**[0044]** Die Kolbenmaschine der Fig. 5 unterscheidet sich von dem Beispiel der Fig. 10 dadurch, dass eine Kühlöffnung 55 in der Seitenwand 6 vorgesehen ist. Außerdem sind im Gegensatz zu der Ausführung der Fig. 10 in der Seitenwand 6 keine Ein- und Auslassventile vorgesehen. Hierdurch weist der Kolben 15 lediglich eine Arbeitsfläche 30 auf. Die Kühlöffnung 55 in der Seitenwand 6 erstreckt sich über eine gesamte radiale und axiale Ausdehnung der Seitenwand 6. D.h., in der Ausführung der Fig. 5 wurde auf die gesamte Seitenwand 6 verzichtet. Hierdurch ist eine stetige konvektive Kühlung des Kolbens 15 an einer der Arbeitsfläche gegenüberliegenden Seite 32 möglich. Im Gegensatz zu den Fig. 1 bis 4 ist die variable Arbeitskammer der Fig. 5 in jeder Schwenklage des Kolbens 15 abgeschlossen.

**[0045]** Die Ausführung der Fig. 6a unterscheidet sich von der Ausführung der Fig. 10 dadurch, dass die Seitenwand 6 gänzlich weggelassen ist und dass außerdem eine Öffnung 51 in der kreisbogenförmigen Wand 8 vorgesehen ist. Außerdem sind im Gegensatz zu der Ausführung der Fig. 10 in der Seitenwand 6 keine Ein- und Auslassventile vorgesehen und weist der Kolben 15 lediglich eine Arbeitsfläche 30 auf. Die Ausführung der Fig. 6a stellt somit eine Mischform der Fig. 5 und 1 dar. Die kreisbogenförmige Wand 8 der Fig. 6a definiert einen zweiten Mittelpunktswinkel  $\gamma$  von etwa  $25^\circ$ , welcher kleiner ist als der zuvor beschriebene Schwenkwinkel  $\alpha$  des Kolbens 15. Die Öffnung 51 in der kreisbogenförmigen Wand 8 ist durch den Mittelpunktswinkel  $\beta$  definiert. In der Fig. 6a sind die Winkel  $\beta$  und  $\gamma$  gleich groß. Sie können aber in anderen Ausführungsformen auch voneinander abweichen. So kann der Mittelpunktswinkel  $\beta$  größer oder auch kleiner als der Mittelpunktswinkel  $\gamma$  sein.

**[0046]** In der Ausführung der Fig. 6b ist jeweils eine Kühlöffnung 52 und 54 in der kreisbogenförmigen Wand 8 und in der hinteren Stirnwand 7 vorgesehen. Die Ausführung der Fig. 6b ist somit eine Mischform der Ausbildungen der Fig. 2 und 4. Im Gegensatz zu dem Beispiel der Fig. 4 erstreckt sich die Kühlöffnung 54 der hinteren Stirnwand 7 jedoch nicht über eine gesamte radiale Ausdehnung der Stirnwand 7, sondern etwa bis zu einem Drittel der radialen Ausdehnung der Stirnwand 7. Das Kühlfluid wird mittels eines Gebläses 60 durch die als Kühlfluideinlass ausgebildete Kühlöffnung 52 in der kreisbogenförmigen Wand 8 in die Kammer 2 eingelassen. Nach einer effektiven Spülung der Kammer 2 wird das Kühlfluid anschließend durch die als Kühlfluidauslass ausgebildete Kühlöffnung 54 in der hinteren Stirnwand 7 aus der Kammer 2 ausgelassen. Hierbei ist die Strömungsrichtung des Kühlfluids durch Pfeile angedeutet. Die Kammer 2 kann somit in dieser Ausführung besonders gut mittels des Kühlfluids gespült werden. Zusätzlich kann eine Kühlöffnung in der vorderen Stirnwand (nicht dargestellt) vorgesehen sein.

**[0047]** In der Ausführung der Fig. 6c ist jeweils eine Kühlöffnung 54 und 54' in der hinteren Stirnwand 7 und in der vorderen Stirnwand vorgesehen. Eine Projektion der Kühlöffnung 54' der vorderen Stirnwand auf die hintere Stirnwand 7 ist in der Figur 6c durch gestrichelte Linien angedeutet. In ähnlicher Weise zu der Ausführung der Fig. 6b wird Kühlfluid mittels eines optionalen Gebläses (nicht dargestellt) durch die als Kühlfluideinlass ausgebildete Kühlöffnung 54 in der vorderen Stirnwand in die Kammer 2 eingelassen. Nach einer effektiven Spülung und Kühlung der Kammer 2 wird das Kühlfluid anschließend durch die als Kühlfluidauslass ausgebildete Kühlöffnung 54' in der hinteren Stirnwand 7 aus der Kammer 2 ausgelassen. Hierbei ist die Strömungsrichtung des Kühlfluids durch einen Pfeil angedeutet. Die Kammer 2 kann somit in dieser Ausführung besonders gut mittels des Kühlfluids gespült werden. Selbstverständlich kann die Strömungsrichtung auch umgedreht werden. In diesem Fall bläst ein Gebläse das Kühlfluid durch die Kühlöffnung 54 der hinteren Stirnwand in die Kammer 2 hinein. Das Kühlfluid verlässt die Kammer 2 nach Spülung der Kammer 2 durch

die Kühlöffnung 54' der vorderen Stirnwand.

**[0048]** Wie aus den Figuren 1, 2, 4 und 6 hervorgeht, ist die variable Arbeitskammer je nach Schwenklage des Kolbens geschlossen oder geöffnet.

**[0049]** Die Kolbenmaschine der Fig. 6d unterscheidet sich von dem Beispiel der Fig. 10 dadurch, dass eine Kühlöffnung 55 in der Seitenwand 5 vorgesehen ist. Außerdem ist am Kolben 15 eine zweite im Querschnitt kreisbogenförmige Wand 70 befestigt, welche auf einem kleineren Radius als eine maximale radiale Ausdehnung des Kolbens 15 angeordnet ist und in die Kühlöffnung 55 der Seitenwand 5 eingreift. Hierdurch wird eine stetige konvexe Kühlung der zweiten kreisbogenförmigen Wand bewirkt. Die ebenfalls als Durchlass für die zweite kreisbogenförmige Wand 70 ausgebildete Kühlöffnung 55 ist von der Schwenkachse 14 aus gesehen oberhalb der zweiten kreisbogenförmigen Wand 70 vorgesehen. Sie kann selbstverständlich auch unterhalb der zweiten kreisbogenförmigen Wand 70 angeordnet sein. Eine zweite variable Arbeitskammer ist durch die zweite kreisbogenförmige Wand 70, den Kolben 15, die Seitenwand 5, die Vorderwand und die Rückwand 7 definiert und wird durch diese Wände abdichtend abgeschlossen. In der Ausführung der Fig. 6d gibt es somit zwei variable Arbeitskammern, die in jeder Schwenklage des Kolbens 15 geschlossen sind, wodurch z.B. eine zweistufige Verdichtung möglich ist.

**[0050]** Die Figuren 1-6d unterscheiden sich des Weiteren von der Figur 10 dadurch, dass eine Größe der Kühlöffnungen 51, 51', 52, 53, 54 und 55 jeweils mittels eines in einer entsprechenden Gehäusewand angeordneten Schiebers 61, 61', 62, 63, 64 und 65 variabel steuerbar oder einstellbar ist. Der Schieber 61, 61', 62, 63, 64 und 65 vermag die Kammer 2 bündig abzuschließen und ist jeweils mit einer nicht dargestellten elektronischen Steuervorrichtung verbunden, welche weiterhin mit im Kolben 15 angeordneten, nicht-dargestellten Drucksensor und Temperatursensor verbunden ist. Die Steuervorrichtung ist dazu ausgestaltet, den Schieber 61, 61', 62, 63, 64 und 65 anzusteuern, um die Größe der Kühlöffnung 51, 51', 52, 53, 54 und 55 während des Betriebs der Kolbenmaschine zu regulieren oder je nach Bedarf zu vergrößern oder zu verkleinern. Ab dem Erreichen eines Schwellenwerts einer Temperatur und/oder eines Drucks in der Kammer 2 kann die Kühlöffnung 51, 51', 52, 53, 54 und 55 zur Kühlung des Kolbens 15 und/oder der Kammer 2 geöffnet oder geschlossen oder deren Größe kann vergrößert oder verkleinert werden. Wenn die am Kolben 15 gemessene Temperatur z.B. weniger oder mehr als ein bestimmter Schwellenwert beträgt, kann die Kühlöffnung 51, 51', 52, 53, 54 und 55 geschlossen oder geöffnet werden, um ein Fördervolumen der Kolbenmaschine zu erhöhen. Somit können während des Betriebs der Kolbenmaschine Fördervolumen, Kühlfluiddurchsatz, Druck und Temperatur beeinflusst werden, um die Effizienz der Kolbenmaschine zu erhöhen. Der Schieber 61, 61', 62, 63, 64 und 65 kann alternativ auch mittels einer mechanischen Steuervorrichtung betätigt werden, beispielsweise einer Nockenwelle, um die Kühlöffnung 51, 51', 52, 53, 54, 55 mehr oder weniger weit zu schließen oder zu öffnen. Statt des Schiebers 61, 61', 62, 63, 64 und 65 kann z.B. auch eine Drosselklappe oder eine andere Regeleinrichtung vorgesehen sein.

