



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 060 147 B4 2009.05.14

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 060 147.5

(51) Int Cl.⁸: F04B 17/04 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 18.12.2006

(43) Offenlegungstag: 19.06.2008

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14.05.2009

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Andreas Hofer Hochdrucktechnik GmbH, 45478
Mülheim, DE

(74) Vertreter:

Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr & Eggert,
45128 Essen

(72) Erfinder:

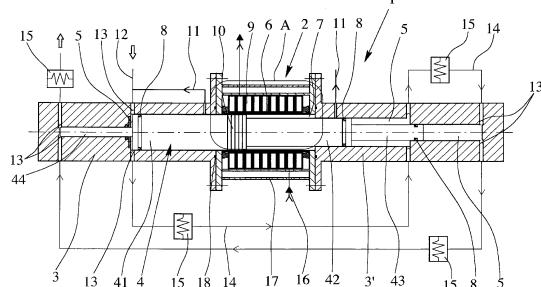
Dehnen, Manfred, 45307 Essen, DE; Habel, Heiko,
44625 Herne, DE; Skamel, Christopher, 45239
Essen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 46 711 C2
DE 103 14 007 A1
DE10 2004 055924 A1
DE 102 14 047 A1

(54) Bezeichnung: Fluidarbeitsmaschine

(57) Hauptanspruch: Fluidarbeitsmaschine (1) zum Verdichten bzw. Fördern von Fluiden, insbesondere zum Verdichten von Gasen auf hohe Drücke, mit einem Linearmotor (2), mindestens einem Zylinder (3), einem in dem Zylinder (3) axial bewegbaren Kolben (4) und mindestens einem zwischen dem Zylinder (3) und dem Kolben (4) ausgebildeten Kompressionsraum (5), wobei der Linearmotor (2) einen Stator und einen Läufer aufweist und eine translatorische Antriebskraft auf den Kolben (4) überträgt, dadurch gekennzeichnet,
daß der Kolben (4) im Bereich des Linearmotors (2) von einem fest angeordneten Spaltrohr (6) umschlossen ist und daß der mit dem Spaltrohr (6) verbundene Kompressionsraum (5) über eine Leitung (11) oder einen Kanal mit der Fluideintrittsseite (12) verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Fluidarbeitsmaschine zum Verdichten bzw. Fördern von Fluiden, insbesondere zum Verdichten von Gasen auf hohe Drücke, mit einem Linearmotor, mindestens einem Zylinder, einem in dem Zylinder axial bewegbaren Kolben und mindestens einem zwischen dem Zylinder und dem Kolben ausgebildeten Kompressionsraum, wobei der Linearmotor einen Stator und einen Läufer aufweist und eine translatorische Antriebskraft auf den Kolben überträgt.

[0002] Fluidarbeitsmaschinen sind in verschiedenen Ausführungsformen und Varianten aus dem Stand der Technik bekannt. Die Fluidarbeitsmaschinen kann man dabei zunächst danach unterteilen, ob sie zum fördern bzw. verdichten von Flüssigkeiten oder von Gasen vorgesehen sind. Fluidarbeitsmaschinen, die zum Fördern von Flüssigkeiten eingesetzt werden, werden allgemein auch als Pumpen bezeichnet, während Fluidarbeitsmaschinen zum Verdichten von Gasen als Verdichter oder Kompressoren bezeichnet werden. Darüber hinaus können Fluidarbeitsmaschinen auch nach der Art der Antriebskraft – hydraulisch, elektrisch oder elektro-magnetisch – sowie nach der Art der Antriebsbewegung – rotatorisch oder translatorisch – unterschieden werden.

[0003] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Fluidarbeitsmaschine, bei der die Antriebskraft von einem Linearmotor erzeugt wird, der auf einen in einem Zylinder geführten Kolben direkt, d. h. ohne Umwandlung einer Drehbewegung über eine Getriebe, eine translatorische Antriebskraft ausübt. Soll mit einer derartigen Fluidarbeitsmaschine ein Gas verdichtet werden, so kann die Maschine auch als Kolbenverdichter oder als Linearkompressor bezeichnet werden. Der Linearmotor besteht dabei im wesentlichen aus einem Stator bzw. Ständer und einem Läufer bzw. Aktuator, wobei der Linearmotor wie auch ein rotierender Motor als Asynchron- oder Synchron-Linearmotor ausgebildet sein kann. Der Linearmotor entspricht dann einem abgewickelten Asynchronmotor mit Kurzschlußläufer oder einem permanent erregten Synchron-Motor, wobei von der Spule bzw. Wicklung des Stators anstelle eines Drehfeldes ein Wanderfeld erzeugt wird. Die Kraftübertragung erfolgt wie bei Drehfeldmaschinen entweder durch Spannungsinduktion im Kurzschlußläufer des Asynchronmotors oder durch Interaktion mit dem Feld der Permanentmagnete des Synchronmotors.

[0004] Aus der DE 10 2004 055 924 A1 ist ein zuvor beschriebener Linearkompressor bekannt, bei dem der Magnet des Läufers an einem Magnetrahmen befestigt ist, der fest an einer Stirnseite des Kolbens angebracht ist. Bei dem bekannten Linearkompressor ist zur Kühlung des Linearmotors ein Kühlkanal vor-

gesehen, durch den die auf einem Spulenhalter befestigte Spule des Stators mit einem Kühlmittel gekühlt wird. Hierzu ist eine Pumpe vorgesehen, die Öl innerhalb eines den Linearkompressor hermetisch abdichtenden Behälters durch den Kühlkanal zur Spule bzw. zum Spulenhalter fördert. Das rücklaufende Öl wird dabei im unteren Teil des hermetisch abgedichteten Behälters gesammelt.

