

(19)



(11)

EP 2 655 802 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.04.2015 Patentblatt 2015/16

(51) Int Cl.:
F01C 3/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11773012.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/068547

(22) Anmeldetag: **24.10.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/084301 (28.06.2012 Gazette 2012/26)

(54) **ZAHNRADMASCHINE MIT KLEINEM DURCHMESSER-LÄNGENVERHÄLTNIS**

GEAR MACHINE WITH A SMALL DIAMETER-TO-LENGTH RATIO

MACHINE À ENGRENAGE À RAPPORT DIAMÈTRE-LONGUEUR RÉDUIT

(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: **20.12.2010 DE 102010063532**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.10.2013 Patentblatt 2013/44

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **KUNATH, Sando**
70190 Stuttgart (DE)

- **LAFORSCH, Oliver**
70193 Stuttgart (DE)
- **AMESOEDER, Dieter**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **NOWITZKY, Ingo**
71701 Schwieberdingen (DE)
- **KACMAR, Marian**
70190 Stuttgart (DE)
- **SKRYNSKI, Evgenij**
71229 Leonberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 241 320 DE-B- 1 006 723

EP 2 655 802 B1

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).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehkolbenmaschine, die als Pumpe, Verdichter oder Motor arbeitet, mit einem Rotor und einem Gegenrotor.

[0002] Aus der DE 42 41 320 A1 ist eine Drehkolbenmaschine bekannt, die als Pumpe, Verdichter oder Motor arbeitet. Bei dieser laufen Kämme von Zähnen eines rotierenden Antriebsteils zur Begrenzung von Arbeitsräumen auf einer zykliden Fläche eines ebenfalls verzahnten Abtriebsteils und treiben dabei dieses Abtriebsteil an. Zwischen den Zähnen von Antriebsteil und Abtriebsteil werden die genannten Arbeitsräume gebildet, die während des Rotierens der Teile für ihre Arbeit vergrößert bzw. verkleinert werden, um die Förderwirkung auf ein gasförmiges oder flüssiges Medium zu erzeugen.

[0003] Derartige Antriebs- und Abtriebsteile laufen in einem gemeinsamen Gehäuse, dessen Innenraum kugelförmig ausgebildet ist. Zur Montage dieser Teile ist das Gehäuse derart geteilt, dass die Trennungsebene den Mittelpunkt des kugelförmigen Innenraums enthält, so dass ein erstes Gehäuseteil mit einem halbkugelförmigen Innenraum mit einem ersten Mittelpunkt und ein zweites Gehäuseteil mit einem halbkugelförmigen Innenraum und einem zweiten Mittelpunkt entsteht. Dadurch ist ein besonderes Augenmerk auf die Gestaltung der Trennflächen der beiden Gehäuseteile dergestalt zu richten, dass in montiertem Zustand sich der erste und der zweite Mittelpunkt der kugelförmigen Innenräume der Gehäuseteile decken.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Es kann ein Bedürfnis bestehen, eine Drehkolbenmaschine anzugeben, bei der das Gehäuse kompakt ausgeführt und einfach herzustellen ist.

[0005] Dieses Bedürfnis kann durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs gelöst werden. Vorteilhaft ausgelegte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Eine Drehkolbenmaschine, die als Pumpe, Verdichter oder Motor arbeitet, weist einen Rotor und einen Gegenrotor auf, wobei der Gegenrotor dem Rotor gegenüberliegend angeordnet ist. Der Rotor weist eine erste Stirnfläche mit einer ersten Verzahnung auf. Der Gegenrotor weist eine zweite Stirnfläche mit einer zweiten Verzahnung auf. Die erste Verzahnung ist aus wenigstens einem ersten Zahn und einer ersten Zahnücke gebildet. Die zweite Verzahnung ist aus zumindest einem zweiten Zahn und einer zweiten Zahnücke mit einem zweiten Zahngrund gebildet. Die Verzahnungen stehen miteinander derart in Eingriff, dass durch Kämme der ersten Zähne der ersten Verzahnung und der zweiten Zähne der zweiten Verzahnung erste Arbeitsräume ausgebildet werden, wobei durch die ersten Arbeitsräume gebildete Volumina durch das Kämme der Zähne ver-

ändert werden. Der Rotor weist eine erste Drehachse auf und der Gegenrotor weist eine zweite Drehachse auf. Die erste Drehachse und die zweite Drehachse schließen einen ersten Winkel ein, der ungleich 0° ist. Eine zweite Verlängerung einer zweiten Mantellinie des zweiten Zahngrundes, die erste Drehachse und die zweite Drehachse schneiden sich in einem gemeinsamen Mittelpunkt. Hierbei ist ein zwischen der zweiten Verlängerung und der zweiten Drehachse eingeschlossener zweiter Winkel kleiner als 45° .

[0007] Unter Zugrundelegung von gleichen Volumina nach dem Stand der Technik und der Erfindung, wobei diese Volumina jeweils durch den wenigstens einen Arbeitsraum gebildet sind, bewirkt eine Verkleinerung des zweiten Winkels von etwa 80° , wie er dem Stand der Technik bekannt ist, auf weniger als 45° , dass ein Außendurchmesser der Verzahnung verkleinert wird. Hierdurch wird eine Reduzierung des Außendurchmessers gegenüber dem Stand der Technik von 50% und mehr erreichbar. Durch den geänderten Außendurchmesser werden in der Regel die Zähne der neuen Rotor-Gegenrotor-Anordnung länger. Hierdurch wird in der Regel auch ein die neuartige Rotor-Gegenrotor-Anordnung aufnehmendes Gehäuse gegenüber dem Stand der Technik länger ausgebildet sein, jedoch wird ein Durchmesser des neuen Gehäuses gegenüber einem Gehäuse nach dem Stand der Technik kleiner ausgeführt sein. Auch wird bei der erfindungsgemäßen Rotor-Gegenrotor-Anordnung ein am Außendurchmesser gemessener Abstand, der sich bei dem wenigstens einen maximal geöffneten Arbeitsraum zwischen einem ersten Zahngrund der ersten Zahnücke der ersten Verzahnung und einem zweiten Zahngrund der zweiten Zahnücke der zweiten Verzahnung ausbildet, geringer sein als beim Stand der Technik. Somit kann eine den wenigstens einen Arbeitsraum gegenüber dem Gehäuse abdichtende Fläche kleiner ausgebildet sein als beim Stand der Technik. Zudem ist es nun nicht mehr notwendig, das Gehäuse aus zwei Halbschalen zu fertigen, wie dies im Stand der Technik notwendig ist, sondern das Gehäuse kann einstückig ausgeführt sein. In dieses Gehäuse kann die notwendige dichtende Fläche integriert sein. Bei gleicher Umdrehungszahl der Rotor-Gegenrotor-Anordnung, gemessen bei einer Anordnung nach dem Stand der Technik und einer Anordnung gemäß der Erfindung, ergibt sich im Vergleich bei der neuartigen Anordnung eine geringere Umfangsgeschwindigkeit der Zähne und damit auch eine geringere Umfangsgeschwindigkeit des zu transportierenden Fluids. Als weiterer Vorteil kann sich ergeben, dass, wenn die Verzahnungen sehr lang ausgeführt sind, bei einem geringen Durchmesser des Gehäuses große Volumina der Arbeitsräume ausgebildet werden können. Zusätzlich kann eine erhöhte Dichtheit zwischen der Rotor-Gegenrotor-Anordnung und dem Gehäuse dadurch erreicht werden, dass ein sich zwischen dem Gehäuse und den Rotoren an der dichtenden Fläche ergebender Spalt durch Bewegen der Rotoren besser verringert wird.

[0008] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der eingeschlossene zweite Winkel kleiner als 30 Grad.

[0009] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der eingeschlossene Winkel 22,5 Grad.

[0010] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung schließt sich an die erste Verzahnung eine dritte Verzahnung und an die zweite Verzahnung eine vierte Verzahnung an, wobei die dritte Verzahnung aus wenigstens einem dritten Zahn und einer dritten Zahnücke gebildet ist und wobei die vierte Verzahnung aus zumindest einem vierten Zahn und einer vierten Zahnücke mit einem vierten Zahngrund gebildet ist. Die dritte und die vierte Verzahnung stehen miteinander derart in Eingriff, dass durch Kämmen der dritten und der vierten Zähne zweite Arbeitsräume ausgebildet werden, wobei durch die zweiten Arbeitsräume gebildete Volumina durch das Kämmen der Zähne verändert werden. Hierbei ist die erste Verzahnung von der dritten Verzahnung und die zweite Verzahnung von der vierten Verzahnung durch einen Trennsteg räumlich getrennt.

[0011] Somit werden also in einer Rotor-Gegenrotor-Anordnung zwei voneinander unabhängige Arbeitsräume gebildet. Somit kann also ein zu transportierendes gasförmiges oder flüssiges Medium sowohl den ersten als auch den zweiten Arbeitsräumen zugeführt werden. Auch muss die Anzahl der Zähne der ersten Verzahnung und der dritten Verzahnung nicht gleich sein. Es können also bei der ersten Verzahnung mehr Zähne als bei der dritten Verzahnung und umgekehrt vorhanden sein. Die erste Verzahnung weist bezüglich der zweiten Verzahnung und die dritte Verzahnung bezüglich der vierten Verzahnung jeweils einen Zahn Unterschied auf. In dem hier vorliegenden Beispiel weist jeweils die zweite bzw. die vierte Verzahnung einen Zahn mehr auf als die erste bzw. dritte Verzahnung auf. Die räumliche Trennung der ersten Verzahnung von der dritten Verzahnung sowie der zweiten Verzahnung von der vierten Verzahnung kann bewirken, dass ein zu transportierendes Medium zuerst den ersten Arbeitsräumen zum Vorverdichten und anschließend den zweiten Arbeitsräumen zum Nachverdichten zugeführt wird. Somit wird ein zu transportierendes Medium mittels zweier Verdichterstufen, also mehrstufig, von einem Anfangsdruck zu einem Enddruck verdichtet. Auch kann ein zu verdichtendes Medium in einen ersten und einen zweiten Volumenstrom aufgeteilt werden, wobei der erste Volumenstrom dem wenigstens einen ersten Arbeitsraum und der zweite Volumenstrom dem wenigstens einen zweiten Arbeitsraum zum Verdichten zugeführt wird. Hierbei handelt es sich um einen mehrflutigen Betrieb. Durch ein Anordnen von Ventilen vor oder nach den ersten und/oder zweiten Arbeitsräumen kann durch ein Betätigen dieser Ventile der die Drehkolbenmaschine verlassende Volumenstrom gegenüber dem der Drehkolbenmaschine zugeführten Volumenstrom bei konstanter Drehzahl der Rotor-Gegenrotor-Anordnung stufenweise oder auch stufenlos reduziert werden. In einem weiteren Ausführungsbeispiel der

Erfindung ist der Trennsteg mit dem Rotor fluiddicht verbunden.

