

(19)



(11)

EP 4 048 892 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2024 Patentblatt 2024/46

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04B 39/04 ^(2006.01) **F04B 39/00** ^(2006.01)
F04B 35/01 ^(2006.01) **F04B 39/12** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20790173.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04B 35/01; F04B 39/0005; F04B 39/041;
F04B 39/121

(22) Anmeldetag: **21.10.2020**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2020/079673

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/078820 (29.04.2021 Gazette 2021/17)

(54) **PACKUNGSDICHTUNG FÜR EINEN KOLBENVERDICHTER UND VERFAHREN ZUM BETRIEB DESSELBEN**

PACKING FOR A PISTON COMPRESSOR AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

ÉTOUPAGE POUR UN COMPRESSEUR À PISTON ET PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UN TEL ÉTOUPAGE

(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: **21.10.2019 EP 19204408**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.08.2022 Patentblatt 2022/35

(73) Patentinhaber: **Burckhardt Compression AG**
8404 Winterthur (CH)

(72) Erfinder: **VOSER, Alexandre**
8352 Elsau (CH)

(74) Vertreter: **Hepp Wenger Ryffel AG**
Friedtalweg 5
9500 Wil (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2006/042866 DE-A1- 3 805 670
US-A- 4 889 039

EP 4 048 892 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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter sowie ein Verfahren zum Betrieb desselben.

Stand der Technik

[0002] Das Dokument US 1526909 offenbart einen Kolbenverdichter mit einer Packungsdichtung. Dieser Kolbenverdichter unterliegt einem relativ grossen Verschleiss, der Kolbenverdichter ist nur mit relativ geringer Drehzahl betreibbar, und ein Tausch der Packungsdichtung ist relativ aufwändig. Das Dokument WO2014/139565A1 offenbart einen Kolbenverdichter mit einem horizontal verlaufenden Zylinder in welchem ein in horizontaler Richtung hin und her beweglicher Kolben angeordnet ist. Dieser Kolbenverdichter weist den Nachteil auf, dass die am Kolben angeordneten Führungsringe und/oder Dichtringe einem relativ grossen Verschleiss unterliegen, und dass der Kolbenverdichter nur mit relativ geringer Drehzahl betreibbar ist. Das Dokument DE3805670A1 offenbart einen Kolbenverdichter mit vertikal verlaufendem Zylinder, wobei der Kolben als ein Labyrinthkolben oder als ein mit gefangenen Kolbenringen versehener Kolben ausgestaltet sein kann. Auch dieser Kolbenverdichter weist den Nachteil auf, dass ein Verschleiss auftreten kann. Das Dokument US4889039 offenbart einen weiteren Kolbenverdichter mit einer Packung, wobei der Kolben als Labyrinthkolben ausgestaltet ist, und wobei die Packung eine Dichtung mit einer Vielzahl von Nuten aufweist, welche ein Abdichten der Kolbenstange gemäss dem Labyrinthprinzip bewirken. Die Kolbenstange und der Kolben werden durch zwei Magnetlager möglichst zentriert gehalten, um ein berührungsloses Bewegen von Kolben und Kolbenstange zu gewährleisten. Das Dokument WO2006/042866 offenbart eine Kolbenstangendichtung umfassend einen Dichtring, dessen Dichtfläche mittels eines Aktuators radial zur Kolbenstange verschiebbar ist.

Darstellung der Erfindung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es eine vorteilhaftere Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter sowie ein vorteilhafteres Betriebsverfahren eines Kolbenverdichters umfassend die Packungsdichtung auszubilden. Vorzugsweise umfasst der Kolbenverdichter einen Kolben und eine Kolbenstange, die in horizontaler oder in vertikaler Richtung beweglich angeordnet sind.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst mit einer Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die abhängigen Vorrichtungsansprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen. Die Aufgabe wird weiter gelöst mit einem Kolbenverdichter gemäss Anspruch 11 umfassend eine in Anspruch 1 definierte Packungsdichtung, und ein Verfahren aufweisend die Merkmale von Anspruch 12. Die

abhängigen Verfahrensansprüche betreffen weitere vorteilhafte Verfahrensschritte.

[0005] Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einer Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter, umfassend eine Längsachse sowie in Richtung der Längsachse (L) nacheinander folgend ein Befestigungsteil (12c) und ein zylinderförmiges Teil (12p), wobei im zylinderförmigen Teil (12p) ein Magnetlager und eine Dichtung angeordnet sind, wobei das Magnetlager (13) zumindest einen ansteuerbaren Elektromagneten (13f) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtung als Kammering (12a) mit darin angeordnetem Dichtungsring (12b) ausgestaltet ist, dass der Dichtungsring (12b) radial zur Längsachse (L) im Kammering (12a) verschiebbar ist, und dass im zylinderförmigen Teil (12p), in Richtung der Längsachse (L) nachfolgend dem Befestigungsteil (12c), das Magnetlager (13) und der Kammering (12a) nacheinander folgend angeordnet sind.

[0006] Die Aufgabe wird zudem gelöst mit einem Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters (1) umfassend einen Kolben (3), der in Richtung einer Längsachse (L) innerhalb eines Zylinders (7) hin und her bewegt wird, wobei der Kolben (3) über eine Kolbenstange (16) angetrieben wird, sowie umfassend eine Packungsdichtung (12) mit einem ansteuerbaren Magnetlager (13) und einer Dichtung, wobei die Kolbenstange (16) durch die Packungsdichtung (12) verläuft, und wobei über das ansteuerbare Magnetlager (13) eine zumindest senkrecht zur Längsachse (L) wirkende, ansteuerbare magnetische Kraft (F_m) auf die Kolbenstange (16) ausgeübt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (16) in der Dichtung durch einen Kammering (12a) mit darin angeordnetem Dichtungsring (12b) abgedichtet wird, dass die Kolbenstange (16) zwischen dem Kolben (3) und dem Magnetlager (13) abgedichtet wird, dass die Kolbenstange (16) durch das Magnetlager (13) radial zur Längsachse (L) bewegt wird und dadurch die Auflagekraft des an der Innenoberfläche des Zylinders abgestützten Kolbens reduziert wird, wobei die Kolbenstange (16) am Dichtungsring (12b) anliegt, und der Dichtungsring (12b) radial zur Längsachse (L) bezüglich dem Kammering (12a) verschoben wird.

[0007] Vorzugsweise ist die Packungsdichtung in einem Kolbenverdichter zum Verdichten eines Gases angeordnet, umfassend einen Zylinder, einen Kolben, eine Kolbenstange, die Packungsdichtung, einen Kreuzkopf, ein Magnetlager sowie einen Antrieb, wobei der Kolben in einer Längsrichtung beweglich innerhalb des Zylinders angeordnet ist, wobei der Kolben über die Kolbenstange mit dem Kreuzkopf verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf die Packungsdichtung angeordnet ist, durch welche die Kolbenstange verläuft, wobei der Kreuzkopf durch den Antrieb angetrieben ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf das Magnetlager angeordnet ist, und wobei das Magnetlager zumindest senkrecht zur Längsrichtung eine magnetische Kraft auf die Kolbenstange bewirken kann, wobei ein Sensor angeordnet ist zum Erfassen einer Zustandsgrösse des

Kolbenverdichters, wobei das Magnetlager als ansteuerbares Magnetlager ausgestaltet ist, und wobei eine Ansteuervorrichtung die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft in Abhängigkeit der Zustandsgrösse ansteuert. Der Zylinder verläuft besonders bevorzugt im Wesentlichen in horizontaler Richtung.

[0008] Vorzugsweise ist die Packungsdichtung in einem Kolbenverdichter zum Verdichten eines Gases angeordnet, umfassend einen in Wesentlichen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder sowie umfassend einen Kolben, eine Kolbenstange, die Packungsdichtung, einen Kreuzkopf sowie einen Antrieb, wobei der Kolben in einer Längsrichtung beweglich innerhalb des Zylinders angeordnet ist, wobei der Kolben über eine Kolbenstange mit dem Kreuzkopf verbunden ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf eine Packungsdichtung angeordnet ist, durch welche die Kolbenstange verläuft, und wobei der Kreuzkopf durch den Antrieb angetrieben ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Kreuzkopf zudem ein ansteuerbares Magnetlager angeordnet ist, wobei das Magnetlager zumindest senkrecht zur Längsrichtung eine magnetische Kraft auf die Kolbenstange bewirken kann, und wobei eine Ansteuervorrichtung die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft ansteuert.

[0009] Vorzugsweise wird die Packungsdichtung in einem Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters verwendet, wobei der Kolbenverdichter einen Kolben umfasst, der in einer Längsrichtung innerhalb eines Zylinders hin und her bewegt wird, wobei der Kolben über eine Kolbenstange angetrieben wird, und wobei eine zumindest senkrecht zur Längsrichtung wirkende, magnetische Kraft auf die Kolbenstange ausgeübt wird, wobei eine Zustandsgrösse des Kolbenverdichters erfasst wird, wobei die magnetische Kraft in Abhängigkeit der Zustandsgrösse angesteuert wird, und wobei dadurch über die Kolbenstange eine Kraft, vorzugsweise eine Entlastungskraft, auf den Kolben bewirkt wird. Besonders bevorzugt verläuft die Längsrichtung im Wesentlichen in horizontaler Richtung.

[0010] Vorzugsweise wird die Packungsdichtung in einem Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters verwendet, wobei der Kolbenverdichter einen Kolben umfasst, der in einer Längsrichtung innerhalb eines Zylinders hin und her bewegt wird, wobei die Längsrichtung im Wesentlichen in horizontaler Richtung verläuft, wobei der Kolben über eine Kolbenstange angetrieben wird, wobei eine ansteuerbare, zumindest senkrecht zur Längsrichtung wirkende, magnetische Kraft auf die Kolbenstange ausgeübt wird und dadurch über die Kolbenstange eine Entlastungskraft auf den Kolben bewirkt wird, wobei die magnetische Kraft in Abhängigkeit einer Zustandsgrösse angesteuert wird.

[0011] Die erfindungsgemässe Packungsdichtung für einen Kolbenverdichter umfasst ein ansteuerbares Magnetlager, welches zwischen einem Kolben und einem Kreuzkopf des Kolbenverdichters angeordnet ist, wobei

eine Kolbenstange den Kolben mit dem Kreuzkopf verbindet, wobei die Kolbenstange durch das magnetische Magnetlager verläuft, und wobei das Magnetlager zumindest senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange eine ansteuerbare, magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange ausübt. Die erfindungsgemässe Packungsdichtung umfasst zudem vorzugsweise zumindest einen Sensor, der mit einer Ansteuervorrichtung verbindbar ist, wobei die Ansteuervorrichtung ausgestaltet ist um im ansteuerbaren Magnetlager angeordnete Elektromagnete mit elektrischem Strom bzw. elektrischer Leistung zu versorgen, wobei die Ansteuervorrichtung den zugeführten Strom bzw. die zugeführte Leistung in Abhängigkeit des vom Sensor gemessenen Wertes moduliert bzw. verändert, um die Lage des Kolbens bezüglich des Zylinders zu beeinflussen, sodass der Kolben innerhalb des Zylinders zumindest zeitweise eine vorteilhafte Lage aufweist. Das ansteuerbare Magnetlager ist vorzugsweise als Radiallager ausgestaltet, umfassend eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordnete, von der Ansteuervorrichtung ansteuerbare Elektromagnete. Das Magnetlager könnte jedoch auch derart ausgestaltet sein, dass die Magnetkraft nur in einer Richtung bzw. in einer Dimension wirkt, beispielsweise indem zwei ansteuerbare Elektromagnete bezüglich der Kolbenstange gegenüberliegend bzw. symmetrisch angeordnet sind, sodass eine von diesen Elektromagneten auf die Kolbenstange bewirkte Magnetkraft nur in einer Dimension wirkt.

