



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 050 728.8**
(22) Anmeldetag: **08.11.2010**
(43) Offenlegungstag: **12.05.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.01.2024**

(51) Int Cl.: **F16J 15/447 (2006.01)**
F01D 11/02 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)
F04D 29/10 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
0919708.8 **11.11.2009** **GB**

(73) Patentinhaber:
Ansaldo Energia Switzerland AG, Baden, CH

(74) Vertreter:
**DREISS Patentanwälte PartG mbB, 70174
Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Sivakumaran, Siva, Thorpe on the hill, Lincoln,
GB; Leivseth, Geir, Lutterworth, Leicestershire,
GB**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Lamellendichtung**

(57) Hauptanspruch: Lamellendichtung (10A) zum Anordnen zwischen einem Gebiet (14) mit höherem Druck und einem Gebiet (16) mit niedrigerem Druck einer rotierenden Maschine, wobei die Lamellendichtung Folgendes umfasst:

ein ringförmiges Gehäuse (28) mit einer vorgeschalteten Seitenwange (30) und einer nachgeschalteten Seitenwange (32) und

ein ringförmiges Array aus nachgiebigen Lamellen (20), welches zwischen der vorgeschalteten Seitenwange (30) und der nachgeschalteten Seitenwange (32) angeordnet ist, zum Ausbilden einer Dichtung zwischen einer statischen Struktur und einer sich drehenden Komponente (12) der Maschine, wobei jede Lamelle (20) Folgendes aufweist

- ein in dem Gehäuse (28) gehaltenes radial äußeres Ende,

- ein radial inneres freies Ende (35),

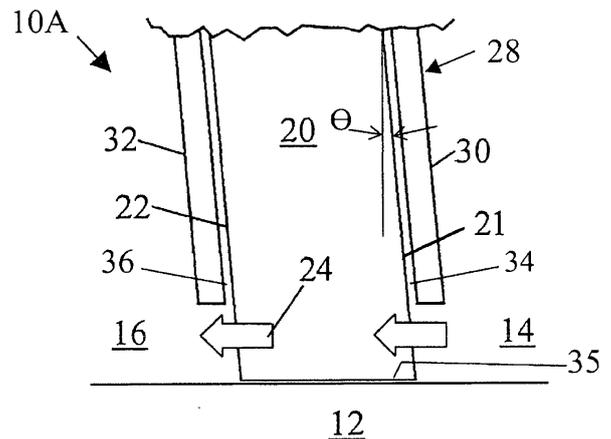
- eine vorgeschaltete Kante (21), welche einer inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange (30) benachbart ist und

- eine nachgeschaltete Kante (22), welche einer inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) benachbart ist,

- wobei die vorgeschalteten Kanten (21) der Lamellen (20) und die vorgeschaltete Seitenwange (30) dazwischen einen vorgeschalteten Spalt (34) definieren und die nachgeschalteten Kanten (22) der Lamellen (20) und die nachgeschalteten Seitenwange (32) dazwischen einen nachgeschalteten Spalt (36) definieren; dadurch gekennzeichnet, dass

die innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange

(30) und die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass eine Spitze des Kegels weiter zu dem Gebiet (14) mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels, oder die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass eine Spitze des Kegels weiter zu dem Gebiet (14) mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels, dass die Lamellenkanten (21, 22), welche der oder jeder inneren Seitenwangenoberfläche benachbart sind, einen jeweiligen, ähnlich orientierten und abgewinkelten Kegelstumpf definieren.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 06 298	A1
DE	10 2004 034 374	A1
DE	10 2008 021 117	A1
DE	699 16 202	T2
US	6 343 792	B1
US	2008 / 0 272 553	A1
EP	1 980 718	A1

Beschreibung

Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft das Abdichten von Spalten zwischen relativ drehenden Maschinenkomponenten, um einen Fluidaustritt dort hindurch zu steuern, und insbesondere eine verbesserte Form einer Lamellendichtung.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Bei sich drehenden Maschinen wie etwa Gas- und Dampfturbinen ist es üblich, einen übermäßigen Fluidaustritt zwischen relativ drehenden Komponenten zu verhindern, indem sie mit verschiedenen Arten von Dichtanordnungen ausgestattet werden. Beispielsweise kann es sich bei den relativ drehenden Komponenten um eine Welle handeln, die sich innerhalb einer statischen Struktur dreht, wie etwa einem Lagergehäuse oder einer Membran, die Bereiche mit unterschiedlichen Drücken innerhalb einer Turbine unterteilt. Zu anderen Beispielen von relativ drehenden Komponenten zählt eine Stufe von Verdichtertorschaufeln, die sich in einem umgebenden Verdichtergehäuse dreht, oder von Turbinenrotorschaukeln, die sich innerhalb eines Turbinengehäuses dreht. Übliche Dichtungsarten, die in solchen Situationen verwendet werden, sind Labyrinthdichtungen, Fin-Seals und Bürstendichtungen.

[0003] Aus der DE 10 2004 034 374 A1 ist eine Dichtungsanordnung bekannt, die eine Vielzahl von beabstandeten und stationären Blattdichtungselementen umfasst. Jedes Blattdichtungselement ist aus der Ebene zwischen einem festen Ende und einem freien Ende derselben abgewinkelt. Die freien Enden der Blattdichtungselemente stehen mit einer drehbaren Komponente, wie zum Beispiel einem Rotor einer Turbine, in Gleiteingriff.

