

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4762512号
(P4762512)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int.Cl.	F I	
F 1 6 J 15/447 (2006.01)	F 1 6 J 15/447	
F O 1 D 11/02 (2006.01)	F O 1 D 11/02	
F O 1 D 11/08 (2006.01)	F O 1 D 11/08	
F O 2 C 7/28 (2006.01)	F O 2 C 7/28	A
F O 4 D 29/08 (2006.01)	F O 2 C 7/28	B
請求項の数 5 (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-235935 (P2004-235935)
 (22) 出願日 平成16年8月13日(2004.8.13)
 (65) 公開番号 特開2006-52808 (P2006-52808A)
 (43) 公開日 平成18年2月23日(2006.2.23)
 審査請求日 平成18年8月14日(2006.8.14)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100077816
 弁理士 春日 譲
 (72) 発明者 妹尾 茂樹
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
 株式会社日立製作所
 電力・電機開発研究所内
 (72) 発明者 木村 哲晃
 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
 株式会社日立製作所
 日立事業所内
 審査官 河内 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非接触シール構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

間隙を介して対向する2つの壁面間の高圧側から低圧側への流体の漏洩を抑制する非接触シール構造において、

前記2つの壁面の一方に設けられ、対向する他の壁面に向かって伸びる複数のフィンと

、
 これら複数のフィンの先端を結ぶ基準線と平行で、かつ前記基準線から一定距離を有するとともに、高圧側から低圧側へ向かう方向の長さが前記複数のフィンのピッチと同じかそれよりも長くなるように前記他の壁面に形成した平面部と、

高圧側から低圧側に向かって前記平面部と交互に設けられ、前記基準線からの距離が前記平面部よりも大きくなるように前記他の壁面に形成した溝部とを備え、

前記溝部が、高圧側から低圧側に向かって前記基準線からの距離が徐々に大きくなるように形成した傾斜部と、前記傾斜部の低圧側の部分に設けた曲率を持つ折り返し部と、この折り返し部の低圧側からロータ半径方向に立ち上がる終端壁部とからなり、

前記傾斜部は前記平面部に対して勾配が連続するように接合していることを特徴とする非接触シール構造。

【請求項 2】

請求項1に記載の非接触シール構造において、前記傾斜部は、直線的に形成された平面であることを特徴とする非接触シール構造。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の非接触シール構造において、前記傾斜部は、前記フィンを設けた壁面に向かって凸形状であることを特徴とする非接触シール構造。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の非接触シール構造において、前記溝部は、前記凸形状の傾斜部の低圧側に接続し、前記フィンを設けた壁面に向かって凹形状に形成された折り返し部を有することを特徴とする非接触シール構造。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の非接触シール構造において、前記フィンは、先端に向かって低圧側から高圧側に傾斜していることを特徴とする非接触シール構造。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、間隙を介して対向する 2 つの壁面間の高圧側から低圧側への流体の漏洩を抑制する非接触シール構造に係り、特に蒸気タービン、ガスタービン、圧縮機、ポンプ等の回転機械における回転体と静止体との間の非接触シール構造に関する。

【背景技術】

【0002】

回転体と静止体との間の間隙をシールする非接触シール構造として、一般に一方の壁面から対向する他方の壁面に向かって複数のフィンを伸ばす構成が採られている。この構造では、フィンとその先端に対向する壁面との間から漏れる流れの運動エネルギーを下流側に隣接するフィンとの間の膨張室で熱エネルギーに散逸させることによってシール効果が発揮される。

20

【0003】

しかし漏れ流れを完全に熱散逸させるためにはフィンとその対向壁面との間隙に対して十分に大きな容積の膨張室が必要であり、製品における限られたスペース内では十分なフィンピッチを確保することは難しい。そこで、一方の壁面に設けたフィンと他方の壁面に設けたフィンとが高圧側から低圧側に向かって交互に配置されるように対向する双方の壁面にフィンを設けたものがある（例えば特許文献 1 参照）。

【0004】

【特許文献 1】特開平 11 - 200810 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のように対向壁面の双方にフィンを設けた場合、フィンとその対向壁面との間隙からの漏れ流れが下流側の膨張室内に配置された対向壁面側のフィンに衝突し、これにより漏れ流れの方向が変化して多くの渦構造が作り出され膨張室内の熱散逸が促進される。

