

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4681625号
(P4681625)

(45) 発行日 平成23年5月11日(2011.5.11)

(24) 登録日 平成23年2月10日(2011.2.10)

(51) Int.Cl.	F I
F O 4 D 13/02 (2006.01)	F O 4 D 13/02 C
F O 4 D 29/047 (2006.01)	F O 4 D 13/02 G
F O 4 D 29/048 (2006.01)	F O 4 D 29/047 Z
A 6 1 M 1/10 (2006.01)	F O 4 D 29/048
	A 6 1 M 1/10 5 3 5

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-42044 (P2008-42044)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成20年2月22日(2008.2.22)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-197736 (P2009-197736A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成21年9月3日(2009.9.3)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成22年10月14日(2010.10.14)		弁理士 酒井 宏明
(出願人による申告) 国等の委託研究成果に係る特許出願(平成19年度独立行政法人科学技術振興機構 革新技術開発研究事業、産業技術力強化法第19条の適用を受けるもの)		(72) 発明者	日高 達哉
早期審査対象出願			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂製作所内
		(72) 発明者	大久保 剛
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂製作所内
		(72) 発明者	山本 康晴
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 血液ポンプおよびポンプユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ケーシングの内部に回転可能に配置された回転体を備え、
前記回転体に設けられた永久磁石である従動磁石、および前記ケーシングの外部で前記回転体の径方向に前記従動磁石と対向配置されて前記従動磁石と磁気結合する永久磁石である駆動磁石から成る軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングと、
前記駆動磁石を前記回転体の軸線を中心に回転駆動する駆動部と、
前記ケーシングの内壁および前記回転体に前記軸線を中心とした円環状の軸受面が設けられ、各前記軸受面が前記駆動磁石と前記従動磁石との間で前記回転体の径方向に隙間を有して配置された動圧軸受である径方向軸受と、
前記回転体における軸線方向前側に設けられた前シユラウド、該前シユラウドの軸線方向後側に設けられた後シユラウド、および前記前シユラウドと前記後シユラウドとの間に設けられた羽根を有するクローズド羽根車と
を備え、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項2】

前記径方向軸受は、前記駆動磁石と前記従動磁石との間である前記後シユラウド後側の前記回転体と前記ケーシング内壁との間、前記前シユラウド前側の前記回転体と前記ケーシング内壁との間にも動圧軸受として設けられていることを特徴とする請求項1に記載

載の血液ポンプ。

【請求項 3】

前記従動磁石を有した前記回転体が前記ケーシングの内部に收容され、前記回転体と前記ケーシングの内壁との間に前記径方向軸受が設けられたポンプユニットと、

前記駆動磁石および前記駆動部を有した駆動ユニットと

を構成し、前記ポンプユニットを前記駆動ユニットに対して着脱可能に設けたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の血液ポンプ。

【請求項 4】

ケーシングの内部に回転可能に配置された回転体を備え、前記回転体を回転駆動する駆動ユニットに対して着脱可能に設けられた血液ポンプのポンプユニットであって、

前記回転体の軸線を中心に回転駆動されるように前記ケーシングの外部に配設される前記駆動ユニットの永久磁石である駆動磁石に対し、前記回転体の径方向に対向する態様で前記回転体に設けられ、前記駆動磁石と磁気結合されて軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングを成す永久磁石である従動磁石と、

前記ケーシングの内壁および前記回転体に前記軸線を中心とした円環状の軸受面が設けられ、各前記軸受面が前記駆動磁石と前記従動磁石との間で前記回転体の径方向に隙間を有して配置される動圧軸受である径方向軸受と、

前記回転体における軸線方向前側に設けられた前シユラウド、該前シユラウドの軸線方向後側に設けられた後シユラウド、および前記前シユラウドと前記後シユラウドとの間に設けられた羽根を有するクローズド羽根車と

を備え、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることを特徴とするポンプユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、血液を圧送する血液ポンプおよびポンプユニットに関するものである。

【背景技術】

【0002】

心臓を切開する手術においては、血液の循環を維持するために該血液を圧送する血液ポンプが用いられる。この血液ポンプは、ケーシングと、該ケーシングの内部に回転可能に配置された羽根車と、該羽根車を回転させる駆動機構とを備え、駆動機構により羽根車を回転させてケーシングの内部の流路に血液を取り込むと共に、この血液をケーシングの外部に送り出すものが知られている。

【0003】

この種の血液ポンプでは、例えば、羽根車の回転軸をケーシングの壁部に貫通させてケーシング外に突出させ、この回転軸に駆動モータを接続させる。回転軸がケーシングの壁部に貫通する部位には、血液の漏れを防ぐための軸シール構造が設けられている。ところが、軸シール構造は、ケーシングと回転軸とに接触を伴うものであるため、この接触部分で赤血球などの血液中の粒子が損傷して溶血が生じたり、接触部分での血液の淀みにより血栓が生じたりする問題があり、さらに、シール部での耐久性の問題もある。

