

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4257417号
(P4257417)

(45) 発行日 平成21年4月22日 (2009. 4. 22)

(24) 登録日 平成21年2月13日 (2009. 2. 13)

(51) Int. Cl.	F 1		
A 6 1 M 1/10 (2006. 01)	A 6 1 M	1/10	5 3 5
F 0 4 D 13/02 (2006. 01)	F 0 4 D	13/02	C
F 1 6 C 17/04 (2006. 01)	F 1 6 C	17/04	Z
F 1 6 C 17/20 (2006. 01)	F 1 6 C	17/20	
F 1 6 C 32/00 (2006. 01)	F 1 6 C	32/00	C
請求項の数 9 (全 15 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2003-355718 (P2003-355718)	(73) 特許権者	504179255
(22) 出願日	平成15年10月15日 (2003. 10. 15)		国立大学法人 東京医科歯科大学
(65) 公開番号	特開2005-118237 (P2005-118237A)		東京都文京区湯島 1-5-4 5
(43) 公開日	平成17年5月12日 (2005. 5. 12)	(74) 代理人	100075258
審査請求日	平成18年10月4日 (2006. 10. 4)		弁理士 吉田 研二
		(74) 代理人	100096976
			弁理士 石田 純
		(72) 発明者	高谷 節雄
			千葉県千葉市稲毛区轟町 2-4-1 9
		(72) 発明者	片岡 弘之
			千葉県市川市新田 3-1 4-3
		(72) 発明者	飯田 智也
			東京都千代田区神田駿河台 2-3-1 0
		(72) 発明者	渡邊 宣夫
			東京都千代田区神田駿河台 2-3-1 0
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸方向または径方向に動圧軸受を有する遠心血液ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

血液が流入する流入口と、該流入口からの血液流入方向に対して略垂直な流出口を備えたハウジングと、

該ハウジング内に収容され、且つ、永久磁石製の従動磁石を備えた羽根車と、

モータと、該モータの回転軸に連結された駆動磁石とを備え、前記ハウジングの流入口とは反対側に近接配置されて、該駆動磁石と前記羽根車の従動磁石との間で構成されるマグネチックカップリングを介して、前記ハウジングの外側から前記羽根車を回転させる駆動装置とを有し、

前記羽根車の回転により、前記ハウジングの流入口から血液を吸い込んで該ハウジングの流出口から流出させる遠心血液ポンプであって、

前記羽根車の、前記ハウジングの前記流入口側に設けられ、該羽根車の回転軸心と垂直、且つ、環状の垂直面と、

前記ハウジングに設けられ、該垂直面と対向し、且つ、該垂直面と平行な環状の対向面とを有し、

前記羽根車の垂直面および前記ハウジングの対向面のいずれか一方に、径方向に延びる溝が、周方向に多数形成され、

高速回転による前記羽根車の浮き上がり時に、該垂直面と該対向面との間の隙間が極めて小さくなると、該垂直面と該対向面とそれらの面間に介在させられる前記血液とにより、前記羽根車の浮き上がり荷重を支える動圧軸受が構成されることを特徴とする遠心血液

10

20

ポンプ。

【請求項 2】

前記溝の深さが、前記動圧軸受が構成されているときの該動圧軸受の隙間の 1 ~ 2 倍であることを特徴とする請求項 1 の遠心血液ポンプ。

【請求項 3】

前記羽根車の前記駆動装置が配置される側の面の、該羽根車の回転軸心を中心とする同一円周上に設けられた 3 つ以上の突起と、

前記羽根車の前記突起が設けられている面に対向するハウジングの内面に形成され、前記突起が摺動させられる円環状の案内溝とを有し、

低速回転時に前記羽根車を回転可能に支持する支持装置

を、さらに含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の遠心血液ポンプ。

10

【請求項 4】

血液が流入する流入口と、該流入口からの血液流入方向に対して略垂直な流出口を備えたハウジングと、

該ハウジング内に收容され、且つ、永久磁石製の従動磁石を備えた羽根車と、

モータと、該モータの回転軸に連結された駆動磁石とを備え、前記ハウジングの流入口とは反対側に近接配置されて、該駆動磁石と前記羽根車の従動磁石との間で構成されるマグネチックカップリングを介して、前記ハウジングの外側から前記羽根車を回転させる駆動装置とを有し、

前記羽根車の回転により、前記ハウジングの流入口から血液を吸い込んで該ハウジングの流出口から流出させる遠心血液ポンプであって、

前記羽根車の外周面および前記ハウジングの内周面にそれぞれ設けられた内周側および外周側永久磁石から成る永久磁石対を有し、該永久磁石対の吸引力により、前記羽根車を、ハウジングの流入口側の面と、流入口とは反対側の面との間に位置させるとともに、回転軸心に対する傾きを抑制する磁気軸受が構成されていることを特徴とする遠心血液ポンプ。

20

【請求項 5】

請求項 4 の遠心血液ポンプであって、

前記永久磁石対を構成する内周側および外周側永久磁石は、ともに、両端部が同一方向へ向かう形状であり、一方の永久磁石の端部と他方の永久磁石の端部とが互いに対向するように配置されて、該両端部を通る磁気回路が形成されていることを特徴とする遠心血液ポンプ。

30

【請求項 6】

請求項 1 ~ 3 のいずれかの遠心血液ポンプであって、

前記マグネチックカップリングは、前記駆動装置の回転力を前記羽根車へ非接触で伝達するとともに、該羽根車を前記ハウジングの中心軸へ戻す方向の磁気力を作用させるものであることを特徴とする遠心血液ポンプ。

【請求項 7】

請求項 6 の遠心血液ポンプであって、

前記マグネチックカップリングの駆動磁石が、該マグネチックカップリングの従動磁石に対して該従動磁石の回転軸の軸心方向に配置されていることを特徴とする遠心血液ポンプ。