**[0051]** Anders als bei der Kolbenmaschine der Figur 10 sind in den Figuren 1, 3, 5, 6a und 6d Kühlrippen 31 auf einer der Arbeitsfläche 30 gegenüberliegenden Seite 32 des Kolbens 15 zur Erhöhung der Kühlung vorgesehen. Weiterhin ist zur Verbesserung der Kühlwirkung jeweils in den Figuren 1-6 ein optionales Gebläse 60 oder eine Kühlvorrichtung vorgesehen (in den Figuren 3, 4, 6c, 7, 8 und 9 jeweils nicht dargestellt), welches je nach Bedarf Luft oder ein anderes Kühlfluid in die Kühlöffnung 51, 52, 53, 54 und 55 hineinbläst. Auch das Gebläse 60 ist mit der genannten Steuervorrichtung verbunden. Das Gebläse 60 wird insbesondere dann durch die Steuervorrichtung angesteuert, wenn der Schieber 61, 62, 63, 64 und 65 die jeweilige Öffnung 51, 52, 53, 54 und 55 öffnet oder schließt. Falls keine Kühlvorrichtung vorgesehen ist, kann das Kühlfluid durch die Bewegung des Kolbens durch die Kühlöffnung 51, 52, 53, 54 und 55 angesaugt werden. Um den Kühlluftdurchsatz weiter zu erhöhen, kann an der in den Figuren gezeigten Kühllufteinlassöffnung ein Venturirohr vorgesehen sein. Zur Steigerung der Kühlwirkung können auf der Außenseite des Gehäuses Kühlrippen vorgesehen sein.

**[0052]** Nachfolgend wird auf die Fig. 11A, 11B und 12 Bezug genommen. In den Fig. 11A, 11B und 12 sind Ansichten von Querschnitten einer Kolbenmaschine gemäß dem Stand der Technik der DE 10 2010 036 977 B3 gezeigt.

**[0053]** Gemäß den Fig. 11A, 11B und 12 sind Kolben 101 und 102 mit einem im Gehäuse 103 um eine Drehachse 104 über ein Lager 105 drehbar gelagerten Drehzylinder 106 verbunden und weisen an einer Stirnseite jeweils eine Führungsnut 107 auf, in die ein Kurbelwellenzapfen 108 einer mit einer Antriebswelle 109 verbundenen Kurbelwelle 110 eingreift. Die Führungsnut 107 fungiert als Pleuelschlaufe oder Kolbenschlaufe, die somit integraler Bestandteil der Kolben 101 und 102 ist. Die beiden mit dem jeweiligen Kolben 101 und 102 in Wirkverbindung stehenden Kurbelwellen 110 sind, wie die Fig. 12 zeigt, über ein Zahnradgetriebe 126 miteinander verbunden und synchronisiert, so dass die Kolben 101, 102 synchron und in jeweils parallel entgegengesetzter Richtung angetrieben und in den in Form eines Zylindersektors (Tortenstück) ausgebildeten Gehäuseteilen 103a und 103b bewegt werden können.

**[0054]** Das einstückig ausgebildete Gehäuse 103 umfasst - angedeutet durch eine gestrichelte Linie X - zwei, jedoch um 180° gedrehte, aneinandergefügte Gehäuseteile 103a, 103b mit jeweils im Wesentlichen kreissektorförmigen Querschnitt, in denen einmal an der oberen Gehäusewand 111 und einmal an der unteren Gehäusewand 112 die Drehzylinder 106 der Kolben 101 und 102 gelagert sind. Eine von dem Gehäuse umschlossene Kammer A1 und A2 hat somit die Form von zwei gleich großen entgegengesetzt nebeneinander liegenden Kreissektoren. Das Gehäuse 103 umfasst weiterhin eine Gehäuserückwand 114 und einen Gehäusedeckel 113 sowie eine erste Seitenwand 115 und eine zweite

Seitenwand 116. Die beiden in jeder Position parallel zueinander ausgerichteten Doppelkolben 101, 102 liegen in einer Ausgangsstellung, wie in der Fig. 11A gezeigt, an der jeweiligen Seitenwand 115, 116 und stoßen in der Entstellung an der Trennlinie X nahezu mit einem definierten Spalt aneinander. In den beiden Seitenwänden 115 und 116 und in der Gehäuserückwand 114 in Höhe der Trennlinie X sind Einlassventile 18a, 18b und 18c sowie Auslassventile 19a, 19b und 19c angeordnet. Durch eine synchrone, aber entgegengesetzt gerichtete Drehbewegung der beiden Kurbelwellenzapfen 108 gemäß Pfeil 17a, 17b werden die beiden Kolben 101 und 102 bis nahe an die Trennlinie X aufeinander zu bewegt und bis nahe an die Seitenwände 115 und 116 voneinander weg bewegt. Es kann auch nur eine Kurbelwelle zum Einsatz kommen, wobei die Kolben 101 und 102 z.B. über ein Zahnrad synchronisiert werden. Die so ausgebildete Kolbenmaschine gemäß der Fig. 11 kann z.B. als Verdichter, Pumpe oder als Motor betrieben werden.

**[0055]** Beispielsweise bei der Funktion als Pumpe wird ein in der inneren großen Arbeitskammer A3 zwischen den beiden Doppelkolbenplatten 101 und 102 befindliches, zuvor über das Einlassventil 18c angesaugtes Fördermedium während der Schwenkbewegung der Doppelkolbenplatten 101 und 102 in Richtung der Trennlinie X gemäß wieder aus der Arbeitskammer A3 ausgestoßen. Während dieser Schwenkbewegung (Ausstoßen) wird gleichzeitig über die Einlassventile 18a und 18b ein Fördermedium in die beiden äußeren (kleinen), sich jeweils zwischen den Doppelkolbenplatten 101 und 102 und den Seitenwänden 115 und 116 bildenden Arbeitskammern A1 und A2 gesaugt. Bei der anschließenden Bewegung der beiden Doppelkolbenplatten 101 und 102 in Richtung der Seitenwände 115 und 116 wird das zuvor in den Arbeitskammern A1, A2 angesaugte Fördermedium durch die Auslassventile 19a, 19b ausgestoßen und gleichzeitig wird Fördermedium über das Einlassventil 18c in die große Arbeitskammer A3 gesaugt. Auf diese Weise ist mit zwei zusammenwirkenden Doppelkolbenplatten 101 und 102 und drei Arbeitskammern A1, A2 und A3 in ein und demselben Gehäuse 103 ein effektiver Förderbetrieb gewährleistet. Das Maximalvolumen der beiden kleinen äußeren Arbeitskammern A1 und A2 entspricht dem Maximalvolumen der großen, inneren Arbeitskammer A3. Mit gleichermaßen hoher Effektivität kann die oben beschriebene Kolbenmaschine auch als Verdichter oder als Expansionsmotor oder als Kombination von diesen betrieben werden. Beispielsweise kann die mittlere - große - Arbeitskammer A3 als Expansionsmotor arbeiten, während die beiden äußeren - kleinen - Arbeitskammern A1 und A2 als Verdichter oder als Pumpe arbeiten und von dem Expansionsmotor angetrieben werden. Beim Einsatz der beschriebenen Kolbenpumpe als Verdichter könnten die innere Arbeitskammer A3 und eine äußere (linke) Arbeitskammer A1 als erste Verdichterstufe und die andere äußere Arbeitskammer A2 als zweite Verdichterstufe betrieben werden. Somit können die Arbeitskammern A1, A2 und A3 jeweils unterschiedliche Funktionen als Verdichter, Pumpe oder Motor erfüllen.

**[0056]** Das Beispiel der Fig. 7A-7C unterscheidet sich von dem Beispiel der Fig. 11 dadurch, dass Kühlöffnungen 151 in den Seitenwänden 15 und 16 vorgesehen sind, wobei die Kühlöffnungen 151 in den Seitenwänden 115 und 116 sich über eine gesamte radiale und axiale Ausdehnung der Seitenwände 115 und 116 erstrecken. Durch die Kühlöffnungen 151 können die Kolben 101 und 102 jeweils an einer der Arbeitsfläche des Kolbens gegenüberliegenden Seite des Kolbens mittels eines Kühlfluids zumindest konvektiv gekühlt werden. Die Beispiele der Fig. 7a bis 7c ähneln im Übrigen dem Beispiel der Fig. 5. Statt zwei Kühlöffnungen 151, wie in den Fig. 7a-c zu erkennen ist, kann auch in lediglich einer der Seitenwände 115 und 116 eine Kühlöffnung 151 vorgesehen sein. In dem Fall wird nur ein Kolben 101, 102 gekühlt.

**[0057]** Die Ausführungsform der Fig. 8A-8C unterscheidet sich von dem Beispiel der Fig. 11 dadurch, dass zwei Kühlöffnungen 152 in der kreisbogenförmigen Wand vorgesehen sind. Wie in der Fig. 11 umfasst die Ausführungsform der Fig. 8 auch drei Arbeitskammern A1, A2 und A3. Eine besonders gute Kühlwirkung kann bei der Arbeitskammer A3 erzielt werden, da die Kühlöffnungen 152 einander gegenüberliegend angeordnet sind. Ein Kühlfluid, beispielsweise Luft, kann somit z.B. von der einen bis zur anderen Seite herein- und herausströmen, was in der Figur 8 mittels Pfeilen 130 und 131 angedeutet ist. Durch die Kühlöffnungen 152 können die Arbeitskammern A1, A2 und A3 sowie die Kolben 101 und 102 somit zumindest konvektiv mittels eines Kühlfluids gekühlt werden. Die Kühlöffnung 152 ist hierbei genauso groß ausgebildet wie eine Oberkante 140 der Kolben 101 und 102. Die Kühlöffnung 152 kann aber auch kleiner oder größer als die Oberkante 140 der Kolben 101 und 102 sein.

**[0058]** Wie in der Fig. 8b zu erkennen ist, gibt es somit eine Schwenklage, in der sämtliche Arbeitskammern A1, A2 und A3 geschlossen sind. In der Schwenklage der Fig. 8c sind Arbeitskammern A1 und A2 geöffnet, während in der Schwenklage der Fig. 8a die Arbeitskammer A3 weitgehend geöffnet ist. Die Anordnung der Kühlöffnungen 152 in der Fig. 8 ähnelt im Übrigen der Ausführung der Fig. 2. Alternativ kann auch hier lediglich eine Kühlöffnung 152 statt zweier Kühlöffnungen 152 vorgesehen sein.