【0004】

そこで、従来では、ケーシング内の羽根車を非接触で支持する血液ポンプが知られている。この血液ポンプは、羽根車に設けられた磁石と、ケーシングの外部に配置されて駆動モータで回転駆動される磁石との相互作用により羽根車を回転させる駆動機構を備えている。そして、羽根車の外周面とケーシング内周面との狭い隙間に、羽根車が回転して送り込まれた血液の圧力により羽根車を径方向に支持する動圧軸受が設けられている。また、羽根車に設けられた軸受磁石とケーシングに設けられた磁気コアとを径方向に対向配置させて磁気コアより生じる磁力を羽根車位置に応じて制御する事で羽根車を軸線方向に支持する制御型磁気軸受が設けられている（例えば、特許文献 1 参照）。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 2 2 6 3 9 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記特許文献 1 に示された血液ポンプにおいて、羽根車は、基部の軸線方向の一側面上に放射状に配置された羽根を有し、この基部の他側に動圧軸受をなすための流路が形成されている。また、ケーシングは、羽根を有した基部の一側の中央に向けて吸込管が設けられ、外周面に吐出管が設けられている。この血液ポンプでは、羽根車の回転により、羽根が径方向外側へ向けた圧力を生じさせることで、吸込管から血液が吸い込まれつつ吐出管から血液が圧送される。

10

【 0 0 0 7 】

しかしながら、このような構成の血液ポンプでは、羽根を有した基部の一側から血液を吸い込んだ際、基部の一側よりも他側が高い圧力になる圧力差が生じ、羽根車を一側に押す軸スラスト荷重が作用する。このため、軸心がずれて血液ポンプの作動不良を招来することになる。特許文献 1 に示された血液ポンプでは、制御型磁気軸受により羽根車を軸線方向に支持しているが、制御回路および磁気コアを備えることで製造コストが高む問題がある。また、制御回路の誤動作により軸受機能が喪失され、高い信頼性を確保する事が困難となる。

【 0 0 0 8 】

20

本発明は上述した課題を解決するものであり、ケーシング内に羽根車を径方向に非接触で回転できるように支持した上で、安価な製造コストで軸スラスト荷重を支持する構造とすることで、軸方向にも非接触で回転できる血液ポンプおよびポンプユニット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】

【 0 0 0 9 】

上述の目的を達成するために、本発明の血液ポンプでは、ケーシングの内部に回転可能に配置された回転体を備え、前記回転体に設けられた永久磁石である従動磁石、および前記ケーシングの外部で前記回転体の径方向に前記従動磁石と対向配置されて前記従動磁石と磁気結合する永久磁石である駆動磁石から成る軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングと、前記駆動磁石を前記回転体の軸線を中心に回転駆動する駆動部と、前記ケーシングの内壁および前記回転体に前記軸線を中心とした円環状の軸受面が設けられ、各前記軸受面が前記駆動磁石と前記従動磁石との間で前記回転体の径方向に隙間を有して配置された動圧軸受である径方向軸受と、前記回転体における軸線方向前側に設けられた前シユラウド、該前シユラウドの軸線方向後側に設けられた後シユラウド、および前記前シユラウドと前記後シユラウドとの間に設けられた羽根を有するクローズド羽根車とを備え、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることを特徴とする。

30

【 0 0 1 0 】

この血液ポンプは、径方向軸受および軸方向軸受により回転体をケーシングに対して非接触な状態で回転させることから、ケーシングを貫通する軸や、この軸での血液の漏れを防ぐための軸シール構造を要せず、溶血および血栓が生じる事態を防げる。しかも、この血液ポンプの羽根車は、血液が取り込まれる軸線方向前側に前シユラウドが設けられ、該前シユラウドの軸線方向後側に後シユラウドが設けられて、前シユラウドと後シユラウドとの間に設けられた羽根を有している。このため、後シユラウドの後側に流動した血液により軸線方向前側に圧力が生じ、かつ前シユラウドの前側に流動した血液により軸線方向後側に圧力が生じる。この結果、羽根車が軸線方向で押される軸スラスト荷重のバランスを調整できるので、従動磁石および駆動磁石のみの簡素な軸方向軸受であっても作動不良が防げ、磁気コアの磁気力を調整する制御回路が別途必要ないことから製造コストを低減できる。しかも、この血液ポンプは、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸

40

50

部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることから、軸部が小型化でき、ポンプの小型化が図れるので、その取り扱いが容易になる。

【0011】

また、本発明の血液ポンプでは、前記径方向軸受は、前記駆動磁石と前記従動磁石との間である前記後シュラウド後側の前記回転体と前記ケーシング内壁との間の他、前記前シュラウド前側の前記回転体と前記ケーシング内壁との間にも動圧軸受として設けられていることを特徴とする。

【0012】

この血液ポンプは、回転体の両端を支持する径方向軸受となり、回転体の径方向荷重をさらに安定して保持できる。

10

【0013】

また、本発明の血液ポンプは、前記従動磁石を有した前記回転体が前記ケーシングの内部に収容され、前記回転体と前記ケーシングの内壁との間に前記径方向軸受が設けられたポンプユニットと、前記駆動磁石および前記駆動部を有した駆動ユニットとを構成し、前記ポンプユニットを前記駆動ユニットに対して着脱可能に設けたことを特徴とする。

【0014】

この血液ポンプは、ポンプユニットを駆動ユニットに対して着脱可能に設けてあり、血液が接触するポンプユニットを消耗品として使い捨てできる。そして、この構成において、上記安価なポンプユニットを提供することで、消耗品を調達するランニングコストを低減できる。