[0012] Der Kolbenverdichter umfasst zumindest einen Zylinder sowie jeweils einen innerhalb des Zylinders hin- und her beweglich angeordneten Kolben, wobei der Zylinderinnenraum und somit auch die Bewegung des Kolbens in einer bevorzugten Ausgestaltung in horizontaler Richtung oder im Wesentlichen in horizontaler Richtung verläuft, wobei ein derartiger Kolbenverdichter auch als horizontaler Kolbenverdichter bezeichnet wird. Unter Kolbenverdichter wird hierin vorzugsweise ein Hubkolbenverdichter verstanden. Das Magnetlager übt zumindest senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange eine ansteuerbare, magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange aus, und bewirkt somit vorzugsweise eine vertikal nach Oben gerichtete Kraft auf die Kolbenstange, vorzugsweise in einer zur Schwerkraft entgegengesetzten Richtung.

[0013] In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der in horizontaler Richtung bewegliche Kolben einen sogenannten Führungsring, welcher an der Innenoberfläche des Zylinders aufliegt. Die vom Magnetlager zumindest in vertikaler Richtung auf die Kolbenstange ausgeübte Anziehungskraft und/oder die auf die Kolbenstange ausgeübte Abstossungskraft hat zur Folge, dass die Auflagekraft eines an der Innenoberfläche des Zylinders abgestützten Kolbens reduziert wird, oder dass der Kolben bzw. der Führungsring die Innenoberfläche des Zylinders nicht mehr berührt, sodass der Kolben bzw. der Führungsring des Kolbens entweder nur mit reduzierter Auflagekraft an der Innenoberfläche des Zylinders auf-

liegt, und besonders vorteilhaft sich ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders innerhalb des Zylinders hin und her bewegt. Falls ein Kolben einen Führungsrings aufweist, so ergibt sich aus der Verwendung des Magnetlagers der Vorteil, dass die Auflagekraft des Führungsrings an der Innenoberfläche und dadurch der Verschleiss des Führungsrings reduziert wird, sodass der Führungsrings eine höhere Standzeit bzw. eine höhere Lebensdauer aufweist, bis dieser zu ersetzen ist. Zudem ergibt sich der Vorteil, dass der Kolbenverdichter, falls erwünscht, mit einer höheren Drehzahl betreibbar ist, wobei dabei vorzugsweise kein erhöhter Verschleiss oder keine erhöhte Erwärmung auftritt.

[0014] Besonders vorteilhaft wird die erfindungsgemässe Packungsdichtung in Kombination mit einem Kolben verwendet, der als ein Labyrinthkolben ausgestaltet, wobei ein solcher Labyrinthkolben, wie an sich bekannt, an dessen Oberfläche eine Labyrinthstruktur aufweist, welche zur Abdichtung zwischen Kolben und Innenoberfläche des Zylinders dient. Die vom Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte Anziehungskraft wird dabei vorzugsweise derart angesteuert, dass der sich hin und her bewegende Kolben entlang des gesamten Hubweges die Innenoberfläche des Zylinders nicht berührt, indem das Magnetlager vorzugsweise bestrebt ist den Kolben in einer mittigen Lage bezüglich dem Innenraum des Zylinders zu halten. Die erfindungsgemässe Packungsdichtung ist jedoch auch für Kolbenverdichter umfassend Kolben mit Kolbenringen und gegebenenfalls zusätzlich aufweisend Führungsrings geeignet. Der hierin beschriebene Kolbenverdichter kann beispielsweise nur einen einzigen Kolben mit Kolbenstange und Zylinder aufweisen, oder vorzugsweise eine Mehrzahl von Kolben, Kolbenstangen und Zylindern, wobei in diesem Fall vorzugsweise jede Kolbenstange durch je eine erfindungsgemässe Packungsdichtung verläuft.

[0015] In einer weiteren, bevorzugten Ausgestaltung verläuft der Zylinderinnenraum und somit auch die Bewegung des Kolbens in vertikaler Richtung oder im Wesentlichen in vertikaler Richtung. Das Magnetlager übt zumindest senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange eine ansteuerbare, magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange aus, und bewirkt somit eine radial oder im Wesentlichen radial zur Kolbenstange verlaufende Kraft auf die Kolbenstange und den Kolben aus. Die vom Magnetlager zumindest in radialer Richtung auf die Kolbenstange ausgeübte Anziehungskraft und/oder die auf die Kolbenstange ausgeübte Abstossungskraft hat zur Folge, dass die Anlagekraft eines an der Innenoberfläche des Zylinders anliegenden Kolbenrings, und insbesondere eine einseitig Anlagekraft, reduziert wird, oder dass der Kolben bzw. dessen Kolbenring, und insbesondere ein als Labyrinthkolben ausgestalteter Kolben, die Innenoberfläche des Zylinders nicht mehr berührt, sodass der Kolben bzw. der Kolbenring entweder nur mit reduzierter Anlagekraft an der Innenoberfläche des Zylinders anliegt, und besonders vorteilhaft der Labyrinthkolben sich ohne eine Berührung der Innenober-

fläche des Zylinders innerhalb des Zylinders hin und her bewegt. Die Verwendung des Magnetlagers ergibt den Vorteil, dass ein Verschleiss des Kolbenrings reduziert wird, sodass der Kolbenkompressor eine höhere Standzeit bzw. eine höhere Lebensdauer aufweist, bis dieser zu warten ist. Zudem besteht die Option den Kolbenverdichter mit einer höheren Drehzahl zu betreiben. Sofern der Kolbenkompressor einen Labyrinthkolben aufweist, so ergibt die Verwendung des Magnetlagers den Vorteil, dass eine Berührung zwischen Labyrinthkolben und Innenoberfläche des Zylinders noch besser vermieden werden kann, da eine allenfalls exzentrische Anordnung des Labyrinthkolbens bezüglich dem Innenraum des Zylinders mit Hilfe des Magnetlagers zumindest teilweise korrigiert werden kann, und der Kolben vorzugsweise im Innenraum des Zylinders bezüglich dessen Längsachse zentriert wird, sodass keine gegenseitige Berührung auftritt. Die Verwendung des Magnetlagers ergibt den zusätzlichen Vorteil, dass der Kolbenkompressor auch mit einer reduzierten Spaltbreite zwischen Labyrinthkolben-aussenfläche und der Innenoberfläche des Zylinders sicher betreibbar ist, ohne dass eine gegenseitige Berührung auftritt. Diese reduzierte Spaltbreite erhöht den Wirkungsgrad des Kolbenkompressors bzw. reduziert den Verlust während der Kompression.

[0016] In einer weiteren, bevorzugten Ausgestaltung weist der Kolbenkompressor zumindest einen Kolben und einen Zylinder auf, und vorzugsweise eine Mehrzahl von Kolben und Zylindern, welche vorzugsweise auf einem gemeinsamen Gestell angeordnet sind, und welche vorzugsweise von einem gemeinsamen Kurbelwelle angetrieben werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein solcher Kolbenkompressor auf einem Schiff angeordnet, wobei der Zylinder, der Zylinderinnenraum und somit auch die Bewegung des Kolbens bei ruhiger See in vertikaler Richtung oder im Wesentlichen in vertikaler Richtung verlaufen. Eine unruhige oder stürmische See hat zur Folge, dass das Schiff mit zunehmender Wellenhöhe eine zunehmende Roll- oder Stampfbewegung ausführt, was zur Folge hat, dass der gesamte Kolbenkompressor und somit insbesondere auch die Längsrichtung der Kolbenstange eine abhängig vom Wellengang in Funktion der Zeit variable, von der Vertikalen um einen Winkel β abweichenden Verlauf aufweist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Winkel β , und vorzugsweise der Winkel β in Funktion der Zeit, als zusätzliche Zustandsgrösse gemessen.

[0017] Auf einem Schiff wird ein mehrstufiger Kolbenkompressor zum Beispiel zum Verdichten von sich in einem Flüssiggasbehälter ansammelnden Abdampfgas auf einen Druck von 200 bis 500 Bar verwendet, um mit dem komprimierten Gas einen Gasmotor bzw. einen Dieselmotor des Schiffes mit Brennstoff zu versorgen. Ein auf einem Schiff angeordneter Kolbenkompressor wird vorzugsweise derart betrieben, dass die vom Magnetlager zumindest in radialer Richtung auf die Kolbenstange ausgeübte Kraft derart in Funktion der Zustandsgrösse und der zusätzlichen Zustandsgrösse angesteuert wird,

dass die Anlagekraft eines an der Innenoberfläche des Zylinders anliegenden Kolbenrings, und insbesondere eine einseitig Anlagekraft, reduziert wird, oder dass der Kolben bzw. dessen Kolbenring, und insbesondere ein als Labyrinthkolben ausgestalteter Kolben, die Innenoberfläche des Zylinders nicht mehr berührt, sodass auf einem Schiff auch bei Wellengang gewährleistet ist, dass der/die Kolben bzw. der/die Kolbenringe des Kolbenkompressors entweder nur mit reduzierter Anlagekraft an der Innenoberfläche des Zylinders anliegt, und besonders vorteilhaft der/die Labyrinthkolben sich ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders innerhalb des Zylinders hin und her bewegen. Die Verwendung des Magnetlagers ergibt den Vorteil, dass auch bei Wellengang ein Verschleiss des Kolbenrings reduziert wird, bzw. dass eine Berührung der Labyrinthstruktur des Labyrinthkolbens mit der Innenwand des Zylinders vermieden wird, insbesondere auch bei geringer Spaltbreite zwischen Kolbenaussendurchmesser und Zylinderinnenwand, sodass ein auf einem Schiff angeordneter Kolbenkompressor eine höhere Standzeit bzw. eine höhere Lebensdauer aufweist, bis dieser zu warten ist. Das Magnetlager wird vorzugsweise derart angesteuert, dass das Magnetlager radial zur Längsachse der Kolbenstange eine dämpfende Wirkung auf die Kolbenstange ausübt, um eine Bewegung der Kolbenstange und des Kolbens in zur Längsachse radialen Richtung zu dämpfen, um beispielsweise die maximale Amplitude auftretender Resonanzschwingungen oder anderer Querschwingungen des Kolbens, beispielsweise verursacht durch Wellengang, zu reduzieren.

