

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5848372号  
(P5848372)

(45) 発行日 平成28年1月27日(2016.1.27)

(24) 登録日 平成27年12月4日(2015.12.4)

(51) Int.Cl.

F 1

F 16 J 15/22 (2006.01)  
F 01 D 11/02 (2006.01)F 16 J 15/22  
F 01 D 11/02

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-13442 (P2014-13442)  
 (22) 出願日 平成26年1月28日 (2014.1.28)  
 (65) 公開番号 特開2015-140844 (P2015-140844A)  
 (43) 公開日 平成27年8月3日 (2015.8.3)  
 審査請求日 平成27年6月29日 (2015.6.29)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 100134544  
 弁理士 森 隆一郎  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100108578  
 弁理士 高橋 詔男  
 (74) 代理人 100126893  
 弁理士 山崎 哲男  
 (74) 代理人 100149548  
 弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸シール装置及び回転機械

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

軸線回りに回転するロータの外周面に対向して配置されるハウジングと、  
 前記ハウジングから前記ロータ径方向内側に向かって延びて前記ロータ周方向に複数の薄板が積層されたシール体からなる軸シール装置において、  
 前記薄板が前記ロータ回転方向前後方向の他の薄板と面接触して前記径方向内側の端部を含む領域から形成される接触部と、該接触部の径方向外側の領域から形成されて前記他の薄板に非接触となる非接触部と、前記シール体と前記ハウジングとの間に設けられて、前記シール体を前記径方向外側に付勢する付勢部材と、を有し、

前記ロータの停止時において、前記複数の薄板は、前記ロータの回転方向後方側から前方側に向かうにしたがって、該ロータの前記外周面となす角度が次第に大きくなるように配列されることで、前記ロータの周方向から互いに押し付けられて回転方向前後方向の他の薄板と面接触するとともに、前記付勢部材は、前記薄板が前記ロータに接触しない状態に前記シール体を付勢する

軸シール装置。

## 【請求項 2】

該薄板を間に挟み低圧側及び高圧側にそれぞれ低圧側側板及び高圧側側板が設けられ、前記低圧側側板からの薄板の露出が高圧側より大きい請求項1に記載の軸シール装置。

## 【請求項 3】

請求項1又は2に記載の軸シール装置を備える回転機械。

10

20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、軸シール装置及び回転機械に関する。

**【背景技術】****【0002】**

一般的に、ガスタービンや蒸気タービン等の回転機械において、静止側と回転側との間にできる環状の隙間を通過して高圧側から低圧側に向かって作動流体が漏洩してしまうことを防止するために、軸シール装置が用いられている。このような軸シール装置の一つとして、非接触型のラビリンスシールが幅広く用いられてきたが、回転過渡期（始動、停止時）の軸振動や熱過渡的な熱変形時であってもシールフィンの先端が接触しないように構成する必要があった。そのため、シールフィン先端の隙間（シールクリアランス）をある程度大きくする必要があった。その一方で、シールクリアランスが大き過ぎれば、作動流体の漏洩が生じてしまう。

**【0003】**

このような作動流体の漏洩を低減する技術として、例えば特許文献1に記載の軸シール装置が知られている。この軸シール装置は、ロータの軸方向に所定の幅寸法を有する平板状の薄板をロータの周方向に沿って多層に配置したシール体を備えている。

**【0004】**

このシール装置では、ロータの停止時には、薄板の内周側端部がロータに接触する。一方、ロータの回転時には、動圧効果によって薄板に浮上効果が作用し、薄板の内周側端部がロータから浮上する。これにより、ロータの回転時には、薄板とロータとが最低限のクリアランスを保持しながら非接触状態となる。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開2013-104562号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかしながら、特許文献1に記載の軸シール装置にあっては、隣接する複数の薄板同士の間に隙間が形成されているために、ロータの運転時に、薄板の内周側端部がフラッターを起こすことがある。

**【0007】**

この発明は、このような事情を考慮してなされたものであり、フラッターを抑制できる回転機械を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

