

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5735542号
(P5735542)

(45) 発行日 平成27年6月17日(2015. 6. 17)

(24) 登録日 平成27年4月24日(2015. 4. 24)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 5 B 9/14 (2006. 01)	F 2 5 B 9/14 5 3 0 B
F 1 6 K 5/00 (2006. 01)	F 1 6 K 5/00 Z
F 1 6 K 31/04 (2006. 01)	F 1 6 K 31/04 Z
F 1 6 C 19/10 (2006. 01)	F 1 6 C 19/10
F 1 6 C 19/30 (2006. 01)	F 1 6 C 19/30

請求項の数 10 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-550472 (P2012-550472)	(73) 特許権者	595068254
(86) (22) 出願日	平成23年1月31日(2011. 1. 31)		ブルーカー バイオスピン ゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2013-519059 (P2013-519059A)		ミット ベシユレンクテル ハフツング
(43) 公表日	平成25年5月23日(2013. 5. 23)		Br u k e r B i o S p i n G m b H
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/051313		ドイツ連邦共和国 ラインシュテッテン
(87) 国際公開番号	W02011/095455		ジルバーシュトライフェン (番地なし)
(87) 国際公開日	平成23年8月11日(2011. 8. 11)	(74) 代理人	100125254
審査請求日	平成25年11月21日(2013. 11. 21)		弁理士 別役 重尚
(31) 優先権主張番号	102010001498.2	(74) 代理人	100118278
(32) 優先日	平成22年2月2日(2010. 2. 2)		弁理士 村松 聡
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(72) 発明者	ユーリー オーゴル
			ドイツ連邦共和国 7 6 1 3 7 カールス
			ルーエ ヒルシュシュトラーセ 1 0 3 a

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動化された回転弁

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

極低温冷却機用の回転弁（１）であって、
モータによって回転軸（ＤＡ）を中心に回転させることができる回転体（６）と、
制御板（５）と、
前記制御板（５）に沿って前記回転体（６）が転がることを可能にする軸転がり軸受と
を備える回転弁（１）において、
前記軸転がり軸受が、半径方向（ＲＲ）にセンタリングしない軸受（１９ａ、１９ｃ）
として設計されている
ことを特徴とする回転弁（１）。

10

【請求項 2】

前記極低温冷却機はパルス管冷却機であることを特徴とする請求項 1 記載の回転弁（１）。

【請求項 3】

前記極低温冷却機はギフォードマクマホン冷却機であることを特徴とする請求項 1 記載の回転弁（１）。

【請求項 4】

前記軸転がり軸受が、円筒ころ軸受（１９ｂ、１９ｃ）として設計されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の回転弁（１）。

【請求項 5】

20

前記円筒ころ軸受（１９ｂ、１９ｃ）が針軸受（１９ｃ）として設計されていることを特徴とする請求項４記載の回転弁（１）。

【請求項６】

前記制御板（５）内の作動ガス用の凹部（１５ａ、１７）の全体が、前記回転体（６）内の作動ガス用の連通凹部（１６、１８）内において半径方向（ＲＲ）に広がっているか、またはその逆であることを特徴とする請求項１乃至５のいずれか１項に記載の回転弁（１）。

【請求項７】

ばね（４）によって前記回転体（６）が前記制御板（５）に押し付けられていることを特徴とする請求項１乃至６のいずれか１項に記載の回転弁（１）。 10

【請求項８】

前記回転体（６）が、プラスチック材料から製作されたものであることを特徴とする請求項１乃至７のいずれか１項に記載の回転弁（１）。

【請求項９】

前記回転体（６）は、前記プラスチック材料から射出成形によって製作されたものであることを特徴とする請求項８記載の回転弁（１）。 20

【請求項１０】

前記軸転がり軸受の前記制御板（５）上および前記回転体（６）上の軸受面（２０ａ、２１ａ）が、前記制御板（５）と前記回転体（６）の間の１つまたは複数の密閉面（５ａ、６ａ）から離れていることを特徴とする請求項１乃至９のいずれか１項に記載の回転弁（１）。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、極低温冷却機用の回転弁の回転弁であって、

