

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6233640号
(P6233640)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 6 J 15/447 (2006.01)	F 1 6 J 15/447
F 0 4 D 29/10 (2006.01)	F 0 4 D 29/10 A
F 1 6 J 15/44 (2006.01)	F 1 6 J 15/44 A

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-3386 (P2014-3386)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成26年1月10日 (2014.1.10)		三菱重工株式会社
(65) 公開番号	特開2015-132304 (P2015-132304A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成27年7月23日 (2015.7.23)	(73) 特許権者	310010564
審査請求日	平成28年10月5日 (2016.10.5)		三菱重工コンプレッサ株式会社
			東京都港区芝五丁目34番6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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シール装置及びこれを備える回転機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸の外周面上で、前記回転軸の軸線に沿う方向の流体の流れを封止するシール装置であって、

前記回転軸の前記外周面を覆って配置される内周面に前記回転軸の前記外周面に対向するように開口する複数の孔が形成された環状の本体部を備え、

複数の前記孔の少なくとも一部は、前記孔の中心軸の方向が前記孔の開口から底部に向かうにしたがって、前記回転軸の回転方向前方側、及び前記回転軸の軸線方向に沿って流体の流れの下流側、の少なくとも一方側に向けて傾斜し、

複数の前記孔は、前記内周面において、該内周面の周方向に並んで配置され、前記内周面の水平方向の位置から周方向に90度異なる鉛直方向の位置に向かうにしたがって、前記孔の中心軸の前記回転軸の回転方向前方側に向けて傾斜する角度が次第に大きく形成されるシール装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシール装置を備える回転機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シール装置及びこれを備える回転機械に関する。

【背景技術】

10

20

【0002】

遠心圧縮機などの回転機械は、一般に、回転軸などの回転体と、その周囲のケーシングなどの静止体との間に隙間がある。そのため、回転体と静止体との隙間には、作動流体が流入することを抑制するシール装置が設けられている場合が多い。遠心圧縮機の場合、シール装置は、インペラの入口の口金部、多段インペラの各段間、および、多段インペラの最終段に設けられたバランスピストン部などに設けられている。そして、このような各種シールには、例えば、ダンパーシールやラビリンスシール等が用いられている。

【0003】

ラビリンスシールは、回転する回転軸と間隙を有して対向する環状の静止側部材から、回転軸に向かって突出する突出部を複数配設したものである。このラビリンスシールでは、突出部の先端近傍を流れる流体に圧力損失を生じさせることにより流体の漏れを低減することができる。また、ダンパーシールは、ハニカムシール、ホールパターンシール等が知られており、例えばホールパターンシールでは、回転軸と間隙を有して配される環状の静止側部材において、回転軸に対向する対向面に複数の穴部が形成され、この穴部で生じる圧力損失により流体の漏れを低減可能である。

ダンパーシールはラビリンスシールと比較して減衰効果が大きく、回転軸の振動の安定化の点で優位である一方、ラビリンスシールはダンパーシールと比較して流体の漏れ量をより低減できる。

【0004】

特許文献1では、回転軸の軸線方向における回転機械の高圧側にダンパーシールを配置し、低圧側に回転軸の外周面と対向する面が滑らかな面で形成された環状シールを配置するシール装置が開示されている。このようなシール装置とすることで、ダンパーシールによって減衰付与機能を効果的に発揮しつつ、環状シールの長さを長くすることでシールと回転軸との間の流体の剛性効果により固有振動数の低下を抑制して、回転軸の安定性を向上させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-160297号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上述したようなシール装置は、回転機械内で圧縮される流体の一部がシール装置との回転軸の間の隙間に旋回しながら流入する。

しかしながら、上述したようなシール装置では、この旋回流により生じる影響を十分に低減させることが難しい。即ち、流体がシール装置と回転軸との隙間に旋回しながら流入する事により、不安定化力が増加して回転軸の不安定振動を増大させたり、シールからの漏れ量が増加したりしてしまうことを低減させることが難しい。

【0007】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、漏れ流れの影響を低減することが可能なシール装置、及びこれを備えた回転機械を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を提案している。

本発明の一態様におけるシール装置は、回転軸の外周面上で、前記回転軸の軸線に沿う方向の流体の流れを封止するシール装置であって、前記回転軸の前記外周面を覆って配置される内周面に前記回転軸の前記外周面に対向するように開口する複数の孔が形成された環状の本体部を備え、複数の前記孔の少なくとも一部は、前記孔の中心軸の方向が前記孔の開口から底部に向かうにしたがって、前記回転軸の回転方向前方側、及び前記回転軸の軸線方向に沿って流体の流れの下流側、の少なくとも一方側に向けて傾斜し、複数の前記

10

20

30

40

50

孔は、前記内周面において、該内周面の周方向に並んで配置され、前記内周面の水平方向の位置から周方向に90度異なる鉛直方向の位置に向かうにしたがって、前記孔の中心軸の前記回転軸の回転方向前方側に向けて傾斜する角度が次第に大きく形成される。