[0012] Die räumliche Trennung der ersten Verzahnung von der dritten Verzahnung sowie der zweiten Verzahnung von der vierten Verzahnung bewirkt, dass eine Fluidkommunikation zwischen den mit einem Druck beaufschlagten ersten Arbeitsräumen und den mit einem zweiten Druck beaufschlagten zweiten Arbeitsräumen nicht erfolgt, wobei der erste Druck von dem zweiten Druck unterschiedlich sein kann. Eine Verbindung der ersten und zweiten Arbeitsräume findet, wenn überhaupt, nur statt, wenn das mittels der ersten Arbeitsräume verdichtete Medium den zweiten Arbeitsräumen zum weiteren Verdichten gewollt zugeführt wird.

[0013] In einem weiteren Ausgestaltungsbeispiel der Erfindung fällt eine vierte Verlängerung einer vierten Mantellinie des vierten Zahngrundes mit der zweiten Verlängerung zusammen. Bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine durchgehende Verzahnung, die durch den Trennsteg bzw. die Nut in eine erste und dritte bzw. eine zweite und vierte Verzahnung räumlich getrennt wird.

[0014] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung fällt eine vierte Verlängerung einer vierten Mantellinie des vierten Zahngrundes nicht mit der zweiten Verlängerung zusammen. Somit kann die Anzahl der Zähne der ersten Verzahnung von der Anzahl der Zähne der dritten Verzahnung bzw. die Anzahl der Zähne der zweiten Verzahnung von der Anzahl der Zähne der vierten Verzahnung unterschiedlich sein. Auch kann die erste Verzahnung und die dritte Verzahnung bzw. die zweite Verzahnung und die vierte Verzahnung die gleiche Anzahl an Zähnen aufweisen, wobei jedoch die erste und die dritte Verzahnung bzw. die zweite und die vierte Verzahnung in unterschiedlichen Winkeln zueinander stehen können. Es können auch die eben genannten Winkel gleich sein, jedoch werden dann die vierte Verlängerung und die zweite Verlängerung parallel zueinander ausgerichtet sein.

[0015] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Trennsteg an einer dritten Stirnfläche des Rotors ausgebildet und greift in eine zu dem Trennsteg komplementär in dem Gegenrotor ausgebildete Nut und/oder Vertiefung. Eine der ersten Verzahnung zugewandte Stirnfläche des Trennstegs ist kugelschalenförmig um den gemeinsamen Mittelpunkt ausgebildet.

[0016] Durch die zueinander winklige Anordnung der ersten Drehachse des Rotors und der zweiten Drehachse des Gegenrotors verändert sich über den Umfang betrachtet ein Abstand der ersten Verzahnung von der zweiten Verzahnung. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Zähne bewegen sich der Rotor und der Gegenrotor mit unterschiedlicher Drehzahl. Wenn der Trennsteg konzentrisch zu der ersten Drehachse ausgebildet ist und mit dem Rotor rotiert, taucht der Trennsteg bei einem geschlossenen Arbeitsraum tiefer in die Nut des Gegenrotors ein als bei einem offenen Arbeitsraum. Dies ist bei der Gestaltung der Nut in dem Gegenrotor

zu berücksichtigen. Natürlich kann der Trennsteg auch im Gegenrotor und dementsprechend die Nut im Rotor ausgebildet sein. Insbesondere wenn der Trennsteg des wenigstens einen Rotors stirnseitig an einer Außenwandung des zugehörigen Gegenrotors den Arbeitsraum begrenzt, kann dieser mit dem Trennsteg in Verbindung stehende Bereich der Außenwandung als Vertiefung ausgebildet sein.

[0017] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung sind wenigstens zwei Rotoren axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbunden, derart, dass Drehachsen der Rotoren mit der ersten Drehachse zusammenfallen. Die zugehörigen Gegenrotoren sind axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbunden, derart, dass Drehachsen der Gegenrotoren mit der zweiten Drehachse zusammenfallen.

[0018] Hierdurch ist es möglich, eine Reihenschaltung von Arbeitsräumen zu erzeugen. Für die einzelnen Stufen können die Rotoren sowie die Gegenrotoren gleich gestaltet sein, wobei hier der Trennsteg jeweils an der dritten Stirnfläche der Rotoren angeordnet ist, wobei durch die Trennstege die einzelnen Arbeitsräume voneinander fluiddicht getrennt sind. Damit beispielsweise gleiche Rotoren für eine Reihenschaltung verwendet werden kann, kann beispielsweise konzentrisch zur Drehachse an der dritten Stirnfläche des Rotors eine Öffnung angebracht sein, in die ein an einer der dritten Stirnfläche gegenüberliegenden vierten Stirnfläche des Rotors ausgeformter Zapfen greifen kann. Die axiale und radiale Spielfreiheit sowohl der Rotoren als auch der Gegenrotoren gewährleistet, dass bei einer Montage der einzelnen Rotoren mit den einzelnen Gegenrotoren die Fluiddichtigkeit zwischen den einzelnen Arbeitsräumen bereits bei der Montage erfolgen kann. Zum Ausgleich möglicher Fertigungstoleranzen und zur Erzeugung der Fluiddichtigkeit kann ein Einschleifvorgang erforderlich sein.

[0019] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine Rotor-Gegenrotor-Anordnung der Drehkolbenmaschine in einem Elektromotor integriert.

[0020] Dies kann beispielsweise derart erfolgen, dass der Elektromotor sich in einem als gerader Kreiszylinder geformten Gehäuse befindet, wobei mittig in dem Gehäuse die Rotor-Gegenrotor-Anordnung angeordnet ist.

[0021] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die dritte Stirnseite des Rotors der Rotor-Gegenrotor-Anordnung in einer fünften Stirnseite eines den Elektromotor umgebenden Gehäuses gelagert. Eine der dritten Stirnseite des Rotors gegenüberliegende vierte Stirnseite des Rotors der Rotor-Gegenrotor-Anordnung ist mit einem Außenläufer des Elektromotors drehfest verbunden. Mittels des Außenläufers des Elektromotors werden der Rotor und damit auch der Gegenrotor angetrieben. Die fünfte Stirnseite des Gehäuses kann kugelförmig ausgebildet sein, um die der fünften Stirnseite zugewandten Arbeitsräume der Rotor-Gegenrotor-Anordnung abzudichten. In vorteilhafter Weise wird demnach der große Durchmesser der Verzahnung in Richtung der

fünften Stirnseite und der kleine Durchmesser der Verzahnung dem Außenläufer zugeordnet. Während des Betriebs wird aufgrund der durch das zu verdichtende Medium auf die Rotor-Gegenrotor-Anordnung wirkenden Kräfte der Rotor in Richtung der fünften Stirnseite gedrückt. Somit wirken auf den Außenläufer des Elektromotors keine Axialkräfte. Die dann auf den Gegenrotor durch das zu verdichtende Medium wirkenden Axialkräfte sind entgegengesetzt der Axialkraft, die auf den Rotor wirkt. In der Regel wird diese auf den Gegenrotor wirkende Axialkraft durch ein Axiallager aufgenommen.

[0022] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung sind an der dritten und der vierten Stirnfläche des Rotors Lagerzapfen in Form von geraden Kreiszylindern ausgebildet, die konzentrisch zu der ersten Drehachse angeordnet sind.

[0023] Diese Lagerzapfen können auf einfache Weise durch Gleit- und/oder Wälzlager aufgenommen werden, wobei sich diese Lager an einer Gehäuseinnenwandung des Gehäuses abstützen können und entsprechend die an der Rotor-Gegenrotor-Anordnung angreifenden Kräfte in das Gehäuse einleiten.

[0024] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Gegenrotor an seiner Außenwandung wenigstens einen Lagersitz auf, der von einem Lager umgeben ist, welches sich an einer Gehäuseinnenwandung des Gehäuses abstützt.

[0025] Durch die Anbringung von Lagersitzen an der Außenwandung des Gegenrotors ist es möglich, den Gegenrotor auf seiner Länge auch mehrfach abzustützen. Eine mehrfache Abstützung entlang der Außenwandung des Gegenrotors kann beispielsweise dazu dienen, um ein Ausbeulen eines besonders dünnwandig ausgeführten Gegenrotors in Verbindung mit hohen Drücken zu reduzieren. Hierbei dient das die Außenwandung umschließende Lager gleichzeitig als Versteifung. In der Regel wird die Außenwandung zwei Lagersitze aufweisen, von denen ein Lagersitz zur Aufnahme einer Festlagerung und der andere Lagersitz zur Aufnahme einer Loslagerung dient. Insbesondere die Festlagerung kann auch zur Aufnahme von Axialkräften ausgelegt sein, so dass hier auch ein kombiniertes Axial-Radial-Lager verwendet werden kann.