- － モータによって回転軸を中心に回転させることができる回転体と、
- － 制御板と、
- － 前記制御板に沿って前記回転体が転がることを可能にする軸転がり軸受とを備える回転弁に関する。

【背景技術】 30

【０００２】

このタイプの回転弁は例えば特許文献１に開示されている。

【０００３】

例えば超電導コイル磁石など、極低温で動作させなければならない技術システムは数多い。低温を生み出す１つの原理は作動ガスの膨張に基づく。パルス管冷却機およびギフォード・マクマホン冷却機の場合には、高い作動ガス圧と低い作動ガス圧をコールドヘッドに交互に加える。そうするために、実際には、圧縮機の吸込み側と高圧側をコールドヘッドに交互に接続する。この接続には通常、回転弁が使用される。

【０００４】

この回転弁は、通常は電動モータによって駆動される回転体と、制御板とを備える。制御板に対して回転体が回転すると、作動ガス用のさまざまな流路が交互に開閉し、これによって所望の高い圧力及び低い圧力がコールドヘッドに交互に加わる。 40

【０００５】

回転弁の動作中には、回転体の１つまたはいくつかの表面が、制御板の１つまたは複数の表面に沿って滑動する。これらの表面は接触領域において作動ガスを密閉する。この滑動によって材料の摩耗が生じることがあり、最終的にはこの摩耗により回転体および／または制御板の交換が必要となる。

【０００６】

特許文献１では、回転体および制御板がそれぞれ円周方向の溝を備え、これらの溝間に玉ケージが保持される。この玉軸受により摩耗が低減する。 50

【0007】

この先行技術は、この玉軸受の製作費および組立費が高くなるため不利である。この溝は、互いに対して正確に同心に配置しなければならない。そうしないと、玉ケージの玉が少なくとも一方の溝から外れ、回転体および制御板の表面が互いに対して傾き、これによって作動ガスが漏れ、軸受の摩耗が増大するためである。そのために、実際には、密閉要件によって事前に決まる製作公差を満たすことができるように、回転弁の大部分の構成要素、特に回転体を金属から製作し、フライス削りによって加工しなければならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

10

【特許文献1】 米国特許出願公開第2008/0245077号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の根底にある目的は、極低温冷却機用の回転弁であって、ほとんど摩耗せず、同時に製作および取付けが容易な回転弁を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この目的は、軸転がり軸受が、半径方向にセンタリングしない軸受（以後、非センタリング軸受という）として設計されていることを特徴とする上記のタイプの回転弁によって、驚くほど簡単だが効果的な方式で達成される。

20

【0011】

本発明の非センタリング軸受では、この軸受けによって、回転体と制御板（制御円板）は、ある領域内において、半径方向に（すなわち回転体の回転軸に垂直な平面内で）互いに対して自由に滑動することができる。この場合、回転体および制御板が、取り付けられた状態において、製作中および／または組立て中の公差または誤差によって、回転体の回転軸に対する正確な同心配置からわずかに外れるかどうかは問題とはならない。この相互滑り面に対する密閉効果は維持される。そのため、本発明の範囲に含まれる回転弁に関して、簡単に製作できる構成要素、すなわち安価な射出成形技術を使用してプラスチック材料から製作された、比較的大きな製作公差を有する回転体を使用することができる。

30

【0012】

非センタリング軸受を組み立てるためには通常は、回転体上および制御板上に、互いに向かい合うように配置された互いに平行な平らな軸受面を形成し、これらの軸受面間に、転がり体（例えば玉または好ましくは円筒）を、例えばケージ内に保持するといった方法で配置する。これらの平らな軸受面は、（回転体の回転軸に垂直な）半径方向のセンタリングを防ぐ。これらの軸受面は通常は、例えば回転体に取り付けられた軸受円板上および制御板に取り付けられた軸受円板上に円形に形成される。これらの軸受面は、回転体の回転軸に対して垂直に配置することに留意すべきである。