[0018] Da die Wellenbewegung beziehungsweise die gemessene und daraus abgeleitete zusätzliche Zustandsgrösse im Vergleich zur Drehzahl des Kolbenkompressors einen relativ langsam ablaufenden Prozess darstellt, und die Periodendauer einer Wellenbewegung des Wassers im Vergleich zur Periodendauer einer Umdrehung des Kolbenkompressors um einen Faktor 10 bis 1000 langsam ist, ist es möglich eine kurzfristige Veränderung der zusätzlichen Zustandsgrösse vorauszuberechnen, und diesen Wert in die Ansteuerung des Magnetlagers einfließen zu lassen, indem das Magnetlager mit einer vorausschauenden Steuerung angesteuert wird, welche die auf Grund des Wellengangs zu erwartende Bewegung des Kolbenkompressors beispielsweise für einen Zeitpunkt, der beispielsweise im Bereich zwischen 1 bis 50 Sekunden liegen kann, voraussagt, und das Magnetlager entsprechend ansteuert, sodass bei der Beeinflussung bzw. Ansteuerung der Lage der Kolbenstange bzw. des Kolbens die zu erwartende, durch den Wellengang verursachte Bewegung des Kolbenkompressors mit berücksichtigt wird.

[0019] Die erfindungsgemässe Packungsdichtung in Kombination mit dem Kolbenverdichter weist zudem den Vorteil auf, dass dieser mit einer höheren Drehzahl beziehungsweise mit einer höheren mittleren Kolbengeschwindigkeit betreibbar ist, da der Kolben bzw. der Führungsring die Zylinderinnenwand entweder gar nicht

mehr berührt, oder nur noch mit reduzierter Auflagekraft an der Zylinderinnenwand anliegt. Ein derartiger Betrieb mit höherer Umdrehungszahl ist insbesondere vorteilhaft bei einem Kolbenkompressor mit einem sogenannten trocken laufenden Kolben, das heisst einem Labyrinthkolben, oder einem Kolben mit selbstschmierenden Dichtungsringen, das heisst einem Kolben, dessen Kolben- bzw. Dichtungsringe nicht ölgeschmiert sind, was auch als ein ungeschmierter Kolben bezeichnet wird. Das ansteuerbare Magnetlager kann entweder als tragendes Lager verwendet werden, durch welches der Kolben ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders gehalten wird, oder es kann als Entlastungslager verwendet werden, durch welches die vom Kolben auf die Innenoberfläche des Zylinders bewirkte Kraft reduziert wird, wobei der Kolben in diesem Fall die Innenwand berührt. Das ansteuerbare Magnetlager kann auch eine zentrierende Funktion bei einem im Wesentlichen vertikal verlaufenden Kolben übernehmen, durch welche der Kolben zentriert, und vorzugsweise ohne eine Berührung der Innenoberfläche des Zylinders gehalten wird.

[0020] Das Magnetlager ist in einem Ausführungsbeispiel an einer vorgegebenen Stelle im horizontalen Kolbenverdichter angeordnet, wogegen sich die Lage des Schwerpunkts des Kolbens durch die Hin- und Herbewegung während des Betriebs ständig verändert, sodass sich während des Betriebs die Länge des durch die Kolbenstange zwischen dem magnetischen Magnetlager und dem Schwerpunkt des Kolbens gebildeten Hebelarms ständig verändert. Eine zur Stromversorgung des Magnetlagers vorgesehene Ansteuervorrichtung ist daher vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass die vom magnetischen Magnetlager auf die Kolbenstange bewirkte magnetische Kraft in Abhängigkeit der Stellung des Kolbens beziehungsweise in Abhängigkeit der Länge des vorhin genannten Hebelarms angesteuert verändert wird. Vorteilhafterweise wird zumindest eine in vertikaler Richtung wirkende Kraft auf die Kolbenstange ausgeübt. Besonders vorteilhaft ist das Magnetlager als Radiallager ausgestaltet, das, senkrecht zur Längsrichtung der Kolbenstange, eine in zwei Dimensionen ansteuerbare Kraft auf die Kolbenstange ausüben kann, vorzugsweise eine Kraft in vertikaler Richtung und eine Kraft in horizontaler Richtung. Vorteilhafterweise wird ein solches Radiallager derart angesteuert, dass der Kolben während dem Betrieb in jeder seiner möglichen Stellungen die Innenoberfläche des Zylinders nicht berührt, weder eine untere noch eine obere noch eine seitliche Innenfläche des Zylinders.

[0021] Das Magnetlager wird vorzugsweise in Abhängigkeit einer gemessenen Zustandsgrösse angesteuert, insbesondere wenn der Kolben während dem Betrieb die Innenoberfläche des Zylinders nicht berühren soll, wobei die Zustandsgrösse zumindest eine der nachfolgenden Grössen umfasst: Verschiebeweg des Kolbens im Zylinder, Verschiebeweg der Kolbenstange in Verlaufsrichtung der Kolbenstange, Verschiebeweg der Kolbenstange senkrecht zur Verlaufsrichtung der Kolbenstange, so-

wie Drehwinkel der Antriebswelle. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist als Zustandsgrösse der Abstand der Kolbenstange bezüglich dem Magnetlager geeignet, zumindest in vertikaler Richtung, und insbesondere die Spaltbreite im Magnetlager zwischen Kolbenstange und Magnetlager.

[0022] Der Sensor zum Erfassen der Zustandsgrösse ist vorteilhafterweise zum Erfassen zumindest einer der nachfolgenden Grössen ausgestaltet: Neigungswinkel β der Längsrichtung gegenüber der Vertikalen, Neigungswinkel β in Funktion der Zeit, Spaltbreite zwischen Zylinderinnenfläche und Kolbenseitenfläche, Ort einer gegenseitigen Berührungsstelle von Kolben und Zylinder.

[0023] Die Packungsdichtung wird vorzugsweise in Kombination mit dem Kolbenkompressor verwendet, wobei die Kolbenstange durch diese Packungsdichtung bzw. deren Dichtungsringe verläuft, um den Zylinderinnenraum gegen Aussen abzudichten, wobei die Packungsdichtung nebst den Dichtungsringen zudem noch das Magnetlager aufweist. Die erfindungsgemässe Packungsdichtung ist besonders vorteilhaft als ein Austauschteil ausgestaltet, sodass die Packungsdichtung gesamthaft, das heisst als eine Einheit, aus dem Kolbenkompressor entfernt und wieder eingebaut oder durch eine neue Packungsdichtung ersetzt werden kann. Besonders vorteilhaft weist die erfindungsgemässe Packungsdichtung dieselben oder im Wesentlichen dieselben Aussenmasse auf wie bisher bekannte Packungsdichtungen ohne Magnetlager, sodass die erfindungsgemässe Packungsdichtung umfassend das Magnetlager zum Einbau in bestehende Kolbenkompressoren verwendet werden kann, um diese nachzurüsten und qualitativ zu verbessern.

[0024] In einer weiteren, vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die erfindungsgemässe Packungsdichtung zudem noch Kühlkanäle. Bei einer im Kolbenkompressor montierten erfindungsgemässen Packungsdichtung sind diese Kühlkanäle mit einem Kühlkreislauf verbunden, um das magnetische Magnetlager und/oder die Packungsdichtung zu kühlen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen schematisch vereinfachten Längsschnitt durch einen Kolbenverdichter;
- Fig. 2 schematisch eine Regelungsvorrichtung;
- Fig. 3 ein beispielhafter Verlauf der magnetischen Kraft in Funktion einer Zustandsgrösse, nämlich des Drehwinkels einer Antriebswelle;
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch eine bekannte Packungsdichtung;
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch eine Packungsdichtung gemäss der Erfindung;
- Fig. 6 ein radiales Magnetlager;
- Fig. 7 ein geneigt angeordneter Kolbenverdichter,

beispielsweise auf einem Schiff mit Wellengang;

Fig. 8 eine vereinfachte Darstellung eine Packungsdichtung mit Magnetlager.

[0026] Grundsätzlich sind in den Zeichnungen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0027] Fig. 1 zeigt einen Kolbenverdichter 1 zum Verdichten eines Gases, umfassend einen in horizontaler Richtung verlaufenden Zylinder 2 sowie umfassend einen innerhalb des Zylinders 2 in Verlaufsrichtung des Zylinders 2 bzw. in Längsrichtung L beweglichen Kolben 3. Der Kolbenverdichter 1 umfasst zudem eine Kolbenstange 16, eine Packungsdichtung 12, ein Magnetlager 13, einen Kreuzkopf 17 mit einer Linearführung 18, eine Schubstange 19 sowie einen Antrieb, beispielsweise eine Kurbel 20 mit einer Antriebswelle 21. Der Kolben 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel doppelwirkend ausgestaltet und umfasst Dichtungs- bzw. Kolbenringe 4 sowie einen Führungsring 5, wobei der Kolben 3 den Innenraum des Zylinders 2 in einen ersten Innenraum 6 sowie einen zweiten Innenraum 7 unterteilt, wobei diese beiden Innenräume je ein Eingangsventil 8, 9 sowie je ein Ausgangsventil 10, 11 aufweisen. Der Zylinder 2 ist über ein Zwischenstück 14 mit einem Gehäuse 15 verbunden, wobei in dem Zwischenstück zudem die Packungsdichtung 12 und das Magnetlager 13 angeordnet sind. Das Magnetlager 13 bewirkt zumindest in vertikaler Richtung eine magnetische Kraft F_m auf die Kolbenstange 16. Eine Ansteuervorrichtung 22 erfasst über eine Signalleitung 24 und einen nicht dargestellten Sensor eine Zustandsgrösse Z des Kolbenkompressors 1, beispielsweise den Verschiebeweg $s(t)$ des Kolbens im Zylinder 7 in Funktion der Zeit, den Verschiebeweg $s(t)$ der Kolbenstange 16 und/oder einen Drehwinkel $\alpha(t)$ der Antriebswelle 21 in Funktion der Zeit. Die Ansteuervorrichtung 22 steuert den Strom in den Elektromagneten des Magnetlagers 13 und dadurch die von den Magneten auf die Kolbenstange 16 bewirkte magnetische Kraft über eine Signalleitung 25 an.

[0028] Die Ansteuervorrichtung 22 kann in einer einfachen Ausführungsform in einem Ansteuermodus betrieben werden, bei welchem eine Zustandsgrösse Z gemessen wird, und die magnetische Kraft F_m in Funktion der Zustandsgrösse Z verändert wird. Dabei kann auf eine Rückkoppelung verzichtet werden. Figur 3 zeigt beispielhaft einen derartigen Ansteuermodus, bei welchem der Verlauf einer Kurve K1 vorgegeben wird, wobei die Kurve K1 den Zusammenhang der Zustandsgrösse Z, im vorliegenden Fall der Drehwinkel α der Antriebswelle 21, sowie die in Funktion des Drehwinkels α zu erzeugende magnetische Kraft F_m vorgibt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel entspricht der Winkel $\alpha=0^\circ$ dem unteren Totpunkt und $\alpha=180^\circ$ dem oberen Totpunkt des Kolbens 3 bezüglich dem zweiten Innenraum 7, wobei

die magnetische Kraft F_m am unteren Totpunkt am kleinsten ist, weil der durch die Kolbenstange 16 zwischen dem Schwerpunkt S des Kolbens 3 und dem Magnetlager 13 gebildete Hebelarm am kürzesten ist, und wobei die magnetische Kraft F_m am oberen Totpunkt am grössten ist, weil der durch die Kolbenstange 16 zwischen dem Schwerpunkt S des Kolbens 3 und dem Magnetlager 13 gebildete Hebelarm am längsten ist. Der Drehwinkels α wird mit einem nicht dargestellten Sensor gemessen und über die Signalleitung 24 der Ansteuervorrichtung 22 zugeführt. Der Kurvenverlauf K1 kann beispielsweise auf Grund von Erfahrungswerten vorgegeben werden. Diese Ausführungsform ist besonders vorteilhaft, wenn, wie in Figur 1 dargestellt, ein Kolben 3 aufweisend einen Führungsring 5 verwendet wird, wobei der Führungsring 5 an der Innenoberfläche des Zylinders 2 anliegt, und wobei die magnetische Kraft F_m dazu dient die Auflagekraft des Führungsrings 5 an der Innenoberfläche des Zylinders 2 zu reduzieren, um dadurch insbesondere einen Verschleiss des Führungsrings 5 zu reduzieren. Die in Figur 3 dargestellte Kurve K1 zeigt nur den Verlauf der magnetischen Kraft F_m in Funktion des Kurbelwellenwinkels α zwischen 0° und 180° . Im nachfolgenden, nicht dargestellten Abschnitt zwischen 180° und 360° , verläuft die Kraft F_m , ausgehend vom Wert bei 180° , in umgekehrter Richtung bis zum Wert von F_m beim Winkel von 0° , wobei dieser Wert identisch zum Wert beim Winkel von 360° .

