

明 細 書

発明の名称： オイルフリースクリュ圧縮機

技術分野

[0001] 本発明は、オイルフリースクリュ圧縮機に関する。

背景技術

[0002] 従来より、互いに噛み合う雄スクリュロータのスクリュ部と雌スクリュロータのスクリュ部との間に潤滑油（オイル）が供給されない、いわゆるオイルフリースクリュ圧縮機が使用されている。このようなオイルフリースクリュ圧縮機は、スクリュロータのスクリュ部を収容するロータ室内に、スクリュロータのシャフト部を支持する軸受に供給された潤滑油が侵入しないように構成されている。特に、スクリュ圧縮機内への吸気が制限された状態での運転であるアンロード運転によってロータ室内に負圧が発生しているときに、軸受の潤滑油がロータ室内に侵入しないように構成されている。

[0003] 例えば、特許文献１に記載されたオイルフリースクリュ圧縮機は、スクリュロータのシャフト部に外挿され、スクリュロータのスクリュ部と軸受との間に配置された筒状の第１および第２の軸封装置を有する。第１の軸封装置は、スクリュロータのスクリュ部側に配置され、内周面に設けられたシール部と、そのシール部に対して軸受側に設けられて内周面側と外周面側との間を連通する連通部とを有する。一方、第２の軸封装置は、第１の軸封装置の軸受側に配置され、内周面に設けられたシール部と、そのシール部に対してスクリュロータのスクリュ部側に設けられて内周面側と外周面側との間を連通する連通部とを有する。第１の軸封装置の連通部は、スクリュロータを収容するケーシングに形成された第１の大気連通部を介してケーシング外部の大気に連通している。一方、第２の軸封装置の連通部は、ケーシングに形成された第２の大気連通部を介してケーシング外部の大気に連通している。

[0004] アンロード運転では、ロータ室内に発生した負圧によって、第１の軸封装置が有する連通部からケーシング外部の大気が流入する。しかし、第１の軸

封装置が有する連通部だけでは第2の軸封装置内周面のシール部に負圧が発生し、ロータ室へ微量の潤滑油が侵入する場合がある。シール部に発生する負圧を解消し、潤滑油侵入を防止するため、第2の軸封装置に有する連通部からもケーシング外部の大気が流入する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：実開昭61-144289号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載されたオイルフリースクリュ圧縮機のケーシングは、第1の大気連通部と第2の大気連通部とが形成されている点で構造が複雑であり、製造が煩雑である。

[0007] また、第1および第2の大気連通部は、互いに干渉しないように、スクリュロータの回転中心線の延在方向における位置が異なるようにケーシングに形成されている。そのため、これらの大気連通部と連通する第1の軸封装置の連通部と第2の軸封装置の連通部を、スクリュロータの回転中心線の延在方向に互いに接近して配置することが制限される。すなわち、第1の軸封装置の連通部と第2の軸封装置の連通部との間の距離が必然的に長くなる。それにともない、スクリュロータのスクリュ部と軸受との間の距離も必然的に長くなる。言い換えると、スクリュ部の両側のシャフト部をそれぞれ支持する2つの軸受の間の距離も必然的に長くなる。

[0008] その結果、スクリュロータ（特にシャフト部）は撓みやすくなる。スクリュロータが撓むと、スクリュ圧縮機の性能、例えば体積効率などが低下する。

[0009] そこで、本発明は、製造が容易でスクリュロータの撓みが抑制される構成を備えるオイルフリースクリュ圧縮機を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記技術的課題を解決するために、本発明の第1の態様によれば、
- スクリュ部とシャフト部とを備えるスクリュロータと、
- 前記シャフト部を支持する軸受と、
- 前記シャフト部に外挿されて、前記スクリュ部と前記軸受との間に配置され、且つ、前記シャフト部に対向する第1のシール部と、前記シャフト部と前記第1のシール部の間に対して前記軸受側と外周面とを連通させる第1の連通部を備える第1の軸封装置と、
- 前記シャフト部に外挿されて、前記第1の軸封装置と前記軸受との間に配置され、且つ、前記シャフト部に対向する第2のシール部と、前記シャフト部と前記第2のシール部の間に対して前記スクリュ部側と外周面とを連通させる第2の連通部を備える第2の軸封装置と、
- 前記スクリュ部が収容されるロータ室と、前記シャフト部、前記軸受、前記第1の軸封装置、および前記第2の軸封装置が収容されるシャフト収容空間とを備えるケーシングと、
- 前記シャフト部に外挿され、前記第1の連通部と前記第2の連通部との間で前記シャフト部に対向して両連通部を隔てる環状のシール部を備える第1のシール部材と、を有し、
- 前記ケーシングが、前記シャフト収容空間の内周面で前記第1および第2の連通部の両方に接続し、且つ、前記第1および第2の連通部とを大気に連通する大気連通部を備え、
- 前記第1の連通部における流路断面積が、前記第1のシール部材のシール部と前記シャフト部との間の流路断面積に比べて大きい、オイルフリースクリュ圧縮機が提供される。
- [0011] 第1の軸封装置の第1の連通部を大気に連通するための大気連通部と第2の軸封装置の第2の連通部を大気に連通するための大気連通部とをケーシングに形成する場合に比べて、すなわち2つの大気連通部をケーシングに形成する場合に比べて、ケーシングの構造がシンプルであり、それにより製造が容易になる。

[0012] また、第1の軸封装置の第1の連通部と第2の軸封装置の第2の連通部の両方を1つの大気連通部を介して大気に連通する構成であるため、第1の軸封装置の第1の連通部を大気に連通するための大気連通部と第2の軸封装置の第2の連通部を大気に連通するための大気連通部とをケーシングに形成する場合に比べて、第1の連通部と第2の連通部の間の距離を短くすることができる。それにともない、スクリュロータと軸受との間の距離も短くすることができる。その結果、スクリュロータの撓みを抑制することができる。

[0013] さらに、第1の連通部における流路断面積が第1のシール部材のシール部とスクリュロータのシャフト部との間の流路断面積に比べて大きいために、大気連通部を介して外部から流入した大気は、第1の軸封装置の第1の連通部に流入する。これにより、大気が第2の軸封装置の第2の連通部に入って第1のシール部材のシール部とシャフト部との間を通過してロータ室に向かうことが抑制される。その結果として、第2の軸封装置のシール部とシャフト部との間での負圧の発生が抑制でき、それにより、その負圧によって軸受の潤滑油が第2の軸封装置のシール部とシャフト部との間に誘引され、その誘引された潤滑油が最終的にロータ室に進入することが抑制される。

発明の効果

[0014] 本発明のオイルフリースクリュ圧縮機によれば、製造が容易でスクリュロータの撓みが抑制される。

図面の簡単な説明

[0015] 本発明のこれらの態様と特徴は、添付された図面についての好ましい実施の形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

[図1]本発明の一実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の内部を示す概略的断面図

[図2]スクリュロータの回転中心線の延在方向に見たオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図3]図1の部分拡大図

[図4]第1および第2の軸封装置の分解断面図

[図5]第1および第2の軸封装置の係合状態を示す断面図

[図6]図2のオイルフリースクリュ圧縮機が姿勢変更された状態を示す概略的正面図

[図7]図2および図6に示すオイルフリースクリュ圧縮機に対して、第2の軸封装置の連通部に対する第1の軸封装置の連通部の相対位置が異なるオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図8]本発明の別の実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の大気連通部を概略的に示す断面図

[図9]本発明のさらに別の実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の大気連通部を概略的に示す断面図

[図10]本発明の異なる実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の大気連通部を概略的に示す断面図

[図11]本発明のさらに異なる実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図12]図11に示す実施形態の改良形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図13]図11に示す実施形態の別の改良形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図14]図11に示す実施形態の異なる改良形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図

[図15]本発明のまたさらに別の実施の形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の部分断面図

[図16]本発明のまたさらに異なる実施の形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の部分断面図

発明を実施するための形態

[0016] 以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。ただし、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、すでによく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合があ

る。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

[0017] なお、発明者（ら）は、当業者が実施の形態を十分に理解するために図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものではない。