【0009】

このようなシール装置によれば、孔から隙間に流出する流体に、本体部の内周面と回転軸との隙間を流れる流体の流れに対向する成分を持たせて衝突させることができ、隙間を流れる流体の流れの勢いを低減することができる。したがって、回転軸の外周面の周りの旋回流れによる不安定化力を低減し、回転軸の不安定振動を軽減することができる。さらに、回転軸の外周面と本体部の内周面との間の隙間を通して下流側に向かって流出する流体の漏れ量を低減することができる。即ち、回転軸の外周面と本体部の内周面との間の隙間の流れの影響を低減することができる。

10

【0011】

このようなシール装置によれば、本体部の内周面の一侧の位置における旋回流速を周方向に90度異なる他側の位置における旋回流速に比べてより低減することができる。したがって、旋回流速がシールの周方向で異方性を持ち、旋回流速の影響を受ける内周面と回転軸との間の流体による剛性効果、減衰効果も周方向の直交2方向で異方性を持つ。このシール特性の異方性は、軸の不安定振動時の軸回りの真円振れ回りを弱める働きをするため、回転軸の不安定振動を低減することができる。

【0012】

また、本発明の一態様における回転機械は、前記シール装置を備える。

20

【0013】

このような回転機械によれば、回転軸の不安定振動の抑制効果が高く、かつ漏れ流量低減により回転機械として効率を高めて、性能を向上させることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明のシール装置によれば、本体部に傾斜させて複数の孔を形成することで、漏れ流れの影響を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第一実施形態における回転機械を示す断面図である。

30

【図2】本発明の第一実施形態におけるシール装置を示す斜視図である。

【図3】本発明の第一実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のA-A対応断面図である。

【図4】本発明の第一実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のB-B対応断面図である。

【図5】本発明の第一実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す要部拡大断面図である。

【図6】本発明の第二実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のA-A対応断面図である。

【図7】本発明の第二実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のB-B対応断面図である。

40

【図8】本発明の第二実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す要部拡大断面図である。

【図9】本発明の第三実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のA-A対応断面図である。

【図10】本発明の第三実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のB-B対応断面図である。

【図11】本発明の第四実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のA-A対応断面図である。

【図12】本発明の第四実施形態におけるシール装置及び回転軸を示す図2のB-B対応

50

断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

《第一実施形態》

以下、本発明に係る第一実施形態のシール装置5を備えた回転機械1について図1から図5を参照して説明する。

本実施形態における回転機械1は、複数のインペラ4を備えた多段式遠心圧縮機である。

【0017】

回転機械1は、軸線Pを中心とした回転軸2と、回転軸2を軸線P回りに回転可能に支持する軸受3と、回転軸2に取り付けられて遠心力を利用してプロセスガスG（流体）を圧縮するインペラ4と、インペラ4同士の間配されて回転軸2の外周面2aに沿って設けられたシール装置5と、これらを外周側から覆うケーシング6とを備えている。

10

【0018】

回転軸2は、柱状をなして軸線Pの方向に延在し、軸線Pの方向の両端で軸受3によって回転可能に支持されている。

軸受3は、回転軸2の両端部に一つずつ設けられ、回転軸2を回転可能に支持している。これらの軸受3は、それぞれケーシング6に取り付けられている。

【0019】

インペラ4は、回転による遠心力を利用してプロセスガスG（流体）を圧縮する。インペラ4は、ディスク4aと、ブレード4cと、カバー4bとを備えた、いわゆるクローズ型のインペラ4である。

20

ディスク4aは、それぞれ回転軸2における軸線P方向の中央位置Cに向かって、軸線Pの径方向外側に漸次拡径する円盤状に形成されている。

ブレード4cは、ディスク4aから軸線P方向における中央位置Cとは反対側の端部に突出するように形成されている。ブレード4cは、軸線Pの周方向に所定間隔をあけて複数形成されている。

カバー4bは、軸線P方向における端部側から複数のブレード4cを覆う。カバー4bは、ディスク4aに対向する円盤状に形成されている。

【0020】

30

インペラ4は、軸線P方向両側に配された各軸受3の間の回転軸2に複数取り付けられている。これらインペラ4は、軸線P方向においてブレード4cの向きが互いに反対側を向く二組の三段式インペラ群4A、4Bを構成している。これら三段式インペラ群4A、三段式インペラ群4Bにおいては、それぞれ軸線P方向の中央位置C側のプロセスガスGの圧力が最も高くなる。つまり、プロセスガスGは、三段式インペラ群4A、三段式インペラ群4B各々を軸線Pの方向の中央位置Cに向かって段階的に圧縮されながら流れる。

【0021】

ケーシング6は、軸受3を支持するとともに回転軸2、インペラ4、シール装置5をそれぞれ外周側から覆う。ケーシング6は、筒状に形成されている。

【0022】

40

ケーシング6は、軸線P方向の一方側（図1中、紙面左側）に、吸込口6bAを備えている。吸込口6bAは、環状に形成された吸込流路6cAに接続されている。吸込流路6cAは、三段式インペラ群4Aの最も一方側に配されるインペラ4の流路と接続されている。つまり、吸込口6bAから流入するプロセスガスGは、吸込流路6cAを介して三段式インペラ群4Aへと導入される。