20

【0017】

上述の目的を達成するために、本発明のポンプユニットでは、ケーシングの内部に回転可能に配置された回転体を備え、前記回転体を回転駆動する駆動ユニットに対して着脱可能に設けられた血液ポンプのポンプユニットであって、前記回転体の軸線を中心に回転駆動されるように前記ケーシングの外部に配設される前記駆動ユニットの永久磁石である駆動磁石に対し、前記回転体の径方向に対向する態様で前記回転体に設けられ、前記駆動磁石と磁気結合されて軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングを成す永久磁石である従動磁石と、前記ケーシングの内壁および前記回転体に前記軸線を中心とした円環状の軸受面が設けられ、各前記軸受面が前記駆動磁石と前記従動磁石との間で前記回転体の径方向に隙間を有して配置される動圧軸受である径方向軸受と、前記回転体における軸線方向前側に設けられた前シュラウド、該前シュラウドの軸線方向後側に設けられた後シュラウド、および前記前シュラウドと前記後シュラウドとの間に設けられた羽根を有するクローズド羽根車とを備え、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることを特徴とする。

30

【0018】

このポンプユニットは、径方向軸受および軸方向軸受により回転体をケーシングに対して非接触な状態で回転させることから、ケーシングを貫通する軸や、この軸での血液の漏れを防ぐための軸シール構造を要せず、溶血および血栓が生じる事態を防げる。しかも、このポンプユニットの羽根車は、血液が取り込まれる軸線方向前側に前シュラウドが設けられ、該前シュラウドの軸線方向後側に後シュラウドが設けられて、前シュラウドと後シュラウドとの間に設けられた羽根を有している。このため、後シュラウドの後側に流動した血液により軸線方向前側に圧力が生じ、かつ前シュラウドの前側に流動した血液により軸線方向後側に圧力が生じる。この結果、羽根車が軸線方向で押される軸スラスト荷重のバランスを調整できるので、従動磁石および駆動磁石のみの簡素な軸方向軸受であっても作動不良が防げ、磁気コアの磁気力を調整する制御回路が別途必要ないことから製造コストを低減できる。しかも、このポンプユニットは、前記従動磁石が前記回転体に形成された円柱状の軸部に設けられ、前記駆動磁石が前記従動磁石に対して前記軸部の径方向外側に配置されていることから、軸部が小型化でき、ポンプユニットの小型化が図れるので、

40

50

その取り扱いが容易になる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、安価な製造コストでケーシング内に羽根車を軸方向、径方向共に非接触で回転できるように支持可能となり、しかも磁力を制御する必要がないため、高い信頼性を確保可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に、本発明に係る血液ポンプおよびポンプユニットの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【0021】

図1は、本発明の実施例に係る血液ポンプの概略断面図、図2は、図1におけるA-A断面図、図3は、図1に示す血液ポンプの分離状態での概略断面図である。図1に示すように、本発明の実施例に係る血液ポンプは、ポンプユニット10と駆動ユニット20とを備えている。

【0022】

まず、ポンプユニット10は、回転体11およびケーシング12により構成されている。

【0023】

回転体11は、羽根車11Aおよび軸部11Bを有している。羽根車11Aは、前シュラウド11A1と、後シュラウド11A2と、羽根(ペーン)11A3とを有したクローズド羽根車として構成されている。前シュラウド11A1は、回転体11の回転中心である軸線Pを中心とした円の外径を成すように略円板状に形成され、羽根車11Aにおける軸線P方向前側に配置されている。この前シュラウド11A1は、その中心である軸線P上に、血液を吸い込むための吸引口11A1aが貫通して形成されている。後シュラウド11A2は、軸線Pを中心とした円の外径を成すように略円板状に形成され、羽根車11Aにおける軸線P方向後側(図1の下側)に配置されている。羽根11A3は、前シュラウド11A1と後シュラウド11A2との間に配置されている。この羽根11A3は、前シュラウド11A1の吸引口11A1aを避けるように、中心側から前シュラウド11A1の外周端に至って螺旋形の一部を成し、かつ、前シュラウド11A1および後シュラウド11A2の周方向に等間隔で複数配置されている。なお、血液を圧送する際に高圧となる前シュラウド11A1および後シュラウド11A2の外周縁は、回転体11の最も外周に配置されている。

【0024】

軸部11Bは、軸線Pを中心として各シュラウド11A1, 11A2よりも径の小さい円柱状に形成され、後シュラウド11A2のさらに軸線P方向後側に突設されている。軸部11Bの外周には、軸線Pを中心とした円環状の軸受面11B1が形成されている。また、軸部11Bには、その中央の軸線P上に貫通孔11B2が形成されている。貫通孔11B2は、後シュラウド11A2を貫通して形成され、前シュラウド11A1と後シュラウド11A2との間隙を介して前シュラウド11A1の吸引口11A1aと連通するように設けられている。また、軸部11Bには、従動磁石11B3が設けられている。従動磁石11B3は、永久磁石であり、軸受面11B1に沿うようにして軸部11Bに埋設されている。この従動磁石11B3は、図2に示すように、軸線Pを中心として円環状に形成され、円環状に沿ってS極とN極とが交互に隣接して配置されるように複数(例えば4つ)設けられている。

【0025】

ケーシング12は、ポンプユニット10の外筐を成し、その内部に回転体11を収容するものである。ケーシング12は、回転体11の回転中心である軸線P方向の前側に、血

10

20

30

40

50

液を取り込むための吸込口 1 2 A 1 が形成されている。また、ケーシング 1 2 は、軸線 P と直交する羽根車 1 1 A の径方向外側の部位に、血液を送り出すための吐出口 1 2 A 2 が設けられている。

