

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1249/2007 (51) Int. Cl.⁸: **F16N 37/00**
F16C 33/10
(22) Anmeldetag: 2007-08-09
(43) Veröffentlicht am: 2009-05-15

(30) Priorität:
18.08.2006 AT A 1390/06 beansprucht.
(56) Entgegenhaltungen:
US 2005/183906A1 DE 10315223B3
WO 2006/027970A1

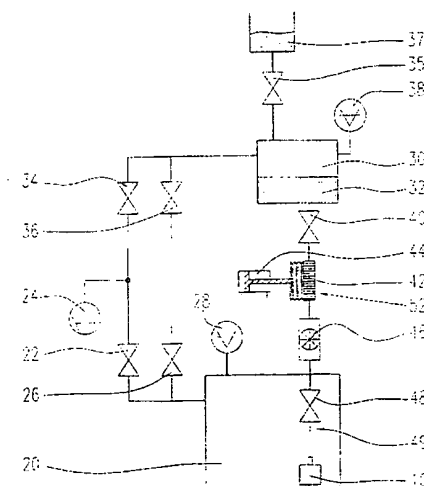
(73) Patentanmelder:
MINEBEA CO., LTD.
KITASAKU-GUN (JP)
(72) Erfinder:
NEUMANN RUDOLF
SPAICHINGEN (DE)
ETLING CARSTEN
SPAICHINGEN (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR EINBRINGUNG VON SCHMIERMITTEL IN DEN LAGERSPALT EINES HYDRODYNAMISCHEN LAGERS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen eines Schmiermittels in den Lagerspalt eines hydrodynamischen Lagers, umfassend die folgenden Schritte:

Einbringen des Lagers in einen evakuierbaren Arbeitsraum (20);
Vorkonditionieren des Schmiermittels in einem evakuierbaren Vorratsraum (30; 60);
Zuführen einer vorgebbaren Menge von Schmiermittel vom Vorratsraum zu einer druckerzeugenden Vorrichtung (52), die einen Wellbalg (42) oder einen Arbeitskolben (66) umfasst, der in zwei Bewegungsrichtungen arbeitet, wobei in einer ersten Bewegungsrichtung die vorgegebene Menge an Schmiermittel (32) von dem Vorratsraum (30; 60) zu einem Druckraum (42; 62) fließt, bis der Druckraum mit Schmiermittel gefüllt ist, und in einer zur ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzten zweiten Bewegungsrichtung eine Druckbeaufschlagung der im Druckraum befindlichen vorgegebenen Menge von Schmiermittel durch die druckerzeugende Vorrichtung (52) erfolgt;
Zuführen des Schmiermittels von der druckerzeugenden Vorrichtung zu einer Befüllvorrichtung (49);

Fig. 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt eines hydrodynamischen Lagers.

Gebiet der Erfindung

Hydrodynamische Lager (Fluidlager) werden beispielsweise zur Drehlagerung von Hochpräzisionsspindelmotoren eingesetzt, wie sie zum Antrieb von Festplattenlaufwerken verwendet werden. Hydrodynamische Lager weisen im Vergleich mit Kugellagern eine hohe Laufgenauigkeit (geringe Exzentrizität) und Laufruhe bei sehr viel höherer Schockfestigkeit (Robustheit) auf. Sie arbeiten nahezu geräuschlos und verschleißfrei, da während des Betriebs mit Nenndrehzahl kein direkter Körperkontakt mit Festkörperreibung zwischen den relativ zueinander rotierenden Lagerteilen vorliegt. Zwischen den relativ zueinander rotierenden Lagerbauteilen befindet sich dabei ein mit einem Schmiermittel (Lagerfluid), beispielsweise einem Schmieröl, gefüllter Lagerspalt von einigen Mikrometern Breite.

Stand der Technik

Die US 2005/183 906 A1 zeigt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Befüllung von fluiddynamischen Lagern mit Lageröl.

Die DE 103 15 223 B3 und die WO 2006/027 970 A behandeln ebenso eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Befüllung von fluiddynamischen Lagern mit Lageröl.

Aus der US 2004/0107577 A1 oder der US 2005/0000092 A1 sind Verfahren und Vorrichtungen zum Einführen eines Fluids in ein hydrodynamisches Lager bekannt. In einer Niederdruckumgebung wird das Lagerfluid in den Lagerspalt zwischen dem festen Teil und dem rotierenden Teil eingeführt. Beim erstgenannten Verfahren wird jedoch das Lagerfluid vor dem Einführen teilweise unter Umgebungsdruck gehalten. Dabei besteht die Gefahr der Bildung von Luftbläschen im Lagerfluid, die dann beim Befüllen des Lagers in den Lagerspalt gelangen können. Beim zweitgenannten Verfahren wird für den Transport des Lagerfluids ausschließlich die Schwerkraft verwendet, wobei das Lagerfluid relativ langsam fließt und der Befüllvorgang lange dauern kann.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mittels welcher eine optimierte Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die Schritte: Vorkonditionieren des Schmiermittels in einem evakuierbaren Vorratsraum; Zuführen einer vorgegebenen Menge von Schmiermittel vom Vorratsraum zu einer druckerzeugenden Vorrichtung; Druckbeaufschlagung der vorgegebenen Menge von Schmiermittel durch die druckerzeugende Vorrichtung, die nach einem Direkt-Verdrängerprinzip funktioniert; Zuführen des Schmiermittels von der druckerzeugenden Vorrichtung zu einer Befüllvorrichtung; und Einbringen einer vorgegebenen Befüllmenge von Schmiermittel durch die Befüllvorrichtung in den Lagerspalt innerhalb des Arbeitsraums.

Die Vorteile des Verfahrens liegen auf der Hand. Dadurch, dass die Bevorratung des Schmiermittels und das Befüllen des Lagers durchweg in einer Unterdruckumgebung erfolgen, wird das Ausgasen des Schmiermittels innerhalb der Schmiermittelzuführung vermieden. Zudem ergibt sich durch die Druckbeaufschlagung des Schmiermittels ein schnellerer Befüllprozess im

Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Befüllprozessen.

Über die gesteuerte Beaufschlagung des Lagerspalts mit Schmiermittel lässt sich der Befüllungsvorgang zeitlich, räumlich und volumetrisch mit hoher Reproduzierbarkeit steuern und eine Befüllung des Lagerspalts bis zu einem gewünschten definierten Pegel erreichen. Weiterhin lassen sich Lufteinschlüsse in dem in den Lagerspalt eingebrachten Schmiermittel vermeiden. Dadurch wiederum werden die Eigenschaften eines entsprechend befüllten Lagers optimiert.

Um das Schmiermittel gasfrei zu halten kann es vorzugsweise durch eine oder mehrere der nachfolgenden Maßnahmen vorkonditioniert werden: Ruhenlassen des Schmiermittels für eine bestimmte Zeitdauer, Erwärmen des Schmiermittels, Rühren des Schmiermittels, Beaufschlagung des Schmiermittels mit Ultraschall im KHz- oder MHz-Bereich (ultrasonic oder megasonic).

Der Vorratsraum sowie der Arbeitsraum werden während des Befüllvorgangs zumindest zeitweise evakuiert und vorzugsweise mit einem Druck von 1 mbar oder weniger beaufschlagt. Der Arbeitsraum wird nach dem Befüllvorgang belüftet und dem Atmosphärendruck ausgesetzt. Dadurch wird das Schmiermittel in den Lagerspalt gepresst und verteilt sich dort gleichmäßig ohne Bildung von Luftblasen.