[0004] In den vergangenen Jahren waren sogenannte „Lamellendichtungen“ der Gegenstand der Untersuchung und Entwicklung, um andere Arten von Dichtungen in bestimmten Situationen zu ersetzen, insbesondere wenn die relativ drehenden Komponenten eine sich drehende Welle und eine von der sich drehenden Welle durchdrungene Membran sind. In der US 2008/0272553 A1 wird eine solche Lamellendichtung beschrieben. **Fig. 1** ist eine teilweise geschnittene perspektivische Skizze einer typischen Lamellendichtung 10. Die Lamellendichtung 10 ist um eine Welle 12 zwischen einem Gebiet 14 mit höherem Druck und einem Gebiet 16 mit niedrigerem Druck herum installiert und umfasst allgemein ein ringförmiges Array 18 aus dünnen, nachgiebig-flexiblen Metalllamellen 20. Die individuellen Lamellen 20 weisen eine allgemein rechteckige Gestalt auf und sind so orientiert, dass sie jeweils mit ihren Seitenkanten 21, 22 zu dem Fluidaustritts-

strom 24 durch den Ring 18 der Lamellendichtung 10 weisen. Insbesondere weist jede Lamelle 20 eine vorgeschaltete Kante 21 und eine nachgeschaltete Kante 22 relativ zu dem Fluidaustrittsfluss 24 durch den Ring der Lamellendichtung 10 auf. Die vorgeschalteten Kanten 21 und die nachgeschalteten Kanten 22 der Lamellen 20 belegen parallele, sich radial erstreckende Ebenen, die entlang der Rotationsachse der Welle beabstandet sind. Um die vorgeschalteten und nachgeschalteten Kanten 21, 22 der Lamellen 20 zu schützen und um den Fluidaustrittsstrom 24 durch die Lamellendichtung 10 zu beschränken, sind die vorgeschalteten und nachgeschalteten Kanten 21, 22 der Lamellen 20 von einer vorgeschalteten Seitenwange 30 bzw. einer nachgeschalteten Seitenwange 32 eines Gehäuses 28 geschützt.

[0005] In **Fig. 1** sind die Lamellen 20 freitragend, wobei ihre radial äußeren Enden in dem Außenteil des Gehäuses 28 eingespannt gehalten werden. Alternativ, aber mit größeren Herstellungskosten, können die äußeren Enden der Lamellen so gehalten werden, dass sie sich in einem begrenzten Ausmaß um ihre äußeren Enden drehen können; dies ist vorteilhafter, falls halbstarre Lamellen verwendet werden. Damit sich die freien Enden der Lamellen relativ zueinander bewegen können, sind die äußeren Enden der Lamellen in Taschen 34 einer Abstandshalterkomponente 40 des Gehäuses 28 voneinander beabstandet und dabei erstrecken sich ihre Längen von dem Gehäuse 28 derart zu der Welle 12, dass sich ihre freien Enden 35 bei der Wellenoberfläche befinden oder diese berühren. Die Lamellen 20 erstrecken sich von dem Gehäuse 28 in einer Richtung, die von der radialen Richtung der Welle 12 in der Rotationsrichtung der Welle versetzt ist, wobei die Rotationsrichtung durch den Pfeil 38 gezeigt ist. Auf diese Weise kann die inhärente Nachgiebigkeit oder Drehfähigkeit der Lamellen 20 verwendet werden, damit sich ihre freien Enden von der Welle 12 wegbiegen oder bewegen können, wenn kleine radiale Ausschläge der Welle bewirken, dass die Wellenoberfläche in einen störenden Kontakt mit den freien Enden der Lamellen kommt. Solche radiale Ausschläge der Welle werden als „Wellenwirbeln“ bezeichnet und können durch eine Rotorunwucht oder große Fluktuationen bei der Drehmomentbelastung verursacht werden.

[0006] Die vorgeschalteten und nachgeschalteten Seitenwangen 30, 32 des Gehäuses 28 sind ringförmig, wobei sie eine gleichförmige Dicke aufweisen und bezüglich der Welle 12 radial orientiert sind. Die vorgeschaltete Seitenwange 30 weist eine Innenfläche auf, die eine radiale Ebene belegt und benachbart und parallel zu den vorgeschalteten Kanten 21 der Lamellen 20 angeordnet ist. Die nachgeschaltete Seitenwange 32 weist eine Innenfläche auf, die eine radiale Ebene belegt und benachbart

und parallel zu den nachgeschalteten Kanten 22 der Lamellen 20 angeordnet ist. Die vorgeschalteten Kanten 21 sind von der Innenfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30 durch einen Spalt getrennt, wie auch die nachgeschalteten Kanten 22 und die Innenfläche der nachgeschalteten Seitenwange 32. Bei Betrieb biegen oder bewegen sich die Lamellen 20 in einer Richtung parallel zu der Innenfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30 und zur Innenfläche der nachgeschalteten Seitenwange 32. Deshalb bleiben der Spalt zwischen den vorgeschalteten Kanten 21 und der Innenfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30 und der Spalt zwischen den nachgeschalteten Kanten 22 und der Innenfläche der nachgeschalteten Seitenwange 32 während des Betriebs im Wesentlichen konstant.

[0007] Während sich die Rotoroberfläche an den Lamellen einer Lamellendichtung vorbeidreht, werden sie einer Reihe von Kräften unterworfen.

[0008] Zuerst sollen mechanische Kräfte berücksichtigt werden. Falls die Lamellen einer Lamellendichtung durch aerodynamische Kräfte oder durch Kontakt mit der Rotoroberfläche mechanisch gebogen werden, widerstehen sie diesem Biegen aufgrund ihrer inhärenten Nachgiebigkeit und stellen sich im Allgemeinen wieder zu ihrer Position der geringsten Biegebeanspruchung zurück.

[0009] Zweitens wird jede Lamelle einer Lamellendichtung durch aerodynamische Kräfte beeinflusst, die entweder zu einem „Blow-Down“-Effekt oder einem „Blow-Up“-Effekt führen. Das Blow-Down oder das Blow-Up ist die Tendenz der Lamellen, durch aerodynamische Kräfte, die durch die Rotation der sich drehenden Komponente und das Druckdifferential über der Dichtung hinweg erzeugt werden, gegen die Oberfläche der sich drehenden Komponente oder von dieser weg geblasen zu werden. Falls die aerodynamischen Kräfte einen Blow-Up-Effekt erzeugen, unterstützt er das Bereitstellen eines „Luftgleit“-Dichtungsbetriebsmodus, wobei eine dünne Grenzschicht aus Luft zwischen den freien Enden der Lamellen und der sich bewegenden Rotoroberfläche aufrechterhalten wird, so dass Kontakt oder übermäßiger Kontakt zwischen den Lamellen und der Rotoroberfläche auf ein Minimum reduziert wird. Ein übermäßiger Blow-Up-Effekt ist jedoch für die Dichtungseffizienz abträglich, weil er das Austreten durch den Spalt zwischen der Dichtung und der Rotoroberfläche vergrößert. Falls jedoch andererseits die aerodynamischen Kräfte einen übermäßigen Blow-Down-Effekt erzeugen, kann er den „Luftgleit“-Dichtungsbetriebsmodus unterbrechen. Unter einigen Umständen kann dennoch ein vergrößerter Blow-Down-Effekt für das Beibehalten der Dichtungseffizienz vorteilhaft sein.