本発明の第一の態様は、軸線回りに回転するロータの外周面に対向して配置されるハウジングと、前記ハウジングから前記ロータ径方向内側に向かって延びて前記ロータ周方向に複数の薄板が積層されたシール体からなる軸シール装置において、前記薄板が前記ロータ回転方向前後方向の他の薄板と面接触して前記径方向内側の端部を含む領域から形成される接触部と、該接触部の径方向外側の領域から形成されて前記他の薄板に非接触となる非接触部と、前記シール体と前記ハウジングとの間に設けられて、前記シール体を前記径方向外側に付勢する付勢部材と、を有し、前記ロータの停止時において、前記複数の薄板は、前記ロータの回転方向後方側から前方側に向かうにしたがって、該ロータの前記外周面となす角度が次第に大きくなるように配列されることで、前記ロータの周方向から互いに押し付けられて回転方向前後方向の他の薄板と面接触するとともに、前記付勢部材は、前記薄板が前記ロータに接触しない状態に前記シール体を付勢する。

**【0009】**

10

20

30

40

50

上記構成によれば、ロータの運転状態において、互いに隣接する薄板の先端部同士が面接觸していることでこれら薄板の動きが拘束される。

さらに、上記構成によれば、ロータが運転状態にある時に、付勢部材による力と薄板に作用する浮上力が均衡するため、安定的にシール効果を得ることができる。

【0010】

上記軸シール装置において、薄板を間に挟み低圧側及び高圧側にそれぞれ低圧側側板及び高圧側側板が設けられ、前記低圧側側板からの薄板の露出が高圧側より大きい構成としてもよい。

【0011】

上記構成によれば、軸シール装置の高圧側における露出を、低圧側に比して小さくすることができる。 10

【0013】

上記構成によれば、互いに隣り合う複数の薄板同士が面接觸しているため、ロータの始動又は停止時等、回転数が低い状態であっても、高いシール効果を得ることができる。

【0016】

さらに、本発明の一態様に係る回転機械は、上記いずれかの構成の軸シール装置を備えることを特徴とする。

【0017】

上記構成によれば、高いシール効果を有するとともに、長い耐用年数を有する回転機械を得ることができる。 20

【発明の効果】

【0018】

本発明の軸シール装置及び回転機械によれば、ロータの運転状態において、フラッターの発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の各実施形態に係るガスタービン（回転機械）の概略構成図である。

【図2】本発明の第一実施形態に係るシール体を回転機械の軸方向から見た概略構成図である。

【図3】本発明の第一実施形態に係るシール体の周方向断面図である。 30

【図4】本発明の第一実施形態に係るシール体の要部拡大図である。

【図5】本発明の第一実施形態に係るシール体における圧力分布を示す図である。

【図6】本発明の第二実施形態に係るシール体の周方向断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

（第一実施形態）

以下、本発明の第一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、本実施形態においては、シール体10をガスタービン（回転機械）1に適用した例を示す。図1は本実施形態に係るガスタービン1の概略構成図である。

【0021】 40

図1に示すガスタービン1は、多量の空気を内部に取り入れて圧縮する圧縮機2と、圧縮機2にて圧縮された空気に燃料を混合して燃焼させる燃焼器3と、燃焼器3で発生させた燃焼ガスがその内部に導入されるとともに燃焼ガスの熱エネルギーを回転エネルギーに変換して回動するタービン4と、該タービン4の回動する動力の一部を圧縮機2に伝達して圧縮機2を回動させるロータ5とを有している。

【0022】

上述のような構成のガスタービン1において、タービン4は、ロータ5に設けられた動翼7に燃焼ガスを吹き付けることで燃焼ガスの熱エネルギーを機械的な回転エネルギーに変換して動力を発生する。タービン4には、ロータ5側の複数の動翼7の他に、タービン4のケーシング8側に複数の静翼6が設けられるとともに、これら動翼7と静翼6とが、 50