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Messvorrichtung, beispielsweise ein Sensor 26 vorgesehen, um die Lage der Kolbenstange 16 und/oder des Kolbens 3 zumindest in vertikaler Richtung zu messen. Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches die Lage der Kolbenstange 16 in vertikaler Richtung misst. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Sensor 26 nahe dem Magnetlager 13 oder sogar innerhalb des Magnetlagers 13 angeordnet, wobei der Sensor 26 vorteilhafterweise die Distanz D zwischen einem oberen Spulenkern 13a des Magnetlagers 13 und der Oberfläche der Kolbenstange 16 misst. Das Magnetlager 13 umfasst vorteilhafterweise zumindest einen oberen Spulenkern 13a mit Spule 13b sowie einen unteren Spulenkern 13c mit Spule 13d. Das Magnetlager 13 kann, wie in Figur 6 dargestellt, auch als radiales Magnetlager ausgestaltet sein, mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Elektromagneten 13f, wobei deren Spulen 13b, 13d vorzugsweise einzeln ansteuerbar sind, sodass durch eine entsprechende Ansteuerung der Spulen 13b, 13d die Richtung der auf die Kolbenstange 16 bewirkte magnetische Kraft F_m bestimmt werden kann.

[0030] In einem vorteilhaften Betriebsverfahren wird der Ansteuervorrichtung 22 über die Sollwertvorgabe 28 ein Sollwert für die Distanz D vorgegeben, wobei die Ansteuervorrichtung 22 die Spulen 13b, 13d derart über die Signalleitung 25 mit Strom ansteuert, der die Kolbenstange 16 unabhängig von Hub $s(t)$ bzw. vom Kurbelwellenwinkel $\alpha(t)$ eine im Wesentliche gleichbleibende, konstante Distanz D bezüglich dem oberen Spulenkern 13a

aufweist. Die Kolbenstange 16 wirkt dabei als magnetischer Anker der beiden Spulenkern 13a, 13b. Vorzugsweise kann das Magnetlager 13 sowohl eine nach oben gerichtete Kraft als auch eine nach unten gerichtet magnetische Anziehungskraft auf die Kolbenstange 16 bewirken, sodass die Lage der Kolbenstange 16 relativ zum Magnetlager 13 besonders präzise ansteuerbar ist.

[0031] Der Kolbenverdichter 1 wird somit vorteilhafterweise derart betrieben, dass eine ansteuerbare magnetische Kraft F_m auf die Kolbenstange 16 ausgeübt wird, sodass über die Kolbenstange 16 eine zumindest in vertikaler Richtung wirkende Kraft F_m , bzw. eine Entlastungskraft F_n , auf den Kolben 3 bewirkt wird, welcher der Schwerkraft F entgegenwirkt, wobei die magnetische Kraft F_m abhängig von einer Zustandsgrösse Z wie beispielsweise der Distanz D, dem Hub $s(t)$ oder dem Drehwinkel $\alpha(t)$ angesteuert bzw. verändert wird. Die in den Figuren 1 bis 3 beschriebene Anordnung sowie das beschriebene Verfahren ist auch zum Betrieb bzw. zur Ansteuerung eines Kolbenverdichters mit einem in vertikaler Richtung verlaufenden Zylinder und in vertikaler Richtung beweglichem Kolben geeignet.

[0032] Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kolbenverdichters, der im Vergleich zu dem in Figur 1 dargestellten Kolbenverdichter 1 mit einem im Wesentlichen in vertikaler Richtung verlaufenden Zylinder 2 bzw. Zylinderinnenraum, mit einer im Wesentlichen in vertikaler Richtung verlaufenden Kolbenstange 16, sowie mit einem in dieser Richtung beweglichen Kolben 3 ausgestaltet ist. Zudem zeigt Figur 7 eine Packungsdichtung 12, in welcher das Radiallager 13 integriert ist. Das Radiallager 13 wird über die Leitung 25 mit Strom versorgt, und ist über die Leitung 27 mit einem Kühlmittelkreislauf verbunden. In Figur 7 ist der Kolbenverdichter 1 auf einem Schiff mit einer Krängung mit Krängungswinkel angeordnet, weshalb der Zylinder 2 und die Kolbenstange 16 gegenüber der Vertikalen V einen Neigungswinkel β aufweisen. Der Kolbenverdichter 1 ist vorzugsweise derart im Schiff angeordnet, dass der Zylinder 2 und die Kolbenstange 16 bei absolut ruhiger See genau in vertikaler Richtung oder zumindest annähernd in vertikaler Richtung verlaufen. Der Kolbenverdichter 1 könnte natürlich auch auf dem Land angeordnet sein, und der Zylinder 2 und die Kolbenstange 16 vorzugsweise genau in vertikaler Richtung oder zumindest annähernd in vertikaler Richtung verlaufen. Vorzugsweise wird der Neigungswinkel β bezüglich der Vertikalen V mit einem nicht dargestellten Sensor 26 gemessen, wobei der Neigungswinkel β vorzugsweise in Funktion der Zeit t gemessen wird. Das Magnetlager 13 wird über die Ansteuervorrichtung 22 derart angesteuert, dass auf die Kolbenstange 16 eine magnetische Kraft F_m bewirkt wird, und dass die Kolbenstange 16 eine Entlastungskraft F_n auf den Kolben 3 überträgt, sodass, bedingt durch die einwirkende Entlastungskraft F_n , die Lage des Kolbens 3 innerhalb des Zylinders 2, sofern möglich, beeinflusst wird.

[0033] Als Zustandsgrösse Z zur Ansteuerung des Magnetlagers 13, ist, nebst oder anstelle der bereits erwähn-

ten Zustandsgrößen Z, zumindest eine der nachfolgenden Größen geeignet: Neigungswinkel β des Zylinders gegenüber der Vertikalen V, Spaltbreite zwischen Zylinderinnenfläche und Kolbenseitenfläche, Ort einer gegenseitigen Berührungsstelle von Kolben und Zylinder.

[0034] Vorteilhafterweise wird das Magnetlager 13 derart angesteuert, dass der gegenseitige Abstand von Kolbenstange 16 und Magnetlager 13 und/oder der Abstand von Zylinderinnenfläche und Kolbenseitenfläche, senkrecht zur Längsrichtung L, konstant oder im Wesentlichen konstant gehalten wird. Vorzugsweise wird der Kolben 3 ohne Wandberührung im Zylinder 7 gehalten. Vorzugsweise wird als Zustandsgrösse Z zudem der zwischen der Vertikalen V und der Längsrichtung L eingenommene Neigungswinkel $\beta(t)$ in Funktion der Zeit t gemessen. Besonders vorteilhaft wird bei einem auf einem Schiff angeordneten Kolbenverdichter die magnetische Kraft F_m mittels einer vorausschauenden Steuerung angesteuert. Vorteilhafterweise umfasst die Zustandsgrösse Z den Neigungswinkel $\beta(t)$ in Funktion der Zeit t, sodass die Zustandsgrösse Z von der Zeit t abhängig ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Zustandsgrösse Z nebst dem Neigungswinkel $\beta(t)$ in Funktion der Zeit t zumindest noch eine weitere, hierin genannte Zustandsgrösse, sodass eine derartige, resultierende Zustandsgrösse aus einer Kombination von zumindest zwei hierin genannten Zustandsgrößen besteht. Beispielsweise könnte eine resultierende Zustandsgrösse die Zustandsgrösse Z der Bewegung der Kolbenstange senkrecht zur Längsrichtung L umfassen, und mit der Zustandsgrösse Z des Neigungswinkel $\beta(t)$ in Funktion der Zeit t kombiniert werden, sodass mit Hilfe der vorausschauenden Steuerung und der Kenntnis der Zustandsgrösse Z des Neigungswinkel $\beta(t)$ in Funktion der Zeit t die durch den Neigungswinkel $\beta(t)$ zum Zeitpunkt $t + \Delta t$ verursachte, zu erwartende Bewegung der Kolbenstange senkrecht zur Längsrichtung L vorausberechnet werden kann, und das Magnetlager 12 mit dieser vorausschauende Zustandsgrösse $Z_v(t + \Delta t)$ angesteuert werden kann.

[0035] Vorteilhafterweise wird aus der Zustandsgrösse Z(t) in Abhängigkeit des Neigungswinkels $\beta(t)$ für einen zukünftigen Zeitpunkt $t + \Delta t$ eine vorausschauende Zustandsgrösse $Z_v(t + \Delta t)$ berechnet, und wird die magnetische Kraft F_m zum aktuellen Zeitpunkt t in Abhängigkeit der vorausschauende Zustandsgrösse $Z_v(t + \Delta t)$ angesteuert.

[0036] Besonders vorteilhaft wird der erfindungsgemässe Kolbenverdichter umfassend das ansteuerbare Magnetlager in Kombination mit einem Transportschiff verwendet, das für Transporte über das Meer eingesetzt wird.

[0037] Der in Figur 4 dargestellte Längsschnitt zeigt eine an sich bekannte Packungsdichtung 12, umfassend eine Mehrzahl von Kammerringen 12a in welchen Dichtungsringe 12b angeordnet sind. Zudem umfasst die Packungsdichtung 12 ein als Flansch ausgestaltetes Befestigungsteil 12c, an welchem auf nicht im Detail dar-

gestellte Weise, alle Kammerringe 12a befestigt sind. Die Packungsdichtung 12 ist über das Befestigungsteil 12c mit einem Zylindergehäuse 2a eines Zylinders 2 verbunden, wobei eine Kolbenstange 16 durch die Packungsdichtung 12 verläuft. Das Zylindergehäuse 2a weist eine Ausnehmung auf, welche einer Aussenkontur 12d der Packungsdichtung 12 entspricht, sodass die gesamte Packungsdichtung 12 in diese Ausnehmung einführbar ist, und falls erforderlich die gesamte Packungsdichtung 12 vorzugsweise nach dem Lösen des Befestigungsteils 12c vom Zylindergehäuse 2a als gesamte Einheit ersetzt werden kann.