【 0 0 2 6 】

また、ケーシング 1 2 は、その内壁が回転体 1 1 の外形に沿って形成され、羽根車 1 1 A を囲み、吸込口 1 2 A 1 および吐出口 1 2 A 2 を有した圧送部 1 2 A と、軸部 1 1 B を囲み、圧送部 1 2 A の軸線 P 方向後側に突設された軸受部 1 2 B とを有している。さらに、ケーシング 1 2 は、その内壁と、回転体 1 1 の外形との間に所定の隙間を有して形成されている。すなわち、ケーシング 1 2 は、回転体 1 1 と相互に非接触運転状態を有しつつ、回転体 1 1 を内部に收容するように構成されている。また、ケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B の内壁には、回転体 1 1 の軸部 1 1 B に形成された軸受面 1 1 B 1 に対し、回転体 1 1 の径方向で所定の隙間を空けて対向するように、軸線 P を中心とした円環状の軸受面 1 2 B 1 が形成されている。

10

【 0 0 2 7 】

次に、駆動ユニット 2 0 は、有底円筒形状の容器 2 1 に、駆動モータ（駆動部）2 2 および回転部材 2 3 が收容されたものである。駆動モータ 2 2 は、容器 2 1 の内部に固定され、出力軸 2 2 A を回転体 1 1 の軸線 P 上で前側に延出して設けられている。回転部材 2 3 は、駆動モータ 2 2 の出力軸 2 2 A に固定され、駆動モータ 2 2 の駆動により軸線 P を中心に回転可能に設けられている。この回転部材 2 3 は、ポンプユニット 1 0 のケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B を外側から囲むように、軸線 P を中心とした円環状に形成されている。すなわち、回転部材 2 3 は、ケーシング 1 2 内の回転体 1 1 の軸部 1 1 B を外側から囲んでいる。

20

【 0 0 2 8 】

回転部材 2 3 の円環状の内壁には、駆動磁石 2 3 A が設けられている。駆動磁石 2 3 A は、永久磁石である。駆動磁石 2 3 A は、図 2 に示すように、軸線 P を中心として円環状に形成され、円環状に沿って S 極と N 極とが交互に隣接して配置されるように複数（例えば 4 つ）設けられている。また、駆動磁石 2 3 A は、ケーシング 1 2 の外部から回転体 1 1 の軸部 1 1 B に設けられた従動磁石 1 1 B 3 と磁気結合するように、回転体 1 1 の径方向に従動磁石 1 1 B 3 と対向配置されている。

30

【 0 0 2 9 】

また、容器 2 1 の軸線 P 方向の前側には、容器 2 1 の開口部を密閉して駆動モータ 2 2 および回転部材 2 3 を覆う蓋部材 2 4 が設けられている。蓋部材 2 4 には、回転部材 2 3 の円環状内に没入する凹部 2 4 A が設けられている。この凹部 2 4 A には、ポンプユニット 1 0 の軸部 1 1 B を回転部材 2 3 の円環状内に配置するようにケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B が嵌挿される。また、図 3 に示すように、凹部 2 4 A に対し、ケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B が着脱可能に設けられている。

【 0 0 3 0 】

このような血液ポンプは、蓋部材 2 4 の凹部 2 4 A にケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B を嵌挿した状態において、駆動モータ 2 2 を駆動し軸線 P を中心に回転部材 2 3 を回転させる。回転部材 2 3 を回転すると、該回転部材 2 3 に設けられている駆動磁石 2 3 A が軸線 P を中心に回転し、この回転に伴って駆動磁石 2 3 A に磁気結合されている従動磁石 1 1 B 3 も回転する。従動磁石 1 1 B 3 が回転すると、該従動磁石 1 1 B 3 が設けられている回転体 1 1 が軸線 P をほぼ中心として回転する。このとき、従動磁石 1 1 B 3 は、駆動磁石 2 3 A に磁気結合されていることから、従動磁石 1 1 B 3 が設けられている回転体 1 1 には軸線 P 方向の移動に対して逆向きの吸引力が作用する。すなわち、従動磁石 1 1 B 3 と駆動磁石 2 3 A とは、回転体 1 1 の回転の軸線 P 方向を保持する軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングを成す。

40

【 0 0 3 1 】

そして、回転体 1 1 が回転すると、羽根 1 1 A 3 の作用により、吸込口 1 2 A 1 からケーシング 1 2 の内部に血液が取り込まれる。そして、この血液は、羽根車 1 1 A の吸引口

50

1 1 A 1 a から前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に送られ、さらに、この間隙で径方向外側に圧送されて吐出口 1 2 A 2 からケーシング 1 2 の外部に送り出される。

【 0 0 3 2 】

ここで、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙で径方向外側に圧送された高圧な血液の一部は、吐出口 1 2 A 2 からケーシング 1 2 の外部に送り出されず、ケーシング 1 2 の内部で軸線 P に近い比較的低下部分に流通する。具体的には、羽根車 1 1 A の外周部において、高圧な血液は、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙から、前シュラウド 1 1 A 1 の前側と、後シュラウド 1 1 A 2 の後側とにそれぞれ流動する。そして、前シュラウド 1 1 A 1 の前側に流動した血液は、軸線 P に向けて前シュラウド 1 1 A 1 の前面とケーシング 1 2 の内壁との間を通過し、吸引口 1 1 A 1 a から再び前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に至る。一方、後シュラウド 1 1 A 2 の後側に流動した血液は、軸線 P に向けて後シュラウド 1 1 A 2 の後面とケーシング 1 2 の内壁との間を通過し、さらに、軸部 1 1 B の軸受面 1 1 B 1 と、ケーシング 1 2 の軸受面 1 2 B 1 との隙間を通過して貫通孔 1 1 B 2 から再び前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に至る。