[0026] In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die fünfte Stirnfläche als kugelförmige Fläche um den gemeinsamen Mittelpunkt ausgebildet und eingerichtet, den wenigstens einen ersten Arbeitsraum gegenüber einem Gehäuse abzudichten.

[0027] Auf diese Weise gelangt kein zu verdichtendes Fluid aus der Rotor-Gegenrotor-Anordnung in den elektrischen Antrieb.

[0028] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Elektromotor als ein bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet. Insbesondere bürstenlose Gleichstrommotoren besitzen eine lange Lebensdauer, da auf sich abnutzende Bürsten verzichtet worden ist. Auch findet kein Abrieb innerhalb des Elektromotors statt, der möglicherweise zum einen in die die Rotor-Ge-

genrotor-Anordnung aufnehmenden Lager und zum anderen in die als Dichtfläche gestaltete fünfte Stirnfläche gelangen könnte. Natürlich kann der Elektromotor auch als ein Asynchronmotor mit Außenläufer ausgebildet sein.

[0029] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Drehkolbenmaschine anstatt mit einer Rotor-Gegenrotor-Anordnung mit einer Rotor-Stator-Anordnung ausgeführt.

[0030] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung sind der Rotor und der Gegenrotor einstückig ausgeführt.

[0031] Es wird angemerkt, dass Gedanken zu der Erfindung hierin im Zusammenhang mit einer Drehkolbenmaschine mit einem Rotor und einem Gegenrotor beschrieben sind. Einem Fachmann ist hierbei klar, dass die einzelnen beschriebenen Merkmale auf verschiedene Weise miteinander kombiniert werden können, um so auch zu anderen Ausgestaltungen der Erfindung zu gelangen.

[0032] Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend mit Bezug auf die beigefügten Figuren beschrieben. Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu.

[0033] Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- Figur 1 zeigt eine Rotor-Gegenrotor-Anordnung nach dem Stand der Technik,
 Figur 2 zeigt einen Längsschnitt der Rotor-Gegenrotor-Anordnung nach dem Stand der Technik aus Figur 1,
 Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Rotor-Gegenrotor-Anordnung,
 Figur 4 zeigt einen Längsschnitt der erfindungsgemäßen Rotor-Gegenrotor-Anordnung aus Figur 3,
 Figur 5 zeigt eine Explosionszeichnung der erfindungsgemäßen Rotor-Gegenrotor-Anordnung,
 Figur 6 zeigt einen Längsschnitt durch eine Rotor-Gegenrotor-Anordnung mit Trennsteg,
 Figur 7 zeigt einen Längsschnitt durch eine Rotor-Gegenrotor-Anordnung mit zwei in Reihe geschalteten Rotoren mit Gegenrotoren,
 Figur 8 zeigt die Anordnung aus Figur 7 im Röntgenblick,
 Figur 9 zeigt einen Längsschnitt eines Elektromotors mit einer integrierten Rotor-Gegenrotor-Anordnung,
 Figur 10 zeigt eine stirnseitige Ansicht des Elektromotors, und
 Figur 11 zeigt den Elektromotor in der Ansicht von Figur 10 im Röntgenblick.

Detaillierte Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen

[0034] An dieser Stelle soll vorausgeschickt werden,

dass gleiche Teile in den einzelnen Figuren gleiche Bezugszeichen aufweisen.

[0035] Figur 1 zeigt eine Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung nach dem Stand der Technik. Hierbei weist der Rotor 2 eine erste Stirnfläche 6 mit einer ersten Verzahnung 8 auf, wobei die erste Verzahnung 8 aus einem ersten Zahn 10 und einer ersten Zahnücke 12 gebildet ist. Der Gegenrotor 4 weist eine zweite Stirnfläche 16 mit einer zweiten Verzahnung 18 auf, wobei die zweite Verzahnung 18 aus einem zweiten Zahn 20 und einer zweiten Zahnücke 22 mit einem insbesondere in Figur 2 sichtbaren zweiten Zahngrund 24. Hierbei werden durch Kämmen der ersten Zähne 10 der ersten Verzahnung 8 und der zweiten Zähne 20 der zweiten Verzahnung 18 erste Arbeitsräume 28 ausgebildet, wobei durch die ersten Arbeitsräume 28 gebildete Volumina durch das Kämmen der Zähne 10, 20 verändert werden. Der Rotor 2 rotiert um eine erste Drehachse I und der Gegenrotor 4 rotiert um eine zweite Drehachse II. Die erste Drehachse I und die zweite Drehachse II schließen einen ersten Winkel φ ein, der ungleich 0° ist. Weiterhin ist eine sich ergebende größte Öffnung des Arbeitsraumes als ein sich entlang einer ersten Außenkontur 34 der Rotor 2- Gegenrotor 4-Anordnung erstreckender fester Strich dargestellt.

[0036] Figur 2 zeigt eine Längsschnittdarstellung der Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung aus Figur 1 nach dem Stand der Technik. Ergänzend zu der Darstellung in Figur 1 ist ersichtlich, dass sich die erste Drehachse I und die zweite Drehachse II in einem gemeinsamen Mittelpunkt M schneiden. An der Stirnfläche 16 des Gegenrotors 4 ist eine Kugelkappe 30 angeformt. Eine zweite Außenkontur 36 der Kugelkappe 30 besitzt einen ersten Durchmesser d, der durch den gemeinsamen Mittelpunkt M verläuft. An dem Rotor 2 ist konzentrisch zu dessen erster Drehachse I eine zu der zweiten Außenkontur 36 komplementär ausgebildete Stützfläche 32 ausgebildet. Die Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung bildet die erste Außenkontur 34 in Form eines Halbkugelstumpfes. Diese erste Außenkontur 34 besitzt einen zweiten Durchmesser D, der ebenfalls durch den gemeinsamen Mittelpunkt M verläuft. Eine Zahnlänge L1 der ersten 8 bzw. zweiten Verzahnung 18 wird begrenzt durch die erste 34 und die zweite Außenkontur 36. Eine zweite Verlängerung 26 einer zweiten Mantellinie, die im zweiten Zahngrund 24 und ebenfalls durch den gemeinsamen Mittelpunkt M verläuft, schließt mit der zweiten Drehachse II des Gegenrotors 4 einen zweiten Winkel β ein, wobei der Winkel β nach dem Stand der Technik etwa 80° beträgt.

[0037] Figur 3 zeigt die Komponenten der Figur 1, wobei der zweite Winkel β , wie dies insbesondere in Figur 4 ersichtlich ist, auf $22,5^\circ$ reduziert ist. Deutlich sichtbar ist, dass der Rotor 2 und der Gegenrotor 4 bei gleichem Volumen des ersten Arbeitsraumes 28 gegenüber der Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung gemäß dem Stand der Technik langgestreckter ausgebildet ist. Zudem ist eine Ausformung einer Außenwandung 44 des Gegenrotors 4 als Kegelstumpf möglich. Der Rotor 2 kann somit von

dem Gegenrotor 4 zumindest in weiten Bereichen umschlossen werden. Durch die Veränderung des zweiten Winkels β auf 22,5 ergibt sich, wie insbesondere in Figur 4 ersichtlich, eine gegenüber der ersten Zahnlänge L1 verlängerte zweite Zahnlänge L2. Zudem ist die Kugelkappe 30 des Gegenrotors 4 sowie die mit der Kugelkappe 30 korrespondierende Stützfläche 32 erheblich flacher ausgestaltet, wie an der zweiten Außenkontur 36 sichtbar ist. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass der gemeinsame Mittelpunkt M sich nunmehr außerhalb der Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung befindet. Weiterhin ersichtlich ist, dass eine sich im Bereich der ersten Außenkontur 34 ergebende größte Öffnung 14 des ersten Arbeitsraumes 28, in den Figuren 1 und 3 fett dargestellt, sich gegenüber dem in Figur 1 dargestellten Stand der Technik stark verkleinert hat.

[0038] Figur 5 zeigt eine Explosionszeichnung der erfindungsgemäßen Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung. Hierbei ist an einer dritten Stirnfläche 38 konzentrisch zu der ersten Drehachse I ein Lagerzapfen 40 angeformt. An einer der dritten Stirnflächen 38 gegenüberliegenden vierten Stirnfläche 42 ist ebenfalls konzentrisch zu der ersten Drehachse I ein weiterer Lagerzapfen 40 angeformt. An der Außenwandung 44 des Gegenrotors 4 sind zwei Lagersitze 46 zur Aufnahme von hier nicht dargestellten Lagern ausgebildet. Durch die Änderung des zweiten Winkels β auf 22,5° haben der Rotor 2 und der Gegenrotor 4 ihre geometrische Form dahingehen verändert, als dass sowohl der Rotor 2 als auch der Gegenrotor 4 die Form eines Kegelstumpfes angenommen haben. Hierbei sind die erste 6 und die zweite Stirnfläche 16 mit ihren jeweiligen Verzahnungen 8, 18 von einer ursprünglich stirnseitigen Anordnung zu einer nunmehr umfänglichen Anordnung verändert. Die erste Stirnfläche 6 bildet nunmehr eine äußere Mantelfläche des kegelstumpfförmig gestalteten Rotors 2 und die zweite Stirnfläche 16 bildet eine innere Mantelfläche des hohlkegelstumpfförmig gestalteten Gegenrotors 4. Für die weitere Beschreibung werden die äußere und die innere Mantelfläche nach wie vor als Stirnfläche 6, 16 bezeichnet.

