

(19)



(11)

EP 4 018 093 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

08.01.2025 Patentblatt 2025/02

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F04B 15/02 ^(2006.01) **F04B 49/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20761183.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F04B 15/02; F04B 49/065

(22) Anmeldetag: **20.08.2020**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2020/073337

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2021/032838 (25.02.2021 Gazette 2021/08)

(54) **VERFAHREN ZUR ZUSTANDSÜBERWACHUNG EINER VORRICHTUNG UND VORRICHTUNG**

DEVICE AND METHOD FOR MONITORING THE STATUS OF THE DEVICE

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE SURVEILLANCE D'ÉTAT D'UN DISPOSITIF

(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**

• **SCHÄFER, Michael**
71126 Gäufelden-Tailfingen (DE)

• **PETZOLD, Wolf-Michael**
73773 Aichwald (DE)

• **VEIT, Jan-Martin**
72124 Pliezhausen (DE)

• **HOFMANN, Wilhelm F.**
61138 Niederdorfelden (DE)

(30) Priorität: **22.08.2019 DE 102019212631**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

29.06.2022 Patentblatt 2022/26

(74) Vertreter: **Patentanwälte**

Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **Putzmeister Engineering GmbH**
72631 Aichtal (DE)

(72) Erfinder:

• **WIESENACK, Carl**
71034 Böblingen (DE)

• **HÖLZLE, Benjamin**
72574 Bad Urach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 123 594 EP-A1- 3 336 050
EP-A2- 1 437 178 WO-A1-2015/195246
DE-A1- 102014 205 042 DE-A1- 19 806 544
US-A1- 2019 072 118

EP 4 018 093 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 ein Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff.

[0002] Die DE 10 2014 205 042 A1 offenbart einen Hydraulikzylinder mit Ultraschallsensoren zur Messung von Bewegungsinformationen eines Kolbens, der in einem Gehäuse linearbeweglich aufgenommen ist, wobei der Kolben eine erste und eine zweite Zylinderkammer voneinander abgrenzt. Die erste und/oder die zweite Zylinderkammer sind zumindest teilweise mit einer Druckflüssigkeit gefüllt.

[0003] Die DE 198 06 544 A1 offenbart ein Verfahren zum Messen der Arbeitskennlinie eines elektromagnetischen Proportionalsteuerventils.

[0004] Die EP 1 437 178 A2 offenbart eine Pumpeinrichtung für Pulver.

[0005] Die EP 3 336 050 A1 offenbart ein Flurförderfahrzeug mit einer Steuereinheit zur Regelung der Bewegung einer Kolbenstange eines Hydraulikzylinders sowie ein zugehöriges Verfahren.

[0006] Die EP 2 123 594 A1 offenbart ein Hubfahrzeug mit einer Geschwindigkeitssteuerung, wobei das Hubfahrzeug hydraulisch betrieben ist.

[0007] Die WO 2015/195246 A1 offenbart ein Verfahren zur Geschwindigkeitssteuerung eines hydraulischen Aktuators.

[0008] Die US 2019/072118 A1 offenbart ein Flüssigkeitsliefersystem mit einer Hydraulikflüssigkeitsquelle und einem Hydraulikzylinder, der fluidtechnisch mit der Hydraulikflüssigkeitsquelle gekoppelt ist und der einen Kolben aufweist, der zwischen einer ersten und einer zweiten Endposition beweglich ist.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff zur Verfügung zu stellen, das eine zuverlässige Zustandserkennung ermöglicht.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff, beispielsweise in Form von Flüssigbeton. Die Vorrichtung kann beispielsweise eine Betonpumpe sein.

[0011] Die Vorrichtung weist einen herkömmlichen ersten Antriebszylinder zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit, beispielsweise in Form von Hydrauliköl, auf.

[0012] Die Vorrichtung weist weiter einen herkömmlichen ersten Antriebskolben auf, der in dem ersten Antriebszylinder beweglich, insbesondere längsbeweglich, angeordnet ist.

[0013] Das Verfahren weist folgende Schritte auf.

[0014] Ermitteln einer Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens, insbesondere in Längsrichtung des ersten Antriebszylinders. Bei der ermittelten Geschwindigkeit kann es sich um die Momentangeschwindigkeit des Antriebskolbens handeln, die beispielsweise fortlaufend ermittelt werden kann oder nur an bestimmten Positionen/Stellungen des Antriebskolbens ermittelt werden

kann. Zusätzlich kann auch ein Geschwindigkeitsprofil des ersten Antriebskolbens ermittelt werden. Die erste Geschwindigkeit kann beispielsweise mittels eines herkömmlichen Wegmesssystems ermittelt werden, mittels dem eine Position des ersten Antriebskolbens bestimmt werden kann. Die erste Geschwindigkeit kann dann durch zeitliche Ableitung der ermittelten Position berechnet werden. Die erste Geschwindigkeit kann auch basierend auf einer Hubzeit zwischen zwei definierten Punkten des Antriebszylinders ermittelt werden.

[0015] Bilden einer Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und einer erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens. Bei der erwarteten Geschwindigkeit handelt es sich beispielsweise um diejenige Geschwindigkeit, die der erste Antriebskolben theoretisch bei fehlerfreier Funktion haben sollte, insbesondere an einer vorgegebenen Position haben sollte. Die erwartete Geschwindigkeit lässt sich beispielsweise in Kenntnis der Eigenschaften der Vorrichtung, wie beispielsweise Kolbengeometrien, Zylindergeometrien, bekannten bzw. gemessenen Antriebsvolumenströmen, etc. ermitteln bzw. ist a priori bekannt.