【0013】

制御板および回転体には凹部（フライス削りされた部分、開口、溝）が形成されている。回転体が回転している間に凹部の重なりが変化し、これによって高い作動ガス圧（例えばヘリウム）と低い作動ガス圧（例えばヘリウム）がコールドヘッド（例えばパルス管）に交互に接続される。凹部の設計が適当であるとき、回転体および制御板の半径方向の遊びは、回転弁の切換え動作に影響を及ぼさない（下記参照）。

40

【0014】

回転体は通常は電動モータによって駆動される。転がり軸受は特に玉軸受または円筒ころ軸受とすることができる。

【0015】

本発明の好ましい実施形態

本発明の回転弁の好ましい一実施形態では、軸転がり軸受が円筒ころ軸受として設計さ

50

れる。(円)筒ころは、大きな荷重を支持するのに適しており、長期間応力が加えられた後であっても軸受面は平らであり続けるので、耐摩耗性の低い材料から軸受面ができているときであっても、使用中は軸受の非センタリング特性が維持される。円筒ころはさらに比較的平らな設計を可能にする。この実施形態では通常、円筒の軸が軸受面と平行であり、回転体の回転軸の方を向いている。言い換えると、円筒軸は、回転体の回転軸に対して(ほぼ)垂直である。

【0016】

この実施形態の他の好ましい1つの発展形態では、円筒ころ軸受が針軸受として設計される。針軸受は特に平らな構造を有する。

【0017】

特に有利な実施形態では、制御板内の作動ガス用の凹部の全体が、回転体内の作動ガス用の連通凹部内において半径方向に広がっているか、またはその逆である。この逆のケースでは、回転体内の作動ガス用の凹部の全体が、制御板内の作動ガス用の1つの連通凹部内において半径方向に伸びている。この配置においては、例えば製作公差による半径方向に対するわずかなセンタリングのずれが、作動ガスの流れに影響を及ぼすことはない。これらの凹部の半径方向の縁間隔は通常は、予想される半径方向の遊びよりもかなり大きい。この遊びは通常は最大0.2mm以下の範囲にある。

【0018】

他の好ましい実施形態では、ばねが回転体を制御板に押し付ける。このばねは、作動ガスの圧力が加わっていないときであっても、自己保持しない軸受を保持する。これによって回転体は通常は、軸方向に移動することができるような態様で、電動モータのシャフト上に着座する。

【0019】

特に好ましい実施形態では、回転体が、プラスチック材料から特に射出成形によって製作される。これによって本発明の回転弁の製作費はかなり低減する。

【0020】

他の好ましい実施形態では、軸転がり軸受の制御板上および回転体上の軸受面が、制御板と回転体の間の1つまたは複数の密閉面から離れている。この場合、軸受に生じる摩擦が、密閉の動作に影響を及ぼすことはない。

【0021】

本発明の他の利点は、本明細書の説明および添付図面から引き出すことができる。上記および下記の特徴は、本発明に従って、個別に使用することができ、または任意の組合せでまとめて使用することができる。図示された実施形態および記載された実施形態は、網羅的な列挙であると理解すべきではなく、しかし本発明を記述する例示的な特徴を有すると理解すべきである。

【0022】

本発明は図面に示されており、実施形態に関してより詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】軸方向断面として示される本発明の回転弁を備えるパルス管冷却機を含む冷却システムの略図である。

【図2】モータを備え、玉軸受を有する本発明の回転弁の軸方向断面図である。

【図3】モータを備え、円筒ころ軸受を有する本発明の回転弁の軸方向断面図である。

【図4】モータを備え、針軸受を有する本発明の回転弁の軸方向断面図である。

【図5】図3の線Vの高さで切った図3の回転弁の半径方向断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1は、本発明の範囲内で使用することができる冷却システムの概要を示す。