[0039] Figur 6 zeigt einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung mit einem Trennsteg 48. Dieser Trennsteg 48 trennt räumlich eine sich an die erste Verzahnung 8 anschließende dritte Verzahnung 52, die durch einen dritten Zahn 54 und eine dritte Zahnücke 56 gebildet ist. Der Trennsteg 48 ist kugelschalenförmig ausgebildet und mit dem Rotor 2 unlösbar verbunden. Am Trennsteg 48 ist eine der dritten Verzahnung 52 zugewandte kugelförmige Stirnfläche 49 ausgebildet, wobei die kugelförmige Stirnfläche 49 einen durch den gemeinsamen Mittelpunkt M verlaufenden Durchmesser aufweist. Der Trennsteg 48 taucht in eine komplementär in dem Gegenrotor 4 ausgebildete Nut 50 ein. Diese Nut 50 trennt räumlich die zweite Verzahnung 18 von der sich an diese zweite Verzahnung 18 anschließenden vierten Verzahnung 58, wobei die vierte Verzahnung 58 aus wenigstens einem vierten Zahn 60 und wenigstens einer vierten Zahnücke 62 gebildet ist. Weiter-

hin trennt der Trennsteg 48 im Zusammenspiel mit der Nut 50 den durch wenigstens einen ersten Arbeitsraum 28 von einem zweiten Arbeitsraum 66, der durch Kämme der zweiten Zähne 54 und der vierten Zähne 60 gebildet ist, räumlich und fluiddicht. In dem vorliegenden Beispiel sind der Rotor 2 sowie der Gegenrotor 4 einstückig und rotationssymmetrisch ausgeführt. Auch ist die Anzahl der ersten Zähne 10 und die Anzahl der dritten Zähne 54 sowie die Anzahl der zweiten Zähne 20 und die Anzahl der vierten Zähne 60 gleich. Die Anzahl der ersten Zähne 10 bzw. der dritten Zähne 54 ist um einen Zahn geringer als die Anzahl der zweiten Zähne 20 bzw. der vierten Zähne 60. Ein zu verdichtendes Fluid wird in dieser Anordnung zuerst dem wenigstens einen ersten Arbeitsraum 28 zugeführt, um es vorzuverdichten. Anschließend wird das vorverdichtete Fluid dem wenigstens einen zweiten Arbeitsraum 66 zugeführt, um es auf seinen Enddruck zu verdichten. Somit erfolgt eine mehrstufige Verdichtung. Auch kann ein zu verdichtendes Fluid in einen ersten und einen zweiten Volumenstrom aufgespalten werden, wobei der erste Volumenstrom dem wenigstens einen ersten Arbeitsraum 28 und der zweite Volumenstrom dem wenigstens einen zweiten Arbeitsraum 66 zum Verdichten zugeführt wird. Hierbei handelt es sich um eine mehrflutige Anwendung.

[0040] Figur 7 zeigt einen Längsschnitt durch eine Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung mit zwei in Reihe geschalteten Rotoren 2 mit zugehörigen Gegenrotoren 4. Die in Figur 7 dargestellten Rotoren 2 unterscheiden sich von dem in Figur 5 dargestellten Rotor 2 dadurch, dass der an der dritten Stirnfläche 38 angeformte Lagerzapfen 40 in der hier vorliegenden Figur durch eine Lagerbohrung 72 ersetzt worden ist. Hierdurch lassen sich entlang der ersten Drehachse I nunmehr mehrere Rotoren 2 axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbinden, indem der an der vierten Stirnfläche 42 angeformte Lagerzapfen 40 in die hierfür vorgesehene Bohrung 72 eingreift. Um die sich bildenden ersten Arbeitsräume 28 stirnseitig zu begrenzen, ist der aus Figur 6 bereits bekannte Trennsteg 48 einstückig und konzentrisch bezüglich der ersten Drehachse I an der dritten Stirnfläche 38 angeformt, derart, dass die kugelförmige Stirnfläche 49 des Trennstegs 48 der ersten Verzahnung 8 zugewandt ist. Weiterhin ist die Außenwandung 44 des Gegenrotors 4 an einer dem Trennsteg 48 zugewandten Stirnseite 69 mit einer zu der kugelförmigen Stirnfläche 49 komplementär ausgestalteten Vertiefung 68 ausgestattet, die in Verbindung mit der Stirnfläche 49 des Trennstegs 48 fluiddicht gestaltet ist. Es kann auch auf die Vertiefung 68 verzichtet werden, so dass die Stirnseite 69 des Gegenrotors 4 zu der kugelförmigen Stirnfläche 49 des Trennstegs 48 komplementär ausgebildet ist und in Verbindung mit dem Trennsteg 48 den wenigstens einen ersten Arbeitsraum 28 fluiddicht begrenzt. Auch die zugehörigen Gegenrotoren 4 sind axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbunden. Die in Figur 7 dargestellte zweistufige Reihenschaltung kann selbstverständlich mittels weiterer Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnungen er-

weitert werden. Derartige Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnungen können dann mehrstufig und/oder mehrflutig betrieben werden.

[0041] Figur 8 zeigt die Anordnung aus Figur 7 im Röntgenblick. Hierbei ist insbesondere ersichtlich, dass die Reihenschaltung aus identischen Rotoren 2 mit den zugehörigen Gegenrotoren 4 aufgebaut ist.

[0042] Figur 9 zeigt die in Figur 5 dargestellte Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung in einem Elektromotor 70 integriert. Natürlich kann auch eine Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung beispielsweise gemäß Figur 7 verwendet werden. Der an der dritten Stirnfläche 38 ausgeformte Lagerzapfen 40 ist in einem Radiallager 88 aufgenommen, welcher sich in einem Dom 86 befindet, wobei der Dom 86 mit dem Gehäuse 73 einstückig ausgebildet ist. Der an der vierten Stirnfläche 42 angeformte Lagerzapfen 40 wird in einem kombinierten Axial-Radiallager 76 aufgenommen. Hierbei wird der Lagerzapfen 40 radial aufgenommen und der Gegenrotor 4 stützt sich mit seiner an der Außenwandung 44 angeformten sechsten Stützfläche 45 axial an diesem Lager 76 ab. Die beiden Lagersitze 46 werden je von einem Radiallager 74 aufgenommen, wobei sich die beiden Radiallager 74 an einer Gehäuseinnenwandung 78 des Gehäuses 73 abstützen. Somit werden sämtliche von dem zu verdichtenden Fluid auf die Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung ausgehenden Axial- und Radialkräfte in das Gehäuse 73 eingeleitet und von diesem aufgenommen. Weiterhin ersichtlich ist, dass die der dritten Stirnfläche 38 gegenüberliegende vierte Stirnfläche 42 des Rotors 2 als die Stützfläche 32 ausgebildet ist, welche an der Kugelkappe 30 des Gegenrotors 4 anliegt oder vorbestimmt beabstandet ist. Weiterhin weist der Elektromotor einen Außenläufer 84 auf, der drehfest mit dem an der vierten Stirnfläche 42 ausgeformten Lagerzapfen 40 verbunden ist. Da das im Wesentlichen als ein an einer Stirnseite verschlossener Hohlzylinder ausgeformte Gehäuse 73 an seiner einem Deckel 79 zugewandten Stirnseite gut zugänglich ist, können von dieser Seite alle Komponenten montiert werden. Anschließend wird das Gehäuse 73 stirnseitig mittels des Deckels 79 verschlossen. Insbesondere kann das Gehäuse 73 einstückig ausgeformt sein.

[0043] Wie in Figur 10 ersichtlich ist, befinden sich in der Nähe des Doms 86 eine Einströmöffnung 90 sowie eine Ausströmöffnung 92. Diese Öffnungen 90, 92 sind in der Figur 9 aufgrund des dort gewählten Längsschnitts nicht ersichtlich. Durch die Einströmöffnung 90 strömt ein zu verdichtendes Fluid in sich öffnende Arbeitsräume 28 der Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung der Figur 9 ein, um durch einen Rotationsvorgang des Rotors 2 um die erste Drehachse I und des Gegenrotors 4 um die zweite Drehachse II durch sich schließende Arbeitsräume 28 verdichtet zu werden und den Elektromotor, respektive die Drehkolbenmaschine, über die Ausströmöffnung 92 zu verlassen. Während des Verdichtungs Vorganges übt das Fluid sowohl auf den Rotor 2 als auch auf den Gegenrotor 4 eine Kraft aus. Der auf den Rotor 2 wirkende

axiale Kraftanteil drückt den Rotor 2 in Richtung einer kugelförmig und komplementär zu der ersten kugelförmigen Außenkontur 34 der Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung ausgebildeten fünften Stirnseite 80 des Gehäuses 73. Auch ein Durchmesser der kugelförmigen fünften Stirnfläche 80 verläuft durch den gemeinsamen Mittelpunkt M. Eine der fünften Stirnseite 80 zugewandte siebte Stirnfläche 82 des Gegenrotors 4 sowie die dritte Stirnfläche 38 des Rotors 2 dichten gemeinsam den Arbeitsraum 28 gegenüber einem Gehäuseinnenraum 98 ab. Der auf den Gegenrotor 4 wirkende axiale Kraftanteil des zu verdichtenden Fluids drückt den Gegenrotor 4 in Richtung des Axial-Radiallagers 76, der diesen Axialkraftanteil aufnimmt. Ein auf den Gegenrotor 4 wirkender radialer Kraftanteil wird in die beiden Radiallager 74 und von dort in das Gehäuse 73 eingeleitet. Die beiden Radiallager 74 können als eine Fest-Los-Lagerung ausgestaltet sein.

[0044] Figur 11 zeigt den Elektromotor 70 aus der Figur 9 mit der integrierten Rotor 2-Gegenrotor 4-Anordnung als 3D-Darstellung im Röntgenblick. Hierbei ist ersichtlich, dass die Einströmöffnung 90 in einer Eintrittssteueröffnung 94 und die Ausströmöffnung 92 in einer Austrittssteueröffnung 96 münden, wobei die Einströmöffnung 90, die Ausströmöffnung 92, die Eintrittssteueröffnung 94 und die Austrittssteueröffnung 96 als strich-doppelpunktierte Linie dargestellt ist.