**[0059]** In den Fig. 9a und 9b sind bezüglich Kühlöffnungen 151 und 152 Mischformen der Fig. 7 und 8 gezeigt, in Analogie zu der Ausführungsform der Fig. 6a. In der Fig. 9a ist die im Querschnitt kreisbogenförmige Wand durch zwei Teile 111' und 111" bzw. 112' und 112" gebildet, welche radial auf unterschiedlichen Positionen liegen. Es gibt einen radialen Spalt 140 zwischen der Oberkante 140 des Kolbens und der kreisbogenförmigen Gehäusewand 111' und 112". Der radiale Spalt 140 erstreckt sich in Schwenkrichtung über einen Mittelpunktswinkel  $\varepsilon$  und in axialer Richtung von dem Gehäusedeckel 113 bis zur Häuserrückwand 114. Die Abmessungen des Spalts 140 können je nach Ausführungsform radialer Richtung, in axialer Richtung oder in Schwenkrichtung variiert werden. In der Fig. 9b ist die kreisbogenförmige Wand 111" und 112" lediglich so groß wie die Oberkante 140 des Kolbens 101 und 102. Alternativ können auch die Abmessungen der kreisbogenförmigen Wand 111" und 112" kleiner oder größer sein. Im Vergleich zu der

Ausführungsform der Fig. 8 gibt es in den Fig. 9a und 9b lediglich eine Arbeitskammer A3. In den Ausführungsformen der Fig. 9a und 9b kann der Kolben 101 und 102 von mehreren Seiten konvektiv gekühlt werden. Ein Verlust an Kammervolumen wird also in den Fig. 9a und 9b durch eine erhöhte Kühlwirkung kompensiert.

**[0060]** Die Figuren 7-9 unterscheiden sich des Weiteren von der Figur 11 dadurch, dass eine Größe der Kühlöffnungen 151 und 152 jeweils mittels eines in einer entsprechenden Gehäusewand angeordneten, nicht dargestellten Schiebers variabel steuerbar oder einstellbar ist. Der Schieber vermag die Kammer bündig abzuschließen und ist jeweils mit einer nicht dargestellten elektronischen Steuervorrichtung verbunden, welche weiterhin mit im Kolben 101 und 102 angeordneten, nicht-dargestellten Drucksensor und Temperatursensor verbunden ist. Die Steuervorrichtung ist dazu ausgestaltet, den Schieber anzusteuern, um die Größe der Kühlöffnung während des Betriebs der Kolbenmaschine zu regulieren oder zu ändern. Ab dem Erreichen eines Schwellenwerts einer Temperatur und/oder eines Drucks in der Kammer kann die Kühlöffnung 151 und 152 zur Kühlung des Kolbens 101 und 102 und/oder der Kammer mehr oder weniger geöffnet oder geschlossen werden. Wenn die am Kolben 101 und 102 gemessene Temperatur z.B. weniger oder mehr als ein bestimmter Schwellenwert beträgt, kann die Kühlöffnung 151 und 152 geschlossen oder geöffnet werden, um ein Fördervolumen der Kolbenmaschine zu erhöhen. Somit können während des Betriebs der Kolbenmaschine Fördervolumen, Kühlfluidumsatz, Druck und Temperatur beeinflusst werden, um die Effizienz der Kolbenmaschine zu erhöhen. Der Schieber kann alternativ auch mittels einer mechanischen Steuervorrichtung betätigt werden, beispielsweise einer Nockenwelle, um die Kühlöffnung 151 und 152 mehr oder weniger weit zu schließen oder zu öffnen. Statt des Schiebers kann z.B. auch eine Drosselklappe oder eine andere Regeleinrichtung vorgesehen sein.

**[0061]** Weiterhin ist zur Verbesserung der Kühlwirkung jeweils in den Ausführungsbeispielen der Figuren 7-9 ein optionales Gebläse oder eine Kühlvorrichtung vorgesehen (in den Figuren 7, 8 und 9 jeweils nicht dargestellt), welches je nach Bedarf Luft oder ein anderes Kühlfluid in die Kühlöffnung 151 und 152 hineinbläst. Auch das Gebläse ist mit der genannten Steuervorrichtung verbunden. Das Gebläse wird insbesondere dann durch die Steuervorrichtung angesteuert, wenn der Schieber die jeweilige Öffnung 151 und 152 öffnet oder schließt. Falls keine Kühlvorrichtung vorgesehen ist, kann das Kühlfluid durch die Bewegung des Kolbens durch die Kühlöffnung 151 und 152 angesaugt werden. Um den Kühlfluidumsatz weiter zu erhöhen, kann an der in den Figuren gezeigten Kühlluft einlassöffnung ein Venturirohr vorgesehen sein. Zur Steigerung der Kühlwirkung können auf der Außenseite des Gehäuses Kühlrippen vorgesehen sein.

**[0062]** Die Beispiele bzw. Ausführungsformen der Figuren 7A bis 9B können durch weitere nebeneinander, jedoch um 180° gedreht zueinander angeordnete Gehäuseteile mit Doppelkolbenplatten beliebig erweitert werden.

**[0063]** Der Antrieb oder Abtrieb der Kolbenmaschine ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen und Beispiele der Fig. 1 bis 9B beschränkt. Es kann z.B. vorgesehen sein, dass der Pleuelzapfen der Pleuelwelle in ein Pleuelauge einer gelenkig mit dem Kolben verbundenen Pleuelstange eingreift.

Bezugszeichenliste

1	Gehäuse	54	Kühlöffnung
2	Arbeitskammer	54'	Kühlöffnung
3	Lagergehäuse	55	Kühlöffnung
4	Kurbelgehäuse	60	Gebläse
5	Linke Seitenwand	61	Schieber
6	Rechte Seitenwand	61'	Schieber
7	Stirnwand	62	Schieber
8	Kreisbogenförmige Wand	63	Schieber
9	Drehzylinder	64	Schieber
10	Lagerschalen	65	Schieber
11	Kurbelradius	70	kreisbogenförmige Wand
12	Ösumpf	101	Kolben
13	Dichtleisten	102	Kolben
14	Schwenkachse	103	Gehäuse
15	Kolben	103a	Gehäuseteil
16	Pleuelstange	103b	Gehäuseteil
17	Führungsnut	104	Drehachse
18	Kurbelzapfen	105	Lager
19	Kurbelwelle	106	Drehzylinder
22	Linkes Einlassventil	107	Führungsnut
23	Linkes Auslassventil	108	Kurbelwellenzapfen
24	Rechtes Einlassventil	109	Antriebswelle

(fortgesetzt)

	25	Rechtes Auslassventil	110	Kurbelwelle
	28	Oberkante Kolben	111	Gehäusewand
5	29	Arbeitsfläche	111'	kreisbogenförmige Wand
	30	Arbeitsfläche	111"	kreisbogenförmige Wand
	31	Kühlrippen	112	Gehäusewand
	32	Kolbenseite	112'	kreisbogenförmige Wand
10	51	Kühlöffnung	112"	kreisbogenförmige Wand
	51'	Kühlöffnung	113	Gehäusedeckel
	52	Kühlöffnung	114	Gehäuserückwand
	53	Kühlöffnung	115	erste Seitenwand
	116	zweite Seitenwand	151	Kühlöffnung
15	17a	Bewegung Kurbelzapfen	152	Kühlöffnung
	17b	Bewegung Kurbelzapfen	160	Spalt
	18a	Einlassventil	$\alpha$	Schwenkwinkel des Kolbens
	18b	Einlassventil	$\beta$	Mittelpunktswinkel
20	18c	Einlassventil	$\gamma$	Mittelpunktswinkel
	19a	Auslassventil	$\delta$	Mittelpunktswinkel
	19b	Auslassventil	$\varepsilon$	Mittelpunktswinkel
	19c	Auslassventil	A1	Arbeitskammer
	130	Strömungsrichtung	A2	Arbeitskammer
25	131	Strömungsrichtung	A3	Arbeitskammer
	140	Oberkante Kolben		

## Patentansprüche

- 30 1. Kolbenmaschine, umfassend
- ein Gehäuse (1) mit einer Kammer, die einen im Wesentlichen kreissektorförmigen Querschnitt aufweist,  
 - einen als Schwenkelement ausgebildeten schwenkbaren und in dem Gehäuse (1) angeordneten Kolben (15)  
 35 mit einer ersten Arbeitsfläche (29, 30),
- wobei das Gehäuse (1) und der Kolben (15) mindestens eine erste variable Arbeitskammer (2) definieren,
- einen mit dem Kolben (15) verbundenen Antrieb oder Abtrieb,  
 40 - ein in der Arbeitskammer (2) angeordnetes Auslassventil (23) zum Auslassen eines Arbeitsfluids sowie ein in der Arbeitskammer angeordnetes Einlassventil (22) zum Einlassen des Arbeitsfluids in die Arbeitskammer (2),
- dadurch gekennzeichnet,**
- 45 **dass** das Gehäuse (1) in mindestens einer Gehäusewand (8) eine Kühlöffnung (52) zur Kammer aufweist zur konvektiven Kühlung einer der ersten Arbeitsfläche (29, 30) gegenüberliegenden Seite (32) des Kolbens (15) mittels eines Kühlfluids,  
 wobei die Kammer durch eine im Querschnitt kreisbogenförmige Wand (8) begrenzt ist, und die Kühlöffnung (52) in der kreisbogenförmigen Wand (8) vorgesehen ist.
- 50 2. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlöffnung mittig in der kreisbogenförmigen Wand vorgesehen ist.
3. Kolbenmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Arbeitskammer (2) je nach Schwenklage des Kolbens (15) geöffnet oder geschlossen ist.
- 55 4. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schwenkbewegung des Kolbens (15) eine Schwenkebene definiert, und die Kammer durch eine Vorderwand und eine Rückwand

(7) begrenzt ist, wobei die Vorderwand und die Rückwand (7) parallel zur Schwenkebene sind, und eine zusätzliche Kühlöffnung (54) in der Vorderwand und/oder in der Rückwand (7) vorgesehen ist.

