

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7659472号
(P7659472)

(45)発行日 令和7年4月9日(2025.4.9)

(24)登録日 令和7年4月1日(2025.4.1)

(51)国際特許分類

F I

F 1 6 K 31/04 (2006.01)

F 1 6 K 31/04 A

請求項の数 5 (全11頁)

(21)出願番号	特願2021-138958(P2021-138958)	(73)特許権者	000231464
(22)出願日	令和3年8月27日(2021.8.27)		株式会社アルバック
(65)公開番号	特開2023-32680(P2023-32680A)		神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(43)公開日	令和5年3月9日(2023.3.9)	(74)代理人	110000305
審査請求日	令和6年5月15日(2024.5.15)		弁理士法人青莪
		(72)発明者	森平 淳志
			神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会
			社アルバック内
		(72)発明者	目黒 凌平
			神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会
			社アルバック内
		審査官	山崎 孔徳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 冷凍機用のロータリーバルブ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

バルブハウジングと、バルブハウジング内に固定のステータと、バルブハウジング内でステータに正対配置されるロータと、ロータが当接するステータの摺動面を通る中心軸線回りにステータに対してロータを摺動回転させるモータとを備え、
ステータの摺動面にその下方から高圧の作動ガスに起因する力が作用してもステータの摺動面がロータに加える摺動面圧を安定化するように、ステータが締結ボルトによりバルブハウジングに固定されると共に、ステータに、中心軸線上に位置させて高圧ガスが流通する第1通路と、第1通路の周囲で中心軸線に沿ってのびる複数本の第2通路とが形成され、ロータに、第1通路に連通する第3通路と、第2通路がバルブハウジングの内部通路に連通した状態からロータを摺動回転させたときに第2通路に選択的に連通する第4通路とが形成され、

摺動面の摺動面圧として予圧を付与する予圧印加手段と、モータの回転軸とロータとの間に介設されて回転トルクをロータに伝達する動力伝達手段と、摺動面に予圧より高い摺動面圧が作用したときに対応する反力を吸収する吸収手段とを更に備えることを特徴とする冷凍機用のロータリーバルブ。

【請求項2】

前記ロータは、前記ステータより剛性の低い異種材料で構成されていることを特徴とする請求項1記載の冷凍機用のロータリーバルブ。

【請求項3】

前記ステータから前記ロータに向かう方向を上とし、前記ロータは、その上部に設けた凹孔内に圧入されて高圧の作動ガスが作用するシリンダヘッドを有し、シリンダヘッドの軸部が前記バルブハウジング内に設けた軸受で支承され、この軸受で前記吸収手段を構成したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の冷凍機用のロータリーバルブ。

【請求項 4】

前記動力伝達手段は、前記回転軸に連結される上下方向と直交する方向に長手の支持体と、支持体に吊設される複数のピン部材とを備え、支持体に各ピン部材の上端部が遊挿される透孔が形成され、この透孔を挿通させた状態で各ピン部材が前記支持体に着脱自在に取り付けられることで各ピン部材がロータに連結されることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の冷凍機用のロータリーバルブ。

10

【請求項 5】

前記予圧印加手段は、前記支持体と前記ロータとの間に縮設されるコイルバネで構成されることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の冷凍機用のロータリーバルブ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷凍機用のロータリーバルブに関する。

【背景技術】

【0002】

20

核磁気共鳴診断装置や物性測定装置では、極低温の環境を形成するためにパルス管冷凍機や GM 冷凍機といった各種の冷凍機が用いられている。このような冷凍機は、一般に、圧力振動させた作動ガスを流通させるためにロータリーバルブを備えている。この種の冷凍機用のロータリーバルブは、例えば特許文献 1 で知られている。

【0003】

このものは、バルブハウジングを備え、バルブハウジング内には、Oリングなどのシール部材を介して気密保持した状態でステータが取り付けられている。バルブハウジング内にはまた、ステータに正対させてロータが、このロータが当接するステータの摺動面を通る中心軸線回りにステータに対して摺動回転自在に配置されている。この場合、ロータは、バルブハウジング内に設けた軸受で支承されるロータホルダに第 1 連結ピンを介して連結され、ロータホルダは、第 2 連結ピンを介して、中心軸線上に位置するモータの回転軸に直接取り付けられる回転部材に連結されている。また、ロータとロータホルダの間にはコイルバネが縮設されている。そして、モータによりロータを一方向に摺動回転させると、圧縮機で圧縮された高圧の作動ガスを、バルブハウジング内を介してパルス管などの冷凍機の構成部品に供給する高圧側通路と、構成部品内での膨張により圧力低下した低圧の作動ガスを圧縮機に回収する低圧側通路とが周期的に切り換わるようになっている。