[0016] Bestimmen eines Fehlerzustands der Vorrichtung bzw. von Komponenten der Vorrichtung in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz bzw. von einem Betrag der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens.

[0017] Sofern die Geschwindigkeit aus der Hubzeit abgeleitet wird, kann die Hubzeit und/oder die Änderung der Hubzeit im Vergleich zu den jeweils erwarteten Werten als Fehlerkriterium dienen.

[0018] Typisch führen der erste Antriebskolben und der erste Förderkolben jeweils eine rein translatorische, oszillierende Bewegung mit einem bestimmten Hub aus.

[0019] Hinsichtlich der oben genannten herkömmlichen Elemente der Vorrichtung sei auch auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform wird der Fehlerzustand bestimmt, wenn die Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens ein zugehöriges Maß überschreitet. Alternativ oder zusätzlich wird der Fehlerzustand bestimmt, wenn eine zeitliche Änderung bzw. Ableitung der Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens ein zugehöriges Maß überschreitet. Das jeweils zugehörige Maß kann ein Absolutwert oder ein Relativwert sein.

[0021] Beispielsweise kann der Fehlerzustand bestimmt werden, wenn die Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens einen vorgegebenen Prozentwert der erwarteten Geschwindigkeit oder der gemessenen Geschwindigkeit überschreitet. Der vorgegebene Prozentwert kann bei-

spielsweise in einem Bereich zwischen 0,1 % und 10 % der erwarteten Geschwindigkeit oder der gemessenen Geschwindigkeit liegen. Entsprechend kann der Fehlerzustand bestimmt werden, wenn die zeitliche Änderung bzw. Ableitung der Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens pro Zeiteinheit, beispielsweise 60 Sekunden, einen vorgegebenen Prozentwert der erwarteten Geschwindigkeit oder der gemessenen Geschwindigkeit überschreitet. Der vorgegebene Prozentwert kann beispielsweise in einem Bereich zwischen 0,1 % und 10 % der erwarteten Geschwindigkeit oder der gemessenen Geschwindigkeit liegen.

[0022] Die Vorrichtung weist weiter eine herkömmliche Antriebspumpe auf, die zur Erzeugung eines Antriebsvolumenstroms von Hydraulikflüssigkeit zur Bewegung des ersten Antriebskolbens in dem ersten Antriebszylinder ausgebildet ist. Insoweit sei auch auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Die erwartete Geschwindigkeit wird dann in Abhängigkeit von dem erzeugten Antriebsvolumenstrom berechnet, wobei hierzu typisch bekannte Geometrien und damit verbundene Volumina des Hydraulikkreises berücksichtigt werden.

[0023] Die Vorrichtung ist eine Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff und weist weiter auf: einen herkömmlichen ersten Förderzylinder zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff, einen herkömmlichen ersten Förderkolben, der in dem ersten Förderzylinder beweglich, insbesondere längsbeweglich, angeordnet ist, eine herkömmliche erste Kolbenstange, die an dem ersten Antriebskolben und an dem Förderkolben zur Bewegungskopplung des ersten Antriebskolbens und des ersten Förderkolbens befestigt ist, eine Kolbendichtung, die in defektfreiem bzw. bestimmungsgemäßen Zustand in Verbindung mit dem ersten Antriebskolben ein erstes Volumen bzw. ein antriebspumpenseitiges Volumen in dem ersten Antriebszylinder gegenüber einem zweiten Volumen bzw. einem Schaukelvolumen in dem ersten Antriebszylinder abdichtet, und eine Stangendichtung, die in Verbindung mit der ersten Kolbenstange den ersten Antriebszylinder gegenüber einer Umgebung der Vorrichtung abdichtet. Für diesen Fall wird der Fehlerzustand in Form eines Defekts der Kolbendichtung und/oder in Form eines Defekts der Stangendichtung in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens bestimmt.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren die folgenden weiteren Schritte auf: Einbringen eines antriebspumpenseitigen Antriebsvolumenstroms und Bestimmen des Fehlerzustands in Form des Defekts der Kolbendichtung während des Einbringens des antriebspumpenseitigen Antriebsvolumenstroms in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskol-

bens.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform weist das Verfahren die folgenden weiteren Schritte auf: Einbringen eines Schaukelvolumenseitigen Antriebsvolumenstroms und Bestimmen des Fehlerzustands in Form des Defekts der Stangendichtung während des Einbringens des Schaukelvolumenseitigen Antriebsvolumenstroms in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform weist die Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff weiter auf: einen zweiten Antriebszylinder zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit, einen zweiten Antriebskolben, der in dem zweiten Antriebszylinder beweglich angeordnet ist, einen zweiten Förderzylinder zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff, einen zweiten Förderkolben, der in dem zweiten Förderzylinder beweglich angeordnet ist, und eine zweite Kolbenstange, die an dem zweiten Antriebskolben und an dem zweiten Förderkolben zur Bewegungskopplung des zweiten Antriebskolbens und des zweiten Förderkolbens befestigt ist. Der erste Antriebskolben grenzt in dem ersten Antriebszylinder ein erstes Volumen bzw. ein antriebspumpenseitiges Volumen von einem zweiten Volumen bzw. Schaukelvolumen ab. Entsprechend grenzt der zweite Antriebskolben in dem zweiten Antriebszylinder ein erstes Volumen bzw. antriebspumpenseitiges Volumen von einem zweiten Volumen bzw. Schaukelvolumen ab. Das Schaukelvolumen im ersten Antriebszylinder und das Schaukelvolumen im zweiten Antriebszylinder sind über eine Schaukelverbindung zum Austausch von Hydraulikflüssigkeit derart miteinander verbunden, dass sich der erste Antriebskolben gegenphasig zum zweiten Antriebskolben bewegt. Für diesen Fall wird die Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens ermittelt, wobei die erwartete Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens gleich der ermittelten Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens ist. Mit anderen Worten wird die ermittelte Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens mit der ermittelten Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens verglichen, wobei der Fehlerzustand bestimmt wird, wenn die ermittelten Geschwindigkeiten um mehr als ein vorgegebenes Maß voneinander abweichen bzw. wenn die zeitliche Änderung der Differenz der ermittelten Geschwindigkeiten ein vorgegebenes Maß überschreitet. Falls ein Verschleiß an Kolben- oder Stangendichtungen ausgeschlossen werden kann, kann bei einer Abweichung der Kolbengeschwindigkeiten auch ein Fehler/Verschleiß im verbleibenden Hydrauliksystem (insbesondere der Hydraulikpumpen) detektiert werden.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform wird Hydraulikflüssigkeit in ein Schaukelvolumen zu- oder abgespeist. Das Schaukelvolumen ist aus dem Schaukelvolumen im ersten Antriebszylinder, dem Schaukelvolumen im zweiten Antriebszylinder und einem Volumen der Schaukelverbindung gebildet. Das Zu- oder Abspeisen erfolgt