- 5  
10  
15  
20  
25  
30  
35
5. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer durch eine der ersten Arbeitsfläche abgewandte Seitenwand (5, 6) begrenzt ist, wobei eine zusätzliche Kühlöffnung (51', 55) in der Seitenwand (5, 6) vorgesehen ist.
  6. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend eine zusätzliche Kühlöffnung, wobei im Betrieb der Kolbenmaschine das Kühlfluid durch eine der Kühlöffnungen in die Kammer eingelassen wird und durch die jeweils andere Kühlöffnung aus der Kammer ausgelassen wird.
  7. Kolbenmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kühlvorrichtung (60), vorzugsweise ein Gebläse oder eine Pumpe, vorgesehen ist zur Förderung des Kühlfluids durch die Öffnung (52,) des Gehäuses (1) und in die Kammer.
  8. Kolbenmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Größe der Kühlöffnung (52,) variabel steuerbar oder einstellbar ist, vorzugsweise mittels eines in einer Gehäusewand (8) angeordneten Regelorgans oder Schiebers (62) oder Drosselklappe.
  9. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnung (52) in der kreisbogenförmigen Wand (8) durch einen Mittelpunktswinkel ( $\beta$ ) definiert ist, welcher höchstens so groß ist wie ein Schwenkwinkel ( $\alpha$ ) des Kolbens (15).
  10. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kreisbogenförmige Wand (8) einen zweiten Mittelpunktswinkel ( $\gamma$ ) definiert, wobei eine der kreisbogenförmigen Wand (8) zugewandte Kolbenseite (28) im Querschnitt kreisbogenförmig ist und einen dritten Mittelpunktswinkel ( $\delta$ ) definiert, wobei der zweite Mittelpunktswinkel ( $\gamma$ ) größer ist als der dritte Mittelpunktswinkel ( $\delta$ ).
  11. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlöffnung (52) in der kreisbogenförmigen Wand (8) sich über eine gesamte axiale Ausdehnung der kreisbogenförmigen wand (8) erstreckt.
  12. Kolbenmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kolbenmaschine als Verdichter, Druckgasmotor, Hydraulikmotor, Pumpe oder Vakuumpumpe ausgebildet ist.

## Claims

- 40  
45  
50  
55
1. A piston machine, comprising
    - a housing (1) with a chamber which has a substantially circle sector-shaped cross-section,
    - a pivotable piston (15) designed as a pivoting element and arranged in the housing (1) with a first working surface (29, 30), wherein the housing (1) and the piston (15) define at least a first variable working chamber (2),
    - a drive or output which is connected to the piston (15),
    - an outlet valve (23) which is arranged in the working chamber (2) for discharging a working fluid, and an inlet valve (22) which is arranged in the working chamber for admitting the working fluid into the working chamber (2),**characterized in that** the housing (1) has a cooling opening (52) in at least one housing wall (8) for convectively cooling a side (32) of the piston (15) opposite the first working surface (29, 30) by means of a coolant, wherein the chamber is defined by a wall (8) that is circular arc-shaped in cross-section, and the cooling opening (52) is provided in the circular arc-shaped wall (8).
  2. The piston machine according to claim 1, **characterized in that** the cooling opening is provided centrally in the circular arc-shaped wall.

3. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the working chamber (2) is open or closed as a function of the pivot position of the piston (15).
- 5 4. The piston machine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** a pivoting movement of the piston (15) defines a pivoting plane, and the chamber is bounded by a front wall and a rear wall (7), the front wall and the rear wall (7) being parallel to the pivoting plane, and an additional cooling opening (54) is provided in the front wall and/or in the rear wall (7).
- 10 5. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the chamber is delimited by a side wall (5, 6) facing away from the first working surface, wherein an additional cooling opening (51', 55) is provided in the side wall (5, 6).
- 15 6. The piston machine according to one of the preceding claims, comprising an additional cooling opening, wherein, during operation of the piston machine, the cooling fluid is admitted into the chamber through one of the cooling openings and is discharged from the chamber through the respective other cooling opening.
- 20 7. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** a cooling device (60), preferably a blower or a pump, is provided for feeding the coolant through the opening (52) of the housing (1) and into the chamber.
- 25 8. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** a size of the cooling opening (52) can be variably controlled or adjusted, preferably by means of a control member or slide (62) or throttle valve, which is arranged in a housing wall (8).
- 30 9. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the opening (52) in the circular arc-shaped wall (8) is defined by a center angle ( $\beta$ ) which is at most as large as a pivot angle ( $\alpha$ ) of the piston (15).
- 35 10. The piston machine according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** the circular arc-shaped wall (8) defines a second center angle ( $\gamma$ ), wherein a piston side (28) facing the circular arc-shaped wall (8) is circular arc-shaped in cross-section and defines a third center angle ( $\delta$ ), wherein the second center angle ( $\gamma$ ) is larger than the third center angle ( $\delta$ ).
- 40 11. The piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the opening (52) in the circular arc-shaped wall (8) extends over an entire axial length of the circular arc-shaped wall (8).
- 45 12. The piston machine according to one of the preceding claims, wherein the piston machine is designed as a compressor, compressed gas engine, hydraulic engine, pump or vacuum pump.

#### 40 Revendications

##### 1. Machine à piston, comprenant

- 45 - un carter (1) avec une chambre, qui présente une section transversale essentiellement en forme de secteur circulaire,  
 - un piston (15) pivotant conçu sous forme d'élément pivotable et logé dans le carter (1), avec une première surface de travail (29, 30),

50 dans laquelle le carter (1) et le piston (15) définissent au moins une première chambre de travail (2) variable,

- 55 - un entraînement d'entrée ou un entraînement de sortie relié avec le piston (15),  
 - une soupape d'échappement (23) disposée dans la chambre de travail (2) permettant la sortie d'un fluide de travail, ainsi qu'une soupape d'admission (22) disposée dans la chambre de travail permettant l'entrée du fluide de travail dans la chambre de travail (2),

##### 55 caractérisée en ce

**que** le carter (1), dans au moins une paroi de carter (8), présente un orifice de refroidissement (52) vers la chambre pour le refroidissement par convection d'un côté (32) du piston (15) situé en face de la première surface de travail (29, 30), au moyen d'un fluide de refroidissement,

## EP 3 660 267 B1

dans laquelle la chambre est délimitée par une paroi (8) en forme de secteur circulaire dans la section transversale et l'orifice de refroidissement (52) est prévu dans la paroi (8) en forme de secteur circulaire.

- 5 2. Machine à piston selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'orifice de refroidissement est prévu au milieu dans la paroi en forme de secteur circulaire.
3. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la chambre de travail (2) est ouverte ou fermée, selon la position de pivotement du piston (15).
- 10 4. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'un** mouvement de pivotement du piston (15) définit un plan de pivotement, et la chambre est délimitée par une paroi avant et une paroi arrière (7), où la paroi avant et la paroi arrière (7) sont parallèles au plan de pivotement, et un orifice de refroidissement (54) supplémentaire est prévu dans la paroi avant et/ou dans la paroi arrière (7).
- 15 5. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la chambre est délimitée par une paroi latérale (5, 6) opposée à la première surface de travail, où un orifice de refroidissement (51', 55) supplémentaire est prévu dans la paroi latérale (5, 6).
- 20 6. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, comprenant un orifice de refroidissement supplémentaire, dans laquelle, lors du fonctionnement de la machine à piston, le fluide de refroidissement est entré par un des orifices de refroidissement dans la chambre et est respectivement sorti par l'autre orifice de refroidissement hors de la chambre.
- 25 7. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'un** dispositif de refroidissement (60), de préférence un ventilateur ou une pompe, est prévu pour le transport du fluide de refroidissement à travers l'orifice (52,) du carter (1) et vers la chambre.
- 30 8. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'une** dimension de l'orifice de refroidissement (52,) peut être commandée ou réglée de manière variable, de préférence au moyen d'un organe de régulation, ou d'un coulisseau (62), ou d'un clapet d'étranglement, disposé dans une paroi (8) de carter.
- 35 9. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'orifice (52) dans la paroi en forme de secteur circulaire (8) est défini par un angle au centre ( $\beta$ ), lequel est au plus aussi grand qu'un angle de pivotement ( $\alpha$ ) du piston (15).
- 40 10. Machine à piston selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** la paroi (8) en forme de secteur circulaire définit un deuxième angle au centre ( $\gamma$ ), dans laquelle un côté du piston (28) orienté vers la paroi (8) en forme de secteur circulaire est en forme de secteur circulaire dans la section transversale et définit un troisième angle au centre ( $\delta$ ), où le deuxième angle au centre ( $\gamma$ ) est plus grand que le troisième angle au centre ( $\delta$ ).
- 45 11. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'orifice de refroidissement (52) dans la paroi (8) en forme de secteur circulaire s'étend sur une extension axiale complète de la paroi (8) en forme de secteur circulaire.
- 50 12. Machine à piston selon l'une des revendications précédentes, où la machine à piston est conçue en tant que compresseur, moteur à gaz comprimé, moteur hydraulique pompe ou pompe à vide.