[0038] Figur 5 zeigt einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemässe Packungsdichtung 12 umfassend ein Magnetlager 13. Figur 6 zeigt einen Teilabschnitt des Magnetlagers 13, das als Radiallager ausgestaltet ist und beispielsweise acht Spulenkerne 13a, 13c umfasst, wobei die zwei gegenüber liegenden Spulenkerne 13a, 13c mit Bezugszeichen versehen sind. Die Spulenkerne 13a, 13c sind mit Spulen 13b, 13d umwickelt. Zudem ist die der Kolbenstange 16 zugewandt Stirnseite 13e des Spulenkerne 13a dargestellt. Die Packungsdichtung 12 gemäss Figur 5 umfasst vorzugsweise zwei Kammerringe 12a in welchen Dichtungsringe 12b angeordnet sind. Die Packungsdichtung 12 könnte auch nur einen einzigen Kammerring 12a oder mehr als zwei Kammerringe 12a mit darin angeordnetem Dichttring 12b aufweisen. Die Packungsdichtung 12 umfasst zudem zwei Notlager 12f, 12g mit je einer Lagerfläche 12h, 12i. Bei einem Stromausfall des Magnetlagers 13 oder zum Beispiel bei abgeschaltetem Kolbenverdichter kann die Kolbenstange 16 auf den Notlagern 12f, 12g aufliegen. Die Packungsdichtung 12 umfasst vorteilhafterweise zudem eine Halterung 12k für einen Sensor 26, wobei vorteilhafterweise zumindest oben ein Sensor 26 angeordnet ist, und wobei vorzugsweise eine Mehrzahl von Sensoren 26 in Umfangsrichtung gegenseitig beabstandet angeordnet sind. Zudem umfasst die Packungsdichtung 12 ein Befestigungsteil 12c, mit welchem vorzugsweise alle in Figur 5 dargestellten Komponenten verbunden und vorzugsweise mit nicht dargestellten Verbindungsmitteln wie Schrauben fest zusammengehalten sind. Die Packungsdichtung 12 weist eine Aussenkontur 12d auf. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Aussenkontur 12d der erfindungsgemässen Packungsdichtung 12 ähnlich oder identisch dimensioniert wie die in Figur 4 dargestellte, bekannte Packungsdichtung 12, sodass in bestehenden Kolbenverdichtern 1 aufweisend die bekannte Packungsdichtung 12 die erfindungsgemässe Packungsdichtung 12 eingesetzt werden kann. Vorzugsweise wird ein mit der erfindungsgemässen Packungsdichtung 12 aufgewerteter Kolbenverdichter 1 zudem noch mit einer Ansteuervorrichtung 22 versehen, sodass auch bestehenden Kolbenverdichter 1 mit der erfindungsgemässen Vorrichtung versehen werden können bzw. bestehende Kolbenverdichter 1 mit dem erfindungsgemässen Verfahren betrieben werden können.

[0039] In einer weiteren, vorteilhaften Ausgestaltung

umfasst die erfindungsgemässe Packungsdichtung 12, wie in Figur 5 dargestellt, zudem noch Kühlkanäle 121, welche beispielsweise innerhalb des Aussenmantels 12e und/oder innerhalb der Spulenkerne 13a, 13c verlaufen, wobei die Kühlkanäle Teil eines Kühlkreislaufes ausbilden, um das Magnetlager 13 und/oder die Packungsdichtung 12 zu kühlen. Der Kühlkreislauf ist nur schematisch dargestellt, wobei die Zuführleitungen und die Abführleitungen des Kühlkreislaufs vorzugsweise derart durch das Befestigungsteil 12c verlaufend angeordnet sind, sodass das Befestigungsteil 12c von Aussen, vorzugsweise an dessen Stirnseite zugängliche Anschlüsse 12m für den Kühlkreislauf aufweist, und dass der Kühlkreislauf im Innern der Packungsdichtung 12 vorgegeben und fertig konfiguriert ist, sodass nach dem Einbau der Packungsdichtung 12 nur noch die externe Kühlmittelzufuhr von Aussen am Befestigungsteil 12c anzuschliessen ist, um den Kühlkreislauf im Innern der Packungsdichtung 12 mit Kühlfüssigkeit zu versorgen. In Figur 5 sind insbesondere die innerhalb des Notlauf-lagers 12g angeordneten, die Kühlkanäle 121 gegenseitig Fluid leitend verbindenden Verbindungskanäle nicht dargestellt.

[0040] Figur 8 zeigt in einer vereinfachten Darstellung und teilweise im Schnitt eine Packungsdichtung 12 mit integriertem Magnetlager 13. Die Packungsdichtung 12 umfasst ein flanschartig ausgestaltetes Befestigungsteil 12c und ein zylindrisches Körperteil 12p, welche über Haltemittel 12o fest miteinander verbunden sind. Das Befestigungsteil 12c ist mit Hilfe von Befestigungsmitteln 12n vorzugsweise am Zylindergehäuse 2a befestigbar. Die Packungsdichtung 12 umfasst zumindest ein Dichtungsring 12b, und umfasst alle in Figur 5 dargestellten Komponenten, welche in Figur 8 nicht im Detail dargestellt sind. Im Kolbenverdichter 1 gemäss Figur 7 ist die Packungsdichtung 12 gemäss Figur 8 angeordnet. Die Packungsdichtung 12 könnte in einer Vielzahl unterschiedlicher Kolbenverdichter 1 angeordnet werden, so beispielsweise auch in dem in Figur 1 dargestellten Kolbenverdichter 1.

[0041] Die in den Figuren 5 und 8 dargestellte Packungsdichtung 12 für einen Kolbenverdichter 1 umfasst eine Längsachse L, sowie in Richtung der Längsachse L nacheinander folgend ein flanschförmiges Befestigungsteil 12c und ein zylinderförmiges Teil 12p, wobei im zylinderförmigen Teil 12p in Richtung der Längsachse L nacheinander folgend ein Magnetlager 13 und zumindest ein Kammerring 12a mit darin angeordnetem Dichtungsring 12b angeordnet ist, wobei das Magnetlager 13 zumindest ein einziges ansteuerbares Elektromagnet 13f umfasst.

[0042] Vorzugsweise umfasst das Magnetlager 13 zumindest zwei ansteuerbare Elektromagnete 13f, welche, wie in Figur 6 dargestellt, bezüglich der Längsachse L gegenüberliegend im zylinderförmigen Teil 12 angeordnet sind.

[0043] Vorzugsweise umfasst die Packungsdichtung zumindest zwei Notlager 12f, 12g, welche in Richtung

der Längsachse L gegenseitig beabstandet angeordnet sind.

[0044] Vorzugsweise ist das Magnetlager 13 in Richtung der Längsachse L zwischen den zwei Notlagern 12f, 12g angeordnet.

[0045] Vorzugsweise umfasst die Packungsdichtung zudem einen Sensor 26, welcher ausgestaltet ist zum Messen der radialen Lage einer durch die Packungsdichtung verlaufenden Kolbenstange 16 bezüglich der Längsachse L.

[0046] Vorzugsweise ist der Sensor 26 in Richtung der Längsachse L zwischen den zwei Notlagern 12f, 12g angeordnet, wobei der Sensor 26 vorzugsweise in Richtung der Längsachse L entlang des Magnetlagers 13 angeordnet ist.

[0047] Die Packungsdichtung umfasst vorzugsweise Kühlkanäle 121, welche vorzugsweise an der Stirnseite des flanschförmigen Befestigungsteil 12c angeordnete Anschlüsse 12m aufweisen. Vorzugsweise verlaufen die Kühlkanäle 121 in Richtung der Längsachse L entlang der gesamten Länge des Magnetlagers 13.

[0048] Vorzugsweise sind die Kammerringe 12a in Richtung der Längsachse L entlang eines Endabschnitts L2 der Packungsdichtung 12 angeordnet, wobei sich der Endabschnitt L2 bezüglich dem Befestigungsteil 12c am entgegengesetzten Ende der Packungsdichtung befindet.

[0049] Vorzugsweise weist die Packungsdichtung 12 in Richtung der Längsachse L eine Gesamtlänge L1 auf, und weist der Endabschnitt L2 eine Endabschnittlänge L3 auf, wobei die Endabschnittlänge L3 weniger als 50% der Gesamtlänge L1 beträgt, vorzugsweise weniger als 25%, und besonders bevorzugt weniger als 10%. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass ein wesentlicher Teil der Gesamtlänge L1 für das Magnetlager 13 zur Verfügung steht. Eine durch die Packungsdichtung 12 verlaufende Kolbenstange 16 liegt vorzugsweise an den Dichtringen 12b an, und berührt diese somit, wegen die Kolbenstange 16 entlang der restlichen Gesamtlänge L1 die Packungsdichtung 12 vorzugsweise nicht berührt. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass innerhalb der restlichen Gesamtlänge L1 eine Auslenkung bzw. Bewegung der Kolbenstange 16 radial zur Längsachse L möglich ist, wobei der maximal mögliche Bewegungsweg natürlich durch den Innenquerschnitt des für die Kolbenstange 16 vorgesehenen Durchgangs der Packungsdichtung 12 begrenzt wird. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel gemäss Figur 4 ist die Kolbenstange 16 somit innerhalb der restlichen Gesamtlänge L1 in radialer Richtung geringfügig bezüglich der Packungsdichtung 12 beweglich, sodass die Lage der Kolbenstange 16 in radialer Richtung mit Hilfe des Magnetlagers 13 besonders gut korrigierbar ist. Besonders vorteilhaft ist dadurch auch die Lage des mit der Kolbenstange 16 verbundenen Kolbens 3 bezüglich dem Innenraum des Zylinders 2 zumindest in radialer Richtung korrigierbar. Erfindungsgemäss ist der Dichtungsring 12b radial zur Längsrichtung L im Kammerring 12a verschieb-

bar. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass der oder die Kammerringe 12a eine Art Drehpunkt ausbilden, bezüglich dem die Kolbenstange 16 geringfügig drehbar ist, wenn die Kolbenstange 16 durch das Magnetlager 13 im Bereich der restlichen Gesamtlänge L₁ in radialer Richtung verschoben wird, sodass der mit der Kolbenstange 16 verbundene Kolben 3 vorzugsweise in entgegengesetzter Richtung innerhalb des Zylinders 2 verschoben wird. Dieses geringfügige Verschieben des Kolbens 3 oder zumindest das Aufbringen einer in radialer Richtung wirkenden Kraft auf den Kolben 3 erfolgt vorzugsweise mit einer relativ hohen Frequenz, beispielsweise mit 10, 100 oder 1000 Herz, sodass der Kolben 3 vorzugsweise kontinuierlich und vorzugsweise in einer mittigen Position bezüglich dem Innenraum des Zylinders 2 gehalten wird.

[0050] Der Kolbenverdichter umfasst einen Kolben, der in Richtung einer Längsachse innerhalb eines Zylinders hin und her bewegt wird, wobei der Kolben über eine Kolbenstange von einem Kreuzkopf angetrieben wird, und umfassend eine Packungsdichtung mit einem ansteuerbaren Magnetlager und zumindest einem Kammerring 12a mit darin angeordnetem Dichtungsring 12b, wobei die Kolbenstange 16 durch die Packungsdichtung 12 verläuft, und wobei über das ansteuerbare Magnetlager 13 eine zumindest senkrecht zur Längsachse L wirkende, ansteuerbare magnetische Kraft F_m auf die Kolbenstange 16 ausgeübt wird.