derart, dass ein möglicher bzw. maximaler Hub einer oszillierenden Bewegung des ersten Antriebskolbens und des zweiten Antriebskolbens ein gewünschtes Maß aufweist. Die Schaukelverbindung bewirkt, dass der erste Antriebszylinder und der zweite Antriebszylinder zueinander gegenphasige, oszillierende Bewegungen ausführen, deren jeweiliger maximaler Hub vom Schaukelvolumen abhängt. Durch Verändern des Schaukelvolumens lässt sich folglich der Hub justieren.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform wird der Fehlerzustand bestimmt, wenn eine Häufigkeit des Zuspaisens oder Abspaisens ein vorgegebenes Maß überschreitet. Das vorgegebene Maß für die Häufigkeit kann beispielsweise empirisch durch Testreihen bestimmt werden. Beispielsweise können Häufigkeiten kleiner als oder gleich 1 Mal Zuspaisens bzw. Abspaisens pro Stunde als fehlerfrei definiert werden und Häufigkeiten größer als 1 Mal Zuspaisens bzw. Abspaisens pro Stunde als fehlerhaft definiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein Fehlerzustand der Vorrichtung ermittelt werden, wenn eine zeitliche Änderung bzw. Ableitung der Häufigkeit des Zuspaisens oder Abspaisens ein vorgegebenes Maß überschreitet. Beispielsweise kann ein Fehlerzustand der Vorrichtung ermittelt werden, wenn die zeitliche Änderung der Häufigkeit des Zuspaisens oder Abspaisens pro Zeiteinheit, beispielsweise 60 Sekunden, einen vorgegebenen Prozentwert der erwarteten Häufigkeit oder der gemessenen Häufigkeit überschreitet. Der vorgegebene Prozentwert kann beispielsweise in einem Bereich zwischen 0,1 % und 10 % der erwarteten Häufigkeit oder der gemessenen Häufigkeit liegen. Alternativ oder zusätzlich kann ein Fehlerzustand der Vorrichtung ermittelt werden, wenn ein zugespeistes oder abgespeistes Volumen ein vorgegebenes Maß überschreitet. Das vorgegebene Maß für das Volumen kann beispielsweise empirisch durch Testreihen bestimmt werden.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend detailliert unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Förderung von Dickstoff.

[0030] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zur Förderung von Dickstoff DS. Die Vorrichtung 1 kann beispielsweise eine Betonpumpe verkörpern.

[0031] Die Vorrichtung 1 weist einen ersten Antriebszylinder 10a zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit HF auf.

[0032] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen ersten Antriebskolben 11a auf, der in dem ersten Antriebszylinder 10a längsbeweglich angeordnet ist.

[0033] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen ersten Förderzylinder 12a zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff DS in Form von Flüssigbeton auf.

[0034] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen ersten Förderkolben 13a auf, der in dem ersten Förderzylinder 12a längsbeweglich angeordnet ist.

[0035] Die Vorrichtung 1 weist weiter eine erste Kolbenstange 14a auf, die an dem ersten Antriebskolben

11a zur Bewegungskopplung mit dem ersten Förderkolben 13a befestigt ist.

[0036] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen zweiten Antriebszylinder 10b zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit HF auf.

[0037] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen zweiten Antriebskolben 11b auf, der in dem zweiten Antriebszylinder 10b längsbeweglich angeordnet ist.

[0038] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen zweiten Förderzylinder 12b zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff DS auf.

[0039] Die Vorrichtung 1 weist weiter einen zweiten Förderkolben 13b auf, der in dem zweiten Förderzylinder 12b längsbeweglich angeordnet ist.

[0040] Die Vorrichtung 1 weist weiter eine zweite Kolbenstange 14b auf, die an dem zweiten Antriebskolben 11b zur Bewegungskopplung mit dem zweiten Förderkolben 13b befestigt ist.

[0041] Der erste Antriebskolben 11a grenzt in dem ersten Antriebszylinder 10a ein antriebspumpenseitiges Volumen V1 von einem Schaukelvolumen V2 ab. Entsprechend grenzt der zweite Antriebskolben 10b in dem zweiten Antriebszylinder 10b ein antriebspumpenseitiges Volumen V1 von einem Schaukelvolumen V2 ab. Das Schaukelvolumen V2 im ersten Antriebszylinder 10a und das Schaukelvolumen V2 im zweiten Antriebszylinder 10b sind über eine Schaukelverbindung 60 zum Austausch von Hydraulikflüssigkeit HF derart miteinander verbunden, dass sich der erste Antriebskolben 11a gegenphasig zum zweiten Antriebskolben 11b bewegt.