10

【 0 0 3 3 】

軸受面 1 1 B 1 と軸受面 1 2 B 1 との隙間は、軸線 P が中心となる円環状に構成されていることから、この隙間を血液が通過し、軸受面 1 1 B 1 と軸受面 1 2 B 1 とは血液を潤滑流体として回転体 1 1 の軸線 P を中心とした回転の径方向を保持する動圧軸受としての径方向軸受を成す。このため、軸部 1 1 B が軸線 P を中心とした位置に保持されることになる。すなわち、ケーシング 1 2 に非接触な状態で、回転体 1 1 の径方向の位置が保持されることになる。

20

【 0 0 3 4 】

したがって、上述した血液ポンプでは、径方向軸受および軸方向軸受により回転体 1 1 をケーシング 1 2 に対して非接触な状態で回転させることから、ケーシング 1 2 を貫通する軸や、この軸での血液の漏れを防ぐための軸シール構造を要せず、溶血および血栓が生じる事態を防げる。

【 0 0 3 5 】

特に、この血液ポンプにおけるポンプユニット 1 0 の羽根車 1 1 A は、血液が取り込まれる軸線 P 方向前側に前シュラウド 1 1 A 1 が設けられ、該前シュラウド 1 1 A 1 の軸線 P 方向後側に後シュラウド 1 1 A 2 が設けられて、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間に設けられた羽根 1 1 A 3 を有している。このため、後シュラウド 1 1 A 2 の後側に流動した血液により軸線 P 方向前側に圧力が生じ、かつ前シュラウド 1 1 A 1 の前側に流動した血液により軸線 P 方向後側に圧力が生じる。この結果、羽根車 1 1 A が軸線 P 方向で押される軸スラスト荷重が調整できるので、従動磁石 1 1 B 3 および駆動磁石 2 3 A のみの簡素な軸方向軸受であっても作動不良が防げ、磁気コアの磁気力を調整する制御回路が別途必要ないことから製造コストを低減できる。

30

【 0 0 3 6 】

また、上述した血液ポンプでは、ポンプユニット 1 0 を駆動ユニット 2 0 に対して着脱可能に設けてあり、血液が接触するポンプユニット 1 0 を消耗品として使い捨てできる。そして、この構成において、上記安価なポンプユニット 1 0 を提供することで、消耗品を調達するランニングコストを低減できる。

40

【 0 0 3 7 】

また、上述した血液ポンプでは、軸線 P を中心とした円柱状に形成された軸部 1 1 B に従動磁石 1 1 B 3 が設けられ、この従動磁石 1 1 B 3 に対して軸部 1 1 B の径方向外側に駆動磁石 2 3 A が配置されている。このため、図 4 で示す血液ポンプのように、軸線 P を中心とした円環状に形成された軸部 1 1 B に従動磁石 1 1 B 3 が設けられ、この従動磁石 1 1 B 3 に対して軸部 1 1 B の径方向内側に駆動磁石 2 3 A が配置されている構成と比較すると、軸部 1 1 B および軸受部 1 2 B が小型化でき、消耗品として使い捨てされるポン

50

プユニット 10 の小型化が図れるので、その取り扱いが容易になる。

【0038】

ところで、本実施例の血液ポンプでは、径方向軸受が回転体 11 の軸線 P 方向前側および軸線 P 方向後側にそれぞれ設けられている。回転体 11 の軸線 P 方向後側の径方向軸受は、上述したように、従動磁石 11 B 3 と駆動磁石 23 A との間に配置された軸受面 11 B 1 と軸受面 12 B 1 との隙間である。回転体 11 の軸線 P 方向前側の径方向軸受は、従動磁石 11 B 3 と駆動磁石 23 A との間を除く前シュラウド 11 A 1 の前側に設けられている。具体的には、前シュラウド 11 A 1 の前側に、吸引口 11 A 1 a からさらに前側に突設された筒部 11 A 1 b が形成されている。この筒部 11 A 1 b の外周には、軸線 P を中心として形成された円環状の軸受面 11 A 1 c が設けられている。一方、ケーシング 12 の圧送部 12 A には、その内壁に、軸受面 11 A 1 c に対し、回転体 11 の径方向で所定の隙間を空けて対向するように、軸線 P を中心とした円環状の軸受面 12 A 3 が形成されている。そして、軸受面 11 A 1 c と軸受面 12 A 3 との隙間を血液が通過し、軸受面 11 A 1 c と軸受面 12 A 3 とが、血液を潤滑流体として回転体 11 の軸線 P を中心とした回転の径方向を保持する動圧軸受としての径方向軸受を成す。このため、羽根車 11 A が軸線 P を中心とした位置に保持されることになる。このように、回転体 11 の軸線 P 方向前側および軸線 P 方向後側に径方向軸受を設けたことにより、回転体 11 の両端を支持する径方向軸受となり、回転体 11 の径方向荷重をさらに安定して保持できる。

10

【0039】

以下、参考例として他の形態の血液ポンプについて説明する。図 4 は、参考例に係る他の形態の血液ポンプの概略断面図である。なお、以下に説明する他の形態の血液ポンプにおいて、上述した血液ポンプと同等部分に同等の符号を付し、異なる構成について説明する。

20

【0040】

この他の形態の血液ポンプは、上記血液ポンプに対し、ポンプユニット 10 における回転体 11 の軸部 11 B の構成、および軸部 11 B に伴うケーシング 12 の軸受部 12 B の構成と、駆動ユニット 20 における回転部材 23 の構成、および回転部材 23 に伴う蓋部材 24 の構成とが異なる。