【0006】

しかしながら、このような構造においては、両壁面すなわち回転体及び静止体側の熱容量が一般に異なることから例えばターボ機械の起動時や停止時のように機械全体の温度変化がある場合、基準位置（回転体の軸受位置等）からの熱膨張の違いによって両壁面の相対位置が流体の流れ方向に変化する。その結果、両壁面に設けたフィン同士が接触してしまうことがあり、回転機械の著しい信頼性の低下につながるという技術的課題があった。

40

【0007】

本発明の目的は、機械の温度変化に伴う両壁面の熱膨張差に影響を受けることなく、対向する壁面間のシール効果を十分に発揮することができる非接触シール構造を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明の非接触シール構造は、間隙を介して対向する 2 つの壁面間の高圧側から低圧側への流体の漏洩を抑制する非接触シール構造において、前記

50

2つの壁面のうちの一方に設けられ、対向する他の壁面に向かって伸びる複数のフィンと、これら複数のフィンの先端を結ぶ基準線と平行で、かつ前記基準線から一定距離を有するとともに、高圧側から低圧側へ向かう方向の長さが前記複数のフィンのピッチと同じかそれよりも長くなるように前記他の壁面に形成した平面部と、この平面部と高圧側から低圧側に向かって交互に設けられ、前記基準線からの距離が前記平面部よりも大きくなるように前記他の壁面に形成した溝部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、機械の温度変化に伴う両壁面の熱膨張差に影響を受けることなく、対向する壁面間のシール効果を十分に発揮することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、図面を用いて本発明の非接触シール構造の実施形態を説明する。

本発明の非接触シール構造は、間隙を介して対向する2つの壁面間の高圧側から低圧側への流体の漏洩を抑制する非接触シール構造であり、特に蒸気タービン、ガスタービン、圧縮機、ポンプ等といった回転機械における回転体と静止体との間隙のシール手段として好適に適用される。

【0011】

図1は、本発明の非接触シール構造の適用対象の一例としてタービン段落を示す。

図1において、静翼21は、その内周側がダイアフラム内輪23に、外周側がダイアフラム外輪24に固設されている。ダイアフラム外輪24は、その外周側がケーシング25に固設されている。一方、動翼22は、その内周側が回転体であるロータ26に固設され、外周側は間隙を介してダイアフラム外輪24に対向している。作動流体30は、高圧側から低圧側、本例ではタービン段落の静翼21側から動翼22に向かって流れる。

20

【0012】

また、回転機械の信頼性確保のために静止体と回転体との間に間隙が設けられている。本例では、静止体であるダイアフラム内輪23と回転体であるロータ26の間に間隙G1が、静止体であるダイアフラム外輪24と回転体である動翼22の間に間隙G2がそれぞれ設けられている場合を図示している。これら間隙G1、G2に圧力差によって流れる漏れ流れのエネルギーはロータ26の回転力に変換されないため、間隙G1、G2を通過する漏れ流れが多くなると同じ流体エネルギーから得られる回転力が小さくなり回転機械としての性能が低下する。そのため、こうした静止体と回転体との間隙には、間隙を確保しつつも流体の漏洩を最小限に抑制するために非接触シール構造が設けられる。

30

【0013】

図2は、本発明の非接触シール構造の第1実施形態の概略図である。

図2において、壁面1と壁面2は距離hを介して対向している。壁面1、2のいずれか一方が回転体の壁面で他方が静止体の壁面である。つまり、壁面1が回転体の壁面であれば壁面2は静止体の壁面であり、壁面1が静止体の壁面であれば壁面2は回転体の壁面である。これら壁面1、2間の間隙には、高圧側の圧力P0と低圧側の圧力p1との圧力差によって、高圧側から低圧側に向かって作動流体が流れようとする。

40

【0014】

一方の壁面1には、対向する他の壁面2に向かって伸びる複数のフィン3が設けられている。これらフィン3は作動流体の流れ方向にほぼ一定のピッチt2で設けられており、その先端は壁面2に対向している。なお、以下において複数のフィン3の先端を結ぶ線を基準線5と称する。また、作動流体の流れ方向に隣接する2枚のフィン3間に形成される空間を膨張室4と称する。

【0015】

それに対し、壁面2には平面部6と溝部7とが形成されている。平面部6は上記基準線5と平行で基準線5との間隙8の間隙寸法が一定距離dであるとともに、高圧側から低圧側へ向かう方向（圧力勾配方向）にとった長さt1がフィン3のピッチt2と同じかそれ