Die vorgegebene Befüllmenge des Schmiermittels wird während des Zuführens zur Befüllvorrichtung vorzugsweise durch eine Messvorrichtung bemessen und dann berührungslos in den Lagerspalt eingebracht. Dabei kann das Schmiermittel in Form von diskreten Schmiermitteltropfen oder einem Schmiermittelstrahl in den Lagerspalt eingebracht werden. Hierzu ist die Befüllvorrichtung mittels einer Positioniereinrichtung relativ zum Lager positionierbar, so dass das Schmiermittel gezielt in den Lagerspalt „injiziert“ werden kann. Vorteilhaft können auch mehrere Lager in der Arbeitskammer angeordnet und gleichzeitig oder nacheinander befüllt werden. Durch die gesteuerte Beaufschlagung mit Schmiermittel lässt sich der Lagerspalt mit Schmiermittel befüllen, ohne dass Kontakt zwischen dem Beaufschlagungsbereich und einer Schmiermittelquelle vorliegt. Dadurch werden der Rückfluss von Schmiermittel und eine damit verbundene Verunreinigung des Schmiermittels in der Schmiermittelquelle durch zurückfließen des Schmiermittels vermieden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Einbringen eines Schmiermittels in den Lagerspalt eines hydrodynamischen Lagers umfasst einen evakuierbaren Vorratsraum zum Bevorraten und Vorkonditionieren des Schmiermittels; eine mit dem Vorratsraum in Verbindung stehende druckerzeugende Vorrichtung zur Druckbeaufschlagung einer vorgegebenen Menge von Schmiermittel; eine mit der druckerzeugenden Vorrichtung in Verbindung stehende Messvorrichtung zur Bemessung einer vorgegebenen Befüllmenge des Schmiermittels; einen evakuierbaren Arbeitsraum zur Aufnahme des zu befüllenden Lagers; und eine im Arbeitsraum angeordnete und mit der Messvorrichtung in Verbindung stehende Befüllvorrichtung zum Zuführen des Schmiermittels zum Lagerspalt.

Vorzugsweise weist der Vorratsraum Mittel zum Vorkonditionieren des Schmiermittels auf, wie beispielsweise eine Heizeinrichtung zum Erwärmen des Schmiermittels, eine Rühreinrichtung zum Rühren des Schmiermittels oder eine Ultraschalleinrichtung zur Beaufschlagung des Schmiermittels mit Ultraschall.

Ferner umfassen der Vorratsraum als auch der Arbeitsraum Mittel zur Evakuierung der Räume auf einen Druck von 1 mbar oder weniger, sowie Mittel zum Belüften auf Atmosphärendruck.

Die druckerzeugende Vorrichtung arbeitet nach einem Verdrängerprinzip (positive displacement) im Gegensatz zu einer Gasdruckbeaufschlagung der Öloberfläche im Vorratsbehälter und kann vorzugsweise eine Membranpumpe oder eine Kolbenpumpe umfassen.

Die Befüllvorrichtung ist vorzugsweise in einem Abstand vom Lagerspalt angeordnet und kann einen Tröpfchendispenser, einen Nadeldispenser oder einen Freistrahldispenser aufweisen, wobei eine Messvorrichtung die Durchflussmenge des Schmiermittels bestimmt und die durch die Befüllvorrichtung abgegebene Befüllmenge steuert. Dabei kann die Messvorrichtung in die Befüllvorrichtung integriert sein.

Um einen präzisen Befüllvorgang zu gewährleisten kann die Befüllvorrichtung auf einer Positioniereinrichtung montiert sein und relativ zum Lager frei positioniert werden. Hierbei können in der Arbeitskammer auch mehrere Befüllvorrichtungen angeordnet sein.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnungen beschrieben.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht eines hydrodynamischen Lagers.

Figur 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf das Lager aus Figur 1.

Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt eines fluiddynamischen Lagers;

Figur 4 zeigt eine schematische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt eines fluiddynamischen Lagers;

Figur 5 zeigt eine schematische Schnittansicht einer ersten Ausführungsform einer druckerzeugenden Vorrichtung mit Ventilfunktion zwischen Vorratsraum und Druckraum.

Figur 6 zeigt eine schematische Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform einer druckerzeugenden Vorrichtung zwischen Vorratsraum und Druckraum.

Figur 7 zeigt eine Ansicht der Vorrichtung von Figur 6 von unten, ohne Kugelstange;

Figur 8 zeigt eine schematische Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt eines fluiddynamischen Lagers.

Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen

Die Figuren 1 und 2 zeigen schematisch ein hydrodynamisches Lager 10. Bei hydrodynamischen Lagern 10, die auch als Fluidlager bezeichnet werden, ist in den Lagerspalt 12 zwischen einer Welle 14 und einer Wellenaufnahme 16 (Lagerhülse) ein Schmiermittelfilm eingebracht. Dieser Schmiermittelfilm ermöglicht zusammen mit Lagerstrukturen, die beispielsweise auf der Oberfläche der Welle angeordnet sind, ein Aufschwimmen des rotierenden Lagerteils (der Welle, wenn diese drehfest mit einem Rotor verbunden ist, oder der Lagerhülse, wenn diese drehfest mit dem Rotor verbunden ist) beim Hochlaufen beispielsweise eines mittels dieses Lagers gelagerten Spindelmotors. Die Funktion eines solchen hydrodynamischen Lagers ist dem Fachmann vertraut und wird daher nicht näher beschrieben.

Bei der Montage eines solchen hydrodynamischen Lagers muss der Lagerspalt 12 nach dem Zusammenbau der Lagerkomponenten mit Schmiermittel, beispielsweise einem Lageröl, befüllt werden. Das Befüllen wird vorzugsweise im Bereich einer Aufweitung 18 des Lagerspalts vorgenommen, die an der Wellenaufnahme 16 gebildet sein kann, indem diese beispielsweise eine

hohlkegelstumpfförmige Ausnehmung umfasst und/oder kann durch eine Einschnürung an der Welle 12 gebildet sein. Die Aufweitung 18 kann gleichzeitig als Schmiermittelreservoir und Kapillardichtung zur Abdichtung des Lagerspalts 12 dienen.

5 Die Befüllung des Lagerspalts 12 erfolgt über die offene Seite der Wellenaufnahme 16. Innerhalb des Lagerspalts 10 bildet sich ein dünner zusammenhängender Schmiermittelfilm aus. Die in diesem Schmiermittelfilm wirksamen Kapillarkräfte und die Adhäsionskräfte zwischen Schmiermittel und metallischen Lageroberflächen (auf der Welle 14 und auf der der Welle 14 zugewandten inneren Oberfläche der Wellenaufnahme 16) sorgen für die Stabilität des
10 Schmiermittelfilms. Diese Kräfte verhindern auch ein Austreten des Schmiermittelfilms aus dem Lagerspalt 12.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt 12 zwischen einer Welle 14 und einer Wellenaufnahme 16 (Lagerhülse)
15 eines hydrodynamischen Lagers 10 ist in Figur 3 schematisch gezeigt.