【0023】

ケーシング6は、各インペラ4のブレード4c間に形成された流路同士を接続するケーシング流路6aA、6aBを備えている。

【0024】

ケーシング6は、軸線P方向の中央位置C側に、排出口6eAを備えている。この排出

50

口 6 e A は、環状に形成された排出流路 6 d A に接続されている。排出流路 6 d A は、三段式インペラ群 4 A の最も他方側（図 1 中、紙面右側）に配されるインペラ 4 の流路に接続されている。つまり、三段式インペラ群 4 A の最も他方側に配されるインペラ 4 で圧縮されたプロセスガス G は、排出流路 6 d A を介して排出口 6 e A からケーシング 6 の外部に排出される。

【0025】

ケーシング 6 は、中央位置 C を境にして、軸線 P 方向の一方側と他方側とが対称に形成されている。ケーシング 6 の他方側には、ケーシング流路 6 a B、吸込口 6 b B、吸込流路 6 c B、排出流路 6 d B、排出口 6 e B が形成されている。このケーシング 6 の他方側に配された三段式インペラ群 4 B は、一方側の三段式インペラ群 4 A で圧縮したプロセス

10

【0026】

つまり、ケーシング 6 の他方側においては、排出口 6 e A から排出されたプロセスガス G が吸込口 6 b B に送り込まれる。その後、吸込口 6 b B から流入したプロセスガス G は、吸込流路 6 c B を介して三段式インペラ群 4 B に供給されて段階的に圧縮される。

三段式インペラ群 4 B によって圧縮されたプロセスガス G は、排出流路 6 d B を介して排出口 6 e B からケーシング 6 の外部に排出される。

【0027】

上述したように三段式インペラ群 4 A において圧縮されたプロセスガス G は、三段式インペラ群 4 B に導入されて更なる圧縮が行われて中央位置 C 付近に到達する。そのため、三段式インペラ群 4 A と三段式インペラ群 4 B との間には圧力差が生じている。具体的には、三段式インペラ群 4 B の方が三段式インペラ群 4 A よりも高い圧力となっている。さらに、中央位置 C 付近においては、回転軸 2 の外周面 2 a とケーシング 6 の内周面との間に、隙間 S が形成されている。そのため、プロセスガス G は、隙間 S を通じて三段式インペラ群 4 B が配置されている軸線 P 方向の他方側を上流側として、三段式インペラ群 4 A が配置されている軸線 P 方向の一方側の下流側に向かって流れようとしてしまう。

20

そこで、この実施形態におけるシール装置 5 は、上流側である三段式インペラ群 4 B から下流側である三段式インペラ群 4 A へのプロセスガス G の流れを抑制するために、中央位置 C 付近に設けられている。

【0028】

シール装置 5 は、回転軸 2 の外周側に設けられて、三段式インペラ群 4 A と三段式インペラ群 4 B との間でのプロセスガス G の流通を封止する。シール装置 5 は、回転軸 2 の外周面 2 a を覆って配置される図 2 に示す本体部 5 a を有している。

30

【0029】

本体部 5 a は、図 3 及び図 4 に示すように、回転軸 2 の外周面 2 a との間に回転軸 2 を回転させるための所定の隙間 S を有して対向配置される環状部材である。本体部 5 a は、回転軸 2 の外周面 2 a と対向する面である内周面 5 c に、回転軸 2 の外周面 2 a に対向するように開口する複数の孔が形成されている。本実施形態の本体部 5 a は、内周面 5 c から径方向外側に向かって凹む円形状の孔である第一傾斜孔 5 b（孔）が複数形成されている。即ち、本実施形態の本体部 5 a は、複数の第一傾斜孔 5 b が、本体部 5 a の内周面 5 c に対して周方向及び軸線 P 方向に互いに隣接して配置されたホールパターンシールである。

40

【0030】

第一傾斜孔 5 b は、中心軸 O 1 と直交する断面形状が円形状をなすように本体部 5 a の内周面 5 c から窪んで形成されている。第一傾斜孔 5 b は、第一傾斜孔 5 b の中心軸 O 1 の方向が第一傾斜孔 5 b の開口から底部に向かうにしたがって、回転軸 2 の回転方向 R の前方側に向けて傾斜している。本実施形態でいる回転軸 2 の回転方向 R とは、図 3 における紙面上時計回りの方向である。具体的には、図 5 に示すように、第一傾斜孔 5 b は、その中心軸 O 1 と、第一傾斜孔 5 b を形成する前の本体部 5 a の内周面 5 c との交点を通して回転軸 2 と直交する直交軸 O a に対して中心軸 O 1 の角度が回転軸 2 の周方向に向か

50

って所定の角度 α となるように傾斜して形成されている。本実施形態では、所定の角度 α が10度から40度となるように形成されていることが好ましい。これは、第一傾斜孔5bを傾斜させる角度 α を大きくすればするほど、本体部5aの内周面5cにおける開口が大きくなることで、配置可能な第一傾斜孔5bの数が低減してしまう点と、傾斜させるほどドリル加工等による加工が困難になる点を考慮したものである。