40

【請求項 8】

請求項 4 または 5 の遠心血液ポンプであって、

前記羽根車の外周面および該外周面に対向するハウジングの内周面が、ともに、前記羽根車の回転軸心に平行とされ、

高速回転により前記羽根車が偏心して、該羽根車の外周面と該ハウジングの内周面との隙間が極めて小さくなると、該羽根車の外周面と該ハウジングの内周面とそれらの面間に介在させられる前記血液とにより、前記羽根車の偏心方向の荷重を支える動圧軸受が構成されることを特徴とする遠心血液ポンプ。

50

【請求項 9】

前記羽根車の外周面および前記ハウジングの内周面のいずれか一方に、前記羽根車の回転軸心と平行な溝が、周方向に多数形成されていることを特徴とする請求項 8 の遠心血液ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、体内に埋め込まれる人工心臓用の遠心血液ポンプに関するものである。

【背景技術】

【0002】

体内埋め込み型の人工心臓に用いられる血液ポンプとして、ハウジングに収容された羽根車を回転させて、その回転により生じる遠心力により、ハウジングの流入口から血液を吸い込んで、血液流入方向に対して垂直に設けられた流出口から流出させる遠心血液ポンプが知られている。

【0003】

上記遠心血液ポンプは、ハウジングに収容される羽根車に従動磁石を設けるとともに、ハウジングの外側に近接配置される駆動磁石をモータにより回転させる駆動装置を備えており、モータにより駆動磁石を回転させて、駆動磁石と従動磁石との磁気磁氣的結合により、ハウジングの外から羽根車を回転させている。

【0004】

この型式の遠心血液ポンプは、耐久性を高める観点から、ハウジングとそれに収容された羽根車とが非接触とされることが好ましい。そのため、従来は、羽根車を回転駆動するための電磁気結合装置の他に、ポンプハウジングに取り付けられた数個の電磁石の磁力を調整することにより、羽根車の位置制御を行う能動的な磁気軸受装置を設けていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、ポンプハウジングに数個の電磁石を設ける場合、その電磁石に電力を供給するための電力供給装置およびその電力を制御する電力制御装置が必要となり、余分な電力を要し、また、装置が大型化するという問題があった。

【0006】

本発明は、以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、耐久性を維持しつつ、従来の装置のように、電磁石の磁力を調整する能動的な磁気軸受装置を用いることなく、羽根車を非接触に駆動でき、装置を小型化することができる遠心血液ポンプを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

かかる目的を達成する第 1 発明は、(a)血液が流入する流入口と、その流入口からの血液流入方向に対して略垂直な流出口を備えたハウジングと、(b)そのハウジングに収容され、且つ、永久磁石製の従動磁石を備えた羽根車と、(c)モータと、そのモータの回転軸に連結された駆動磁石とを備え、前記ハウジングの流入口とは反対側に近接配置されて、その駆動磁石と前記羽根車の従動磁石との間で構成されるマグネチックカップリングを介して、前記ハウジングの外側から前記羽根車を回転させる駆動装置とを有し、(d)前記羽根車の回転により、前記ハウジングの流入口から血液を吸い込んでそのハウジングの流出口から流出させる遠心血液ポンプであって、(e)前記羽根車の、前記ハウジングの前記流入口側に設けられ、その羽根車の回転軸心と垂直、且つ、環状の垂直面と、(f)前記ハウジングに設けられ、その垂直面と対向し、且つ、その垂直面と平行な環状の対向面とを有し、(g)前記羽根車の垂直面および前記ハウジングの対向面のいずれか一方に、径方向に延びる溝が、周方向に多数形成され、(h)高速回転による前記羽根車の浮き上がり時に、その垂直面とその対向面との間の隙間が極めて小さくなると、その垂直面とその対向面と

10

20

30

40

50

それらの面間に介在させられる前記血液とにより、前記羽根車の浮き上がり荷重を支える動圧軸受が構成されることを特徴とする。

【0008】

また、第2発明は、第1発明の遠心血液ポンプにおいて、前記溝の深さが、前記動圧軸受が構成されているときのその動圧軸受の隙間の1～2倍であることを特徴とする。

【0009】

また、第3発明は、第1発明または第2発明の遠心血液ポンプにおいて、前記羽根車の前記駆動装置が配置される側の面の、その羽根車の回転軸心を中心とする同一円周上に設けられた3つ以上の突起と、前記羽根車の前記突起が設けられている面に対向するハウジングの内面に形成され、前記突起が摺動させられる円環状の案内溝とを有し、低速回転時に前記羽根車を回転可能に支持する支持装置を、さらに含むことを特徴とする。

10

【0010】

また、第4発明は、(a)血液が流入する流入口と、その流入口からの血液流入方向に対して略垂直な流出口を備えたハウジングと、(b)そのハウジングに收容され、且つ、永久磁石製の従動磁石を備えた羽根車と、(c)モータと、そのモータの回転軸に連結された駆動磁石とを備え、前記ハウジングの流入口とは反対側に近接配置されて、その駆動磁石と前記羽根車の従動磁石との間で構成されるマグネチックカップリングを介して、前記ハウジングの外側から前記羽根車を回転させる駆動装置とを有し、(d)前記羽根車の回転により、前記ハウジングの流入口から血液を吸い込んでそのハウジングの流出口から流出させる遠心血液ポンプであって、(e)前記羽根車の外周面および前記ハウジングの内周面にそれぞれ設けられた内周側および外周側永久磁石から成る永久磁石対を有し、その永久磁石対の吸引力により、前記羽根車を、ハウジングの流入口側の面と、流入口とは反対側の面との間に位置させるとともに、回転軸心に対する傾きを抑制する磁気軸受が構成されていることを特徴とする。

20

【0011】

また、第5発明は、第4発明の遠心血液ポンプにおいて、前記永久磁石対を構成する内周側および外周側永久磁石は、ともに、両端部が同一方向へ向かう形状であり、一方の永久磁石の端部と他方の永久磁石の端部とが互いに対向するように配置されて、その両端部を通る磁気回路が形成されていることを特徴とする。