[0018] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

[0019] 図1は、本発明の一実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機（以下、「スクリュ圧縮機」と称する）の内部を示す概略的断面図である。図2は、スクリュ圧縮機のスクリュロータの回転中心線延在方向（X軸方向）に見たスクリュ圧縮機10の概略的正面図であって、一部の構成要素の配置を示している。なお、図1は、図2に示す矢印方向Aに見たスクリュ圧縮機の断面図である。

[0020] 図1および図2に示すように、スクリュ圧縮機10は、ケーシング12を有する。また、スクリュ圧縮機10は、ケーシング12内に収容された雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16を有する。

[0021] なお、雄スクリュロータ14と雌スクリュロータ16について、互いに非接触の状態で噛み合うスクリュ部を除く他の部分は実質的に同一である。したがって、以下、雄スクリュロータ14を中心に説明し、雌スクリュロータ16の説明は省略する。

[0022] 図1に示すように、雄スクリュロータ14は、スクリュ部14aと、スクリュ部14aの両端（その回転中心線Cの延在方向の両端）に設けられたシャフト部14b、14cとを有する。

[0023] 雄スクリュロータ14のスクリュ部14aは、雌スクリュロータ16のスクリュ部（図示せず）とともに、ケーシング12のロータ室12a内に収容されている。ロータ室12aは、空気をその内部に取り込むために、ケーシング12内に形成された吸引用流路12bを介して、ケーシング12の外面に形成された吸引ポート12cに連通している。ロータ室12aはまた、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16とによって圧縮された空気

をケーシング 12 外部に吐出するために、吐出用流路 12 d を介して、吐出ポート 12 e に連通している。

[0024] 雄スクリュロータ 14 の一方のシャフト部 14 b (図 1 において左側) の先端側には、駆動ギア 18 が取り付けられている。この駆動ギア 18 は、モータ (図示せず) によって回転駆動される。

[0025] 雄スクリュロータ 14 の他方のシャフト部 14 c (図 1 において右側) の先端側には、タイミングギア 20 が取り付けられている。このタイミングギア 20 に噛み合うタイミングギア (図示せず) が、雄スクリュロータ 14 のシャフト部 14 c に対して平行に延在する雌スクリュロータ 16 のシャフト部 (図示せず) に取り付けられている。

[0026] また、雄スクリュロータ 14 は、複数の軸受 22、24、26、28 によって回転可能に支持されている。本実施形態の場合、シャフト部 14 b、14 c の先端側に玉軸受 22、28 が配置され、スクリュ部 14 a 側にローラ軸受 24、26 が配置されている。

[0027] これらの軸受 22、24、26、28 に対して潤滑油を供給するための潤滑用流路 12 f、12 g がケーシング 12 内に形成されている。具体的には、ケーシング 12 には、雄スクリュロータ 14 のシャフト部 14 b、14 c と、軸受 22、24、26、28 とを収容するシャフト収容空間 12 h、12 j とが形成されている。潤滑用流路 12 f は、シャフト部 14 b に外挿された状態の軸受 22、24 の間におけるシャフト収容空間 12 h の部分に潤滑油を供給するように、ケーシング 12 に形成されている。また、潤滑用流路 12 g は、シャフト部 14 c に外挿された状態の軸受 26、28 の間におけるシャフト収容空間 12 j の部分に潤滑油を供給するように、ケーシング 12 に形成されている。なお、潤滑用流路 12 f、12 g は、潤滑油を吐出するオイルポンプの吐出ポート (図示せず) に接続されている。

[0028] モータ (図示せず) によって駆動ギア 18 が回転されると、雄スクリュロータ 14 が回転するとともに、タイミングギア 20 を介して雌スクリュロータ 16 が回転する。それにより、吸引ポート 12 c を介してロータ室 12 a

内に空気を取り込まれ、取り込まれた空気は同期回転する雄スクリュロータ 14 と雌スクリュロータ 16 とによって圧縮される。圧縮された空気は、吐出ポート 12 e を介してケーシング 12 の外部に吐出される。

[0029] スクリュ圧縮機 10 は、ロータ室 12 a 内の圧縮空気が外部（シャフト収容空間 12 h、12 j）に漏れないように、また複数の軸受 22、24、26、28 の潤滑油がロータ室 12 a 内に侵入しないように構成されている。具体的には、図 1 に示すように、スクリュ圧縮機 10 は、ロータ室 12 a 内の圧縮空気の外部への漏れを抑制するための第 1 の軸封装置 30 と、潤滑油のロータ室 12 a 内への侵入を抑制するための第 2 の軸封装置 32 とを有する。

[0030] 図 1 に示すように、第 1 の軸封装置 30 および第 2 の軸封装置 32 は、雄スクリュロータ 14 のシャフト部 14 b、14 c それぞれに外挿可能な筒状であって、軸受 24 とロータ室 12 a との間および軸受 26 とロータ室 12 a との間に配置されている。また、第 1 の軸封装置 30 は、第 2 の軸封装置 32 に対してロータ室 12 a 側に配置されている。

[0031] ここからは、第 1 の軸封装置 30 と第 2 の軸封装置 32 の詳細について説明する。なお、雄スクリュロータ 14 のシャフト部 14 b、14 c それぞれに外挿されている第 1 および第 2 の軸封装置 30、32 は実質的に同一である。したがって、以下、雄スクリュロータ 14 の一方のシャフト部 14 c（雄スクリュロータ 14 のタイミングギア 20 側）に外挿されている第 1 および第 2 の軸封装置 30、32 を中心に説明する。

[0032] 図 3 は、図 1 の部分拡大図であり、雄スクリュロータ 14 のタイミングギア 20 側のシャフト部 14 c に外挿された状態の第 1 の軸封装置 30 および第 2 の軸封装置 32 とを示している。また、図 4 は、シャフト部 14 c から取り外された状態の第 1 の軸封装置 30 および第 2 の軸封装置 32 を示している。

[0033] 図 3 および図 4 に示すように、本実施形態の場合、第 1 の軸封装置 30 は、筒状の本体部 34 と、2 つのシールリング 36、38 とを有する。

- [0034] 図3に示すように、第1の軸封装置30の筒状の本体部34は、雄スクリュロータ14のシャフト部14cに外挿されている。また、本体部34は、ケーシング12のシャフト収容空間12jの内周面12kと対向する外周面34aを備える。さらに、本体部34には、シャフト収容空間12jの内周面12kと外周面34aとの間をシールするために、外周面34aに環状の弾性部材40（例えば、Oリング）が装着されている。
- [0035] 2つのシールリング36、38は、雄スクリュロータ14のシャフト部14cに外挿されている。また、2つのシールリング36、38は、その内周面に、シャフト部14cの外周面14dに対向するシール部36a、38a（第1のシール部）を備える。例えば、シール部36a、38aは、シール面である。このシール部36a、38aにより、シールリング36、38とシャフト部14cの外周面14dとの間がシールされる。
- [0036] 図3に示すように、第1の軸封装置30の本体部34は、2つのシールリング36、38の間に配置されている。また、シールリング36、38と本体部34との接触を維持するために、シールリング36、38それぞれは付勢部材42、44によって本体部34に向かって付勢されている。付勢部材42はケーシング12とシールリング36との間に配置され、付勢部材44（第1の付勢部材）は、シールリング38と第2の軸封装置32との間に配置されている。付勢部材42、44は、例えばウェーブスプリングである。これにより、本体部34とシールリング36、38との間がシールされている。
- [0037] 第1の軸封装置30により、ロータ室12a内の圧縮空気のシャフト収容空間12j内への漏れが防止され、ロータ室12a内の圧縮空気は吐出用流路12dを介して吐出ポート12eに向かって流れる。
- [0038] 図3および図4に示すように、本実施形態の場合、第2の軸封装置32は、一体構造の筒状の部材であって、雄スクリュロータ14のシャフト部14cに外挿可能に構成されている。筒状の第2の軸封装置32はまた、その内周面に、シャフト部14cの外周面14dに対向するシール部32a（第2

のシール部)を備える。本実施形態の場合、このシール部32aは、ビスコシールである。第2の軸封装置32はさらに、ケーシング12のシャフト収容空間12jの内周面12kと対向する外周面32bを備える。外周面32bには、シャフト収容空間12jの内周面12kと外周面32bとの間をシールするための環状の弾性部材46(例えば、Oリング)が装着されている。