[0042] Die Vorrichtung 1 weist weiter Kolbendichtungen 15 auf, die in defektfreiem Zustand in Verbindung mit dem ersten Antriebskolben 11a bzw. dem zweiten Antriebskolben 11b die antriebspumpenseitigen Volumina V1 gegenüber den Schaukelvolumina V2 abdichten. Weiter sind Stangendichtungen 16 vorgesehen, die in Verbindung mit der ersten Kolbenstange 14a bzw. der zweiten Kolbenstange 14b den ersten Antriebszylinder 10a bzw. den zweiten Antriebszylinder 10b gegenüber einer Umgebung abdichten.

[0043] Die Vorrichtung 1 weist weiter eine Antriebspumpe 20 auf, die zur Erzeugung der Antriebsvolumenströme AVF der Hydraulikflüssigkeit HF ausgebildet ist. Die Antriebspumpe 20 ist über Pumpenverbindungen 30a und 30b mit den antriebspumpenseitigen Volumina V1 zur Bewegung des ersten Antriebskolbens 11a in dem ersten Antriebszylinder 10a bzw. zur Bewegung des zweiten Antriebskolbens 11b in dem zweiten Antriebszylinder 10b verbunden. Die Antriebspumpe 20 kann wahlweise einen Antriebsvolumenstrom AVF entweder über die Pumpenverbindung 30a oder die Pumpenverbindung 30b einspeisen, so dass sich entweder der erste Antriebskolben 11a oder der zweite Antriebskolben 11b nach rechts bewegt, wobei sich der jeweils andere Antriebskolben dann aufgrund der Kopplung über die Schaukelverbindung 60 nach links bewegt.

[0044] Die Antriebspumpe 20 wird derart angesteuert, dass sich der über die aktive Pumpenverbindung 30a

oder 30b angetriebene Antriebskolben 11a oder 11b bis zu einem gewünschten Umkehrpunkt hin nach rechts bewegt. Aufgrund der Schaukelverbindung bewegt sich dann der andere Antriebskolben 11a oder 11b nach links bis zu einem entgegengesetzten Umkehrpunkt. Der erste Antriebskolben 11a und der zweite Antriebskolben 11b führen daher jeweils eine rein translatorische, zwischen zwei Umkehrpunkten oszillierende Bewegung aus.

[0045] In Bezug auf die bislang beschriebenen, aus dem Stand der Technik bekannten Komponenten und Funktionen sei auch auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

[0046] Zur Positionserfassung der Antriebszylinder 10a und 10b sind zugehörige Positionssensoren 17a bzw. 17b vorgesehen. Über eine zeitliche Ableitung der mittels der Positionssensoren 17a bzw. 17b erfassten Kolbenpositionen wird die jeweilige Momentangeschwindigkeit des ersten Antriebskolbens 11a bzw. des zweiten Antriebskolbens 11b ermittelt.

[0047] Eine Steuereinheit 50 steuert den Betrieb der Vorrichtung 1.

[0048] Erfindungsgemäß wird eine Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens 11a und/oder des zweiten Antriebskolbens 11a mittels der Positionssensoren 17a bzw. 17b ermittelt, dann wird eine Differenz zwischen der oder den ermittelten Geschwindigkeiten des ersten Antriebskolbens 11a und/oder des zweiten Antriebskolbens 11b und einer erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens 11a und/oder des zweiten Antriebskolbens 11b gebildet, und schließlich ein Fehlerzustand in Abhängigkeit von der oder den gebildeten Differenzen festgestellt.

[0049] Beispielsweise kann der Fehlerzustand festgestellt werden, wenn die Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit und der erwarteten Geschwindigkeit ein zugehöriges Maß überschreitet, und/oder wenn eine zeitliche Änderung der Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit und der erwarteten Geschwindigkeit ein zugehöriges Maß überschreitet.

[0050] Die erwartete Geschwindigkeit kann beispielsweise in Abhängigkeit von dem erzeugten Antriebsvolumenstrom AVF berechnet werden.

[0051] Die erwartete Geschwindigkeit eines der beiden Antriebskolben 11a oder 11b kann auch der gemessenen Geschwindigkeit des anderen Antriebskolbens 11a oder 11b entsprechen. Mit anderen Worten wird die ermittelte Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens 11a mit der ermittelten Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens 11b verglichen, wobei der Fehlerzustand bestimmt wird, wenn die ermittelten Geschwindigkeiten um mehr als ein vorgegebenes Maß voneinander abweichen, bzw. wenn die zeitliche Änderung der Differenz der ermittelten Geschwindigkeiten ein vorgegebenes Maß überschreitet.

[0052] Der Fehlerzustand entspricht einem Defekt der Kolbendichtung(en) 15 und/oder einem Defekt der Stangendichtung(en) 16. Beispielsweise kann ein Defekt der Kolbendichtung(en) während des Einbringens des an-

triebspumpenseitigen Antriebsvolumenstroms AVF in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit und der erwarteten Geschwindigkeit ermittelt werden. Ein Defekt der Stangendichtung(en) 15 kann entsprechend während des Einbringens des schaukelvolumenseitigen Antriebsvolumenstroms AVF in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit und der erwarteten Geschwindigkeit ermittelt werden.