[0005] Die DE 198 46 711 C2 offenbart eine Hochdruckpumpe mit einem Solenoid-Linear-Motor, dessen Spulenkörper auf einer einen Innenraum dichtend umschließenden, hochdruckfesten, antimagnetischen Hülse sitzt, die zwischen zwei Gehäuseflanschen eingespannt ist. Die Gehäuseflansche tragen auf ihrer Außenseite zur Längsachse des Spulenkörpers ausgerichtete Druckzylinder, in denen ein im Innenraum der Hülse befindlicher Permanentmagnetstab angeordnet ist, an dessen über den Spulenkörper und die Hülse hinausgehenden beiden Enden jeweils ein Druckkolben angeordnet ist. Durch die Hülse ist der Innenraum hermetisch abgedichtet. Von den Dichtungen der Druckkolben durchgelassene Leckflüssigkeit fließt in den Innenraum, umspült den Permanentmagnetstab und baut einen Gegendruck auf, so daß aufwendige Hochdruckdichtungen zwischen den Druckkolben und den Druckzylindern entfallen können

[0006] Die DE 103 14 007 A1 offenbart eine Kolbenvakuumpumpe mit einem linear geführten Kolben und einer den Kolben antreibenden steuerbaren Magnetanordnung, die zwei mit umschaltbaren Erregerströmen beaufschlagte, den Kolben antreibende Arbeitsspulen aufweist.

[0007] Aus der DE 102 14 047 A1 ist ein Kompressor für eine Kraftfahrzeug-Klimaanlage mit einem geschlossenen Kältemittelkreislauf bekannt, der ein Kompressorgehäuse mit einem darin ausgebildeten Kompressionsraum und einem in diesem hin- und her bewegbaren Hubkolben aufweist, bei dem als Antrieb für den Kompressor ein Linearmotor mit veränderbarer Ansteuerfrequenz eingesetzt ist, an dessen Reaktionsteil an der kompressorraumseitigen Stirnseite der Hubkolben befestigt ist. Der bekannte Kompressor ist einfach aufgebaut, besteht aus nur wenigen Bauteilen und ist relativ kleinbauend. Lagerungs-, Schmierungs- und Dichtungsprobleme sollen – jedenfalls bei einem Druckniveau auf der Hochdruckseite zwischen 80 und 160 bar – nicht auftreten. Die Abdichtung des Hubkolbens gegenüber der Kompressionsraumwandung erfolgt mittels üblicher Ringdichtungen am Hubkolben. Da bei derartig bewegten Dichtungen zumindest im Laufe der Zeit prinzipbedingt Leckagen zur Atmosphäre auftreten, ist der aus der DE 102 14 047 A1 bekannte Kompressor zumindest nicht zum Verdichten bis auf hohe Drücke (> 150 bar) geeignet und auch nicht vorgesehen.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine eingangs beschriebene Fluidarbeitsmaschine zum Verdichten bzw. Fördern von Fluiden zur Verfügung zu stellen, die bei möglichst einfachem Aufbau eine leakage- und möglichst auch schmiermittelfreie Verdichtung bzw. Förderung von Fluiden, insbesondere eine Verdichtung von Gasen auf hohe Drücke, ermöglicht.

[0009] Diese Aufgabe ist bei der eingangs beschriebenen Fluidarbeitsmaschine zunächst dadurch gelöst, daß der Kolben im Bereich des Linearmotors von einem fest angeordneten Spaltrohr umschlossen ist und daß der mit dem Spaltrohr verbundene Kompressionsraum über eine Leitung oder einen Kanal mit der Fluideintrittsseite verbunden ist.

[0010] Durch die Anordnung eines Spaltrohres kann dabei auf einfache Art und Weise die Leckagefreiheit zur Atmosphäre erreicht werden. Die bei Abdichtung des Kolbens zum Antrieb und somit zur Atmosphäre an bewegten Dichtungen prinzipbedingt auftretenden Leckagen werden durch das Spaltrohr vermieden. Durch die Anordnung des Spaltrohres kann zur Atmosphäre ausschließlich mit statischen Dichtungen abgedichtet werden.

[0011] Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Spaltrohr in radialer Richtung zwischen dem Läufer und der Spule des Stators angeordnet, so daß das Spaltrohr den Läufer umschließt. Bei dieser Ausführungsform befindet sich das Spaltrohr somit zwischen dem Stator und dem Läufer. Gemäß einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung sind sowohl der Läufer als auch die Spule des Stators innerhalb des Spaltrohres angeordnet, so daß das Spaltrohr den Läufer und den Stator umschließt.

[0012] Bei der ersten Ausführungsvariante dient das Spaltrohr somit als Trennwand zwischen dem elektrischen Antriebssystem und dem fluidberührten Kompressionsraum bzw. dem bewegten Kolben, wobei das Spaltrohr zur Energieübertragung vom Magnetfeld durchdrungen wird. Dadurch kommt es zu elektrischen Verlusten als Folge von Wirbelströmen im Spaltrohr sowie zu einer Erwärmung des Spaltrohres, so daß der Wirkungsgrad eines Linearmotors mit dazwischen angeordnetem Spaltrohr geringer ist als der Wirkungsgrad eines Linearmotors mit außen liegendem Spaltrohr. Dieser Nachteil der größeren Verluste tritt bei der zweiten Ausführungsvariante, bei der das Spaltrohr den Läufer und den Stator umschließt, nicht auf. Diese Ausführungsform ist somit – zumindest theoretisch – vorteilhaft, es sei denn, daß mit der Fluidarbeitsmaschine aggressive Medien verdichtet werden sollen. In diesem Fall wäre die Spule bei dem außen liegenden Spaltrohr ebenfalls dem aggressiven Medium ausgesetzt, was zu einer Beeinträchtigung der Lebensdauer der Spule führen

kann.

[0013] Die erfindungsgemäß Fluidarbeitsmaschine kann vorteilhafter Weise dadurch einfach aufgebaut sein, daß die Magnete des Läufers direkt auf dem Kolben angeordnet sind. Durch eine Befestigung der Magnete des Läufers direkt auf dem Kolben entfällt die Ausbildung und Anordnung eines separaten Magnetrahmens. Darüber hinaus können durch diese Ausgestaltung die radialen Abmessungen der Fluidarbeitsmaschine, insbesondere des Zylinders, verringert werden.