[0039] 第2の軸封装置32により、図1に示すように潤滑用流路12gを介して軸受26、28に供給された潤滑油のロータ室12a内への侵入が抑制される。

[0040] 第1および第2の軸封装置30、32を用いることに加えて、圧縮空気のロータ室12aからの漏れおよび潤滑油のロータ室12a内への侵入をさらに効果的に抑制するように、スクリュ圧縮機10は構成されている。

[0041] 例えば、雄スクリュロータ14(および雌スクリュロータ16)が高速回転する場合、ロータ室12a内の圧縮空気が第1の軸封装置30と高速回転中のシャフト部14b、14cとの間を通過する可能性がある。また例えば、スクリュ圧縮機10がアンロード運転中の場合、すなわち吸引ポート12cへの空気の流入が制限されている場合、ロータ室12a内が負圧になり、その結果として軸受22、24、26、28の潤滑油が第2の軸封装置32とシャフト部14b、14cとの間を通過して、次に第1の軸封装置30とシャフト部14b、14cとの間を通過してロータ室12a内に侵入する可能性がある。

[0042] これらの可能性を考慮して、本実施形態の場合、スクリュ圧縮機10は、第1の軸封装置30と雄スクリュロータ14との間を通過した圧縮空気と、第2の軸封装置32と雄スクリュロータ14との間を通過した潤滑油とをケーシング12の外部に排出するように構成されている。

[0043] そのために、図3に示すように、第1の軸封装置30は、そのシール部38aに対して軸受26側の内周面の部分と外周面とを連通させる連通部30a(第1の連通部)を備える。また、第2の軸封装置32は、そのシール部

32aに対してスクリュ部14a側の内周面の部分と外周面とを連通させる連通部32c（第2の連通部）を備える。

[0044] 具体的には、本実施形態の場合、筒状の第1および第2の軸封装置30、32は、図5に示すように、雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向（X軸方向）に互いに係合した状態で配置される。例えば、図4に示すように、第1の軸封装置30の第2の軸封装置32側の端部に、第2の軸封装置32の第1の軸封装置30側の端部32dに係合する凹部34cが形成されている。それにより、図5に示すように、第1および第2の軸封装置30、32は、雄スクリュロータ14の径方向に見た場合にオーバーラップするように係合する。なお、第1および第2の軸封装置30、32は、雄スクリュロータ14の回転中心線Cを中心とする角度位置が変化しないように係合する。

[0045] また、本実施形態の場合、第1の軸封装置30の連通部30aは、図4に示すように、その本体部34の軸受26側（第2の軸封装置32側）端面に形成された切欠き部34bによって構成されている。図5を併せて参照すると、第1および第2の軸封装置30、32が係合して1つの筒状の構造体が構成されると、切欠き部34bによってその1つの筒状の構造体にスロット状の貫通穴が形成される。このスロット状の貫通穴が第1の軸封装置30の連通部30aとして機能する。

[0046] 一方、第2の軸封装置32の連通部32cは、本実施形態の場合、複数の貫通穴によって構成される。具体的には、複数の連通部32cは、シール部32aに対して雄スクリュロータ14のスクリュ部14a側（第1の軸封装置30側）で、第2の軸封装置32の内周面側から外周面側に向かって貫通している。

[0047] 第1の軸封装置30の連通部30aおよび第2の軸封装置32の複数の連通部32cを大気に連通するために、ケーシング12は大気連通部12mを備える。

[0048] 本実施形態の場合、大気連通部12mは、接続空間部12nと外部連通部

12 p、12 qとを備える。図3に示すように、接続空間部12 nは、第1および第2の軸封装置30、32の連通部30 a、32 cの両方に接続するようにシャフト収容空間12 jの内周面12 kに凹部状に形成されている。図1に示すように、外部連通部12 p、12 qは、接続空間部12 nとケーシング12の外部の大気とを連通する。

[0049] 本実施形態の場合、大気連通部12 mの接続空間部12 nは、第1および第2の軸封装置30、32の外周に沿ってその周方向に延在するように、且つ、第1および第2の軸封装置30、32の連通部30 a、32 cの両方に接続するようにシャフト収容空間12 jの内周面12 kに形成された凹部である。

[0050] 本実施形態の場合、図2に示すように、雄スクリュロータ14と雌スクリュロータ16それぞれに対して外挿された第1および第2の軸封装置30、32の連通部30 a、32 c（ハッチング部分）と接続するケーシング12の大気連通部12 mの接続空間部12 nは、一体化されて一つの共通空間12 rを構成している。具体的には、雄スクリュロータ14と雌スクリュロータ16は、それぞれの回転中心線Cが水平方向（X-Y面）に対して斜め方向に並ぶようにケーシング12内に配置されている。そして、雄スクリュロータ14の接続空間部12 nと雌スクリュロータ16の接続空間部12 nとが斜め方向に連結し、1つの共通空間12 rを構成している。

[0051] ケーシング12の大気連通部12 mの一方の外部連通部12 pは、本実施形態の場合、貫通穴であって、詳細は後述するが、主に第1の軸封装置30の連通部30 aを通過して接続空間部12 n（共通空間12 r）内に流入した圧縮空気をケーシング12の外部に排出するために機能する。

[0052] ケーシング12の大気連通部12 mの他方の外部連通部12 qは、本実施形態の場合、貫通穴であって、詳細は後述するが、第1の軸封装置30の連通部30 aを通過して接続空間部12 n（共通空間12 r）内に流入した圧縮空気をケーシング12の外部に排出するために機能する。また、異物噛み込みなどにより第2の軸封装置32のシール部32 aが損傷した場合に連通

部 3 2 c を通過して接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) 内に流入した潤滑油をケーシング 1 2 の外部に排出するために機能する。そのために、外部連通部 1 2 q は、接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) の下部から斜め下方向に延在している。

[0053] このような構成によれば、第 1 の軸封装置 3 0 の 2 つのシールリング 3 6、3 8 (シール部 3 6 a、3 8 a) と雄スクリュロータ 1 4 のシャフト部 1 4 c との間を通過したロータ室 1 2 a 内の圧縮空気は、主に第 1 の軸封装置 3 0 の連通部 3 0 a を介してケーシング 1 2 の大気連通部 1 2 m の接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) 内に流入する。そして、接続空間部 1 2 n 内に流入した圧縮空気は、外部連通部 1 2 p および 1 2 q を介してケーシング 1 2 の外部に排出される。これにより、圧縮空気が、第 2 の軸封装置 3 2 とスクリュロータ 1 4 のシャフト部 1 4 c との間を通過して軸受 2 6、2 8 側に流れることがさらに抑制される。

[0054] また、第 2 の軸封装置 3 2 のシール部 3 2 a が損傷した場合にシール部 3 2 a を通過した潤滑油は、複数の連通部 3 2 c を介してケーシング 1 2 の大気連通部 1 2 m の接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) 内に流入する。そして、接続空間部 1 2 n 内に流入した潤滑油は、下側の外部連通部 1 2 q を介してケーシング 1 2 の外部に排出される。これにより、潤滑油が、第 1 の軸封装置 3 0 とスクリュロータ 1 4 のシャフト部 1 4 b、1 4 c との間を通過してロータ室 1 2 a 内に侵入することが抑制される。

[0055] ケーシング 1 2 の大気連通部 1 2 m の接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) 内に流入した潤滑油は、時間経過とともにその自重によって接続空間部 1 2 n (共通空間 1 2 r) 内の下部の油溜まり部 1 2 s に集まり、その油溜まり部 1 2 s から斜め下方向に延在する外部連通部 1 2 q を介してケーシング 1 2 の外部に排出される。これにより、接続空間部 1 2 n に溜まった潤滑油によって雄スクリュロータのシャフト部 1 4 b および 1 4 c が浸かることができなく、潤滑油がロータ室 1 2 a 内に侵入することを防止できる。

[0056] また、図 2 に示すように、雄スクリュロータ 1 4 の回転中心線 C に対する

角度位置について、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとで異なるのが好ましい。特に、第1の軸封装置30の連通部30aは、第2の軸封装置32の連通部32cに対して高い位置に設けられるのが好ましい。