ロータ5の軸方向に交互に配列されている。

動翼7はロータ5の軸方向に流れる燃焼ガスの圧力を受けて軸線回りにロータ5を回転させ、ロータ5に与えられた回転エネルギーは軸端から取り出されて利用される。静翼6とロータ5との間には、高圧側から低圧側に漏れる燃焼ガスの漏れ量を低減するための軸シールとして、シール体10が設けられている。

【0023】

圧縮機2はロータ5にてタービン4と同軸で接続されており、タービン4の回転を利用して外気を圧縮して圧縮空気を燃焼器3に供給する。タービン4と同様に、圧縮機2においてもロータ5に複数の動翼7と、圧縮機2のケーシング8側に複数の静翼6が設けられており、動翼7と静翼6とがロータ5の軸方向に交互に配列されている。さらに、静翼6とロータ5との間においても、高圧側から低圧側に漏れる圧縮空気の漏れ量を低減するためのシール体10が設けられている。加えて、圧縮機2のケーシング8がロータ5を支持する軸受け部9a、及びタービン4のケーシング8がロータ5を支持する軸受け部8aにおいても、高圧側から低圧側に圧縮空気又は燃焼ガスが漏れるのを防止するシール体10が設けられている。

【0024】

ここで、本実施形態に係るシール体10は、ガスタービン1への適用に限定されるものではない。例えば蒸気タービン、圧縮機、水車、冷凍機、ポンプ等の大型流体機械のように、軸の回転と流体の流動によりエネルギーを仕事に変換する回転機械全般に広く採用することができる。さらに、シール体10は、ロータ5の軸方向の流体の流動を抑えるために用いることも可能である。

【0025】

次に、上述のように構成されるガスタービン1に設けられるシール体10の構成について、図面を参照して説明する。図2は、ロータ5の軸方向から見たシール体10の概略構成図である。このシール体10は、円弧状に延びる複数（本実施形態では8つ）の軸シール装置11が、上記ガスタービン1のロータ5における周方向に沿って環状に配置されている。このように配置された隣り合う軸シール装置11の周方向端部12, 12間には、隙間tが形成される。

【0026】

各軸シール装置11の構成について、図3を参照して説明する。図3はロータ5の軸線を含む断面における軸シール装置11の断面構成図である。各軸シール装置11は、ハウジング（静翼6、動翼7及び軸受け部8a, 9aに相当）30に挿入されて、ロータ5とハウジング30との間の環状空間における作動流体の漏れを防ぐために設置される。

【0027】

軸シール装置11は、複数の薄板20と、保持リング21, 22と、高圧側側板23と、低圧側側板24とから構成されている。薄板20は、ロータ5の周方向に沿って互いに微小間隔を空けて多重に配列された、金属製の部材である。保持リング21, 22は、薄板20の外周側基端27において薄板20を両側から挟持するように構成されている。保持リング21, 22の周方向における断面は略C字型に形成されている。高圧側側板23は、薄板20の高圧側領域に対向する一方の縁端と保持リング21とによって挟持されている。さらに、低圧側側板24は、薄板20の低圧側領域に対向する他方の縁端と保持リング22とによって挟持されている。

【0028】

上述のように構成されたシール体10において、薄板20は外周側基端27の幅（ロータ5の軸方向の幅）に比べて内周側の幅（ロータ5の軸方向の幅）が狭くなる略T字型の薄い鋼板によって構成されている。その両方の側縁には、その幅が狭くなる位置において切り欠き部20a, 20bが形成されている。

薄板20は、ロータ5の周方向（回転方向d）に沿って複数積層されて配置されている。さらに、隣接する複数の薄板20は、外周側基端27において、例えば溶接によって互いに固定連結されている。

10

20

30

40

50

## 【0029】

薄板20は、ロータ5の周方向において、板厚に基づく所定の剛性を有している。さらに、薄板20とロータ5の回転方向に対してロータ5の周面となす角が鋭角となるように保持リング21, 22に固定されている。

## 【0030】

薄板20の配置について、図4を参照してより詳細に説明する。図4に示すように、薄板20は、各軸シール装置11内において、ロータ5の回転方向d後方側から前方側に向かうにしたがって、ロータ5の周面となす角が次第に大きくなる（鈍角になる）ように配列されている。