[0053] Für den Fall, dass ein Hub bzw. eine Umkehrposition der Antriebskolben 11a oder 11b nicht den zugehörigen Sollwerten entspricht/entsprechen, kann mittels Zuspensen oder Abspensen von Hydraulikflüssigkeit HF in ein Schaukelvolumen, das aus dem Schaukelvolumen V2 im ersten Antriebszylinder 10a, dem Schaukelvolumen V2 im zweiten Antriebszylinder 10b und einem Volumen der Schaukelverbindung 60 gebildet ist, der Hub eingestellt werden. Das Zuspensen oder Abspensen von Hydraulikflüssigkeit HF in das Schaukelvolumen kann mittels herkömmlicher Komponenten erfolgen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Diese Komponenten sind exemplarisch mit dem Bezugszeichen 18 versehen.

[0054] Für diesen Fall kann ein Fehlerzustand ermittelt werden, wenn eine Häufigkeit des Zuspensens oder Abspensens und/oder ein zugespeistes oder abgespeistes Volumen ein vorgegebenes Maß überschreitet.

[0055] Die Vorrichtung kann selbstverständlich weitere, aus dem Stand der Technik bekannte Komponenten aufweisen, beispielsweise Umschaltmittel zur Verbindung der Förderzylinder 12a und 12b mit einer Dickstoffförderleitung bzw. einer Dickstoffquelle, usw. Da diese Komponenten hinlänglich bekannt sind, sei auf deren Beschreibung verzichtet.

[0056] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Zustands- bzw. Verschleißerkennung kann durch Berücksichtigung weiterer Größen ergänzt werden, beispielsweise einem Hydraulikdruck und/oder einer Temperatur der Hydraulikflüssigkeit. Zusätzlich kann eine Historie der der gemessenen Größen ausgewertet werden.

[0057] Die Erfindung ermöglicht es, einen Verschleiß von Komponenten der Vorrichtung 1 zu bestimmen und damit vor einem Ausfall der Komponente zu warnen bzw. diesen zu verhindern. Dadurch erhöht sich die Verfügbarkeit der Vorrichtung 1, da ein benötigter Service gezielt geplant werden kann. Außerdem kann durch die automatisierte Lokalisierung des Verschleißes auch der Servicesaufwand erheblich reduziert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung (1) zur Förderung von Dickstoff (DS), wobei die Vorrichtung (1) aufweist:

- einen ersten Antriebszylinder (10a) zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit (HF),

- einen ersten Antriebskolben (11a), der in dem ersten Antriebszylinder (10a) beweglich angeordnet ist,
- einen ersten Förderzylinder (12a) zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff (DS), einen ersten Förderkolben (13a), der in dem ersten Förderzylinder (12a) beweglich angeordnet ist, und eine erste Kolbenstange (14a), die an dem ersten Antriebskolben (11a) und an dem ersten Förderkolben (13a) zur Bewegungskopplung des ersten Antriebskolbens (11a) mit dem ersten Förderkolben (13a) befestigt ist,
- eine Kolbendichtung (15), die in defektfreiem Zustand in Verbindung mit dem ersten Antriebskolben (11a) ein antriebspumpenseitiges Volumen (V1) in dem ersten Antriebszylinder (10a) gegenüber einem Schaukelvolumen (V2) in dem ersten Antriebszylinder (10a) abdichtet,
- eine Stangendichtung (16), die in Verbindung mit der ersten Kolbenstange (14a) den ersten Antriebszylinder (10a) gegenüber einer Umgebung abdichtet, und
- eine Antriebspumpe (20), die zur Erzeugung eines Antriebsvolumenstroms (AVF) von Hydraulikflüssigkeit (HF) zur Bewegung des ersten Antriebskolbens (11a) in dem ersten Antriebszylinder (10a) ausgebildet ist,

wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Ermitteln einer Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a),
- Bilden einer Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) und einer erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a), und
- Bestimmen eines Fehlerzustands in Form eines Defekts der Kolbendichtung (15) und/oder in Form eines Defekts der Stangendichtung (16) in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a), **gekennzeichnet durch** den Schritt
- Berechnen der erwarteten Geschwindigkeit in Abhängigkeit von dem erzeugten Antriebsvolumenstrom (AVF).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Fehlerzustand bestimmt wird,

- wenn die Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) ein zugehöriges Maß überschreitet, und/oder
- wenn eine zeitliche Änderung der Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des

ersten Antriebskolbens (11a) und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) ein zugehöriges Maß überschreitet.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren die weiteren Schritte aufweist:

- Einbringen eines antriebspumpenseitigen Antriebsvolumenstroms (AVF) und
- Bestimmen des Fehlerzustands in Form des Defekts der Kolbendichtung (15) während des Einbringens des antriebspumpenseitigen Antriebsvolumenstroms (AVF) in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren die weiteren Schritte aufweist:

- Einbringen eines schaukelvolumenseitigen Antriebsvolumenstroms und
- Bestimmen des Fehlerzustands in Form des Defekts der Stangendichtung (15) während des Einbringens des schaukelvolumenseitigen Antriebsvolumenstroms in Abhängigkeit von der gebildeten Differenz zwischen der ermittelten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) und der erwarteten Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung weiter aufweist:

- einen zweiten Antriebszylinder (10b) zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit (HF), einen zweiten Antriebskolben (11b), der in dem zweiten Antriebszylinder (10b) beweglich angeordnet ist, einen zweiten Förderzylinder (12b) zur Aufnahme und Abgabe von Dickstoff (DS), einen zweiten Förderkolben (13b), der in dem zweiten Förderzylinder (12b) beweglich angeordnet ist, und eine zweite Kolbenstange (14b), die an dem zweiten Antriebskolben (11b) und an dem zweiten Förderkolben (13b) zur Bewegungskopplung des zweiten Antriebskolbens (11b) mit dem zweiten Förderkolben (13b) befestigt ist,
- wobei der erste Antriebskolben (11a) in dem ersten Antriebszylinder (10a) ein antriebspumpenseitiges Volumen (V1) von einem Schaukelvolumen (V2) abgrenzt,
- wobei der zweite Antriebskolben (10b) in dem zweiten Antriebszylinder (10b) ein antriebspumpenseitiges Volumen (V1) von einem Schaukel-

volumen (V2) abgrenzt, und

- wobei das Schaukelvolumen (V2) im ersten Antriebszylinder (10a) und das Schaukelvolumen (V2) im zweiten Antriebszylinder (10b) über eine Schaukelverbindung (60) zum Austausch von Hydraulikflüssigkeit (HF) derart miteinander verbunden sind, dass sich der erste Antriebskolben (11a) gegenphasig zum zweiten Antriebskolben (11b) bewegt,

wobei das Verfahren die weiteren Schritte aufweist:

- Ermitteln einer Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens (11b), wobei die erwartete Geschwindigkeit des ersten Antriebskolbens (11a) gleich der ermittelten Geschwindigkeit des zweiten Antriebskolbens (11b) ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren die weiteren Schritte aufweist:

- Zuspiesen oder Abspeisen von Hydraulikflüssigkeit (HF) in ein Schaukelvolumen, das aus dem Schaukelvolumen (V2) im ersten Antriebszylinder (10a), dem Schaukelvolumen (V2) im zweiten Antriebszylinder (10b) und einem Volumen der Schaukelverbindung (60) gebildet ist, derart, dass ein Hub einer oszillierenden Bewegung des ersten Antriebskolbens (11a) und des zweiten Antriebskolbens (11b) ein gewünschtes Maß aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Verfahren die weiteren Schritte aufweist:

- Bestimmen des Fehlerzustands, wenn eine Häufigkeit des Zuspießens oder Abspeisens, und/oder zeitliche Änderung der Häufigkeit des Zuspießens oder Abspeisens, und/oder ein zugespeistes oder abgespeistes Volumen ein vorgegebenes Maß überschreitet.

Claims

1. Method for monitoring the state of a device (1) for delivering thick matter (DS), wherein the device (1) has:

- a first drive cylinder (10a) for receiving hydraulic fluid (HF),
- a first drive piston (11a), which is movably arranged in the first drive cylinder (10a),
- a first delivery cylinder (12a) for receiving and releasing thick matter (DS), a first delivery piston (13a), which is movably arranged in the first delivery cylinder (12a), and a first piston rod (14a), which is fastened to the first drive piston

(11a) and to the first delivery piston (13a) for coupled movement of the first drive piston (11a) and the first delivery piston (13a),

- a piston seal (15), which, in the non-defective state, seals off a drive-pump-side volume (V1) in the first drive cylinder (10a) with respect to a swing volume (V2) in the first drive cylinder (10a) in conjunction with the first drive piston (11a),
- a rod seal (16), which seals off the first drive cylinder (10a) with respect to an environment in conjunction with the first piston rod (14a), and
- a drive pump (20), which is designed to generate a drive volume flow (AVF) of hydraulic fluid (HF) for moving the first drive piston (11a) in the first drive cylinder (10a),

wherein the method has the steps:

- determining a speed of the first drive piston (11a),
- calculating a difference between the determined speed of the first drive piston (11a) and an expected speed of the first drive piston (11a), and
- identifying a fault state in the form of a defect in the piston seal (15) and/or in the form of a defect in the rod seal (16) according to the calculated difference between the determined speed of the first drive piston (11a) and the expected speed of the first drive piston (11a),

characterized by the step

- calculating the expected speed according to the generated drive volume flow (AVF).

2. Method according to Claim 1, wherein the fault state is determined

- when the difference between the determined speed of the first drive piston (11a) and the expected speed of the first drive piston (11a) exceeds an associated value, and/or
- when a temporal change in the difference between the determined speed of the first drive piston (11a) and the expected speed of the first drive piston (11a) exceeds an associated value.

3. Method according to either of the preceding claims, wherein the method has the further steps:

- introducing a drive-pump-side drive volume flow (AVF) and
- identifying the fault state in the form of the defect in the piston seal (15) during the introduction of the drive-pump-side drive volume flow (AVF) according to the calculated difference between the determined speed of the first drive

piston (11a) and the expected speed of the first drive piston (11a).

4. Method according to one of the preceding claims, wherein the method has the further steps:

- introducing a swing-volume-side drive volume flow and
- identifying the fault state in the form of the defect in the rod seal (15) during the introduction of the swing-volume-side drive volume flow according to the calculated difference between the determined speed of the first drive piston (11a) and the expected speed of the first drive piston (11a).