[0057] これと異なり、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとの角度位置が同一である場合、すなわち雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向に見たときにこれらがオーバーラップする場合、第2の軸封装置32とシャフト部14cとの間を通過した潤滑油が第1の軸封装置30とシャフト部14cとの間に侵入する可能性がある。

[0058] 具体的に説明すると、第2の軸封装置32のシール部32aが損傷した場合にシール部32aを通過した潤滑油は、連通部32cを介して接続空間部12n（共通空間12r）に流入する。ロード運転時には、接続空間部12nに流入した潤滑油は外部連通部12qよりケーシング外部へ排出される。一方、スクリュ圧縮機10のアンロード運転が開始されると、ロータ室12aに発生する負圧によって、ケーシング外部より接続空間部12n（共通空間12r）内に流入した大気が第1の軸封装置30の連通部30aを介してロータ室12a側に流入する。

[0059] このとき、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとが接近していると、第1の軸封装置30の連通部30aを介してロータ室12a側に流入する大気の流れに向かって接続空間部12nに流入してすぐの潤滑油が引き寄せられ、第1の軸封装置30とシャフト部14cとの間に潤滑油が侵入する。その結果としてロータ室12a内に潤滑油が侵入する可能性がある。

[0060] この態様でのロータ室12aへの潤滑油の侵入を防止するため、雄スクリュロータ14（シャフト部14b、14c）の回転中心線Cに対する角度位置について第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとを異ならせることにより、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとを離している。

- [0061] 特に、第1の軸封装置30の連通部30aが第2の軸封装置32の連通部32cに対して高い位置に存在する場合、潤滑油の自重により、接続空間部12n（共通空間12r）から連通部30aに流入する大気の流れに向かって潤滑油が引き寄せられることを抑制できる。第1の軸封装置30の連通部30aが第2の軸封装置32の連通部32cに比べて低い位置にある場合に比べると、潤滑油流入の可能性はより低い。
- [0062] さらに、ロータ室12aへの潤滑油の侵入をさらに防止するために、図3に示すように、さらなるシールリング50（第1のシール部材）が設けられている。
- [0063] 本実施の形態の場合、図3に示すように、シールリング50は、雄スクリュロータ14のシャフト部14cに、雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向に移動可能に外挿されている。シールリング50はまた、第1の軸封装置30の第1の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとの間でシャフト部14cに対向して両貫通部を隔てる環状のシール部50aを備える。
- [0064] また、シールリング50は、シャフト部14cに対して非接触な状態で組み付けられていると共に、付勢部材44によって第2の軸封装置32に向かって雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向に付勢されている。これにより、シールリング50は、シャフト部14cに対して該シャフト部14cの径方向の変位に追従可能な状態で、付勢部材44と第2の軸封装置32とによって回転中心線Cの延在方向に挟持される。言い換えると、シールリング50は、通常、付勢部材44と第2の軸封装置32以外には接触しておらず、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について外力によって自由に変位可能なフローティング状態である。すなわち、シールリング50がフローティング式のシール部をなしている。なお、本実施の形態の場合、付勢部材44は、シールリング50と第1の軸封装置30のシールリング38との間に配置され、これらのシールリング50、38を互いに離間する方向に付勢している。

- [0065] 第2の軸封装置32のシール部32aが損傷するなどしてそのシール部32aを潤滑油が通過した場合、その潤滑油は第2の軸封装置32の連通部32c内に入り、最終的にスクリュ圧縮機10の外部に排出される。万が一連通部32cを越えても、潤滑油は、シールリング50によってロータ室12aへの侵入が阻止される。
- [0066] また、軸受22、24、26、28の内部すきま（すなわち遊び）を原因としてスクリュロータ14が微小に変位しても（微小にがたついても）、シールリング50がシャフト部14cの径方向に自由に移動可能であるため、シールリング50は変位したスクリュロータ14に対して強く接触することがない。すなわち、シールリング50は、変位したスクリュロータ14から逃げる（すなわちスクリュロータ14からの外力を逃がす）ことができる。そのため、スクリュロータ14がどのように変位しても、シールリング50とシャフト部14cとの間のシール状態は、実質的に変化しない。
- [0067] さらに、図3に示すように、第1の軸封装置30の連通部30aにおける流路断面積は、シールリング50のシール部50aと雄スクリュロータ14のシャフト部14cとの間の流路断面積に比べて大きい。特に、十分に大きいことが好ましい。
- [0068] 具体的には、本実施形態の場合、図5に示すように第1の軸封装置30のスロット状の連通部30aの断面積（流路断面積）が、図3に示すようにシールリング50のシール部50aと雄スクリュロータ14のシャフト部14cとの間の環状のすきまの断面積（流路断面積）に比べて十分に大きいことが好ましい。その理由について説明する。
- [0069] 仮に、第1の軸封装置30の連通部30aの断面積がシールリング50のシール部50aと雄スクリュロータ14のシャフト部14cとの間のすきまの断面積に比べて小さい場合、アンロード運転によってケーシング外部より大気連通部12mを介して流入する大気は、第1の軸封装置30の連通部30aではなく、第2の軸封装置32の連通部32cに流入し、そしてシールリング50とシャフト部14cとの間を通過してロータ室12aに向かう。

その結果として、第2の軸封装置32のシール部32aとシャフト部14cとの間に負圧が発生し、その負圧によって潤滑油がシール部32aとシャフト部14cとの間に誘引される。その誘引された潤滑油は、連通部32cからシールリング50とシャフト部14cとの間を通過してロータ室12aに向かう空気に誘引されて同伴し、最終的にロータ室12a内に侵入する可能性がある。

[0070] この態様でのロータ室12aへの潤滑油の侵入を防止するため、第1の軸封装置30の連通部30aにおける流路断面積が、シールリング50のシール部50aと雄スクリュロータ14のシャフト部14cとの間の流路断面積に比べて十分に大きくされている。それにより、ケーシング外部より大気連通部12mを介して流入する大気は、流路断面積が相対的に大きい第1の軸封装置30の連通部30aを通過してロータ室12aに流入する。そのため、ケーシング外部より大気連通部12mを介して流入する大気が、相対的に流路断面積が小さいシールリング50とシャフト部14cとの間を通過することを抑制できる。その結果として、潤滑油が、ロータ室12a内に侵入することを防止できる。

[0071] また、シールリング50が雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について自由に変位可能な状態（すなわちフローティング状態）であるために、シャフト部14cの径方向について固定されているシールリングを用いる場合に比べて、第1の軸封装置30の連通部30aにおける流路断面積を小さくすることができる。このことについて具体的に説明する。

[0072] 仮に、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について位置が完全に固定されているシールを用いる場合を考える。例えば、その外周面がケーシング12のシャフト収容空間12jの内周面12kに当接するように、シャフト収容空間12jに内挿される環状のシールを考える。あるいは、第2の軸封装置32に固定されている（または一体である）環状のシールを考える。

[0073] この場合、シールの内径、すなわちシールと雄スクリュロータ14のシャ

フト部14cとの間の隙間を相対的に大きくする必要がある。具体的に説明すると、シール（またはシールと一体の第2の軸封装置32）をケーシング12のシャフト収容空間12jに内挿すると、製造上の不可避の誤差（公差内の誤差）により、シールの内周面の中心軸が、雄スクリュロータ14の回転中心線Cに対して、許容範囲内で、わずかに傾いたり、ずれたりする。この傾きやずれが生じて、雄スクリュロータ14とシールとの接触が確実に回避できるように、シールの内径は余裕をみて相対的に大きくされる。

[0074] 一方、本実施の形態のシールリング50は、外周面がケーシング12のシャフト収容空間12jに接するように内挿されずにフローティング状態であるために、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について自由に変位可能である。したがって、位置が完全に固定されているシールに比べて、シールリング50の内径を相対的に小さくすることができる。

[0075] したがって、シールリング50の内径が相対的に小さいため、第1の軸封装置30の連通部30aにおける流路断面積を相対的に小さくすることができる。すなわち、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について位置が固定されるシールを用いる場合の第1の軸封装置30の連通部における流路断面積に比べて、第1の軸封装置30の連通部30aにおける流路断面積を相対的に小さくすることができる。