## 【0031】

薄板20におけるロータ5側に位置する内周側端部26と、ロータ5との間には、ターピンの過渡変化（温度・圧力）中のリーフのロータへの接触を防ぐため、微小な隙間gが形成されている。

加えて、隣接する複数の薄板20は、ロータ5の回転方向d前後方向において、内周側端部26の近傍で互いに面接触して、接触部28を形成している。言い換えると、薄板20の径方向内側の端部を含む領域において、薄板20は互いに接触して接触部28を形成している。一方で、接触部28の外周側においては、薄板20は互いに離間して非接触部を形成する。ここで、非接触部28bは、互いに離間した領域における薄板20表面上の領域を指す。

## 【0032】

薄板20は、上述のように鋼板から形成されているため、一定の弾性復元力（可撓性）を有する。換言すると、隣接する複数の薄板20には、互いに押し付け合う力が作用している。したがって、接触部28の外周側においては、弾性変形により、湾曲部29が形成される。湾曲部29において、薄板20は回転方向d後方側に湾曲している。

## 【0033】

高圧側側板23及び低圧側側板24には、それぞれのロータ5の軸方向の幅において、その外周側が広くなるように段差部23a, 24aが設けられており、この段差部23a, 24aは、それぞれが薄板20の切り欠き部20a, 20bに嵌め込まれている。

## 【0034】

さらに、保持リング21は、複数の薄板20の外周側基端27における一方の側縁（高圧側）に對面する面に、凹溝21aを有している。保持リング22は、複数の薄板20の外周側基端27における他方の側縁（低圧側）に對面する面に、凹溝22aを有している。切り欠き部20a, 20bに高圧側側板23及び低圧側側板24のそれぞれの段差部23a, 24aが嵌め込まれた複数の薄板20に対し、その外周側における一方の側縁（高圧側）に保持リング21の凹溝21aが嵌め込まれている。さらに、その外周側における他方の側縁（低圧側）が保持リング22の凹溝22aに嵌め込まれている。このような構成により、各薄板20が保持リング21, 22に固定される。

## 【0035】

一方、ハウジング30の内周壁面には、環状の凹溝31が形成されており、該環状の凹溝31は、ロータ5の軸方向において外周側の幅が内周側の幅よりも広くなるように、薄板20の一方の側縁（高圧側）及び他方の側縁（低圧側）に對向する側面に段差が設けられた形状とされている。そして、この段差における外周側を向く面に保持リング21, 22の内周側を向く面が当接するようにして、ハウジング30の凹溝31内に、薄板20、保持リング21, 22、高圧側側板23及び低圧側側板24が嵌め込まれている。薄板20の内周側端部26が高圧側側板23よりもロータ5側に突出している。一方で、薄板20の内周側端部26は低圧側側板24よりもロータ5側に突出しているが、その突出量は高圧側よりも小さく設定されている。すなわち、薄板20は高圧側よりも低圧側において作動流体Gに対してより大きく露出している。言い換えると、高圧側側板23は薄板20の側面におけるより広い範囲を作動流体Gから遮蔽している。

## 【0036】

10

20

30

40

50

次に、上記のように構成されるシール体 10 の動作について、図 5 を参照して説明する。

図 5 ( a ) に示すように、高圧側領域から低圧側領域に向かう作動流体のガス圧が各薄板 20 に加わった場合に、各薄板 20 に対して、内周側端部 26 の近傍かつ高圧側に位置する角部 r1 で最もガス圧が高く、対角の角部 r2 に向かって徐々にガス圧が弱まるガス圧力分布 40a が形成される。なお、図 3 においては薄板 20 は T 字型形状としているが、図 5 においては説明を簡単にするために、撓みが生じる長方形部分のみを図示してその他の部分は図示を省略している。

