



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 101 60 804 C 1

51 Int. Cl.⁷:
F 16 C 33/10
F 01 M 1/16

21 Aktenzeichen: 101 60 804.7-12
22 Anmeldetag: 11. 12. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 10. 2002

DE 101 60 804 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Gleitlagertechnik Weißbacher GmbH, 46519 Alpen,
DE
74 Vertreter:
Funken, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 47506
Neukirchen-Vluyn

72 Erfinder:
Weißbacher, Georg, Dipl.-Ing., 46519 Alpen, DE
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 36 80 932

54 Verfahren zum Schmieren und Kühlen eines hydrodynamischen Gleitlagers und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens

57 Es wird ein Verfahren zum Schmieren und Kühlen eines hydrodynamischen Gleitlagers mit wenigstens einer festen Gleitfläche beschrieben, wobei vor der Gleitfläche ein Druckbereich und ein Entspannungsbereich angeordnet werden, frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich dem als Gleitbereich wirkenden Schmierpalt derart kontrolliert zugeführt wird, daß sich ein ausreichender Schmierkeil zwischen der Welle und der Gleitfläche ergibt, genutztes heißes Schmiermittel am Ende der Gleitfläche aus dem Schmierpalt in den Entspannungsbereich abgeleitet, an der Welle anhaftendes heißes Schmiermittel teilweise in den Entspannungsbereich ausgetragen, frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich in den folgenden Schmierpalt eingetragen wird, der Druckbereich und der Entspannungsbereich durch eine Mischstrecke miteinander verbunden werden, ein Teil des restlichen an der Welle anhaftenden heißen Schmiermittels in der Mischstrecke im Gegenstrom mit Teilen kalten Schmiermittels aus dem Druckbereich gemischt und in den Entspannungsbereich gedrückt wird und der Entspannungsbereich überwiegend mit Gas gefüllt wird.

DE 101 60 804 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmieren und Kühlen eines hydrodynamischen Gleitlagers mit wenigstens einer festen Gleitfläche, wobei vor der Gleitfläche ein Druckbereich und ein Entspannungsbereich angeordnet werden, frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich dem als Gleitbereich wirkenden Schmierspalt derart kontrolliert zugeführt wird, daß sich ein ausreichender Schmierkeil zwischen der Welle und der Gleitfläche ergibt, genutztes heißes Schmiermittel am Ende der Gleitfläche aus dem Schmierspalt in den Entspannungsbereich abgeleitet, an der Welle anhaftendes heißes Schmiermittel teilweise in den Entspannungsbereich ausgebracht und frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich in den folgenden Schmierspalt eingetragen wird.

[0002] Hierbei handelt es sich um ein Verfahren zum Schmieren von Gleitlagern mit hohen Gleitgeschwindigkeiten, beispielsweise für Gas- und Dampfturbinen, Turbo-Kompressoren und den damit ggf. in Zusammenhang stehenden Turbo-Getrieben, sowie um ein Gleitlager zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0003] Aus der US 3 680 932, insbesondere Fig. 12 ist ein hydrodynamisches Gleitlager für rotierende Wellen relativ großer Maschinen wie Turbinen und Generatoren bekannt. Bei dem bekannten Lager erstreckt sich der lasttragende untere Teil des Lagers über einen Bereich von etwa 160°. Die obere Hälfte des Lagers ist lastfrei, und es besteht ein halbmondförmiger Raum zwischen der Welle und der inneren Oberfläche des Lagers. Das bekannte Lager hat drei Gleitsegmente, die sich zwischen jeweils zwei zu jedem Gleitsegment gehörenden Rillen befinden.

[0004] Dabei stellt die in Drehrichtung der Welle zuvorderst liegende Rille die Druckrille dar und die das Gleitsegment abschließende Rille die Entspannungsrille. Von der Druckrille wird frisches Öl unter Druck in den Bereich zwischen der Welle und dem Gleitsegment gedrückt und mit der rotierenden Welle bis zur Entspannungsrille mitgenommen und dort als genutztes heißes Öl abgeführt. Zwischen der Entspannungsrille eines Gleitsegmentes und der Druckrille des in Drehrichtung der rotierenden Welle folgenden Gleitsegmentes wird ein Abstand eingehalten, der genügend groß ist, um ein Strömen des Schmiermittels von der Druckrille zur benachbarten Entspannungsrille verhindern zu können.

[0005] Die Druckrillen und die Entspannungsrillen sind flach und vollständig mit Öl gefüllt. Daher ist die gesamte Lagerinnenfläche mit Öl gefüllt, also alle Taschen und Nuten des Lagers. Es handelt sich um ein geflutetes Lager. Bei diesem bekannten Lager wird ein Ölaustauschprozeß mit einer Mischkammer durchgeführt, wie er in den Fig. 1 und 2 zum Stand der Technik dargestellt ist.

[0006] Das bekannte Gleitlager ist ein insgesamt flüssigkeitbenetztes Lager und weist daher eine bestimmte hohe Verlustleistung auf, weil die Verlustleistung derartiger Gleitlager mit der benetzten Fläche steigt.

[0007] Die Erfindung betrifft auch ein Gleitlager zur Durchführung eines solchen Verfahrens, wobei das Gleitlager als Lager mit festen Gleitflächen ausgeführt, in dem Gleitlager eine zylindrische Welle oder eine Druckscheibe rotierend gelagert, das Gleitlager mit einer Einrichtung zur Zufuhr von frischem Schmiermittel unter Druck ausgerüstet ist, das Gleitlager mit einer Einrichtung zur Ableitung von genutztem Schmiermittel versehen und vor der Gleitfläche eine Druckkammer und in Drehrichtung der Welle vor der Druckkammer eine Entspannungskammer vorgesehen ist.

[0008] Zur Lagerung hochtouriger Wellen sind verschiedene Lösungen bekannt, beispielsweise die Offset-Half-

Bauweise, die Doppel-Offset-Bauweise, das Hybridlager, das Zitronenspiel-Lager, das Mehrflächen-Lager mit zwei bis fünf Gleitflächen und das Keilflächen-Lager als Axiallager für ein oder zwei Drehrichtungen.

[0009] Bei der Offset-Half-Bauweise ist die obere Gleitfläche gegenüber der unteren Gleitfläche horizontal um den Offset verschoben, so daß eine zweilinige Anlage der Welle gegen das Lager gegeben ist. Es handelt sich hierbei um eine koaxiale Versetzung der beiden Gleitflächen gegeneinander sowie gegenüber der Achse der Welle, während bei der Doppel-Offset-Bauweise die eine Gleitfläche gegenüber der anderen Gleitfläche sowohl horizontal als auch vertikal versetzt ist.

[0010] In beiden vorgenannten Fällen, also bei der Offset-Half-Bauweise und bei der Doppel-Offset-Bauweise ergibt sich gegenüber der kreisrunden Welle jeweils üblicherweise an den Teilungsfugen ein Versatz und ein sich in Drehrichtung der Welle verengender Schmierkeil.

[0011] Das sogenannte Hybridlager zeichnet sich dadurch aus, daß eine beispielsweise untere feste Gleitfläche mit darüberliegenden kippbeweglichen Gleitflächen kombiniert ist, während das sogenannte Zitronenspiel-Lager eine Variante von Drei- bis Fünfflächen-Gleitlagern darstellt.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Mängel unter Berücksichtigung einer baulich einfachen Konstruktion als Gleitlager mit mindestens einer festen Gleitfläche abzustellen und den Schmier- und Kühlmittelbedarf sowie die Verlustleistung sehr beträchtlich zu senken und dabei sicherzustellen, daß neben einer vergleichsweise hohen Lagertragfähigkeit auch die Schwingungen weitgehend beseitigt bleiben bzw. solche nicht auftreten.

[0013] Diese Aufgabe wird verfahrensmäßig dadurch gelöst, daß der Druckbereich und der Entspannungsbereich durch eine Mischstrecke miteinander verbunden werden, ein Teil des restlichen an der Welle anhaftenden heißen Schmiermittels in der Mischstrecke im Gegenstrom mit Teilen kalten Schmiermittels aus dem Druckbereich gemischt und in den Entspannungsbereich gedrückt und der Entspannungsbereich überwiegend mit Gas gefüllt wird.

[0014] Auf diese Weise gelangt man zu einem Verfahren der einleitend genannten Art, welches die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe voll erfüllt. Hinzu kommt, daß sich eine Reduzierung der Verlustleistung um bis zu etwa 50% bei gleichzeitiger Reduzierung der Lagertemperatur um einige Kelvin (K) ergibt.

[0015] Zweckmäßig kann das Verfahren so durchgeführt werden, daß frisches kaltes Schmiermittel über die Mischstrecke zu dem Entspannungsbereich gedrückt wird.

[0016] Zweckmäßig kann das Verfahren so betrieben werden, daß, nachdem das Schmiermittel durch den Schmierspalt zwischen dem stillstehenden Gleitlager und der rotierenden Welle hindurchgetreten ist, das von der Welle abgeschleuderte Schmiermittel und das über die Mischstrecke in den Entspannungsbereich eingetragene Schmiermittel abgesaugt werden.

[0017] Des weiteren ist zu empfehlen, das Verfahren so zu betreiben, daß, nachdem das Schmiermittel durch den Schmierspalt zwischen dem stillstehenden Gleitlager und der rotierenden Welle hindurchgetreten ist, das von der Welle abgeschleuderte Schmiermittel und das über die Mischstrecke in den Entspannungsbereich eingetragene Schmiermittel durch einen Gasstrom ausgebracht werden.