【0025】

この冷却システムは、回転体6と制御板(制御円板)5とを有する本発明の回転弁1を

10

20

30

40

50

備える。回転体6は、電動モータ2によって制御板5に対して回転させることができる。これによって回転体6は回転軸DAを中心に回転する。回転体6は、電動モータ2のシャフト3上に保持されているので、一緒に回転することはできないが、シャフト3上を軸方向に（回転体の回転軸DAに平行に）自由に滑動することができる。作動ガスの圧力がない場合であっても、ばね4により回転体6は制御板5に押し付けられる。

【0026】

圧縮機7を使用して、コールドヘッド8またはコールドヘッド8の作動ガス入口9に、高圧側HSと吸込み側SSが交互に接続される。この場合、コールドヘッド8はパルス管冷却機として設計されており、このパルス管冷却機は、パルス管10と、蓄冷管11と、冷熱交換領域12（熱の流れQを参照されたい）と、外部空気によって冷却される温熱交換領域13と、バッファ容積14とを備える。

10

【0027】

回転体6および制御板5は、作動ガス（この場合にはヘリウム）の流れまたは圧力を制御するさまざまな凹部（フライス削りされた部分、開口、溝）を有する。吸込み側SS（低圧側とも呼ばれる）は溝15を介して制御板5の中心穴15aに接続されている。高圧側HSは、作動ガスの圧力により、（ばね4に加えて）回転体6が制御板5に押し付けられるだけでなく、回転体6の側方へ開いた凹部16に作動ガスを高い圧力で入れることができ、且つ中心から外れた2つの溝17を介してコールドヘッド8の入口9まで作動ガスを到達させることができるような態様で、回転体6の周囲に接続されている（簡単にするために、図1には、特に回転体6の側面の空間を密閉するための回転弁1用の圧力ハウジングが示されていないことに留意すべきである）。軸DAを中心に回転体を90°回転させることにより、回転体の中心の凹部18を使用して、吸込み側SSを溝17に接続することができる（図5）。

20

【0028】

回転体6は、制御板5の2つの領域で支持されている。作動ガスを密閉する、制御板5の複数の表面5aと回転体6の複数の表面6aとが互いに当接する。それぞれの表面は回転軸DAに対して垂直に延びている。さらに非センタリング軸受19aが配置されている。

【0029】

制御板5および回転体6にはそれぞれ、耐摩耗性の材料、例えば硬化金属またはSiCなどのセラミック材料からなる環状軸受円板20、21が取り付けられている。これらの軸受円板の平行で平らな表面20a、21aは互いに向かい合っている。これらの表面20a、21a間に、玉22を複数個有するケージが配置されている。表面20a、21aは、（先行技術の従来の玉軸受と異なり）溝を持たず、半径方向RRに関して平らにかつ平行に延びているため、回転体6には、表面5a、6a上の密閉効果を損なわない程度に、半径方向に一定の遊びが設けられる。特に、回転体6と制御板5が半径方向RRに互いに対してわずかにずれたときに、回転体6と制御板5は互いに対して傾かない。さらに、凹部／溝15a、16、17、18の重なりも損なわれない（この点に関しては図5も参照されたい）。

30

【0030】

これにより、この非センタリング軸受では、回転体と制御板の半径方向の相対的な配置についてより大きな公差を設定することができる。特に、回転体の製法および取付け法を容易にすることができ、費用を減らすことができる。このケースでは、射出成形法を使用してプラスチック材料（例えばポリエチレン）から回転体6を製作した。

40

【0031】

回転弁1を組み立てた後、最初は通常、（軸受19aを介さずに）回転体6の密閉面6aだけが制御板5と当接する。しかしながら、ばね4の作用および、必要に応じた作動ガス圧の作用の下での摩耗のため、この突起部はすぐに低くなり、ついには軸受19aも回転体6を保持する。この現象は特に、密閉面6aにプラスチック材料が使用されている場合すぐに生じる。次いで回転体6が完全に適合し、軸受19aが密閉面6aのさらなる摩

