

(19)



(11)

EP 3 460 246 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.05.2020 Patentblatt 2020/22

(51) Int Cl.:
F04D 1/02 ^(2006.01) **F04D 7/02** ^(2006.01)
F04D 29/049 ^(2006.01) **F04D 29/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18192242.8**

(22) Anmeldetag: **03.09.2018**

(54) **ZENTRIFUGALPUMPE FÜR KRYOGENE FÖRDERMEDIEN**

CENTRIFUGAL PUMP FOR CRYOGENIC FEED MEDIA

POMPE CENTRIFUGE POUR MILIEUX DE TRANSPORT CRYOGÉNIQUES

(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: **19.09.2017 CH 11522017**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(73) Patentinhaber: **Fives Cryomec AG
4123 Allschwil (CH)**

(72) Erfinder: **Boeglin, Stéphane
68220 Liebenswiller (FR)**

(74) Vertreter: **Schneider Feldmann AG
Patent- und Markenanwälte
Beethovenstrasse 49
Postfach
8027 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**GB-A- 2 206 157 JP-A- 2017 150 593
US-A- 3 975 117 US-A- 5 248 245
US-A1- 2015 143 822**

EP 3 460 246 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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung beschreibt eine Zentrifugalpumpe für kryogene Fördermedien gemäss Oberbegriff des ersten Patentanspruches.

Stand der Technik

[0002] Bekannt sind aus dem Stand der Technik Pumpen für kryogene Medien. Eine bekannte Schwachstelle gerade bei Zentrifugalpumpen für den Einsatz mit kryogenen Fördermedien liegt bei den üblicherweise verwendeten Rollenlagern, auf welchen eine Motorwelle gelagert ist.

[0003] Die Einflüsse eines kryogenen Fördermediums auf geschmierte Rollenlager sind an sich bekannt. Es hat sich gezeigt, dass gängige Schmiermittel in der Regel ziemlich rasch durch im Lagerbereich entstehende oder dort eindringende Dämpfe zumindest teilweise aufgelöst werden. Diese Effekte zeigen sich grundsätzlich bei allen bekannten Schmiermitteln für Rollenlager und sie zeigen sich im Laufe der Zeit selbst dann, wenn speziell abgedichtete geschmierte Lager verwendet werden.

[0004] Aufgrund dieser Schmiermittelproblematik sind deshalb auch Lösungen für Pumpen mit kryogenen Fördermedien entwickelt worden, wobei die Rollenlager nicht geschmiert sind.

[0005] Eine solche Lösung einer Pumpe für kryogene Fördermedien mit ungeschmierten Rollenlagern ist beispielsweise aus dem japanischen Patentedokument JP 2014/020491 A bekannt. Gemäss diesem Dokument werden Laufringe aus Stahl eingesetzt, wobei der Stahl einer kryogenen Härtung unterzogen wurde. Die Rollkörper können ebenfalls aus Stahl mit kryogener Härtung oder aus Keramik bestehen. Gemäss der in diesem Dokument gezeigten Lösung soll somit versucht werden, die Abrasionsfestigkeit der Lager zu erhöhen, um dadurch auf den Einsatz von Schmiermitteln verzichten zu können.

[0006] Es hat sich jedoch gezeigt, dass Materialkombinationen aus Metall und Keramik in ungeschmierten Rollenlagern beziehungsweise Kugellagern (auch allgemein als Wälzlager bezeichnet) in Pumpen, insbesondere Zentrifugalpumpen, keine genügende Ausfallsicherheit bieten. Je mehr die Drehzahl der Motorwelle erhöht wird, desto höher ist die reibungsbedingte Belastung zwischen den einzelnen Komponenten des Rollenlagers.

[0007] Da die Möglichkeiten hinsichtlich der Optimierung der Materialienpaarungen bzw. Materialkombinationen des ungeschmierten Rollenlagers an Grenzen stösst, sind ebenfalls Lösungen von Pumpen für kryogene Fördermedien mit so genannter kryogener Schmierung der Rollenlager, d.h. eine Schmierung anhand eines Teils des kryogenen Fördermediums, bekannt.

[0008] Aus der US 3,652,186 und der US3,975,117 ist beispielsweise eine Zentrifugalpumpe zum Fördern ei-

nes kryogenen Mediums bekannt. Die Zentrifugalpumpe umfasst einen Hauptförderstrom des kryogenen Fördermediums zwischen der Eintrittsseite beziehungsweise Saugseite, und der Austrittsseite beziehungsweise Druckseite.

[0009] Im Austrittsbereich, d.h. auf der Druckseite, der in US 3,652,186 gezeigten Zentrifugalpumpe sind Öffnungen in einem Auslassflansch vorgesehen, wobei über diese Öffnungen ein Teil des austretenden, kryogenen Fördermediums vom Hauptförderstrom abgezweigt und über ausserhalb des Pumpengehäuses angeordnete Rohrleitungen an einen Anschlussstutzen am Pumpengehäuse geführt wird.

[0010] Der Anschlussstutzen befindet sich im Wesentlichen in derselben axialen Position wie das obere, d.h. dem Pumpenrad entferntere, Rollenlager, wobei durch eine Bohrung in einem oberen Gehäusedeckel eine kommunizierende Verbindung zwischen Anschlussstutzen und dem oberen Rollenlager geschaffen wird. Dadurch werden eine Schmierung des oberen Rollenlagers sowie eine Kühlung des oberen Rollenlagers erzielt.

[0011] Das untere, d.h. dem Pumpengehäuse näher gelegene beziehungsweise pumpengehäuseseitige, Rollenlager wird ebenfalls mit dem abgezweigten Teil des kryogenen Fördermediums versorgt, indem zwischen dem Rollenlagergehäuse und der Welle genügend Spiel vorhanden ist für den Durchtritt des kryogenen Fördermediums an dieser Stelle. An der Austrittsstelle aus dem unteren Rollenlager kann entlang der Motorwelle sowie über einen Spalt oberhalb des als Flügelrad ausgestalteten Laufrads der abgezweigte Teil des kryogenen Fördermediums in den Hauptförderstrom des kryogenen Fördermediums zurückgeführt werden.