[0014] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Fluidarbeitsmaschine mehrstufig ausgebildet, d. h. die Verdichtung eines Gases erfolgt in mindestens zwei, vorzugsweise in vier Stufen. Alternativ dazu ist auch eine einstufige Verdichtung möglich, wobei dann vorzugsweise eine Ausgleichsstufe vorgesehen ist, um die für die Verdichtung notwendigen resultierenden Kräfte gering zu halten. Erfolgt die Verdichtung des Gases mehrstufig, so ist vorteilhafter vorgesehen, daß der Kolben mehrere Abschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern aufweist. Der Kolben kann dabei herstellungstechnisch aus mehreren Kolbenabschnitten zusammengesetzt sein.

[0015] Dadurch, daß erfindungsgemäß der mit dem Spaltrohr verbundene Kompressionsraum über eine Leitung oder einen im Zylinder oder im Gehäuse ausgebildeten Kanal mit der Fluideintrittsseite, d. h. mit der Saugseite der Fluidarbeitsmaschine verbunden ist, wird der Druck im Bereich des Spaltrohres auf den niedrigen Druck an der Fluideintrittsseite reduziert. Interne Leckagen, die entlang der bewegten Kolbenabdichtungen auftreten, werden auf den Saugdruck entspannt und an die Fluideintrittsseite abgeführt. Dadurch kann die erforderliche Wandstärke des Spaltrohres reduziert werden, wodurch sich bei einer Anordnung des Spaltrohres zwischen dem Läufer und der Spule des Stators die elektrischen Verluste verringern. Eine bei besonders hohen Drücken ansonsten erforderliche dick- oder doppelwandige Ausführung des Spaltrohres kann dadurch entfallen. Unabhängig davon ist jedoch zur Erhöhung der Sicherheit, insbesondere bei besonders gefährlichen Gasen (toxischen, umweltbelastenden oder radioaktiven Gasen) die Verwendung eines doppelwandigen Spaltrohres möglich.

[0016] Zur Reduzierung von elektrischen Verlusten, die durch die Verwendung des Spaltrohres auftreten können, ist es darüber hinaus möglich, das Spaltrohr nicht aus Metall sondern aus einem Kunststoff oder aus Keramik herzustellen.

[0017] Bei der Auswahl des Kunststoffes bzw. der Keramik muß dabei darauf geachtet werden, daß das Spaltrohr auch dem maximal auftretenden Druck si-

cher standhalten kann.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist – wie im Stand der Technik grundsätzlich bekannt – mindestens ein Wärmetauscher zur Rückkühlung des Fluids vorgesehen. Bei einer mehrstufigen Fluidarbeitsmaschine ist dabei vorzugsweise nach jeder Verdichtungsstufe ein derartiger Wärmetauscher angeordnet. Das zur Rückkühlung eines Gases durch den Wärmetauscher benötigte Kühlmittel kann dann vorzugsweise auch zur Kühlung des Linearmotors verwendet werden. Die Kühlung erfolgt dabei vorzugsweise von außen, d. h. über ein den Linearmotor umgebendes Gehäuse, so daß weder der Läufer noch der Stator direkt mit dem Kühlmittel in Berührung kommt. Alternativ zur Verwendung eines separaten Kühlmittels kann sowohl zur Rückkühlung des Fluids als auch zur Kühlung des Linearmotors das Fluid selber verwendet werden, sofern dieses in einem entsprechend kaltem Zustand vorliegt. Handelt es sich bei dem zu verdichtenden Gas, beispielsweise um Wasserstoff, welches vor der Verdichtung tiefkalt in der Flüssigphase vorliegt, so kann das Gas in der Flüssigphase als Kühlmittel genutzt werden.

[0019] Die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Fluidarbeitsmaschine eignet sich insbesondere zur Verdichtung von Gasen auf hohe Drücke, insbesondere zur Verdichtung von Wasserstoff auf 500 bar oder mehr. Damit eignet sich ein derartiger Linear-Kompressor insbesondere für die Ausrüstung von Wasserstofftankstellen.

[0020] Im einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, die erfindungsgemäße Fluidarbeitsmaschine auszustalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche sowie auf die Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

[0021] [Fig. 1](#) ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Fluidarbeitsmaschine,

[0022] [Fig. 2](#) eine vergrößerte Darstellung des Teilbereichs A der Fluidarbeitsmaschine gemäß [Fig. 1](#),

[0023] [Fig. 3](#) ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Fluidarbeitsmaschine,

[0024] [Fig. 4](#) eine vergrößerte Darstellung eines Teilbereichs der Fluidarbeitsmaschine gemäß [Fig. 3](#), und

[0025] [Fig. 5](#) ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Fluidarbeitsmaschine.

[0026] Die [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) zeigen drei unterschiedliche Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Fluidarbeitsmaschine 1, wobei es

sich bei den Figuren lediglich um vereinfachte Darstellungen handelt, so daß nur die für die vorliegende Erfindung wesentlichen Bauteile dargestellt sind. Die in den Figuren dargestellten Fluidarbeitsmaschinen 1 dienen zum Verdichten von Gasen, insbesondere von Wasserstoff, auf einen hohen Druck von beispielsweise 500 bar. Derartige Fluidarbeitsmaschinen 1 sind daher insbesondere für die Ausrüstung von Wasserstofftankstellen vorteilhaft einsetzbar.

[0027] Die einzelnen Fluidarbeitsmaschinen 1 weisen jeweils einen Linearmotor 2 zum Antrieb eines in einem Zylinder 3 bewegbar angeordneten Kolbens 4 auf. Durch den Einsatz des Linearmotors 2 als Antrieb wird auf den Kolben 4 somit eine translatorische Antriebskraft ausgeübt, so daß sich der Kolben 4 axial innerhalb des Zylinders 3, 3' hin und her bewegen kann. Innerhalb des Zylinders 3 befindet sich mindestens ein Kompressionsraum 5, für das zu verdichtende Gas, wobei sich die Größe des Kompressionsraums 5 in Abhängigkeit von der Position des Kolbens 4 verändert.