#### 【 0037 】

図 5 ( b ) に示すように、薄板 20 のロータ 5 に向かう面を下面 20q とし、その裏側を上面 20p とする。各薄板 20 に対して高圧側領域から低圧側領域に向かうガス圧が加わると、図 5 ( a ) のようにガス圧力分布 40a が形成される。このとき、各薄板 20 の断面に沿った任意位置における上面 20p に加わるガス圧よりも下面 20q に加わるガス圧の方が高くなるように、ガス圧が調整される。

#### 【 0038 】

高圧側領域から低圧側領域に向かって流れる作動流体 G は、高圧側側板 23 とロータ 5 の外周面との間から流入する。その後、作動流体 G は、図 5 ( a ) のように、ロータ 5 の外周面と薄板 20 の内周側端部 26 との間を流れるとともに、各薄板 20 の上面 20p 及び下面 20q とに沿って、角部 r1 から角部 r2 の方向へ放射状に流れる。このように作動流体 G が流れることで、薄板 20 の外周側基端 27 に向かって低圧の領域が広がる。そのため、各薄板 20 の上面 20p 及び下面 20q に垂直に加わるガス圧力分布 40b, 40c は、図 5 ( b ) に示すような状態になる。より詳細には、ガス圧力分布 40b, 40c は、薄板 20 の内周側端部 26 に近いほど大きくなるとともに薄板 20 の外周側基端 27 に向かうほど小さくなる三角分布形状となる。

#### 【 0039 】

上面 20p 及び下面 20q におけるガス圧力分布 40b, 40c は、薄板 20 を中心にして線対称をなしている。しかしながら、ロータ 5 の周面に対する角度が鋭角となるように各薄板 20 が配置されているので、各ガス圧力分布 40b, 40c は、ロータ 5 の径方向における相対位置がずれる。よって、薄板 20 の外周側基端 27 から内周側端部 26 に向かう任意の点 P における上面 20p 及び下面 20q のガス圧に差が生じる。換言すると、薄板 20 において、下面 20q に加わるガス圧が上面 20p に加わるガス圧よりも高くなる。これにより、薄板 20 の内周側端部 26 に対してロータ 5 より浮かせる方向に浮上力 F<sub>L</sub> が発生する。

#### 【 0040 】

以上のようにして各薄板 20 の上面 20p 及び下面 20q 間に圧力差が生じることで、各薄板 20 に浮上力 F<sub>L</sub> が作用する。さらに、薄板 20 の内周側端部 26 がロータ 5 の外周面から浮上するように弾性変形する。

#### 【 0041 】

ここで、隣接する薄板 20 が互いに間隙を保って配列されている場合、薄板 20 に付加される圧力の変動と、薄板 20 自身の弾性復元力により、薄板 20 の内周側端部 26 においてフラッター（微小振動）が生じる。

#### 【 0042 】

しかしながら、本実施形態における薄板 20 は、隣接する他の薄板 20 に対して面接触している。そのため、薄板 20 の内周側端部 26 は、弾性力を維持しながらも、周方向の動きを拘束されている。これにより、薄板 20 の内周側端部 26 におけるフラッターの発生が抑止される。

#### 【 0043 】

薄板 20 にフラッター（微小振動）が発生した場合、振動の支点となる領域において局所的に曲げ応力が集中するため、経年使用に伴う疲労破壊を生じる可能性がある。しかしながら、上述のように本実施形態における薄板 20 は隣接する他の薄板 20 に対して面接

10

20

30

40

50

触しているため、フラッターの発生とそれに起因する薄板 20 の疲労破壊が抑止される。

【0044】

さらに、ロータ 5 の回転時には薄板 20 の内周側端部 26 に浮上力  $F_L$  も作用するため、薄板 20 がロータ 5 から浮上して、安定的に非接触の状態に維持される。

【0045】

これにより、薄板 20 の内周側端部 26 は、可撓性を維持するとともに、周方向の動きを拘束されているため、薄板 20 の内周側端部 26 におけるフラッターの発生が抑止される。