Die Vorrichtung umfasst einen luftdicht verschließbaren Arbeitsraum 20, in welchem das zu befüllende Lager 10 positioniert werden kann. Der Arbeitsraum 20 ist evakuierbar, so dass ein Befüllungsvorgang unter Vakuumbedingungen erfolgen kann. Dazu ist der Arbeitsraum 20 über
20 ein steuerbares Ventil 22 mit einer Pumpe 24 verbunden, mittels welcher ein Unterdruck gegenüber dem äußeren Atmosphärendruck in dem Arbeitsraum 20 erzeugbar ist. Insbesondere lässt sich ein Druck kleiner als 1 mbar in dem Arbeitsraum 20 erreichen. Ferner ist ein weiteres steuerbares Ventil 26 vorgesehen, über welches sich der Arbeitsraum 20 zeitlich gesteuert belüften lässt, um insbesondere in dem Arbeitsraum 20 Atmosphärendruckbedingungen erzeugen zu können. Der Druck im Arbeitsraum 20 kann mit einem Drucksensor 28 überwacht werden.
25

Die Vorrichtung umfasst ferner einen Vorratsraum 30 zur Bevorratung und Konditionierung eines Vorrats an Schmiermittel 32. Der Vorratsraum ist vorzugsweise ein evakuierter Raum.
30 Dazu ist der Vorratsraum 30 über ein steuerbares Ventil 34 mit der Pumpe 24 verbunden, mittels welcher ein Unterdruck gegenüber dem äußeren Atmosphärendruck in dem Vorratsraum 30 erzeugbar ist. Insbesondere lässt sich ein Druck kleiner als 1 mbar in dem Vorratsraum 30 erreichen. Ferner ist ein weiteres steuerbares Ventil 36 vorgesehen, über welches sich der Vorratsraum 30 zeitlich gesteuert belüften lässt, um dort insbesondere Atmosphärendruckbedingungen erzeugen zu können. Der Druck im Vorratsraum 30 kann mit einem Drucksensor 38 überwacht werden.
35

Mittels eines Ventils 35 kann ein weiterer Nachfüllbehälter 37 mit dem Vorratsraum 30 verbunden sein, der ein Nachfüllen des Vorratsraumes 30 mit Öl unter Vakuumbedingung erlaubt.
40

Der Vorratsraum 30 dient ferner zum Konditionieren des Schmiermittels, das heißt insbesondere zur Entgasung des Schmiermittels. Die Entgasung des Schmiermittels im Vorratsraum 30 kann mittels einer oder mehrerer der folgenden Methoden durchgeführt werden: Ruhenlassen des Schmiermittels für eine definierte Zeit, Erwärmen des Schmiermittels, Rühren des
45 Schmiermittels und/oder Ultraschallbehandlung des Schmiermittels. Zur Durchführung dieser Methoden sind im oder am Vorratsraum 30 entsprechende Vorrichtungen angeordnet.

Der Vorratsraum 30 ist über ein steuerbares Ventil 40 mit einer druckerzeugenden Vorrichtung 52 verbunden. Im dargestellten Beispiel arbeitet die druckerzeugende Vorrichtung 52 nach Art
50 einer Membranpumpe und umfasst einen Wellbalg 42 und eine den Wellbalg 42 antreibende Kolben-/Zylinderanordnung 44, die beispielsweise pneumatisch oder elektrisch angetrieben werden kann. Durch das Öffnen des Ventils 40 und Aufziehen des Wellbalges 42 mittels der Kolben-/Zylinderanordnung 44 wird eine definierte Menge an Schmiermittel in den Wellbalg 42 eingesaugt (hierbei ist das untere Ventil, das als Teil einer Befüllvorrichtung 49 dargestellt ist, geschlossen). Durch eine entgegengesetzte Bewegung der Kolben-/Zylinderanordnung 44 wird
55

ein Druck auf die im Wellbalg 42 befindliche Menge an Schmiermittel aufgebaut, wobei beide Ventile 40 und 48 geschlossen sind. Durch gesteuertes Öffnen des Ventils 48 (etwa einem Piezoventil) der Befüllvorrichtung 49 kann das im Wellbalg 42 befindliche Schmiermittel unter Druck über einen Durchflusssensor 46 zur Befüllvorrichtung 49 fließen, wobei die Funktion des Ventils 48 der Befüllvorrichtung 49 anhand der vom Durchflusssensor 46 gemessenen Schmiermittelmenge derart gesteuert wird, dass eine definierte Befüllmenge zur Befüllvorrichtung 49 und schließlich zum Lager 10 gelangt.

Die Befüllvorrichtung 49 kann beispielsweise als Nadeldispenser oder Freistrahldispenser ausgebildet sein, wie sie am Markt erhältlich sind. Die zu befüllenden Mengen sind bei Präzisionsspindelmotoren sehr klein und bewegen sich im Bereich von einigen zehn Mikrolitern. Daher müssen entsprechende für Kleinstmengen ausgelegte Dispensersysteme eingesetzt werden. Der von der Befüllvorrichtung 49 erzeugte Schmiermittelstrahl oder die Schmiermitteltröpfchen wird bzw. werden auf die Aufweitung 18 des Lagerspalts 12 gerichtet. Die Befüllvorrichtung 49 ist zu dem Lager 10 beabstandet und steht insbesondere nicht in fluidwirksamem Kontakt mit dem Lager 10. Es existiert also keine Rückflussverbindung zwischen dem Lager 10 und der Befüllvorrichtung 49, so dass eine Verunreinigung durch zurückfließendes Schmiermittel ausgeschlossen ist. Erfindungsgemäß wird von der Befüllvorrichtung 49 nur soviel Schmiermittel gefördert, wie zur Befüllung des Lagerspalts 12 benötigt wird.

Die Befüllvorrichtung 49 oder zumindest ein das Schmiermittel abgebender Teil der Befüllvorrichtung ist relativ zu dem Lager 10 positionierbar, um so einen definierten Beaufschlagungsbereich mit Schmiermittel belegen zu können. Insbesondere sind dabei die Befüllvorrichtung 49 und das Lager 10 relativ zueinander beweglich. Es ist auch möglich, dass diese relativ zueinander rotierbar sind, so dass der Lagerspalt 12 beispielsweise über eine Umfangsrichtung befüllbar ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Einbringen von Schmiermittel in den Lagerspalt 12 zwischen Welle 14 und Wellenaufnahme 16 funktioniert wie folgt:

In dem Arbeitsraum 20 werden die Befüllvorrichtung 49 und das zu befüllende Lager 10, welches an dem Lagerspalt 12 zu einer Seite hin offen ist, zueinander positioniert, wobei die Befüllvorrichtung 49 auf die Aufweitung 18 des Lagerspalts 12 ausgerichtet wird. Der Arbeitsraum 20 wird evakuiert und dabei insbesondere unterhalb einem Druck von 1 mbar gebracht. Vom Vorratsraum 30 wird eine definierte Menge an Schmiermittel der druckerzeugenden Vorrichtung 52 zugeführt und dort mit Druck beaufschlagt. Über die Befüllvorrichtung 49 wird dann unter Vakuumbedingungen ein Schmiermittelstrahl 50 (Figur 1) oder eine Anzahl von Schmiermitteltröpfchen zum Lagerspalt 12 hin emittiert. Der Schmiermittelstrahl 50 trifft in dem Lagerspaltbereich 12, vorzugsweise in der Aufweitung 18 zwischen der Welle 14 und Wellenaufnahme 16 auf. Es bildet sich dann vor allem innerhalb der Aufweitung eine Schmiermittelansammlung, die bei genügender Schmiermittelmenge zu der Ausbildung eines die Aufweitung 18 überdeckenden Flüssigkeitsrings führt, der in diesem Bereich die Welle 12 umgibt.