50

55

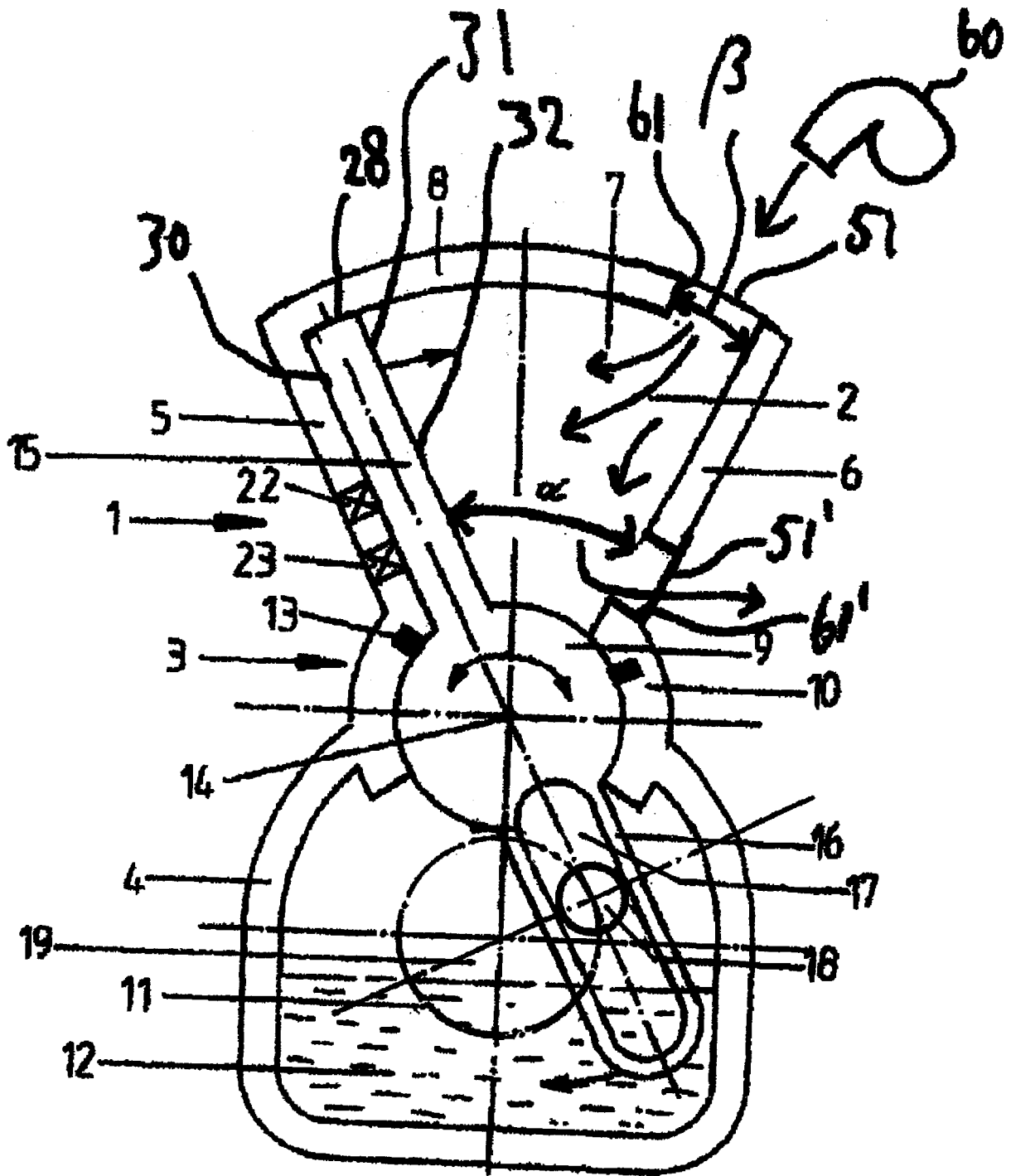


Fig. 1

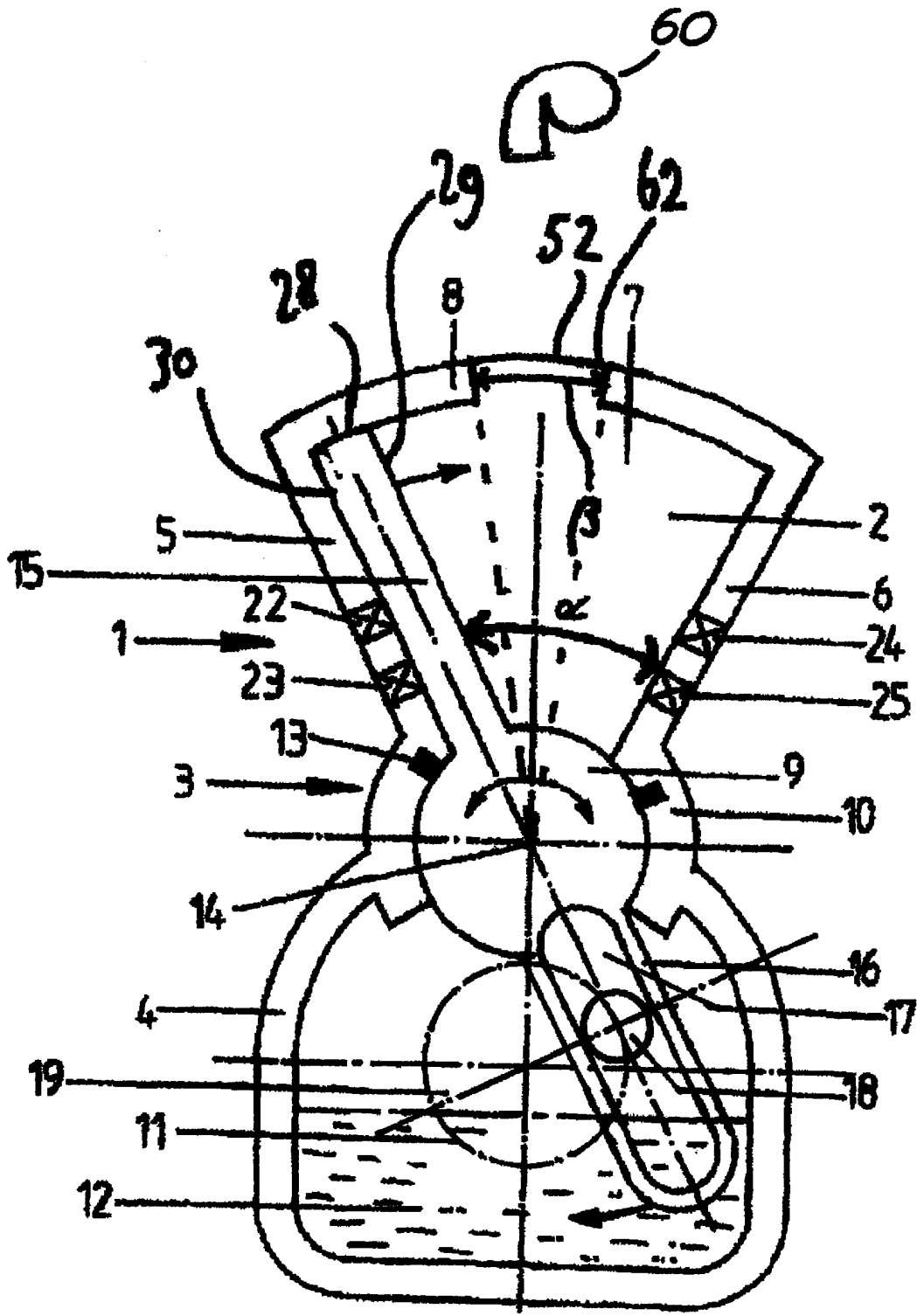


Fig. 2

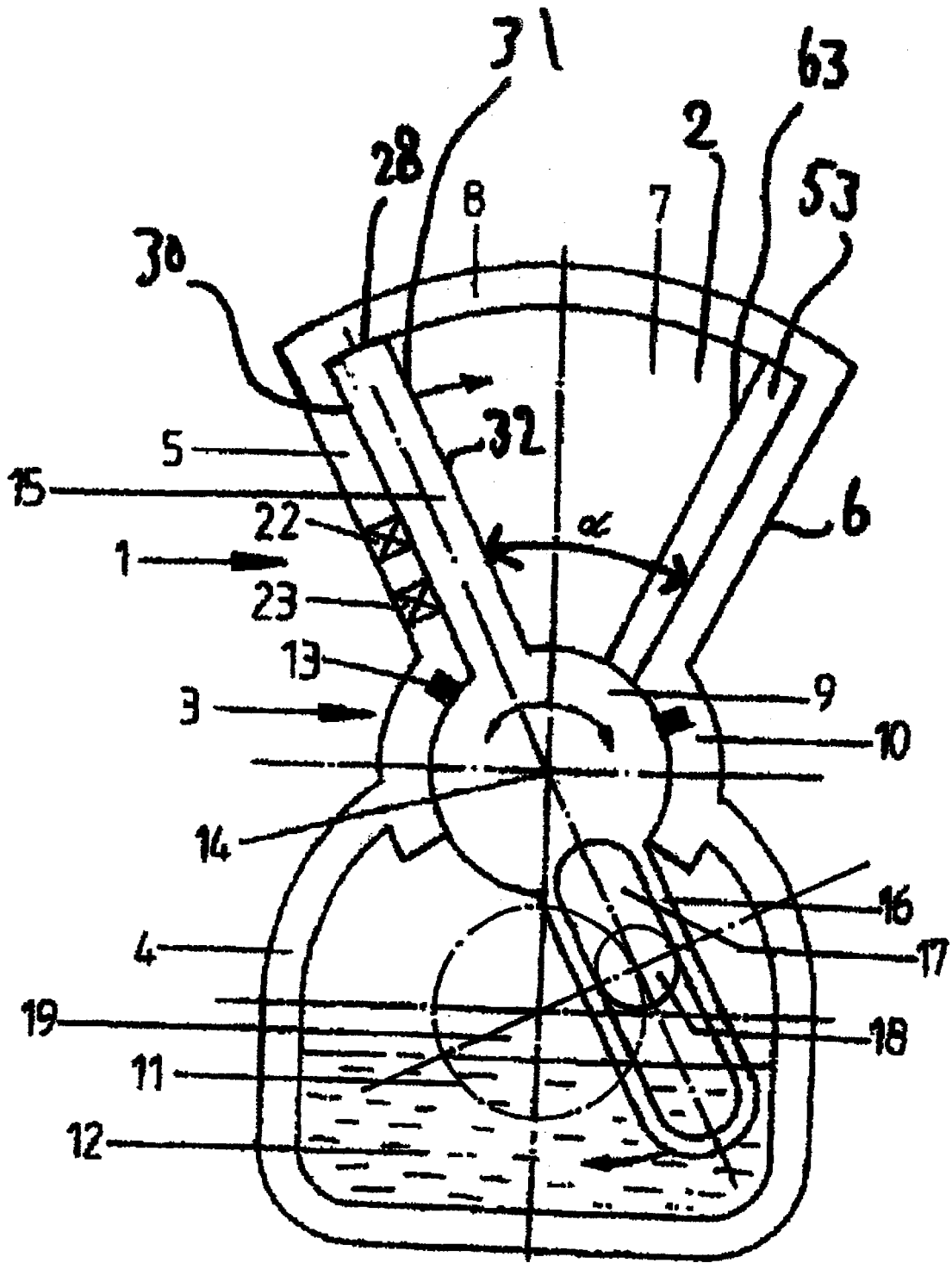


Fig. 3

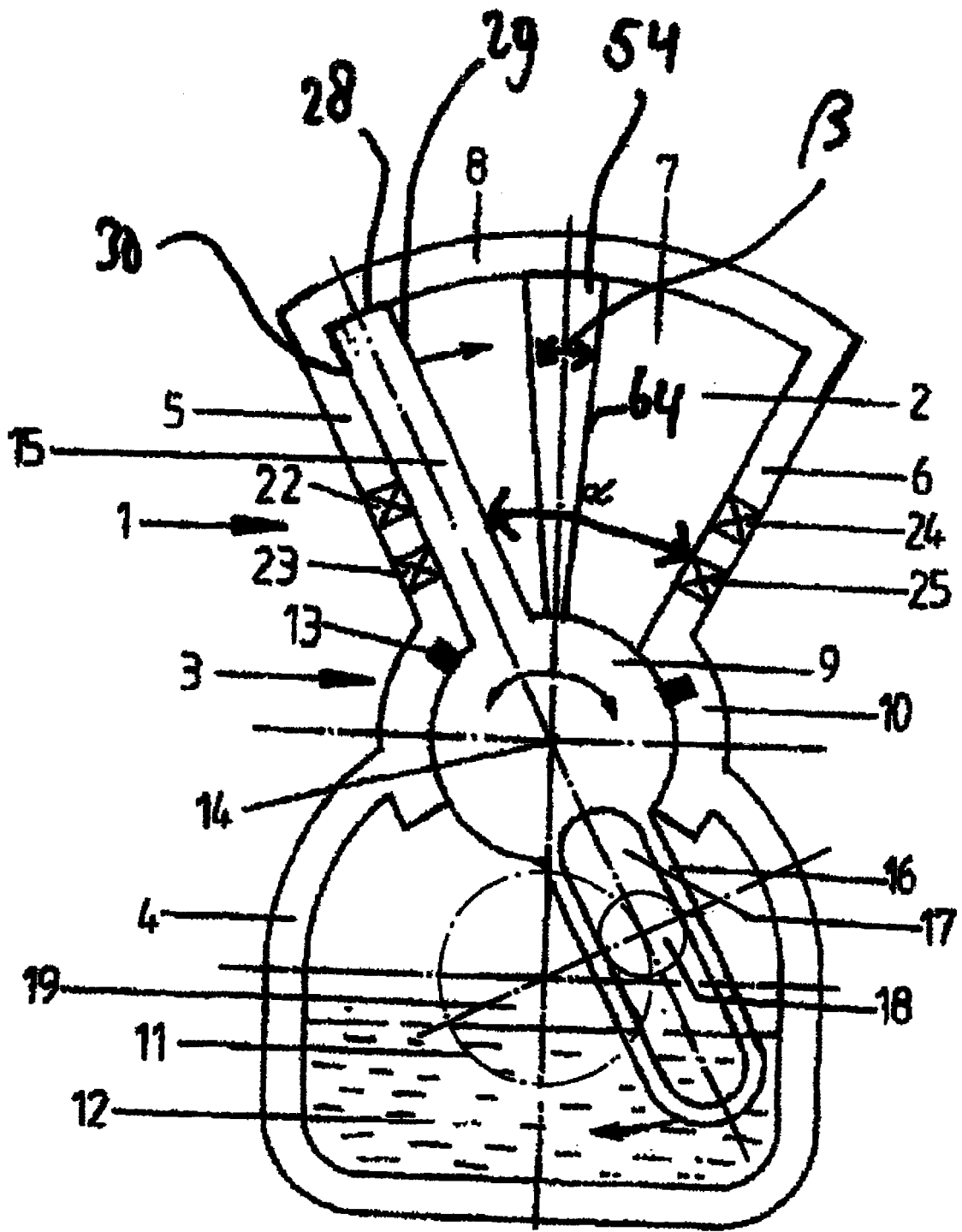