30

【0004】

ここで、上記従来例のものでは、ステータの摺動面に、その下方からは低圧の作動ガスに起因する力が、また、その上方からはロータやバルブハウジング内の高圧の作動ガスに起因する力が夫々作用し、その力の差でステータの摺動面に向けてロータに一定の予圧（ステータの摺動面に加わるロータの面圧）が付与される。このとき、バルブハウジング内のステータは中心軸線方向（スラスト方向）には移動の自由度があるので、駆動モータによりロータを一方向に摺動回転させると、摺動面に作用するロータの面圧が周期的に変動する。しかも、ロータの摺動回転に伴うスラスト方向の反力がロータに作用したときにはこれをモータの回転軸が受ける構造となっているので、この場合にもステータの摺動面に加えるロータの面圧が変動してしまう。このように上記従来例のものでは、作動ガスのリークレートとロータの摩耗量との関連などから適した値として定められる面圧を一定に保つことができないばかりか、変動を考慮して面圧の平均値を上げれば、ロータは摩耗して短寿命化し、また、反力が作用することで駆動モータの故障や短寿命化を招来する虞がある。

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2019-203644号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、以上の点に鑑み、ステータの摺動面に作用する面圧を安定化できる構造を持つ冷凍機用のロータリーバルブを提供することを課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の冷凍機用のロータリーバルブは、バルブハウジングと、バルブハウジング内に固定のステータと、バルブハウジング内でステータに正対配置されるステータと異種材料のロータと、ロータが当接するステータの摺動面を通る中心軸線回りにステータに対してロータを摺動回転させるモータとを備え、ステータに、中心軸線上に位置させて高压ガスが流通する第1通路と、第1通路の周囲で中心軸線に沿ってのびる複数本の第2通路とが形成され、ロータに、第1通路に連通する第3通路と、第2通路がバルブハウジングの内部通路に連通した状態からロータを摺動回転させたときに第2通路に選択的に連通する第4通路とが形成され、摺動面の摺動面圧として予圧を付与する予圧印加手段と、モータの回転軸とロータとの間に介設されて回転トルクをロータに伝達する動力伝達手段と、摺動面に予圧より高い摺動面圧が作用したときに対応する反力を吸収する吸収手段とを更に備えることを特徴とする。

【0008】

本発明によれば、モータの回転軸を一方向に回転させると、その回転トルクが動力伝達手段を介してロータに伝達され、ステータの摺動面上でロータが摺動回転する。即ち、摺動面に高い摺動面圧が付与されることで各通路間での気密が保持されることにより、第1通路から第2通路を介して、圧縮機で圧縮された高压の作動ガスをパルス管などの冷凍機の構成部品に流出させる高压側通路と、構成部品内での膨張により圧力低下した低压の作動ガスを第2通路からバルブハウジングの内部通路を介して圧縮機に回収できる低压側通路とが周期的に切り換わる。このとき、バルブハウジング内にステータを固定する（即ち、例えば、締結ボルトによりバルブハウジングにステータが固定されていれば、ステータの摺動面にその下方から高压の作動ガスに起因する力が作用しても、締結ボルトによりステータの摺動面がロータに加える摺動面圧を常時安定化されることができると共に、吸収手段を備えて摺動回転に伴ってロータに作用するスラスト方向の反力を吸収し、モータの回転軸に伝達されない構成を採用したことで、作動ガスのリークレートとロータの摩耗量との関連などから適した値として定められる面圧、即ち、予圧より高い摺動面圧の安定化を図ることができ、しかも、モータの故障や短寿命化を招来することもない。

【0009】

本発明においては、前記ロータは、前記ステータより剛性の低い異種材料で構成されることが好ましい。これにより、ロータが優先的に摩耗することで、ステータの摺動面に作用する面圧が不安定になったとき、ロータのみを交換すれば済む。

【0010】

また、本発明においては、前記ステータから前記ロータに向かう方向を上とし、前記ロータは、その上部に設けた凹孔内に圧入されて高压の作動ガスが作用するシリンダヘッドを有し、シリンダヘッドの軸部が前記バルブハウジング内に設けた軸受で支承され、この軸受で前記吸収手段を構成すればよい。更に、前記動力伝達手段は、前記回転軸に連結される上下方向と直交する方向に長手の支持体と、支持体に吊設される複数のピン部材とを備え、各ピン部材がロータに連結される構成とすればよい。また、前記予圧印加手段は、例えば、前記支持体と前記ロータとの間に縮設されるコイルバネで構成すればよい。これらの構成を採用すれば、ロータリーバルブの組付けまたは分解に際し、一方向から、吸収