5. Method according to one of the preceding claims, wherein the device further has:

- a second drive cylinder (10b) for receiving hydraulic fluid (HF), a second drive piston (11b), which is movably arranged in the second drive cylinder (10b), a second delivery cylinder (12b) for receiving and releasing thick matter (DS), a second delivery piston (13b), which is movably arranged in the second delivery cylinder (12b), and a second piston rod (14b), which is fastened to the second drive piston (11b) and to the second delivery piston (13b) for coupled movement of the second drive piston (11b) and the second delivery piston (13b),
- wherein the first drive piston (11a) separates a drive-pump-side volume (V1) from a swing volume (V2) in the first drive cylinder (10a),
- wherein the second drive piston (10b) separates a drive-pump-side volume (V1) from a swing volume (V2) in the second drive cylinder (10b), and
- wherein the swing volume (V2) in the first drive cylinder (10a) and the swing volume (V2) in the second drive cylinder (10b) are connected to one another via a swing connection (60) for exchanging hydraulic fluid (HF) in such a way that the first drive piston (11a) moves in phase opposition to the second drive piston (11b),

wherein the method has the further steps:

- determining a speed of the second drive piston (11b), wherein the expected speed of the first drive piston (11a) is the same as the determined speed of the second drive piston (11b).

6. Method according to Claim 5, wherein the method has the further steps:

- supplying or discharging hydraulic fluid (HF) to or from a swing volume, which is formed by the

swing volume (V2) in the first drive cylinder (10a), the swing volume (V2) in the second drive cylinder (10b) and a volume of the swing connection (60) in such a way that a stroke of an oscillating movement of the first drive piston (11a) and the second drive piston (11b) has a desired value.

7. Method according to Claim 6, wherein the method has the further steps:

- identifying the fault state when a frequency of the supply or discharge procedure and/or a temporal derivative of the frequency of the supply or discharge procedure and/or a supplied or discharged volume exceeds a specified value.

Revendications

1. Procédé de surveillance d'état d'un dispositif (1) destiné à refouler un liquide épais (DS), le dispositif (1) présentant :

- un premier cylindre d'entraînement (10a) pour recevoir un liquide hydraulique (HF),
- un premier piston d'entraînement (11a) qui est disposé de façon mobile dans le premier cylindre d'entraînement (10a),
- un premier cylindre de refoulement (12a) pour recevoir et délivrer un liquide épais (DS), un premier piston de refoulement (13a) qui est disposé de façon mobile dans le premier cylindre de refoulement (12a), et une première tige de piston (14a) qui est fixée au premier piston d'entraînement (11a) et au premier piston de refoulement (13a) pour le couplage en mouvement du premier piston d'entraînement (11a) avec le premier piston de refoulement (13a),
- un joint de piston (15) qui, dans un état sans défaut en liaison avec le premier piston d'entraînement (11a), rend étanche un volume (V1) côté pompe d'entraînement dans le premier cylindre d'entraînement (10a) par rapport à un volume de basculement (V2) dans le premier cylindre d'entraînement (10a),
- un joint de tige (16) qui en liaison avec la première tige de piston (14a) rend étanche le premier cylindre d'entraînement (10a) par rapport à un environnement, et
- une pompe d'entraînement (20) qui est réalisée pour générer un débit volumique d'entraînement (AVF) de liquide hydraulique (HF) pour déplacer le premier piston d'entraînement (11a) dans le premier cylindre d'entraînement (10a),

le procédé présentant les étapes consistant à :

- établir une vitesse du premier piston d'entraînement (11a),
 - former une différence entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et une vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a), et
 - déterminer un état d'erreur sous la forme d'un défaut du joint de piston (15) et/ou sous la forme d'un défaut du joint de tige (16) en fonction de la différence formée entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a),
- caractérisé par l'étape consistant à**
- calculer la vitesse attendue en fonction du débit volumique d'entraînement (AVF) généré.
- 2.** Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'état d'erreur est déterminé
- si la différence entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a) dépasse une mesure associée, et/ou
 - si une variation temporelle de la différence entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a) dépasse une mesure associée.
- 3.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé présente les étapes supplémentaires consistant à :
- introduire un débit volumique d'entraînement (AVF) côté pompe d'entraînement, et
 - déterminer l'état d'erreur sous la forme du défaut du joint de piston (15) pendant l'introduction du débit volumique d'entraînement (AVF) côté pompe d'entraînement en fonction de la différence formée entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a).
- 4.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le procédé présente les étapes supplémentaires consistant à :
- introduire un débit volumique d'entraînement côté volume de basculement, et
 - déterminer l'état d'erreur sous la forme du défaut du joint de tige (15) pendant l'introduction du débit volumique d'entraînement côté volume de basculement en fonction de la différence formée entre la vitesse établie du premier piston d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a).
- d'entraînement (11a) et la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a).
- 5.** Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif présente en outre :
- un deuxième cylindre d'entraînement (10b) pour recevoir un liquide hydraulique (HF), un deuxième piston d'entraînement (11b) qui est disposé de façon mobile dans le deuxième cylindre d'entraînement (10b), un deuxième cylindre de refoulement (12b) pour recevoir et délivrer un liquide épais (DS), un deuxième piston de refoulement (13b) qui est disposé de façon mobile dans le deuxième cylindre de refoulement (12b), et une deuxième tige de piston (14b) qui est fixée au deuxième piston d'entraînement (11b) et au deuxième piston de refoulement (13b) pour le couplage en mouvement du deuxième piston d'entraînement (11b) avec le deuxième piston de refoulement (13b),
 - dans lequel le premier piston d'entraînement (11a) délimite dans le premier cylindre d'entraînement (10a) un volume (V1) côté pompe d'entraînement par rapport à un volume de basculement (V2),
 - dans lequel le deuxième piston d'entraînement (10b) délimite dans le deuxième cylindre d'entraînement (10b) un volume (V1) côté pompe d'entraînement par rapport à un volume de basculement (V2), et
 - dans lequel le volume de basculement (V2) dans le premier cylindre d'entraînement (10a) et le volume de basculement (V2) dans le deuxième cylindre d'entraînement (10b) sont reliés ensemble par une liaison de basculement (60) pour échanger du liquide hydraulique (HF) de telle sorte que le premier piston d'entraînement (11a) se déplace en opposition de phase avec le deuxième piston d'entraînement (11b),
- le procédé présentant les étapes supplémentaires consistant à :
- établir une vitesse du deuxième piston d'entraînement (11b), dans lequel la vitesse attendue du premier piston d'entraînement (11a) est égale à la vitesse établie du deuxième piston d'entraînement (11b).
- 6.** Procédé selon la revendication 5, dans lequel le procédé présente les étapes supplémentaires consistant à :
- ajouter ou retirer du liquide hydraulique (HF) dans un volume de basculement qui est formé par le volume de basculement (V2) dans le