【0031】

次に、上記構成のシール装置5の作用について説明する。

上記のような回転機械1では、流体であるプロセスガスGを圧縮することで、回転軸2の外周面2aと本体部5aの内周面5cとの間の隙間SにもプロセスガスGの一部が流入し、回転軸2の外周面2aの周りにらせん状をなして軸線P方向に向かう漏れ流れが生じる。この漏れ流れは、回転軸2の回転方向Rに向かう周方向の分である漏れ旋回流れと、回転軸2の軸線P方向に向かう成分である漏れ軸線方向流れとによって構成されている。そして、本実施形態の回転機械1では、この漏れ流れを生じさせているプロセスガスGが本体部5aに形成された複数の第一傾斜孔5bの内部に流入することで、回転軸2の軸線P方向に沿って上流側から下流側に向かってプロセスガスGが流出してしまうことが抑制されている。

【0032】

上記のようなシール装置5によれば、本体部5aに形成される第一傾斜孔5bの中心軸O1が直交軸Oaに対して所定の角度 α となるように回転軸2の回転方向Rの前方側に向けて傾いて形成されていることで、本体部5aの内周面5cにおける第一傾斜孔5bの開口の大きさが、中心軸O1が傾斜せずに直交軸Oaと一致している場合の孔の開口に比べて大きくなる。そのため、より多くのプロセスガスGが第一傾斜孔5b内に流入することができる。したがって、回転軸2の外周面2aと本体部5aの内周面5cとの間の隙間Sを通して下流側である軸線P方向の他方側に向かって流出するプロセスガスGの漏れ量を低減することができる。

【0033】

また、第一傾斜孔5bが回転軸2の回転方向Rの前方側に向けて傾いて形成されていることで、第一傾斜孔5bに流入したプロセスガスGが第一傾斜孔5bの底部に衝突して再び第一傾斜孔5bの開口から隙間Sに流出する際に、図5に示すように、回転軸2の外周面2aに直交する軸線Pに向かう成分X1と、漏れ旋回流れに対向する回転軸2の回転方向Rに対して逆向きの成分X2とを有した状態で隙間Sに向かって流出させることができる。そのため、隙間Sを流れるプロセスガスGの漏れ旋回流れに対して漏れ旋回流れに対向する成分を有する流れを衝突させることができ、漏れ旋回流速を低減することができる。したがって、回転軸2の外周面2aの周りの隙間Sの漏れ旋回流れによる不安定化力を低減し、回転軸2の不安定振動を軽減することができる。即ち、回転軸2の外周面2aと本体部5aの内周面5cとの間の隙間Sの漏れ流れの影響を低減することができる。

【0034】

さらに、このようなシール装置5を用いた回転機械1によれば、回転軸2の不安定振動を抑制することができ、かつ漏れ低減により回転機械1として効率を高めて、性能を向上させることができる。

【0035】

《第二実施形態》

次に、図6から図8を参照して第二実施形態のシール装置51について説明する。

第二実施形態においては第一実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。この第二実施形態のシール装置51は、孔が傾斜する方向について、第一実施形態と相違する。

【0036】

即ち、第二実施形態のシール装置51は、本体部51aに軸線P方向に傾斜する第二傾斜孔51b（孔）が形成されている。

【0037】

第二傾斜孔 5 1 b は、第一実施形態の第一傾斜孔 5 b と同様に、中心軸 O 2 と直交する断面形状が円形状をなすように本体部 5 1 a の内周面 5 1 c から窪んで形成されている。第二傾斜孔 5 1 b は、図 6 及び図 7 に示すように、第二傾斜孔 5 1 b の中心軸 O 2 の方向が第二傾斜孔 5 1 b の開口から底部に向かうにしたがって、回転軸 2 の軸線 P 方向に沿って隙間 S を流れるプロセスガス G の流れの下流側である軸線 P 方向の一方側に向けて傾斜している。具体的には、図 8 に示すように、第二傾斜孔 5 1 b は、直交軸 O a に対する中心軸 O 2 の角度が回転軸 2 の軸線 P 方向に向かって所定の角度 α となるように傾斜して形成されている。本実施形態では、所定の角度 α が 10 度から 40 度となるように形成されていることが好ましい。

【0038】

上記のようなシール装置 5 1 によれば、本体部 5 1 a に形成される第二傾斜孔 5 1 b の中心軸 O 2 が直交軸 O a に対して所定の角度 α となるように回転軸 2 の軸線 P 方向に沿ってプロセスガス G の流れの下流側に向けて傾いて形成されていることで、本体部 5 1 a の内周面 5 1 c における第二傾斜孔 5 1 b の開口の大きさが、中心軸 O 2 が傾斜せずに直交軸 O a と一致している場合の孔の開口に比べて大きくなる。そのため、より多くのプロセスガス G が第二傾斜孔 5 1 b 内に流入することができる。したがって、回転軸 2 の外周面 2 a と本体部 5 1 a の内周面 5 1 c との間の隙間 S を通って下流側である軸線 P 方向の他方側に向かって流出するプロセスガス G の漏れ量を低減することができる。