[0012] Im Weiteren ist aus der DE 1 801 864 eine weitere Zentrifugalpumpe zum Fördern eines kryogenen Mediums bekannt, bei welcher auf der Druckseite ein Teil des kryogenen Fördermediums vom Hauptförderstrom abgezweigt wird und über ein ausserhalb der Pumpe sich befindliches Rohrleitungssystem zu einem oberhalb des oberen Rollenlagers sich befindlichen Anschlussstutzen.

[0013] Eine einstückige Welle, welche sowohl als Motorwelle wie auch als Pumpenwelle fungiert, weist in DE 1 801 864 eine sich zwischen den Rollenlagern erstreckende Bohrung auf, womit in diesem Bereich der Welle ein Hohlraum ausgebildet ist. Zwischen dem Anschlussstutzen in dem Hohlraum in der Welle existiert eine kommunizierende Verbindung. Über zusätzliche Bohrungen in der Welle wird zudem zwischen diesem Hohlraum der Welle und den Rollenlagern eine kommunizierende Verbindung geschaffen.

Die aus US 3,652,186 und DE 1 801 864 bekannten Zentrifugalpumpen haben jedoch den Nachteil, dass eine Vielzahl von Rohrleitungen, d.h. vergleichsweise lange Wege, notwendig sind, damit der abgezweigte Teil des kryogenen Fördermediums zu den Rollenlagern und wieder zurück in den Hauptförderstrom des kryogenen Fördermediums gelangen kann.

Darstellung der Erfindung

[0014] Die vorliegende Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, eine Zentrifugalpumpe bereitzustellen, welche die Nachteile des bekannten Standes der Technik überwindet und insbesondere den konstruktiven Aufbau der Zentrifugalpumpe möglichst einfach hält.

[0015] Diese Aufgaben erfüllt eine Zentrifugalpumpe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0016] Erfindungsgemäss ist zwischen der Druckseite im Pumpengehäuse und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager eine erste kommunizierende Verbindung, insbesondere ein direkter Verbindungskanal, ausgebildet für einen abgezweigten Teil des kryogenen Fördermediums zum Rollenlager, und zwischen dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager und der Saugseite ist eine zweite kommunizierende Verbindung ausgebildet für den abgezweigten Teils des kryogenen Fördermediums zurück zur Saugseite im Pumpengehäuse, so dass eine Zirkulation des abgezweigten Teils der kryogenen Fördermediums zwischen Pumpengehäuse und einzig dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager gewährleistet wird.

[0017] Eine solche Zirkulation zwischen der Druckseite und einzig dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager innerhalb der erfindungsgemässen Zentrifugalpumpe hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, da sich dadurch eine kryogene Schmierung mit einer einfachen Konstruktion der Pumpe vereinbaren lässt. Beispielsweise kann auf ausserhalb des Pumpengehäuses angeordnete Rohrleitungen - im Gegensatz zu den aus US 3,652,186 und DE 1 801 864 bekannten Zentrifugalpumpen - verzichtet werden, womit das Risiko von Leckverlusten vermieden werden kann.

[0018] Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird unter einem direkten Verbindungskanal zwischen Druckseite im Pumpengehäuse und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager als erste kommunizierende Verbindung verstanden, dass im Gegensatz zur Zentrifugalpumpe aus der DE 1801864 keine indirekte Verbindung mit dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager über das dem Pumpenrad entferntere, antriebsmotorseitige Rollenlager ausgebildet ist.

[0019] Gemäss der erfindungsgemässen Lösung einer Zentrifugalpumpe für kryogene Fördermedien kann das zur Schmierung und Kühlung abgezweigte, kryogene Fördermedium in einem vergleichsweise kleinräumigen Kreis zirkulieren. Dadurch können Verluste des abgezweigten, kryogenen Fördermediums gering gehalten werden.

[0020] Im Weiteren ist es notwendig, dass das kryogene Fördermedium im Bereich des ungeschmierten, pumpengehäuseseitigen Rollenlagers nicht verdampft, was vorzugsweise durch Verhinderung des Unterschreitens eines gewissen Mindestdrucks ermöglicht wird. Ein Verdampfen des kryogenen Fördermediums im Bereich der Rollenlager kann die Rollenlager beschädigen. Ein vergleichsweise kleinräumiger Zirkulationskreis ist vorteilhaft, da hierdurch die Aufrechterhaltung des notwen-

digen Mindestdrucks durch die Konstruktion gewährleistet ist.

[0021] Im Sinne der vorliegenden Erfindung können als kryogenes Fördermedium beispielsweise Flüssiggase wie flüssige Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise flüssiges Methan, flüssiger Stickstoff etc. verwendet werden. Unter Flüssiggas wird ein durch Kühlung und Kompression verflüssigtes Gas verstanden. Es hat sich gezeigt, dass gerade flüssige Kohlenwasserstoffe gute Schmiereigenschaften besitzen und sich deshalb für eine kryogene Schmierung besonders gut eignen.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0023] Vorzugsweise befindet sich zwischen dem Motorgehäuse und dem Pumpengehäuse ein Zwischenstück in Form eines Gehäusedeckels, wobei der Gehäusedeckel einen Verbindungskanal in Form einer Bohrung zwischen der Druckseite und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager aufweist zur Bildung der ersten kommunizierenden Verbindung.

[0024] Bevorzugt ist ein Dichtungselement zwischen dem pumpengehäuseseitigen Gehäusedeckel und der Welle derart dichtend angeordnet, um eine Barriere zwischen Pumpengehäuse und dem Motorgehäuse zu erzielen. Im Gegensatz zu den aus US 3,652,186 und DE 1801864 bekannten Zentrifugalpumpen kann es sich beim antriebsmotorseitigen bei der erfindungsgemässen Zentrifugalpumpe vorzugsweise um ein konventionelles, geschmiertes Rollenlager handeln. Das als Barriere für des kryogene Fördermedium dienende Dichtungselement vermeidet damit vorteilhaft die bekannten Probleme, welche bei Inkontaktbringen des kryogenen Fördermediums mit geschmierten Rollenlagern auftreten, und zwingt zudem den abgezweigten Teil über die zweite kommunizierende Verbindung zurück in den Hauptförderstrom des kryogenen Fördermediums.