Dadurch, dass aufgrund der Ausrichtung der Befüllvorrichtung 49 auf den Lagerspalt 12 hin das gesamte Schmiermittel im Bereich der Aufweitung 18 auftreffen, ist sichergestellt, dass im wesentlichen die vollständige, auf den Lagerspalt 12 treffende Schmiermittelmenge zur Befüllung des Lagerspalts 12 genutzt wird. Die Steuerung der Beaufschlagung des zu befüllenden Lagers 10 mit Schmiermitteltröpfchen erfolgt derart, dass sich in der Aufweitung 18 um die Welle 14 ein geschlossener Flüssigkeitsring ausbilden kann. Dieser Schmiermittelring wiederum bildet einen Meniskus aus, dessen konvexe Oberfläche den Lagerspalt 12 vollständig überdeckt. Der Lagerspalt 12 unterhalb dieses Schmiermittelrings ist dabei entsprechend den Vakuumbedingungen im Arbeitsraum 10 evakuiert, wobei der Schmiermittelring auch noch zumindest teilweise in den Bereich des Lagerspalts 12 hinein reichen kann.

Nach Beendigung des Schmiermittelstransfers von der Befüllvorrichtung 49 zu dem Lagerspalt

12 wird das Ventil 48 der Befüllvorrichtung 49 geschlossen und der Arbeitsraum 20 durch Öffnen des Ventils 26 belüftet, d.h. mit normalem Umgebungsdruck beaufschlagt. Dadurch wird die den Schmiermittelring ausbildende Schmiermittelmenge aufgrund des Druckanstiegs im Arbeitsraum 20 von der Aufweitung 18 in den Lagerspalt 12 hineingedrückt.

5

Unter Atmosphärenbedingung, also bei Normaldruck, ist der gesamte Lagerspalt 12 vollständig mit Schmiermittel befüllt. Auch die Aufweitung 18 kann bis zu einer erwünschten Füllhöhe befüllt sein.

10

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren, welches sich mit dieser Vorrichtung durchführen lässt, lassen sich auch Lagerspalte mit sehr kleinem hydraulischen Durchmesser ohne Lufteinschlüsse definiert befüllen.

15

Figur 4 zeigt eine zweite Ausgestaltung der Erfindung, wobei im Vergleich zu Figur 3 gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind.

20

Im Unterschied zu der in Figur 3 dargestellten Vorrichtung umfasst die Ausgestaltung von Figur 4 eine kombinierte Anordnung von Vorratsraum 60 für das Schmiermittel und druckerzeugender Vorrichtung 52. Die druckerzeugende Vorrichtung 52 umfasst einen Druckraum der von einem Arbeitskolben 66 mit Druck beaufschlagt werden kann. Der Arbeitskolben 66 wird von einer Kolben-/Zylinderanordnung 64 angetrieben.

25

Wird der Arbeitskolben 66 entgegen der Pfeilrichtung 68 bewegt, so kann über ein im Kolben angeordnetes einseitig wirkendes Ventil Schmiermittel 32 vom Vorratsraum 60 zum Druckraum 62 fließen, bis der Druckraum mit Schmiermittel gefüllt ist. Wird der Arbeitskolben 66 nun in Pfeilrichtung 68 bewegt, so wird das im Arbeitskolben befindliche Ventil geschlossen und schließt den Druckraum 62 hermetisch ab. Dadurch kann sich im Druckraum 62 ein Druck aufbauen, der auf das darin befindliche Schmiermittel wirkt.

30

Wie es weiter oben im Zusammenhang mit Figur 3 beschreiben wurde, kann das unter Druck stehende Schmiermittel nun durch Öffnen des Ventils der Befüllvorrichtung 49 den Durchflusssensor 46 passieren und in das Lager 10 eingebracht werden. Die Durchführung 69 kann beispielsweise als Vakuum Dreh-Schiebe-Durchführung ausgebildet sein, oder die Kolbenstange 67 ist an einem Membranbalg befestigt, der von außen betätigt wird.

35

40

Figur 5 zeigt eine schematische Schnittansicht einer ersten Ausführungsform einer druckerzeugenden Vorrichtung 52 zwischen Vorratsraum 60 und dem Druckraum 62 in geöffnetem Zustand. Der Arbeitskolben 66 umfasst eine Kolbenstange 67, die beweglich und um ein gewisses Maß axial verschiebbar im Kolben 78 gehalten ist. Hierzu umfasst die Kolbenstange ein oberes Teil 70, das oberhalb des Kolbens angeordnet ist, und einen Mitnehmer 74, der unterhalb des Kolbens angeordnet ist. Im Kolben befindet sich eine Bohrung, durch welche die Kolbenstange mit geringerem Durchmesser geführt ist. Wird nun die Kolbenstange des Arbeitskolbens 66 entgegen die Pfeilrichtung 68 nach oben bewegt, so bewegt sich die Kolbenstange im Kolben 78 solange, bis der Mitnehmer am Boden des Kolbens 78 anschlägt und den Kolben nach oben mitnimmt. Gleichzeitig hebt sich das obere Teil 70 der Kolbenstange von der Oberseite des Kolbens 78 ab und gibt einen Durchströmpfad frei für das Schmiermittel, das nun vom Vorratsraum 60 durch die Bohrung 80 und die Durchströmöffnungen 76 in den Druckraum 62 strömen kann. Ist der Druckraum mit einer gewünschten Menge an Schmiermittel gefüllt, so wird die Kolbenstange des Arbeitskolbens 66 in Pfeilrichtung 68 bewegt. Dadurch legt sich das obere Teil 70 der Kolbenstange mit ihrem Dichtring 72 auf die Oberseite des Kolbens und der Schmiermittelfluß wird unterbrochen und der Druckraum 62 nach oben abgedichtet. Wird die Bewegung der Kolbenstange fortgesetzt, so nimmt das obere Teil 70 der Kolbenstange den Kolben 78 in Pfeilrichtung 68 mit, wobei der Kolben 78 Druck auf das im Druckraum befindliche Schmiermittel ausübt. Das unter Druck befindliche Schmiermittel kann dann wie weiter oben beschrieben in das Lager 10 eingebracht werden.

55

Die Figuren 6 und 7 zeigen eine zweite Ausführungsform einer druckerzeugenden Vorrichtung zwischen Vorratsraum 60 und dem Druckraum 62 in geschlossenem Zustand. Der Arbeitskolben 66 umfasst eine als Kugelstange ausgebildete Kolbenstange, die beweglich und um ein gewisses Maß axial verschiebbar im Kolben 86 gehalten ist. Hierzu umfasst die Kugelstange eine obere Kugel 82, die oberhalb des Kolbens 86 angeordnet ist, und eine untere Kugel 84, die unterhalb des Kolbens 86 angeordnet ist. Im Kolben befindet sich eine Bohrung mit Durchströmöffnungen 88, durch welche die Kolbenstange mit geringerem Durchmesser geführt ist. Wird nun die Kugelstange des Arbeitskolbens 66 entgegen der Pfeilrichtung 68 nach oben bewegt, so bewegt sich die Kugelstange im Kolben 86 solange, bis die untere Kugel 84 am Boden des Kolbens 86 anschlägt und den Kolben nach oben mitnimmt. Gleichzeitig hebt sich die obere Kugel 82 von der Oberseite des Kolbens 86 ab und gibt einen Durchströmpfad frei für das Schmiermittel, das nun vom Vorratsraum 60 durch die Durchströmöffnungen 88 in den Druckraum 62 strömen kann. Ist der Druckraum 62 mit einer gewünschten Menge an Schmiermittel gefüllt, so wird die Kugelstange des Arbeitskolbens 66 in Pfeilrichtung 68 nach unten bewegt. Dadurch legt sich die obere Kugel 82 an die Oberseite des Kolbens 86 an und der Schmiermittelfluß wird unterbrochen und der Druckraum 62 nach oben abgedichtet. Wird die Bewegung der Kolbenstange weiter fortgesetzt, so nimmt die obere Kugel 82 den Kolben 86 in Pfeilrichtung 68 nach unten mit, wobei der Kolben 86 Druck auf das im Druckraum 62 befindliche Schmiermittel ausübt. Das unter Druck befindliche Schmiermittel kann dann wie weiter oben beschrieben in das Lager 10 eingebracht werden.