[0018] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann das Verfahren so ausgebildet sein, daß die Menge des ausgetauschten Schmiermittels vor den Gleitflächen des Gleitlagers gleichsinnig mit der Belastung der Welle in Richtung der entsprechenden Gleitfläche durch die Wellenverlage-

rung im Gleitlager gesteuert wird, wobei die Kombination von Welle mit einem erfindungsgemäßen Gleitlager nach einem oder mehreren der nachfolgenden Ansprüche 11 bis 18 hinsichtlich des Schmiermittelaustausches ein selbstregulierendes System darstellt.

[0019] Zweckmäßigerweise wird das Verfahren so durchgeführt, daß der Druck im Druckbereich und der Druck im Entspannungsbereich jeweils separat erfaßt und einer separaten Regeleinheit zugeführt werden, die den Schmiermitteldruck im Druckbereich regelt.

[0020] Außerdem empfiehlt es sich, das Verfahren so durchzuführen, daß der Druck im Druckbereich und der Druck im Entspannungsbereich und die Höhe des Schmierpaltes jeweils separat erfaßt und einer separaten Steuereinheit sowie einer separaten Dosiereinheit zugeführt werden, die den Druck des entsprechenden Druckbereiches beeinflusst.

[0021] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das Gleitlager als Radiallager betrieben wird.

[0022] Es ist auch möglich, das Gleitlager als Axiallager zu betreiben.

[0023] Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, das Gleitlager als radiales Kipplager mit einer festen Gleitfläche und mindestens zwei Kippsegmenten zu betreiben.

[0024] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird vorrichtungsmäßig dadurch gelöst, daß die Druckkammer und die Entspannungskammer über eine Mischstrecke miteinander in Verbindung stehen, die Druckkammer über eine Bohrung mit einer Schmiermittelzufuhr unter Druck verbunden und die Entspannungskammer überwiegend mit Gas gefüllt ist.

[0025] Auch hierdurch wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe voll gelöst. Hinzu kommt, daß die konstruktive Ausgestaltung des erfindungsgemäß ausgebildeten Gleitlagers es erlaubt, die einzelnen Gleitflächen in ihren Abmessungen den Erfordernissen der auf sie wirkenden Lasten einzeln anzupassen und dadurch die Verlustleistung und den Schmiermittelverbrauch erheblich zu senken.

[0026] Außerdem empfiehlt es sich, die Vorrichtung so auszubilden, daß die Druckkammern innerhalb der Lagerflächen allseitig abgedrosselt und die Entspannungskammern in Längsrichtung nach wenigstens einer Seite hin ungedrosselt offen sind.

[0027] Die Druckkammer ist zweckmäßig über eine Bohrung mit einer Schmiermittelzufuhr unter Druck verbunden.

[0028] Vorteilhafterweise kann die Entspannungskammer mit dem drucklosen Tank verbunden sein.

[0029] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann das in der Entspannungskammer anfallende Schmiermittel durch eine Absaugung oder durch einen Gasstrom aus der Entspannungskammer ausgetragen werden.

[0030] Das Gleitlager kann als Radiallager oder als Axiallager ausgebildet sein.

[0031] Zweckmäßig kann das Gleitlager als Kippgleitlager mit einer festen Gleitfläche und wenigstens zwei Kippsegmenten ausgebildet sein.

[0032] Des weiteren kann zweckmäßigerweise vorgesehen sein, daß die Druckkammer eine Bohrung aufweist, mit denen sie mit einer Druckerzeugungseinrichtung verbunden sind.

[0033] Der bekannte einstufige Schmiermittel-Austauschprozeß in den Schmiermitteltaschen zwischen den Gleitflächen wird erfindungsgemäß durch einen hocheffektiven und genau steuerbaren dreistufigen Schmiermittel-Austauschprozeß ersetzt. Im ersten Schritt wird an der Welle anhaftendes heißes Schmiermittel teilweise in der überwiegend mit Gas gefüllten Entspannungskammer abgeschleudert. Im

zweiten Schritt wird ein Teil des restlichen an der Welle anhaftenden heißen Schmiermittels in einer Mischstrecke im Gegenstrom mit Teilen kalten Schmiermittels aus der Druckkammer gemischt und in die Entspannungskammer gedrückt. Im dritten Schritt wird kaltes Schmiermittel in den folgenden Schmierpalt über den Druckbereich eingetragen.

[0034] Die konstruktive Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung erlaubt es, die einzelnen Gleitflächen in ihren Abmessungen den Erfordernissen der auf sie wirkenden Lasten einzeln anzupassen und dadurch die Verlustleistung und den Schmiermittelverbrauch erheblich zu senken.

[0035] Dies führt bei Gleitlagern mit Gleitgeschwindigkeiten von mehr als 50 m/s zu einer sehr erheblichen Reduzierung der Verlustleistung und des Schmiermittelbedarfes.

[0036] Versuche haben ergeben, daß der Ersatz eines Offset-Half-Lagers herkömmlicher Konstruktion durch ein erfindungsgemäß ausgebildetes Gleitlager zur einer Reduzierung der Verlustleistung um bis zu mehr als 50% bei gleichzeitiger Reduzierung der Lagertemperatur um einige Kelvin führte.

[0037] Für einen Einsatz mit einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 90 m/s führte diese zu einer Reduzierung der Verlustleistung von 225 kW auf 110 kW und des Schmiermittelbedarfes von etwa 380 l/min. auf etwa 210 l/min. bei einem Wellendurchmesser von etwa 290 mm und einer Lagerlänge von etwa 290 mm.

[0038] Durch die erfindungsgemäße Anordnung und Ausbildung von Entspannungskammern, Mischstrecken, Druckkammern sowie festen und/oder kippfähigen Gleitflächen wird die für den optimalen Schmier- und Kühleffekt benötigte Schmiermittelzufuhr und -abfuhr sowie deren verfahrenstechnische Steuerung und Überwachung sichergestellt.

[0039] Die Schmiermittelzufuhr ist beim erfindungsgemäß ausgebildeten Gleitlager unabhängig von der Schmiermittelabfuhr.

[0040] Die ölbenetzten Flächen des Lagers werden möglichst klein gehalten. Daher werden im Entspannungsbereich die bisher ölbenetzten Flächen durch nunmehr gasbenetzte Flächen ersetzt. Durch diese Maßnahme wird die Verlustleistung des erfindungsgemäß ausgebildeten Gleitlagers gegenüber dem bekannten Gleitlager drastisch reduziert.

[0041] Um die überwiegend mit Gas gefüllte Entspannungskammer zu erreichen, können u. a. folgende Maßnahmen einzeln oder gemeinsam getroffen werden:

- der Querschnitt der Entspannungskammer ist möglichst groß zu wählen;
- der Gasdruck im Gleitlager ist abzusenken, so daß sich kein Öl-Luftgemisch ("Schaum") bilden kann;
- in axialer Richtung der Entspannungskammer ist ein Gasdruck aufzubauen, der für ein axiales Durchströmen der Entspannungskammer mit Gas sorgt.

[0042] In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigt

[0043] Fig. 1 ein bekanntes Schema für den Austausch des Schmiermittels in einem bekannten Gleitlager,

[0044] Fig. 2 eine Prinzipdarstellung des in Fig. 1 dargestellten Schemas,

[0045] Fig. 3 ein Schema für die Regelung der Durchführung des erfindungsgemäß ausgebildeten Verfahrens,

[0046] Fig. 4 einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gleitlager mit zwei Gleitflächen in Offset-Half-Bauweise,

[0047] Fig. 5 einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gleitlager mit zwei Gleitflächen in Offset-Half-Bauweise, etwas abgeändert gegenüber Fig. 4,

[0048] Fig. 6 eine Prinzipdarstellung für die Durchfüh-

rung des erfindungsgemäß ausgebildeten Verfahrens, die desgleichen auch Details der **Fig. 4** darstellt,

[0049] **Fig. 7** eine Abwicklung der **Fig. 4**, von der Gleitflächenseite her betrachtet,

[0050] **Fig. 8** eine Seitenansicht eines Details der **Fig. 9**,

[0051] **Fig. 9** eine Draufsicht auf ein als Axiallager ausgebildetes, erfindungsgemäßes Gleitlager,

[0052] **Fig. 10** Prinzipdarstellung der Selbstregelung des Schmiermittelaustausches in einem erfindungsgemäßen Radiallager mit zwei Gleitflächen, vergleichbar **Fig. 4** und

[0053] **Fig. 11** eine Prinzipdarstellung der Arbeitsweise des erfindungsgemäß ausgebildeten Gleitlagers anhand der Darstellung gemäß **Fig. 10**.

[0054] Über einer in **Fig. 1** schematisch dargestellten Schmiermitteltasche **1** dreht sich eine nicht näher dargestellte Welle in Richtung des Pfeiles **2**. Von der in Drehrichtung **2** gesehen vorherige Gleitfläche **3**, die mit der Welle als Drossel **4** wirkt, fließt gebrauchtes Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **5** in die Schmiermitteltasche **1**, in der eine Mischung von frischem Schmiermittel mit gebrauchtem Schmiermittel erfolgt. Aus der Schmiermitteltasche **1** fließt ein Gemisch aus gebrauchtem und frischem Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **6** in die in Drehrichtung gesehen nachfolgende Gleitfläche **7**, die mit der Welle als Drossel **8** wirkt. Der Schmiermittelzufluß erfolgt unter Druck in Richtung des Pfeiles **9** durch eine Drossel **10**. Aus der Schmiermitteltasche **1** fließt ein Gemisch aus frischem und gebrauchtem Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **11** über eine Blende **12** in den im einzelnen nicht dargestellten Tank **13**.