【0012】

また、第6発明は、第1発明～第3発明のいずれかの遠心血液ポンプにおいて、前記マグネチックカップリングは、前記駆動装置の回転力を前記羽根車へ非接触で伝達するとともに、その羽根車を前記ハウジングの中心軸へ戻す方向の磁気力を作用させるものであることを特徴とする。

30

【0013】

また、第7発明は、第6発明の遠心血液ポンプにおいて、前記マグネチックカップリングの駆動磁石が、そのマグネチックカップリングの従動磁石に対してその従動磁石の回転軸の軸心方向に配置されていることを特徴とする。

【0014】

また、第8発明は、第4発明または第5発明の遠心血液ポンプにおいて、前記羽根車の外周面およびその外周面に対向するハウジングの内周面が、ともに、前記羽根車の回転軸心に平行とされ、高速回転により前記羽根車が偏心して、その羽根車の外周面とそのハウジングの内周面との隙間が極めて小さくなると、その羽根車の外周面とそのハウジングの内周面とそれらの面間に介在させられる前記血液とにより、前記羽根車の偏心方向の荷重を支える動圧軸受が構成されることを特徴とする。

40

【0015】

また、第9発明は、第8発明の遠心血液ポンプにおいて、前記羽根車の外周面および前記ハウジングの内周面のいずれか一方に、前記羽根車の回転軸心と平行な溝が、周方向に多数形成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

50

【0016】

上記第1発明によれば、前記羽根車の回転速度が速くなっていき、流出口からの血液流出量が多くなって流入口と羽根車との間に負圧が生じ、羽根車が流入口方向へ吸い寄せられた場合に、羽根車の垂直面とハウジングの対向面との間の隙間が極めて小さくなると、互いに平行であっていずれか一方に径方向に延びる溝が周方向に多数形成されている環状の垂直面および対向面と、それらの面間に介在させられる血液により動圧軸受が形成され、その動圧軸受により羽根車の浮き上がり荷重が支えられることから、電磁石の磁力を調整する能動的な磁気軸受装置を用いなくても、羽根車の流入口側の面とハウジングとの間の接触が防止され、また、羽根車の浮き上がりにより、羽根車の底部とハウジングの間も非接触となるので、装置の耐久性を維持し、且つ、血液破壊を防止しつつ、装置を小型化でき、且つ、電力消費を少なくできる。

10

【0017】

第2発明のように溝の深さが設定されると、動圧軸受が支えることが可能な浮き上がり荷重が大きくなるので、確実に、羽根車の流入口側の面とハウジングとの間の接触が防止される。

【0018】

羽根車の回転速度が低い場合には、駆動装置の駆動磁石と羽根車の従動磁石との間の吸引力により、羽根車がハウジングの駆動磁石側の面と接触させられるが、第3発明のように最低3つの突起とこれらを案内する円環状の案内溝から成る支持装置が設けられると、その接触が突起のみとなるので、摩擦が少なくなり、耐久性の低下が防止される。また、突起が1つまたは2つの場合には、低速回転時に、その突起を支点として羽根車が傾いてしまうが、第3発明によれば、突起は3つ以上設けられているので、羽根車はその回転軸心に対して垂直な方向への揺動が防止されて安定化し、羽根車の側面とハウジングの側面との接触も防止される。

20

【0019】

第4発明によれば、羽根車の外周面に設けられた内周側永久磁石と、ハウジングの外周面に設けられた内周側永久磁石とにより構成される永久磁石対を有する磁気軸受により、羽根車がハウジングの流入口側の面と流入口とは反対側の面との間に位置させられて、回転軸心方向への移動が抑制されるので、電磁石の磁力を調整する能動的な磁気軸受装置を用いなくても、ハウジングの流入口側の面および流入口とは反対側の面に接触することが防止されるとともに、回転軸心に対する傾きが抑制される。従って、装置を小型化でき、且つ、電力消費を少なくできる。

30

【0020】

第5発明によれば、磁力線が内周側永久磁石および外周側永久磁石内を流れる磁気回路が形成されることから、互いの吸引力が強くなる。従って、羽根車のその回転軸心方向への移動を抑制する力が大きくなるので、一層確実に、羽根車がハウジングの流入口側の面および流入口とは反対側の面に接触することが防止される。

【0021】

駆動装置の駆動磁石と羽根車の従動磁石との間の磁氣的結合により羽根車を回転させる場合、羽根車の回転軸心は一定位置に安定せず、羽根車は回転軸心に対して垂直な方向(すなわち偏心方向)にも移動してしまうが、第6発明によれば、マグネチックカップリングにより、羽根車に、ハウジングの中心軸へ戻す方向の磁気力が作用することから、羽根車の側面がハウジングの側面に接触することが防止される。従って、羽根車は、その回転軸心に対して垂直方向の移動によってハウジングに接触することも防止され、高い耐久性が得られる。また、第7発明は第6発明の実施態様であり、駆動磁石が従動磁石に対してその従動磁石の回転軸の軸心方向に配置されていることから、従動磁石にその回転軸の軸心方向への磁気力が働くので、従動磁石を有する羽根車に、ハウジングの中心軸へ戻す方向の力が作用する。

40

【0022】

また、第8発明によれば、羽根車の高速回転時に、羽根車の外周面およびハウジングの

50

内周面の隙間が極めて小さくなると、動圧軸受が構成されて、羽根車の偏心方向の荷重が支えられるので、羽根車の外周面がハウジングの内周面に接触することも防止される。

【0023】

また、第9発明のように溝が形成されると、動圧軸受による羽根車の外周面とハウジングの内周面との間の反発力が生じ易くなるので、一層確実に、羽根車の外周面がハウジングの内周面に接触することが防止される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の実施例を図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は、本発明が適用された体内埋め込み型の遠心血液ポンプ10を、ハウジング12の流入口14の中心を通る垂直平面で切断した断面図であり、図2はハウジング12の水平断面図である。なお、本実施例において、水平方向とは、底板部18に平行な方向をいう。遠心血液ポンプ10は、ハウジング12と、そのハウジング12に収容される羽根車30と、羽根車30を回転駆動させる駆動装置60を有している。