Fig. 4





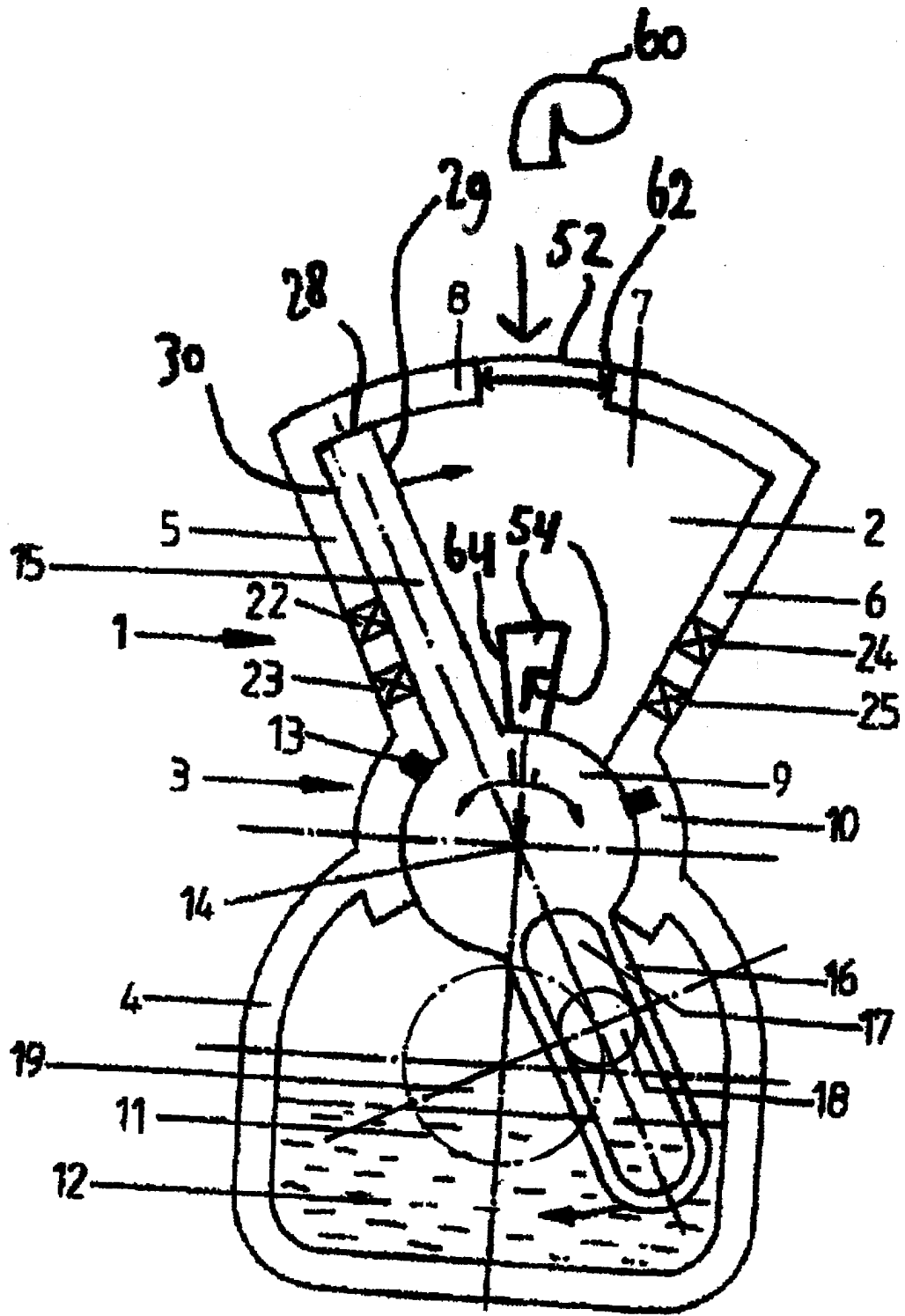


Fig. 6b

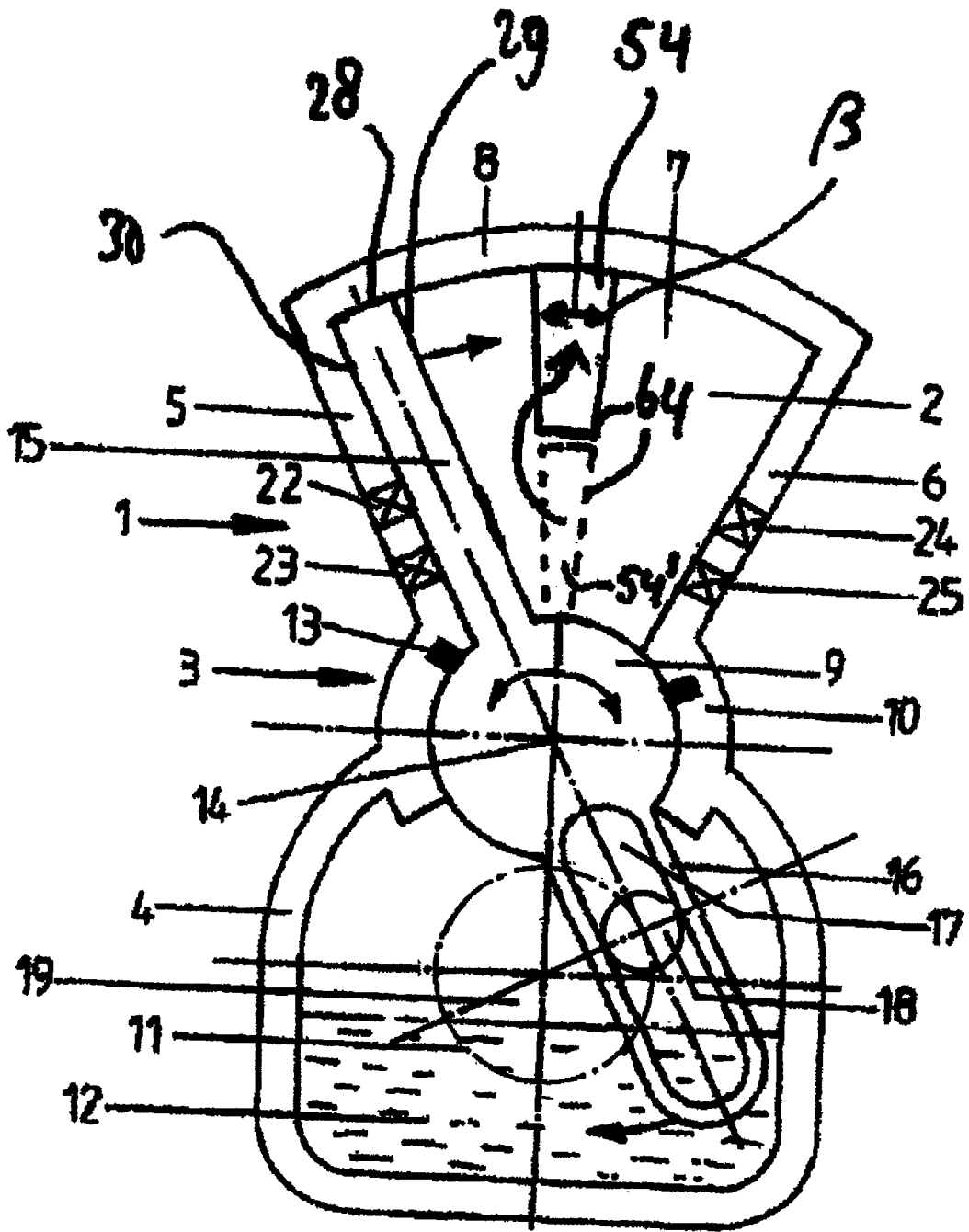
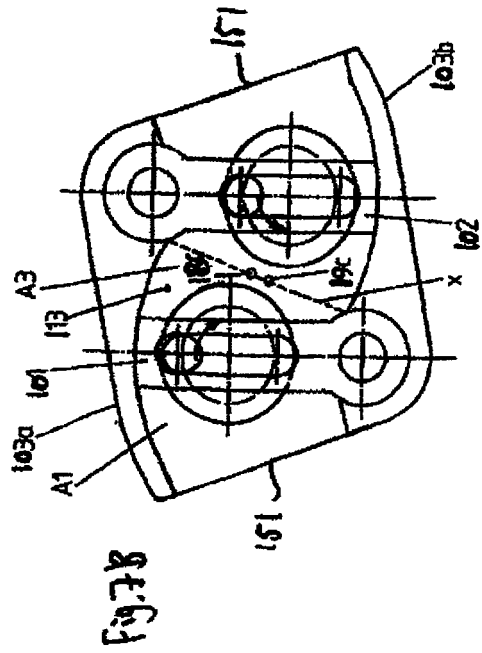
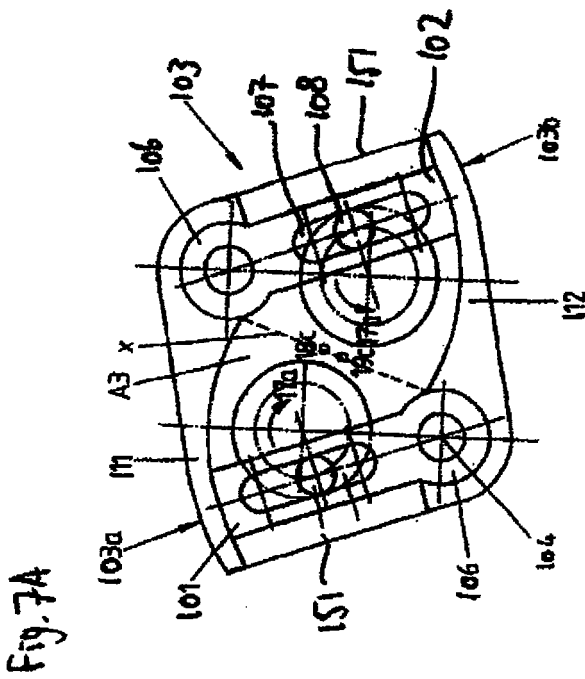