[0028] Bei den beiden Ausführungsbeispielen gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) ist die Fluidarbeitsmaschine 1 insgesamt 4-stufig ausgebildet, so daß die Verdichtung des Gases in vier aufeinanderfolgenden Stufen erfolgt. Entsprechend sind bei diesen beiden Ausführungsbeispielen an dem Kolben 4 vier Abschnitte 41, 42, 43, 44 mit jeweils unterschiedlichen Durchmessern ausgebildet. Korrespondierend dazu weist auch der Zylinder 3, 3' vier unterschiedliche Abschnitte mit unterschiedlichen Innendurchmessern auf, so daß insgesamt vier Kompressionsräume 5 ausgebildet sind. Im Unterschied dazu ist die Fluidarbeitsmaschine gemäß [Fig. 5](#) nur einstufig ausgebildet, wobei es sich hier jedoch um eine doppelt wirkende Fluidarbeitsmaschine 1 handelt, so daß auf beiden Seiten des Kolbens 4 jeweils ein Kompressionsraum 5 ausgebildet ist.

[0029] Allen drei Ausführungsvarianten ist gemeinsam, daß der Kolben 4 im Bereich des Linearmotors 2 von einem fest angeordneten Spaltrohr 6 umschlossen ist. Durch die Anordnung des Spaltrohrs 6 wird dabei eine sichere Abdichtung des Zylinderinnenraums 7 gewährleistet werden, so daß insgesamt die gewünschte Leckagefreiheit der Fluidarbeitsmaschine 1 auf einfache Art und Weise erreicht wird. Die Leckagefreiheit zur Atmosphäre muß dabei nicht mehr durch die an dem Kolben 4 angeordneten Kolbenabdichtungen 8 realisiert werden, die die Leckagefreiheit aufgrund ihrer Anordnung und Ausbildung als bewegte Dichtungen prinzipbedingt nicht bzw. nicht dauerhaft und insbesondere nicht schmiermittelfrei gewährleisten können. Die sonst übliche Durchführung der Kolbenstange zum Antrieb entfällt somit, ebenso die dafür erforderlichen bewegten Dichtsysteme. Die Leckagefreiheit zur Atmosphäre wird somit ausschließlich mit statischen Dichtungen

18 gewährleistet.

[0030] Der in den Figuren dargestellte Linearmotor 2 weist einen Stator mit einer Spule 9 und einen Läufer mit mehreren Magneten 10 auf, wobei die Magnete 10 unmittelbar auf dem Kolben 4 angeordnet sind.

[0031] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 1](#) bzw. entsprechend der vergrößerten Darstellung in [Fig. 2](#) ist das Spaltrohr 6 in radialer Richtung zwischen dem Läufer, d. h. den Magneten 10 und der Spule 9 des Stators angeordnet, so daß das Spaltrohr 6 nicht nur den Kolben 4 sondern auch die Magnete 10 des Läufers umschließt. Bei dieser Ausführungsform befindet sich das Spaltrohr 6 somit zwischen dem Stator und dem Läufer, so daß das Spaltrohr 6 vom magnetischen Feld durchsetzt wird. Im Unterschied dazu sind bei dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 3](#) bzw. entsprechend der vergrößerten Darstellung in [Fig. 4](#) sowohl der Läufer, d. h. die Magnete 10 als auch die Spule 9 des Stators innerhalb des Spaltrohrs 6 angeordnet. Bei dieser Ausführungsvariante sind somit nicht nur die Magnete 10 sondern auch die Spule 9 dem Fluid ausgesetzt, welches trotz der Kolbenabdichtung 8 in den Zylinderinnenraum 7 im Bereich des Spaltrohrs 6 eintritt.

[0032] In den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) ist angedeutet, daß der mit dem Spaltraum 6 verbundene Kompressionsraum 5 über eine Leitung 11 mit der Fluideintrittsseite 12 der Fluidarbeitsmaschine 1 verbunden ist. Dies führt dazu, daß interne Leckagen, die trotz der Kolbenabdichtungen 8 zwischen dem Außenumfang des Kolbens 4 und der Innenwandung des Zylinders 3 auftreten, auf den Saugdruck entspannt und an die Fluideintrittsseite 12 abgeführt werden. Dadurch wird der Druck in dem von dem Spaltrohr 6 umgebenen Zylinderinnenraum 7 reduziert, wodurch das Spaltrohr 6 bei der Ausgestaltung gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) bzw. die Spule 9 und das Spaltrohr 6 bei der Ausgestaltung gemäß den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) nicht unnötig belastet werden. Durch die so erfolgte Reduzierung des Drucks in dem vom Spaltrohr 6 umgebenden Zylinderinnenraum 7 kann eine entsprechend geringere Wandstärke für das Spaltrohr 6 ausgewählt werden, wodurch es zu einer Reduzierung von in dem Spaltrohr 6 auftretenden Wirbelstromverlusten kommt.

[0033] Wie im Stand der Technik bekannt, erfolgt der Einlaß sowie der Auslaß des zu verdichtenden Gases über Ventile 13, die im Bereich der einzelnen Kompressionsräume 5 angeordnet und vorzugsweise als Plattenventile ausgebildet sind. Durch die anliegenden Differenzdrücke zwischen dem Kompressionsraum 5 und dem jeweiligen Ein- bzw. Auslaß erfolgt dann ein selbsttätiges Öffnen bzw. Schließen der Ventile 13. Da bei den beiden Ausführungsbeispielen gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) eine vierstufige Verdichtung des Gases erfolgt, weisen die Fluidar-

beitsmaschinen 1 auch jeweils vier Einlaß- bzw. Auslaßventile 13 auf.

[0034] In den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) ist darüber hinaus angedeutet, daß die einzelnen Kompressionsräume 5 über Leitungen 14 miteinander verbunden sind, wobei in den einzelnen Leitungen 14 jeweils ein Wärmetauscher 15 zur Rückkühlung des komprimierten Gases vorgesehen ist. Darüber hinaus ist in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) noch angedeutet, daß die Fluidarbeitsmaschine 1 einen Kühlmittelkreislauf 16 zur Kühlung der Spule 9 des Stators und somit zur Kühlung des Linearmotors 2 insgesamt aufweist. Die Kühlung erfolgt dabei von außen, d. h. über ein die Spule 9 umgebendes Gehäuse 17, so daß die Spule 9 nicht direkt mit dem Kühlmittel in Berührung kommt. Sowohl zur Rückkühlung des verdichteten Gases in den Wärmetauschern 15 als auch zur Kühlung des Linearmotors 2 kann dabei dasselbe Kühlmittel verwendet werden.