50

よりも長くなるように形成されている（フィンピッチ t_2 は平面部 6 の長さ t_1 以下である）。溝部 7 は、高压側から低压側に向かって平面部 6 と交互に設けられ、基準線 5 からの距離 d' が基準線 5 から平面部 6 までの距離 d よりも大きくなるように形成されている。上記のように平面部 6 の長さ t_1 がフィン 3 のピッチ t_2 以上であるため、フィン 3 の数は溝部 7 の 2 倍以上（溝部 7 の数はフィン 3 の半分以下）であり、壁面 1, 2 の相対位置とは無関係に必ず平面部 6 に少なくとも 1 本のフィン 3 が対向するようになっている。

【0016】

図 3 は溝部 7 の拡大図である。

図 2 及び図 3 において、溝部 7 は、その高压側の部分に、高压側から低压側に向かって基準線 5 からの距離 d' が徐々に大きくなるように形成した傾斜部 7 d を有している。本例において、この傾斜部 7 d は、フィン 3 を設けた壁面 1 に向かって凸形状をなしている。また、溝部 7 における低压側の部分には、フィン 3 を設けた壁面 1 に向かって凹形状に形成された折り返し部 7 e が形成されている。折り返し部 7 e の低压側には、ほぼ垂直（ロータ 26 の半径方向）に立ち上がり、そのさらに低压側に隣接する平面部 6 に接続する終端壁部 7 g が設けられている。

10

【0017】

溝部 7 における高压側に形成した上記傾斜部 7 d は、平面部 6 に対して接合点 7 c で勾配が連続するように接合されている。低压側の折り返し部 7 e は、傾斜部 7 d に対して変曲点 7 f で勾配が連続するように接合されている。折り返し部 7 e の曲率半径 R_2 は傾斜部 7 d の曲率半径 R_1 よりも小さく、溝部 7 と基準線 5 との距離 d' がこの折り返し部 7 e から低压側に向かうにつれて小さくなり、その後終端壁部 7 g を介して一気に平面部 6 に到達する。

20

【0018】

ここで、本発明の非接触シール構造との一比較例を図 4 に示した。この図において先の各図と同様の役割を果たす部分には同符号を付し説明を省略する。

図 4 に示した比較例では、フィン 3 の先端に対向する壁面 2 がフラットに形成されている。このシール構造の上流側圧力 P_0 は下流側圧力 p_1 に比べて大きいため、圧力差によりフィン 3 と壁面 2 との間隙 8 に漏れ流れ 9 が生じる。そして、複数のフィン 3 を設けることによって上流側圧力 P_0 と下流側圧力 p_1 の圧力差を複数に分割し、間隙 8 を流れる漏れ流れ 9 の量が抑制される。

30

【0019】

このようなシール構造では、1つのフィン 3 を通過した漏れ流れ 9 の運動エネルギーがその下流側のフィン 3 との間隙に形成される膨張室 4 で熱エネルギーに散逸されるので、フィン 3 の枚数に比例してシール効果が向上する。しかし、フィン 3 を通過した漏れ流れ 9 が膨張室 4 で完全に熱散逸されるためには、膨張室 4 を間隙 8 に対して十分大きくする必要があり、実際の製品においては限られた空間でフィン 3 のピッチ t_2 を十分にとることができない場合が多い。その結果、運動エネルギーが熱散逸されなかった漏れ流れ 9 の次の膨張室 4 への流入を十分に抑制することができず、フィン 3 の枚数に応じた作動流体の漏洩防止効果が得られない場合があった。

【0020】

この問題に対し、図 5 の他の比較例に示すようにフィン 3 を設けた壁面 1 に向かって突き出す突起物 11 を壁面 2 に設け、隣接する 2 枚のフィン 3 で形成された膨張室 4 中に突起物 11 が突出するように構成すると、フィン 3 と壁面 2 との間隙 8 からの漏れ流れ 9 が突起物 11 に衝突し、これにより漏れ流れ 9 の方向が変わり多くの渦構造が作り出され、膨張室 4 内での熱散逸が促進されるようになる。ところが、このような構造ではターボ機械の起動時や停止時等のような機械全体の温度変化がある場合、壁面 1, 2 はその熱容量の違いから互いの相対位置が変化するため、寸法 13 だけフィン 3 と高さ位置がオーバーラップした突起部 11 がその前後いずれかに隣接するフィン 3 に干渉してしまい、回転機械の信頼性を著しく低下させる。