10

20

30

40

50

手段、動力伝達手段及び予圧印加手段を特段の手工具なしに順次取り付けまたは取り外しができる構造となり、有利である。

【 0 0 1 1 】

ところで、ステータの摺動面をロータが一方向に摺動回転したとき、何等かの原因でロータの当接面に偏摩耗が生じ、これに起因してロータの中心軸線がモータの回転軸に対して傾いたとすれば、摺動面に付与される面圧に偏りがある、即ち、面圧が安定化されていないことを示すと共にモータの回転軸に負荷がかかる虞がある。ここで、上記構成では、平面で動作が規制されているので1自由度は既に減じられ、ここから平面からの逸脱をさせない(回転中心から動かさない)とすると、2自由度を減じる必要がある。そこで、上記動力伝達手段は、前記ロータへの連結時に3以上5以下の自由度を許容する構成であればよい。そして、動力伝達手段が支持体とピン部材とを備えてピン部材がロータに連結される構成の場合、前記支持体に各ピン部材の上端部が遊挿される透孔が形成され、この透孔を挿通させた状態で各ピン部材が前記支持体に着脱自在に取り付けられる構成を採用することができる。これによれば、各ピン部材の支持体の長手方向への移動が許容されることで、モータの回転軸に負荷がかかることを回避でき、有利である。なお、透孔が一方向に長手の長孔で構成されているような場合、1自由度が追加されることになるが、事実上、回転中心がずれても良い程度の許容範囲の長孔になっていればよい。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】本実施形態の冷凍機用のロータリーバルブを適用した冷凍機の構成を示す模式断面図。

20

【図2】(a)及び(b)は、本実施形態のロータリーバルブを作動ガスが流れる通路を切り換えた状態を示す模式断面図。

【図3】ロータリーバルブの要部の分解斜視図。

【図4】冷凍機用のロータリーバルブの変形例を示す模式断面図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下、図面を参照して、冷凍機を一段式のパルス管冷凍機とし、パルス管冷凍機のパルス管に圧力振動させた作動ガスを流通させるための本発明の冷凍機用のロータリーバルブの実施形態を説明する。

30

【 0 0 1 4 】

図1を参照して、本実施形態のロータリーバルブRV₁を備えるパルス管冷凍機Prは、ヘリウムガスなどの作動ガスに対し圧力振動を発生させる圧力振動発生手段1と、圧力振動させた作動ガスが流入するパルス管2と、圧力振動発生手段1とパルス管2との間に設けられてパルス管2に流入する作動ガスを予冷する蓄冷器3とを備え、パルス管2の低温端2aと蓄冷器3の低温端3aとがガス通路41を有する冷却ステージ4を介して接続されている。なお、パルス管2、蓄冷器3及び冷却ステージ4といった部品は、公知のものを利用できるように、これ以上の説明を省略する。

【 0 0 1 5 】

圧力振動発生手段1は、作動ガスを圧縮する圧縮機11を備える。圧縮機11には、高压に圧縮された作動ガスが流れる高压ガスライン51が接続され、高压ガスライン51は分岐され、この分岐された各高压ガスライン51a, 51bが第1及び第2の各バルブV1, V2を介して、パルス管2及び蓄冷器3の各高温端2b, 3bに夫々通じている。圧縮機11にはまた、膨張により圧力低下した低压の作動ガスが流れる低压ガスライン52が接続され、低压ガスライン52は分岐され、この分岐された各低压ガスライン52a, 52bが第3及び第4の各バルブV3, V4を介して、パルス管2及び蓄冷器3の各高温端2b, 3bに夫々通じている。これにより、第1及び第2の各バルブV1, V2を開弁、第3及び第4の各バルブV3, V4を閉弁すると、圧縮機11からパルス管2及び蓄冷器3へと高压の作動ガスが供給される高压側通路が形成される一方で、第1及び第2の各バルブV1, V2を閉弁、第3及び第4の各バルブV3, V4を開弁すると、低压の作動