【0039】

また、第二傾斜孔 5 1 b が回転軸 2 の軸線 P 方向に沿ってプロセスガス G の流れの下流側に向けて傾いて形成されていることで、第二傾斜孔 5 1 b に流入したプロセスガス G が第二傾斜孔 5 1 b の底部に衝突して再び第二傾斜孔 5 1 b の開口から隙間 S に流出する際に、図 8 に示すように、回転軸 2 の外周面 2 a に直交する軸線 P に向かう成分 X 1 と、漏れ軸線方向流れに対向する上流側に向かう成分 X 3 とを有した状態で隙間 S に向かって流出させることができる。そのため、隙間 S を流れるプロセスガス G の漏れ軸線方向流れに対して、この漏れ軸線方向流れに対向する成分を有する流れを衝突させることができ、漏れ軸線方向流速を低減することができる。したがって、隙間 S を流れるプロセスガス G の流速を低減させて、隙間 S を通って下流側である軸線 P 方向の他方側に向かって流出するプロセスガス G の漏れ量をより一層低減することができる。即ち、回転軸 2 の外周面 2 a と本体部 5 1 a の内周面 5 1 c との間の隙間 S の漏れ流れの影響を低減することができる。

【0040】

《第三実施形態》

次に、図 9 及び図 10 を参照して第三実施形態のシール装置 5 2 について説明する。

第三実施形態においては第一実施形態及び第二実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。この第三実施形態のシール装置 5 2 は、孔が傾斜する方向について、第一実施形態及び第二実施形態と相違する。

【0041】

即ち、第三実施形態のシール装置 5 2 は、本体部 5 2 a に回転軸 2 の回転方向 R の前方側に向けて傾斜し、かつ、回転軸 2 の軸線 P 方向に沿ってプロセスガス G の流れの下流側に向けて傾斜する第三傾斜孔 5 2 b (孔) が形成されている。

【0042】

第三傾斜孔 5 2 b は、第一実施形態及び第二実施形態と同様に、中心軸 O 3 と直交する断面形状が円形状をなすように本体部 5 2 a の内周面 5 2 c から窪んで形成されている。第三傾斜孔 5 2 b は、図 9 及び図 10 に示すように、第三傾斜孔 5 2 b の中心軸 O 3 の方向が第三傾斜孔 5 2 b の開口から底部に向かうにしたがって、回転軸 2 の回転方向 R の前方側に向けて傾斜しながら、回転軸 2 の軸線 P 方向に沿って軸線 P 方向の一方側に向けて傾斜している。即ち、第三傾斜孔 5 2 b は、第一実施形態の第一傾斜孔 5 b と第二実施形態の第二傾斜孔 5 1 b と組み合わせた形状を有している。具体的には、第三傾斜孔 5 2 b は、直交軸 O a に対する中心軸 O 3 の角度が、回転軸 2 の周方向及び軸線 P 方向に対してそ

れぞれ所定の角度 α となるように傾斜して形成されている。本実施形態では、所定の角度 α がそれぞれ10度から40度の範囲で同じ角度となるように形成されていることが好ましい。

【0043】

上記のようなシール装置52によれば、第三傾斜孔52bが回転軸2の回転方向Rの前方側及び回転軸2の軸線P方向の下流側に向けて傾いて形成されていることで、第三傾斜孔52bに流入したプロセスガスGが隙間Sに流出する際に、漏れ旋回流れに対向する成分X2だけでなく漏れ軸線方向流れに対向する成分X3も有した状態で隙間Sに向かって流出させることができる。そのため、隙間Sを流れるプロセスガスGの漏れ旋回流れ及び漏れ軸線方向流れに対して、それぞれ対向する成分を有する流れを衝突させることができ、漏れ旋回流れ及び漏れ軸線方向流れの両方を含む漏れ流れの勢いを低減することができる。したがって、回転軸2の外周面2aの周りの漏れ流れによる不安定化力を低減し、回転軸2の不安定振動を軽減しながら、プロセスガスGの漏れ量をより一層低減することができる。即ち、回転軸2の外周面2aと本体部52aの内周面52cとの間の隙間Sの漏れ流れの影響をより一層低減することができる。

【0044】

《第四実施形態》

次に、図11及び図12を参照して第四実施形態のシール装置53について説明する。

第四実施形態においては第一実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。この第四実施形態のシール装置53は、孔が傾斜する角度が周方向で異なる点について、第一実施形態と相違する。

【0045】

即ち、第四実施形態のシール装置53は、本体部53aに回転軸2の回転方向Rの前方側に向けて傾斜する角度が周方向の位置によって異なる第四傾斜孔53b（孔）が形成されている。