Patentansprüche

1. Drehkolbenmaschine, die als Pumpe, Verdichter oder Motor arbeitet,

- mit einem Rotor (2) und einem Gegenrotor (4), wobei der Gegenrotor (4) dem Rotor (2) gegenüberliegend angeordnet ist,
- wobei der Rotor (2) eine erste Stirnfläche (6) mit einer ersten Verzahnung (8) aufweist und wobei der Gegenrotor (4) eine zweite Stirnfläche (16) mit einer zweiten Verzahnung (18) aufweist
- wobei die erste Verzahnung (8) aus wenigstens einem ersten Zahn (10) und einer ersten Zahnücke (12) gebildet ist und wobei die zweite Verzahnung (18) aus zumindest einem zweiten Zahn (20) und einer zweiten Zahnücke (22) mit einem zweiten Zahngrund (24) gebildet ist,
- wobei die Verzahnungen (8, 18) miteinander derart in Eingriff stehen, dass durch Kämmen der ersten Zähne (10) der ersten Verzahnung (8) und der zweiten Zähne (20) der zweiten Verzahnung (18) erste Arbeitsräume (28) ausgebildet werden, wobei durch die ersten Arbeitsräume (28) gebildete Volumina durch das Kämmen der Zähne (10, 20) verändert werden,
- wobei der Rotor (2) eine erste Drehachse (I) aufweist, wobei der Gegenrotor (4) eine zweite Drehachse (II) aufweist, wobei die erste Dreh-

achse (I) und die zweite Drehachse (II) einen ersten Winkel (φ) einschließen, der ungleich 0° ist,

- wobei eine zweite Verlängerung (26) einer zweiten Mantellinie des zweiten Zahngrundes (24), die erste Drehachse (I) und die zweite Drehachse (II) sich in einem gemeinsamen Mittelpunkt (M) schneiden,

dadurch gekennzeichnet, dass

- ein zwischen der zweiten Verlängerung (26) und der zweiten Drehachse (II) eingeschlossener zweiter Winkel (β) kleiner als 45° ist.

2. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an die erste Verzahnung (8) eine dritte Verzahnung (52) und an die zweite Verzahnung (18) eine vierte Verzahnung (58) anschließt, wobei die dritte Verzahnung (52) aus wenigstens einem dritten Zahn (54) und einer dritten Zahnücke (56) gebildet ist und wobei die vierte Verzahnung (58) aus zumindest einem vierten Zahn (60) und einer vierten Zahnücke (62) mit einem vierten Zahngrund gebildet ist, wobei die dritte (52) und die vierte Verzahnung (58) miteinander derart in Eingriff stehen, dass durch Kämme der dritten (54) und der vierten Zähne (60) zweite Arbeitsräume (66) ausgebildet werden, wobei durch die zweiten Arbeitsräume (66) gebildete Volumina durch das Kämme der Zähne (54, 60) verändert werden, wobei die erste Verzahnung (8) von der dritten Verzahnung (52) und die zweite Verzahnung (18) von der vierten Verzahnung (58) durch einen Trennsteg (48) räumlich getrennt ist.
3. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Trennsteg (48) an einer dritten Stirnfläche (38) des Rotors (2) ausgebildet ist und in eine zu dem Trennsteg (48) komplementär in dem Gegenrotor (4) ausgebildete Nut (50) und/oder Vertiefung (68) greift, wobei eine der ersten Verzahnung (8) zugewandte Stirnfläche (49) des Trennstegs (48) kugelschalenförmig um den gemeinsamen Mittelpunkt (M) ausgebildet ist.
4. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Rotoren (2) axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbunden sind, derart, dass Drehachsen der Rotoren (2) mit der ersten Drehachse (I) zusammenfallen und dass die zugehörigen Gegenrotoren (4) axial und radial spielfrei drehfest miteinander verbunden sind, derart, dass Drehachsen der Gegenrotoren mit der zweiten Drehachse (II) zusammenfallen.
5. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ei-

ne Rotor (2)-Gegenrotor (4)-Anordnung in einem Elektromotor (70) integriert ist.

6. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritte Stirnseite (38) des Rotors (2) der Rotor (2)-Gegenrotor (4)-Anordnung in einer fünften Stirnseite (80) eines den Elektromotor (70) umgebenden Gehäuses (73) gelagert ist und dass eine der dritten Stirnseite (38) des Rotors (2) gegenüberliegende vierte Stirnseite (42) des Rotors (2) der Rotor (2)-Gegenrotor (4)-Anordnung mit einem Außenläufer (84) des Elektromotors (70) drehfest verbunden ist.
7. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der dritten (38) und der vierten Stirnfläche (42) des Rotors (2) Lagerzapfen (40) in Form von geraden Kreiszylindern ausgebildet sind, die konzentrisch zu der ersten Drehachse (I) angeordnet sind.
8. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegenrotor (4) an seiner Außenwandung (44) wenigstens einen Lagersitz (46) aufweist, der von einem Lager (74) umgeben ist, welches sich an einer Gehäuseinnenwandung (78) eines Gehäuses (73) abstützt.
9. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fünfte Stirnseite (80) als kugelförmige Fläche um den gemeinsamen Mittelpunkt (M) ausgebildet ist und eingerichtet ist, den wenigstens einen ersten Arbeitsraum (28) gegenüber dem Gehäuse (73) abzudichten.
10. Drehkolbenmaschine nach Anspruch 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektromotor (70) ein bürstenloser Gleichstrommotor ist.

Claims

1. Rotary piston machine which operates as a pump, compressor or motor,
 - with a rotor (2) and a counter-rotor (4), the counter-rotor (4) being arranged opposite the rotor (2),
 - the rotor (2) having a first end face (6) with a first toothing (8), and the counter-rotor (4) having a second end face (16) with a second toothing (18),
 - the first toothing (8) being formed from at least one first tooth (10) and one first tooth space (12), and the second toothing (18) being formed from at least one second tooth (20) and one second tooth space (22) with a second tooth bottom (24),

- the toothings (8, 18) being in engagement with one another in such a way that, as a result of the meshing of the first teeth (10) of the first tothing (8) and of the second teeth (20) of the second tothing (18), first working spaces (28) are formed, volumes formed by the first working spaces (28) being varied as a result of the meshing of the teeth (10, 20),
- the rotor (2) having a first axis of rotation (I), the counter-rotor (4) having a second axis of rotation (II), the first axis of rotation (I) and the second axis of rotation (II) forming a first angle (φ) which is unequal to 0° ,
- a second prolongation (26) of a second generatrix of the second tooth bottom (24), the first axis of rotation (I) and the second axis of rotation (II) intersecting at a common centre point (M),

characterized in that

- a second angle (β) formed between the second prolongation (26) and the second axis of rotation (II) is smaller than 45° .
2. Rotary piston machine according to Claim 1, **characterized in that** a third tothing (52) adjoins the first tothing (8) and a fourth tothing (58) adjoins the second tothing (18), the third tothing (52) being formed from at least one third tooth (54) and one third tooth space (56), and the fourth tothing (58) being formed from at least one fourth tooth (60) and one fourth tooth space (62) with a fourth tooth bottom, the third (52) and the fourth (58) tothing being in engagement with one another in such a way that, as a result of the meshing of the third (54) and of the fourth (60) teeth, second working spaces (66) are formed, volumes formed by the second working spaces (66) being varied as a result of the meshing of the teeth (54, 60), the first tothing (8) being spatially separated from the third tothing (52) and the second tothing (18) from the fourth tothing (58) by means of a separating web (48).
 3. Rotary piston machine according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the separating web (48) is formed on a third end face (38) of the rotor (2) and engages into a groove (50) and/or depression (68) formed in the counter-rotor (4) complementarily to the separating web (48), an end face (49), facing the first tothing (8), on the separating web (48) being designed in the form of a spherical shell about the common centre point (M).
 4. Rotary piston machine according to Claim 3, **characterized in that** at least two rotors (2) are connected fixedly in terms of rotation to one another in an axially and radially play-free manner, in such a way that axes of rotation of the rotors (2) coincide with

the first axis of rotation (I), and **in that** the associated counter-rotors (4) are connected fixedly in terms of rotation to one another in an axially and radially play-free manner, in such a way that axes of rotation of the counter-rotors coincide with the second axis of rotation (II).

5. Rotary piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** a rotor (2)-counter-rotor (4) arrangement is integrated in an electric motor (70).
6. Rotary piston machine according to Claim 5, **characterized in that** the third end face (38) of the rotor (2) of the rotor (2)-counter-rotor (4) arrangement is mounted in a fifth end face (80) of a housing (73) surrounding the electric motor (70), and **in that** a fourth end face (42) of the rotor (2), opposite the third end face (38) of the rotor (2), of the rotor (2)-counter-rotor (4) arrangement is connected fixedly in terms of rotation to an external rotor (84) of the electric motor (70).
7. Rotary piston machine according to Claim 6, **characterized in that** bearing journals (40) in the form of straight circular cylinders, which are arranged concentrically to the first axis of rotation (I), are formed on the third (38) and the fourth (42) end face of the rotor (2).
8. Rotary piston machine according to Claim 6 or 7, **characterized in that** the counter-rotor (4) has on its outer wall (44) at least one bearing seat (46) which is surrounded by a bearing (74) which is supported on a housing inner wall (78) of a housing (73).
9. Rotary piston machine according to Claims 6 to 8, **characterized in that** the fifth end face (80) is designed as a spherical surface about the common centre point (M) and is set up to seal off the at least one first working space (28) with respect to the housing (73).
10. Rotary piston machine according to Claims 6 to 9, **characterized in that** the electric motor (70) is a brushless-direct-current motor.