40

50

ガスが圧縮機 11 のガス回収側（低圧側）に回収される低圧側通路が形成される。そして、作動ガスの圧力振動の位相を制御してパルス管 2 の低温端 2 a にて作動ガスの膨張に伴う寒冷を発生させる。この場合、特に図示して説明しないが、バッファタンクを設けて作動ガスの圧力振動の位相を制御するようにしてもよい。このような第 1 ～ 第 4 のバルブ V 1 ～ V 4 の切換操作を単一の部品で実現するために本実施形態のロータリーバルブ R V 1 が使用される。

【 0 0 1 6 】

図 2 及び図 3 を参照して、本実施形態のロータリーバルブ R V 1 は、バルブハウジング 6 と、バルブハウジング 6 に固定されるステータ 7 と、ステータ 7 に正対配置されるロータ 8 と、ロータ 8 と正対するステータ 7 の摺動面 7 a を通る中心軸線 C 1 回りにロータ 8 を摺動回転させるモータ M t とを備える。以下において、上、下といった方向を示す用語は、図 2 の姿勢を基準とする。ステンレスなどの金属製のバルブハウジング 6 は、上面にステータ 7 が格納される格納部が凹設された下ハウジング 6 1 と、下ハウジング 6 1 に取り付けられたときに、内部にロータ 8 などの構成部品を収容する収容空間 6 2 a が形成される上ハウジング 6 2 とを備える。上ハウジング 6 2 の側壁には、収容空間 6 2 a から、低圧ガスライン 5 2 に連通する開口 6 2 b が設けられ、収容空間 6 2 a が低圧の作動ガスが流通する低圧領域となる。この場合、収容空間 6 2 a がバルブハウジング 6 の内部通路を構成する。格納部には、Oリングなどのシール材 S m 1 を介してステータ 7 が圧入され、ステータ 7 の上面 7 a が後述のロータ 8 の摺動面となる。

【 0 0 1 7 】

ステータ 7 は、略円柱状の輪郭を有し、比較的剛性のある例えばステンレスなどの金属製である。そして、締結ボルト B t 1 により下ハウジング 6 1 に固定されている。これにより、ステータ 7 の摺動面 7 a にその下方から高圧の作動ガスに起因する力が作用しても、締結ボルト B t 1 によりステータ 7 の上下動が防止されて、ステータ 7 の摺動面 7 a がロータ 8 に加える摺動面圧を常時安定化されることができる。ステータ 7 にはまた、夫々がステータ 7 の摺動面 7 a に達する、中心軸線 C 1 上に位置させて、第 1 のバルブ V 1 または第 2 のバルブ V 2 に接続され、かつ、高圧ガスライン 5 1 に連通する（圧縮機 11 で圧縮された高圧の作動ガスが流通する）第 1 通路 L 1 1 と、2 本の第 2 通路 L 2 1 , L 2 2 と、2 本の小通路 L 2 3 , L 2 4 とが設けられている。この場合、図 3 に示すように、各第 2 通路 L 2 1 , L 2 2 の摺動面 7 a への開口端 L 2 1 a , L 2 2 a は、第 1 通路 L 1 1 の摺動面 7 a への開口端 L 1 1 a の両側にロータ 8 の摺動回転方向に間隔を置いて形成されている。各小通路 L 2 3 , L 2 4 の摺動面 7 a への開口端 L 2 3 a , L 2 4 a は、開口端 L 2 1 a , L 2 2 a より小面積であり、ロータ 7 の摺動回転方向前方で開口端 L 2 1 a , L 2 2 a に近接させて設けられ、作動ガスに対し圧力振動を発生させる役割を果たす。

【 0 0 1 8 】

ロータ 8 は、円柱状の基部 8 1 と、基部 8 1 の下面に形成された基部 8 1 より小径の摺動部 8 2 とで構成される。摺動部 8 2 は、円柱状部材の外周から互いに対称な扇状領域を切り欠いた輪郭を有し、摺動部 8 2 の下面がステータ 7 への摺動面に当接する当接面（反力が作用する受圧面）8 a となる。この場合、摺動部 8 2 の扇状に切り欠いた部分が開口端 L 2 1 a , L 2 2 a 及び L 2 3 a , L 2 4 a 上に位置する場合には、各第 2 通路 L 2 1 , L 2 2 がバルブハウジング 6 内の収容空間 6 2 a を介して低圧ガスライン 5 2 に連通した状態になる（図 2（b）参照）。また、ロータ 8 は、ステータ 7 より比較的剛性の低い樹脂製であり、ここで使用される樹脂としては、例えば B E A R E E（登録商標）のようなフッ素樹脂が挙げられる。その他、ロータとステータとを比べた際にロータ側は、縦弾性係数が低い材料を用いることができる。このようにロータ 8 とステータ 7 とを異種の材料としておけば、ロータ 8 が優先的に摩耗することで、ステータ 7 の摺動面 7 a に作用する面圧が不安定になったとき、ロータ 8 のみを交換すれば済む。ロータ 8 にはまた、上下方向に貫通して第 1 通路 L 1 1 に常時連通する第 3 通路 L 3 と、各第 2 通路 L 2 1 , L 2 2 がバルブハウジング 6 内の収容空間 6 2 a に連通した状態からロータ 8 を摺動回転させたときに、開口端 L 2 1 a , L 2 2 a に、または、開口端 L 2 1 a , L 2 3 a 及び開口端