[0076] 「第1の軸封装置30の連通部30aにおける断面積（流路断面積）を小さくすることができる」ことは、第1の軸封装置30の雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向のサイズを小さくできることを意味する。さらに、雄スクリュロータ14のスクリュ部14aと軸受26との間の距離を短くできることを意味する。言い換えると、図1に示すようにスクリュ部14aの両側のシャフト部14cを支持する2つの軸受24、26間の距離を短くできることを意味する。軸受24、26間の距離を短くすることにより、雄スクリュロータ14の撓みを抑制することができる。

[0077] 加えて、第2の軸封装置32の複数の連通部32cそれぞれは、雄スクリュロータ14（シャフト部14b、14c）の回転中心線Cの延在方向（X

軸方向)に見た場合に、周方向に位置が異なっていることが好ましく、図2に示すように、その回転中心線Cに対する角度位置が異なるのがより好ましい。

[0078] 本実施形態の場合、図2に示すように、第2の軸封装置32の複数の連通部32cは、2つのグループG1、G2に分かれている。第2のグループG2に属する連通部32cは、第1のグループG1に属する連通部32cと周方向に位置が異なっている。また、第2のグループG2に属する連通部32cは、第1のグループG1に属する連通部32cに比べて低い位置に配置されている。そのため、第2の軸封装置32のシール部32aが損傷した場合にシール部32aを通過した潤滑油は、第2のグループG2に属する連通部32cを通過してケーシング12の大気連通部12mの接続空間部12n(共通空間12r)に流入する。

[0079] このとき、第1のグループG1に属する連通部32cは、第2の軸封装置32と雄スクリュロータ14のシャフト部14cとの間を、ケーシング12の大気連通部12mを介して大気に連通する役割をする。すなわち、グループG1に属する連通部32cを介して導入される大気(大気圧)によって潤滑油を第2のグループG2に属する連通部32cに押し流すことができる。その結果、第2の軸封装置32と雄スクリュロータ14との間の潤滑油が、第2のグループG2に属する連通部32cを介してスムーズにケーシング12の大気連通部12m内に流入することができる。

[0080] 第2の軸封装置32の複数の連通部32cそれぞれのスクリュロータ14の回転中心線Cに対する角度位置が異なるスクリュ圧縮機10は、副次的な効果として、高い汎用性を備える。

[0081] 図2に示すスクリュ圧縮機10は、吸引ポート12cが上方向(Z軸正方向)に向くとともに吐出ポート12eが水平方向(Y軸負方向)に向いた姿勢で配置されている。この状態のとき、第2の軸封装置32の複数の連通部32cにおいて、第1のグループG1に属する連通部32cは、第2のグループG2に属する連通部32cに比べて上方に位置する。したがって、上述

したように、第2のグループG2の連通部32cは、第2の軸封装置32のシール部32aが損傷した場合にシール部32aを通過した潤滑油をケーシング12の大気連通部12m内に流入させる役割を果たす。一方、第1のグループG1の連通部32cは、第2の軸封装置32と雄スクリュロータ14との間をケーシング12の大気連通部12mを介して大気に連通する役割を果たす。

[0082] 図6は、図2のスクリュ圧縮機10が姿勢変更された状態を示している。図6に示す姿勢は、図2に示す姿勢から雄スクリュロータ14の回転中心線Cと平行に延在する回転中心線を中心として90度回転させた後の姿勢である。図6で示しているのは、図2において、X軸を中心として時計方向に回転させた姿勢である。

[0083] 図6に示す姿勢をスクリュ圧縮機10がとる場合、吸引ポート12cは水平方向（Y軸正方向）に向くとともに、吐出ポート12eが上方向（Z軸正方向）に向く。この状態のとき、第2の軸封装置32の複数の連通部32cにおいて、第2のグループG2に属する連通部32cは、第1のグループG1に属する連通部32cに比べて上方に位置する。したがって、第1のグループG1の連通部32cは、第2の軸封装置32のシール部32aが損傷した場合にシール部32aを通過した潤滑油をケーシング12の大気連通部12m内に流入させる役割を果たす。一方、第2のグループG2の連通部32cは、第2の軸封装置32と雄スクリュロータ14との間をケーシング12の大気連通部12mを介して大気に連通する役割を果たす。また、連通部30aは、第1のグループG1に属する連通部32cに比べて上方に位置するため、第1のグループG1に属する連通部32cからケーシング12の大気連通部12m内に流入した潤滑油が、連通部30aに流入する大気の流れに向かって潤滑油が引き寄せられることを抑制できる。

[0084] このように第2の軸封装置32の第1および第2のグループG1、G2の連通部32cがその役割を変更することにより、スクリュ圧縮機10は、軸封装置を交換したり、角度位置を変えるように組み替えたりしない場合であ

っても姿勢変更が可能になり、それにより高い汎用性を備える。

[0085] 図2および図6に示すように、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれに外挿された第1の軸封装置30は、スクリュ圧縮機10の姿勢変更後、例えば作業者の手作業により、その連通部30aが上方に向くようにスクリュロータ14、16の回転中心線Cを中心として回転してもよい。

[0086] 代案としては、2つのスクリュロータ14、16それぞれの第1の軸封装置30は、図7に示すように、回転中心線Cの延在方向(X軸方向)に見た場合にその連通部30aが回転中心線Cを挟んで第2の軸封装置32の第1のグループG1の連通部32cと第2のグループG2の連通部32cとの間に対向するように、スクリュロータ14、16に外挿されてもよい。これにより、スクリュ圧縮機10の姿勢変更後に、第1の軸封装置30を回転させる作業者の手作業を省略することができる。更に、連通部30aと潤滑油をケーシング12の大気連通部12m内に流入させる役割を果たす側の連通部32c(第1のグループG1または第2のグループG2の連通部)との位置関係を、姿勢変更しても同じ条件となるようにすることができる。

[0087] 以上、本実施形態によれば、第1および第2の軸封装置30、32の雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16に対するシール性を確保しつつ、製造が容易で雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16の撓みが抑制される構成を備えるオイルフリースクリュ圧縮機10を提供することができる。

[0088] 具体的に説明すると、図3に示すように、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cの両方は、ケーシング12に形成された1つの大気連通部12mを介してケーシング12の外部の大気に連通される。それにより、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cそれぞれに対する大気連通部をケーシング12に形成する場合に比べて、ケーシング12の製造が容易になる。すなわち、2つの個別の大気連通部を設ける場合に比べて、ケーシング12の製造が容易になる

。

[0089] また、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cそれぞれに対する大気連通部をケーシング12に設ける場合に比べて、雄スクリュロータ14のスクリュ部14aと軸受24、26との間の距離が短くなる。言い換えると2つの軸受24、26の間の距離が短くなる。その結果として、雄スクリュロータ14の撓みが抑制される。同様に、雌スクリュロータ16の撓みも抑制される。

[0090] 具体的に説明する。仮に、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cそれぞれに対する大気連通部をケーシングに設けた場合、その2つの大気連通部は、互いに干渉しないように、スクリュロータ14、16の回転中心線Cの方向の延在方向（X軸方向）における位置が異なるようにケーシング12に形成される。そのため、これらの大気連通部と連通する第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cを、スクリュロータ14、16の回転中心線Cの延在方向に互いに接近して配置することが制限される。すなわち、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとの間の回転中心線Cの延在方向の距離が必然的に長くなる。それにともない、スクリュロータ14、16のスクリュ部と軸受24、26との間の距離も必然的に長くなる。すなわち、2つの軸受24、26の間の距離も必然的に長くなる。その結果、スクリュロータ14、16は撓みやすくなる。

[0091] したがって、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cの両方がケーシング12に形成された1つの大気連通部12mに連通することにより、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cとの間の距離を短くすることができる。

[0092] また、本実施形態の場合、図5に示すように、第1の軸封装置30と第2の軸封装置32は、雄スクリュロータ14の径方向に見た場合に、部分的にオーバーラップするように係合する。また、シールリング50は、第1の軸封装置30内に配置されているため、雄スクリュロータ14の径方向に見た