[0025] Vorzugsweise ist die erfindungsgemässe Zentrifugalpumpe für den Gebrauch in einer horizontalen Lage ausgelegt und damit geeignet, um beispielsweise an einem Lastkraftwagen (LKW) angebracht zu werden.

[0026] Bevorzugt weist das Motorgehäuse, insbesondere an einer beim Gebrauch in horizontaler Lage am tiefsten gelegenen Stelle, eine Austrittsbohrung auf, wobei an der Austrittsbohrung eine zur Saugseite verlaufende Druckausgleichsleitung anbringbar ist. Eine solche Austrittsbohrung mit einer daran angebrachten Druckausgleichsleitung erlaubt vorteilhaft ein Entfernen von unerwünscht im Motorgehäuse vorhandenem kryogenem Fördermedium, welches beispielsweise aufgrund einer mangelhaften Barrierewirkung beispielsweise aufgrund einer Beschädigung oder Verschleiss des Dichtungselements zwischen dem pumpengehäuseseitigen Gehäusedeckel und der Welle in das Motorgehäuse gelangt ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Er-

findungsgegenstandes wird nachstehend im Zusammenhang mit den anliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Zentrifugalpumpe.

Beschreibung

[0028] Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Zentrifugalpumpe 1. Die Zentrifugalpumpe 1 hat ein Motorgehäuse für eine elektrische Antriebsmotoreinheit 12 sowie ein Pumpengehäuse 2 zur Aufnahme der Pumpenelemente. Im vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine einstufige Impeller-Pumpe mit nur einem Pumpenrad 5, wobei es sich auch um eine mehrstufige Impeller-Pumpe mit mehreren Pumpenrädern 5 handeln kann.

[0029] Die Antriebsmotoreinheit 12 hat eine Welle 11, die in zwei Rollenlagern 20; 21 gelagert ist. Ein antriebsmotorseitiges, d.h. dem Pumpenrad 5 beziehungsweise Pumpengehäuse 2 entfernteres, Rollenlager 20 ist hierbei in einem antriebsmotorseitigen Gehäusedeckel 9 gelagert. Im vorliegenden, bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Welle 11 um eine einstückige Welle, welche sowohl als Motorwelle wie auch als Pumpenwelle fungiert. Alternativ ist auch eine Bauform der Zentrifugalpumpe 1 mit einer nicht einstückigen Welle denkbar, bei welcher eine Motorwelle mit einer Pumpenwelle über eine Kupplung verbunden werden kann. An dem dem Pumpengehäuse 2 zugewandten freien Ende der Welle 11 sind hier mittels einer Fixierschraube 7 sowohl ein Pumpenrad 5 wie auch ein als Flügelrad ausgestaltetes Laufrad 6 befestigt. Das Pumpenrad 5 ist hier beispielhaft als eine spiralförmige Förderschaukel ausgebildet.

[0030] Wie in Fig. 1 ersichtlich ist am Pumpengehäuse 2 auf der Eintrittsöffnung E beziehungsweise Saugseite S ein Saugflansch 4 für die Ansaugung des Hauptförderstroms F_H des kryogenen Fördermediums angeordnet. Auf der im Wesentlichen selben axialen Position wie das Pumpengehäuse 2 sowie im Wesentlichen rechtwinklig zur Eintrittsseite E ist hier die Austrittsseite mit einem Auslassflansch für den Ausstoss des Hauptförderstroms F_H des kryogenen Fördermediums angeordnet (nicht ersichtlich in Fig. 1).

[0031] Zwischen Motorgehäuse 10 und Pumpengehäuse 2 befindet sich ein Zwischenstück in Form eines Gehäusedeckels 15, wobei dieser Gehäusedeckel 15 mit geeigneten Fixiermitteln eine feste Verbindung zwischen dem Motorgehäuse 10 und dem Pumpengehäuse 2 herstellt. Der Gehäusedeckel 15 hat Adapter- und Trennfunktion. Im Gehäusedeckel 15 ist das pumpengehäuseseitige, d.h. dem Pumpengehäuse 2 beziehungsweise Pumpenrad 5 näher gelegene, Rollenlager 21 gelagert. Gemäss dem hier gezeigten, bevorzugten Ausführungs-

beispiel ist vorzugsweise zwischen dem Gehäusedeckel 15 und dem Motorgehäuse 10 eine Isolierscheibe 19 angeordnet.

[0032] Zwischen der Druckseite D im Pumpengehäuse 2 und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager 21 ist eine erste kommunizierende Verbindung insbesondere als ein direkter Verbindungskanal 16, ausgebildet für einen abgezweigten Teil F_{A1} vom Hauptförderstrom F_H des kryogenen Fördermediums. Der Verbindungskanal 16 wird hier in Form einer Bohrung im Gehäusedeckel 15 gebildet und erstreckt sich hier beispielhaft zwischen Rollenlager 21 quer nach aussen bis zu einem äusseren radialen Bereich des Pumpengehäuses 2. In Fig. 1 wird nur ein Verbindungskanal 16 gezeigt, wobei durchaus eine oder mehrere Verbindungskanäle 16 je nach Bedarf vorhanden sein können.