[0035] Schließlich ist aus den Figuren noch ersichtlich, daß die dargestellten Ausführungsbeispiele der Fluidarbeitsmaschine 1 jeweils zwei Zylinder 3, 3' aufweisen, wobei der Linearmotor 2 mit dem Spaltrohr 6 bzw. das den Linearmotor 2 umgebende Gehäuse 17 zwischen den beiden Zylindern 3, 3' angeordnet ist. Die Abdichtung zwischen den Stirnseiten der beiden Zylinder 3, 3' und den korrespondierenden Stirnseiten des Gehäuses 17 erfolgt dabei über statische Dichtungen 18.

[0036] Den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) ist darüber hinaus noch entnehmbar, daß die elektrischen Leitungen 19 zu dem innerhalb des Spaltrohrs 6 angeordneten Stator mit Hilfe druckdichter Kabeldurchführungen 20 leckagefrei zum Anschlußkasten 21 geführt sind, wobei auch der Anschlußkasten 21 druckdichte Kabeldurchführungen 20 aufweist, so daß die durch das Spaltrohr 6 gewonnene Leckagefreiheit zur Atmosphäre nicht durch den Anschluß der erforderlichen Leitungen 19 aufgehoben wird.

[0037] Die in den Figuren dargestellten Fluidarbeitsmaschinen 1 eignen sich insbesondere zur Verdichtung von Gasen, vorzugsweise von Wasserstoff, auf hohe Drücke von beispielsweise 1000 bar, so daß derartige Fluidarbeitsmaschinen 1 zur Ausrüstung von Wasserstofftankstellen besonders geeignet sind.

Patentansprüche

1. Fluidarbeitsmaschine (1) zum Verdichten bzw. Fördern von Fluiden, insbesondere zum Verdichten von Gasen auf hohe Drücke, mit einem Linearmotor (2), mindestens einem Zylinder (3), einem in dem Zylinder (3) axial bewegbaren Kolben (4) und mindestens einem zwischen dem Zylinder (3) und dem Kolben (4) ausgebildeten Kompressionsraum (5), wobei der Linearmotor (2) einen Stator und einen Läufer

aufweist und eine translatorische Antriebskraft auf den Kolben (4) überträgt,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Kolben (4) im Bereich des Linearmotors (2) von einem fest angeordneten Spaltrohr (6) umschlossen ist und
daß der mit dem Spaltrohr (6) verbundene Kompressionsraum (5) über eine Leitung (11) oder einen Kanal mit der Fluideintrittsseite (12) verbunden ist.

2. Fluidarbeitsmaschine nach Anspruch 1, wobei der Stator eine Spule (9) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß das Spaltrohr (6) in radialer Richtung zwischen dem Läufer und der Spule (9) des Stators angeordnet ist, so daß das Spaltrohr (6) den Läufer umschließt.

3. Fluidarbeitsmaschine nach Anspruch 1, wobei der Stator eine Spule (9) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Läufer als auch die Spule (9) des Stators innerhalb des Spaltrohrs (6) angeordnet sind, so daß das Spaltrohr (6) den Läufer und den Stator umschließt.

4. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Läufer Magnete (10) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (10) des Läufers direkt auf dem Kolben (4) angeordnet sind.

5. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdichtung eines Gases mehrstufig erfolgt.

6. Fluidarbeitsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (4) mehrere Abschnitte (41, 42, 43, 44) mit unterschiedlichen Durchmessern aufweist.

7. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit zwei Zylindern (3, 3'), dadurch gekennzeichnet, daß der Linearmotor (2) mit dem Spaltrohr (6) zwischen den beiden Zylindern (3, 3') angeordnet ist.

8. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Wärmetauscher (15) zur Rückkühlung des Fluids vorgesehen ist.

9. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kühlmittelkreislauf (16) zur Kühlung des Linearmotors (2), insbesondere zur Kühlung der Spule (9) des Stators ausgebildet ist.

10. Fluidarbeitsmaschine nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kühlung des Linearmotors (2) und zur Rückkühlung des Fluids dasselbe Kühlmittel oder das zu verdichtende Fluid verwendet wird.

11. Fluidarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Spaltrohr (6) aus Metall, aus Kunststoff oder aus Keramik besteht.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