L 2 2 a , L 2 4 a に選択的に合致する開口端 L 4 1 a , L 4 2 a を持つ 2 本の第 4 通路 L 4 1 , L 4 2 がロータ 8 の摺動回転方向に間隔を置いて形成されている。

【 0 0 1 9 】

ロータ 8 の基部 8 1 上面には、格納部 8 1 a としての凹孔が凹設され、格納部 8 1 a には、リング O r 1 を介して、シリンダヘッド 8 3 が中心軸線方向（スラスト方向）に移動の自由度を持って圧入されている。そして、第 1 通路 L 1 1 及び第 3 通路 L 3 から高压の作動ガスが作用すると、シリンダヘッド 8 3 の下方に位置する格納部 8 1 a 内の空間に連通空間 8 4 を画成されるようにしている。この場合、シリンダヘッド 8 3 下面の面積等は、高压ガスが流通するときに圧力損失が生じない大きさの隙間 d となるように適宜設計される。シリンダヘッド 8 3 には、後述の支持体が嵌合する凹溝 8 3 a を有する円筒状の軸部 8 3 b が一体に形成され、軸部 8 3 b を介して上ハウジング 6 2 の収容空間 6 2 a に設けた軸受 B r で支承され、軸受 B r が本実施形態の吸収手段を構成する。なお、軸受 B r は、上ハウジング 6 2 の上壁内面に形成した段差部に設けているが、これに限定されるものではない。なお、シリンダヘッド 8 3 下面の面積に対して高压ガスライン 5 1 と低压ガスライン 5 2 との差圧が作用するので、差圧によってシリンダヘッド 8 3 が受けた力が摺動面に対して予圧より高い摺動面圧となる。つまり、シリンダヘッド 8 3 とロータ 8 で実質的に画成されている連通空間 8 4 の内部圧力は摺動面に対して予圧より高い摺動面圧となると共に、次のような構成を持つことで摺動面圧の変動を抑止している。即ち、シリンダヘッド 8 3 が受ける反力（摺動面圧に対応する反力）を支承されている軸受 B r に伝え、これを図示しない締結ボルトを含めて結合されている上ハウジング 6 2、下ハウジン

10

20

【 0 0 2 0 】

支持体 9 は、スラスト方向にのびる角柱状部 9 1 と、角柱状部 9 1 の下端でスラスト方向と直交する方向（図 2（b）中、左右方向）にのびる板状部 9 2 とで構成され、板状部 9 2 の長手方向両端部分に、2 本のピン部材 9 3 が吊設されている。この場合、板状部 9 2 には、その長手方向に沿う長孔（透孔）9 2 a が夫々形成されている。そして、各長孔 9 2 a に各ピン部材 9 3 の上部が夫々遊挿され、各長孔 9 2 a から上方に突出する各ピン部材 9 3 の上端部分に形成した溝 9 3 a に E 型止め輪（E リング）E r を取り付けること

30

で、各ピン部材 9 3 が吊設される。この場合、支持体 9 や各ピン部材 9 3 といった部品が本実施形態の動力伝達手段を構成する。各ピン部材 9 3 の下端は、ロータ 8 の上面に形成されたピン穴 8 5 にリングなどを介して夫々係止されている。一方、角柱状部 9 1 には、上ハウジング 6 2 の上面に設けたモータ M t の回転軸 A r が隙間を持って挿設される角穴 9 1 a が形成されている。なお、回転軸 A r は角穴 9 1 a に倣う角柱状とする。