Diese Ausführungsform der druckerzeugenden Vorrichtung hat den Vorteil, dass durch die durchweg verwendeten „runden“ Formen einer Entstehung von strömungsbedingten Luftbläschen und Luftweinschlüssen im Schmiermittel entgegen gewirkt wird.

Ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einbringung von Schmiermittel in den Lagerspalt 12 zwischen einer Welle 14 und einer Wellenaufnahme 16 (Lagerhülse) eines hydrodynamischen Lagers 10 ist in Figur 8 schematisch gezeigt.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 entspricht in wesentlichen Teilen dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel. Gleiche Bauteile sind mit den selben Bezugszeichen bezeichnet. Zur Erläuterung der Bauteile und deren Funktion wird auf die Beschreibung von Figur 3 verwiesen.

Neu gegenüber Figur 3 ist bei Figur 8 eine Einrichtung 100 zur speziellen Vorkonditionierung des Schmiermittels, bevor dieses dem Vorratsraum 60 der druckerzeugenden Vorrichtung zugeführt wird. Die Einrichtung 100 umfasst einen Vorratsbehälter 102 mit einem Vorratsraum 104, der mit einer Menge an Schmiermittel 106 gefüllt ist, welches einer Vorkonditionierung unterzogen werden soll. Der Vorratsraum 102 ist über ein steuerbares Ventil 110 mit der Vakuumpumpe 24 verbunden, die auch zum Evakuieren des Vorratsraumes 60 eingesetzt wird. Mittels der Pumpe 24 kann der Vorratsraum insbesondere auf einen Unterdruck von 1 mbar oder weniger evakuiert werden. Selbstverständlich kann zur Evakuierung des Vorratsraums 104 auch eine separate Vakuumpumpe eingesetzt werden. Das im Vorratsraum 104 befindliche Schmiermittel 106 kann nun mittels einer Vorrichtung 108 behandelt und vorkonditioniert werden, welche Vorrichtung beispielsweise eine Heizung, ein Rührgerät oder ein Ultraschallgerät umfassen kann. Mit dem Vorratsraum 104 ist ein Ventil 114 verbunden, welches eine manuelle Belüftung des Vorratsraums 104 zulässt, beispielsweise auf einen definierten Druck, der mit einem Druckmesser 118 abgelesen werden kann. Mittels des Ventils 114 kann der Vorratsraum auch auf Atmosphärendruck belüftet werden. Zusätzlich kann ein weiteres steuerbares Ventil 116 vorgesehen sein, das abhängig von dem durch den Druckmesser 118 gemessenen Druck den Druck im Vorratsraum 104 auf einen bestimmten Wert einstellt. Es handelt sich also um ein steuerbares bzw. regelbares Ventil 116. Der Druck im Vorratsraum 104 kann generell mit dem Drucksensor 118 überwacht werden.

Der Vorratsraum 104 ist über eine Leitung 120 mit dem Vorratsraum 60 verbunden. Über ein

Ventil 112 kann ein Fluss von Schmiermittel vom Vorratsraum 104 in den Vorratsraum 60 gesteuert werden. Das im Vorratsraum 104 befindliche Schmiermittel 106 wird zunächst vorkonditioniert, z. B. durch anlegen eines Vakuums mittels Ventil 110, ruhen lassen des Schmiermittels für eine definierte Zeit, erwärmen des Schmiermittels, rühren des Schmiermittels und/oder eine Ultraschallbehandlung des Schmiermittels. Zur Durchführung dieser Vorkonditionierungsmaßnahmen dient die Vorrichtung 108. Der im Vorratsraum 104 herrschende Druck p_2 entspricht in etwa dem Druck p_1 , der im Vorratsraum 60 herrscht. Beide Drücke haben zunächst einen Wert von 1 mbar oder weniger. Nachdem das Schmiermittel 106 die Vorkonditionierungsmaßnahmen durchlaufen hat, wird der Druck im Vorratsraum 104 durch das geregelte Ventil 116 geringfügig erhöht, so dass $p_2 > p_1$, wobei vorzugsweise $p_2 < 10$ mbar ist. Wird nun das Ventil 112 geöffnet, so fließt das Schmiermittel 106 aufgrund des im Vorratsraum 104 herrschenden höheren Druck p_2 über die Leitung 120 in den Vorratsraum 60, in dem ein niedrigerer Druck p_1 herrscht. Mittels der Druckerzeugenden Vorrichtung 52 kann das im Vorratsraum 60 befindliche Schmiermittel 32 nachfolgend durch die in Verbindung mit Figur 3 beschriebenen Maßnahmen in das Lager 10 eingebracht. Erfindungsgemäß können in dem Arbeitsraum, in dem sich das Lager 10 befindet, mehrere gleichartige Lager 10 vorhanden sein, die dann als Charge im selben Arbeitsschritt bzw. nacheinander mit Schmiermittel befüllt werden können.

Je nach dem verwendeten Schmiermittel, beispielsweise Lageröl, kann dieses unter Lichteinfluss seine Eigenschaften oder Farbe ändern. Daher sollten die Vorratsbehälter 102 bzw. die druckerzeugende Vorrichtung 52 entweder aus undurchsichtigem Material oder aus Glas mit einer entsprechenden Lichtschutzbeschichtung ausgeführt sein. Als Lichtschutzbeschichtung kann eine Diffusionsfarbe, beispielsweise eine silberhaltige Diffusionsfarbe, verwendet werden, die insbesondere bei einem Glasbehälter einen Lichtschutz für das darin befindliche Schmiermittel bietet.

Liste der Bezugszeichen

10	Lager
12	Lagerspalt
14	Welle
16	Wellenaufnahme
18	Aufweitung
20	Arbeitsraum
22	Ventil
24	Pumpe
26	Ventil
28	Druckmesser
30	Vorratsraum
32	Schmiermittel
34	Ventil
35	Ventil
36	Ventil
37	Nachfüllbehälter
38	Druckmesser
40	Ventil
42	Wellbalg
44	Kolben-/Zylinderanordnung
46	Durchflussmengenmesser
48	Ventil
49	Befüllvorrichtung
50	Schmiermittelstrahl
52	druckerzeugende Vorrichtung

60	Vorratsraum
62	Druckraum
64	Kolben-/Zylinderanordnung
66	Arbeitskolben
5 67	Kolbenstange
68	Pfeilrichtung
69	Durchführung
70	Kolbenstange mit Dichtfunktion
10 72	Dichtring
74	Mitnehmer
76	Durchströmöffnung
78	Kolben
80	Bohrung
15 82	obere Kugelstange
84	untere Kugelstange
86	Kolben
88	Durchströmöffnung
20 100	Einrichtung
102	Vorratsbehälter
104	Vorratsraum
106	Schmiermittel
25 108	Vorrichtung
110	Ventil
112	Ventil
114	Ventil
116	Ventil
30 118	Druckmesser
120	Leitung

Patentansprüche:

- 35 1. Verfahren zum Einbringen eines Schmiermittels in den Lagerspalt (12) eines hydrodynamischen Lagers (10), *gekennzeichnet durch* die Schritte:
- Einbringen des Lagers in einen evakuierbaren Arbeitsraum (20);
- Vorkonditionieren des Schmiermittels in einem evakuierbaren Vorratsraum (30; 60);
- 40 Zuführen einer vorgebbaren Menge von Schmiermittel vom Vorratsraum zu einer druckerzeugenden Vorrichtung (52), die einen Wellbalg (42), insbesondere als Teil einer Membranpumpe (42, 44), oder einen Arbeitskolben (66), insbesondere als Teil einer Kolbenpumpe (64, 66), umfasst, der in zwei Bewegungsrichtungen arbeitet, wobei in einer ersten Bewegungsrichtung die vorgegebene Menge an Schmiermittel (32) von dem Vorratsraum (30; 60) zu einem Druckraum (42; 62) fließt, bis der Druckraum mit Schmiermittel gefüllt ist, und
- 45 in einer zur ersten Bewegungsrichtung entgegengesetzten zweiten Bewegungsrichtung eine Druckbeaufschlagung der im Druckraum befindlichen vorgegebenen Menge von Schmiermittel durch die druckerzeugende Vorrichtung (52) erfolgt;
- Zuführen des Schmiermittels von der druckerzeugenden Vorrichtung zu einer Befüllvorrichtung (49);
- 50 Einbringen einer vorgegebenen Befüllmenge von Schmiermittel durch die Befüllvorrichtung in den Lagerspalt (12) innerhalb des Arbeitsraums.
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Schritt des Vorkonditionierens des Schmiermittels einen oder mehrere der nachfolgenden Maßnahmen umfasst:

Ruhenlassen des Schmiermittels für eine bestimmte Zeitdauer, Erwärmen des Schmiermittels, Rühren des Schmiermittels, Beaufschlagung des Schmiermittels mit Ultraschall.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Vorratsraum (30; 60) zumindest zeitweise evakuiert und mit einem Druck von 1 mbar oder weniger beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Arbeitsraum (20) zumindest während des Befüllvorgangs evakuiert und mit einem Druck von 1 mbar oder weniger beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Arbeitsraum (20) nach dem Befüllvorgang belüftet und dem Atmosphärendruck ausgesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass die vorgegebene Befüllmenge des Schmiermittels während des Zuführens zur Befüllvorrichtung (49) durch eine Messvorrichtung (46) bemessen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Schmiermittel von der Befüllvorrichtung (49) berührungslos in den Lagerspalt (12) eingebracht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Schmiermittel in Form von diskreten Schmiermitteltröpfchen in den Lagerspalt eingebracht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Schmiermittel in Form eines Schmiermittelstrahls in den Lagerspalt eingebracht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) mittels einer Positioniereinrichtung relativ zum Lager (10) positionierbar ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Arbeitsraum (20) mehrere Lager (10) angeordnet und befüllt werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die mehreren Lager nacheinander oder gleichzeitig befüllt werden.
13. Vorrichtung zum Einbringen eines Schmiermittels in den Lagerspalt (12) eines hydrodynamischen Lagers (10), umfassend einen evakuierbaren Vorratsraum (30; 60) zum Bevorraten und Vorkonditionieren des Schmiermittels (32), *gekennzeichnet durch* eine mit dem Vorratsraum in Verbindung stehende druckerzeugende Vorrichtung (52), die einen Wellbalg (42), insbesondere als Teil einer Membranpumpe (42, 44), oder einen Arbeitskolben (66), insbesondere als Teil einer Kolbenpumpe (64, 66), umfasst, der in zwei Bewegungsrichtungen arbeitet, um in einer ersten Arbeitsphase eines Antriebskolbens (44; 64) eine vorgegebene Menge an Schmiermittel aus dem Vorratsraum (30; 60) zu entnehmen und einem Druckraum (42; 62) zuzuführen und in einer zweiten Arbeitsphase des Antriebskolbens (44; 64) die im Druckraum befindliche vorgegebene Menge von Schmiermittel mit Druck zu beaufschlagen;
eine mit der druckerzeugenden Vorrichtung (52) in Verbindung stehende Messvorrichtung (46) zur Bemessung einer vorgegebenen Befüllmenge des Schmiermittels;
einen evakuierbaren Arbeitsraum (20) zur Aufnahme des zu befüllenden Lagers (10);
eine im Arbeitsraum angeordnete und mit der Messvorrichtung in Verbindung stehende Befüllvorrichtung (49) zum Zuführen des Schmiermittels zum Lagerspalt.

- 5 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Vorratsraum (30; 60) als Mittel zum Vorkonditionieren eine oder mehrere der folgenden Einrichtungen umfasst: eine Heizeinrichtung zum Erwärmen des Schmiermittels, eine Rühreinrichtung zum Rühren des Schmiermittels, eine Ultraschalleinrichtung zur Beaufschlagung des Schmiermittels mit Ultraschall.
- 10 15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Vorratsraum (30; 60) als Mittel zur Evakuierung auf einen Druck von 1 mbar oder weniger eine Pumpe (24) aufweist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Arbeitsraum (20) als Mittel zur Evakuierung auf einen Druck von 1 mbar oder weniger eine Pumpe (24) aufweist.
- 15 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Vorratsraum (30; 60) und der Arbeitsraum (20) als Mittel zum Belüften auf Atmosphärendruck Ventile (26, 36) aufweisen.
- 20 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) einen Tröpfchendispenser aufweist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) einen Nadeldispenser aufweist.
- 25 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) einen Freistrahldispenser aufweist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Messvorrichtung (46) einen Durchflusssensor aufweist.
- 30 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Messvorrichtung (46) in die Befüllvorrichtung (49) integriert ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) in einem Abstand zum Lagerspalt (12) angeordnet ist.
- 35 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Befüllvorrichtung (49) auf einer Positioniereinrichtung montiert ist.
- 40 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 24, *dadurch gekennzeichnet*, dass in der Arbeitskammer (20) mehrere Befüllvorrichtungen (49) angeordnet sind.