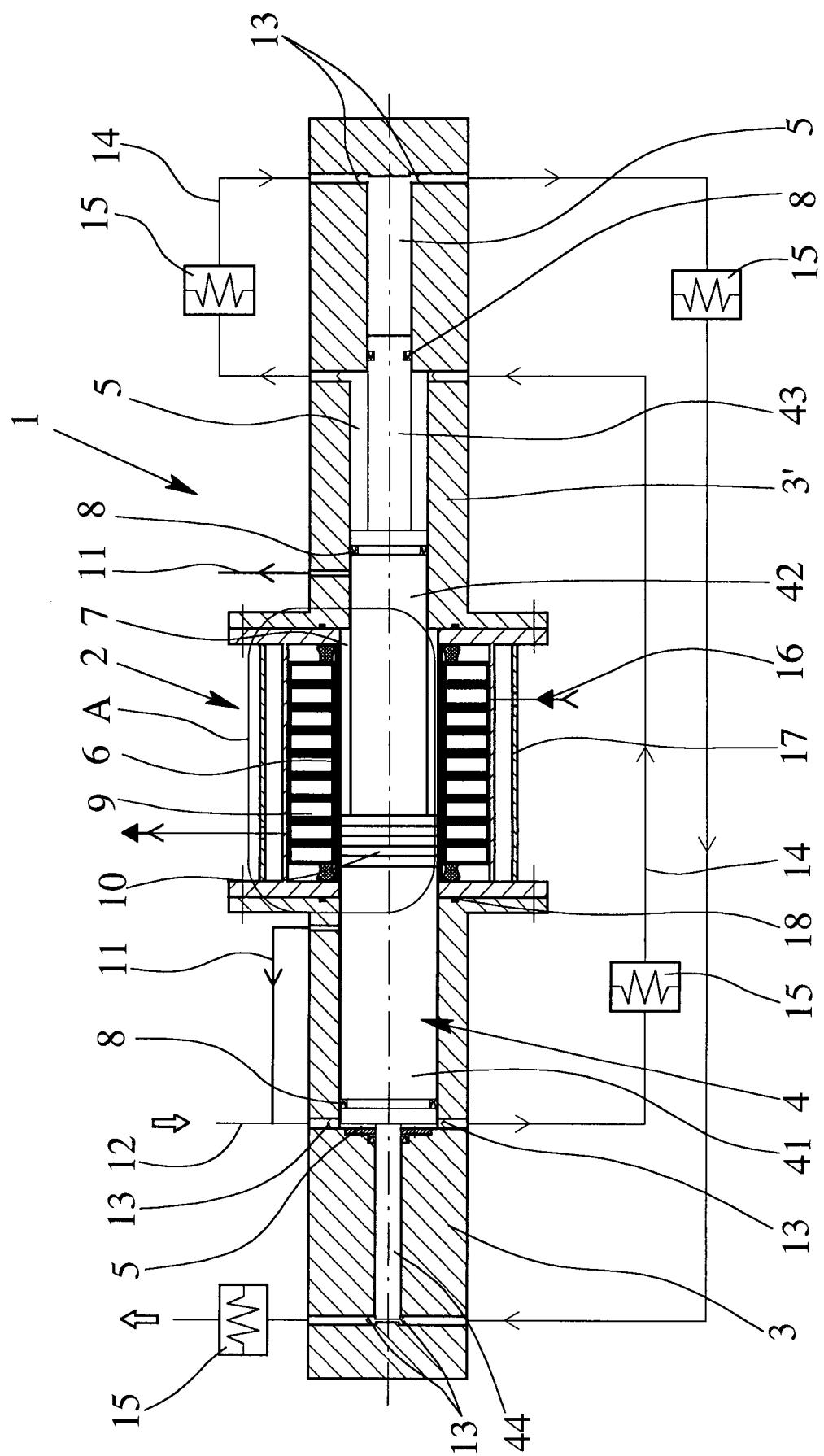
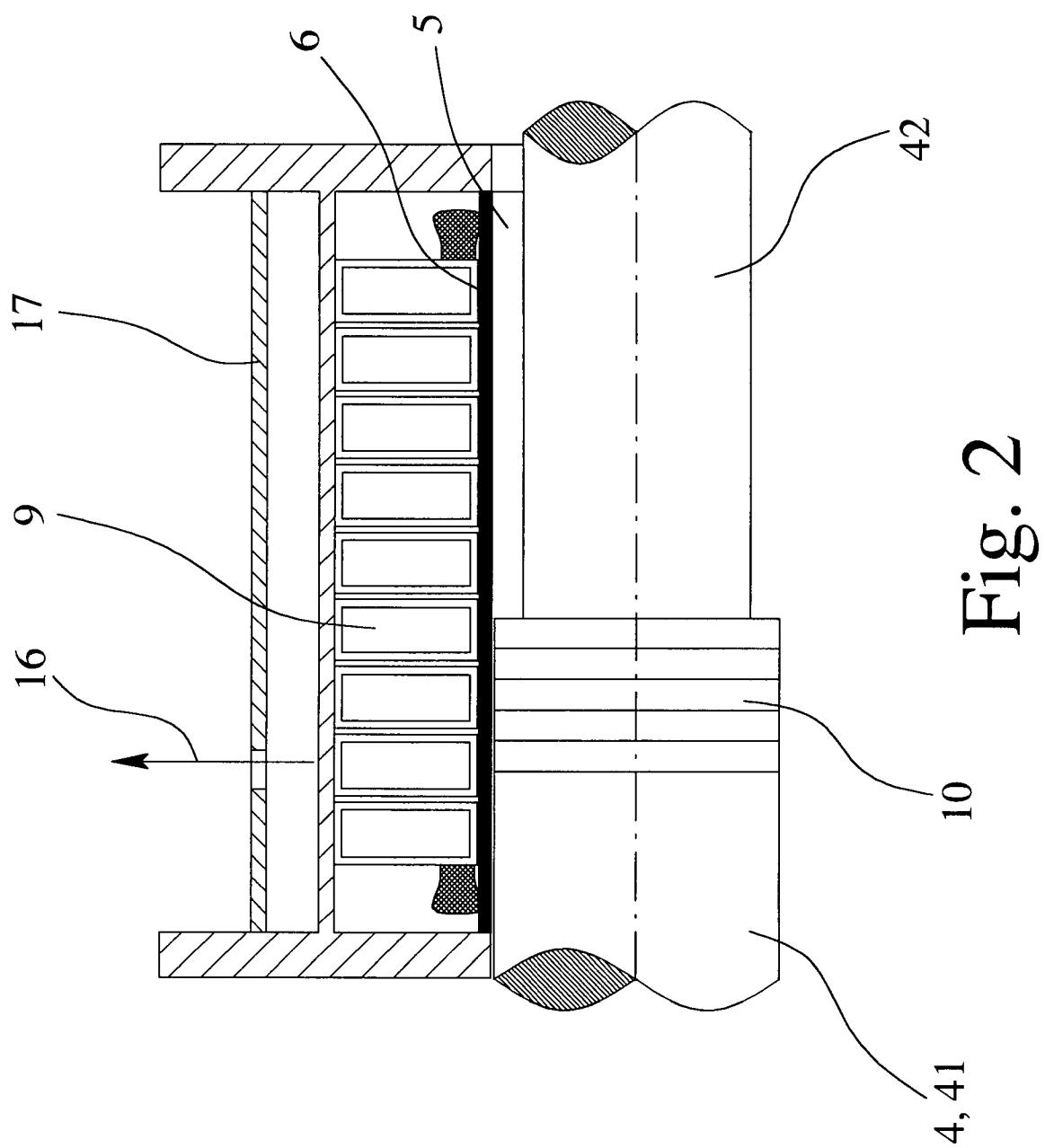