【0046】

第四傾斜孔53bは、中心軸O4と直交する断面形状が円形状をなすように本体部53aの内周面53cから窪んで形成されている。第四傾斜孔53bは、内周面53cにおいて軸線Pの周方向の形成される位置によって、第四傾斜孔53bの中心軸O4の方向が第四傾斜孔53bの開口から底部に向かうにしたがって、回転軸2の回転方向Rの前方側に向けて傾斜する角度を変化させて形成されている。具体的には、第四傾斜孔53bは、内周面53cにおいて、内周面53cの周方向に並んで配置され、内周面53cの一侧である水平方向D2の位置から周方向に90度異なる他側である鉛直方向D1の位置に向かうにしたがって中心軸O4の回転軸2の回転方向Rの前方側に向けて傾斜する角度が次第に大きく形成される。つまり、第四傾斜孔53bは、内周面53cにおいて回転軸2の軸線Pの径方向の一方向である水平方向D2から、水平方向D2に対して90度回転した他方向である鉛直方向D1に向かうにしたがって傾斜する角度が次第に大きくなるよう形成されている。より具体的には、回転軸2の周方向に向かって傾斜して形成される中心軸O4の直交軸Oaに対する角度が、本体部53aの内周面53cにおいて水平方向D2に開口が形成された第四傾斜孔53bは、10度に形成される。そして、本体部53aの内周面53cにおいて鉛直方向D1に開口が形成された第四傾斜孔53bでは40度に形成される。したがって、図11に示すように、水平方向D2の紙面右側では中心軸O4の直交軸Oaに対する角度が10度に形成されて、徐々に角度が大きくなりながら鉛直方向D1の上方である紙面上側では中心軸O4の直交軸Oaに対する角度が40度に形成される。そして、また、水平方向D2の紙面左側に向かうにしたがって徐々に角度が小さくなり、水平方向D2の紙面左側では中心軸O4の直交軸Oaに対する角度が10度に形成される。同様に、鉛直方向D1の下方である紙面下側に向かうにしたがって徐々に角度が大きくなり、水平方向D2の紙面右側に向かうにしたがって徐々に角度が小さくなる。

【0047】

上記のようなシール装置53によれば、第四傾斜孔53bが水平方向D2から鉛直方向

D 1に向かうにしたがって傾斜する角度が次第に大きくなるよう形成されていることで、第四傾斜孔 5 3 b に流入したプロセスガス G が隙間 S に流出する際の漏れ旋回流れに対向する回転軸 2 の回転方向 R に対して逆向きの成分の大きさを軸線 P の周方向の位置によって変化させることができる。具体的には、水平方向 D 2 に形成された第四傾斜孔 5 3 b において最も漏れ旋回流れに対向する成分を小さくして、鉛直方向 D 1 に形成された第四傾斜孔 5 3 b において最も漏れ旋回流れに対向する成分を大きくすることができる。そのため、鉛直方向 D 1 の位置における漏れ旋回流速を水平方向 D 2 の位置における漏れ旋回流速に比べて大きく低減することができる。したがって、旋回流速がシールの周方向で異方性を持ち、旋回流速の影響を受ける内周面 5 3 c と回転軸 2 との間の流体による剛性効果、減衰効果も周方向の直交 2 方向で異方性を持つ。このシール特性の異方性は、回転軸 2 の不安定振動時の軸線 P 回りの真円振れ回りを弱める働きをするため、回転軸 2 の不安定振動を低減することができる。

10

【0048】

以上、本発明の実施形態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、およびその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはなく、特許請求の範囲によってのみ限定される。

【0049】

なお、本実施形態では、本体部 5 a、5 1 a、5 2 a、5 3 a に形成される孔を円形状としたがこれに限定されるものではなく、例えば、六角形状や四角形であってもよい。

20

また、シール装置 5、5 1、5 2、5 3 として、孔が本体部 5 a、5 1 a、5 2 a、5 3 a の内周面 5 3 c において周方向及び軸線 P 方向に互いに隣接して形成されることに限定されるものでなく、一定の間隔を開けて形成されていてもよい。

【0050】

さらに、上述した各実施形態においては、シール装置 5、5 1、5 2、5 3 が、三段式インペラ群 4 B と三段式インペラ群 4 A との間の回転軸 2 周りに設けられる場合について説明したがこれに限定されるものではない。例えば、インペラ 4 の入口の口金部、および、多段式インペラの最終段に設けられたバランスピストン部などに設けてもよい。

また、インペラ 4 はクローズ型のインペラに限られず、オープン型のインペラであってもよい。

30

【0051】

さらに、インペラ 4 は三段式に限られるものではない。また、上述した各実施形態においては、シール装置 5、5 1、5 2、5 3 を設ける回転機械 1 として遠心圧縮機を一例に説明した。しかし、回転機械 1 は遠心圧縮機に限られるものではない。この発明のシール装置 5、5 1、5 2、5 3 は、例えば、軸流圧縮機、半径流タービン、軸流タービン、各種産業用圧縮機、および、ターボ冷凍機などにも適用可能である。