[0010] Drittens gibt es eine Scherkraft, die in der Grenzschicht zwischen der Oberfläche der sich drehenden Komponente und den freien Enden der Lamellen der Lamellendichtung entsteht. Die Scherkraft übt einen Widerstand auf das freie Ende jeder Lamelle aus, wobei sie tangential zu dem Rotor in der Rotationsrichtung des Rotors wirkt. Die Größe der Widerstandskraft hängt von der relativen Geschwindigkeit zwischen den freien Enden der Lamellen und der Oberfläche der sich drehenden Komponente und von dem Fluidruck und der Viskosität an der Oberfläche des Rotors ab. Falls die Komponenten der tangentialen Widerstandskraft im rechten Winkel aufgelöst werden, bewegt oder biegt eine Komponente im Allgemeinen die Lamellen so, dass ihre freien Enden von der Rotoroberfläche abgehoben werden, was den obenerwähnten Luftgleiteffekt unterstützt, während die andere Komponente im Allgemeinen die Lamellen unter Spannung versetzt, wodurch sie im Allgemeinen begradigt werden. Unter der Annahme, dass die Lamellen in der Rotationsrichtung des Rotors geneigt sind, wie in **Fig. 1**, wird die Hubkomponente der Widerstandskraft nennenswert größer sein als die Zugkomponente, doch hat sich herausgestellt, dass die Hubkomponente durch die mechanischen und aerodynamischen Blow-Down-Kräfte überwunden werden kann, falls sich die Betriebsbedingungen der Lamellendichtung sehr weit außerhalb ihrer Designhüllenden bewegen, zum Beispiel aufgrund des Wellenwirbels. Falls die Summe der mechanischen Rückstellkräfte und der aerodynamischen Blow-Down-Kräfte größer wird als die Summe der Hub- und aerodynamischen Blow-Up-Kräfte, kann somit der Luftgleiteffekt überwunden werden und die freien Enden der Lamellen können die Rotoroberfläche kontaktieren. Ein übermäßiges Ausmaß eines derartigen Kontakts ist unerwünscht, da er zu einer verfrühten Abnutzung und zur Reibungsüberhitzung der Lamellen und/oder der kontaktierenden Oberfläche der rotierenden Komponente führen kann. Falls umgekehrt die Summe der Hub- und aerodynamischen Blow-Up-Kräfte größer wird als die Summe der mechanischen Rückstellkräfte und aerodynamischen Blow-Down-Kräfte, kann der Spalt zwischen den freien Enden der Lamellen und der Rotoroberfläche exzessiv werden, was die Dichteffizienz beeinträchtigt.

[0011] Angesichts des oben Gesagten besteht ein Bedarf an einer Lamellendichtung für eine rotierende Maschine, die eine gewisse zusätzliche Steuerung über die aerodynamischen Kräfte liefern kann, die während des Betriebs der rotierenden Maschine auf die Lamellen wirken, und insbesondere während des Wellenwirbels. Vorteilhafterweise sollte die Lamellendichtung während des Betriebs der Drehmaschine einen verbesserten Schutz vor exzessiven Blow-Down- und/oder Blow-Up-Kräften liefern.

Kurze Darstellung der Offenbarung

[0012] Folglich wird eine Lamellendichtung bereitgestellt zum Anordnen zwischen einem Gebiet mit höherem Druck und einem Gebiet mit niedrigerem Druck einer rotierenden Maschine, wobei die Lamellendichtung Folgendes umfasst:

ein ringförmiges Gehäuse mit einer vorgeschalteten Seitenwange und einer nachgeschalteten Seitenwange und

ein ringförmiges Array aus nachgiebigen Lamellen, welches zwischen der vorgeschalteten Seitenwange und der nachgeschalteten Seitenwange angeordnet ist, zum Ausbilden einer Dichtung zwischen einer statischen Struktur und einer sich drehenden Komponente der Maschine, wobei jede Lamelle Folgendes aufweist

- ein radial äußeres Ende, in dem Gehäuse gehalten,
- ein radial inneres freies Ende,
- eine vorgeschaltete Kante, welche einer inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange benachbart ist und
- eine nachgeschaltete Kante, welche einer inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange benachbart ist;
- wobei die vorgeschalteten Kanten der Lamellen und die benachbarte Seitenwange dazwischen einen vorgeschalteten Spalt definieren und die nachgeschalteten Kanten der Lamellen und die benachbarte Seitenwange dazwischen einen nachgeschalteten Spalt definieren;

wobei die innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange und die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass ein Scheitel des äquivalenten Kegels weiter zu dem Gebiet mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels; oder die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass ein Scheitel des äquivalenten Kegels weiter zu dem Gebiet mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels; die Lamellenkanten, welche der oder jeder inneren Seitenwangenoberfläche benachbart sind, einen jeweiligen, ähnlich orientierten und abgewinkelten Kegelstumpf definieren. Wenn nur eine der inneren Oberflächen der Seitenwangen kegelstumpfförmig ist, liegen die innere Oberfläche der anderen Seitenwange und die dazu benachbarten Lamellenkanten jeweils in radialen Ebenen relativ zu dem Rotor.