Hiezu 6 Blatt Zeichnungen

45

50

55



Fig. 1

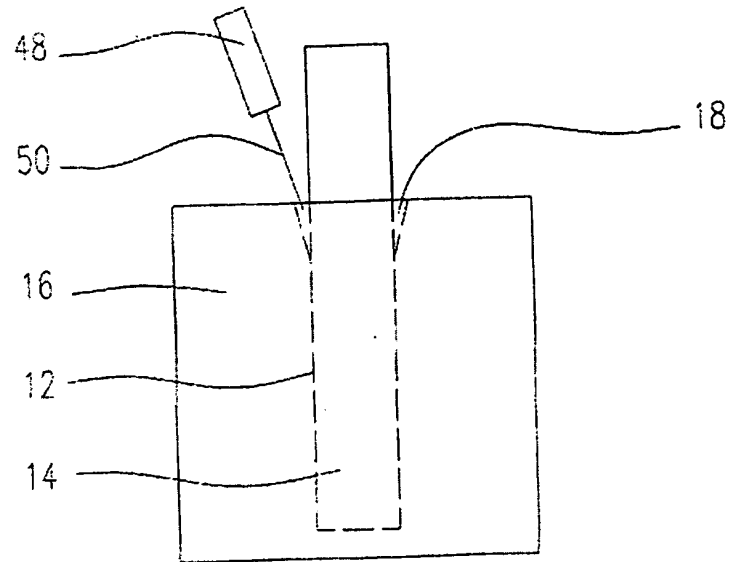


Fig. 2

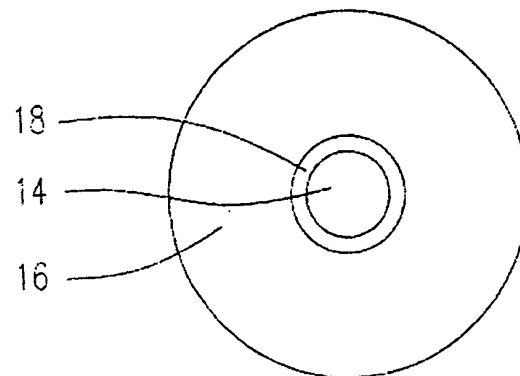




Fig. 3

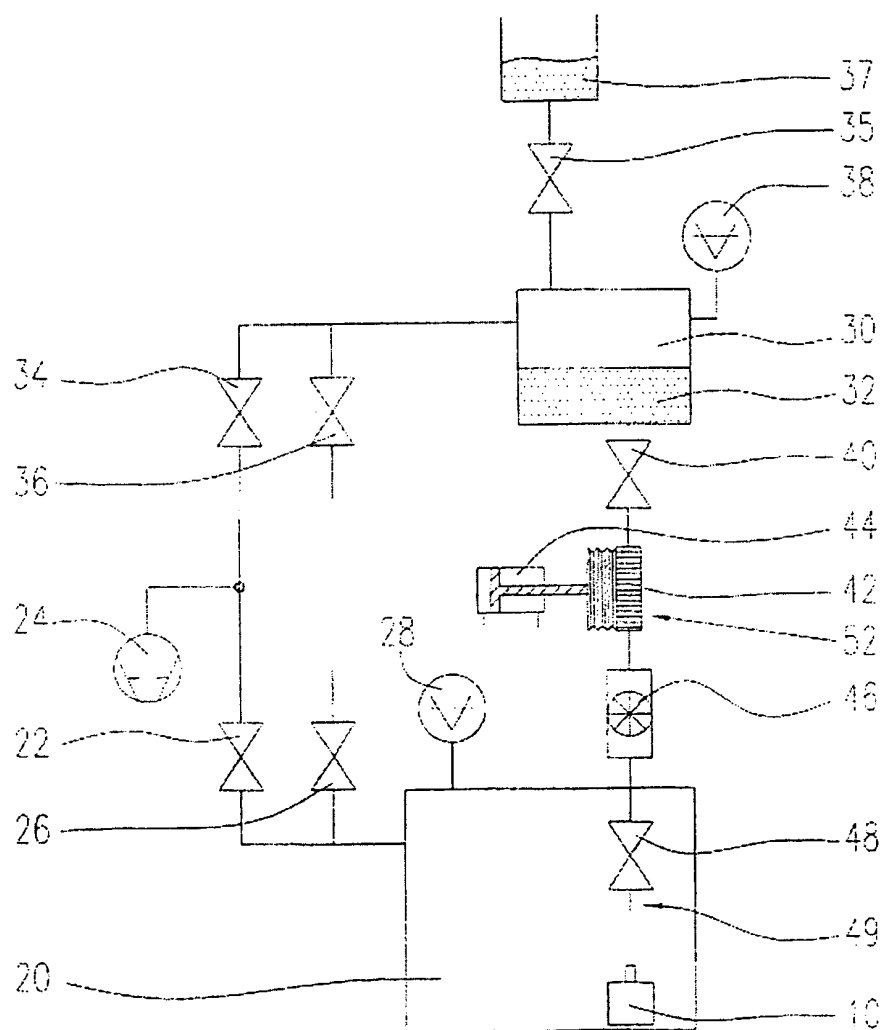




Fig. 4