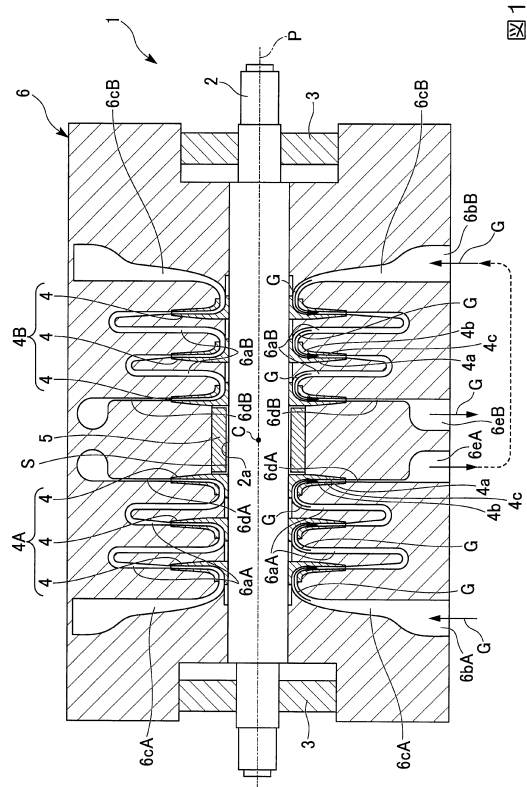
【符号の説明】

【0052】

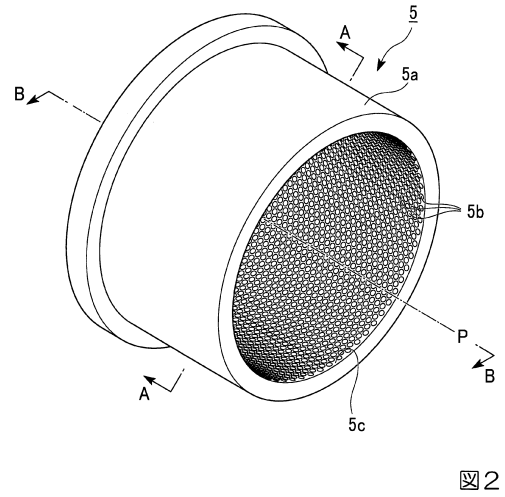
1 … 回転機械 P … 軸線 C … 中央位置 G … プロセスガス 2 … 回転軸 2 a … 外周面
3 … 軸受 4 … インペラ 4 A、4 B … 三段式インペラ群 4 a … ディスク 4 b … カ
バー 4 c … ブレード 5、5 1、5 2、5 3 … シール装置 5 a、5 1 a、5 2 a、5
3 a … 本体部 5 b … 第一傾斜孔 O 1、O 2、O 3、O 4 … 中心軸 O a … 直交軸 S
… 隙間 6 … ケーシング 6 a A、6 a B … ケーシング流路 6 b A、6 b B … 吸込口
6 c A、6 c B … 吸込流路 6 d A、6 d B … 排出流路 6 e A、6 e B … 排出口 5 1
b … 第二傾斜孔 5 2 b … 第三傾斜孔 5 3 b … 第四傾斜孔 D 1 … 鉛直方向 D 2 … 水
平方向