[0013] In der obigen Feststellung beschreibt der Ausdruck „äquivalenter Kegel“ die kegelstumpfförmige Oberfläche als theoretisch verlängert, um einen vollständigen Kegel zu bilden, und der Ausdruck „radial“ definiert radiale Richtungen relativ zu der Rotationsmitte des Rotors.

[0014] Weil die kegelstumpfförmige innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange und/oder der nachgeschalteten Seitenwange und die benachbarten Lamellenkanten relativ zur radialen Richtung auf die oben spezifizierte Weise abgewinkelt sind, variieren der vorgeschaltete Spalt und/oder der nachgeschaltete Spalt auf die bevorzugte Weise, während sich das freie Ende der Lamelle nach außen oder innen bewegt. Das heißt, wenn sich das freie Ende einer Lamelle in einem radialen Sinn bewegt, ändert sich der vorgeschaltete Spalt und/oder der nachgeschaltete Spalt, wodurch sich bei Gebrauch der Dichtung die aerodynamischen Kräfte auf die Lamelle ändern.

[0015] Bei der Lamellendichtung nach dem Stand der Technik von **Fig. 1** ist der vorgeschaltete Spalt im Wesentlichen gleich dem nachgeschalteten Spalt, und während einer Bewegung des Rotors nach innen oder außen bleiben beide Spalte im Wesentlichen konstant. Folglich beeinflussen sie die auf die Lamelle wirkenden aerodynamischen Kräfte nicht substantiell. Im Gegensatz dazu wird nun eine Konstruktion vorgeschlagen, bei der radiale Bewegungen des Rotors bewirken, dass der vorgeschaltete Spalt und/oder der nachgeschaltete Spalt variieren, was wiederum die auf die Lamellen wirkenden aerodynamischen Kräfte variiert. Dies ist besonders vorteilhaft, da es gestattet, eine gewisse automatische Steuerung des Blow-Up- und Blow-Down-Effekts in die Lamellendichtung zu integrieren. Ein Ziel eines derartigen Designs besteht darin, den Luftgleiteffekt aufrechtzuerhalten, während ein exzessiver Spalt zwischen den freien Enden der Lamellen und der Rotoroberfläche vermieden wird.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Lamellen und die Seitenwangen so konfiguriert, dass bei Bewegung des freien Endes einer Lamelle in der radialen Richtung nach auswärts der vorgeschaltete Spalt abnimmt und der nachgeschaltete Spalt zunimmt. Allgemein verschiebt ein Abnehmen der Größe des vorgeschalteten Spalts relativ zu der Größe des nachgeschalteten Spalts die aerodynamischen Kräfte in Richtung auf ein Blow-Up, wodurch eine Rückstellung oder Aufrechterhaltung des Luftgleiteffekts unterstützt wird.

[0017] Die gleiche bevorzugte Konfiguration der Lamellen und der Seitenwangen bewirkt, dass die Dichtung derart arbeitet, dass bei Bewegung des freien Endes einer Lamelle in der radialen Richtung nach innen der vorgeschaltete Spalt zunimmt und

der nachgeschaltete abnimmt. Allgemein wird das Vergrößern der Größe des vorgeschalteten Spalts relativ zu der Größe des nachgeschalteten Spalts die auf die Lamelle wirkenden aerodynamischen Kräfte in Richtung auf ein Blow-Down verschieben, wodurch das Minimieren eines Austretens durch die Dichtung unterstützt wird.

[0018] Bei einer bevorzugten Konfiguration der Seitenwangen und der Lamellen der Lamellendichtung sind sowohl die innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange als auch die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange kegelstumpfförmig; folglich definieren auch die vorgeschalteten und nachgeschalteten Kanten der Lamellen jeweilige Kegelstümpfe. Bei einer ganz besonders bevorzugten Konfiguration sind die inneren Seitenwangenoberflächen und die benachbarten Kanten der Lamellen zueinander im gleichen Ausmaß kegelstumpfförmig, so dass im montierten Zustand oder in ihrem Ruhezustand die Kanten der Lamellen parallel zu ihren benachbarten Seitenwangenoberflächen liegen. Es kann jedoch möglich sein, die gewünschte Modifikation des Blow-Up- und Blow-Down-Effekts mindestens teilweise dadurch zu erhalten, dass die Seitenwangen so konfiguriert werden, dass nur eine der inneren Oberflächen der vorgeschalteten Seitenwange und der inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange im Wesentlichen kegelstumpfförmig ist, wobei die Kanten der Lamellen bei der einen inneren Oberfläche ebenfalls in dem gleichen Sinne, wenn nicht notwendigerweise in dem gleichen Ausmaß, im Wesentlichen kegelstumpfförmig sind.

[0019] Wenn die Lamellen der oben beschriebenen Lamellendichtung im montierten Zustand oder in ihrer Ruheposition sind, wird bevorzugt, dass die vorgeschalteten Kanten der Lamellen parallel zu der inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange verlaufen und/oder die nachgeschalteten Kanten der Lamellen parallel zu der Innenoberfläche der nachgeschalteten Seitenwange verlaufen. Falls die innere Oberfläche einer Seitenwange kegelstumpfförmig ist und die benachbarte Kante einer Lamelle parallel zu jener Oberfläche verläuft, wenn sich die Lamelle in ihrer Ruheposition befindet, ändert sich auf diese Weise die Größe des Spalts zwischen jener Kante und der inneren Oberfläche der Seitenwange auf regelmäßige und vorhersagbare Weise, wenn die Lamelle von ihrer Ruheposition wegbewegt wird.