[0055] **Fig. 2** zeigt im wesentlichen die figürliche Darstellung des in **Fig. 1** gezeigten Schemas, nämlich eine schematische Seitenansicht auf das Gleitlager. Durch die als Drossel **10** wirkende Bohrung **14** fließt in Richtung des Pfeiles **9** frisches Schmiermittel in die Schmiermitteltasche **1**. Von dem in Drehrichtung gesehen vorherigen Schmierkeil **17** strömt gebrauchtes Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **15** in die Schmiermitteltasche **1**, während von der Schmiermitteltasche **1** aus in Drehrichtung, also in Richtung des Pfeiles **2** bzw. des Pfeiles **16** ein Gemisch aus frischem und gebrauchtem Schmiermittel in den nachfolgenden Schmierkeil **18** strömt. Durch die als Blende **12** wirkende seitliche Öffnung der Schmiermitteltasche **1**, fließt ein Gemisch aus frischem und gebrauchtem Schmiermittel in den nicht näher gekennzeichneten Tank **13**. Die auf den Gleitflächen **3** und **7** befindlichen Schmierkeile **17** und **18** werden durch die Welle **19** begrenzt.

[0056] In **Fig. 3** ist eine Druckkammer **20** über eine Mischstrecke **21**, die mit der im einzelnen nicht dargestellten Welle als verstellbare Blende wirkt, mit einer überwiegend mit Gas gefüllten Entspannungskammer **22** verbunden. In die Druckkammer **20** mündet ein Zulauf, über den frisches Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **23** über eine Drossel **24** in die Druckkammer **20** geführt wird. Von der Druckkammer **20** aus strömt das frische Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **25** in die in Drehrichtung gesehen nachfolgende Gleitfläche **26**, die mit der Welle als verstellbare Blende **27** wirkt. Von der vorherigen Gleitfläche **28**, die zusammen mit der Welle als Blende **29** wirkt, strömt in Richtung des Pfeiles **30** gebrauchtes Schmiermittel in die Entspannungskammer **22**.

[0057] Das in die Entspannungskammer **22** strömende gebrauchte Schmiermittel fließt zum einen Teil in Richtung des Pfeiles **33** in den Tank **34** und zum anderen Teil in Richtung des Pfeiles **35** in die Mischstrecke **21**. Von der Druckkammer **20** aus strömt in entgegengesetzter Richtung durch die Mischstrecke **21** in Richtung des Pfeiles **36** derjenige Teil des durch den Zufluß **23** in die Druckkammer **20** ge-

führten Schmiermittels, der nicht in Richtung des Pfeiles **25** in den nachfolgenden Schmierkeil bzw. auf die nachfolgende Schmierfläche **26** gelangt. In der Mischstrecke **21** vermischen sich das in Richtung des Pfeiles **36** strömende frische Schmiermittel mit dem in Richtung des Pfeiles **35** gebrauchten Schmiermittel, wobei das aus frischem und gebrauchtem Schmiermittel in der Mischstrecke **21** entstandene Schmiermittelmischung teilweise in Richtung des Pfeiles **37** in den Tank **34** strömt.

[0058] Die **Fig. 4** zeigt ein Gleitlager mit zwei Gleitflächen in Offset-Bauweise, wobei eine erste Gleitfläche **38** gegenüber einer zweiten Gleitfläche **39** um den Offset **40** in Richtung der Strecke **41-41** versetzt ist. In der ersten Gleitfläche **38** ist eine Druckkammer **42** vorgesehen, die über eine nach außen geführte Bohrung **43** mit einer im einzelnen nicht dargestellten Schmiermittelzufuhr verbunden ist. Vor der Druckkammer **42** liegen die Mischstrecke **44** und die überwiegend mit Gas gefüllte Entspannungskammer **45**.

[0059] Die Verhältnisse bei der zweiten Gleitfläche **39** sind die gleichen wie bei der oben beschriebenen ersten Gleitfläche **38**. Auch hier sind eine Druckkammer **46** mit einer nach außen geführten Bohrung **47**, eine überwiegend mit Gas gefüllte Entspannungskammer **48** und eine Mischstrecke **49** vorgesehen. In dem Lager ist eine Welle **50** drehbeweglich gelagert.

[0060] Durch die Offset-Half-Bauweise des Lagers ist zwischen der Oberfläche **51** der Welle **50** und der ersten Gleitfläche **38** des Lagers ein zylinderförmig gebogener Ringbereich vorgesehen, der sich von der Druckkammer **42** der ersten Gleitfläche **38** zur Entspannungskammer **48** der zweiten Gleitfläche **39** von einem größeren Wert auf einen kleineren Wert verringert. Das gleiche gilt auch für den Bereich **52** zwischen der Oberfläche **51** der Welle **50** und der zweiten Gleitfläche **39**. Die Drehrichtung der Welle **50** ist durch den Pfeil **53** angegeben.

[0061] Das in **Fig. 5** dargestellte Lager hat zwei Gleitflächen **38, 39** in Offset-Bauweise, wobei dieses Lager sich von dem in **Fig. 4** dargestellten Lager im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß in der ersten Gleitfläche **38** eine von außen nach innen geführte Bohrung **54**, in der ein Rückschlagventil **55** vorgesehen ist, in eine Druckkammer **56** führt. In der zweiten Gleitfläche **39** sind die Verhältnisse ähnlich. Auch hier ist von außen nach innen eine Bohrung **57** über ein Rückschlagventil **58** zu einer Kammer **59** geführt. Die Bohrungen **54** und **57**, die als Zuleitungen dienen, sind für den Rückwärtslauf der Welle **50** im Störfall vorgesehen.

[0062] Bei der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform der Erfindung wird sowohl in der ersten Gleitfläche **38** als auch in der zweiten Gleitfläche **39** jeweils eine weitere Druckkammer **56, 59** vorgesehen, welche mittels der Bohrungen **54, 57** mit frischem Schmiermittel versorgt werden kann. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, den Schmierpalt nur bis zu einem Teil der Gleitfläche konvergieren und danach divergieren zu lassen, um bessere Laufeigenschaften für die Gegenlaufrichtung, in diesem Fall gegen den Uhrzeigersinn, zu gewährleisten. Um den gerichteten Schmiermittelfuß im Normalfall sicherzustellen, ist in der Bohrungen **54, 57** ein Rückschlagventil **55, 58** vorgesehen.

[0063] Wie aus **Fig. 6** ersichtlich, wird beim Drehen der Welle **50** in Richtung des Pfeiles **53** frisches Schmiermittel unter Druck durch die Bohrung **43**, die als Drossel **24** wirkt, in die Druckkammer **42** gepumpt, von der aus das frische Schmiermittel in den Übergang **60** in Richtung des Pfeiles **61** in den Keilspalt **62** eingezogen wird und hier den entsprechenden Schmierkeil **62** bildet. Ein weiterer Teil des frischen Schmiermittels wird über den Übergang **63** in Richtung des Pfeiles **64** in die Mischstrecke **65** gepumpt, von der

aus das frische Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **67** in Richtung der überwiegend mit Gas gefüllten Entspannungskammer **45** fließt.

[0064] Dabei vermischt sich in der Mischstrecke **65** das aus der Druckkammer **42** herrührende frische Schmiermittel mit dem aus der vorherigen Schmierkeil **68** herrührenden gebrauchten Schmiermittel, welches in Richtung des Pfeiles **35** durch Anhaften an der Welle in die Mischstrecke **65** eingetragen wird. Ein Teil des gemischten Schmiermittels tritt in Richtung des Pfeiles **67** in die Entspannungskammer **45** ein.

[0065] Außerdem tritt aus dem Spalt **70** genutztes Schmiermittel über den Übergang **69** in Richtung des Pfeiles **65** in die Entspannungskammer **45** ein, die drucklos mit dem Tank verbunden ist.

[0066] Hierdurch ist gewährleistet, daß in dem Keilspalt **62** hauptsächlich frisches Schmiermittel mit der gewünschten Temperatur eintritt und daß das genutzte Schmiermittel aus dem Schmierpalt **68** in gewünschtem Maße in die Entspannungskammer **45** austritt und von hier aus in den drucklosen Tank geführt wird. Jedenfalls ist hier durch ausgeschlossen, daß genutztes warmes Schmiermittel in unerwünscht großen Anteilen in den Keilspalt **62** gelangt und dadurch eine unerwünscht große Temperaturerhöhung in diesem Bereich verursacht.

[0067] Die Oberflächenkontur **71** der ersten Gleitfläche **38** ist im allgemeinen eine andere als die Oberflächenkontur **72** der Mischstrecke **65**. Sie können jedoch auch gleich sein bzw. Radien darstellen.

[0068] In **Fig. 7** ist die Abwicklung der Innenfläche eines erfindungsgemäßen radialen Gleitlagers mit unterschiedlich breiten Gleitflächen dargestellt. Hierbei weist die eine Gleitfläche **73** die Breite a und die andere Gleitfläche **74** die Breite b auf. Die Gleitfläche **73** weist eine Mischstrecke **75**, eine Druckkammer **76** und einen Zulauf **77** zur Druckkammer **76** auf. Zwischen den beiden Enden **78, 79** der Druckkammer **76** und den beiden Seiten **80, 81** der Gleitfläche **73** sind die Abstände c eingehalten.