さらに、薄板 20 の弾性力により、ロータ 5 の起動、停止時等、振動によってロータ 5 に径方向の変位が生じた場合であっても、高いシール効果を維持することができる。 10

加えて、上述のように高圧側側板 23 は低圧側側板 24 よりもロータ 5 側に突出しているため、作動流体 G が流通してくる高圧側は、低圧側に比してより広い範囲が作動流体 G に対して遮蔽されている。したがって、リーフシールの内部の圧力は、リーフの先端が浮上するようにリーフに係る力のバランスが保たれ、その結果、リーフがロータに強く接触することが無くなり、リーフの摩耗による損傷を防止することができる。

【0046】

(第二実施形態)

次に、本発明の第二実施形態について、図 6 を参照して説明する。第一実施形態と同様の構成要素については同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

図 6 は、本発明の第二実施形態に係る軸シール装置 11 の周方向断面図である。 20

【0047】

本実施形態における軸シール装置 11 は、公知の ACC システム（アクティブ・クリアランス・コントロール・システム）50 を、径方向外側に備えている点で上述の実施形態と異なる。ACC システムは、ハウジング 30 の内部に付勢部材 51 を備えている。

付勢部材 51 としては、例えばばね部材が用いられる。また、その他、付勢部材 51 としては、空気シリンダを用いてもよい。ただし、回転機械 1 は高温高圧の作動流体がその内部を流通するため、付勢部材 51 も高温化における正常動作を志向して設計された部材であることが必要である。

【0048】

付勢部材 51 は、保持リング 121, 122 とハウジング 30 に、それぞれ接続されている。さらに、付勢部材 51 は、延在方向外方に向けて付勢されている。 30

したがって、付勢部材 51 の作用により、本実施形態に係る軸シール装置 11 は、径方向外側に向けて付勢されている。

【0049】

これにより、ロータ 5 の停止時においては、薄板 20 の内周側端部 26 は、ロータ 5 の外表面からわずかな間隙を有して支持される。一方で、ロータ 5 が回転している場合においては、高圧側と低圧側との差圧の作用により、軸シール装置 11 に対して径方向内側に付勢する圧力が生じる。言い換えると、薄板 20 の内周側端部 26 とロータ 5 の外表面との間隙は、ロータ 5 の停止時に比して、小さくなる。

【0050】

このように、ACC システム 50 を設けることにより、薄板 20 とロータ 5 との間に間隙が設けられる。したがって、起動時にロータ 5 と薄板 20 が摺接することで発生する摩耗が抑止される。加えて、ロータ 5 の運転状態にあっては、付勢部材 51 による力と上述の浮上力  $F_L$  が均衡するため、安定的にシール効果を得ることができる。さらに、運転時に大きな熱変形を伴う箇所においても、シール体を採用することができる。 40

【0051】

以上、本発明の実施形態、及び実施例について図面を参照して詳述したが、各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、及びその他の変更が可能である。

【符号の説明】

## 【 0 0 5 2 】

1	回転機械 (ガスタービン)	
2	圧縮機	
3	燃焼器	
4	タービン	
5	ロータ	
6	静翼	
7	動翼	
8	ケーシング	
8 a、9 a	軸受部	10
1 0	シール体	
1 1	軸シール装置	
1 2	周方向端部	
2 0	薄板	
2 0 a	切欠き部	
2 0 p	上面	
2 0 q	下面	
2 1、2 2	保持リング	
2 3	高圧側側板	
2 4	低圧側側板	20
2 6	内周側端部	
2 7	外周側基端	
2 8	接触部	
2 8 b	非接触部	
2 9	湾曲部	
3 0	ハウジング	
3 1	凹溝	
4 0 a、4 0 b、4 0 c	ガス圧力分布	
5 0	A C C システム	
5 1	付勢部材	30
1 2 1、1 2 2	保持リング	
F L	浮上力	
g	隙間	
G	作動流体	
r 1、r 2	角部	