【0041】

ポンプユニット 10 の回転体 11 において、軸部 11 B は、軸線 P を中心とした円環状に形成され、後シュラウド 11 A 2 のさらに軸線 P 方向後側に突設されている。軸部 11 B の内周には、軸線 P を中心とした円環状の軸受面 11 B 1 が形成されている。また、軸部 11 B には、従動磁石 11 B 3 が設けられている。従動磁石 11 B 3 は、永久磁石であり、軸受面 11 B 1 に沿うようにして軸部 11 B に埋設されている。この従動磁石 11 B 3 は、軸線 P を中心として円環状に形成され、円環状に沿って S 極と N 極とが交互に隣接して配置されるように複数設けられている。なお、軸部 11 B が突設された後シュラウド 11 A 2 の中央には、軸線 P 上に貫通孔 11 B 2 が形成されている。貫通孔 11 B 2 は、後シュラウド 11 A 2 を貫通し、前シュラウド 11 A 1 と後シュラウド 11 A 2 との間隙を介して前シュラウド 11 A 1 の吸引口 11 A 1 a と連通するように設けられている。

30

【0042】

ケーシング 12 は、その内壁と、回転体 11 の外形との間に所定の隙間を有して形成されている。すなわち、ケーシング 12 は、回転体 11 と相互に非接触運転状態を有しつつ、回転体 11 を内部に収容するように構成されている。また、ケーシング 12 の軸受部 12 B の内壁には、回転体 11 の軸部 11 B に形成された軸受面 11 B 1 に対し、回転体 11 の径方向で所定の隙間を空けて対向するように、軸線 P を中心とした円環状の軸受面 12 B 1 が形成されている。

40

【0043】

一方、駆動ユニット 20 における回転部材 23 は、駆動モータ 22 の出力軸 22 A に固定され、駆動モータ 22 の駆動により軸線 P を中心に回転可能に設けられている。この回転部材 23 は、ケーシング 12 の軸受部 12 B の円環状内側に進入するように、軸線 P を

50

中心とした円柱状に形成されている。すなわち、回転部材 2 3 は、回転体 1 1 の軸部 1 1 B の円環状内側に進入している。

【 0 0 4 4 】

回転部材 2 3 の円柱状の外壁には、駆動磁石 2 3 A が設けられている。駆動磁石 2 3 A は、永久磁石である。駆動磁石 2 3 A は、軸線 P を中心として円環状に形成され、円環状に沿って S 極と N 極とが交互に隣接して配置されるように複数設けられている。また、駆動磁石 2 3 A は、ケーシング 1 2 の外部から回転体 1 1 の軸部 1 1 B に設けられた従動磁石 1 1 B 3 と磁気結合するように、回転体 1 1 の径方向に従動磁石 1 1 B 3 と対向配置されている。

【 0 0 4 5 】

また、容器 2 1 の軸線 P 方向の前側には、容器 2 1 の開口部を密閉して駆動モータ 2 2 および回転部材 2 3 を覆う蓋部材 2 4 が設けられている。蓋部材 2 4 には、回転部材 2 3 の円柱状を囲む円環状の凹部 2 4 A が設けられている。この凹部 2 4 A には、ポンプユニット 1 0 の軸部 1 1 B を回転部材 2 3 の円柱状の外側に配置するようにケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B が嵌挿される。また、凹部 2 4 A に対し、ケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B が着脱可能に設けられている。

【 0 0 4 6 】

このような血液ポンプは、蓋部材 2 4 の凹部 2 4 A にケーシング 1 2 の軸受部 1 2 B を嵌挿した状態において、駆動モータ 2 2 を駆動し軸線 P を中心に回転部材 2 3 を回転させる。回転部材 2 3 を回転すると、該回転部材 2 3 に設けられている駆動磁石 2 3 A が軸線 P を中心に回転し、この回転に伴って駆動磁石 2 3 A に磁気結合されている従動磁石 1 1 B 3 も回転する。従動磁石 1 1 B 3 が回転すると、該従動磁石 1 1 B 3 が設けられている回転体 1 1 が軸線 P をほぼ中心として回転する。このとき、従動磁石 1 1 B 3 は、駆動磁石 2 3 A に磁気結合されていることから、従動磁石 1 1 B 3 が設けられている回転体 1 1 には軸線 P 方向の移動に対して逆向きの吸引力が作用する。すなわち、従動磁石 1 1 B 3 と駆動磁石 2 3 A とは、回転体 1 1 の回転の軸線 P 方向を保持する軸方向軸受としての機能を有する磁気カップリングを成す。

【 0 0 4 7 】

そして、回転体 1 1 が回転すると、羽根 1 1 A 3 の作用により、吸込口 1 2 A 1 からケーシング 1 2 の内部に血液が取り込まれる。そして、この血液は、羽根車 1 1 A の吸引口 1 1 A 1 a から前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に送られ、さらに、この間隙で径方向外側に圧送されて吐出口 1 2 A 2 からケーシング 1 2 の外部に送り出される。

【 0 0 4 8 】

ここで、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙で径方向外側に圧送された高圧な血液の一部は、吐出口 1 2 A 2 からケーシング 1 2 の外部に送り出されず、ケーシング 1 2 の内部で軸線 P に近い比較的低下部分に流通する。具体的には、羽根車 1 1 A の外周部において、高圧な血液は、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙から、前シュラウド 1 1 A 1 の前側と、後シュラウド 1 1 A 2 の後側とにそれぞれ流動する。そして、前シュラウド 1 1 A 1 の前側に流動した血液は、軸線 P に向けて前シュラウド 1 1 A 1 の前面とケーシング 1 2 の内壁との間を通過し、吸引口 1 1 A 1 a から再び前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に至る。一方、後シュラウド 1 1 A 2 の後側に流動した血液は、軸線 P に向けて後シュラウド 1 1 A 2 の後面とケーシング 1 2 の内壁との間を通過し、さらに、軸部 1 1 B の軸受面 1 1 B 1 と、ケーシング 1 2 の軸受面 1 2 B 1 との間隙を通過して貫通孔 1 1 B 2 から再び前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間隙に至る。