[0069] Die Gleitfläche **74** weist eine Mischstrecke **82**, eine Druckkammer **83** und einen Zulauf **84** zur Druckkammer **83** auf. Zwischen den beiden Enden **85, 86** der Druckkammer **83** und den beiden Seiten **87, 88** der Gleitfläche **74** sind die Abstände d eingehalten.

[0070] In Laufrichtung e der Welle gesehen besteht die Abwicklung des Lagers aus einer Entspannungskammer **89**, der Mischstrecke **82**, einer Druckkammer **83**, einer Gleitfläche **74**, der überwiegend mit Gas gefüllten Entspannungskammer **91**, der Mischstrecke **75**, der Druckkammer **76** und der Gleitfläche **73**. Es folgt wieder die überwiegend mit Gas gefüllte Entspannungskammer **89**.

[0071] Die schmiermittelbenutzten Flächen der Lagerschale und der Welle sowie die Menge des benötigten Schmiermittels werden dadurch erheblich verringert, wodurch die Reibungsverluste markant reduziert werden.

[0072] **Fig. 9** zeigt einen Teil einer Draufsicht auf ein Axialkeilflächenlager für eine Drehrichtung f . Die zugehörige Druckscheibe **110** ist der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Die **Fig. 8** zeigt einen Querschnitt durch **Fig. 9** in Richtung der Pfeile **IX** und **IX**.

[0073] Die Anordnung in **Fig. 8** ist hier also so getroffen, daß einer Gleitfläche **128**, bestehend aus einer Keilfläche **1281** und einer Rastfläche **1282**, in Drehrichtung f gesehen Entspannungskammer **105**, Mischstrecke **135** und Druckkammer **102** folgen.

[0074] Diese Anordnung wiederholt sich in **Fig. 9** so oft, wie Gleitflächen vorhanden sind.

[0075] Wie aus **Fig. 8** ersichtlich, wird beim Drehen der Druckscheibe **110** in Richtung des Pfeiles **113** frisches

Schmiermittel unter Druck durch die Bohrung **103**, die als Blende wirkt, in die Druckkammer **102** gepumpt, von der aus das frische Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **121** in den Keilspalt **122** eingezogen wird und hier den entsprechenden Schmierkeil bildet. Ein weiterer Teil des frischen Schmiermittels wird in Richtung des Pfeiles **124** in die Mischstrecke **135** gepumpt, von der aus das frische Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **124** in Richtung der Entspannungskammer **105** fließt.

[0076] Dabei vermischt sich in der Mischstrecke **135** das aus der Druckkammer **102** herrührende frische Schmiermittel mit dem aus der vorherigen Gleitfläche **128** herrührenden gebrauchten Schmiermittel, welches in Richtung des Pfeiles **131** durch Anhaften an der Druckscheibe **110** in die Mischstrecke **135** eingetragen wird. Ein Teil des gemischten Schmiermittels tritt in Richtung des Pfeiles **124** in die Entspannungskammer **105**.

[0077] Außerdem tritt aus dem Keilspalt **130** genutztes Schmiermittel in Richtung des Pfeiles **125** in die Entspannungskammer **105**, die drucklos mit dem Tank verbunden ist.

[0078] Hierdurch ist gewährleistet, daß in dem Keilspalt **122** hauptsächlich frisches Schmiermittel mit der gewünschten Temperatur eintritt und daß das genutzte Schmiermittel aus dem Keilspalt **130** in gewünschtem Maße in die Entspannungskammer **105** austritt und von hier aus in den drucklosen Tank geführt wird. Jedenfalls ist hierdurch ausgeschlossen, daß genutztes warmes Schmiermittel in unerwünscht großen Anteilen in den Keilspalt **122** gelangt und dadurch eine unerwünscht große Temperaturerhöhung in diesem Bereich verursacht.

[0079] In **Fig. 10** sind die in **Fig. 6** dargestellten Verhältnisse zweimal wiederholt, indem es sich bei dem in **Fig. 10** dargestellten Lager um ein radiales Zweiflächenlager handelt, wobei eine untere Gleitfläche, eine untere Druckkammer, eine untere Mischstrecke und eine untere Entspannungskammer sowie eine obere Gleitfläche, eine obere Druckkammer, eine obere Mischstrecke und eine obere Entspannungskammer vorgesehen sind, zwischen denen die Welle rotierend gelagert und bei Wirken einer Kraft F in gleicher Richtung nach unten auslenkbar ist. Die beiden Druckkammern werden jeweils mit Drosselbohrung X und Y mit einer Schmiermittelversorgung verbunden, die einen Schmiermitteldruck p_1 bzw. p_2 liefert. Wenn also, wie in **Fig. 10** dargestellt, eine Kraft F von oben her auf die Welle **50**, deren Drehsinn durch den Pfeil z dargestellt wird, in Richtung der Gleitfläche G_1 wirkt, so bewegt diese sich nach unten in Richtung der Kraft F , wodurch sich der untere Schmierkeil und die Mischstrecke M_1 in ihrer Stärke verringern. Das bedeutet, daß, wenngleich der Druck vor der Zuleitung konstant ist, der Druck sich in der Druckkammer D_1 und der Mischstrecke M_1 vergrößert, wodurch eine intensive Vermischung des frischen und des gebrauchten Schmiermittels und Austrag des gemischten Schmiermittels in die Entspannungskammer E_1 in gewünschter Weise erfolgt.

[0080] Im oberen Bereich des Lagers sind die Verhältnisse umgekehrt. Der Schmierkeil der entlasteten Gleitfläche G_2 und die dazugehörige Mischstrecke M_2 werden erweitert, wodurch der Durchflußwiderstand von Mischstrecke M_2 und dem zugehörigen Schmierpalt sinkt. Dadurch verringert sich der Druck in der zugehörigen Druckkammer D_2 , was das Abstreifen von warmem Schmiermittel in der dazugehörigen Mischstrecke M_2 verringert. Die Erhöhung der Spalttemperatur auf der unbelasteten Gleitfläche G_2 durch das reduzierte Abstreifen des gebrauchten Schmiermittels ist erwünscht, weil es einerseits unbedenklich im Hinblick auf die zulässigen Spalttemperaturen ist und weil es ande-

rerseits die Verlustleistung reduziert.

[0081] Fig. 11 ist die funktionelle Darstellung von Fig. 10. Durch Aufbau einer Kraft F in Richtung der einen Gleitfläche G1 wird die Welle 50 hauptsächlich in Richtung der Kraft F ausgelenkt. Der Schmiermittelspalt der belasteten Gleitfläche G1 und die dazugehörige Mischstrecke M1 werden in ihrem Querschnitt reduziert, und der Durchflußwiderstand von Mischstrecke M1 und Schmierpalt S1 steigt an. Dadurch erhöht sich der Druck in der dazugehörigen Druckkammer D1, was das Schmiermittelangebot für die belastete Gleitfläche G1 und das Abstreifen von warmen Schmiermittel in der dazugehörigen Mischstrecke M1 verbessert.

[0082] Der Schmierpalt der entlasteten Gleitfläche G2 und die dazugehörige Mischstrecke M2 werden in ihrem Querschnitt erweitert, und der Durchflußwiderstand von Mischstrecke M2 und Schmierpalt S2 sinkt. Dadurch verringert sich der Druck in der dazugehörigen Druckkammer D2, was das Schmiermittelangebot für die entlastete Gleitfläche G2 und insbesondere das Abstreifen von warmem Schmiermittel in der dazugehörigen Mischstrecke M2 verringert.

[0083] Die Erhöhung der Spalttemperatur auf der unbelasteten Gleitfläche G2 durch das reduzierte Abstreifen ist erwünscht, weil sie einerseits unkritisch ist und andererseits die Verlustleistung reduziert.

[0084] Fig. 11 zeigt, dass die Menge des ausgetauschten Schmiermittels vor den Gleitflächen eines erfindungsgemäßen, radialen Gleitlagers gleichsinnig mit der Belastung der Welle durch die Wellenverlagerung gesteuert wird.