Revendications

1. Machine à piston rotatif, qui fonctionne en tant que pompe, compresseur ou moteur,
 - comprenant un rotor (2) et un rotor conjugué (4), le rotor conjugué (4) étant disposé en regard du rotor (2),
 - le rotor (2) comprenant une première surface frontale (6) pourvue d'une première denture (8)

et le rotor conjugué (4) comprenant une deuxième surface frontale (16) pourvue d'une deuxième denture (18),

- la première denture (8) étant formée à partir d'au moins une première dent (10) et d'un premier entredent (12) et la deuxième denture (18) étant formée à partir d'au moins une deuxième dent (20) et d'un deuxième entredent (22) présentant un deuxième fond de dent (24),

- les dentures (8, 18) étant en prise l'une avec l'autre de telle sorte que, par engrènement des premières dents (10) de la première denture (8) et des deuxièmes dents (20) de la deuxième denture (18), des premiers espaces de travail (28) soient formés, des volumes formés par les premiers espaces de travail (28) étant modifiés par l'engrènement des dents (10, 20),

- le rotor (2) présentant un premier axe de rotation (I), le rotor conjugué (4) présentant un deuxième axe de rotation (II), le premier axe de rotation (I) et le deuxième axe de rotation (II) formant un premier angle (φ) qui est différent de 0° ,

- un deuxième prolongement (26) d'une deuxième ligne d'enveloppe du deuxième fond de dent (24), le premier axe de rotation (I) et le deuxième axe de rotation (II) se coupant en un centre commun (M),

caractérisée en ce que

- un deuxième angle (β) formé entre le deuxième prolongement (26) et le deuxième axe de rotation (II) est inférieur à 45° .

2. Machine à piston rotatif selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'une** troisième denture (52) se raccorde à la première denture (8) et une quatrième denture (58) se raccorde à la deuxième denture (18), la troisième denture (52) étant formée à partir d'au moins une troisième dent (54) et d'un troisième entredent (56) et la quatrième denture (58) étant formée à partir d'au moins une quatrième dent (60) et d'un quatrième entredent (62) présentant un quatrième fond de dent, la troisième (52) et la quatrième denture (58) étant en prise l'une avec l'autre de telle sorte que, par engrènement des troisièmes (54) et des quatrièmes dents (60), des deuxièmes espaces de travail (66) soient formés, des volumes formés par les deuxièmes espaces de travail (66) étant modifiés par l'engrènement des dents (54, 60), la première denture (8) étant séparée spatialement de la troisième denture (52) et la deuxième denture (18) étant séparée spatialement de la quatrième denture (58) par une nervure de séparation (48).
3. Machine à piston rotatif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la nervure de séparation

(48) est réalisée sur une troisième surface frontale (38) du rotor (2) et vient en prise dans une rainure (50) et/ou un évidement (68) réalisé (e) dans le rotor conjugué (4) de manière complémentaire à la nervure de séparation (48), une surface frontale (49), tournée vers la première denture (8), de la nervure de séparation (48) étant réalisée en forme de coque sphérique autour du centre commun (M).

4. Machine à piston rotatif selon la revendication 3, **caractérisée en ce qu'au** moins deux rotors (2) sont reliés l'un à l'autre de manière solidaire en rotation axialement et radialement sans jeu, de telle sorte que des axes de rotation des rotors (2) coïncident avec le premier axe de rotation (I) et **en ce que** les rotors conjugués associés (4) sont reliés l'un à l'autre de manière solidaire en rotation axialement et radialement sans jeu, de telle sorte que des axes de rotation des rotors conjugués coïncident avec le deuxième axe de rotation (II).
5. Machine à piston rotatif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'un** agencement rotor (2)-rotor conjugué (4) est intégré dans un moteur électrique (70).
6. Machine à piston rotatif selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** le troisième côté frontal (38) du rotor (2) de l'agencement rotor (2)-rotor conjugué (4) est monté dans un cinquième côté frontal (80) d'un boîtier (73) entourant le moteur électrique (70) et **en ce qu'un** quatrième côté frontal (42), opposé au troisième côté frontal (38) du rotor (2), du rotor (2) de l'agencement rotor (2)-rotor conjugué (4) est relié de manière solidaire en rotation à un induit extérieur (84) du moteur électrique (70).
7. Machine à piston rotatif selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** des tourillons de palier (40) sont réalisés sous la forme de cylindres circulaires droits sur la troisième (38) et la quatrième surface frontale (42) du rotor (2), lesquels tourillons de palier sont disposés de manière concentrique au premier axe de rotation (I).
8. Machine à piston rotatif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce que** le rotor conjugué (4) comprend au moins un siège de palier (46) sur sa paroi extérieure (44), lequel siège de palier est entouré par un palier (74), lequel s'appuie contre une paroi intérieure de boîtier (78) d'un boîtier (73).
9. Machine à piston rotatif selon les revendications 6 à 8, **caractérisée en ce que** le cinquième côté frontal (80) est réalisé sous forme de surface sphérique autour du centre commun (M) et est configuré pour rendre étanche l'au moins un premier espace de travail (28) par rapport au boîtier (73).

10. Machine à piston rotatif selon les revendications 6 à 9, **caractérisée en ce que** le moteur électrique (70) est un moteur à courant continu sans balais.

5

10

15

20

25

30

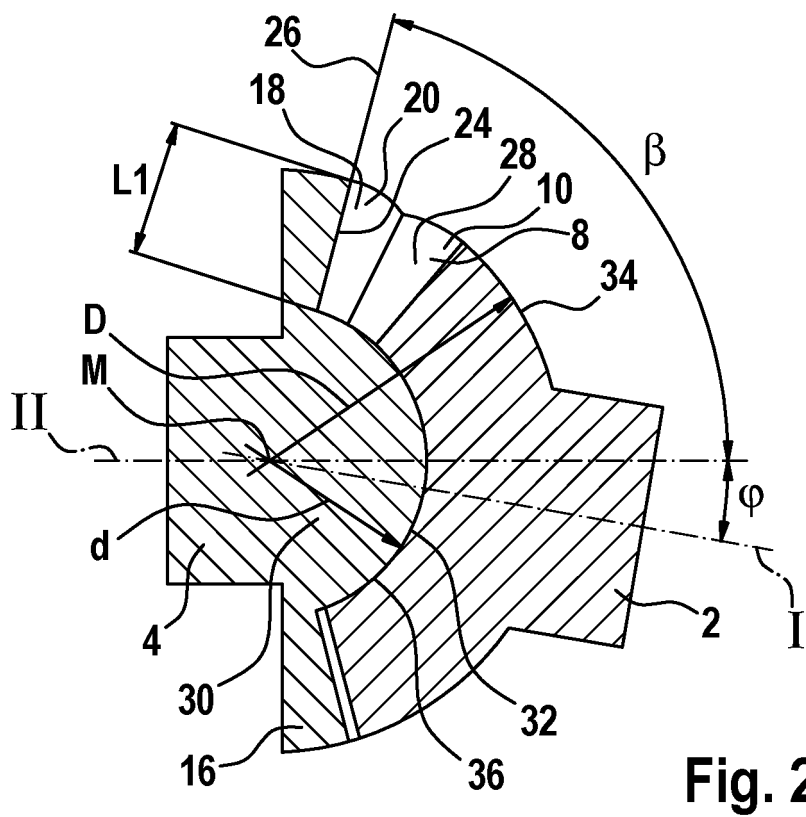
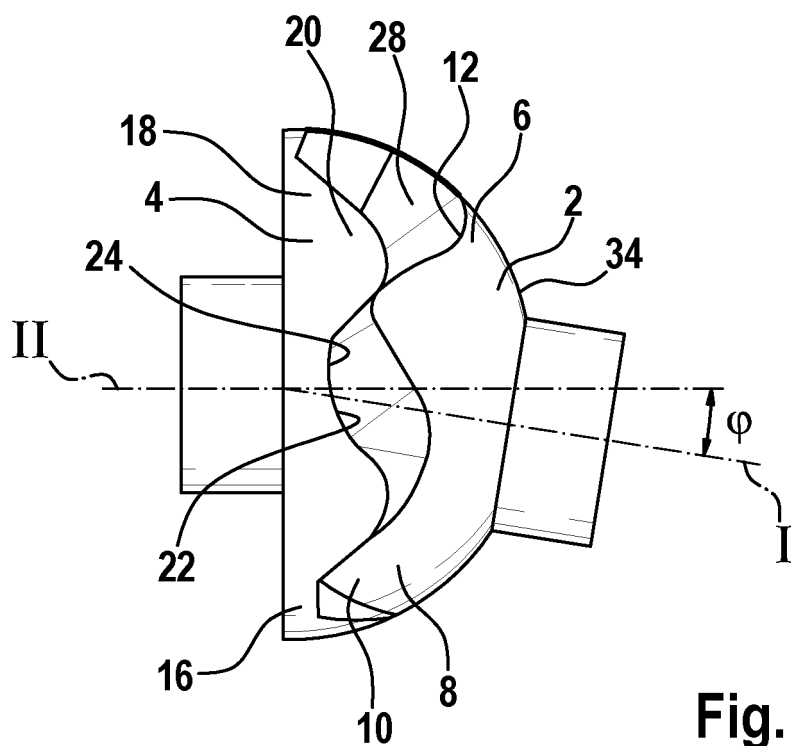
35