50

耗を防ぐ。

【0032】

図2、3および4はそれぞれ、回転弁1の軸受の実行可能なさまざまな設計をより詳細に示す。以下では、図1に対する相違点だけを説明する。

【0033】

図2は、非センタリング玉軸受19aを有する図1の回転弁を示しているが、この図は、回転体6の回転軸DAを中心に90°回転させた垂直断面における図である。この図には、溝15および凹部18の対応するそれぞれの縦断面図が示されている。(溝15に接続されている)吸込み側SSはコールドヘッドの入口に接続されておらず、これは図1にも示されている。ウェブ23が、回転体6の外側の領域(高い作動ガス圧が常に加えられており、玉22が位置する領域)を凹部18から密閉している。玉22は、半径方向RRに沿って平らな軸受面20a、21a上を移動することに留意すべきである。

10

【0034】

図3の非センタリング軸受19bは、軸受円板20、21の向い合せに配置された平らで平行な表面20a、21aに沿って転がる円筒ころ24を有する。円筒軸ZAは、回転体6の回転軸DAの方を向いており、回転軸DAに対して垂直に延びている。軸受ディスク20、21が耐摩耗性の低い材料から作られている場合、軸受面20a、21aは使用中に平らに摩耗して、溝の形成を防ぐ。

【0035】

図4は、直径が特に小さい円筒ころ25を有するように設計された非センタリング軸受19cを示す。この場合、軸受19cは「針軸受」とも呼ばれる。針軸受19cを使用すると、回転弁1の軸方向の高さBHが低くなる。

20

【0036】

図5は、線Vで切った図3の軸受19bの断面を示しているが、回転体6の位置は90°回転されている(実線)。この図にはさらに図3の位置にある回転体6も示されている(点線)。

【0037】

この断面図は(円)筒ころ24を示しており、(円)筒ころ24によって回転体6と制御板5は軸受19b内で互いに沿って転がる。

【0038】

実線によって示された位置では、回転体6の中心の凹部18が、制御板5の下面で終わる溝17を、圧縮機の吸込み側に接続された中心の穴15aに接続する。

30

【0039】

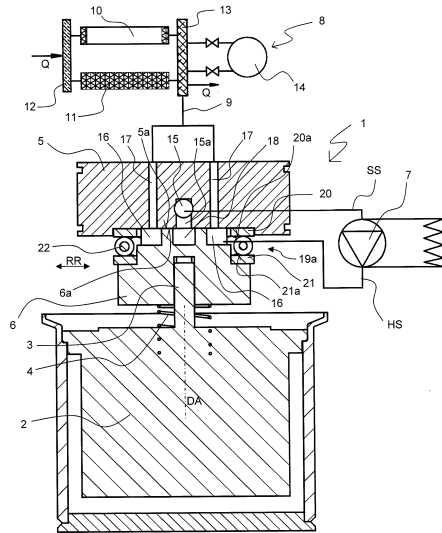
点線によって示された回転体6と制御板5の相対的な配置では、溝17が、回転体6の側方へ開いた凹部16を介して圧縮機の高圧側に接続される(図1も参照されたい)。

【0040】

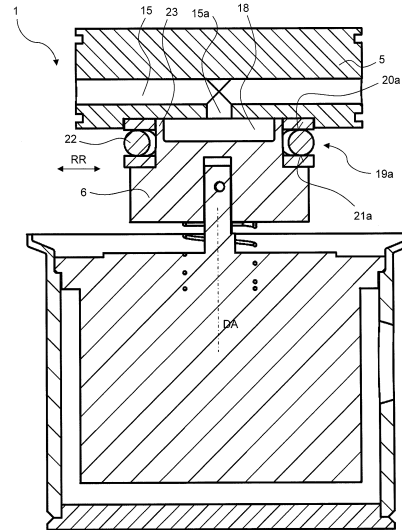
溝17の開口の半径方向の外延に関して、溝17の開口は中心の凹部18の範囲内に完全に位置しており、側方へ開いた凹部16の範囲内にも完全に位置している。中心の凹部15aの半径方向の外延も中心の凹部18の範囲内に完全に収まっている。図5は、回転体6と制御板5の正確に同心の配置を示しており、この配置では、連通している全ての凹部(フライス削りされた部分、開口、溝)の縁は半径方向にそれぞれAB1、AB2、AB3、AB4とかなり離隔している。本発明によれば、回転体6と制御板5の半径方向の不整合に関して予想される製作および取付けの最大公差が、同心の配置における最も小さな縁間隔、この場合には中心の凹部15aと中心の凹部18との縁間隔AB1、より小さくなるので、この最も小さな縁間隔AB1が十分に大きくなる。その場合、作動ガスの流れまたは圧力の分布はこの半径方向の不整合によって損なわれない。