【 0 0 2 1 】

上ハウジング 6 2 には、モータ M t を囲うようにしてカバー体 6 3 が設けられている。カバー体 6 3 は上ハウジング 6 2 に締結ボルト B t 2 で固定され、カバー体 6 3 の下面にはリングなどのシール部材 S m 2 が設けられている。低压領域としての収容空間 6 2 a に連通するカバー体 6 3 の内部空間 6 3 a には、モータ M t が取り付けられている。そして、中心軸線 C 1 上に位置するモータ M t の回転軸 A r が上ハウジング 6 2 に設けた透孔 6 2 c を通って収容空間 6 2 a 内に突出し、リング O r 2 を介在させて回転軸 A r が挿設されている。これにより、回転軸 A r は角穴 9 1 a に倣う角柱状であるので、角穴 9 1 a 内面にて相互が 2 線あるいは 3 点接触することによりトルクの伝達が可能となり、よって、回転軸 A r と共に支持体 9 が回転され、このときの隙間の存在により、支持体 9 が何等かの原因で傾動しても回転軸 A r に負荷がかからないようになっている。なお、隙間に存するリング O r 2 は、その接触面に垂直抗力を与えるように配置されているため、回

40

50

転軸 A r と支持体 9 が O リング O r 2 の静止摩擦力で結合されている。また、支持体 9 とロータ 8 との間にはピン部材 9 3 に外挿されたコイルバネ C s が縮設され、コイルバネ C s の付勢力により、ステータ 7 の摺動面 7 a に所定の予圧（面圧）が付与され、コイルバネ C s が本実施形態の予圧印加手段を構成する。

【0022】

以上によれば、図 2 (a) に示すロータリーバルブ R V 1 を起点状態とし、この起点状態では、ロータ 8 の摺動部 8 2 における開口端 L 4 1 a , L 4 2 a が、ステータ 7 の摺動面 7 a における開口端 L 2 1 a , L 2 3 a 及び開口端 L 2 2 a , L 2 4 a に上下方向で合致する。つまり、図 1 でいうところの第 1 及び第 2 の各バルブ V 1 , V 2 が開弁、第 3 及び第 4 の各バルブ V 3 , V 4 が閉弁した状態となり、高圧ガス通路が形成されて、圧縮機 1 1 で圧縮されて第 1 通路 L 1 1 に流入した高圧の作動ガスが高圧ガスライン 5 1 a , 5 1 b を介してパルス管 2 及び蓄冷器 3 へと供給される。この状態からモータ M t の回転軸 A r を一方向に回転駆動させると、回転トルクが支持体 9 と各ピン部材 9 3 とを介してロータ 8 に伝達され、ステータ 7 の摺動面 7 a をロータ 8 が一方向に摺動回転する。このとき、開口端 L 4 1 a , L 4 2 a のない摺動部 8 2 の当接面 8 a の部分でステータ 7 の摺動面 7 a における開口端 L 2 1 a , L 2 3 a と開口端 L 2 2 a , L 2 4 a とが順次閉塞され、その後、摺動面 7 a のないステータ 7 の部分（扇形に切り欠いた部分）を介して、各第 2 通路 L 2 1 , L 2 2 がバルブハウジング 6 内の収容空間 6 2 a に連通した状態となり、図 2 (b) に示すように、ロータ 8 が所定の回転角で摺動回転した位置で完全に開放される。つまり、図 1 でいうところの第 1 及び第 2 の各バルブ V 1 , V 2 が閉弁、第 3 及び第 4 の各バルブ V 3 , V 4 が開弁した状態となり、低圧側通路が形成されて、膨張により圧力低下した低圧の作動ガスが低圧ガスライン 5 2 a , 5 2 b を介して圧縮機 1 1 のガス回収側に回収される。

【0023】

ロータ 8 を一方向に更に摺動回転させると、摺動部 8 2 の開口端 L 4 1 a , L 4 2 a がステータ 7 の摺動面 7 a における開口端 L 2 3 a , L 2 4 a と先ず合致して図 1 でいうところの第 2 のバルブ V 2 が開弁、第 1 , 第 3 及び第 4 の各バルブ V 1 , V 3 , V 4 が閉弁した状態となり、高圧の作動ガスが高圧ガスライン 5 1 b を介してパルス管 2 へと先ず供給される。次に、摺動部 8 2 の開口端 L 4 1 a , L 4 2 a がステータ 7 の摺動面 7 a における開口端 L 2 1 a , L 2 2 a にも合致して高圧の作動ガスが高圧ガスライン 5 1 a を介して蓄冷器 3 にも供給される（高圧側通路が完全に形成された状態となる）。これら操作が繰り返され、作動ガスに対し圧力振動を発生させながら高圧側通路と低圧側通路とが周期的に切り換わる。なお、圧力振動に伴う進行波によって定常的に高温部と低温部が形成されていればよく、図 3 に示すロータ 8 の摺動回転方向や開口端 L 4 1 a , L 4 2 a , 開口端 L 2 1 a , L 2 2 a , L 2 3 a , L 2 4 a の形状は上記に限定されない。