場合に、第１の軸封装置３０に対してオーバーラップしている。それにより、第１の軸封装置３０の連通部３０ａと第２の軸封装置３２の連通部３２ｃとの間の距離がさらに短くされている。ここで、第１の軸封装置３０と第２の軸封装置３２とがオーバーラップするように相互に係合することにより、本体部３４の軸受２６側（第２の軸封装置３２側）端面に形成した切欠き部３４ｂでスロット状の貫通穴を形成するように構成することで、第１の軸封装置３０の連通部３０ａと第２の軸封装置３２の連通部３２ｃとの間の距離をより一層短くすることができる。

[0093] 第１の軸封装置３０の連通部３０ａと第２の軸封装置３２の連通部３２ｃとの間の距離が短くなるにともない、雄スクリュロータ１４のスクリュ部１４ａと軸受２６との間の距離も短くすることができる。同様に、スクリュ部１４ａと軸受２４との間の距離も短くすることができる。すなわち、スクリュ部１４ａを挟んで対向配置された軸受２４、２６の間の距離を短くすることができる。その結果、雄スクリュロータ１４の撓みが抑制される。同様に、雌スクリュロータ１６の撓みも抑制される。

[0094] 以上、上述の実施形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれに限定されない。

[0095] 例えば、上述した実施形態の場合、図３に示すように、第１の軸封装置３０は本体部３４と２つのシールリング３６、３８とによって構成されているが、これに限らない。例えば、シールリングの数は２つの場合に限らず、また、第２の軸封装置３２と同様に、第１の軸封装置は一部材で構成されてもよい。

[0096] また、上述の実施形態の場合、図３に示すように、第２の軸封装置３２は一つの部材によって構成されているが、これに限らない。例えば、第１の軸封装置３０と同様に、第２の軸封装置は複数の部材で構成されてもよい。

[0097] さらに、上述の実施形態の場合、図５に示すように、第１の軸封装置３０の連通部３０ａは１つのスロット状の貫通穴（切り欠き部３４ｂ）であって、第２の軸封装置３２の連通部３２ｃは複数の貫通穴であるが、これに限ら

ない。第1および第2の軸封装置それぞれの連通部は、その内周面とその外周面とを連通すれば、その形状およびその数は問わない。

[0098] さらにまた、上述の実施形態の場合、図2に示すように、雄スクリュロータ14と雌スクリュロータ16は、水平方向(X-Y平面)に対して斜め方向に並ぶようにケーシング12内に收容されているが、これに限らない。

[0099] 例えば、図8に概略的に示す別の実施形態に係るスクリュ圧縮機110のように、雄スクリュロータ14と雌スクリュロータ16は、水平方向(Y軸方向)に並ぶようにケーシング112内に收容されてもよい。

[0100] 図8に示す実施形態の場合、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれに外挿された第1および第2の軸封装置30、32の連通部30a、32cに接続する接続空間部112nは、水平方向に連結して共通空間112rを構成している。

[0101] また、その共通空間112rの上部からケーシング112の外部に向かって上方に連通する外部連通部112pと、共通空間112rの下部からケーシング112の外部に向かって下方に連通する外部連通部112qとがケーシング112に形成されている。また、接続空間部112n(すなわち共通空間112r)と下側の外部連通部112qとの間に油溜まり部112sが設けられている。

[0102] 加えて、上述の実施形態の場合、ケーシング12の大気連通部12mは、2つの外部連通部12p、12qを備えるがこれに限らない。

[0103] 例えば、図9に概略的に示すさらに別の実施形態に係るスクリュ圧縮機210のように、ケーシング212に3つの外部連通部212p、212qが形成されてもよい。

[0104] 図9に示すように、外部連通部212pは接続空間部212n(共通空間212r)の上部からケーシング212の外部に向かって上方に連通し、2つの外部連通部212qは、接続空間部212n(共通空間212r)の下部からケーシング212の外部に向かって下方に連通する。一方の外部連通部212qは、雄スクリュロータ14に外挿された第2の軸封装置32の連

通部 3 2 c の下方に配置されている。他方の外部連通部 2 1 2 q は、雌スクリュロータ 1 6 の外挿された第 2 の軸封装置 3 2 の連通部 3 2 c の下方に配置されている。そのため、第 2 の軸封装置 3 2 の連通部 3 2 c を通過した潤滑油は、直接的に且つスムーズに外部連通部 2 1 2 q 内に流入し、ケーシング 2 1 2 の外部に排出される。その結果、潤滑油を一時的に溜める油溜まり部を省略することができる。

[0105] 加えてまた、上述の実施形態の場合、図 2 に示すように、ケーシング 1 2 の大気連通部 1 2 m は、上方向（斜め上方向）に延在する外部連通部 1 2 p と下方向（斜め下方向）に延在する外部連通部 1 2 q とを備えるが、外部連通部の延在方向はこれらに限定されない。外部連通部は、水平方向に延在してもよい。

[0106] 例えば、図 1 0 に概略的に示す異なる実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機 3 1 0 のように、複数の外部連通部 3 1 2 p、3 1 2 q において、一部の外部連通部 3 1 2 q 水平方向に延在する。図 1 0 に示す実施形態の場合、下側の外部連通部 3 1 2 q、すなわち潤滑油が流入する外部連通部 3 1 2 q が水平方向に延在する。この場合、大気連通部 3 1 2 m の共通空間 3 1 2 r の底部は、水平方向へ延在するよう形成してもよく、外部連通部 3 1 2 p へと向かう下り傾斜に形成してもよい。

[0107] さらに加えて、上述の実施形態の場合、図 2 に示すように、雄スクリュロータ 1 4 および雌スクリュロータ 1 6 それぞれに外挿された第 1 および第 2 の軸封装置 3 0、3 2 の連通部 3 0 a、3 2 c に接続されるケーシング 1 2 の大気連通部 1 2 m の接続空間部 1 2 n は、連結して一体化し、それにより共通空間 1 2 r を構成しているが、これに限らない。雄スクリュロータ 1 4 の接続空間部 1 2 n と雌スクリュロータ 1 6 の接続空間部 1 2 n は、連結することなくケーシング 1 2 に形成されてもよい。

[0108] 例えば、上述の実施形態では、シール部 3 2 a として油を軸受側へ押し戻すスクリュ溝を有するスクリュ式のビスコシールを例示したがこれに限らない。シール部は、非接触シールを用いる場合は他のラビリンスシールであっ

てもよく、接触シールを用いる場合はリップシールであってもよい。

[0109] さらに加えて、上述の実施の形態の場合、図2に示すように、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれにおいて、第1の軸封装置30の連通部30aと第2の軸封装置32の連通部32cは、共通の接続空間部12nに連通している。そして、雄スクリュロータ14の接続空間部12nと雌スクリュロータ16の接続空間部12nは互いに連通して共通空間12rを構成している。しかし、本発明の実施形態はこれに限らない。

[0110] 例えば、図11は、本発明のさらに異なる実施形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機の概略的正面図である。

[0111] 図11に示すオイルフリースクリュ圧縮機410では、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれにおいて、接続空間部412nは、仕切壁412uによって2つの第1の区分領域412tと第2の区分領域412t'に区分されている。これら第1の区分領域412tと第2の区分領域412t'は、互いに独立して連通していない。また、第1の区分領域412tは、第2の区分領域412t'に比べて上側に位置する。

[0112] また、雄スクリュロータ14の第1の区分領域412tと雌スクリュロータ16の第1の区分領域412tとが連通して共通空間412rを構成している。さらに雄スクリュロータ14の第2の区分領域412t'と雌スクリュロータ16の第2の区分領域412t'とが連通して共通空間412r'を構成している。

[0113] 雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれの第1の軸封装置30の連通部30aは、接続空間部412nの第1の区分領域412tに連通するが、第2の区分領域412t'には連通していない。一方、雄スクリュロータ14および雌スクリュロータ16それぞれの第2の軸封装置32の連通部32cは、接続空間部412nの第1の区分領域412tには連通していないが、第2の区分領域412t'には連通している。