Fig. 1



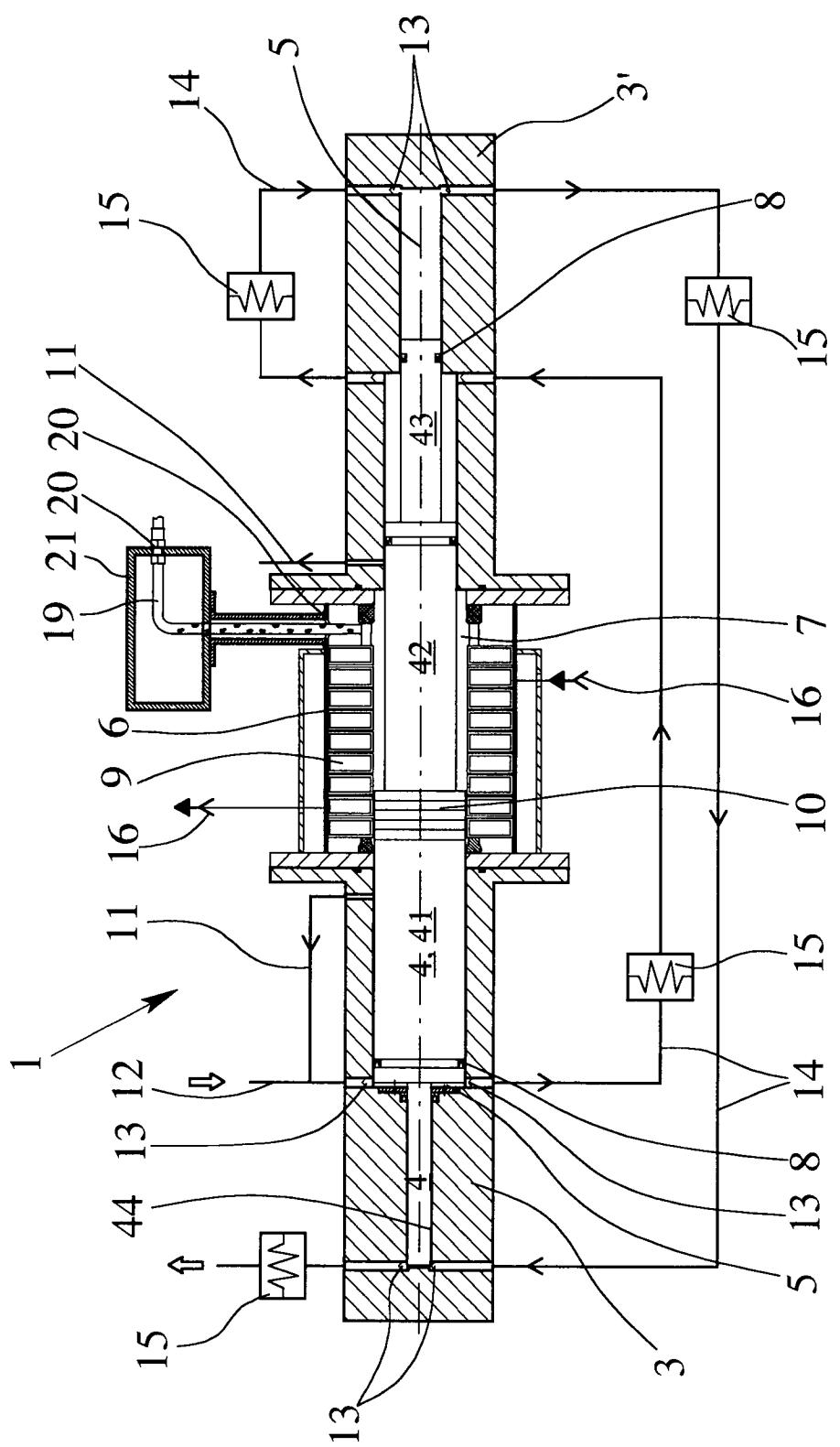


Fig. 3