40

【0021】

50

それに対し、本実施形態の非接触シール構造は、機械の温度変化に伴う両壁面の熱膨張差に影響を受けることなく、対向する壁面間のシール効果を十分に発揮することができる。以下にその点に関し順次説明する。

【 0 0 2 2 】

図 6 は本実施形態の非接触シール構造の流れ場の模式図である。

図 6 において、フィン 3 (フィン 3 a) と平面部 6 との間を通過した流れは、縮流しながら傾斜部 7 d による壁面噴流のコアンダ効果にも助けられて溝部 7 に導かれ、折り返し部 7 e にガイドされてほぼ垂直方向 (ロータ 2 6 の半径方向外側方向) に流れの向きを変え終端壁部 7 g に沿って溝部 7 から吹き出す。

【 0 0 2 3 】

溝部 7 から吹き出した流れは、次のフィン 3 (フィン 3 b) と干渉して分断され、このフィン 3 b の前後に形成された膨張室 4 (膨張室 4 a, 4 b) に積極的に導入される。膨張室 4 a, 4 b に入った流れはそれぞれ渦を形成し、膨張室 4 a, 4 b で流れの運動エネルギーが各々熱エネルギーに散逸される。このように溝部 7 から吹き出した流れが積極的に膨張室 4 に導入されるので、先の図 4 に示した比較例のシール構造に比べて、フィン 3 と壁面 2 との間を通過する流れの運動エネルギーを減少させることができる。

【 0 0 2 4 】

このとき、本実施形態ではフィン 3 のピッチ t_2 が平面部 6 の長さ t_1 以下であるため、壁面 1, 2 の圧力勾配方向の相対位置が変化しても各平面部 6 には少なくとも 1 枚のフィン 3 が一定距離 d の間隙を介して対向する。したがって、溝部 7 に導入される流れの流量を増大させることなく一定に保つことができ、常に図 6 に示したような流れ場を作り出すことができる。このように、本実施形態の非接触シール構造は、温度変化時の壁面 1, 2 の熱容量の違い等による相対位置変化に影響されずに漏れ流量の低減効果を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

仮に、図 7 に示したさらに他の比較例のようにフィン 3 のピッチ t_2 が平面部 6 の長さ t_1 よりも大きいとする。例えばフィン 3 のピッチ t_2 が溝部 7 のピッチ t_3 と等しい場合、平面部 6 にフィン 3 が対向するようであればフィン 3 と壁面 2 との距離が一定に保たれるが、フィン 3 のピッチ t_2 は本実施形態よりも大きくなる。したがって、溝部 7 から吹き上げられた流れは分断されることなく大きな膨張室 4 に入って大きな渦を形成する。渦による運動エネルギーの熱散逸は渦の大きさが小さいほど効率的であるため、図 7 に示した構造は本実施形態に比して漏れ流れの運動エネルギーの熱散逸効果すなわち漏れ量低減効果が低下してしまう。

【 0 0 2 6 】

また、図 8 に示したさらに他の比較例のように、フィン 3 のピッチ t_2 が溝部のピッチ t_3 と等しく、かつ溝部 7 にフィン 3 が対向する場合、漏れ流量に直接的に影響するフィン 3 と壁面 2 との間隙寸法が基準線 5 から平面部 6 までの距離 d よりも大きくなるために漏れ流量が増し、やはり本実施形態よりも漏れ流量低減効果が低下してしまう。

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態によれば、溝部 7 から吹き出させた流れを積極的に膨張室 4 に導入し熱散逸効果を向上させるので、膨張室 4 の容積を小さくすることができる。したがって、非接触シール構造そのものをコンパクト化することもできる。

【 0 0 2 8 】

さらに、仮に溝部 7 において傾斜部 7 d が終端壁部 7 g に直接接続する構造とした場合、傾斜部 7 d と終端壁部 7 g との間で勾配が不連続となるので、その部位に応力集中が生じる。この点に関しても、本実施形態においては、傾斜部 7 d を折り返し部 7 e を介して終端壁部 7 g に接続し勾配を連続させることにより、溝部 7 への応力集中が抑制させる構造となっている。したがって、損傷が少なく信頼性の高い非接触シール構造を提供することができる。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

図 9 は、本発明の非接触シール構造の第 2 実施形態の概略図である。

図 9 において、本実施形態が、前述した第 1 実施形態と相違する点は、フィン 3 を根元 3 r から先端 3 t に向かって低圧側から高圧側に傾斜させたことである。その他の構成は第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 3 0 】