【図1】

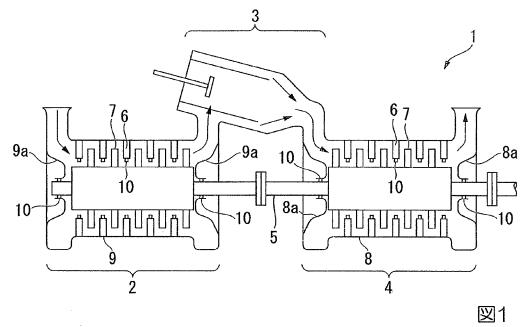


図1

【図3】

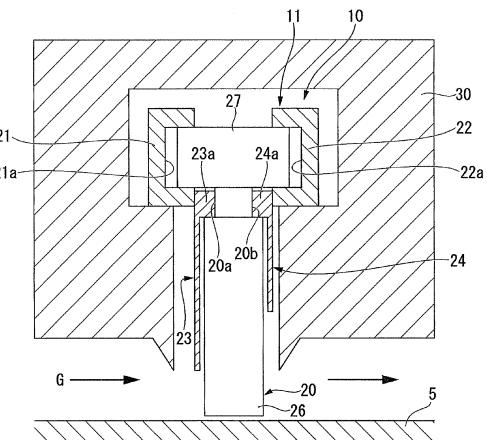


図3

【図2】

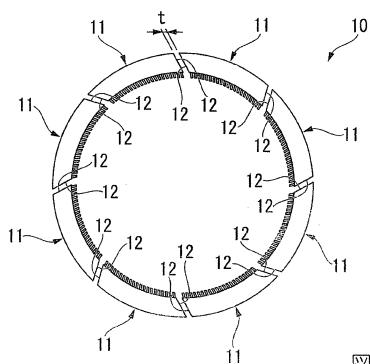


図2

【図4】

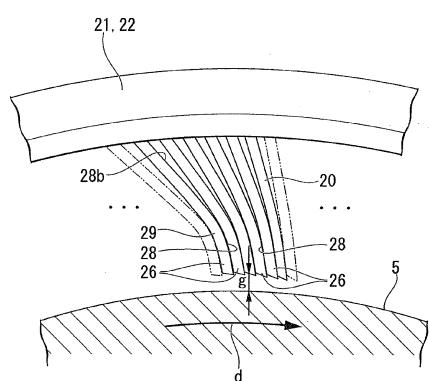
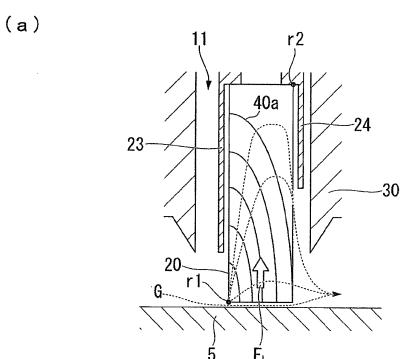


図4

【図5】



(a)

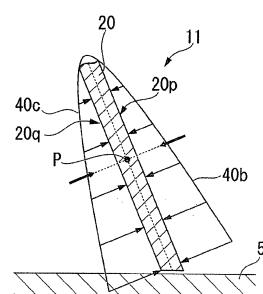


図5

【図6】

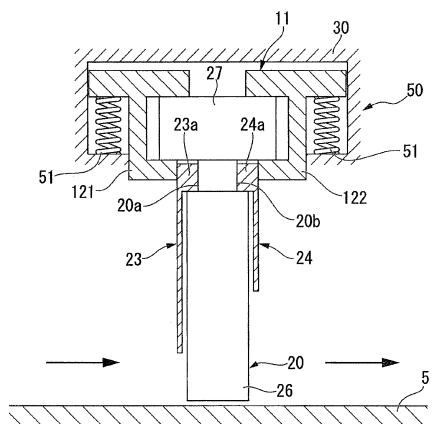


図6

---

フロントページの続き

(72)発明者 尾崎 昂平  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 上原 秀和  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 西本 慎  
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 中尾 麗

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0154199(US, A1)  
特開2009-185811(JP, A)  
特開2007-132432(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16J 15/22  
F01D 11/02