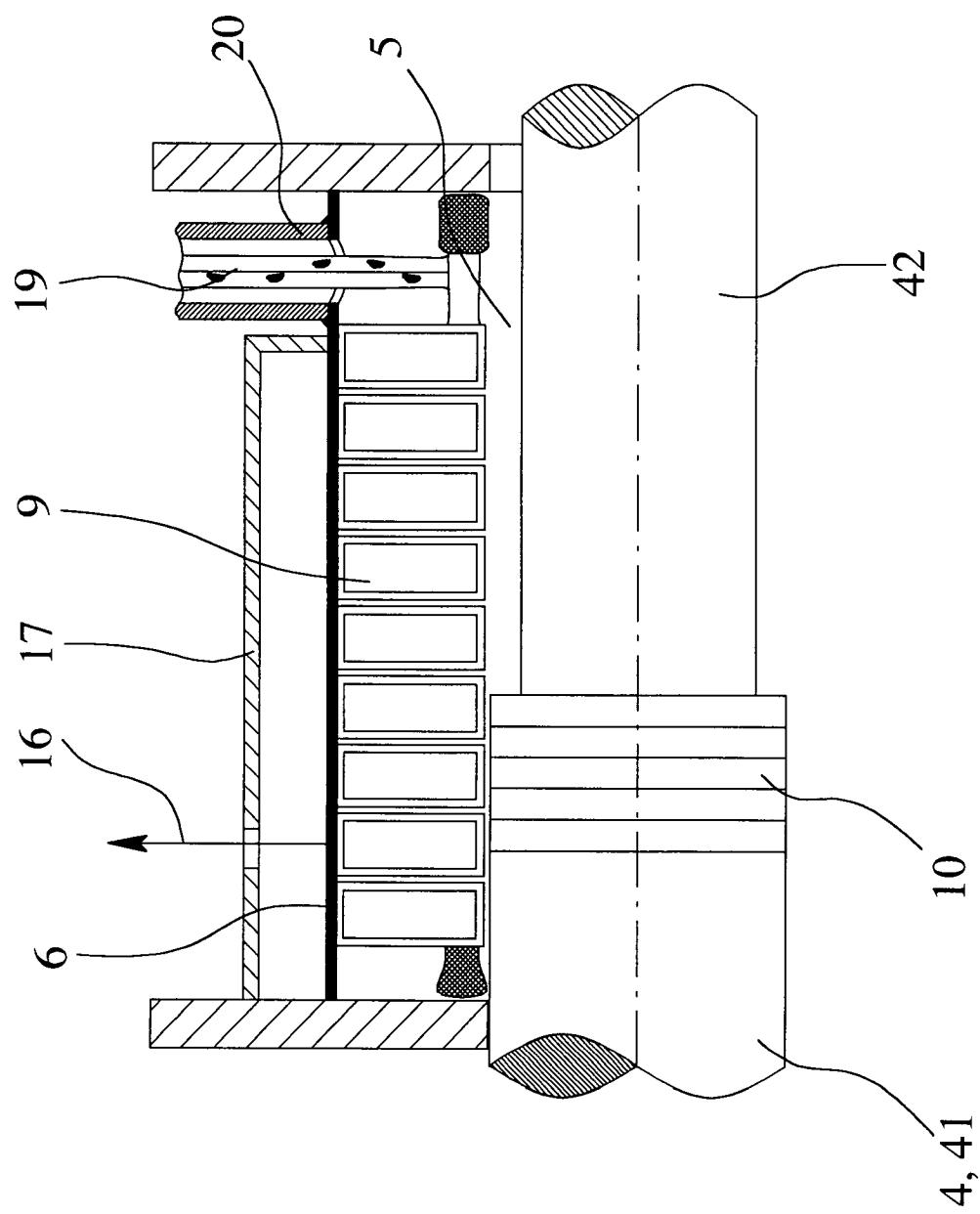


Fig. 4

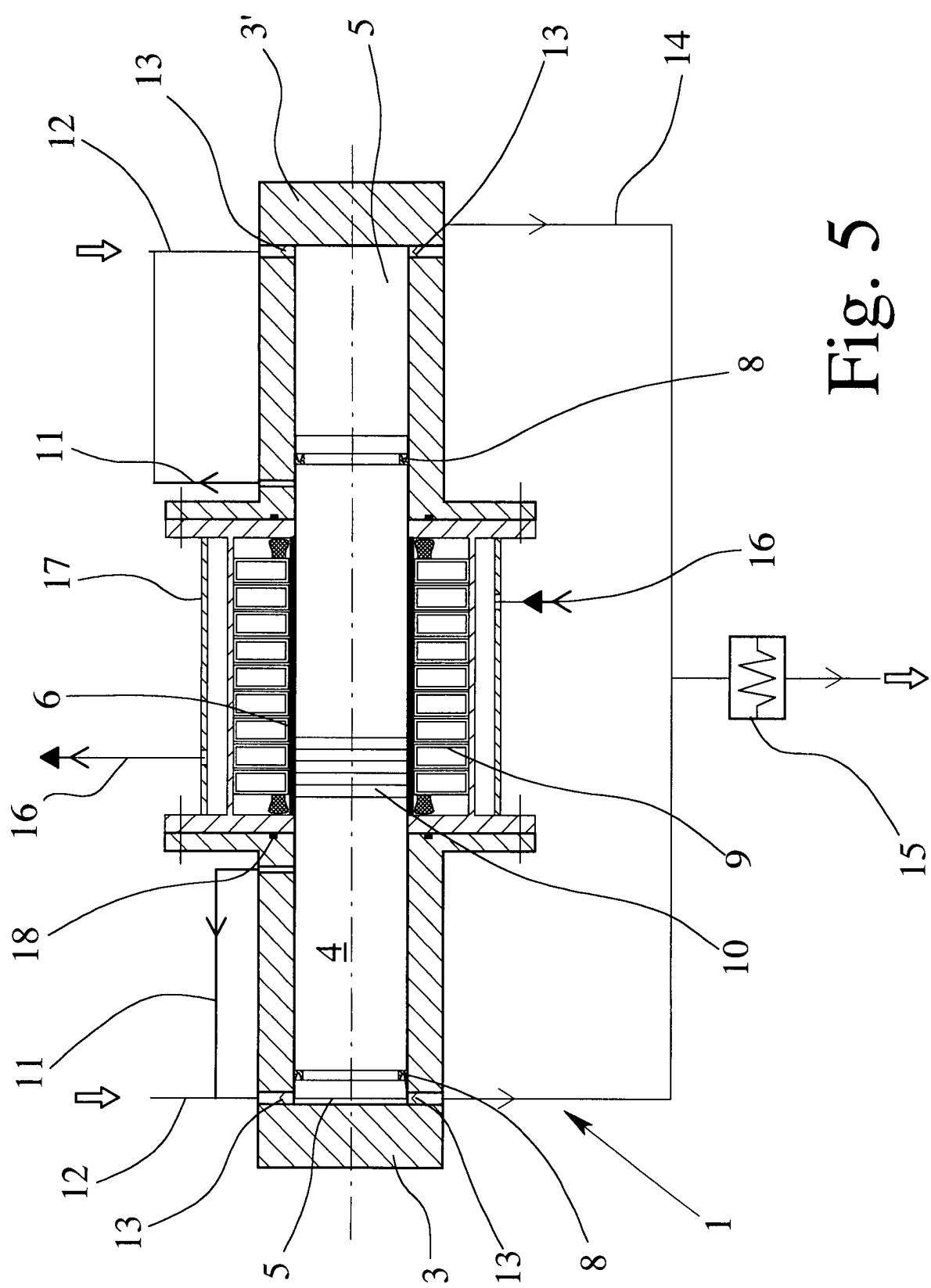


Fig. 5