膨張室 4 のような広い空間から間隙 8 のような狭い流路に流れが絞られて流れ 9 のような噴流となるとき、間隙 8 の僅かに下流側でその噴流の流管幅が間隙 8 よりも小さい最小幅となる。これは広い空間から狭い空間に流れが絞られるとき、フィン 3 の上流側の面に沿って間隙 8 に向かう流れの速度成分が慣性効果によってフィン 3 の下流にまでフィン 3 に沿う（すなわち噴流幅を減少させる方向の速度成分が残る）ためである。これを漏れ流れの縮流効果と呼ぶ。漏れ流れの縮流効果は漏れ面積低減と同等の効果を持ち、大きいほど漏れ流量が小さくなる。

10

【 0 0 3 1 】

フィン 3 の先端 3 t を高圧側に傾けることにより、第 1 実施形態のようにフィン 3 をロータ半径方向に伸ばした場合よりもフィン 3 と平面部 6 の間隙 8 を流れる漏れ流れ 9 の縮流効果が大きくなる。この縮流効果が大きくなる理由は、フィン先端 3 t を高圧側に傾けたことにより、膨張室 4 から間隙 8 を流れる漏れ流れが一端高圧側に戻る形でフィン先端 3 t を回り込み、これにより噴流幅を減少させる方向の慣性力が強くなるためである。この噴流幅を減少させる慣性力は縮流効果と同時に溝部 7 に流れを引き込む効果を助長し、より多くの漏れ流れ 9 を膨張室 4 に吹き上げることで膨張室 4 での漏れ流れの運動エネルギーの熱散逸効果を向上させ漏れ流量を減少させる。よって、本実施形態によれば、より大きな漏れ流量低減効果を得ることができる。

20

【 0 0 3 2 】

図 10 は、本発明の非接触シール構造の第 3 実施形態の概略図である。

図 10 において、本実施形態が、前述した第 1 実施形態と相違する点は、溝部 7 の傾斜部 7 d を曲面でなく直線状の平面とし、折り返し部 7 e を省略した点である。その他の構成は第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 3 3 】

このような構成としても、第 1 実施形態に比べて溝部 7 における平面部 7 d と終端壁部 7 g との境界部に応力集中が発生し易くなるが、その他の点については第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

30

【 0 0 3 4 】

図 11 は、本発明の非接触シール構造の第 4 実施形態の概略図である。

図 11 において、本実施形態が、前述した第 1 実施形態と相違する点は、圧力勾配方向と垂直な方向（ロータ周方向）から見て溝部 7 を平面部 6 に対して矩形に窪ませた点である。前述した各実施形態においては、溝部 7 の高圧側部分を傾斜部 7 d として基準線 5 との距離が徐々に大きくなるように構成したが、本実施形態においては、平面部 6 から溝部 7 にかけて急激に基準線 5 との距離が大きくなっている。その他の構成は第 1 実施形態と同様である。

【 0 0 3 5 】

このような構成とすると、第 1 実施形態に比べて溝部 7 における平面部 7 d と終端壁部 7 g との境界部に応力集中が発生し易くなり、溝部 7 に導入される壁面噴流のコアング効果が若干低下するが、その他の点については第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

40

【 0 0 3 6 】

なお、図 10 又は図 11 で説明した実施形態に、図 9 に示したように先端に向かって高圧側にフィン 3 を傾斜させる構成を組み合わせることが可能であることは言うまでもなく、これらの場合にもより高い漏れ流量低減効果を得ることができる。また、以上の実施形態においては、タービンの段落部において回転体及び静止体との間隙をシールする非接触シール構造を例にとって説明したが、この的用例に限らず、本発明はいかなる機械にお

50

る非接触シール構造としても適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の非接触シール構造の適用対象の一例であるタービン段落の模式図である。