premier cylindre d'entraînement (10a), le volume de basculement (V2) dans le deuxième cylindre d'entraînement (10b) et un volume de la liaison de basculement (60), de telle sorte qu'une course d'un mouvement oscillatoire du premier piston d'entraînement (11a) et du deuxième piston d'entraînement (11b) présente une mesure souhaitée.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le procédé présente les étapes supplémentaires consistant à :

- déterminer l'état d'erreur si une fréquence de l'ajout ou du retrait et/ou une variation temporelle de la fréquence de l'ajout ou du retrait et/ou un volume ajouté ou retiré dépassent une mesure prédéfinie.

20

25

30

35

40

45

50

55

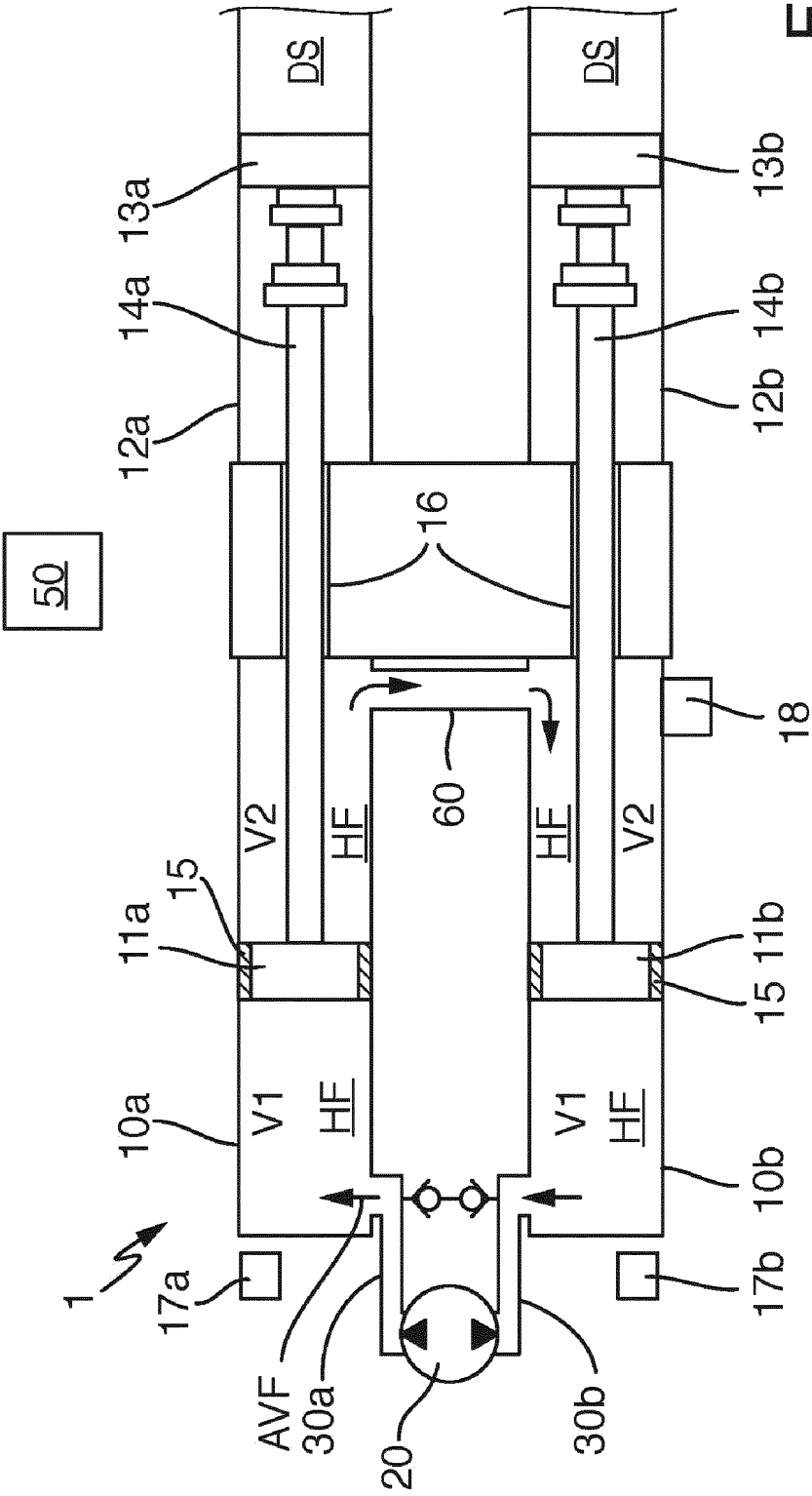


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102014205042 A1 **[0002]**
- DE 19806544 A1 **[0003]**
- EP 1437178 A2 **[0004]**
- EP 3336050 A1 **[0005]**
- EP 2123594 A1 **[0006]**
- WO 2015195246 A1 **[0007]**
- US 2019072118 A1 **[0008]**