【0025】

ハウジング12は、平面形状が円形の羽根車30を収容するものであり、底板部18、側壁部20、上板部22、筒部24、流入筒部26、および流出筒部28(図2参照)を備えている。底板部18は円形であり、側壁部20は、その底板部18の縁部から底板部18に対して略垂直に立ち上がる円筒形である。上板部22は、側壁部20の底板部18とは反対側の端に連結され、底板部18と平行な円環状である。筒部24は、上板部22の内周縁に連結され上側(すなわち底板部18とは反対側)ほど小径とされ、水平断面形状が円形とされている。流入筒部26は、その筒部24の上端に連結された円筒形である。

【0026】

また、上記流入筒部26は、底板部18に垂直に設けられており、また、上記円環状の上板部22の水平方向における中心、筒部24の軸心、流入筒部26の軸心が、同一線上となるように構成されており、これら筒部24の軸心等を含む線がハウジング12の中心軸となっている。流出筒部28は、図2に示すように、その内周面が側壁部20の内周面の接線と一致するように、側壁部20から突き出しており、流出筒部28の軸心は、底板部18と平行とされている。前記流入口14は、流入筒部26の開口であり、流出筒部28の開口が流出口16である。

【0027】

次に、図1～図4に基づいて羽根車30を説明する。図3は羽根車30の平面図であり、図4は羽根車30の底面図である。羽根車30は、水平断面が円形、垂直断面が台形の本体部32を有しており、その本体部32の中心には、垂直方向に貫通する貫通穴34が設けられている。この貫通穴34は、水平断面が円形であり、後述する従動磁石44と駆動磁石64との磁氣的結合により、羽根車30は貫通穴34の軸心を中心として回転させられる。すなわち、貫通穴34の軸心が羽根車30の回転軸心C1である。

【0028】

本体部32の傾斜面36は、ハウジング12の筒部24と平行とされており、その傾斜面36に、複数の羽根38(図では8つ)が固定されている。それら複数の羽根38は、貫通穴34を中心とする放射状に配置されている。この羽根38は、一辺の一方の端が傾斜面36の上端に接し、他方の端が傾斜面36の下端に接する矩形板状部材であり、たとえば、厚さが1mm、高さ(傾斜面36に垂直な方向)が5mm程度とされている。

【0029】

上記羽根38には、傾斜面36に固定されている側とは反対側に、円環板40が連結部材42を介して固定されている。この円環板40は、図1に示すように、外径がハウジング12の側壁部20の内径よりもやや短い長さとしており、内径がハウジングの上板部22の内径と同程度とされている。また、円環部40は、貫通穴34の軸心に対して垂直に設けられているので、円環部40の上面40aが、垂直面として機能する。また、羽根

10

20

30

40

50

車 30 の非回転状態では、羽根車 30 の貫通穴 34 は、ハウジング 12 の底板部 18 および上板部 22 に垂直であるので、その状態では、円環部 40 の上面 40 a に対向するハウジング 12 の上板部 22 の下面 22 a は円環部 40 の上面 40 a と平行になっている。従って、ハウジング 12 の上板部 22 の下面 22 a が対向面として機能する。また、羽根車 30 とハウジング 12 との間の垂直方向の距離のうちで、ハウジング 12 の上板部 22 の下面 22 a と円環部 40 の上面 40 a との間の距離が最短距離となっている。

【0030】

さらに、羽根車 30 には、本体部 32 内に、円環状の従動磁石 44 が、本体部 32 の底面 32 a に平行、且つ、水平方向の中心が貫通穴 34 の軸心と一致するように備えられている。この従動磁石 44 は、永久磁石製であり、周方向に N 極 S 極が交互に繰り返すように軸方向に着磁されている。

10

【0031】

また、図 1、3 に示すように、羽根車 30 の本体部 32 の底面 32 a には、ハウジング 12 の底板部 18 方向に突き出す半球状の複数（本実施例では 3 つ）の突起 46 が、貫通穴 34 の軸心を中心とする同一円周上に設けられている。上記突起 46 は、比較的硬い材質、たとえば、セラミックス製である。このように構成された羽根車 30 は、ハウジング 12 の側壁部 20 に接触しないように、貫通穴 34 の軸心がハウジング 12 の底板部 18 の中心と重なる位置に配置されている。

【0032】

また、ハウジング 12 の底板部 18 には、図 1、2 に示すように、上記突起 46 が摺動させられる環状の案内溝 48 が形成された環状部材 50 が嵌め入れられている。この環状部材 50 は、突起 46 の材質との間の摩擦抵抗が少ない材質、たとえば、ポリエチレン製であり、突起 46 と案内溝 48 を備えた環状部材 50 とにより、羽根車 30 を回転可能に支持する支持装置 52 が構成される。

20

【0033】

駆動装置 60 は、図 1 に示すように、モータ 62 と、前記従動磁石 44 とともにマグネチックカップリング（磁気継手）を構成する駆動磁石 64 と、モータ 62 の回転軸 62 a と駆動磁石 64 を連結する連結部材 66 とを有しており、モータ 62 の回転軸 62 a は、ハウジング 12 の中心軸と同一線上となるように配置される。

【0034】

駆動磁石 64 は、円環状であり、モータ 62 の回転軸 62 a に対して垂直となるように設けられている。また、駆動磁石 64 は、羽根車 30 に備えられた従動磁石 44 と略等しい外径および内径とされている。この駆動磁石 64 も、永久磁石製であり、周方向に N 極 S 極が交互に繰り返すように多極着磁されている。