【 0 0 4 9 】

軸受面 1 1 B 1 と軸受面 1 2 B 1 との間隙は、軸線 P が中心となる円環状に構成されていることから、この隙間を血液が通過し、軸受面 1 1 B 1 と軸受面 1 2 B 1 とは血液を潤滑流体として回転体 1 1 の軸線 P を中心とした回転の径方向を保持する動圧軸受としての

10

20

30

40

50

径方向軸受を成す。このため、軸部 1 1 B が軸線 P を中心とした位置に保持されることになる。すなわち、ケーシング 1 2 に非接触な状態で、回転体 1 1 の径方向の位置が保持されることになる。

【 0 0 5 0 】

したがって、上述した血液ポンプでは、径方向軸受および軸方向軸受により回転体 1 1 をケーシング 1 2 に対して非接触な状態で回転させることから、ケーシング 1 2 を貫通する軸や、この軸での血液の漏れを防ぐための軸シール構造を要せず、溶血および血栓が生じる事態を防げる。

【 0 0 5 1 】

特に、この血液ポンプにおけるポンプユニット 1 0 の羽根車 1 1 A は、血液が取り込まれる軸線 P 方向前側に前シュラウド 1 1 A 1 が設けられ、該前シュラウド 1 1 A 1 の軸線 P 方向後側に後シュラウド 1 1 A 2 が設けられて、前シュラウド 1 1 A 1 と後シュラウド 1 1 A 2 との間に設けられた羽根 1 1 A 3 を有している。このため、後シュラウド 1 1 A 2 の後側に流動した血液により軸線 P 方向前側に圧力が生じ、かつ前シュラウド 1 1 A 1 の前側に流動した血液により軸線 P 方向後側に圧力が生じる。この結果、羽根車 1 1 A が軸線 P 方向で押される軸スラスト荷重が調整できるので、従動磁石 1 1 B 3 および駆動磁石 2 3 A のみの簡素な軸方向軸受であっても作動不良が防げ、磁気コアの磁気力を調整する制御回路が別途必要ないことから製造コストを低減できる。

【 0 0 5 2 】

また、上述した血液ポンプでは、ポンプユニット 1 0 を駆動ユニット 2 0 に対して着脱可能に設けてあり、血液が接触するポンプユニット 1 0 を消耗品として使い捨てできる。そして、この構成において、上記安価なポンプユニット 1 0 を提供することで、消耗品を調達するランニングコストを低減できる。

【 0 0 5 3 】

ところで、本参考例の血液ポンプでは、径方向軸受が回転体 1 1 の軸線 P 方向前側および軸線 P 方向後側にそれぞれ設けられている。回転体 1 1 の軸線 P 方向後側の径方向軸受は、上述したように、従動磁石 1 1 B 3 と駆動磁石 2 3 A との間に配置された軸受面 1 1 B 1 と軸受面 1 2 B 1 との隙間である。回転体 1 1 の軸線 P 方向前側の径方向軸受は、従動磁石 1 1 B 3 と駆動磁石 2 3 A との間を除く前シュラウド 1 1 A 1 の前側に設けられている。具体的には、前シュラウド 1 1 A 1 の前側に、吸引口 1 1 A 1 a からさらに前側に突設された筒部 1 1 A 1 b が形成されている。この筒部 1 1 A 1 b の外周には、軸線 P を中心として形成された円環状の軸受面 1 1 A 1 c が設けられている。一方、ケーシング 1 2 の圧送部 1 2 A には、その内壁に、軸受面 1 1 A 1 c に対し、回転体 1 1 の径方向で所定の隙間を空けて対向するように、軸線 P を中心とした円環状の軸受面 1 2 A 3 が形成されている。そして、軸受面 1 1 A 1 c と軸受面 1 2 A 3 との隙間を血液が通過し、軸受面 1 1 A 1 c と軸受面 1 2 A 3 とが、血液を潤滑流体として回転体 1 1 の軸線 P を中心とした回転の径方向を保持する動圧軸受としての径方向軸受を成す。このため、羽根車 1 1 A が軸線 P を中心とした位置に保持されることになる。このように、回転体 1 1 の軸線 P 方向前側および軸線 P 方向後側に径方向軸受を設けたことにより、回転体 1 1 の両端を支持する径方向軸受となり、回転体 1 1 の径方向荷重をさらに安定して保持できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 4 】

以上のように、本発明に係る血液ポンプおよびポンプユニットは、ケーシング内に羽根車を径方向に非接触で回転できるように支持した上で、安価な製造コストで軸スラスト荷重を支持する構造とすることで、軸方向にも非接触で回転することに適している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明の実施例に係る血液ポンプの概略断面図である。