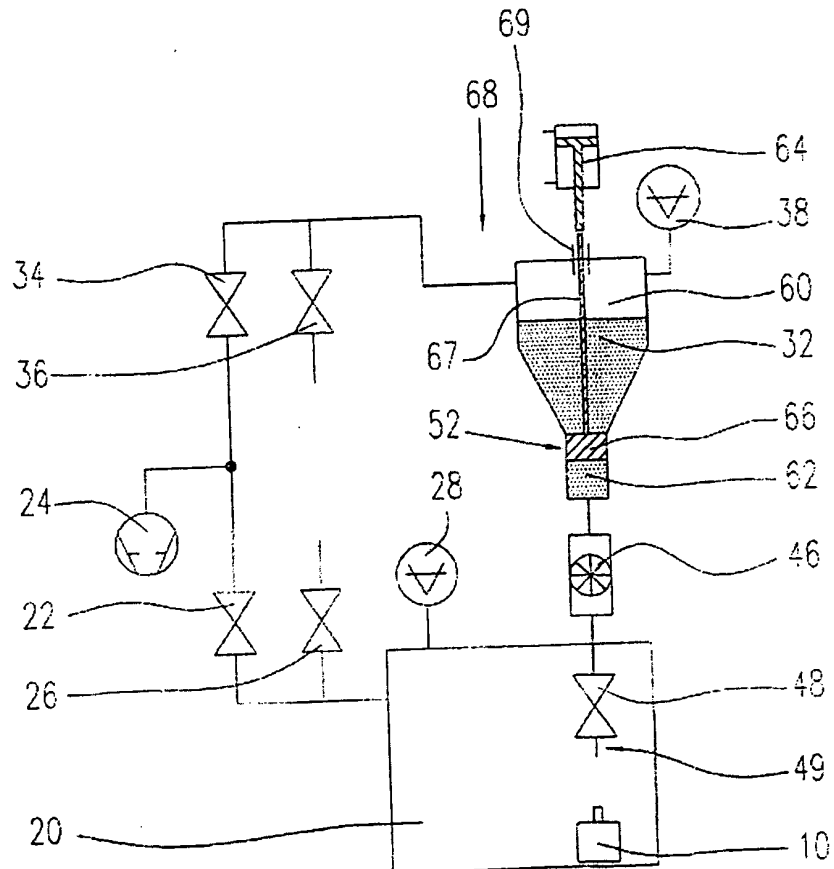




Fig. 5

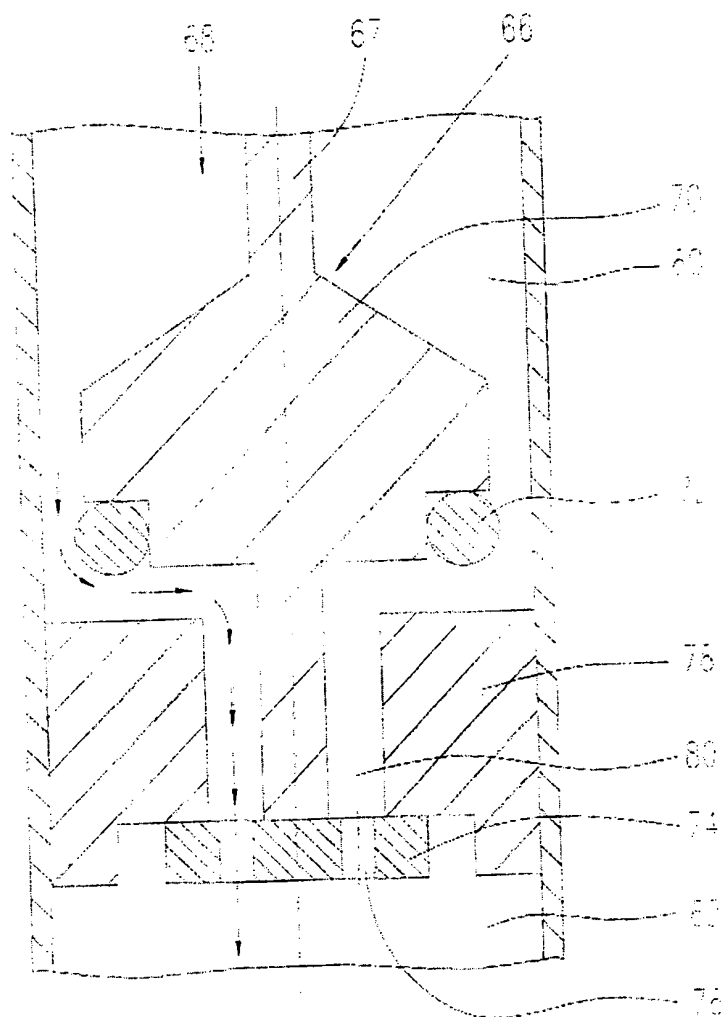




Fig. 7

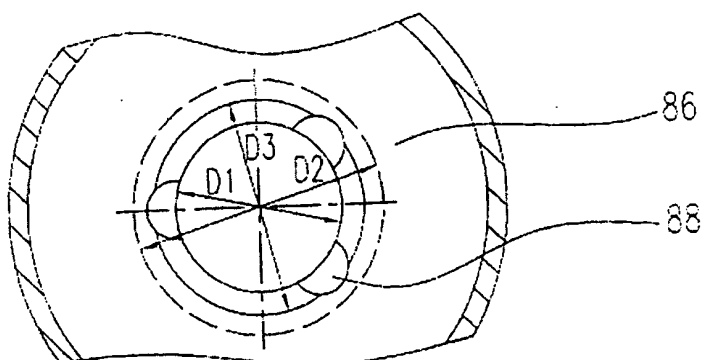
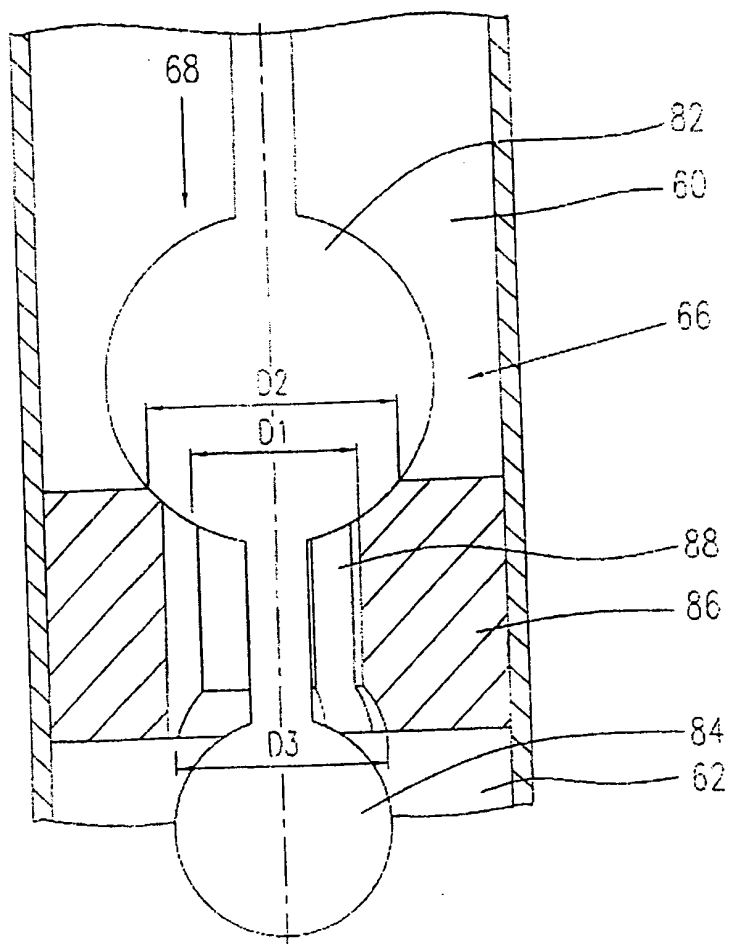
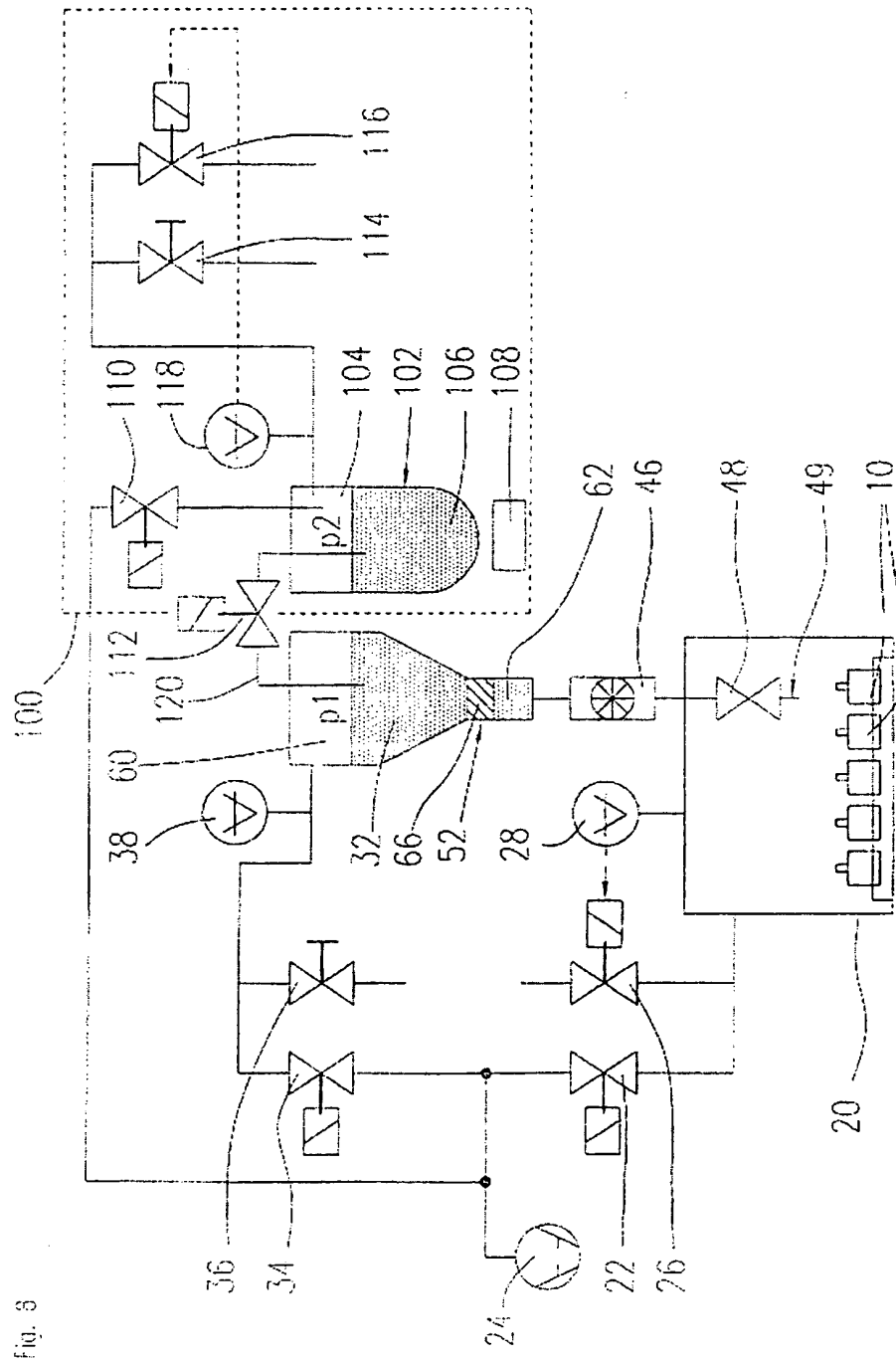


Fig. 6





10