[0033] Während des Betriebs der Zentrifugalpumpe 1 erhöht sich aufgrund der Zentrifugalkräfte ein Druck P_2 auf der Druckseite D im äusseren radialen Bereich des Pumpengehäuses 2 gegenüber einem Druck P_1 bei der Saugseite S in einem inneren radialen Bereich des Pumpengehäuses 2. Der Druck P_2 auf der Druckseite D entspricht üblicherweise dem zu erzielenden Druck des austretenden Hauptförderstroms F_H des kryogenen Fördermediums. Mit anderen Worten bildet sich ein Druckgradient, wobei gilt: $P_2 > P_1$. Dieser Druckgradient bewirkt ein Abzweigen eines Teils F_{A1} vom Hauptförderstrom F_H des kryogenen Fördermediums in Richtung des Rollenlagers 21 und dadurch ein Durchströmen beziehungsweise eine kryogene Schmierung und Kühlung des Rollenlagers 21. Mit anderen Worten wird die Zirkulation durch den Druckgradienten beziehungsweise die Druckdifferenz zwischen Druckseite D und Saugseite S gewährleistet. Es hat sich gezeigt, dass in der erfindungsgemässen Zentrifugalpumpe 1 ein Druckgradient bzw. eine Druckdifferenz zwischen P_1 und P_2 von 0,8 bis 8 bar einstellbar sein kann, wobei dieser Druckgradient insbesondere durch die Pumpengeschwindigkeit sowie den Durchmesser des Laufrades beeinflussbar ist.

Zwischen dem Rollenlager 21 und der Saugseite S im Pumpengehäuse 2 ist eine zweite kommunizierende Verbindung ausgebildet für die Rückführung des abgezweigten Teils F_{A2} des kryogenen Fördermediums zurück zur Saugseite S im Pumpengehäuse 2, so dass eine Zirkulation des abgezweigten Teils F_{A1} ; F_{A2} des kryogenen Fördermediums zwischen der Druckseite D im Pumpengehäuse 2 über das pumpengehäuseseitige Rollenlager 21 zurück zur Saugseite S gewährleistet wird. Gemäss der hier in Fig. 1 gezeigten, bevorzugten Ausführungsform ist die zweite kommunizierende Verbindung in Form mindestens einer unteren Öffnung O_2 des pumpengehäuseseitigen Rollenlagers 21 ausgestaltet und kann so zu einer oberen Saugseite S_1 gelangen. Im Weiteren beinhaltet die zweite kommunizierende Verbindung hier beispielhaft gestrichelt angedeutet mindestens eine Bohrung B im Laufrad 6, wodurch der abgezweigte Teil F_{A2} des kryogenen Fördermediums von einer oberen Saugseite S_1 zurück zur Saugseite S gelangt.

gen kann. Es hat sich gezeigt, dass zwischen der oberen Saugseite S_1 ein leicht höherer Druck existiert als der Druck P_1 auf der Saugseite S, wodurch der abgezweigte Teil F_{A2} des kryogenen Fördermediums wieder in den Hauptförderstrom F_H des kryogenen Fördermediums gelangen kann.

[0034] Ein ringförmig ausgestaltetes, die Welle 11 umschliessendes Dichtungselement 18 ist zwischen dem Gehäusedeckel 15 und der Welle 11 derart dichtend angeordnet, um eine Barriere zwischen Pumpengehäuse 2 und dem Motorgehäuse 10 zu erzielen. Dieses Dichtungselement 18 zwingt - wie in Fig. 1 ersichtlich in die dem Motorgehäuse 10 abgewandte Richtung - den abgezweigten Teil F_{A2} des kryogenen Fördermediums über die zweite kommunizierende Verbindung zurück in den Hauptförderstrom F_H des kryogenen Fördermediums. Das in Fig. 1 gezeigte, bevorzugte Ausführungsbeispiel weist zudem beispielhaft - zusätzlich zum Dichtungselement 18 - eine Labyrinthdichtung 17 zwischen dem ungeschmierten Rollenlager 21 und dem Dichtungselement 18 auf. Die erfindungsgemässe Zentrifugalpumpe 1 erlaubt durch einen Spalt zwischen der Labyrinthdichtung 17 und dem Rollenlager 21 einen Durchfluss des abgezweigten Teils F_{A1} des kryogenen Fördermediums, so dass der abgezweigte Teil F_{A1} des kryogenen Fördermediums über mindestens eine obere Öffnung O_1 in das Rollenlager 21 gelangen und anhand des kryogenen Fördermediums geschmiert werden kann.

[0035] Idealerweise ist die Zentrifugalpumpe 1 ausgelegt beziehungsweise dazu geeignet, um in horizontaler Lage, d.h. bei einer horizontal ausgerichteten Längsachse der Welle 11, für den Gebrauch beispielsweise an einem LKW betrieben zu werden. Beispielsweise ist die Zentrifugalpumpe 1 vorzugsweise derart ausgestaltet, so dass die in Fig.1 gezeigte, Austrittsbohrung 13 im Motorgehäuse 10 an einer in Schwerkraftichtung betrachtet am tiefsten gelegenen Stelle ausgerichtet und angeordnet ist, wodurch unerwünscht sich im Motorgehäuse 10, befindliches flüssiges kryogenes Fördermedium an dieser Stelle sammeln kann. Wie in Fig.1 durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist bevorzugt eine Druckausgleichsleitung 14 an der Austrittsbohrung 13 sowie an einer Bohrung 3 im Saugflansch 4 des Pumpengehäuses 2 dichtend angebracht. Eine derart angebrachte Druckausgleichsleitung 14 ist vorteilhaft, da das flüssige, kryogene Fördermedium aus dem Inneren des Motorgehäuses 10 in Richtung Saugseite S bei der Eintrittsöffnung E gezwungen wird. Eine solche Austrittsbohrung 13 mit einer daran angebrachten Druckausgleichsleitung 14 erlaubt vorteilhaft ein Entfernen von unerwünscht im Motorgehäuse 10 vorhandenem flüssigem kryogenem Fördermedium, welches beispielsweise aufgrund einer mangelhaften Barrierewirkung beispielsweise aufgrund einer Beschädigung oder Verschleiss des Dichtungselements 18 zwischen dem pumpengehäuseseitigen Gehäusedeckel 15 und der Welle 11 in das Motorgehäuse 10 gelangt ist.

[0036] Das ungeschmierte Rollenlager 21 im Gehäu-

sedeckel 15 umfasst hier eine Vielzahl von Kugeln 23, einen inneren Laufring 25 sowie einen äusseren Laufring 27 jeweils mit Laufflächen, zwischen denen die Kugeln 23 angeordnet sind, wobei hier die Kugeln 23 aus Keramik gefertigt sein können. Die Laufringe 25; 27 sind bevorzugt aus Stahl gefertigt und weisen idealerweise im Bereich der Laufflächen eine chrombasierte Beschichtung auf.