[0051] Vorzugsweise wird eine Zustandsgrösse Z des Kolbenverdichters 1 erfasst, wobei die magnetische Kraft F_m in Abhängigkeit der Zustandsgrösse Z angesteuert wird, und wobei dadurch über die Kolbenstange 16 eine Kraft F_h auf den Kolben 3 bewirkt wird.

[0052] Vorzugsweise wird die Zustandsgrösse Z innerhalb der Packungsdichtung 12 gemessen, wobei das ansteuerbare Magnetlager 13 über die Kolbenstange 16 zentrierend auf die Lage des Kolbens 3 innerhalb des Zylinders 2 einwirkt.

[0053] Im Ausführungsbeispiel gemäss Figur 1 ist ein Kolbenkompressor 1 umfassend einen Kolben 3 mit Kolben- bzw. Dichtringen 4 sowie einem Führungsring 5 dargestellt. Auf den Führungsring 5 könnte verzichtet werden. In einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel könnte der Kolben 3 auch als Labyrinthkolben ausgestaltet sein, wobei dieser Labyrinthkolben die Innenwand des Zylinders 2 vorzugsweise nicht berührt.

Patentansprüche

1. Packungsdichtung (12) für einen Kolbenverdichter, umfassend eine Längsachse (L) sowie in Richtung der Längsachse (L) nacheinander folgend ein Befestigungsteil (12c) und ein zylinderförmiges Teil (12p), wobei im zylinderförmigen Teil (12p) ein Magnetlager (13) und eine Dichtung angeordnet sind, wobei das Magnetlager (13) zumindest einen ansteuerbaren Elektromagneten (13f) umfasst, da-

durch gekennzeichnet, dass die Dichtung als Kammerring (12a) mit darin angeordnetem Dichtungsring (12b) ausgestaltet ist, dass der Dichtungsring (12b) radial zur Längsachse (L) im Kammerring (12a) verschiebbar ist, und dass im zylinderförmigen Teil (12p), in Richtung der Längsachse (L) nachfolgend dem Befestigungsteil (12c), das Magnetlager (13) und der Kammerring (12a) nacheinander folgend angeordnet sind.

2. Packungsdichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetlager (13) zumindest zwei ansteuerbare Elektromagnete (131) umfasst, welche bezüglich der Längsachse (L) gegenüberliegend im zylinderförmigen Teil (12) angeordnet sind.

3. Packungsdichtung nach Anspruch 1 oder 2, umfassend zumindest zwei Notlager (12f, 12g), welche in Richtung der Längsachse (L) gegenseitig beabstandet angeordnet sind.

4. Packungsdichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Magnetlager (13) in Richtung der Längsachse (L) zwischen den zwei Notlagern (12f, 12g) angeordnet ist.

5. Packungsdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese zudem einen Sensor (26) umfasst, welcher ausgestaltet ist zum Messen der radialen Lage einer durch die Packungsdichtung verlaufenden Kolbenstange (16) bezüglich der Längsachse (L).

6. Packungsdichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (26) in Richtung der Längsachse (L) zwischen den zwei Notlagern (12f, 12g) angeordnet ist.

7. Packungsdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Kühlkanäle (121) umfasst, und dass diese Kühlkanäle (121) an der Stirnseite des flanschförmigen Befestigungsteils (12c) angeordnete Anschlüsse (12m) aufweisen.

8. Packungsdichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle (121) in Richtung der Längsachse (L) entlang der gesamten Länge des Magnetlagers (13) verlaufen.

9. Packungsdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammerringe (12a), vorzugsweise eine Mehrzahl von Kammerringen (12a), in Richtung der Längsachse (L) entlang eines Endabschnitts (L₂) angeordnet sind, wobei sich der Endabschnitt (L₂) bezüglich dem Befestigungsteil (12c) am entgegengesetzten Ende

der Packungsdichtung befindet.

10. Packungsdichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle (121) innerhalb eines Aussenmantels (12e) der Packungsdichtung (12) und/oder innerhalb eines Spulenkerns (13a, 13c) des Magnetlagers (13) verlaufen. 5
11. Kolbenverdichter umfassend eine Packungsdichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 10
12. Verfahren zum Betrieb eines Kolbenverdichters (1) umfassend einen Kolben (3), der in Richtung einer Längsachse (L) innerhalb eines Zylinders (7) hin und her bewegt wird, wobei der Kolben (3) über eine Kolbenstange (16) angetrieben wird, sowie umfassend eine Packungsdichtung (12) mit einem ansteuerbaren Magnetlager (13) und einer Dichtung, wobei die Kolbenstange (16) durch die Packungsdichtung (12) verläuft, und wobei über das ansteuerbare Magnetlager (13) eine zumindest senkrecht zur Längsachse (L) wirkende, ansteuerbare magnetische Kraft (F_m) auf die Kolbenstange (16) ausgeübt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange (16) in der Dichtung durch einen Kammerring (12a) mit darin angeordnetem Dichtungsring (12b) abgedichtet wird, dass die Kolbenstange (16) zwischen dem Kolben (3) und dem Magnetlager (13) abgedichtet wird, dass die Kolbenstange (16) durch das Magnetlager (13) radial zur Längsachse (L) bewegt wird und dadurch die Auflagekraft des an der Innenoberfläche des Zylinders abgestützten Kolbens reduziert wird, wobei die Kolbenstange (16) am Dichtungsring (12b) anliegt, und der Dichtungsring (12b) radial zur Längsachse (L) bezüglich dem Kammerring (12a) verschoben wird. 15 20 25 30 35
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zustandsgrösse (Z) des Kolbenverdichters (1) erfasst wird, dass die magnetische Kraft (F_m) in Abhängigkeit der Zustandsgrösse (Z) angesteuert wird, und dass dadurch über die Kolbenstange (16) eine Kraft (F_h) auf den Kolben (3) bewirkt wird. 40
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgrösse (Z) innerhalb der Packungsdichtung (12) gemessen wird, und dass das ansteuerbare Magnetlager (13) über die Kolbenstange (16) zentrierend auf die Lage des Kolbens (3) innerhalb des Zylinders (7) wirkt. 45 50
15. Verwendung einer Packungsdichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Zentrieren eines sich innerhalb eines Zylinders (7) eines Kolbenverdichters in Richtung der Längsachse (L) hin- und her bewegenden Kolbens (3). 55

Claims

1. Packing seal (12) for a piston compressor, comprising a longitudinal axis (L) and, following one another in the direction of the longitudinal axis (L), a fastening part (12c) and a cylindrical part (12p), wherein a magnetic bearing (13) and a seal is arranged in the cylindrical part (12p), the magnetic bearing (13) comprising at least one controllable electromagnet (131), **characterised in that** the seal is designed as a chamber ring (12a) with a sealing ring (12b) arranged therein, that the sealing ring (12b) is displaceable radially with respect to the longitudinal axis (L) in the chamber ring (12a), and **in that** the magnetic bearing (13) and the chamber ring (12a) are arranged in succession in the cylindrical part (12p), following the fastening part (12c) in the direction of the longitudinal axis (L).
2. Packing seal according to claim 1, **characterised in that** the magnetic bearing (13) comprises at least two controllable electromagnets (131) which are arranged opposite each other in the cylindrical part (12) with respect to the longitudinal axis (L).
3. Packing seal according to claim 1 or 2, comprising at least two emergency bearings (12f, 12g) which are arranged mutually spaced apart in the direction of the longitudinal axis (L).
4. Packing seal according to claim 3, **characterised in that** the magnetic bearing (13) is arranged in the direction of the longitudinal axis (L) between the two emergency bearings (12f, 12g).
5. Packing seal according to one of the preceding claims, **characterised in that** it also comprises a sensor (26) which is designed to measure the radial position of a piston rod (16) extending through the packing seal with respect to the longitudinal axis (L).
6. Packing seal according to claim 5, **characterised in that** the sensor (26) is arranged in the direction of the longitudinal axis (L) between the two emergency bearings (12f, 12g).
7. Packing seal according to one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises cooling channels (121), and **in that** these cooling channels (121) have connections (12m) arranged on the end face of the flange-shaped fastening part (12c).
8. Packing seal according to claim 7, **characterised in that** the cooling channels (121) run in the direction of the longitudinal axis (L) along the entire length of the magnetic bearing (13).
9. Packing seal according to one of the preceding

claims, **characterised in that** the chamber rings (12a), preferably a plurality of chamber rings (12a), are arranged in the direction of the longitudinal axis (L) along an end section (L_2), the end section (L_2) being located at the opposite end of the packing seal with respect to the fastening part (12c).

10. Packing seal according to claim 7, **characterised in that** the cooling channels (121) run inside an outer casing (12e) of the packing seal (12) and/or inside a coil core (13a, 13c) of the magnetic bearing (13).

11. A piston compressor comprising a packing seal according to any one of the preceding claims.

12. Method for operating a piston compressor (1) comprising a piston (3) which is moved to and fro in the direction of a longitudinal axis (L) within a cylinder (7), wherein the piston (3) is driven via a piston rod (16), and comprising a packing seal (12) with a controllable magnetic bearing (13) and a seal, wherein the piston rod (16) extends through the packing seal (12), and wherein a controllable magnetic force (Fill) acting at least perpendicularly to the longitudinal axis (L) is exerted on the piston rod (16) via the controllable magnetic bearing (13), **characterised in that** the piston rod (16) is sealed in the seal by a chamber ring (12a) with a sealing ring (12b) arranged therein, that the piston rod (16) is sealed between the piston (3) and the magnetic bearing (13), that the piston rod (16) is moved radially to the longitudinal axis (L) by the magnetic bearing (13) and the contact force of the piston supported on the inner surface of the cylinder is thereby reduced, that the piston rod (16) bears against the sealing ring (12b), and the sealing ring (12b) is displaced radially to the longitudinal axis (L) with respect to the chamber ring (12a).

13. Method according to claim 12, **characterised in that** a state variable (Z) of the piston compressor (1) is detected, **in that** the magnetic force (F_m) is controlled as a function of the state variable (Z), and **in that** a force (F_h) is thereby applied to the piston (3) via the piston rod (16).

14. Method according to claim 13, **characterised in that** the state variable (Z) is measured within the packing seal (12), and **in that** the controllable magnetic bearing (13) acts via the piston rod (16) to centre the position of the piston (3) within the cylinder (7).

15. Use of a packing seal according to one of claims 1 to 10 for centring a piston (3) moving back and forth in the direction of the longitudinal axis (L) within a cylinder (7) of a piston compressor.

Revendications

1. Joint de garniture (12) pour un compresseur à piston, comprenant un axe longitudinal (L) ainsi que, se succédant dans la direction de l'axe longitudinal (L), une partie de fixation (12c) et une partie cylindrique (12p), un palier magnétique (13) et un joint d'étanchéité étant disposés dans la partie cylindrique (12p), le palier magnétique (13) comprenant au moins un électroaimant (13f) pouvant être commandé, **caractérisé, en ce que** le joint est réalisé sous la forme d'un anneau de chambre (12a) dans lequel est disposé un anneau d'étanchéité (12b), **en ce que** l'anneau d'étanchéité (12b) peut être déplacé radialement par rapport à l'axe longitudinal (L) dans l'anneau de chambre (12a), et **en ce que** le palier magnétique (13) et l'anneau de chambre (12a) sont disposés successivement dans la partie cylindrique (12p), en suivant la partie de fixation (12c) dans la direction de l'axe longitudinal (L).