【図 2】図 1 における A - A 断面図である。

【図 3】図 1 に示す血液ポンプの分離状態での概略断面図である。

10

20

30

40

50

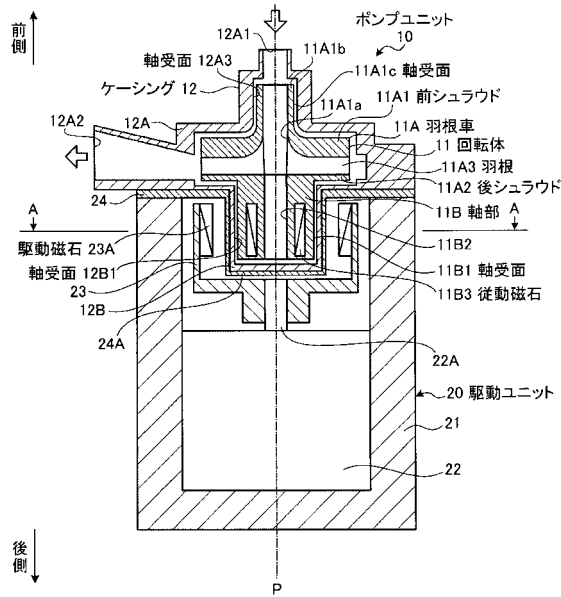
【図4】参考例に係る他の形態の血液ポンプの概略断面図である。

【符号の説明】

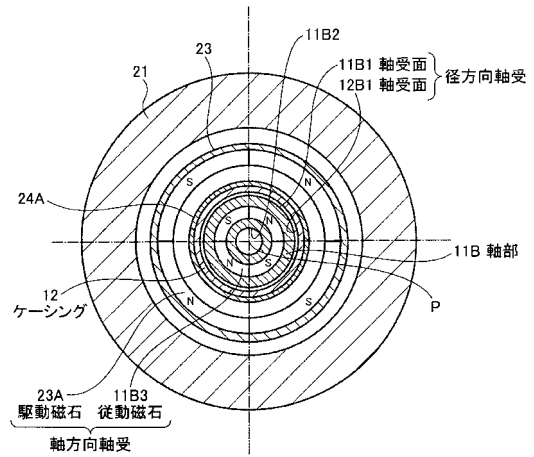
【0056】

10	ポンプユニット	
11	回転体	
11A	羽根車	
11A1	前シュラウド	
11A1a	吸引口	
11A1b	筒部	
11A1c	軸受面（径方向軸受）	10
11A2	後シュラウド	
11A3	羽根	
11B	軸部	
11B1	軸受面（径方向軸受）	
11B2	貫通孔	
11B3	従動磁石（軸方向軸受）	
12	ケーシング	
12A	圧送部	
12A1	吸込口	
12A2	吐出口	20
12A3	軸受面（径方向軸受）	
12B	軸受部	
12B1	軸受面（径方向軸受）	
20	駆動ユニット	
21	容器	
22	駆動モータ（駆動部）	
22A	出力軸	
23	回転部材	
23A	駆動磁石（軸方向軸受）	
24	蓋部材	30
24A	凹部	
P	軸線	

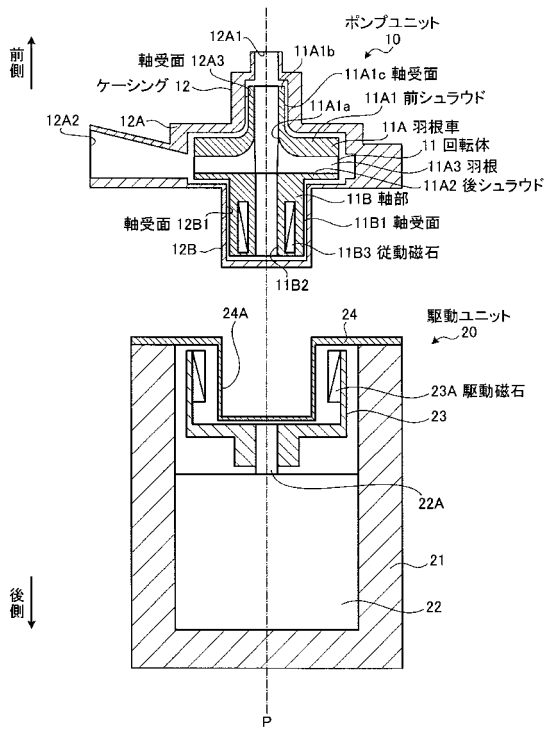
【図1】



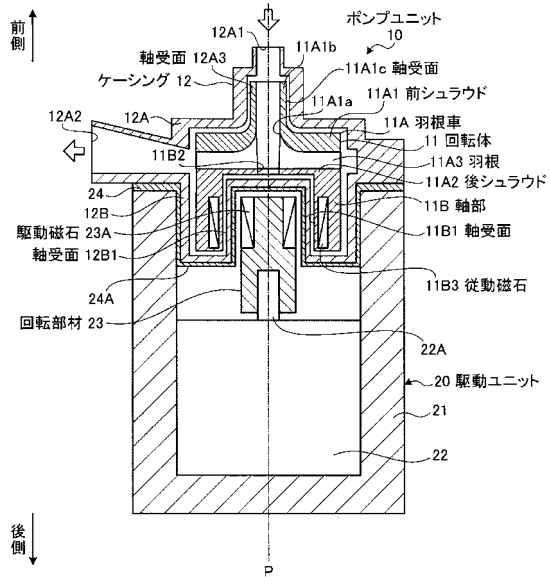
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 長田 俊幸
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内
- (72)発明者 田川 雅士
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社 高砂製作所内

審査官 加藤 一彦

- (56)参考文献 特開2005-118237(JP,A)
特開平07-136247(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| F04D | 13/02 |
| A61M | 1/10 |
| F04D | 29/047 |
| F04D | 29/048 |