Bezugszeichenliste

1 Schmiermitteltasche
 2 Drehrichtung
 3 vorherige Gleitfläche
 4 Drossel
 5 Pfeil
 6 Pfeil
 7 nachfolgende Gleitfläche
 8 Drossel
 9 Pfeil
 10 Drossel
 11 Pfeil
 12 Blende
 13 Tank
 14 Bohrung
 15 Pfeil
 16 Pfeil
 17 Schmierkeil
 18 Schmierkeil
 19 Welle
 20 Druckkammer
 21 Mischstrecke
 22 Entspannungskammer
 23 Pfeil
 24 Drossel
 25 Pfeil
 26 Gleitfläche
 27 Blende
 28 Gleitfläche
 29 Blende
 30 Pfeil
 33 Pfeil
 34 Tank
 35 Pfeil
 36 Pfeil
 37 Pfeil

38 erste Gleitfläche
 39 zweite Gleitfläche
 40 Offset
 41 Strecke
 42 Druckkammer
 43 Bohrung
 44 Mischstrecke
 45 Entspannungskammer
 46 Druckkammer
 47 Bohrung
 48 Entspannungskammer
 49 Mischstrecke
 50 Welle
 51 Oberfläche
 52 Bereich
 53 Pfeil
 54 Bohrung
 55 Rückschlagventil
 56 Druckkammer
 57 Bohrung
 58 Rückschlagventil
 59 Druckkammer
 60 Übergang
 61 Pfeil
 62 Keilspalt, Schmierkeil
 63 Übergang
 64 Pfeil
 65 Mischstrecke
 67 Pfeil
 68 Schmierkeil, Schmierpalt
 69 Übergang
 70 Spalt
 71 Oberflächenkontur
 72 Oberflächenkontur
 73 Gleitfläche
 74 Gleitfläche
 75 Mischstrecke
 76 Druckkammer
 77 Zulauf
 78 Ende
 79 Ende
 80 Seite
 81 Seite
 82 Mischstrecke
 83 Druckkammer
 84 Zulauf
 85 Ende
 86 Ende
 87 Seite
 88 Seite
 89 Entspannungskammer
 91 Entspannungskammer
 94 Entspannungskammer
 95 Entspannungskammer
 96 Entspannungskammer
 97 Druckkammer
 98 Druckkammer
 99 Druckkammer
 102 Druckkammer
 103 Bohrung
 105 Entspannungskammer
 135 Mischstrecke
 121 Pfeil
 122 Keilspalt
 124 Pfeil
 110 Druckscheibe
 131 Pfeil
 130 Keilspalt

113 Pfeil	
a Breite	
b Breite	
c Abstand	
d Abstand	5
e Pfeil, Laufrichtung	
f Pfeil, Drehrichtung	
125 Pfeil	
1281 Keilfläche	
1282 Rastfläche	10
x, y Drosselbohrung	
p1, p2 Schmiermitteldruck	
F Kraft, Pfeil	
M1, M2 Mischstrecke	
G1, G2 Gleitfläche	15
D1, D2 Druckkammer	
E1, E2 Entspannungsk.	
S1, S2 Schmierspalt	
V1, V2 Schmiermittelmenge/Zeiteinheit	
z Pfeil, Drehsinn	20

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmieren und Kühlen eines hydrodynamischen Gleitlagers mit wenigstens einer festen Gleitfläche, wobei vor der Gleitfläche ein Druckbereich und ein Entspannungsbereich angeordnet werden, frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich dem als Gleitbereich wirkenden Schmierspalt derart kontrolliert zugeführt wird, daß sich ein ausreichender Schmierkeil zwischen der Welle und der Gleitfläche ergibt, genutztes heißes Schmiermittel am Ende der Gleitfläche aus dem Schmierspalt in den Entspannungsbereich abgeleitet, an der Welle anhaftendes heißes Schmiermittel teilweise in den Entspannungsbereich ausgetragen und frisches kaltes Schmiermittel unter Druck über den Druckbereich in den folgenden Schmierspalt eingetragen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druckbereich und der Entspannungsbereich durch eine Mischstrecke miteinander verbunden werden und ein Teil des restlichen an der Welle anhaftenden heißen Schmiermittels in der Mischstrecke im Gegenstrom mit Teilen kalten Schmiermittels aus dem Druckbereich gemischt und in den Entspannungsbereich gedrückt und der Entspannungsbereich überwiegend mit Gas gefüllt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß frisches kaltes Schmiermittel über die Mischstrecke zu dem Entspannungsbereich gedrückt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß, nachdem das Schmiermittel durch den Schmierspalt zwischen dem stillstehenden Gleitlager und der rotierenden Welle hindurchgetreten ist, das von der Welle abgeschleuderte Schmiermittel und das über die Mischstrecke in den Entspannungsbereich eingetragene Schmiermittel mit dem Gas aus dem Entspannungsbereich abgesaugt werden.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß, nachdem das Schmiermittel durch den Schmierspalt zwischen dem stillstehenden Gleitlager und der rotierenden Welle hindurchgetreten ist, das von der Welle abgeschleuderte Schmiermittel und das über die Mischstrecke in den Entspannungsbereich eingetragene Schmiermittel durch einen Gasstrom ausgetragen werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des ausgetauschten Schmiermittels vor den Gleitflächen des Gleitlagers gleichsinnig mit der Belastung der Welle in Richtung der entsprechenden Gleitfläche durch die Wellenverlagerung im Gleitlager gesteuert wird, wobei die Kombination von Welle mit einem erfindungsgemäßen Gleitlager nach einem oder mehreren der nachfolgenden Ansprüche 11 bis 18 hinsichtlich des Schmiermittelaustausches ein selbstregulierendes System darstellt.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Druckbereich und der Druck im Entspannungsbereich jeweils separat erfaßt und einer separaten Regeleinheit zugeführt werden, die den Schmiermitteldruck im Druckbereich regelt.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Druckbereich und der Druck im Entspannungsbereich und die Höhe des Schmierspalt jeweils separat erfaßt und einer separaten Steuereinheit sowie einer separaten Dosiereinheit zugeführt werden, die den Druck des entsprechenden Druckbereiches beeinflusst.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als Radiallager betrieben wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als Axiallager betrieben wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als radiales Kippgleitlager mit einer festen Gleitfläche und mit wenigstens zwei Kippsegmenten betrieben wird.

11. Gleitlager zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Gleitlager als Lager mit festen Gleitflächen ausgeführt, in dem Gleitlager eine zylindrische Welle oder eine Druckscheibe rotierend gelagert, das Gleitlager mit einer Einrichtung zur Zufuhr von frischem Schmiermittel unter Druck ausgerüstet ist, das Gleitlager mit einer Einrichtung zur Ableitung von genutztem Schmiermittel versehen und vor der Gleitfläche eine Druckkammer und in Drehrichtung der Welle vor der Druckkammer eine Entspannungskammer vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkammer und die Entspannungskammer über eine Mischstrecke miteinander in Verbindung stehen, die Druckkammer über eine Bohrung mit einer Schmiermittelzufuhr unter Druck verbunden und die Entspannungskammer überwiegend mit Gas gefüllt ist.

12. Gleitlager nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkammern innerhalb der Gleitflächen allseitig abgedrosselt und die Entspannungskammern in Längsrichtung nach wenigstens einer Seite hin ungedrosselt offen sind.

13. Gleitlager nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkammer über eine Bohrung mit einer Schmiermittelzufuhr unter Druck verbunden ist.

14. Gleitlager nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspannungskammer mit dem drucklosen Tank verbunden ist.

15. Gleitlager nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Entspannungskammer anfallende Schmiermittel durch eine Absaugung oder einen Gasstrom aus der Entspan-

nungskammer ausgetragen wird.

16. Gleitlager nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als Radiallager ausgebildet ist.

17. Gleitlager nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als Axiallager ausgebildet ist. 5

18. Gleitlager nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitlager als Kippgleitlager mit einer festen Gleitfläche und wenigstens zwei Kippsegmenten ausgebildet ist. 10