30

【0035】

図 5 は、羽根車 30 に設けられている円環部 40 の一部を拡大して便宜上直線的に示す斜視図であり、円環部 40 の上面 40 a は、径方向に延び、且つ、周方向（図 5 では左右方向）の一方へ向かうほど浅くなる溝 54 が、周方向に多数形成される形状である。この溝 54 の深さ H は、動圧軸受が形成された状態における上板部 22 との間の隙間 h の 1 ~ 2 倍が好ましく、特に、1.6 倍が好ましい。そのため、溝 54 の深さ H は、たとえば 100 μ m とされる。また、溝 54 の幅 W は、たとえば 2 mm 程度とされる。なお、図 5 においては、円環部 40 は、実際よりも厚く描かれている。

40

【0036】

次に、このように構成された遠心血液ポンプ 10 の作動を説明する。駆動装置 60 のモータ 62 を回転させて、駆動磁石 64 を比較的高速の所定の回転速度で回転させると、駆動磁石 64 と従動磁石 44 との磁氣的結合により、羽根車 30 がモータ 62 の回転方向と同一方向に回転させられる。羽根車 30 が回転させられると、羽根車 30 に設けられている羽根 38 により、ハウジング 12 内の血液が流出口 16 から送り出されるとともに、流入口 14 から血液が吸い込まれる。なお、血液は、羽根車 30 とハウジング 12 の筒部 24 および上板部 22 との間を流れるだけでなく、貫通穴 34 を通り、羽根車 30 とハウジ

50

ング 1 2 の底板部 1 8 との間にも流れる。

【 0 0 3 7 】

図 1 には、羽根車 3 0 がハウジング 1 2 と非接触な状態が示されているが、羽根車 3 0 の回転開始当初、すなわち、羽根車 3 0 の回転速度が低いときは、従動磁石 4 4 と駆動磁石 6 4 との間の吸引力により、羽根車 3 0 はハウジング 1 2 の底板部 1 8 側へ引き寄せられているので、突起 4 6 が案内溝 4 8 上を摺動する。しかし、羽根車 3 0 の回転速度が速くなって、流出口 1 6 からの血液流出量が多くなると、流入口 1 4 側が負圧となるので、羽根車 3 0 は流入口 1 4 側へ吸い寄せられる。

【 0 0 3 8 】

羽根車 3 0 とハウジング 1 2 との間の垂直方向の距離のうちで、ハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a と円環板 4 0 の上面 4 0 a との間の垂直方向の距離が最短距離となっているので、仮に、回転がない状態で羽根車 3 0 が流入口 1 4 側に吸い寄せられるとすると、ハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a と円環板 4 0 の上面 4 0 a とが接触してしまうが、羽根車 3 0 が所定の速度で高速回転させられている状態では、互いに平行とされているハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a と円環板 4 0 の上面 4 0 a との間の距離が極めて短い距離（たとえば、0.2 mm 以下）となると、ハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a と、溝 5 4 が形成されている円環板 4 0 の上面 4 0 a と、それらの面間の隙間に介在させられる血液とにより動圧軸受が構成されて、それらの面間に動圧（反力）が生じ、回転状態の羽根車 3 0 が非接触状態で一定の位置で安定する。

【 0 0 3 9 】

また、羽根車 3 0 の回転速度が速くなると、羽根車 3 0 は水平方向にも揺動して、羽根車 3 0 の回転軸心 C 1 がモータ 6 2 の回転軸 6 2 a の軸線上から逸れようとするが、駆動装置 6 0 の駆動磁石 6 4 と羽根車 3 0 の従動磁石 4 4 との間の吸引力は、羽根車 3 0 の回転軸心 C 1 に垂直な方向にも働くので、羽根車 3 0 の回転軸心 C 1 がモータ 6 2 の回転軸 6 2 a の軸線上から逸れようすると、駆動装置 6 0 の駆動磁石 6 4 と羽根車 3 0 の従動磁石 4 4 との間の吸引力により、羽根車 3 0 は、その回転軸心 C 1 がモータ 6 2 の回転軸 6 2 a の軸線すなわちハウジング 1 2 の中心軸上となる方向に引き戻される。

【 0 0 4 0 】

以上説明したように、本実施例によれば、羽根車 3 0 の回転速度が速くなっていき、流出口 1 6 からの血液流出量が多くなって流入口 1 4 と羽根車 3 0 との間に負圧が生じ、羽根車 3 0 が流入口 1 4 方向へ吸い寄せられた場合に、羽根車 3 0 に備えられた円環板 4 0 の上面 4 0 a とハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a との間の隙間が極めて小さくなると、動圧軸受が構成されて羽根車 3 0 の浮き上がり荷重が支えられることから、電磁石の磁力を調整する能動的な磁気軸受装置を用いなくても、羽根車 3 0 の流入口 1 4 側の面とハウジング 1 2 との間の接触が防止され、また、羽根車 3 0 の浮き上がりにより、羽根車 3 0 の底部とハウジング 1 2 との間も非接触となるので、装置の耐久性を維持し、且つ、血液破壊を防止しつつ、装置を小型化でき、且つ、電力消費を少なくできる。

【 0 0 4 1 】

また、本実施例によれば、羽根車 3 0 に備えられた円環板 4 0 の上面 4 0 a に、径方向に延びる溝 5 4 が周方向に多数形成されていることから、動圧軸受による円環板 4 0 の上面 4 0 a とハウジング 1 2 の上板部 2 2 の下面 2 2 a との間の反発力が生じ、羽根車 3 0 の流入口 1 4 側の面とハウジング 1 2 との間の接触が好適に防止される。

【 0 0 4 2 】

また、本実施例によれば、支持装置 5 2 が設けられていることから、羽根車 3 0 の回転速度が低く、駆動装置 6 0 の駆動磁石 6 4 と羽根車 3 0 の従動磁石 4 4 との間の吸引力により、羽根車 3 0 がハウジング 1 2 の底板部 1 8 と接触させられる場合にも、その接触が 3 つの突起 4 6 のみとなるので、摩擦が少なくなり、耐久性の低下が防止される。また、突起 4 6 は 3 つ設けられているので、羽根車 3 0 はその回転軸心 C 1 に対して垂直な方向への揺動が防止され、羽根車 3 0 の側部とハウジング 1 2 の側壁部 2 0 との接触も防止される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