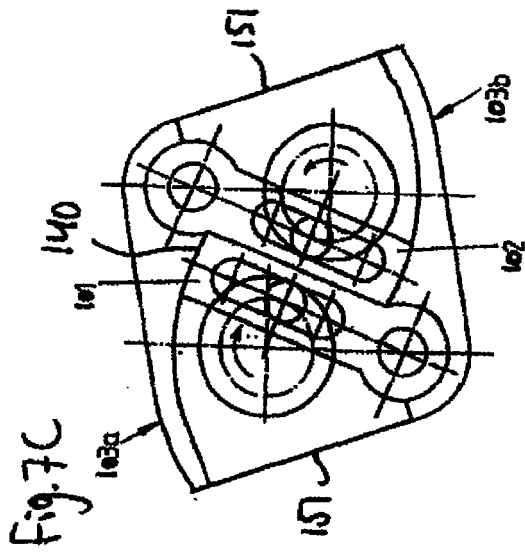
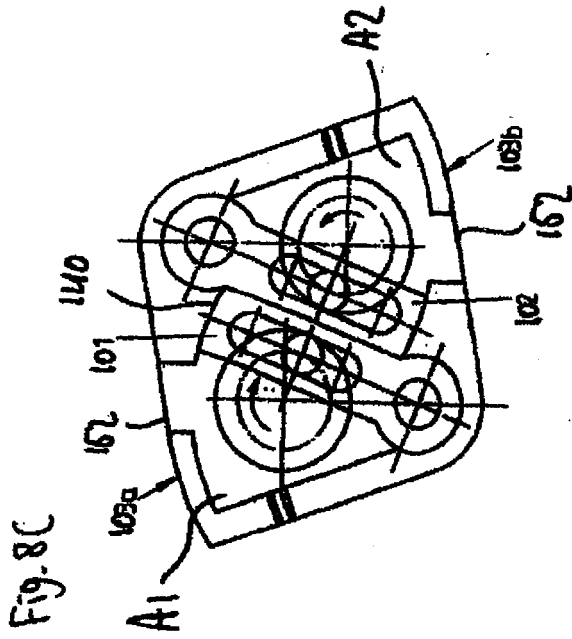
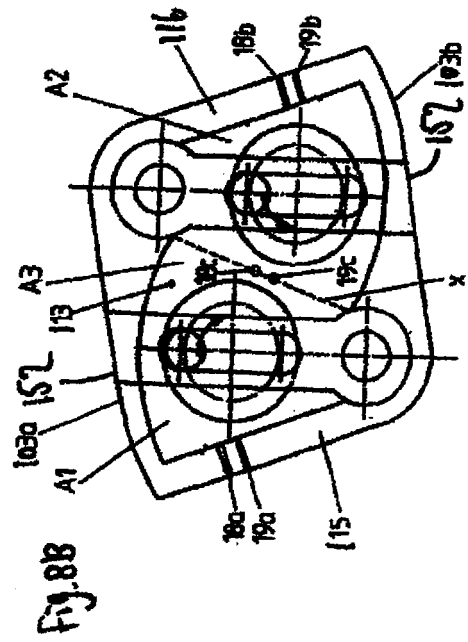
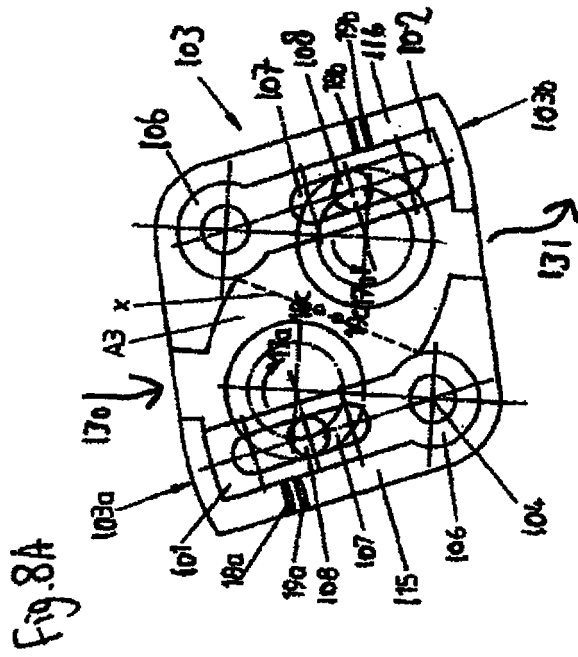