[0037] Ein solches ungeschmiertes Rollenlager 21 beziehungsweise Kugellager wird auch als ein Hybridlager bezeichnet, bei dem für die Laufringe 25; 27 und die Kugeln 23 (auch Wälzkörper genannt) unterschiedliche Materialien eingesetzt werden. Die häufigste Bauart ist die des Rillenkugellagers mit herkömmlichen Laufringen 25; 27 aus Stahl und Kugeln 23 aus einer hochfesten Keramik, meistens Siliciumnitrid.

[0038] Beim Rollenlager 20 im antriebsmotorseitigen Gehäusedeckel 9 kann identisch wie das Rollenlager 21 gefertigt sein, es kann sich aber aus Kostengründen vorteilhaft auch um ein konventionelles, geschmiertes Rollenlager handeln.

[0039] Der gegenseitige Abstand der Kugeln 23 im ungeschmierten Rollenlager 21 wird durch einen Käfig (nicht gezeigt in Fig.1) gewährleistet, welcher für jede Kugel 23 eine separate Kammer aufweist. Die Innenflächen der Kammern sind vorzugsweise zylindrisch und der Zylinderdurchmesser wird etwas grösser als der Durchmesser der Kugeln 23 gewählt, so dass die Kugeln frei in dem Käfig rotieren können. Bevorzugt ist dieser Käfig aus verstärktem PTFE (Polytetrafluorethylen) gefertigt. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Käfig auch aus Edelstahl, Polyetheretherketon (PEEK), Messing oder beliebige Kombinationen hiervon hergestellt sein.

35 Bezugszeichenliste

[0040]

1	Zentrifugalpumpe
2	Pumpengehäuse
3	Bohrung (im Pumpengehäuse)
4	Saugflansch
5	Pumpenrad
6	Laufrad
7	Fixierschraube
9	antriebsmotorseitiger Gehäusedeckel
10	Motorgehäuse
11	Welle
12	Antriebsmotoreinheit
13	Austrittsbohrung (im Motorgehäuse)
14	Druckausgleichsleitung (zwischen Saugseite und Druckseite)
15	pumpengehäuseseitiger Gehäusedeckel
16	Verbindungskanal (für abgezweigtes, kryogenes Medium)
17	Labyrinthdichtung
18	Dichtungselement
19	Isolierscheibe

20	antriebsmotorseitiges Rollenlager
21	pumpengehäuseseitiges Rollenlager
22	Kugel (oberes Rollenlager)
23	Kugel (unteres Rollenlager)
24	innerer Laufring (oberes Rollenlager)
25	innerer Laufring (unteres Rollenlager)
26	äusserer Laufring (oberes Rollenlager)
27	äusserer Laufring (unteres Rollenlager)
A	Austrittsöffnung
B	Bohrung (im Laufring)
D	Druckseite
E	Eintrittsöffnung
F _{A1}	Abgezwertes, kryogenes Fördermedium (Druckseite zum Rollenlager)
F _{A2}	Abgezwertes, kryogenes Fördermedium (Rollenlager zur Druckseite)
F _H	Hauptförderstrom kryogenes Fördermedium
L	Längsachse
O ₁	Obere Öffnung (des pumpengehäuseseitigen Rollenlagers)
O ₂	Untere Öffnung (des pumpengehäuseseitigen Rollenlagers)
S	Saugseite
S ₁	Obere Saugseite

Patentansprüche

1. Rotierende direktangetriebene ein- oder mehrstufige Zentrifugalpumpe (1) für kryogene Flüssigkeiten, mit einem Pumpengehäuse (2) für die Pumpe (1) und einer elektrischen, als Pumpenantrieb dienenden Antriebsmotoreinheit (12) in einem Motorgehäuse (10), wobei eine Welle (11) der Antriebsmotoreinheit (12) auf zwei Lagern, insbesondere Rollenlagern (20; 21), gelagert ist, und wobei zumindest ein Rollenlager (20; 21) ein ungeschmiertes Rollenlager ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Druckseite (D) im Pumpengehäuse (2) und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) mindestens eine erste kommunizierende Verbindung, insbesondere ein direkter Verbindungskanal (16), ausgebildet ist für einen abgezweigten Teil (F_{A1}) vom Hauptförderstrom (F_H) des kryogenen Fördermediums zum Rollenlager (21), und dass zwischen dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) und der Saugseite (S) eine zweite kommunizierende Verbindung ausgebildet ist für den abgezweigten Teil (F_{A2}) des kryogenen Fördermediums zurück zur Saugseite (S) in den Hauptförderstrom (F_H) des kryogenen Fördermediums, so dass eine Zirkulation des abgezweigten Teils (F_{A1}; F_{A2}) des kryogenen Fördermediums zwischen der Druckseite (D) im Pumpengehäuse (2) und einzig dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) gewährleistet wird.

2. Pumpe (1) nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Motorgehäuse (10) und Pumpengehäuse (2) sich ein Zwischenstück in Form eines Gehäusedeckels (15) befindet, wobei der Gehäusedeckel (15) einen Verbindungskanal (16) in Form einer Bohrung zwischen der Druckseite (D) im Pumpengehäuse (2) und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) aufweist zur Bildung der ersten kommunizierenden Verbindung.
3. Pumpe (1) nach Patentanspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Dichtungselement (18) zwischen dem Gehäusedeckel (15) und der Welle (11) derart dichtend angeordnet ist, um eine Barriere zwischen Pumpengehäuse (2) und dem Motorgehäuse (10) zu erzielen.
4. Pumpe (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (1) für den Gebrauch in einer horizontalen Lage ausgelegt ist.
5. Pumpe (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorgehäuse (10), insbesondere an einer beim Gebrauch in horizontaler Lage in Schwerkraftrichtung am tiefsten gelegenen Stelle, eine Austrittsbohrung (13) aufweist, wobei an der Austrittsbohrung (13) eine Druckausgleichsleitung (14) zwischen dem Motorgehäuse (10) und der Saugseite (S) anbringbar ist.
6. Pumpe (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Rollenlager (20; 21), insbesondere das pumpengehäuseseitige, ungeschmierte Rollenlager (21), ein Hybridlager aus reibungsarmen Materialien ist.
7. Pumpe (1) nach Patentanspruch 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** innere und äussere Laufringe (24; 25; 26; 27) der Rollenlager (20; 21), insbesondere des pumpengehäuseseitigen Rollenlagers (21), aus Stahl gefertigt sind und im Bereich der Laufflächen eine chrombasierte Beschichtung aufweisen, sowie die Kugeln (22; 23) der Rollenlager (20; 21), insbesondere des pumpengehäuseseitigen Rollenlagers (21), aus Keramik, insbesondere Siliciumnitrid (Si₃N₄), gefertigt sind.
8. Pumpe (1) nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** dass die Rollenlager (20; 21), insbesondere das pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21), einen