40

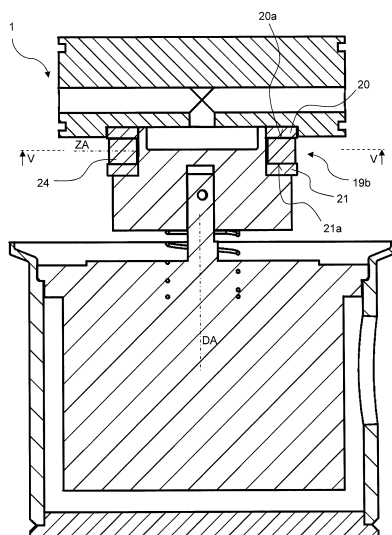
【図 1】



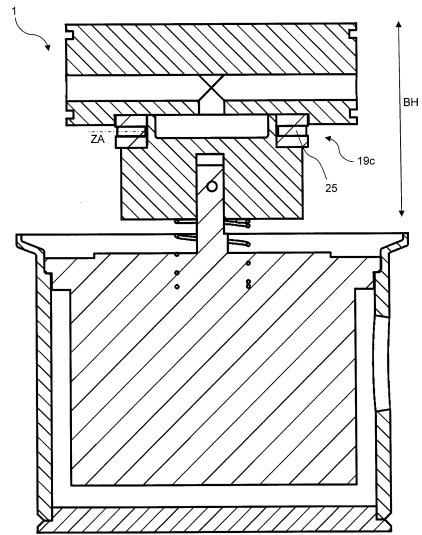
【図 2】



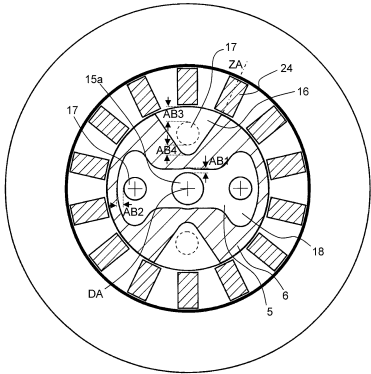
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 クラウス ハネベック

ドイツ連邦共和国 7 6 2 8 7 ラインシュテッテン フリードリッヒシュトラッセ 2 6

(72)発明者 ゲルハルト ロート

ドイツ連邦共和国 7 6 2 8 7 ラインシュテッテン アム ライン 2 c

審査官 松井 裕典

(56)参考文献 特表2007-527985 (JP, A)

特開2008-051146 (JP, A)

特開2004-209263 (JP, A)

特開2001-074043 (JP, A)

特開2002-228288 (JP, A)

米国特許第04893653 (US, A)

英国特許第00907226 (GB, B)

米国特許出願公開第2008/0245077 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 2 5 B	9 / 0 0	F 1 6 K	5 / 0 0
---------	---------	---------	---------

F 1 6 K	1 1 / 0 0	F 1 6 K	3 1 / 0 0
---------	-----------	---------	-----------

F 1 6 C	1 9 / 0 0	F 1 6 C	2 3 / 0 6
---------	-----------	---------	-----------

F 1 6 C	3 3 / 0 0		
---------	-----------	--	--