[0020] Bevorzugt sind die Lamellen der obigen Lamellendichtung im Wesentlichen planar, wenn auf die Lamellen keine externen Kräfte wirken und sie sich in ihrer Ruheposition befinden. In diesem Fall wird jede Lamelle im Wesentlichen parallelogrammförmig sein, wobei ihre vorgeschaltete Kante parallel zu ihrer nachgeschalteten Kante verläuft; und ihr

radial äußeres Ende kann ebenfalls parallel zu ihrem freien Ende verlaufen. Es ist jedoch absolut nicht erforderlich, dass die äußeren Enden der Lamellen parallel zu ihren freien Enden ausgebildet sind. Beispielsweise kann die Gestalt der äußeren Enden dadurch diktiert werden, wie sie in dem Gehäuse gehalten werden. Planare Lamellen werden bevorzugt, da sie leichter auszubilden und anzubringen sind. Es versteht sich jedoch, dass Lamellendichtungen gemäß der vorliegenden Offenbarung auch mit Lamellen ausgebildet werden können, die in ihrer Ruheposition im Wesentlichen nicht planar sind. Beispielsweise können die Lamellen in einer radialen Richtung gekrümmt sein.

[0021] Außerdem wird bevorzugt, dass sich jede Lamelle von dem Gehäuse in einer Richtung erstreckt, die von der radialen Richtung der sich drehenden Komponente in einer Rotationsrichtung der sich drehenden Komponente versetzt ist, wie bei Lamellendichtungen gemäß dem Stand der Technik.

[0022] Solche Lamellendichtungen können mit irgendeiner anderen rotierenden Maschine verwendet werden oder einen Teil dieser umfassen. Beispielsweise kann ein Axialverdichter oder eine Gas- oder Dampfturbine eine Lamellendichtung wie hierin beansprucht enthalten.

[0023] Weitere Aspekte und Vorteile von Lamellendichtungen wie oben zusammengefasst ergeben sich dem Fachmann aus den in **Fig. 2** bis **Fig. 5** dargestellten und unten beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Einige Ausführungsformen der oben zusammengefassten Konzepte werden nun lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines Abschnitts einer Lamellendichtung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer bevorzugten Ausführungsform einer Lamellendichtung im montierten Zustand oder in Ruheposition;

Fig. 3 und **Fig. 4** Querschnittsansichten der Lamellendichtung von 2, wenn die Lamellendichtung in Betrieb ist und ein Wellenwirbeln erfährt; und

Fig. 5 eine Ansicht wie 2, die aber eine weitere Ausführungsform einer Lamellendichtung in ihrer

Ruheposition darstellt.

Ausführliche Beschreibung

[0025] Fig. 2 ist ein Querschnitt durch eine Lamellendichtung 10A gemäß einem bevorzugten Design der Lamellendichtung. Außer den unten beschriebenen Merkmalen ist die Lamellendichtung 10A von 2 im Wesentlichen wie in Fig. 1 dargestellt und zuvor beschrieben ausgelegt. Um den Vergleich zu erleichtern, sind die Merkmale der Lamellendichtung 10A von 2 meist mit den gleichen Bezugswahlen wie jene der Lamellendichtung 10 in Fig. 1 bezeichnet. 2 zeigt die Lamellendichtung 10A mit einer repräsentativen Lamelle 20 in ihrer Ruheposition.

[0026] Die Lamellendichtung 10A wird um eine Welle 12 herum zwischen einem Gebiet 14 mit höherem Druck und einem Gebiet 16 mit niedrigerem Druck installiert. Es gibt einen Fluidaustrittsfluss 24 durch einen Ring der Lamellendichtung 10 von der vorgeschalteten Seite 14 (relativ hoher Druck) der Dichtung zu der nachgeschalteten Seite 16 (relativ niedriger Druck).

[0027] Die Lamellendichtung 10A umfasst ein Gehäuse mit einer vorgeschalteten Seitenwange 30 und einer nachgeschalteten Seitenwange 32. Die vorgeschaltete Seitenwange 30 und die nachgeschaltete Seitenwange 32 sind Kegelstümpfe, d. h. sie sind von im Wesentlichen kegelstumpfförmiger Gestalt, wobei ihre kegelstumpfförmigen inneren und äußeren Oberflächen relativ zu der radialen Richtung unter einem Winkel θ (Theta) abgewinkelt sind, so dass der theoretische Scheitel des Kegels weiter zu dem Gebiet 14 mit höherem Druck liegt als die Basis des Kegels.

[0028] Wenngleich nichtplanare Konfigurationen möglich sind, ist die Lamelle 20 bei der vorliegenden Ausführungsform planar und parallelogrammförmig, wobei ihre vorgeschaltete Kante 21 parallel zu ihrer nachgeschalteten Kante 22 verläuft und ihr nichtgezeigttes radial äußeres Ende parallel zu ihrem radial inneren freien Ende 35 verläuft. Es sollte jedoch hier angemerkt werden, dass das äußere Ende der Lamelle innerhalb des Gehäuses mechanisch festgehalten wird, weshalb es in Abhängigkeit von dem Verfahren zum Fixieren und dem Herstellungsprozess nicht tatsächlich erforderlich ist, dass das äußere Ende der Lamelle parallel zu ihrem inneren Ende verläuft.

[0029] Man beachte auch, dass die vorgeschalteten und nachgeschalteten Kanten 21 und 22 der Lamelle den gleichen Kegelwinkel θ wie die Seitenwangen 30 und 32 des Gehäuses aufweisen. Deshalb befindet sich die vorgeschaltete Kante 21 der Lamelle benachbart und parallel zu einer inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30, und ihre nach-

geschaltete Kante 22 befindet sich benachbart und parallel zu einer inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange 32. Alternativ könnten, falls zur Feinabstimmung des Designs erforderlich, die Kegelwinkel der Lamellenkanten und die benachbarten inneren Seitenwangenoberflächen um bis zu ein oder zwei - oder vielleicht mehrere - Grade differieren, das heißt, sie wären im gleichen Sinne kegelstumpfförmig, aber nicht genau im gleichen Ausmaß.

[0030] In dem besonderen Fall von Fig. 2 ist der vorgeschaltete Spalt 34 zwischen der vorgeschalteten Kante 21 der Lamelle und der inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30 gleich dem nachgeschalteten Spalt 36 zwischen der nachgeschalteten Kante 22 der Lamelle und der inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange 32. Dennoch ist zu verstehen, dass die relativen Abmessungen der vorgeschalteten und nachgeschalteten Spalte 34, 36 von dem Designer zur Feinabstimmung des Designs variiert werden können.