Käfig zur gegenseitigen Beabstandung der Kugeln (22; 23) umfassen, wobei durch den Käfig für jede Kugel (22; 23) eine separate Kammer geschaffen wird, und wobei der Käfig aus verstärktem Polytetrafluorethylen (PTFE), Edelstahl oder Polyetheretherketon (PEEK) oder Messing oder beliebige Kombinationen hiervon gefertigt ist.

9. Verfahren zum Betreiben einer Pumpe (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, umfassend zumindest die Verfahrensschritte:

Inbetriebsetzung der Pumpe (1) zum Fördern eines Hauptförderstroms (F_H) des kryogenen Fördermediums von der Eintrittsöffnung (E) zur Austrittsöffnung (A),

dadurch gekennzeichnet, dass

während des Betriebs zwischen der Druckseite (D) im Pumpengehäuse (2) und dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) über mindestens eine erste kommunizierende Verbindung, insbesondere einen direkten Verbindungskanal (16), ein abgezwiegt Teil (F_{A1}) vom Hauptförderstrom (F_H) des kryogenen Fördermediums zum Rollenlager (21) geführt wird, und dass über eine zwischen dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) und der Saugseite (S) ausgebildete zweite kommunizierende Verbindung der abgezwiegt Teil (F_{A2}) des kryogenen Fördermediums zurück zur Saugseite (S) in den Hauptförderstrom (F_H) des kryogenen Fördermediums geführt wird, so dass eine Zirkulation des abgezwiegt Teils (F_{A1} ; F_{A2}) des kryogenen Fördermediums zwischen der Druckseite (D) im Pumpengehäuse (2) und einzig dem pumpengehäuseseitigen Rollenlager (21) gewährleistet wird.

10. Verfahren nach Patentanspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

sich während des Betriebs der Zentrifugalpumpe (1) aufgrund der Zentrifugalkräfte ein Druck (P_2) auf der Druckseite (D) im äusseren radialen Bereich des Pumpengehäuses (2) gegenüber einem Druck (P_1) bei dem in einem inneren radialen Bereich des Pumpengehäuses (2) angeordneten Rollenlager (21) erhöht, so dass dieser Druckgradient ein Abzweigen eines Teils (F_{A1}) vom Hauptförderstrom (F_H) des kryogenen Fördermediums in Richtung des Rollenlagers (21) über die mindestens eine erste kommunizierende Verbindung und dadurch ein Durchströmen beziehungsweise eine kryogene Schmierung und Kühlung des Rollenlagers (21) bewirkt.

11. Verfahren nach einem der Patentansprüche 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Pumpe (1) bei der Inbetriebsetzung in einer ho-

rizontalen Lage installiert wird.

Claims

1. A rotating, directly-driven single or multi-stage centrifugal pump (1) for cryogenic liquids, with a pump housing (2) for the pump (1) and an electric drive motor unit (12), serving as the pump drive, in a motor housing (10), wherein a shaft (11) of the drive motor unit (12) is borne on two bearings, more particularly roller bearings (20; 21), and wherein at least one roller bearing (20; 21) is an unlubricated roller bearing, **characterised in that** between the pressure side (D) in the pump housing (2) and the roller bearing (21) on the pump housing side, at least one first communicating connection, in particular a direct communication channel (16), is formed for a branched-off part (F_{A1}) of the main flow (F_H) of the cryogenic conveyed medium to the roller bearing (21), and **in that** between the roller bearing (21) on the pump housing side and the suction side (S), a second communicating connection is formed for the branched-off part (F_{A2}) of the cryogenic conveyed flow back to the suction side (S) into the main flow (F_H) of the cryogenic conveyed medium, so that a circulation of the branched part-off part (F_{A1} ; F_{A2}) of the cryogenic medium is guaranteed between the pressure side (D) in the pump housing (2) and solely the roller bearing (21) on the pump housing side.
2. The pump (1) according to claim 1, **characterised in that** between the motor housing (10) and the pump housing (2) there is an intermediate piece in the form of a housing lid (15), wherein the housing lid (15) comprises a connection channel (16) in the form of a drilled hole between the pressure side (D) in the pump housing (2) and the roller bearing (21) in the pump housing side for creating the first communicating connection.
3. The pump (1) according to claim 2, **characterised in that** a sealing element (18) is arranged in a sealing manner between the housing lid (15) and the shaft (11) in such a way as to create a barrier between the pump housing (2) and the motor housing (10).
4. The pump (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the pump (1) is designed to be used in a horizontal position.

5. The pump (1) according to any one of the preceding claims,

characterised in that

the motor housing (10) comprises an outlet boring (13), in particular at the lowest point in the direction of gravity during use in the horizontal position, wherein at the outlet boring (13) a pressure equalisation line (14) between the motor housing (10) and the suction side (S) can be applied.

6. The pump (1) according to any one of the preceding claims,

characterised in that

at least one roller bearing (20; 21), more particularly the unlubricated roller bearing (21) of the pump housing side is a hybrid bearing made of low-friction materials.

7. The pump (1) according to claim 6,

characterised in that

inner and outer raceways (24; 25; 26; 27) of the roller bearing (20; 21), in particular of the roller bearing (21) on the pump housing side, are made of steel and in the area of the running surfaces have a chromium-based coating, and the balls (22; 23) of the roller bearing (20; 21), more particularly of the roller bearing (21) on the pump side, are made of ceramic material, in particular of silicon nitride (Si_3N_4).