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

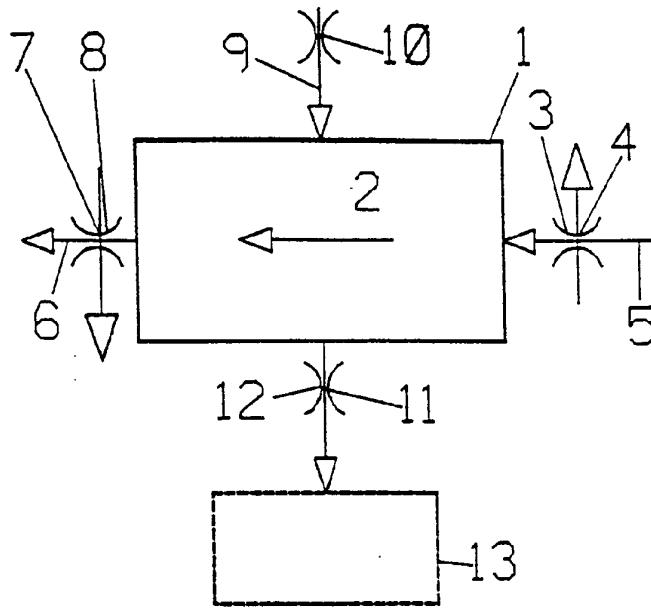


FIG.1

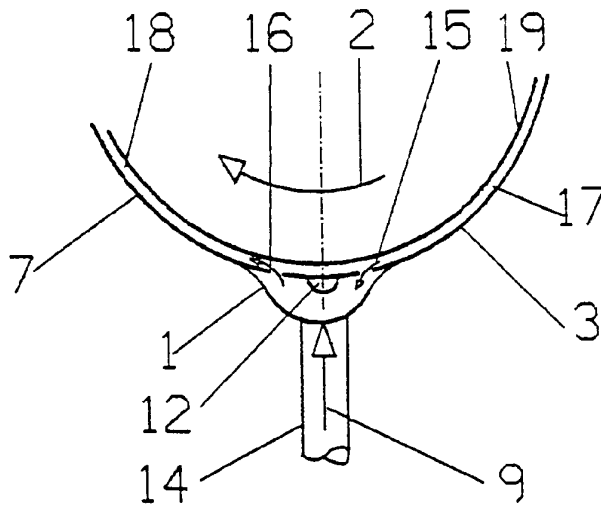


FIG.2

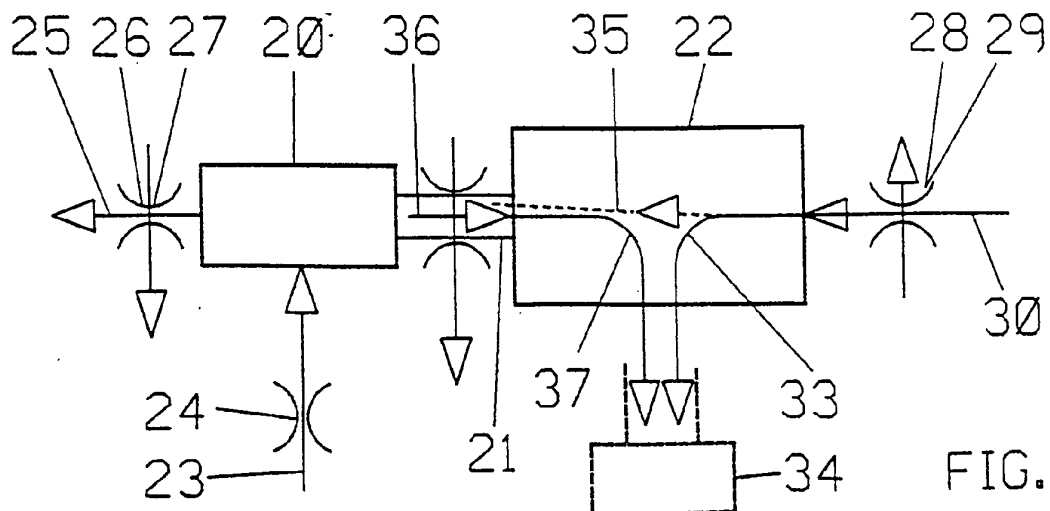


FIG.3