[0114] 図11に示すように、接続空間部412nの第1の区分領域412tは、外部連通部412pを介してケーシング412の外部に連通している。一方

、第2の区分領域412t'は、外部連通部412qを介してケーシング412の外部に連通している。

[0115] このような構成の利点について、雄スクロータ14のシャフト部14cに外挿されている第1の軸封装置30および第2の軸封装置32を例に挙げて説明する。

[0116] 第2の軸封装置32とシャフト部14cとの間のシールに軽微な異常として、そのシール部32aの小さな損傷や、そのシール部32aの軸受側にある空間の圧力上昇などによる少量の油漏れが生じている場合、軸受26の潤滑油が第2の軸封装置32の連通部32cを通過して接続空間部412nの第2の区分領域412t'に入り、それに連通する外部連通部412qを介してケーシング412の外部に流出する。

[0117] 一方、第2の軸封装置32とシャフト部14cとの間のシールに顕著な異常として、そのシール部の大きな損傷などによる多量の油漏れが生じている場合、軸受26の潤滑油が、シールリング50のシール部50aと雄スクロータ14のシャフト部14cとの間を通過して、圧縮空気に随伴して第1の軸封装置30の連通部30aを介して接続空間部412nの第1の区分領域412tに入り、それに連通する外部連通部412pよりケーシング412の外部に流出する。なお、潤滑油がシールリング50のシール部50aと雄スクロータ14のシャフト部14cとの間を通過するような状況の場合、延いてはロータ室12aに潤滑油が流入することとなる。

[0118] したがって、外部連通部412p、412qからの潤滑油流出を確認することにより、第2の軸封装置32とシャフト部14cとの間のシールの異常による潤滑油の流出状態としてロータ室12aに潤滑油が流入するような状態であるか否かをオイルフリースクリュ圧縮機410を分解することなく知ることができる。

[0119] なお、潤滑油がケーシング412の外部にスムーズに排出されるように、第2の区分領域412t'と対応する外部連通部412qが、第1の軸封装置30の連通部30aに連通する第1の区分領域412tと対応する外部連

通部 4 1 2 p に比べて下側に位置する。すなわち、第 2 の軸封装置 3 2 のシール部からの漏れ出た潤滑油が相対的に下側の第 2 の区分領域 4 1 2 t' と外部連通部 4 1 2 q とを介して外部に排出される。

[0120] また、図 1 1 に示すように、接続空間部 4 1 2 n の第 2 の区分領域 4 1 2 t' に連通する第 2 の軸封装置 3 2 の複数の連通部 3 2 c は、鉛直方向（Z 軸方向）に開口するグループ G 1 と水平方向（Y 軸方向）に開口するグループ G 2 とに分かれている。しかし、本発明の実施形態はこれに限らない。これに代わって、図 1 2 に示す改良形態のオイルフリースクリュ圧縮機 5 1 0 においては、第 2 の軸封装置 5 3 2 の複数の連通部 5 3 2 c は、水平方向（Y 軸方向）に開口するグループはなく、鉛直方向（Z 軸方向）に開口するグループ G 1 のみである。この場合、複数の連通部を第 2 の軸封装置に作製する加工コストを低く抑えることができる。

[0121] さらに、図 1 1 に示すように、接続空間部 4 1 2 n の第 1 の区分領域 4 1 2 t に連通する外部連通部 4 1 2 p は、第 1 の区分領域 4 1 2 t から斜め上方向に延在してケーシング 4 1 2 の外部に連通している。しかし、本発明の実施形態はこれに限らない。これに代わって、図 1 3 に示す改良形態のオイルフリースクリュ圧縮機 6 1 0 においては、接続空間部 6 1 2 n の第 1 の区分領域 6 1 2 t と連通する外部連通部 6 1 2 p は、第 1 の区分領域 6 1 2 t（共通空間 6 1 2 r）の下部から水平方向（Y 軸方向）に向かって延在し、ケーシング 6 1 2 の外部と連通している。この場合、第 1 の区分領域 6 1 2 t に流入した軸受 2 6 の潤滑油は、第 1 の区分領域 6 1 2 t の底部の外部連通部 6 1 2 p を介してケーシング 6 1 2 の外部に排出することができるため、潤滑油が、第 1 の区分領域 6 1 2 t 内に滞り難い。

[0122] さらにまた、図 1 1 に示すように、接続空間部 4 1 2 n の第 1 の区分領域 4 1 2 t と第 2 の区分領域 4 1 2 t' それぞれの形状は、それらの間の仕切壁 4 1 2 u に対して対称ではなく、異なっている。しかし、本発明の実施形態はこれに限らない。これに代わって、図 1 4 に示す改良形態のオイルフリースクリュ圧縮機 7 1 0 においては、第 1 の区分領域 7 1 2 t と第 2 の区分

領域 7 1 2 t' は、それらの間の仕切壁 7 1 2 u に対して対称な形状である。この場合、ケーシング 7 1 2 に第 1 および第 2 の区分領域 7 1 2 t、7 1 2 t' を形成するプロセスが簡素化され、ケーシング 7 1 2 の生産性が向上する。また、第 1 および第 2 の区分領域 7 1 2 t、7 1 2 t' それぞれについて、外部連通部 7 1 2 p、外部連通部 7 1 2 q に近い側に位置する内壁が、遠い側に位置する内壁より漸次軸封装置から遠ざかるようにして良い。これにより、空気の流れが内壁の位置を変化させていない場合よりスムーズになる。

[0123] さらに加えて、上述の実施の形態の場合、図 3 に示すように、シールリング 5 0 が、第 1 の軸封装置 3 0 のシール部 (3 6 a、3 8 a) と通じる第 1 の連通部と第 2 の軸封装置 3 2 の連通部 3 2 c との間に配置されている。このシールリング 5 0 により、ロータ室への潤滑油の侵入を防止している。さらにロータ室への侵入をより確実に防止するために、シールリング 5 0 に加えて、さらなるシールリングを設けてもよい。また、シールリング 5 0 はフローティング式のシールリングである。そのため、圧縮機の起動時に軸受の内部すきまに起因してシャフト部が変位しても、その変位にシールリング 5 0 のシール部 5 0 a を追従することができる。これにより、シールリング 5 0 は、軸受の内部すきまに起因してシャフト部が変位してもシール性能を安定して発揮することができる。

[0124] 図 1 5 に示すように、本発明のまたさらに別の実施の形態に係るオイルフリースクリュ圧縮機 8 1 0 は、シールリング 5 0 に加えて、さらなるシールリング 8 5 2 (第 2 のシール部材) を有する。

[0125] シールリング 8 5 2 は、雄スクリュロータ 1 4 のシャフト部 1 4 c に、雄スクリュロータ 1 4 の回転中心線 C の延在方向に移動可能に外挿されている。シールリング 8 5 2 はまた、第 1 の軸封装置 3 0 のシール部 (3 6 a、3 8 a) と雄スクリュロータ 1 4 のスクリュ部 1 4 a との間に、シャフト部 1 4 c に対向する環状のシール部 8 5 2 a を備える。また、シールリング 8 5 2 は、フローティング式のシール部 8 5 2 a を成しており、シャフト部 1 4

cの径方向の変位に追従可能に設けられている。すなわち、シールリング852は、シャフト部14cの径方向の変位に追従可能な状態でシャフト部14cに外挿されている。

[0126] また、シールリング852は、シャフト部14cに対して非接触な状態で組み付けられていると共に、付勢部材42により、ロータ室12aと第1の軸封装置との間のケーシング12の部分12wに向かって雄スクリュロータ14の回転中心線Cの延在方向に付勢されている。このケーシング12の部分12wは、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの根元部分に対してこのシャフト部14cの径方向に対向している。これにより、シールリング852は、シャフト部14cに対して非接触な状態で、付勢部材42とケーシング12の部分12wとによって回転中心線Cの延在方向に挟持される。言い換えると、シールリング852は、通常、付勢部材42とケーシング12の部分12w以外には、接触しておらず、雄スクリュロータ14のシャフト部14cの径方向について自由に変位可能なフローティング状態である。なお、付勢部材44は、シールリング852と第1の軸封装置30のシールリング36との間に配置され、これらのシールリング852、36を互いに離間する方向に付勢している。