[0031] Wenngleich in Fig. 2 nur eine einzelne Lamelle 20 gezeigt werden kann, versteht sich, dass jede Lamelle der Lamellendichtung im Wesentlichen identisch ist und jede der Lamellen relativ zu der vorgeschalteten Seitenwange 30 und der nachgeschalteten Seitenwange 32 auf die gleiche Weise angeordnet ist. Die Lamellen 20 erstrecken sich von dem Gehäuse der Lamellendichtung 10A in einer Richtung, die von der radialen Richtung der Welle 12 in der Rotationsrichtung der Welle auf die gleiche Weise versetzt ist wie bei der in Fig. 1 dargestellten Lamellendichtung nach dem Stand der Technik.

[0032] Wie in Fig. 3 dargestellt, wenn die Welle 12 während eines Wellenwirbelns radial nach außen versetzt wird (großer Pfeil), bewegen sich die freien Enden der Lamellen nach außen, wodurch der Kegelwinkel reduziert wird, so dass der vorgeschaltete Spalt 34 abnimmt und der nachgeschaltete Spalt 36 zunimmt. Das Verengen des vorgeschalteten Spalts 34 vergrößert die aerodynamischen Blow-Up-Kräfte, während zur gleichen Zeit ein Verbreitern des nachgeschalteten Spalts 36 die aerodynamischen Blow-Down-Kräfte reduziert. Somit werden die aerodynamischen Gesamtkräfte zum Blow-Up verschoben, wodurch das Aufrechterhalten oder das Wiederherstellen eines Gesamtlufteffekts zwischen den Lamellen 20 und der Welle 12 unterstützt wird.

[0033] Fig. 4 veranschaulicht, was geschieht, wenn die Welle während des Wellenwirbelns radial weg von den Lamellen 20 verschoben wird (großer Pfeil). Während sich die Rotoroberfläche von den Lamellen zurückzieht, bewegen sich die freien Enden der Lamellen nach innen, wodurch der Kegelwinkel vergrößert wird, so dass der vorgeschaltete Spalt 34 zunimmt und der nachgeschaltete Spalt 36

abnimmt. Eine Verbreiterung des vorgeschalteten Spalts 34 reduziert die aerodynamischen Blow-Up-Kräfte, während gleichzeitig eine Verengung des nachgeschalteten Spalts 36 die aerodynamischen Blow-Down-Kräfte vergrößert. Somit werden die aerodynamischen Gesamtkräfte in Richtung auf ein Blow-Down verschoben, was das Aufrechterhalten der Integrität der Dichtung 10A unterstützt, indem zwischen den Lamellen 20 und der Welle 12 ein relativ schmaler Spalt aufrechterhalten wird.

[0034] Es wurde oben gezeigt, wie Variationen bei den stromaufwärtigen und stromabwärtigen Spalten 34, 36, wenn die Lamellen 20 während des Wellenwirbelns bewegt werden, die auf die Lamellen 20 wirkenden aerodynamischen Kräfte beeinflussen. Der Fachmann versteht, dass dieser Effekt für einen besonderen Designfall abgestimmt werden kann, indem die vorgeschalteten und nachgeschalteten Spalte und die Kegelwinkel der vorgeschalteten Seitenwange 32, der nachgeschalteten Seitenwange 34 und die vorgeschalteten und nachgeschalteten Kanten 21, 22 der Lamellen 20 variiert werden, um die Änderungen bei der mechanischen Kraft, der Scherkraft und der aerodynamischen Kraft, die während des Betriebs einer sich drehenden Maschine auf die Lamellen wirken, auszugleichen und dadurch sowohl den Luftgleiteffekt als auch die Effizienz der Dichtung 10A aufrechtzuerhalten.

[0035] Fig. 5 zeigt, wie es möglich sein kann, die gewünschte Modifikation der Blow-Up- und Blow-Down-Effekte mindestens teilweise zu erhalten, indem die Seitenwangen einer Lamellendichtung 10B so konfiguriert werden, dass nur eine der Seitenwangen kegelstumpfförmig ist. In dem gezeigten besonderen Fall ist die vorgeschaltete Seitenwange 30 kegelstumpfförmig, doch die nachgeschaltete Seitenwange 32 ist ganz radial im rechten Winkel zum Umfang des Rotors 12 orientiert. Bei dieser Ausführungsform besitzen die vorgeschalteten Kanten 21 der Lamellen den gleichen Kegelwinkel θ (Theta) wie die benachbarte innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange 30. Alternativ könnten, falls zur Feinabstimmung des Designs erforderlich, die Kegelwinkel der Lamellenkanten 21 und die benachbarte innere Seitenwangenoberfläche um bis zu ein oder zwei - oder vielleicht mehrere - Grade differieren, das heißt, sie wären im gleichen Sinne kegelstumpfförmig, aber nicht genau im gleichen Ausmaß.

[0036] Falls in Fig. 5 die Welle 12 während des Wellenwirbelns radial nach außen verschoben wird, bewegen sich die freien Enden 35 der Lamellen nach außen, wodurch der Kegelwinkel θ reduziert wird, so dass der vorgeschaltete Spalt 34 abnimmt, wodurch die aerodynamischen Blow-Up-Kräfte zunehmen. Der nachgeschaltete Spalt 36 bleibt jedoch im Wesentlichen der Gleiche, so dass im Gegensatz zu der Ausführungsform von 2 die aero-

dynamischen Blow-Down-Kräfte nicht wesentlich reduziert werden. Somit werden die aerodynamischen Gesamtkräfte nicht so stark in Richtung auf ein Blow-Up verschoben wie für 2.

[0037] Falls andererseits sich die Rotoroberfläche von den Lamellen zurückzieht, bewegen sich die freien Enden der Lamellen nach innen, wodurch der Kegelwinkel θ vergrößert wird, so dass der vorgeschaltete Spalt 34 zunimmt, während der nachgeschaltete Spalt 36 im Wesentlichen der Gleiche bleibt. Das Verbreitern des vorgeschalteten Spalts 34 reduziert die aerodynamischen Blow-Up-Kräfte, aber die aerodynamischen Blow-Down-Kräfte werden nicht wesentlich vergrößert. Somit werden die aerodynamischen Gesamtkräfte für die Lamellendichtung 10B nicht so stark in Richtung auf ein Blow-Down verschoben wie für die Lamellendichtung 10A in Fig. 2.