2. Joint de garniture selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le palier magnétique (13) comprend au moins deux électroaimants (13f) pouvant être commandés, qui sont disposés en vis-à-vis par rapport à l'axe longitudinal (L) dans la partie cylindrique (12).

3. Joint de garniture selon la revendication 1 ou 2, comprenant au moins deux paliers de secours (12f, 12g) qui sont disposés à distance mutuelle dans la direction de l'axe longitudinal (L).

4. Joint de garniture selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le palier magnétique (13) est disposé entre les deux paliers de secours (12f, 12g) dans la direction de l'axe longitudinal (L).

5. Joint de garniture selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un capteur (26) configuré pour mesurer la position radiale d'une tige de piston (16) traversant le joint de garniture par rapport à l'axe longitudinal (L).

6. Joint de garniture selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le capteur (26) est disposé dans la direction de l'axe longitudinal (L) entre les deux paliers de secours (12f, 12g).

7. Joint de garniture selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend des canaux de refroidissement (121), et **en ce que** ces canaux de refroidissement (121) présentent des raccords (12m) disposés sur la face frontale de la partie de fixation en forme de bride (12c).

8. Joint de garniture selon la revendication 7, **caracté-**

risé en ce que les canaux de refroidissement (121) s'étendent dans la direction de l'axe longitudinal (L) sur toute la longueur du palier magnétique (13).

9. Joint de garniture selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les anneaux de chambre (12a), de préférence une pluralité d'anneaux de chambre (12a), sont disposés dans la direction de l'axe longitudinal (L) le long d'une section d'extrémité (L_2), la section d'extrémité (L_2) étant située à l'extrémité opposée du joint de garniture par rapport à la partie de fixation (12c). 5
10. Joint de garniture selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les canaux de refroidissement (121) s'étendent à l'intérieur d'une enveloppe extérieure (12e) du joint de garniture (12) et/ou à l'intérieur d'un noyau de bobine (13a, 13c) du palier magnétique (13). 10 15
11. Compresseur à piston comprenant un joint de garniture selon l'une quelconque des revendications précédentes. 20
12. Procédé de fonctionnement d'un compresseur à piston (1) comprenant un piston (3) qui est déplacé en va-et-vient dans la direction d'un axe longitudinal (L) à l'intérieur d'un cylindre (7), le piston (3) étant entraîné par l'intermédiaire d'une tige de piston (16), et comprenant un joint de garniture (12) avec un palier magnétique (13) pouvant être commandé et un joint d'étanchéité, la tige de piston (16) s'étendant à travers le joint de garniture (12), et une force magnétique commandable (F_m), agissant au moins perpendiculairement à l'axe longitudinal (L), étant exercée sur la tige de piston (16) par l'intermédiaire du palier magnétique commandable (13), **caractérisé en ce que** la tige de piston (16) est rendue étanche dans le joint par une bague de chambre (12a) avec une bague d'étanchéité (12b) disposée dans celle-ci, **en ce que** la tige de piston (16) est rendue étanche entre le piston (3) et le palier magnétique (13), **en ce que** la tige de piston (16) est déplacée par le palier magnétique (13) radialement par rapport à l'axe longitudinal (L) et la force d'appui du piston soutenu sur la surface intérieure du cylindre est ainsi réduite, la tige de piston (16) étant en appui sur la bague d'étanchéité (12b), et la bague d'étanchéité (12b) étant déplacée radialement par rapport à l'axe longitudinal (L) par rapport à la bague de chambre (12a). 25 30 35 40 45 50
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'une** grandeur d'état (Z) du compresseur à piston (1) est détectée, **en ce que** la force magnétique (F_m) est commandée en fonction de la grandeur d'état (Z), et **en ce qu'une** force (F_h) est ainsi provoquée sur le piston (3) par l'intermédiaire de la tige 55

de piston (16).

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la grandeur d'état (Z) est mesurée à l'intérieur du joint de garniture (12), et **en ce que** le palier magnétique commandable (13) agit par l'intermédiaire de la tige de piston (16) en centrant la position du piston (3) à l'intérieur du cylindre (7). 5
15. Utilisation d'un joint de garniture selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 pour centrer un piston (3) se déplaçant en va-et-vient à l'intérieur d'un cylindre (7) d'un compresseur à piston dans la direction de l'axe longitudinal (L). 10 15 20 25 30 35 40 45 50