【図2】本発明の非接触シール構造の第1実施形態の概略図である。

【図3】本発明の非接触シール構造の第1実施形態に備えられた溝部の拡大図である。

【図4】本発明の非接触シール構造との一比較例の概略図である。

【図5】本発明の非接触シール構造との他の比較例の概略図である。

【図6】本発明の非接触シール構造の第1実施形態における流れ場の模式図である。 10

【図7】本発明の非接触シール構造とのさらに他の比較例の概略図である。

【図8】本発明の非接触シール構造とのさらに他の比較例の概略図である。

【図9】本発明の非接触シール構造の第2実施形態の概略図である。

【図10】本発明の非接触シール構造の第3実施形態の概略図である。

【図11】本発明の非接触シール構造の第4実施形態の概略図である。

【符号の説明】

【0038】

1, 2 壁面

3 フィン

3 t 先端 20

5 基準線

6 平面部

7 溝部

7 d 傾斜部

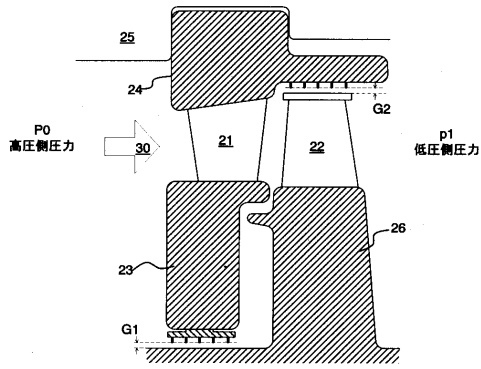
7 e 折り返し部

d, d' 距離

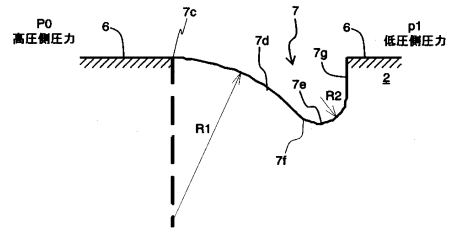
G 1, 2 間隙

t 1 ~ 3 ピッチ

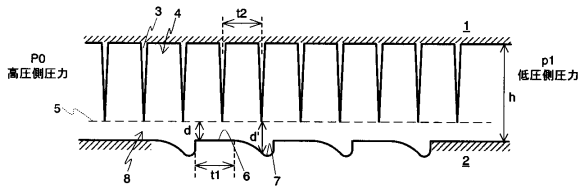
【 図 1 】



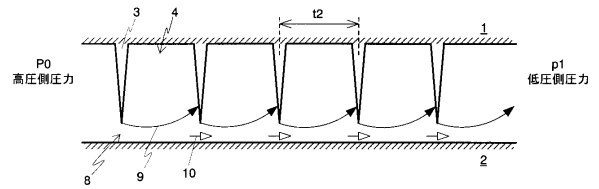
【 图 3 】



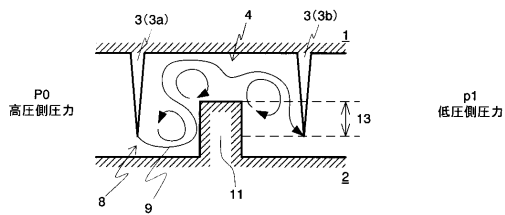
【 图 2 】



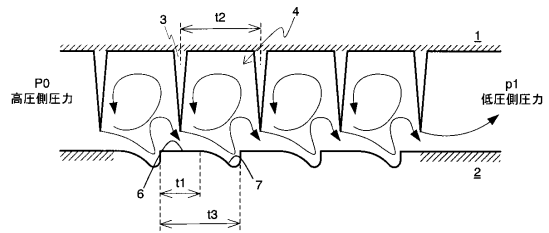
【 图 4 】



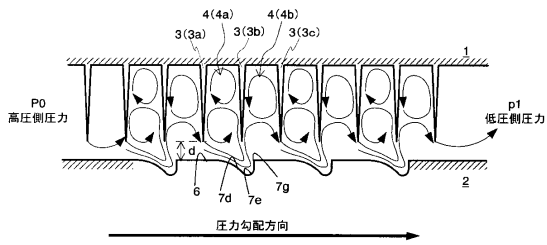
【 图 5 】



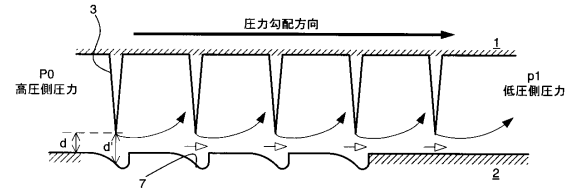
【 图 7 】



【 图 6 】



【 图 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 4 D 29/08 D

(56)参考文献 特開平06-074002(JP,A)
特開2002-295691(JP,A)
特開2002-357103(JP,A)
特開昭51-082855(JP,A)
特開昭52-090759(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 1 6 J 15/40~15/453、15/54~15/56
F 0 1 D 11/00~11/10