8. The pump (1) according to claim 7,

characterised in that

the roller bearings (20; 21), more particularly the roller bearing (21) on the pump housing side, comprise a cage for spacing the balls (22; 23) with regard to each other, wherein through the cage a separate chamber is created for each ball (22; 23) and wherein the cage is made of reinforced polytetrafluorethylene (PTFE), stainless steel or polyether-ether ketone (PEEK) or brass or any combination thereof.

9. A method of operating a pump (1) according to any one of the preceding claims comprising at least the procedural steps:

starting up of the pump (1) for conveying a main flow (F_H) of the cryogenic conveyed medium from an inlet opening (E) to an outlet opening (A),

characterised in that

during operation, between the pressure side (D) in the pump housing (2) and the roller bearing (21) on the pump housing side, a branched-off part (F_{A1}) of the main flow (F_H) of the cryogenic conveyed medium is conveyed to the roller bearing (21) via at least one first communicating channel, in particular a direct connection channel (16), and

in that, via second communicating channel formed between the roller bearing (21) on the

pump housing side and the suction side (S), the branched-off part (F_{A2}) of the cryogenic conveyed medium back to the suction side (S) is conveyed into the main flow (F_H),

so that a circulation of the branched-off part (F_{A1} ; F_{A2}) of the cryogenic conveyed medium is guaranteed between the pressure side (D) in the pump housing (2) and solely the roller bearing (21) on the pump housing side.

10. The method according to claim 9,

characterised in that

during the operation of the centrifugal pump (1), on the basis of the centrifugal forces a pressure (P_2) on the pressure side (D) in the outer radial area of the pump housing (2) increases compared with a pressure (P_1) at the roller bearing (21) arranged in an inner radial area of the pump housing (2), so that this pressure gradient brings about a branching off of a part (F_{A1}) of the main flow (F_H) of the cryogenic conveyed medium in the direction of the roller bearing (21) via the at least one first communicating connection, and as a result a flow through or cryogenic lubrication and cooling of the roller bearing (21).

11. The method according to any one of the claims 9 or 10,

characterised in that

on starting up, the pump (1) is installed in a horizontal position.

Revendications

1. Pompe centrifuge rotative à entraînement direct mono- ou multi-étagée (1) pour des liquides cryogéniques avec un carter de pompe (2) pour la pompe (1) et une unité motorisée d'entraînement (12) électrique, servant d'entraînement de pompe dans un carter de moteur (10),

sachant qu'un arbre (11) de l'unité motorisée d'entraînement (12) est logé sur deux roulements, en particulier des roulements à rouleaux (20 ; 21) et sachant au moins qu'un roulement à rouleaux (20 ; 21) est un roulement à rouleaux non lubrifié,

caractérisée en ce qu'

au moins une première liaison communicante, en particulier un conduit de liaison direct (16), est constituée entre le côté pression (D) dans le carter de pompe (2) et le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe pour une partie (F_{A1}) dérivée du débit principal dérivé (F_H) du liquide refoulé cryogénique vers le roulement à rouleaux (21), et

en ce qu'une deuxième liaison communicante est constituée entre le roulement à rouleaux (21) côté carter de pompe et le côté aspiration (S) pour la partie (F_{A2}) dérivée du liquide refoulé cryogénique en retour vers le côté aspiration (S) dans le débit prin-

cipal (F_H) du liquide refoulé cryogénique, de telle manière qu'une circulation de la partie (F_{A1} ; F_{A2}) dérivée du liquide refoulé cryogénique est garantie entre le côté pression (D) dans le carter de pompe (2) et uniquement le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe.

2. Pompe (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**
une pièce intermédiaire sous la forme d'un couvercle de carter (15) se trouve entre le carter de moteur (10) et le carter de pompe (2), sachant que le couvercle de carter (15) comporte un conduit de liaison (16) sous la forme d'un perçage entre le côté de pression (D) dans le carter de pompe (2) et le roulement à rouleaux (21) côté carter de pompe pour former la première liaison communicante.
3. Pompe (1) selon la revendication 2, **caractérisée en ce qu'**
un élément d'étanchéité (18) est disposé entre le couvercle de carter (15) et l'arbre (11) de façon hermétique de manière à obtenir une barrière entre le carter de pompe (2) et le carter de pompe (10).
4. Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**
la pompe (1) est conçue pour l'utilisation dans une position horizontale.
5. Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**
le carter de moteur (10), en particulier à un emplacement situé au plus profond lors de l'utilisation en position horizontale en direction de la force de gravité, comporte un perçage de sortie (13), sachant que sur le perçage de sortie (13) une conduite de compensation de pression (14) peut être montée entre le carter de moteur (10) et le côté aspiration (S).
6. Pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**
au moins un roulement à rouleaux (20 ; 21), en particulier le roulement à rouleaux (21) non lubrifié, côté carter de pompe, est un roulement hybride en matériaux à faible frottement.
7. Pompe (1) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que**
les chemins de roulement intérieurs et extérieurs (24 ; 25 ; 26 ; 27) des roulements à rouleaux (20 ; 21), en particulier du roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe, sont fabriqués en acier et comportent dans la zone des surfaces de contact un revêtement à base de chrome, et les sphères (22 ; 23)

des roulements à rouleaux (20 ; 21), en particulier du roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe, sont fabriquées en céramique, en particulier en nitrure de silicium (Si_3N_4).