Fig. 6c







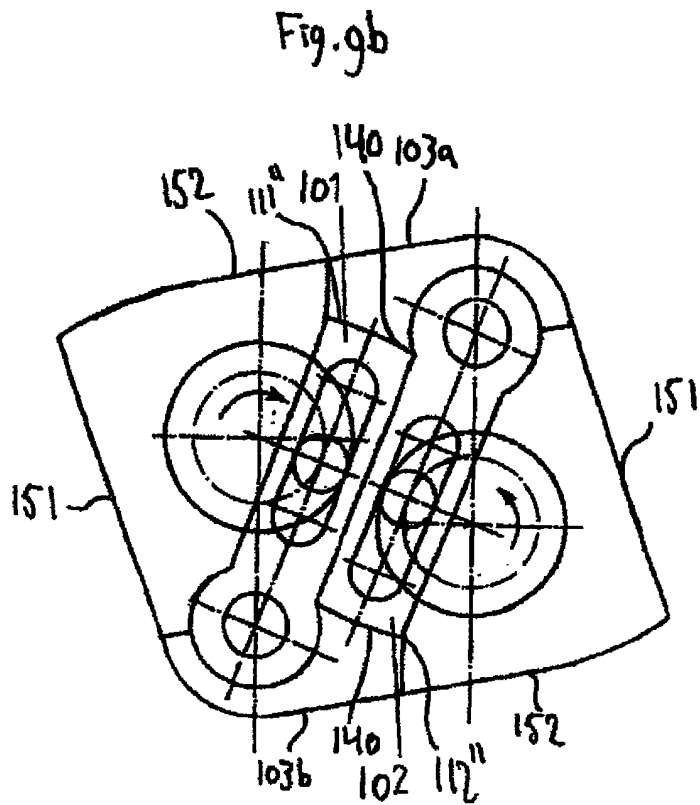
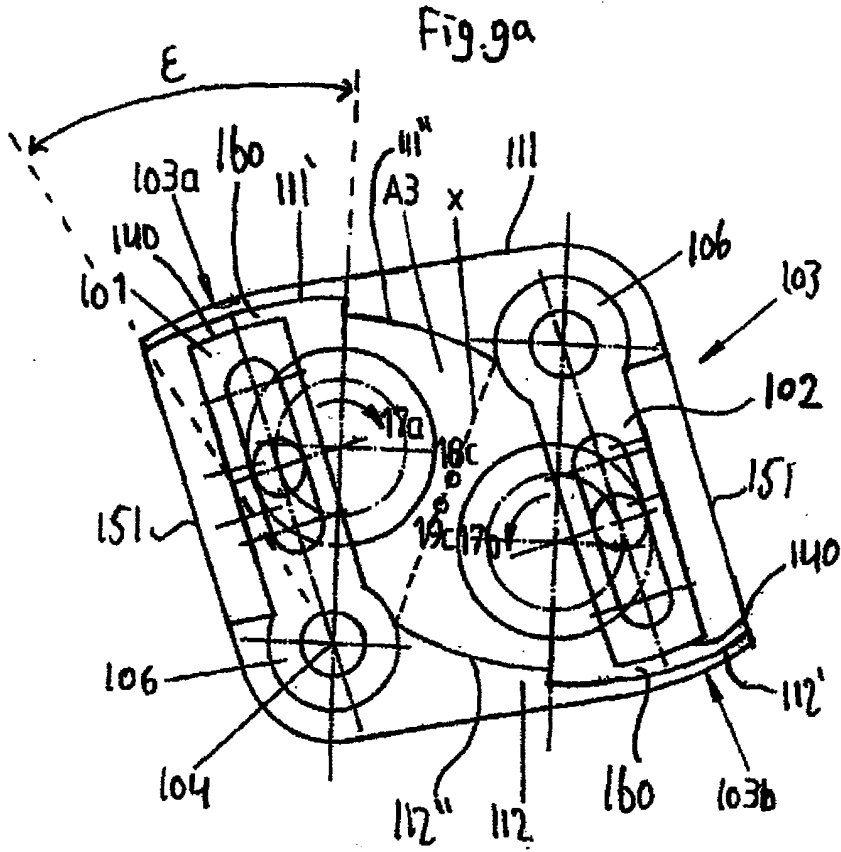
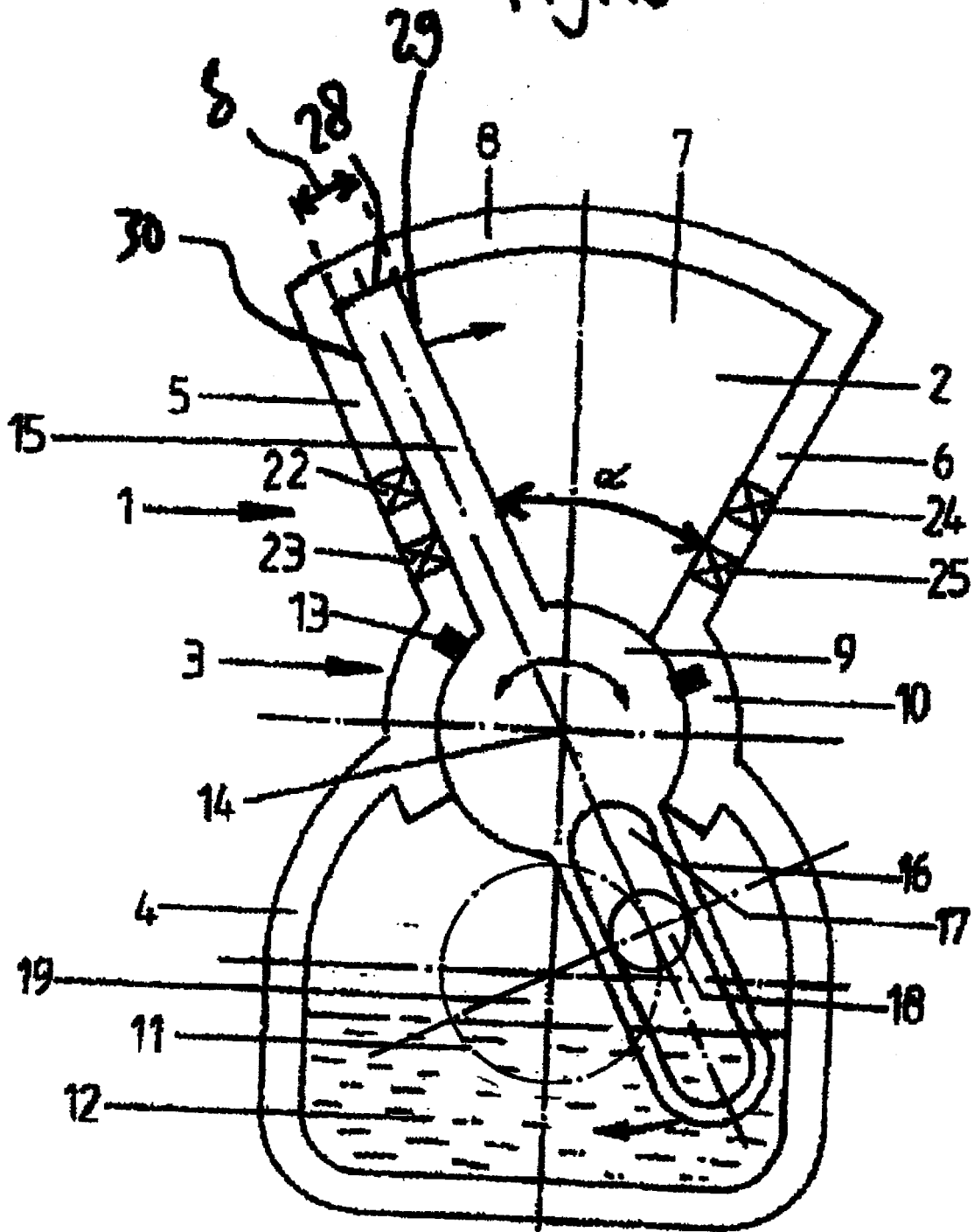
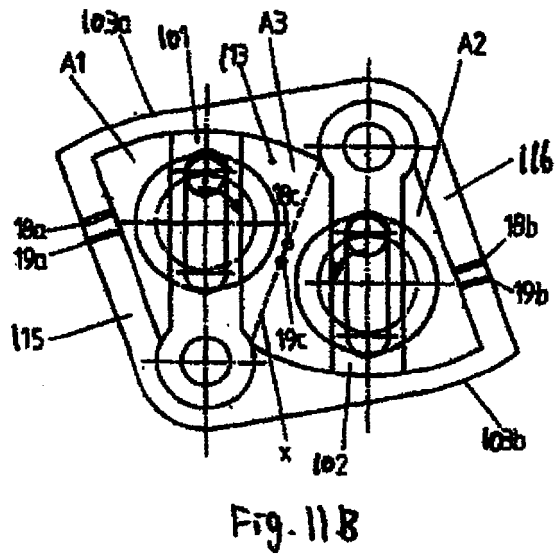
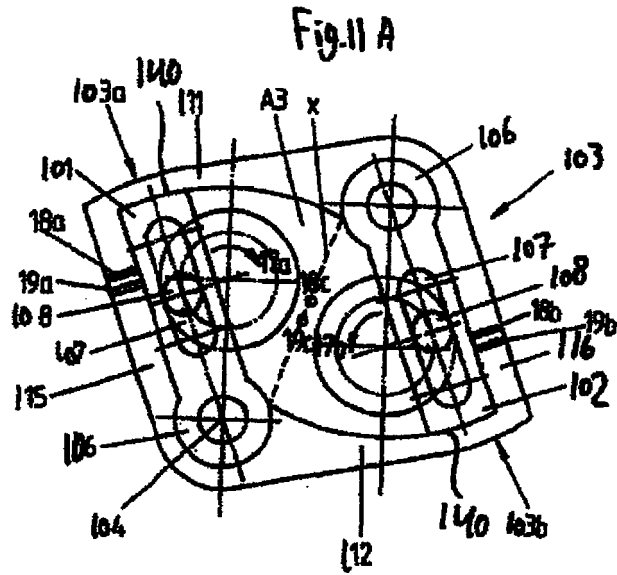


Fig. 10





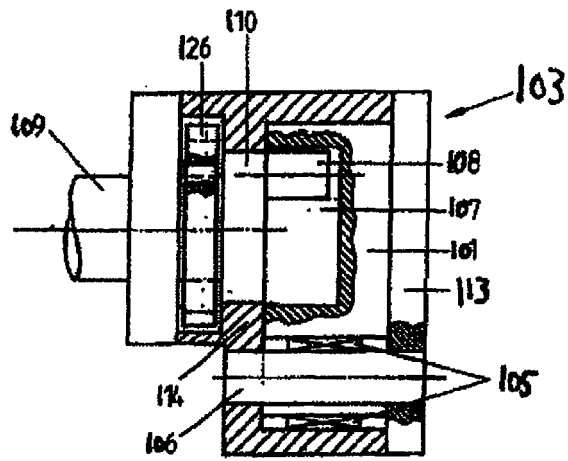


Fig. 12

**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 102008040574 A1 [0003] [0033] [0037]
- DE 102010036977 B3 [0004] [0029] [0052]
- US 5228414 A [0005]
- GB 331545 A [0005]
- DE 3705313 A1 [0005]
- US 3408991 A [0005]
- GB 486745 A [0005]
- US 5979163 A [0005]
- WO 9508055 A1 [0005]
- DE 2353008 A1 [0005]