また、本実施例によれば、駆動磁石 6 4 が従動磁石 4 4 に対してその回転軸心方向に配置されていることから、駆動磁石 6 4 と従動磁石 4 4 との間に働く吸引力により、羽根車 3 0 には、その回転軸心 C 1 がハウジング 1 2 の中心軸と重なる方向に磁気力が作用するので、羽根車 3 0 が高速回転させられ、流入口 1 4 側に吸い寄せられている状態でも、羽根車 3 0 の側部がハウジング 1 2 の側壁部 2 0 に接触することが防止される。従って、羽根車 3 0 は、その回転軸心 C 1 方向の移動によってハウジング 1 2 に接触することも、その回転軸心 C 1 に対して垂直方向の移動によってハウジング 1 2 に接触することも防止され、高い耐久性が得られる。

【 0 0 4 4 】

次に、本発明の第 2 実施例を説明する。図 6 は、本発明の第 2 実施例の遠心血液ポンプ 7 0 を、ハウジング 7 2 の流入口 8 6 の中心を通る垂直平面で切断した断面図であり、図 7 は、その遠心血液ポンプ 7 0 を図 6 の XII - XII 線を含む水平面で切断した断面図である。遠心血液ポンプ 7 0 は、ハウジング 7 2 と、そのハウジング 7 2 に収容される羽根車 1 0 0 と、羽根車 1 0 0 を回転駆動させる駆動装置 1 0 0 を有している。

【 0 0 4 5 】

ハウジング 7 2 は、底板部 7 4、外側壁部 7 6、筒部 7 8、流入筒部 8 0、流出筒部 8 2、および凹部 8 4 を備えている。底板部 7 4 は環状且つ板状であり、外側壁部 7 6 は、その底板部 7 4 の外周縁から垂直方向に立ち上がる円筒形である。筒部 7 8 は、外側壁部 7 6 の底板部 7 4 とは反対側の端に連結され上側（すなわち底板部 7 4 とは反対側）ほど小径であって、水平断面形状が円形とされている。流入筒部 8 0 は、その筒部 7 8 の上端に連結された円筒形であり、その開口が、血液が流入する流入口 8 6 である。流出筒部 8 2（図 7 参照）は、内周面が外側壁部 7 6 の内周面の接線と一致するように、外側壁部 7 6 の上側部分から突き出した円筒形であり、流出筒部 8 2 の開口が、血液が流出する流出口 8 8 である。なお、本実施例において、水平方向とは、底板部 7 4 に平行な方向をいう。

【 0 0 4 6 】

流入口 8 6 側に凹んでいる凹部 8 4 は、底板部 7 4 の内周縁から垂直方向且つ外側壁部 7 6 と同じ側に立ち上がる内側壁部 9 0 と、内側壁部 9 0 の流入口 8 6 側の端を塞ぐ蓋部 9 2 からなる。

【 0 0 4 7 】

羽根車 1 0 0 は、円柱状であって、中心部分にハウジング 7 2 の凹部 8 4 に対応する凹部 1 0 2 が形成された本体部 1 0 4 を有しており、羽根車 1 0 0 の外周面となる本体部 1 0 4 の外周面 1 0 4 a は、ハウジング 7 2 の外側壁部 7 6 の内周面と平行とされている。この本体部 1 0 4 の中心には、垂直方向（すなわち外周面 1 0 4 a と平行な方向）に貫通する貫通穴 1 0 6 が設けられている。この貫通穴 1 0 6 は、水平断面が円形であり、貫通穴 1 0 6 の軸心が羽根車 1 0 0 の回転軸心 C 2 である。

【 0 0 4 8 】

本体部 1 0 4 の外径はハウジング 7 2 の外側壁部 7 6 の内径よりもやや短くされており、本体部 1 0 4 の内径は凹部 8 4 の内側壁部 9 0 の外径よりもやや長くされているが、羽根車 1 0 0 がハウジング 7 2 の中央に位置させられた状態において、本体部 1 0 4 とハウジング 7 2 の外側壁部 7 6 との間に形成される隙間よりも、本体部 1 0 4 と凹部 8 4 の内側壁部 9 0 との間に形成される隙間の方が広くなるように、本体部 1 0 4 の内径および外径は設定されている。従って、本体部 1 0 4 をその回転軸心 C 2 に対して垂直方向に移動させていくと、ハウジング 7 2 の外側壁部 7 6 は本体部 1 0 4 に接触するが、内側壁部 9 0 は本体部 1 0 4 に接触しない。

【 0 0 4 9 】

本体部 1 0 4 の上面 1 0 4 b（流入口 8 6 側の面）には、複数の羽根 1 0 8（図では 6 つ）が、貫通穴 1 0 6 を中心とする放射状に固定されている。羽根 1 0 8 は、板状部材であり、貫通穴 1 0 6 側の端が本体部 1 0 4 の内周縁と一致し、反対側の端が本体部 1 0 4

10

20

30

40

50

の外周縁と一致する長さとなされ、幅方向が羽根車 100 の回転軸心 C2 と平行となされている。また、羽根 108 の筒部 78 側の面は、その筒部 78 と平行となるように傾斜させられている。

【0050】

羽根車 100 の本体部 104 には、円筒状の従動磁石 110 が、その内周面が凹部 102 の内周面となるように設けられている。この従動磁石 110 は、永久磁石製であり、周方向に N 極 S 極が交互に所定数ずつ（たとえば 2 つずつ）繰り返すように軸方向に着磁されている。