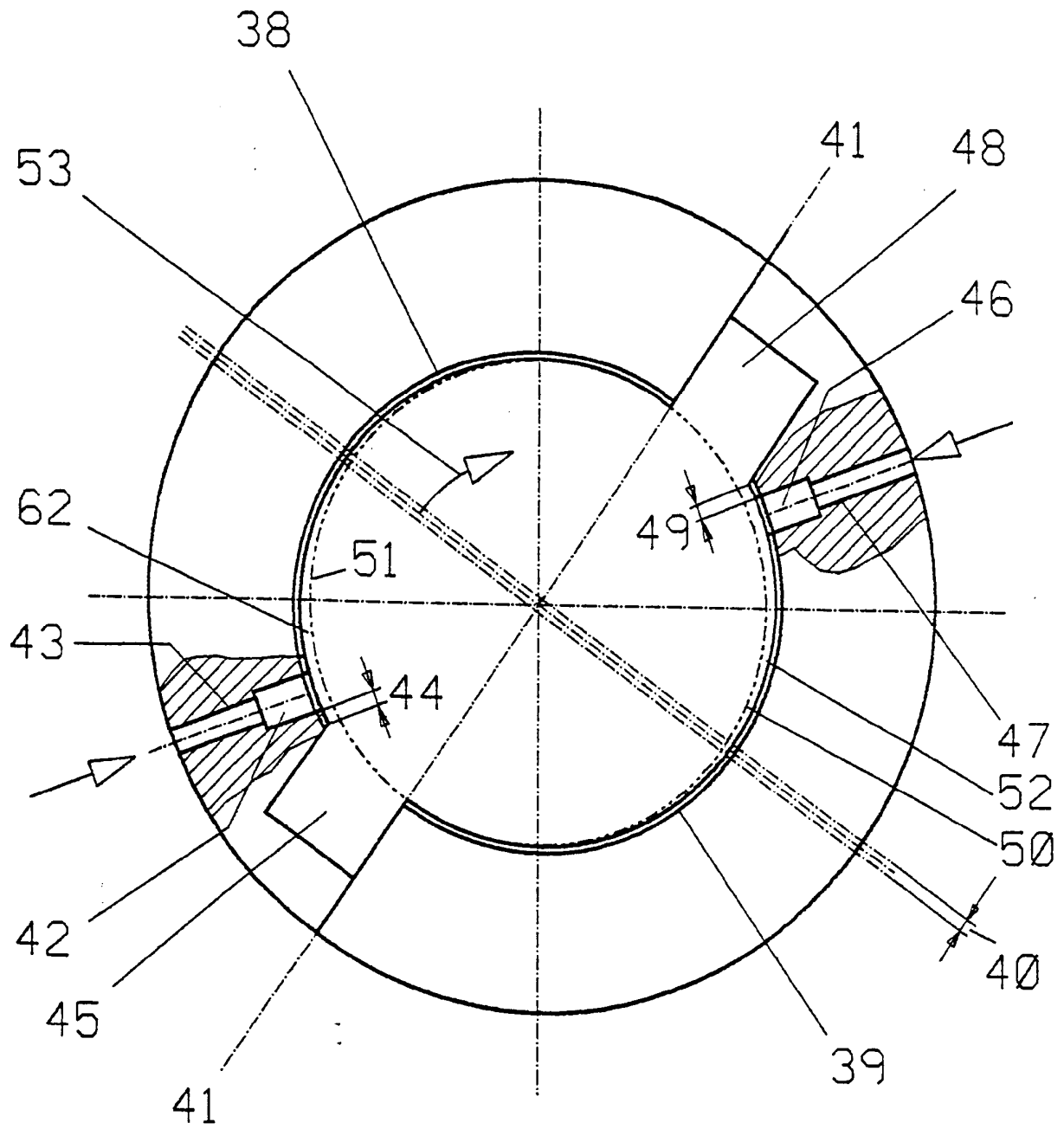


FIG.4

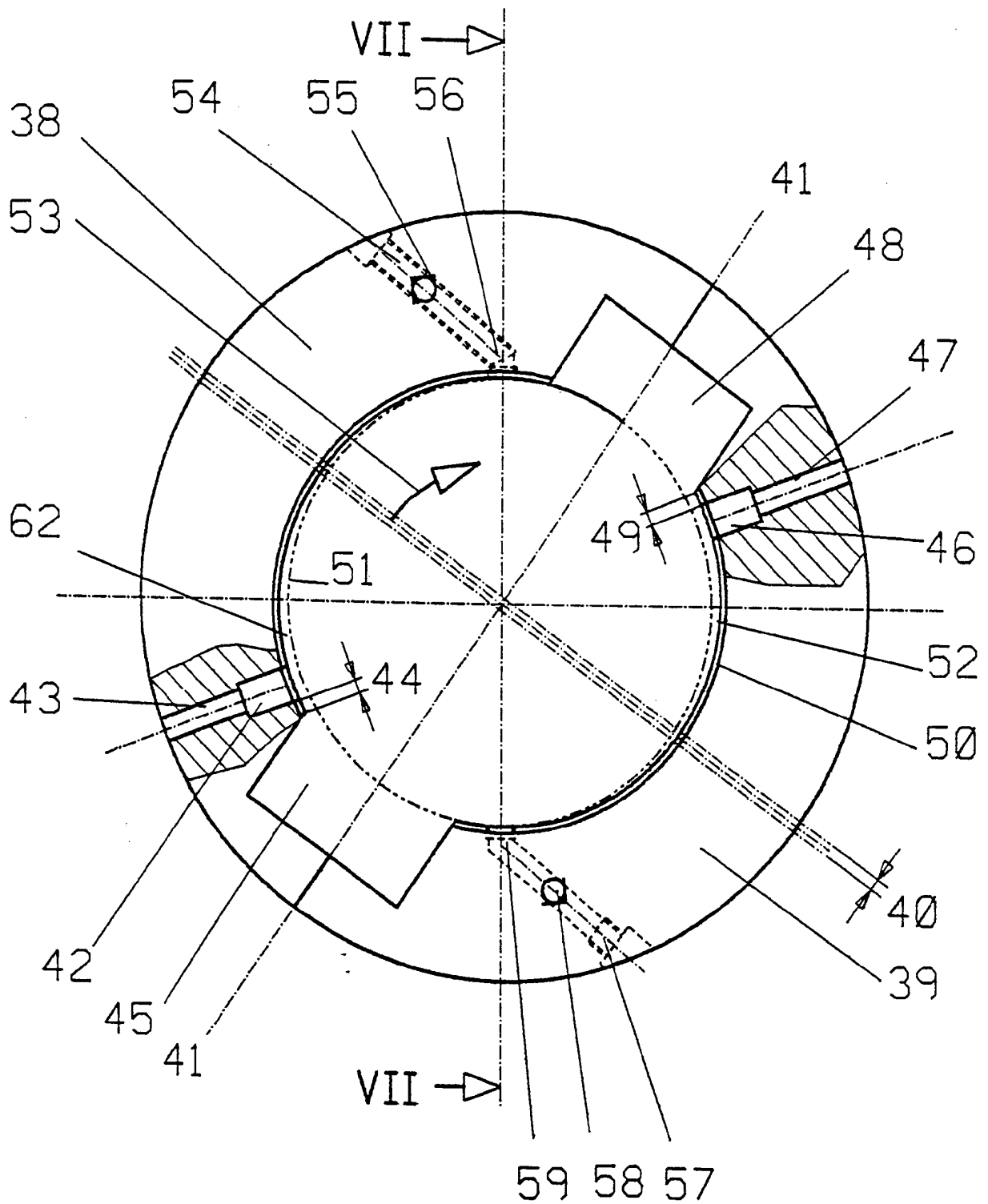


FIG.5

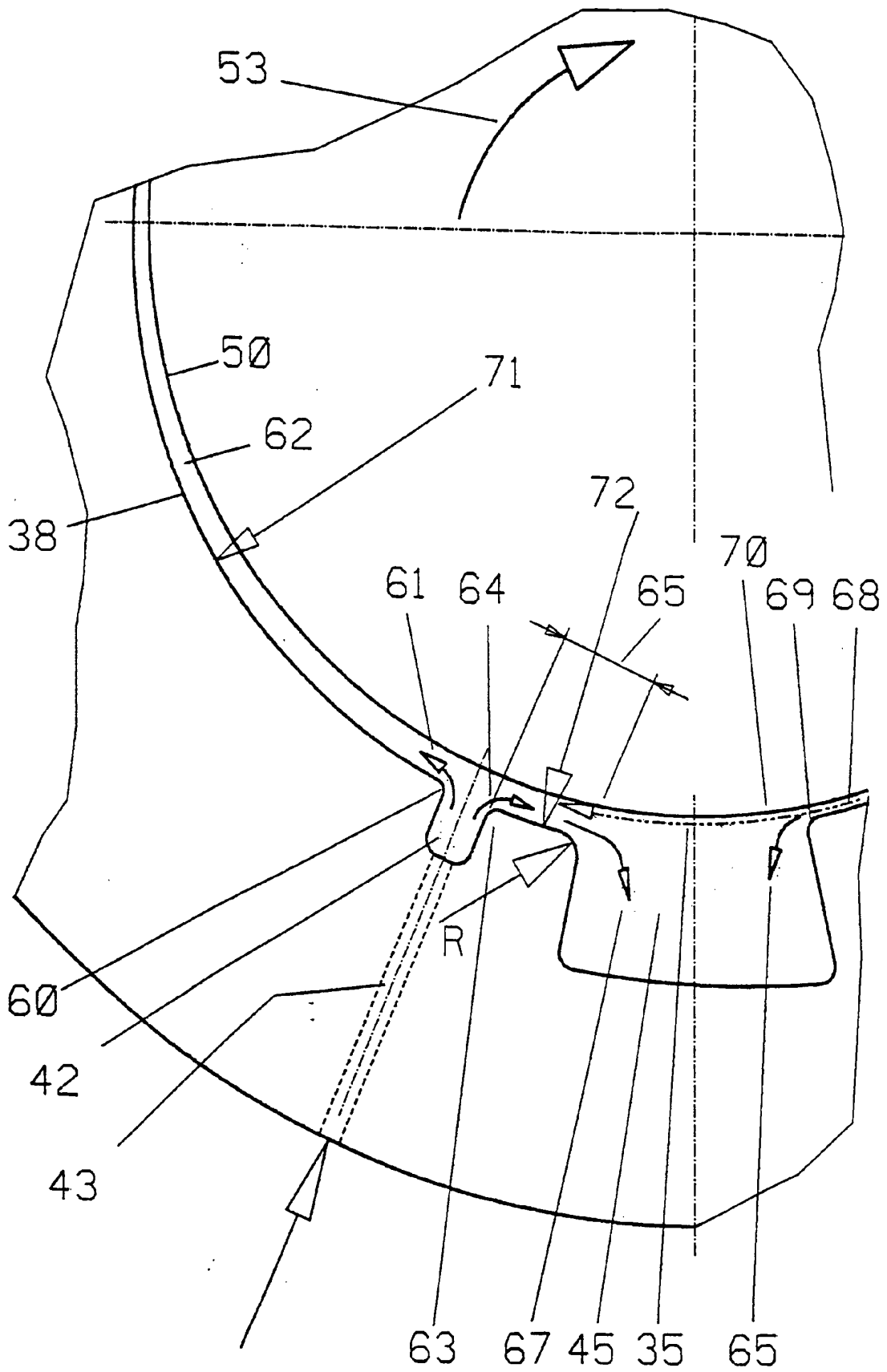


FIG.6

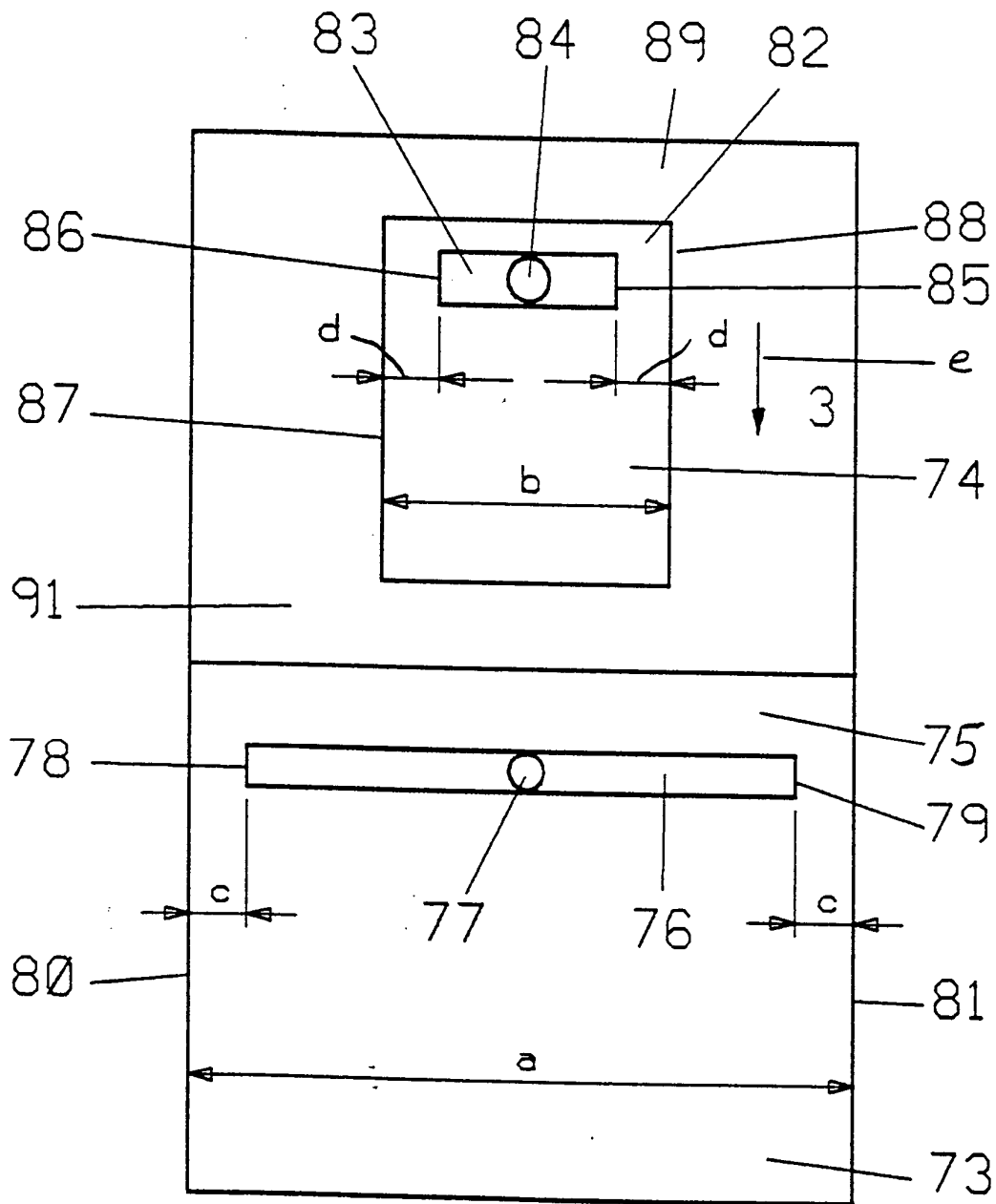


FIG.7