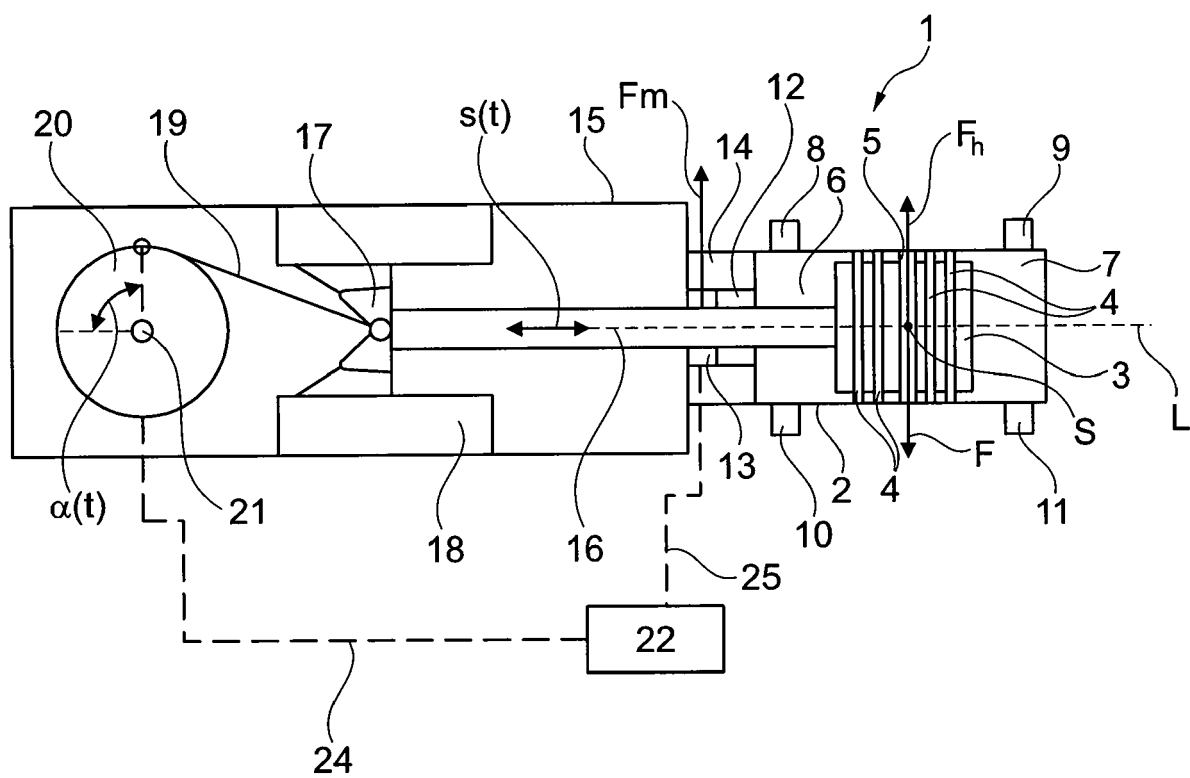


Fig. 1

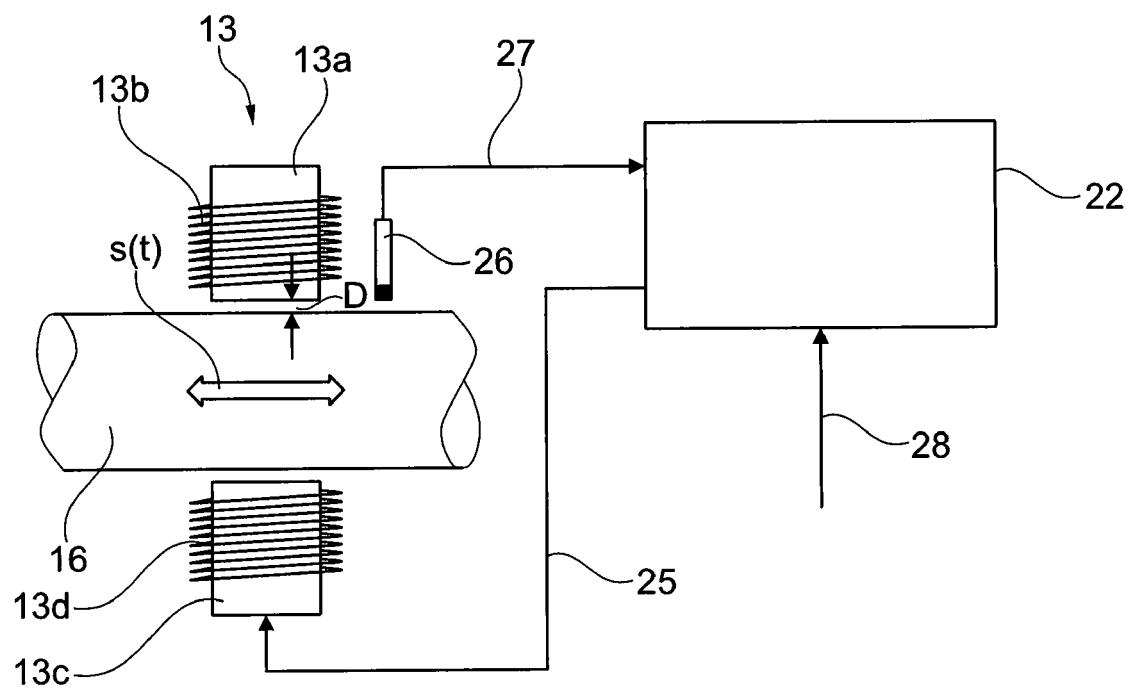


Fig. 2

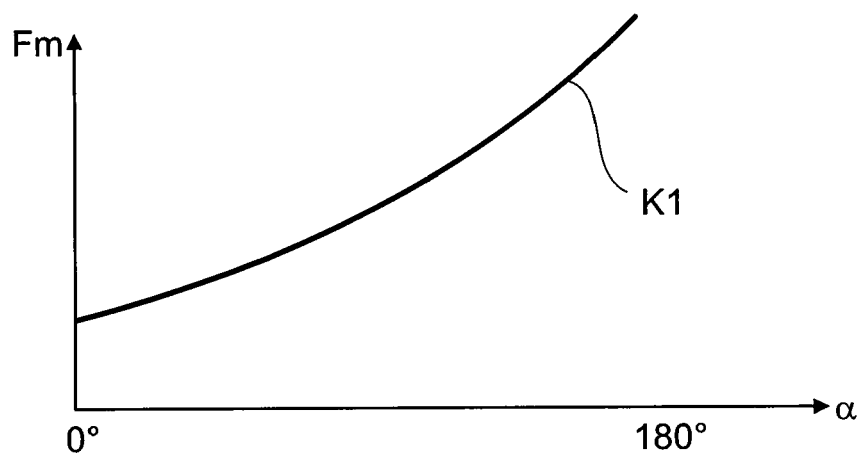


Fig. 3

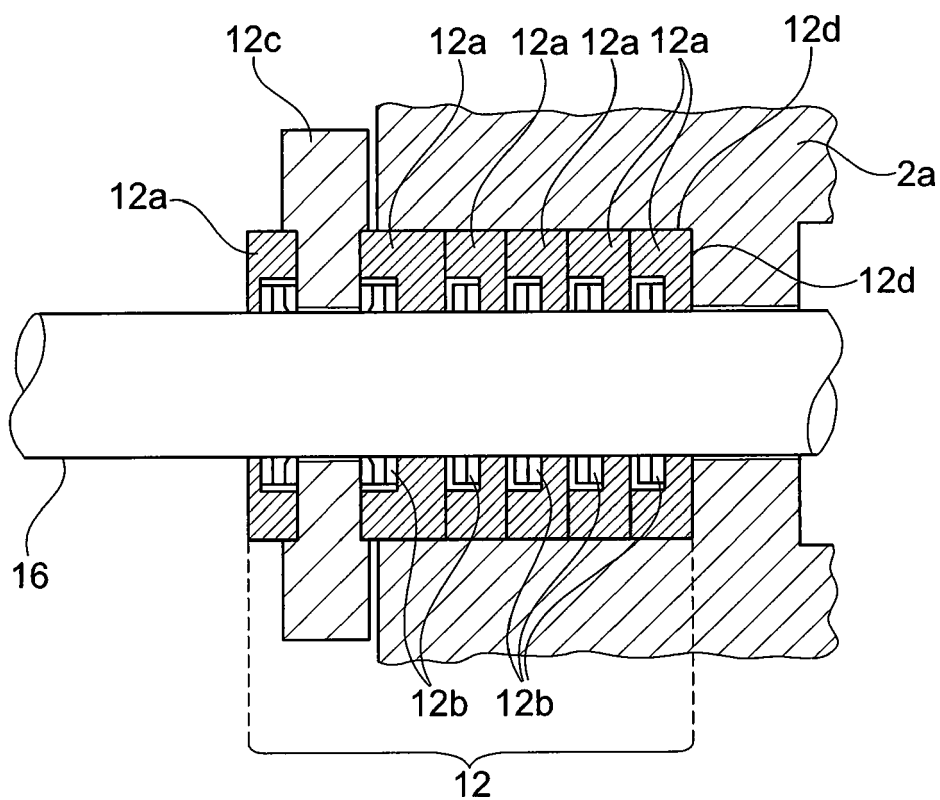
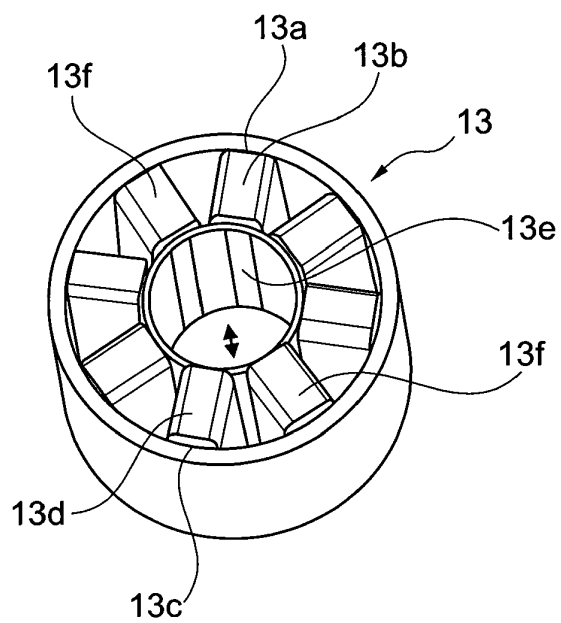
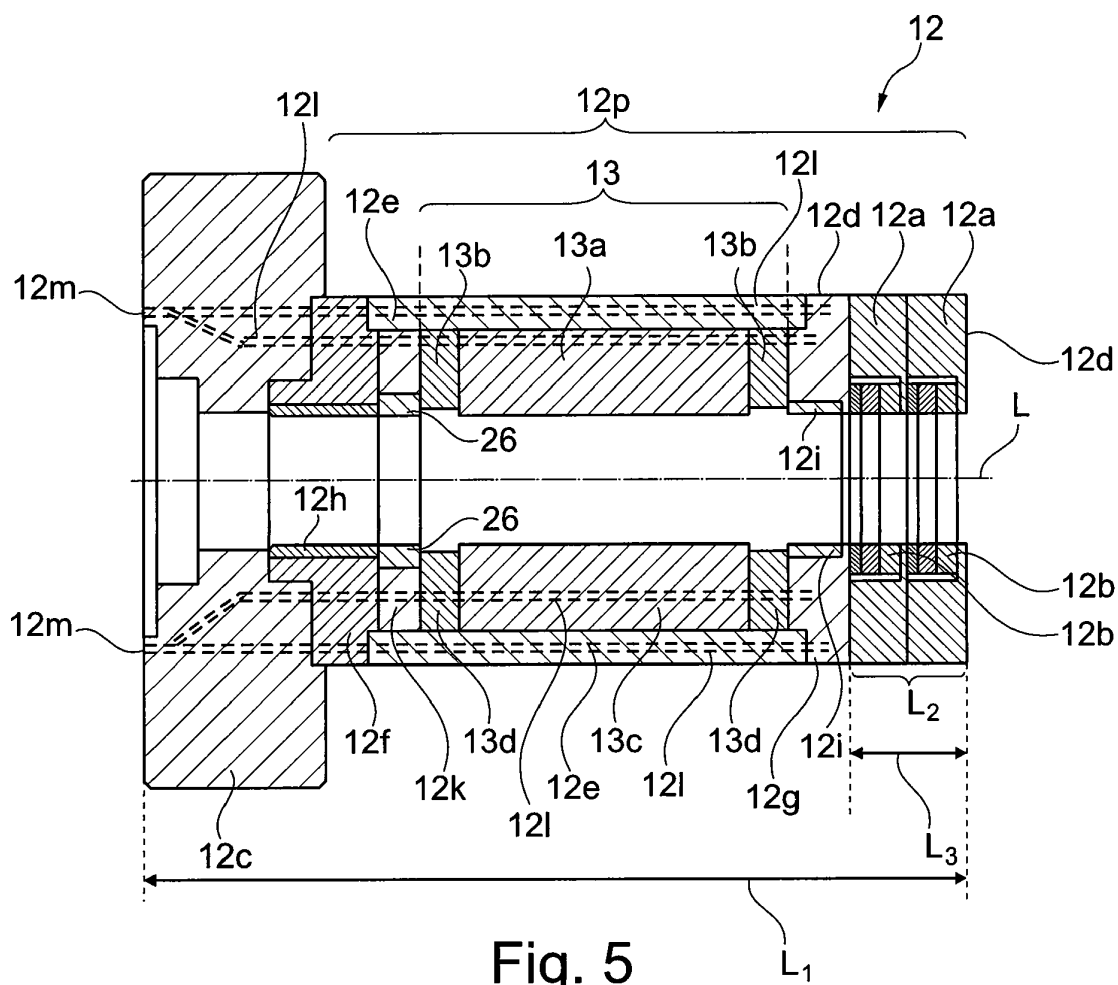


Fig. 4



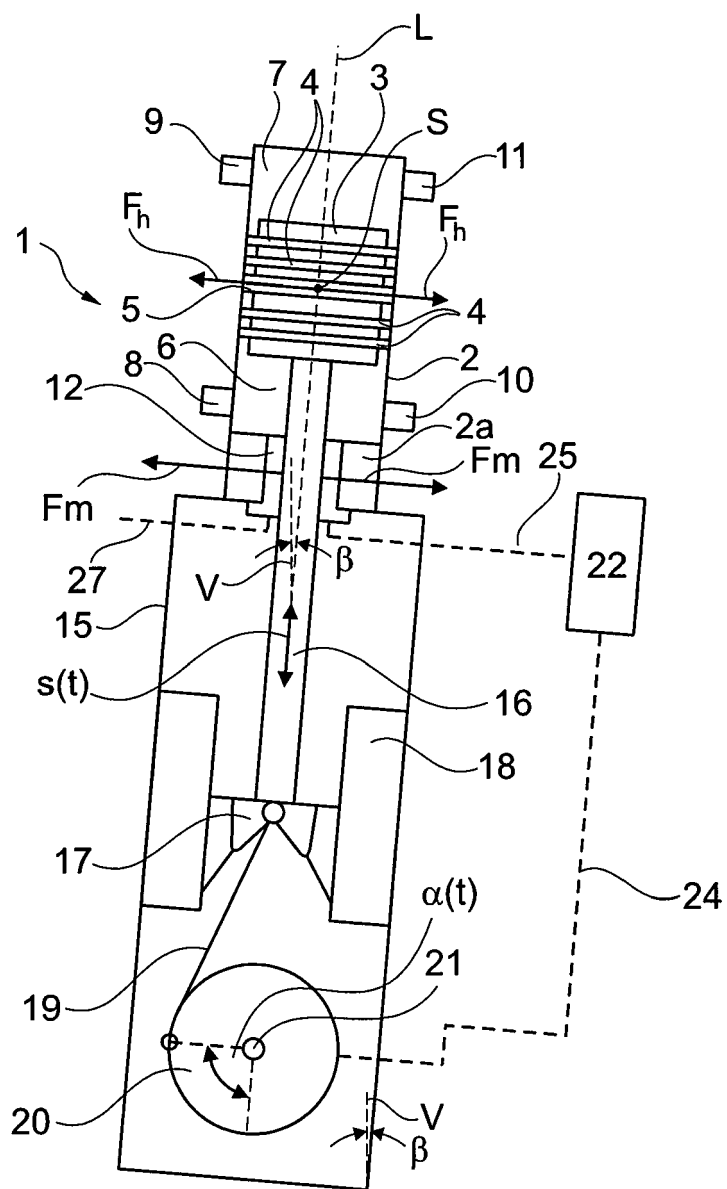


Fig. 7

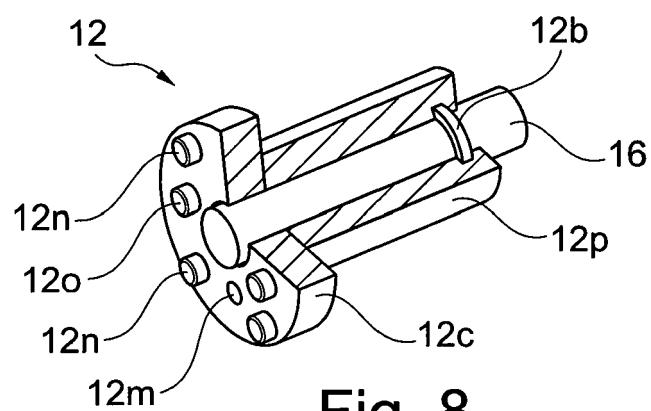


Fig. 8

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

- US 1526909 A [0002]
- WO 2014139565 A1 [0002]
- DE 3805670 A1 [0002]
- US 4889039 A [0002]
- WO 2006042866 A [0002]