【0051】

さらに、ハウジング 72 の外側壁部 76 と羽根車の本体部 104 の外周部には、互いに引き合う外周側の永久磁石 112 と内周側の永久磁石 114 からなる永久磁石対 116 が、周方向に等間隔に 4 対設けられており、この 4 対の永久磁石対 116 により磁気軸受 118 が構成される。永久磁石対 116 を構成する永久磁石 112、114 は、配置されている向きは異なるが同一形状であり、図 6 に示すように、垂直断面がコの字型である。すなわち、永久磁石 112、114 は、互いに平行な一対の突き出し部 112a、114a と、その一対の突き出し部 112a、114a 間を連結する連結部 112b、114b からなる。なお、磁気軸受 118 を構成する永久磁石対 116 の数は 4 対に限られず、4 対以外の複数でもよく、また、1 対でもよいが、1 対の場合には、永久磁石対 116 を構成する永久磁石は円環状となされ、複数対の場合には、それら複数対の永久磁石対は、円周方向に配置される。

【0052】

これら永久磁石 112、114 は、互いの突き出し部 112a、114a が向かい合うように配置されているので、磁力線が、永久磁石 112 の一方の突き出し部 112a から、連結部 112b、他方の突き出し部 112a、永久磁石 114 の一方の突き出し部 114a、連結部 114b、他方の突き出し部 114a を順に流れる磁気回路が形成される。そして、複数の永久磁石対 116 の吸引力により、羽根車 100 はその回転軸心 C2 方向の位置が定まり、永久磁石 112、114 の垂直方向の位置が互いに一致した状態では、羽根車 100 がハウジング 72 の底板部 74、蓋部 92、筒部 78 のいずれにも接触しないように、永久磁石 112、114 の垂直方向（羽根車 100 の回転軸心 C2 方向）の位置が決定されている。また、永久磁石対 116 が周方向に複数対配置されていることにより、羽根車 100 は回転軸心 C2 に対する傾きも抑制される。

【0053】

駆動装置 120 は、モータ 122 と、前記従動磁石 110 とともにマグネチックカップリングを構成するためにモータ 122 の回転軸 122a に固定された駆動磁石 124 とを有しており、モータ 122 の回転軸 122a は、羽根車 100 の貫通穴 106 の軸心と同一線上となるように配置される。

【0054】

駆動磁石 124 は、円筒状であり、その軸心が従動磁石 110 の軸心と一致した状態でその従動磁石 110 の内周側に所定の間隔を隔てて配置されるように、ハウジング 72 の凹部 84 内に収容されている。この駆動磁石 124 も、永久磁石製であり、周方向に N 極 S 極が交互に所定数ずつ（たとえば 2 つずつ）繰り返すように軸方向に着磁されている。

【0055】

次に、このように構成された遠心血液ポンプ 70 の作動を説明する。この遠心血液ポンプ 70 も第 1 実施例の遠心血液ポンプ 10 と同様に、駆動装置 120 のモータ 122 を回転させて、駆動磁石 124 を比較的高速の所定の回転速度で回転させると、駆動磁石 124 と従動磁石 110 との磁氣的結合により、羽根車 100 がモータ 122 の回転方向と同一方向に回転させられ、羽根車 100 に設けられている羽根 108 により、ハウジング 72 内の血液が流出口 88 から送り出されるとともに、流入口 86 から血液が吸い込まれる。

【0056】

10

20

30

40

50

羽根車 100 の回転速度が速くなって、流出口 88 からの血液流出量が多くなると、流入口 86 側が負圧となるので、羽根車 100 には流入口 86 方向への力が働くが、羽根車 100 が流入口 86 方向へ移動させられても、永久磁石 114、116 間の吸引力により、羽根車 100 は、永久磁石 114、116 が対向する位置に戻されるので、ハウジング 72 に接触することが防止される。

【0057】

また、羽根車 100 が回転させられると、羽根車 100 は水平方向にも揺動する（すなわち偏心する）が、羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a と、その外周面 104a に対向するハウジング 72 の内周面（すなわち外側壁部 76 の内周面）とが互いに平行にされているので、羽根車 100 が所定の速度で高速回転させられている状態では、羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a と、ハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面との距離が極めて短い距離（たとえば、0.2mm 以下）となって、羽根車 100 とハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面との半径差によって、羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a とハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面との間の隙間が連続的に縮小拡大を繰り返し、その連続的に縮小拡大する隙間内に粘性流体である血液が引き込まれると、それらの面およびそれらの面間に介在させられる血液により動圧軸受が構成されて、それらの面間に動圧（反力）が生じ、羽根車 100 が押し戻されるので、ハウジング 72 への接触が防止される。

10

【0058】

上述の第 2 実施例によれば、羽根車 100 の外周部に設けられた永久磁石 114 と、ハウジング 72 の外側壁部 76 に設けられた永久磁石 112 とにより構成される永久磁石対 116 を周方向に 4 対有する磁気軸受 118 により、羽根車 100 がハウジング 72 の流入口 86 側の面と流入口 86 とは反対側の面との間に位置させられて、回転軸心 C2 方向への移動が抑制されるので、電磁石の磁力を調整する能動的な磁気軸受装置を用いなくても、ハウジング 72 の流入口 86 側の面および流入口 86 とは反対側の面に接触することが防止されるとともに、回転軸心 C2 に対する傾きが抑制される。従って、装置を小型化でき、且つ、電力消費を少なくできる。

20

【0059】

また、第 2 実施例によれば、磁力線が永久磁石対 116 内を流れる磁気回路が形成されることから、互いの吸引力が強くなり、羽根車 100 のその回転軸心 C2 方向への移動を抑制する力が大きくなるので、一層確実に、羽根車 100 がハウジング 72 の流入口 86 側の面および流入口 86 とは反対側の面に接触することが防止される。

30

【0060】

また、第 2 実施例によれば、羽根車 100 の高速回転時に、羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a とハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面との間の距離が極めて短くなると、動圧軸受が構成されて、羽根車 100 の偏心方向の荷重が支えられるので、羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a がハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面に接触することも防止される。

【0061】

すなわち、羽根車 100 は、磁気軸受 118 によりその回転軸心 C2 方向の移動によってハウジング 72 に接触することが防止され、動圧軸受によりその回転軸心 C2 に対して垂直方向の移動によってハウジング 72 に接触することも防止されるので、高い耐久性が得られる。