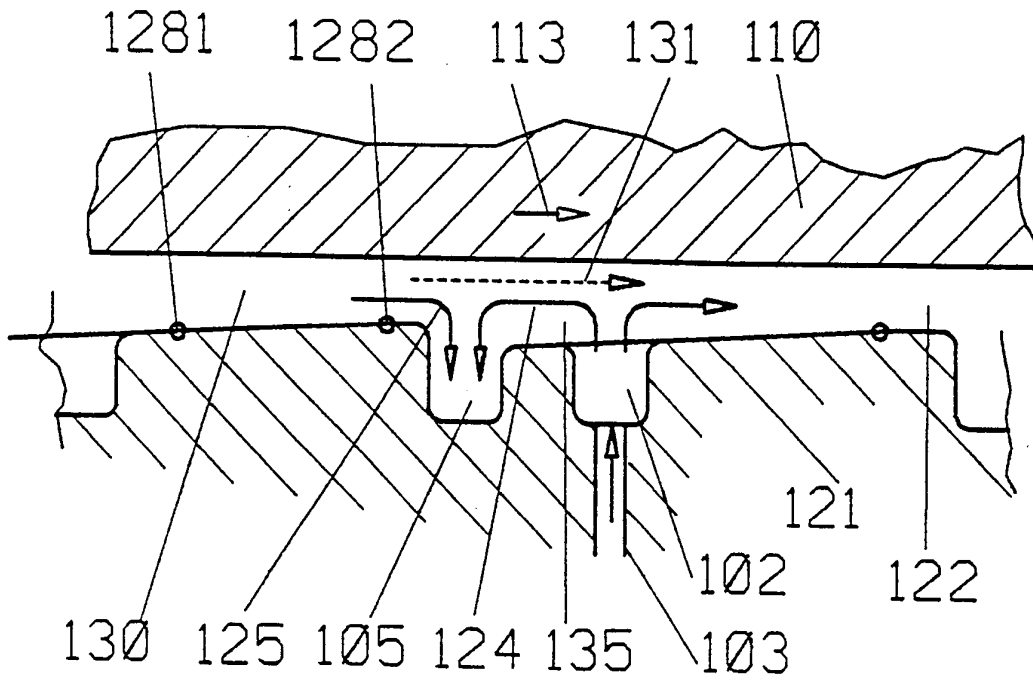


FIG.8

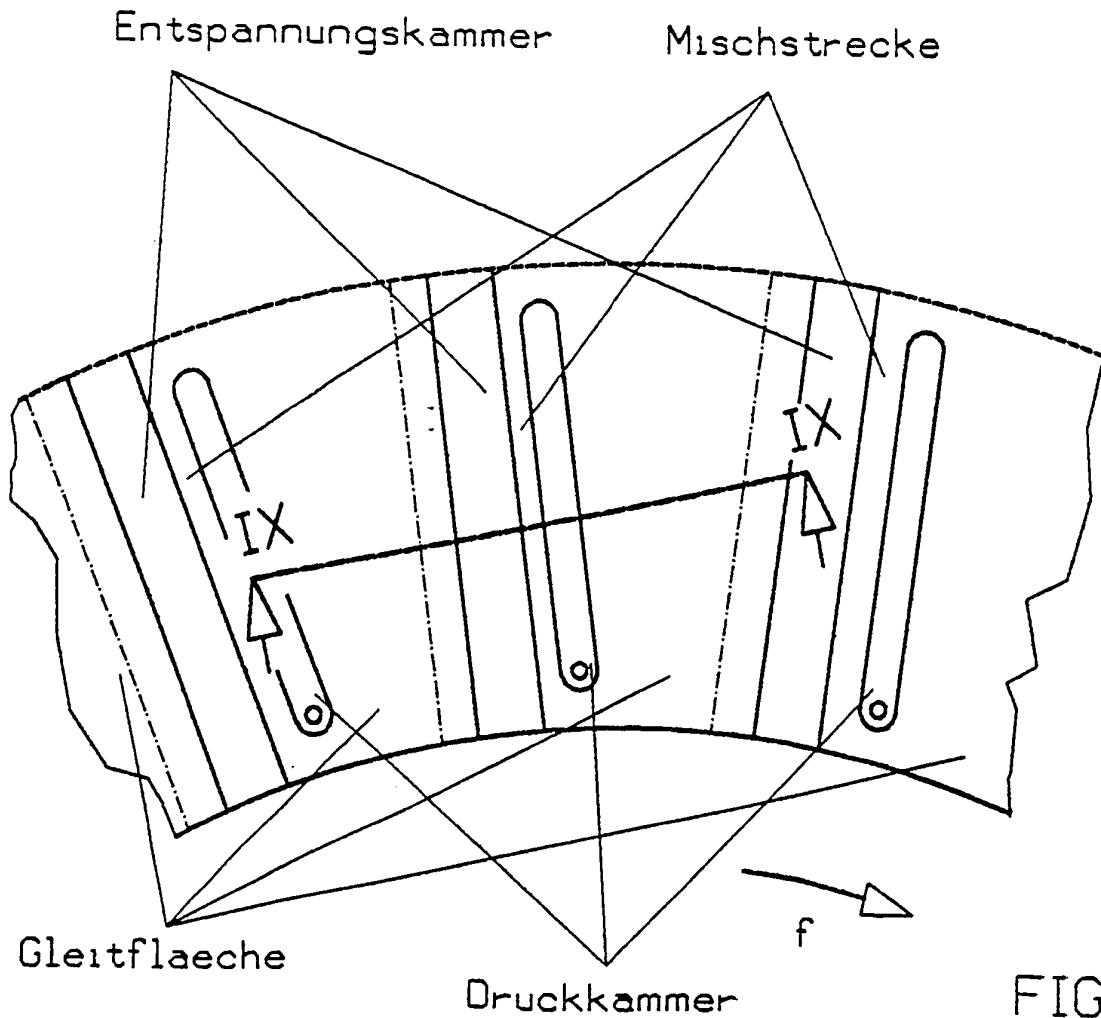


FIG.9

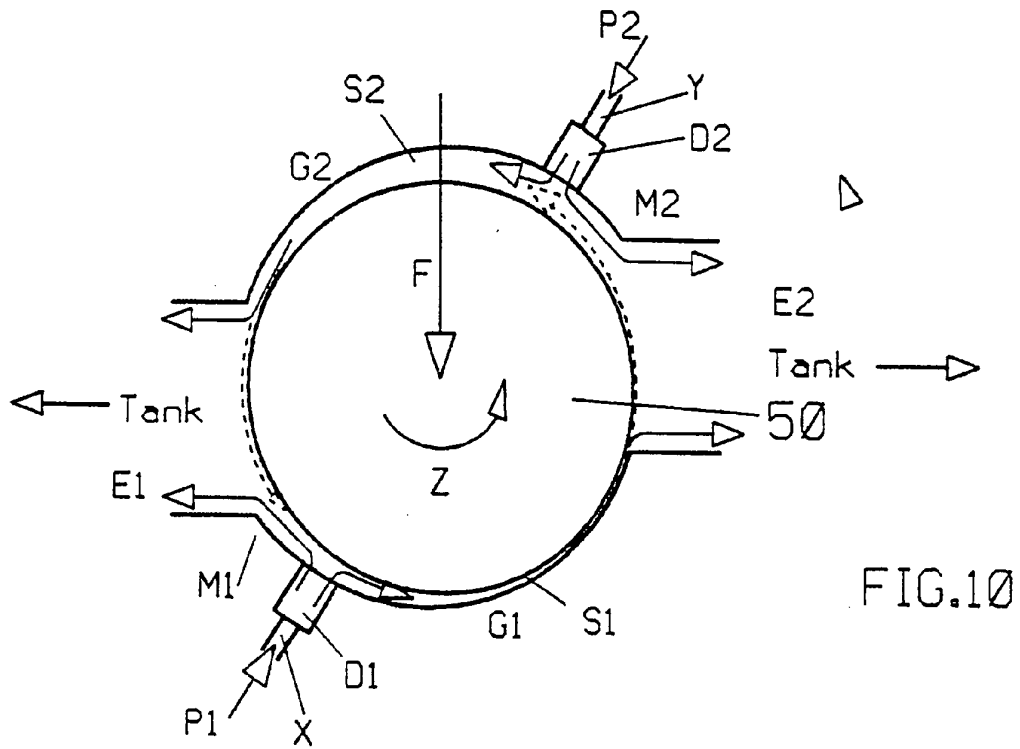


FIG.10

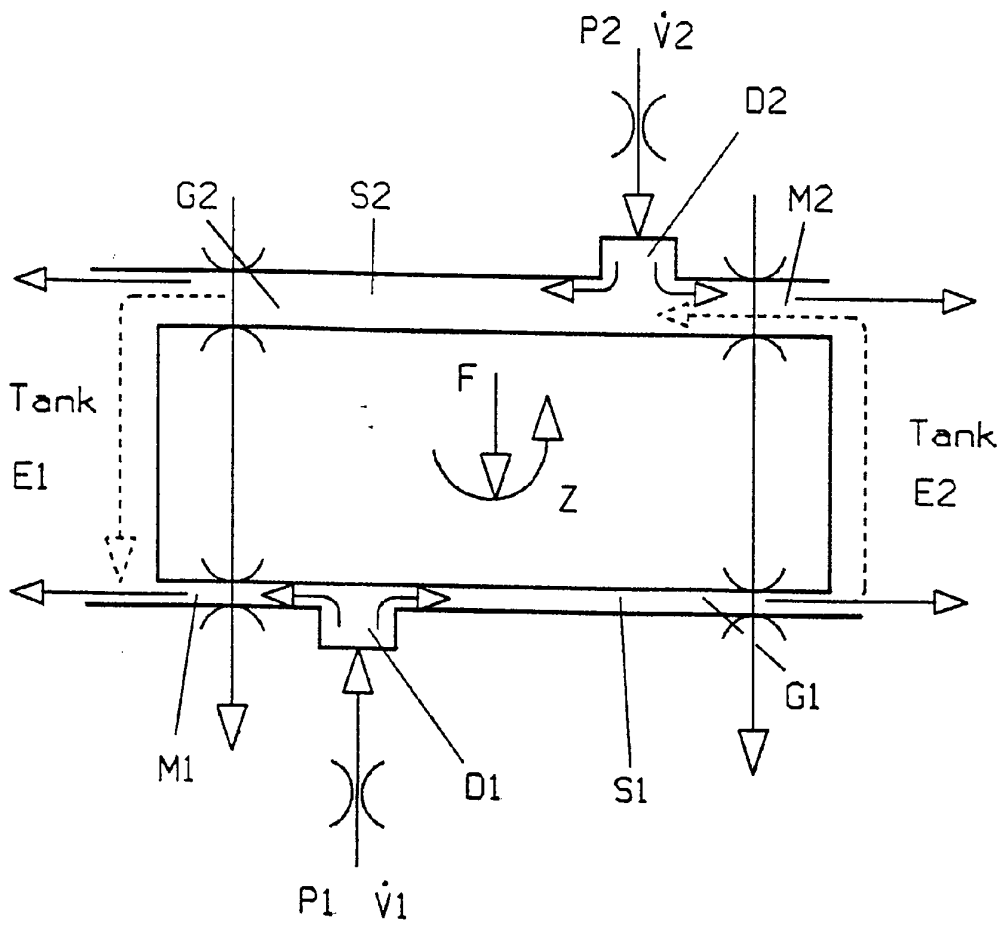


FIG.11