40

45

50

55



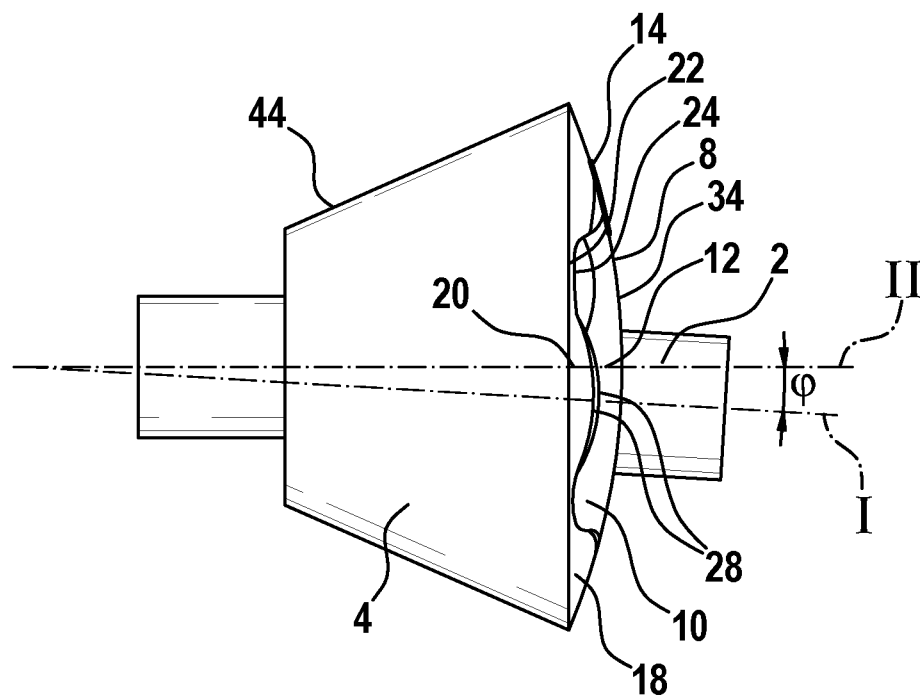


Fig. 3

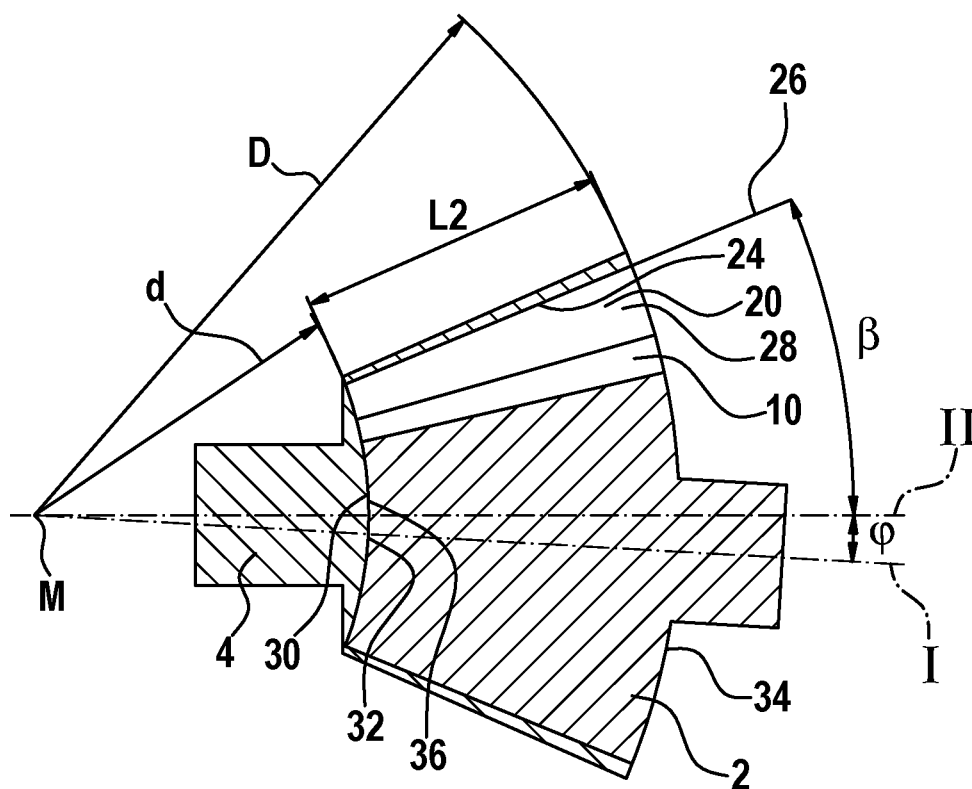
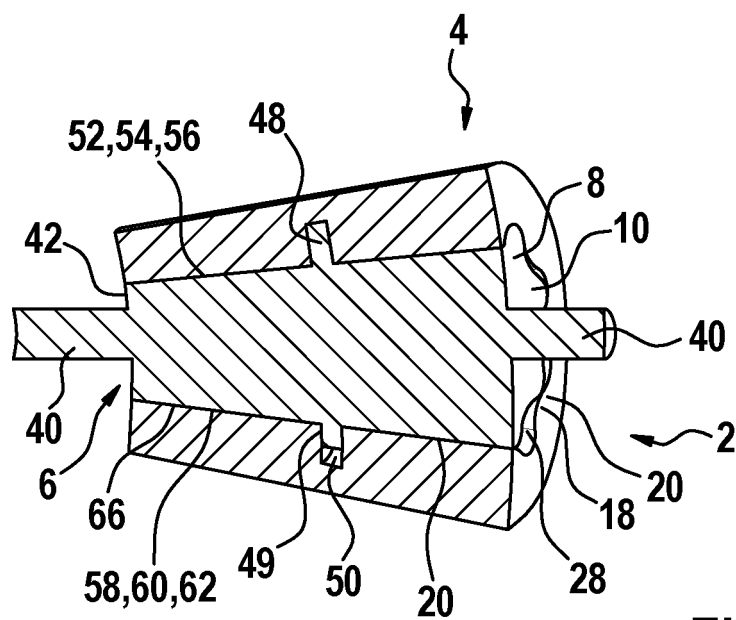
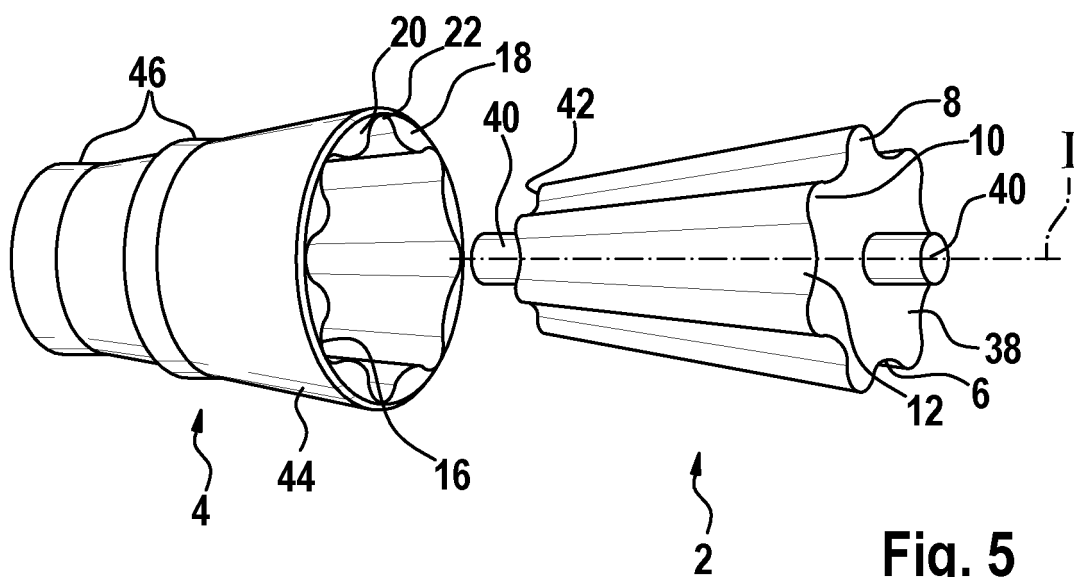