【0024】

このように本実施形態によれば、バルブハウジング 6 内にステータ 7 を締結ボルト B t 1 で固定すると共に、軸受 B r を備えて摺動回転に伴ってロータ 8 に作用するスラスト方向の反力を吸収し、モータ M t の回転軸 A r に伝達されない構成を採用したことで、作動ガスのリークレートとロータ 8 の摩耗量との関連などから適した値として定められる面圧の安定化を図ることができ、しかも、モータ M t の故障や短寿命化を招来することもない。加えて、面圧の安定化は平均面圧値を要求されるリークレートへと漸近させることができ（つまり、従来構成より平均面圧値を減少させることができ）、これにより、ロータ 8 の摩耗量を減少させた（寿命を改善した）構成とすることができる。また、E リング E r を用いて支持体 9 とピン部材 9 3 とを係止すると共に、O リング O r 1 を用いてピン部材 9 3 とロータ 8 とを係止することで、ロータリーバルブ R V 1 の組付けまたは分解に際し、一方向から、軸受 B r 、支持体 9 、ピン部材 9 3 及びコイルバネ C s をドライバなどの特段の手工具なしに順次取り付けまたは取り外しができる構造となり、有利である。

【0025】

ここで、ステータ 7 の摺動面 7 a をロータ 8 が一方向に摺動回転したとき、何等かの原

10

20

30

40

50

因でロータ8の当接面8aに偏摩耗が生じ、これに起因してロータ8の中心軸線がモータMtの回転軸Arに対して傾いたのでは、モータMtの回転軸Arに負荷がかかる虞がある。それに対して、本実施形態では、支持体9に各ピン部材93の上端部が遊挿される透孔92aが形成され、この透孔92aを挿通させた状態で各ピン部材93が支持体9に着脱自在に取り付けているため、各ピン部材93の支持体9の長手方向への移動が許容されることで、モータMtの回転軸Arに負荷がかかることを回避でき、有利である。なお、長手の支持体9と支持体9に吊設される複数のピン部材93とを有するものを例に動力伝達手段を説明したが、平面で動作が規制されているので1自由度は既に減じられ、ここから平面からの逸脱をさせない(回転中心から動かさない)とすると、2自由度を減じる必要がある。そこで、動力伝達手段としては、ロータ8への連結時に3以上5以下の自由度を許容する構成であればよい。また、透孔92aが一方方向に長手の長孔で構成されているような場合、1自由度が追加されることになるが、事実上、回転中心がずれても良い程度の許容範囲の長孔になっていればよい。

10

【0026】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明の技術思想の範囲を逸脱しない限り、種々の変形が可能である。上記実施形態では、パルス管冷凍機Prに適用されるロータリーバルブRV₁を例に説明したが、これに限定されず、GM冷凍機など他の冷凍機にも適用することができる。また、上記実施形態では、予圧付与手段としてコイルバネCsを用いる場合を例に説明したが、これに限定されるものではない。例えば、同一の要素または部材に同一の符号を付した図4を参照して、変形例に係るロータリーバルブRV₂では、コイルバネCsに代えて、取付ナット95で締結されるダイヤフラムDpが用いられる。ダイヤフラムDp上面には、金属製の板材Pmが密着配置されている。板材Pmの上面中央には、上記実施形態の角柱状部91に対応する角柱状体96が取り付けられている。このように予圧付与手段は、図2または図4の組立状態を起因とする弾性変形が予圧となる構成とすればよい。弾性変形を利用することでロータリーバルブの姿勢(重力加速度方向)に依らず、摺動面に安定した予圧を与えることができる。なお、本変形例での予圧より高い摺動面圧は、ダイヤフラムDpとロータ8で実質的に画成されている連通空間84同様の内部圧力によってもたらされ、また、差圧を受ける面積であるシリンダヘッド83下面の面積は、少なくともダイヤフラムDp上面の金属製の板材Pmの面積に相当し、これが予圧より高い摺動面圧となる。