[0038] Der Fachmann versteht ohne weiteres aus einer Lektüre von Fig. 5, dass eine alternative Anordnung realisiert werden kann, indem die nachgeschaltete Seitenwange 32 kegelstumpfförmig gemacht wird und die vorgeschaltete Seitenwange 32 radial orientiert wird. Die obigen Kommentare hinsichtlich Blow-Up- und Blow-Down-Kräfte können entsprechend auf diese alternative Anordnung angewendet werden.

[0039] Die obige Beschreibung ist lediglich beispielhaft, und innerhalb des Schutzbereichs der beigefügten Ansprüche, der durch die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele nicht beschränkt sein sollte, können Modifikationen vorgenommen werden. Jedes in der Spezifikation, einschließlich den Ansprüchen und Zeichnungen, offenbarte Merkmal kann durch alternative Merkmale ersetzt werden, die den gleichen, gleichwertigen oder ähnlichen Zwecken dienen, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist.

[0040] Sofern nicht der Kontext eindeutig etwas anderes erfordert, sind in der Beschreibung und den Ansprüchen die Wörter „umfassen“, „umfassend“ und dergleichen in einem einschließenden im Gegensatz zu einem ausschließenden oder erschöpfenden Sinne auszulegen; das heißt, in dem Sinne von „einschließend, aber nicht darauf beschränkt“.

Patentansprüche

1. Lamellendichtung (10A) zum Anordnen zwischen einem Gebiet (14) mit höherem Druck und einem Gebiet (16) mit niedrigerem Druck einer rotierenden Maschine, wobei die Lamellendichtung Folgendes umfasst:
ein ringförmiges Gehäuse (28) mit einer vorgeschalteten Seitenwange (30) und einer nachgeschalteten

Seitenwange (32) und ein ringförmiges Array aus nachgiebigen Lamellen (20), welches zwischen der vorgeschalteten Seitenwange (30) und der nachgeschalteten Seitenwange (32) angeordnet ist, zum Ausbilden einer Dichtung zwischen einer statischen Struktur und einer sich drehenden Komponente (12) der Maschine, wobei jede Lamelle (20) Folgendes aufweist

- ein in dem Gehäuse (28) gehaltenes radial äußeres Ende,
- ein radial inneres freies Ende (35),
- eine vorgeschaltete Kante (21), welche einer inneren Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange (30) benachbart ist und
- eine nachgeschaltete Kante (22), welche einer inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) benachbart ist,
- wobei die vorgeschalteten Kanten (21) der Lamellen (20) und die vorgeschaltete Seitenwange (30) dazwischen einen vorgeschalteten Spalt (34) definieren und die nachgeschalteten Kanten (22) der Lamellen (20) und die nachgeschalteten Seitenwange (32) dazwischen einen nachgeschalteten Spalt (36) definieren; **dadurch gekennzeichnet**, dass die innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange (30) und die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass eine Spitze des Kegels weiter zu dem Gebiet (14) mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels, oder die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig ist und relativ zur radialen Richtung abgewinkelt ist, so dass eine Spitze des Kegels weiter zu dem Gebiet (14) mit höherem Druck der rotierenden Maschine liegt als die Basis des Kegels, dass die Lamellenkanten (21, 22), welche der oder jeder inneren Seitenwangenoberfläche benachbart sind, einen jeweiligen, ähnlich orientierten und abgewinkelten Kegelstumpf definieren.

2. Lamellendichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass nur eine der inneren Oberflächen der Seitenwangen (30, 32) kegelstumpfförmig ist, die innere Oberfläche der anderen Seitenwange (30 bzw. 32) und die benachbarten Lamellenkanten (21 bzw. 22) in einer radialen Ebene relativ zu dem Rotor (12) liegen.

3. Lamellendichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Lamellen (20) und die Seitenwangen (30, 32) derart konfiguriert sind, dass bei Bewegung des freien Endes (35) einer Lamelle (20) in der radialen Richtung nach außen der vorgeschaltete Spalt (34) abnimmt und/oder der nachgeschaltete Spalt (26) zunimmt, wodurch jeweils die auf die Lamellen wirkenden aerodynamischen Blow-Up-

und/oder die aerodynamischen Blow-Down-Kräfte zunehmen bzw. abnehmen.

4. Lamellendichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lamellen (20) und die Seitenwangen (30, 32) derart konfiguriert sind, dass bei Bewegung des freien Endes (35) einer Lamelle in der radialen Richtung nach innen der vorgeschaltete Spalt (34) zunimmt und/oder der nachgeschaltete Spalt (36) abnimmt, wodurch jeweils die auf die Lamellen wirkenden aerodynamischen Blow-Up- und/oder die aerodynamischen Blow-Down-Kräfte abnehmen bzw. zunehmen.

5. Lamellendichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sowohl die innere Oberfläche der vorgeschalteten Seitenwange (30) als auch die innere Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig sind.

6. Lamellendichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei nur eine der inneren Oberflächen der vorgeschalteten Seitenwange (30) und der inneren Oberfläche der nachgeschalteten Seitenwange (32) kegelstumpfförmig ist.

7. Lamellendichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im montierten Zustand bzw. im Ruhezustand die Kanten (21, 22) der Lamellen (20) parallel zu ihren benachbarten Seitenwangenoberflächen liegen.

8. Lamellendichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Seitenwange eine äußere Oberfläche aufweist, die sich parallel zu ihrer inneren Oberfläche erstreckt.

9. Axialverdichter, **dadurch gekennzeichnet**, dass er eine Lamellendichtung nach einem vorhergehenden Anspruch enthält.