40

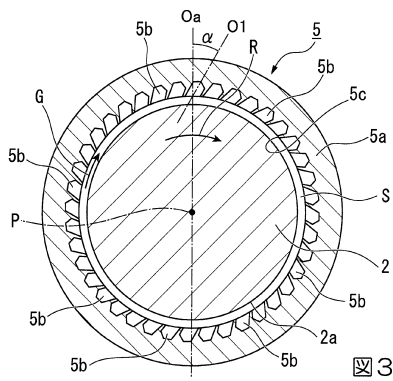
【図 1】



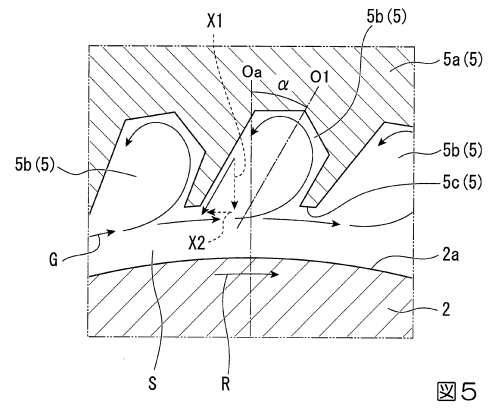
【図 2】



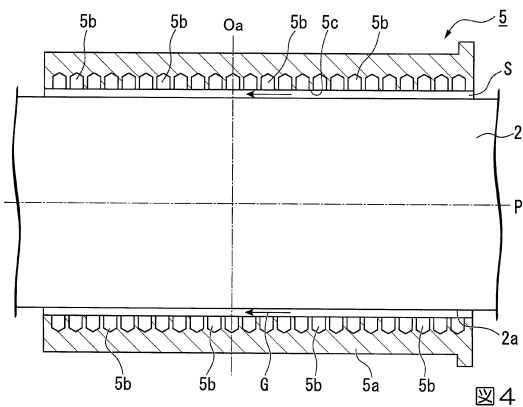
【図 3】



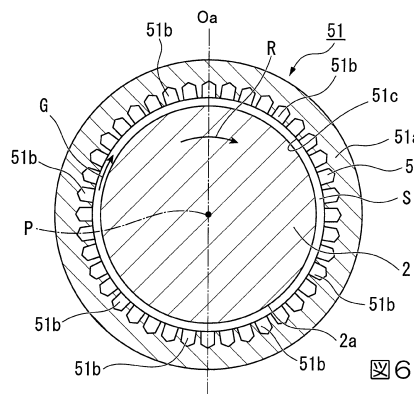
【図 5】



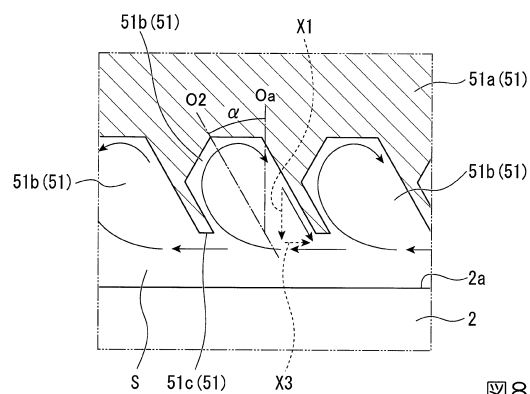
【図 4】



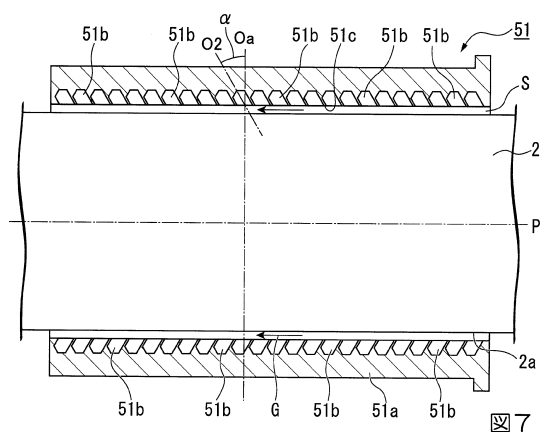
【図 6】



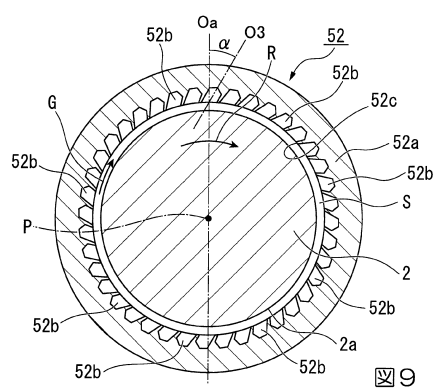
【図 8】



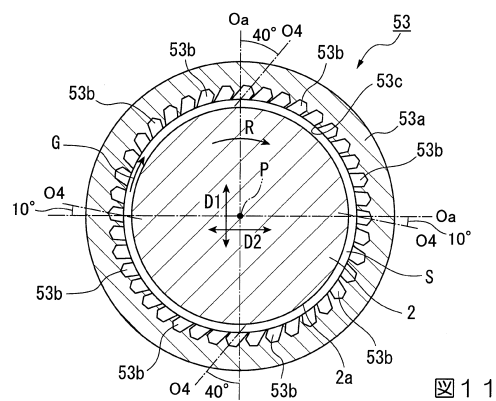
【図 7】



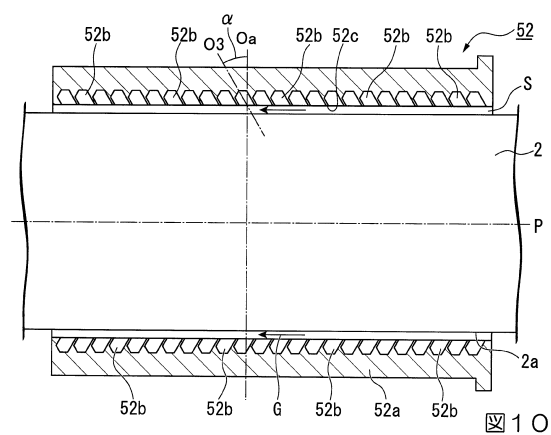
【図 9】



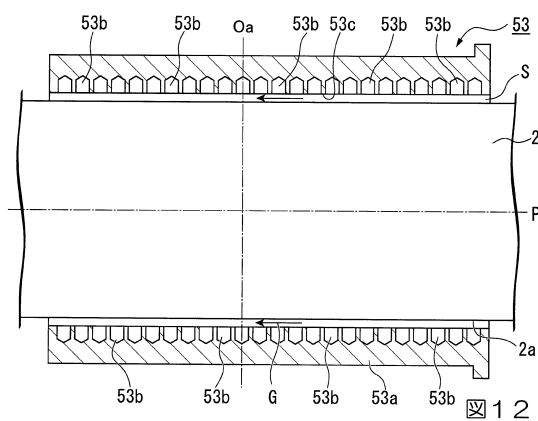
【図 1 1】



【図 10】



【图 1 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100149548

弁理士 松沼 泰史

(72)発明者 佐部利 誠司

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 長井 直之

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 得山 伸一郎

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工コンプレッサ株式会社内

審査官 山田 康孝

(56)参考文献 特開2014-126139 (JP, A)

特開平08-303608 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16J 15/447

F04D 29/10

F16J 15/44