20

30

【0027】

角柱状体96の周囲に位置させて板材Pmの上面には周方向に等間隔で3個のブランジャタイプのボールローラ97が設けられ、ボールローラ97の上端に転動自在に設けたボール97aが上ハウジング62の上壁内面に当接させている。これにより、本変形例の吸収手段としてロータ8に作用するスラスト方向の反力を吸収することが可能になる。この場合、角柱状体96には回転軸Arが隙間を存して挿入される角穴96aが形成され、回転軸Arに各柱状体96が係止され、モータMtの回転軸Arの回転トルクがピン98のせん断応力を介してロータ8に伝達される。ピン98は、割りピンまたは針金で構成することができ、組立や分解時に手工具を用いることなく着脱可能となる。なお、ピン98の代わりに、上記実施形態の如く、回転軸Arの軸形状を角柱としてリングを用いて係止することもできる。また、上記変形例の如く、単一のダイヤフラムDpを用いると、その下面(押圧面)中央からずれた位置に力が加わると、モーメントが発生するので、回転軸Arの回転軸線に対して周方向に等間隔で複数(例えば120°間隔で3つ)のダイヤフラムを配置して、各ダイヤフラムの押圧面に働くモーメントの和をゼロにするようにしてもよい。好ましくは、可能な範囲で回転軸線から遠方に配置する構成とする。このように構成することで摺動面に付与される面圧について均等を維持すると同時に偏摩耗の進行を防止することができる。

40

【0028】

また、上記実施形態では、各ピン部材93が長孔92aに遊挿することで、各ピン部材93ひいてはロータ8の支持体9の長手方向への移動を許容しているが、3以上5以下の

50

自由度を許容する構成であればこれに限定されるものではない。例えば、支持体 9 とロータ 8 とをフレキシブルジョイントで連結することもできる。この場合も、ロータ 8 の支持体 9 の長手方向への移動が許容されるため、モータ M t の回転軸 A r に負荷がかかることを回避できる。フレキシブルジョイントとしては、例えば等速ジョイントやオルダム継手などの公知のものを利用できるため、これ以上の説明を省略する。なお、自由度の数を 3 以上の 4 または 5 とした場合は、増加した自由度について規制要素が設けられることが好ましい。上記実施形態では長孔 9 2 a の長手方向の寸法からピン部材 9 3 上部の遊挿部位の寸法を差し引いた距離が、この規制要素の典型例となる。この規制要素は、例えば摺動面の気密すなわち各通路間での気密が保持され、かつ連通空間 8 4 同様の内部圧力からもたらされる摺動面圧の変動が 1 % 以下となるように設けられる。このように構成することで、安定した摺動面圧が保たれる。

10

【0029】

また、シリンダヘッド 8 3 とロータ 8 との間である格納部 8 1 a について、例えば「J I S B 0 4 0 1 - 1 : 2 0 1 6」に示されるすきまばめを適用すれば、実質的にロータ 8 の自由動を回転軸 A r の回転軸線の回転および軸方向のみの 2 自由度に制限することができ、摺動面圧の偏りを防止すると共に、その面圧を安定化することができる。ダイヤフラム D p を用いる変形例の場合は、シリンダヘッド 8 3 とロータ 8 との構成と同様の効果を奏するリニアガイドを付加すればよい。このようにロータ 8 の自由度が制限されるように構成されている場合は、動力伝達手段の自由度は 4 自由度以上であっても制限される。つまり、増加した自由度について規制要素を設ける必要はない。

20

【符号の説明】

【0030】

R V₁, R V₂ ... ロータリーバルブ、P r ... パルス管冷凍機（冷凍機）、6 ... バルブハウジング、6 2 a ... 収容空間（内部通路）、7 ... ステータ、8 ... ロータ、8 1 a ... 格納部（凹孔）、8 3 ... シリンダヘッド、8 3 b ... 軸部、M t ... モータ、L 1 ... 第 1 通路、L 2 1, L 2 2 ... 第 2 通路、L 3 ... 第 3 通路、L 4 ... 第 4 通路、B r ... ベアリング（吸収手段）、9 ... 支持体（動力伝達手段）、9 2 a ... 長孔（透孔）、9 3 ... ピン部材（動力伝達手段）、C s ... コイルバネ（予圧印加手段）。

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2 0 0 8 - 5 4 4 1 9 9 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 9 / 1 8 6 6 9 0 (W O , A 1)
中国特許出願公開第 1 1 1 8 5 3 2 8 5 (C N , A)
特開 2 0 1 9 - 2 0 3 6 4 4 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
F 1 6 K 3 1 / 0 4