Fig. 4



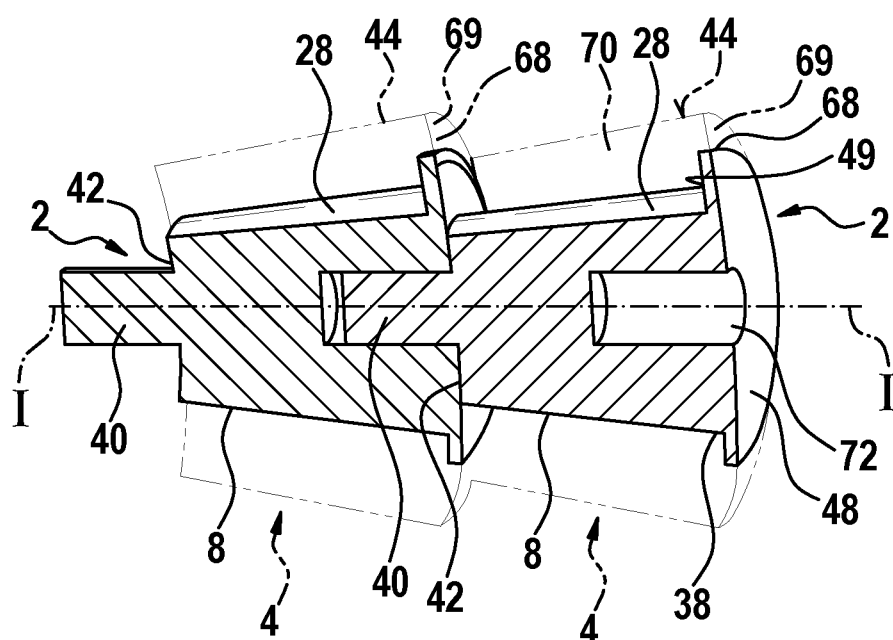


Fig. 7

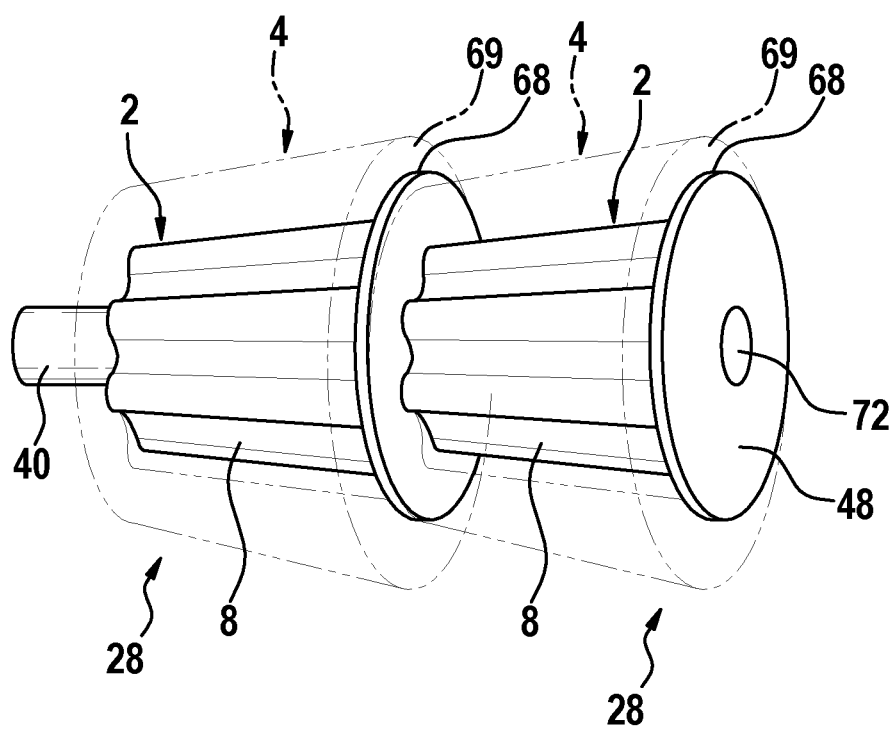


Fig. 8

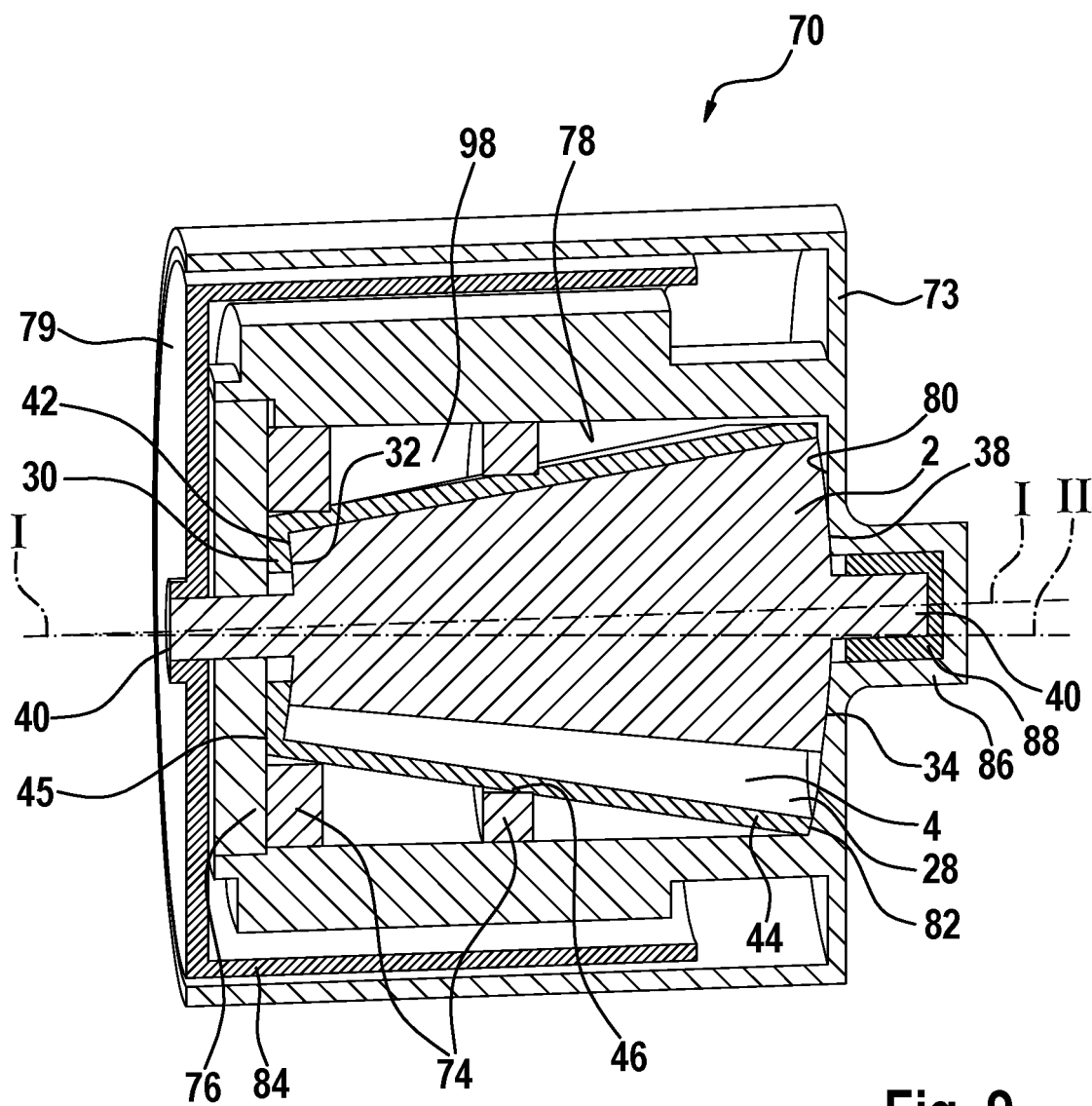


Fig. 9

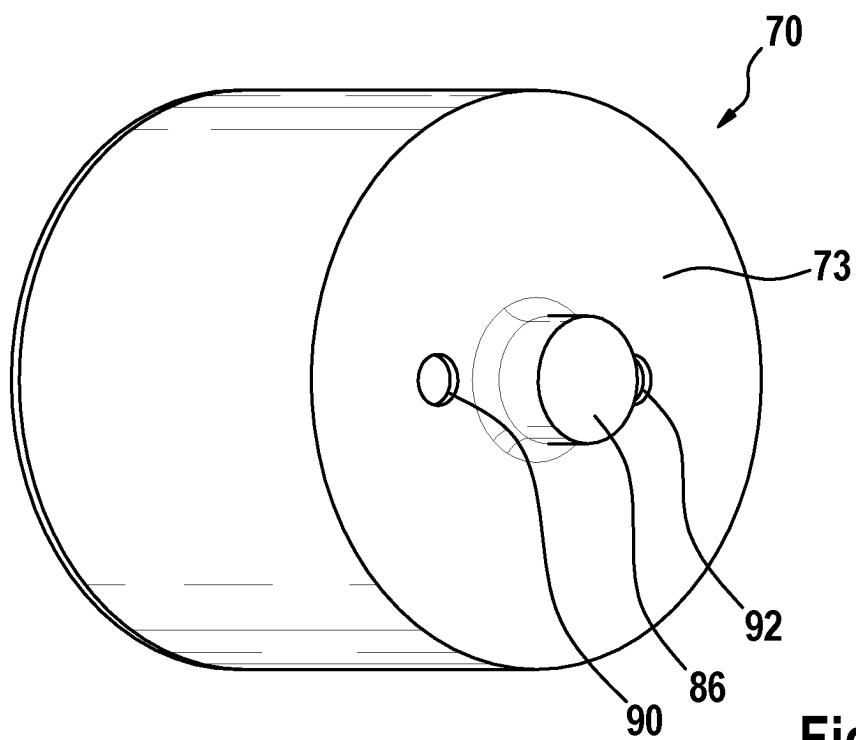


Fig. 10

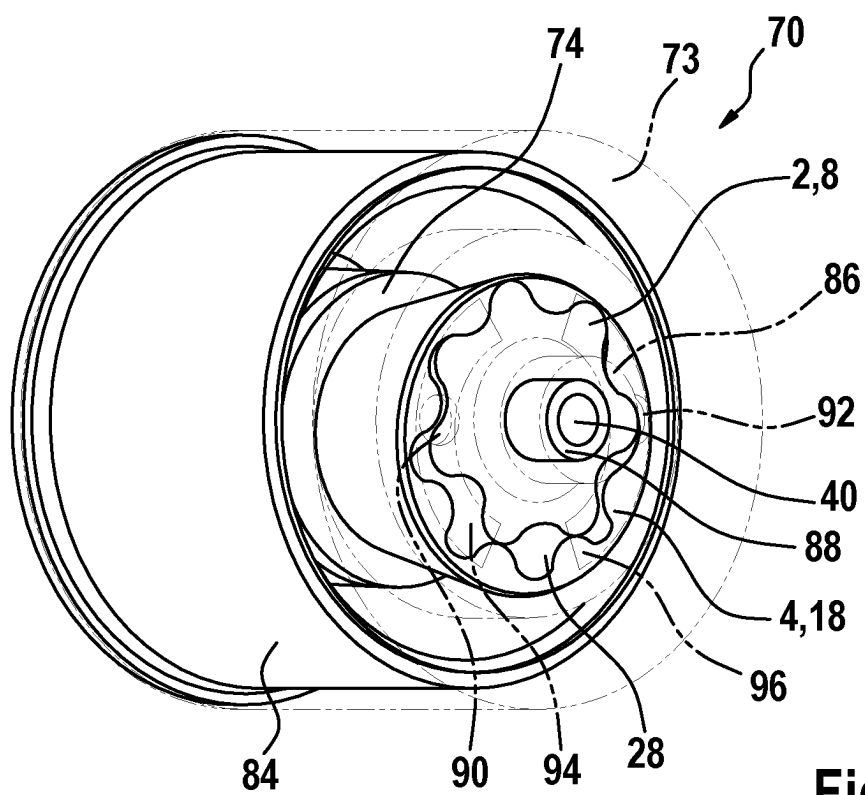


Fig. 11

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 4241320 A1 [0002]