8. Pompe (1) selon la revendication 7, **caractérisée en ce que**
les roulements à rouleaux (20 ; 21), en particulier le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe, comprennent une cage destinée à la sollicitation réciproque des sphères (22 ; 23), sachant qu'une chambre séparée est créée par la cage pour chaque sphère (22 ; 23) et sachant que la cage est fabriquée à cet effet en polytétrafluoréthylène (PTFE) renforcé, en acier spécial ou en polyétheréthercétone (PEEC) ou en laiton ou dans des combinaisons quelconques.
9. Procédé pour faire fonctionner une pompe (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins les étapes de procédé :

mise en service de la pompe (1) pour accélérer un débit principal (F_H) du liquide refoulé cryogénique de l'orifice d'entrée (E) vers l'orifice de sortie (A),
caractérisé en ce que
pendant le fonctionnement, une partie (F_{A1}) dérivée du débit principal (F_H) de liquide refoulé cryogénique vers le roulement à rouleaux (21) entre le côté pression (D) dans le carter de pompe (2) et le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe est guidée par le biais d'au moins une première liaison communicante, en particulier un conduit de liaison direct (16), et **en ce que** la partie (F_{A2}) du liquide refoulé cryogénique en retour vers le côté aspiration (S) dans le débit principal (F_H) du liquide refoulé cryogénique est guidée par le biais d'une deuxième liaison communicante constituée entre le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe et le côté aspiration (S), de telle manière qu'une circulation de la partie (F_{A1} ; F_{A2}) dérivée du liquide refoulé cryogénique est garantie entre le côté pression (D) dans le carter de pompe (2) et uniquement le roulement à rouleaux (21) du côté carter de pompe.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**
pendant le fonctionnement de la pompe centrifuge (1), une pression (P_2) augmente en raison des forces centrifuges sur le côté de pression (D) dans une zone radiale extérieure du carter de pompe (2) par rapport à une pression (P_1) pour le roulement à rouleaux (21) disposé dans une zone radiale intérieure du carter de pompe (2) de telle manière que ce gradient de pression entraîne une dérivation d'une partie (F_{A1}) du débit principal (F_H) du liquide refoulé cryo-

génique en direction du roulement à rouleaux (21) par le biais d'au moins une première liaison communicante et de ce fait une traversée ou une lubrification cryogénique et un refroidissement du roulement à rouleaux (21).

5

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10,

caractérisé en ce que

la pompe (1) est installée dans une position horizontale pour la mise en service.

10

15

20

25

30

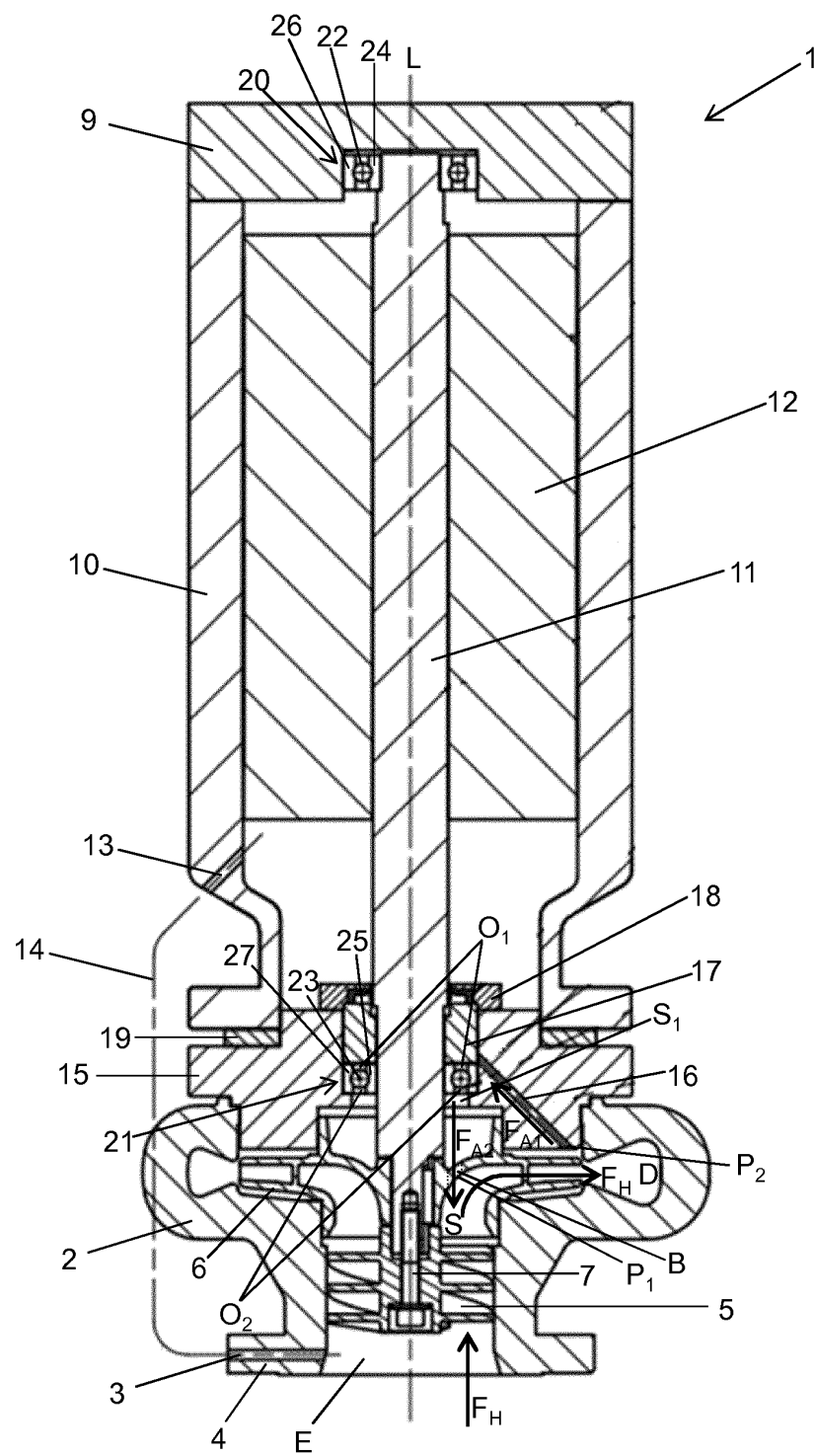
35

40

45

50

55



Figur 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

- JP 2014020491 A [0005]
- US 3652186 A [0008] [0009] [0013] [0017] [0024]
- US 3975117 A [0008]
- DE 1801864 [0012] [0013] [0017] [0018] [0024]