[0127] このシールリング852も、シールリング50と同様に、軸受22、24、26、28の内部すきま（すなわち遊び）を原因としてスクリュロータ14が微小に変位しても（すなわち微小にがたついても）、その変位したスクリュロータ14から逃げる（すなわちスクリュロータ14からの外力を逃がす）ことができる。そのため、スクリュロータ14がどのように変位しても、シールリング852とシャフト部14cとの間のシール状態は、実質的に変化しない。

[0128] このシールリング852により、それに加えてシールリング50により、軸受22、24、26、および28の内部すきま（すなわち遊び）を原因とするシール性能の悪化（不安定さ）が抑制される。

[0129] なお、第1の軸封装置30の2つのシールリング36、38、シールリン

グ５０、およびシールリング８５２は、同一形状であってもよい。また、これらのシールリングを付勢する２つの付勢部材４２、４４が同一形状であってもよい。これにより、オイルフリースクリュー圧縮機の製造コストを低く抑えることができる。

[0130] さらに加えて、上述の実施の形態の場合、図３に示すように、シールリング５０は、第２の軸封装置３２に対して雄スクリューロータ１４のスクリュ部１４ａ（ロータ室１２ａ）側に配置されている。すなわち、雄スクリューロータ１４の径方向に見た場合に、シールリング５０は第２の軸封装置３２にオーバーラップしていない。これに代わって、シールリングは第２の軸封装置にオーバーラップしてもよい。また、第１の軸封装置３０および第２の軸封装置３２の両方とオーバーラップしてもよい。

[0131] 図１６に示す本発明のまたさらに異なる実施の形態の場合、雄スクリューロータ１４の径方向に見た場合に、シールリング９５４（第１のシール部材）は、第２の軸封装置９３２にオーバーラップしている。具体的には、第２の軸封装置９３２には、その内周面に、シールリング９５４と付勢部材９５６とを収容する環状溝９３２ｅが設けられている。シールリング９５４は、雄スクリューロータ１４のシャフト部１４ｃに、その回転中心線Ｃの延在方向に移動可能に外挿され、その第２の軸封装置９３２の環状溝９３２ｅ内に収容されている。また、シールリング９５４は、第１の軸封装置３０のシール部（３６ａ、３８ａ）と通じる第１の連通部と第２の軸封装置９３２の連通部９３２ｃとの間に配置されている。また、シールリング９５４はフローティング式のシールリングである。すなわち、シールリング９５４は、雄スクリューロータ１４のシャフト部１４ｃに対向するフローティング式のシール部９５４ａを備える。

[0132] 付勢部材９５６は、シールリング９５４とともに第２の軸封装置９３２の環状溝９３２ｅ内に収容されている。付勢部材９５６はまた、シールリング９５４を、スクリューロータ１４のスクリュ部１４ａ（ロータ室１２ａ）のある側に向かって、回転中心線Ｃの延在方向に付勢している。すなわち、付勢

部材 956 は、シールリング 954 を、第 2 の軸封装置 932 の環状溝 932e におけるスクリュ部 14a 側の側壁に向かって付勢している。

[0133] このような第 2 の軸封装置 932 にオーバーラップするシールリング 954 も、シールリング 50 と同様に、圧縮機の起動時に軸受 22、24、26、および 28 の内部すきま（すなわち遊び）に起因してシャフト部が変位しても、その変位にシールリング 954 のシール部 954a は追従することができる。これにより、シールリング 954 は、軸受の内部すきまに起因してシャフト部が変位してもシール性能を安定して発揮することができる。

[0134] なお、第 1 のシール部材は、そのシール部が第 1 の軸封装置の連通部と第 2 の軸封装置の連通部とを隔てるのであれば、第 1 の軸封装置に対してオーバーラップしてもよい。すなわち、第 1 のシール部材であるシールリングは、少なくとも部分的に、第 1 の軸封装置および第 2 の軸封装置の少なくとも一方にオーバーラップしてもよい。このようにオーバーラップすることにより、第 1 の軸封装置、第 2 の軸封装置、およびシールリングがオーバーラップすることなく並ぶ場合に比べて、スクリュロータのスクリュ部と軸受との間の距離を短くすることができる。したがって、スクリュ部に対して一方側の軸受と他方側の軸受との間の距離を短くことができ、スクリュロータの撓みを抑制することができる。

[0135] 最後に、上述の実施の形態の場合、第 1 の軸封装置の第 1 の連通部と第 2 の軸封装置の第 2 の連通部とを隔てる第 1 のシール部材は、環状のシール部を備え、付勢部材によって第 2 の軸封装置に向かって雄スクリュロータの回転中心線 C の延在方向に付勢されるフローティング式のシールリングであったが、本発明の実施の形態はこれに限らない。すなわち、第 1 のシール部材は、広義には、第 1 の連通部と第 2 の連通部とを隔てる環状のシール部を備え、スクリュロータのシャフト部に対して非接触な状態で組み付けられていて、シャフト部からの外力を逃がすことできるように設けられたものであればよい。すなわち、実質的に軸受の内部すきまに起因する微小な変位に追従可能なものであればよい。そして、シール部とスクリュロータのシャフト

部との間の流路断面積に比べて第１の軸封装置の第１の連通部における流路断面積が大きくなるもの（すなわちシール部とシャフト部との間の流路断面積が可能な限り小さくなるもの）であればよい。

[0136] 以上のように、本開示における技術の例示として、種々の実施形態を説明した。そのために、添付図面および詳細な説明を提供した。

[0137] そのため、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須ではない構成要素も含まれる。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面および詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

[0138] 本開示は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形や修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

[0139] ２０１６年３月２５日に出願された日本特許出願第２０１６－６１５８４号の明細書、図面、及び特許請求の範囲の開示内容は、全体として参照されて本明細書の中に取り入れられるものである。

[0140] 以上のような本発明は、オイルフリースクリュ圧縮機であれば、多段式の圧縮機であっても適用可能である。

符号の説明

- [0141] １０ オイルフリースクリュ圧縮機
１２，１１２，２１２，３１２，４１２，６１２，７１２ ケーシング
１２ａ ロータ室
１２ｆ 潤滑用流路
１２ｇ 潤滑用流路
１２ｈ シャフト収容空間
１２ｊ シャフト収容空間

1 2 k 内周面

1 2 m, 1 1 2 m, 2 1 2 m, 3 1 2 m、4 1 2 m、6 1 2 m、7 1 2 m

大気連通部

1 2 n, 1 1 2 n, 2 1 2 n, 3 1 2 n、4 1 2 n、6 1 2 n、7 1 2 n

接続空間部

1 2 p, 1 1 2 p, 2 1 2 p, 3 1 2 p、4 1 2 p、6 1 2 p、7 1 2 p

外部連通部

1 2 q, 1 1 2 q, 2 1 2 q, 3 1 2 q、4 1 2 q、6 1 2 q、7 1 2 q

外部連通部

1 2 r, 1 1 2 r, 2 1 2 r, 3 1 2 r、4 1 2 r、6 1 2 r、7 1 2 r

共通空間

4 1 2 r'、6 1 2 r'、7 1 2 r' 共通空間

1 2 s 油溜まり部

4 1 2 t, 6 1 2 t、7 1 2 t 第1の区分領域

4 1 2 t'、6 1 2 t'、7 1 2 t' 第2の区分領域

4 1 2 u、6 1 2 u、7 1 2 u 仕切壁

1 4 スクリュロータ（雄スクリュロータ）

1 4 a スクリュ部

1 4 b シャフト部

1 4 c シャフト部

2 6 軸受

3 0 第1の軸封装置

3 0 a 連通部（第1の連通部）

3 2 第2の軸封装置

3 2 a シール部（第2のシール部）

3 2 c 連通部（第2の連通部）

3 8 a シール部（第1のシール部）

4 2 付勢部材（第2の付勢部材）

- 4 4 付勢部材（第 1 の付勢部材）
- 5 0、9 5 4 シールリング（第 1 のシールリング）
- 8 5 2 シールリング（第 2 のシールリング）
- 9 3 2 第 2 の軸封装置
- 9 5 6 付勢部材（第 1 の付勢部材）
- C スクリューロータの回転中心線