40

【0062】

以上、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、本発明はその他の態様においても適用される。

【0063】

たとえば、駆動磁石 64 を従動磁石 44 に対して羽根車 30 の回転軸心 C1 方向に配置して羽根車 30 を回転させる態様の第 1 実施例において、第 2 実施例のように、磁気軸受 118 により、羽根車 30 の垂直方向の移動を抑制してもよい。また、駆動磁石 124 と

50

従動磁石 110 とを回転軸心方向の同じ位置に配置して羽根車 100 を回転駆動させる態様の第 2 実施例において、第 1 実施例のように、円環板およびハウジングの上板部を構成し、円環板の上面とハウジングの上板部の下面との間に生じる反発力によって、羽根車 100 とハウジング 72 との接触を防止してもよい。

【0064】

また、従動磁石 44、110 および駆動磁石 64、124 として、同一円周上に設けられた複数の磁石が用いられてもよい。

【0065】

また、前述の第 2 実施例では、永久磁石 112、114 は同一の形状であったが、互いに異なる形状であってもよい。また、それら永久磁石 112、114 は、垂直断面が U 字型であってもよいし、また、棒状であってもよい。

10

【0066】

また、第 1 実施例では、円環板 40 の上面 40a に溝 54 が設けられていたが、上面 40a には溝 54 が設けられず、その上面 40a に対向するハウジング 12 の上板部 22 の下面 22a に、溝 54 が設けられてもよい。

【0067】

また、第 2 実施例において、動圧軸受によるハウジング 72 の外側壁部 76 の内周面と羽根車 100 の本体部 104 の外周面 104a との間の反発力を生じやすくするために、いずれか一方の面に、羽根車 100 の回転軸心 C2 に平行な溝が周方向に多数形成されてもよい。

20

【0068】

なお、上述したのはあくまでも一実施形態であり、本発明は当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を加えた態様で実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図 1】本発明が適用された体内埋め込み型の遠心血液ポンプを、ハウジングの流入口および流出口の中心を通る平面で切断した断面図である。

【図 2】図 1 の遠心血液ポンプのハウジングの水平断面図である。

【図 3】図 1 の羽根車の平面図である。

【図 4】図 1 の羽根車の底面図である。

30

【図 5】図 1 の羽根車に設けられている円環板の一部を拡大して示す斜視図である。

【図 6】本発明の第 2 実施例の遠心血液ポンプを、ハウジングの流入口の中心を通る垂直平面で切断した断面図である。

【図 7】図 6 の遠心血液ポンプを、XII - XII 線を含む水平面で切断した断面図である。

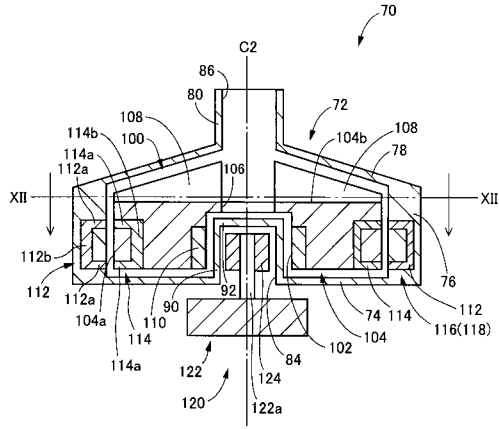
【符号の説明】

【0070】

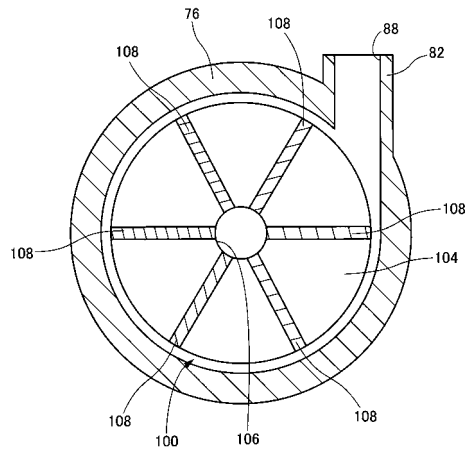
10：遠心血液ポンプ、12：ハウジング、14：流入口、16：流出口、22：上板部、22a：下面（対向面）、30：羽根車、40：円環板、40a：上面（垂直面）、44：従動磁石、46：突起、48：案内溝、52：支持装置、54：溝、60：駆動装置、62：モータ、64：駆動磁石、70：遠心血液ポンプ、72：ハウジング、84：凹部、86：流入口、88：流出口、100：羽根車、110：従動磁石、116：永久磁石対、118：磁気軸受、120：駆動装置、122：モータ、124：駆動磁石

40

【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
F 1 6 C 32/04	(2006.01)	F 1 6 C 32/04	Z
F 1 6 C 33/20	(2006.01)	F 1 6 C 33/20	
F 1 6 C 33/24	(2006.01)	F 1 6 C 33/24	

(72)発明者 大内 克洋
東京都千代田区神田駿河台2-3-10

(72)発明者 中村 直人
東京都千代田区神田駿河台2-3-10

(72)発明者 進士 忠彦
横浜市緑区長津田4259

審査官 芦原 康裕

(56)参考文献 特開平07-075667(JP,A)
特開平10-033664(JP,A)
特開昭64-035098(JP,A)
特開2002-191689(JP,A)
特開平04-091396(JP,A)
特開2003-024434(JP,A)
特開2002-138990(JP,A)
特表2002-541986(JP,A)
特表平8-504490(JP,A)
特開2000-80997(JP,A)
実開平6-53790(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 M	1 / 1 0
F 0 4 D	1 3 / 0 2
F 1 6 C	1 7 / 0 4
F 1 6 C	1 7 / 2 0
F 1 6 C	3 2 / 0 0
F 1 6 C	3 2 / 0 4
F 1 6 C	3 3 / 2 0
F 1 6 C	3 3 / 2 4