10. Turbine, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Lamellendichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 enthält.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

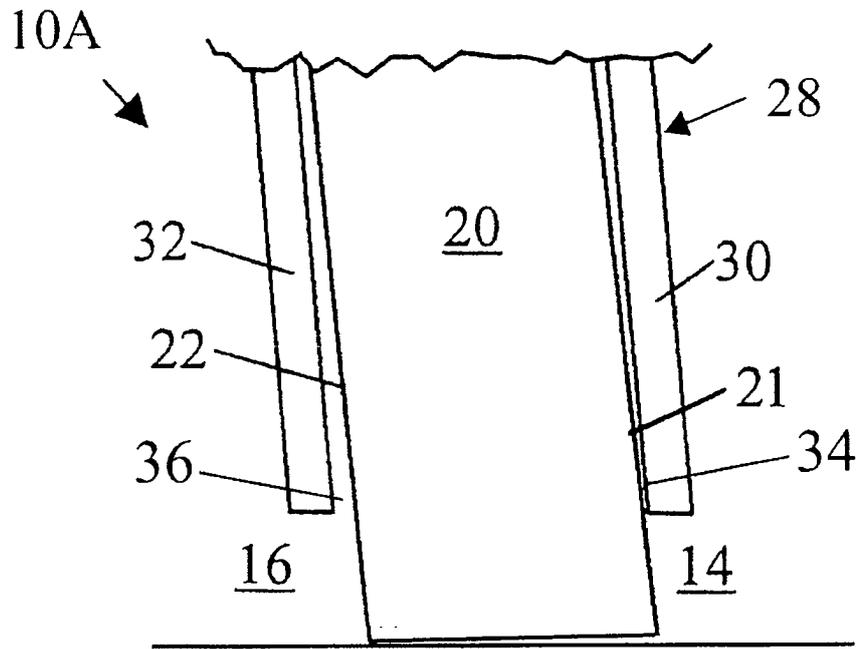


FIGURE 3

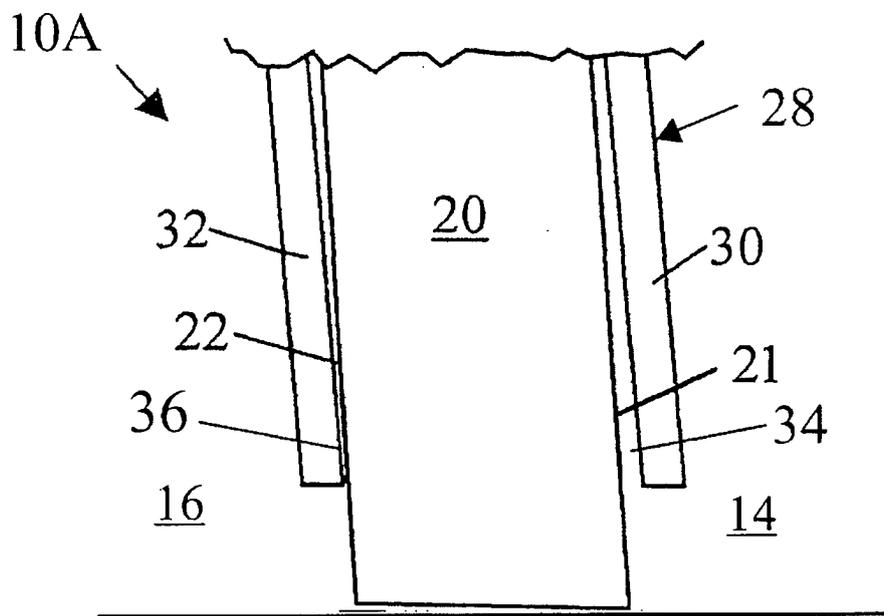
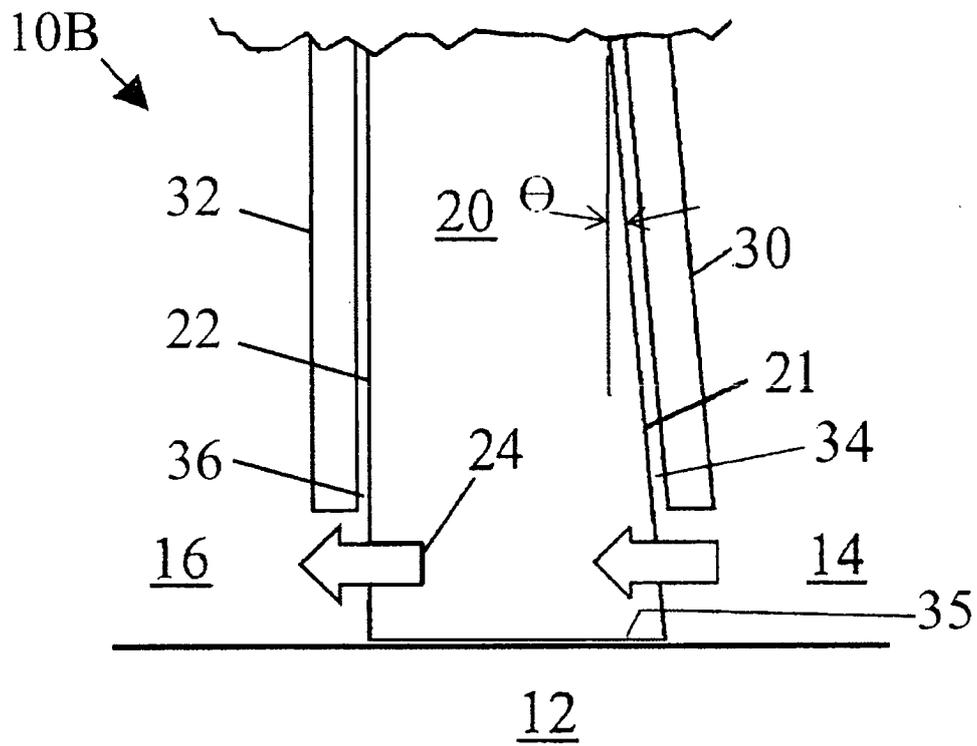


FIGURE 4



FIGUR 5