

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6861638号
(P6861638)

(45) 発行日 令和3年4月21日 (2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年4月1日 (2021.4.1)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 M 60/122 (2021.01)	A 6 1 M 1/12
A 6 1 M 60/818 (2021.01)	A 6 1 M 1/10 1 1 3
F 0 4 D 3/02 (2006.01)	F 0 4 D 3/02 C
F 0 4 D 13/02 (2006.01)	F 0 4 D 13/02 J
F 0 4 D 29/58 (2006.01)	F 0 4 D 29/58 E
請求項の数 23 (全 20 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2017-549269 (P2017-549269)	(73) 特許権者	507116684
(86) (22) 出願日	平成28年3月16日 (2016.3.16)		アビオメド オイローパ ゲーエムペーハ
(65) 公表番号	特表2018-510708 (P2018-510708A)		ー
(43) 公表日	平成30年4月19日 (2018.4.19)		ドイツ 52074 アーヘン, ノイエン
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/055643		ホーフア ベーク 3
(87) 国際公開番号	W02016/146661	(74) 代理人	110001210
(87) 国際公開日	平成28年9月22日 (2016.9.22)		特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
審査請求日	平成31年1月31日 (2019.1.31)	(72) 発明者	ジース トルステン
(31) 優先権主張番号	15159680.6		ドイツ アーヘン ノイエンホーフア ベ
(32) 優先日	平成27年3月18日 (2015.3.18)		ーク 3 アビオメド オイローパ ゲー
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	アボウルホーセン ワリド
			ドイツ アーヘン ノイエンホーフア ベ
			ーク 3 アビオメド オイローパ ゲー
			エムペーハー内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 血液ポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通路 (7) によって接続された血流入口 (5) および血流出口 (6) を有するポンプケーシング (2) と、

回転軸 (9) を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング (2) 内に配置されたインペラ (3) であって、前記通路 (7) に沿って前記血流入口 (5) から前記血流出口 (6) まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根 (4) を備え、前記ポンプケーシング (2) の軸受表面に面するインペラ (3) の軸受表面を備える少なくとも 1 つの接触型軸受 (20) によって前記ポンプケーシング (2) 内で回転可能に支持された、インペラ (3) とを備え、

少なくとも 1 つの洗い流しチャネル (30) が、前記インペラ (3) を通って延在すると共に、第 1 の開口部 (34) を介して前記通路 (7) と、また第 2 の開口部 (35) を介して前記軸受 (20) と流体接続しており、前記洗い流しチャネル (30) が、前記洗い流しチャネル (30) を通って前記軸受 (20) に向かって血液を送る補助ポンプと動作的に関連付けられ、

前記補助ポンプが、前記回転軸 (9) に対して少なくとも 1 つの接線方向成分を有する方向に沿って前記インペラ (3) を通って延在する、前記少なくとも 1 つの洗い流しチャネル (30) によって少なくとも部分的に形成され、

前記洗い流しチャネル (30) が、曲線状であり、前記回転軸 (9) の周囲を回る方向で前記第 1 の開口部 (34) から延在することを特徴とする血液ポンプ (1)。

10

20

【請求項 2】

通路(7)によって接続された血流入口(5)および血流出口(6)を有するポンプケーシング(2)と、

回転軸(9)を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング(2)内に配置されたインペラ(3)であって、前記通路(7)に沿って前記血流入口(5)から前記血流出口(6)まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根(4)を備え、前記ポンプケーシング(2)の軸受表面に面するインペラ(3)の軸受表面を備える少なくとも1つの接触型軸受(20)によって前記ポンプケーシング(2)内で回転可能に支持された、インペラ(3)とを備え、

少なくとも1つの洗い流しチャンネル(30)が、前記インペラ(3)を通過して延在すると共に、第1の開口部(34)を介して前記通路(7)と、また第2の開口部(35)を介して前記軸受(20)と流体接続しており、前記洗い流しチャンネル(30)が、前記洗い流しチャンネル(30)を通過して前記軸受(20)に向かって血液を送る補助ポンプと動作的に関連付けられ、

前記補助ポンプが、前記回転軸(9)に対して少なくとも1つの接線方向成分を有する方向に沿って前記インペラ(3)を通過して延在する、前記少なくとも1つの洗い流しチャンネル(30)によって少なくとも部分的に形成され、

前記洗い流しチャンネル(30)が、前記第1の開口部(34)から、回転方向とは反対の円周方向で前記インペラ(3)の表面に対してある角度で延在することを特徴とする血液ポンプ(1)。

【請求項 3】

通路(7)によって接続された血流入口(5)および血流出口(6)を有するポンプケーシング(2)と、

回転軸(9)を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング(2)内に配置されたインペラ(3)であって、前記通路(7)に沿って前記血流入口(5)から前記血流出口(6)まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根(4)を備え、前記ポンプケーシング(2)の軸受表面に面するインペラ(3)の軸受表面を備える少なくとも1つの接触型軸受(20)によって前記ポンプケーシング(2)内で回転可能に支持された、インペラ(3)とを備え、

少なくとも1つの洗い流しチャンネル(30)が、前記インペラ(3)を通過して延在すると共に、第1の開口部(34)を介して前記通路(7)と、また第2の開口部(35)を介して前記軸受(20)と流体接続しており、前記洗い流しチャンネル(30)が、前記洗い流しチャンネル(30)を通過して前記軸受(20)に向かって血液を送る補助ポンプと動作的に関連付けられ、

前記補助ポンプが、前記回転軸(9)に対して少なくとも1つの接線方向成分を有する方向に沿って前記インペラ(3)を通過して延在する、前記少なくとも1つの洗い流しチャンネル(30)によって少なくとも部分的に形成され、

突起(38)が、前記洗い流しチャンネル(30)の前記第1の開口部(34)内へと延在し、前記第1の開口部(34)を通過して前記洗い流しチャンネル(30)に入る血流を増加させるようにサイズおよび形状が決められていることを特徴とする血液ポンプ(1)。

【請求項 4】

通路(7)によって接続された血流入口(5)および血流出口(6)を有するポンプケーシング(2)と、

回転軸(9)を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング(2)内に配置されたインペラ(3)であって、前記通路(7)に沿って前記血流入口(5)から前記血流出口(6)まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根(4)を備え、前記ポンプケーシング(2)の軸受表面に面するインペラ(3)の軸受表面を備える少なくとも1つの接触型軸受(20)によって前記ポンプケーシング(2)内で回転可能に支持された、インペラ(3)とを備え、

少なくとも1つの洗い流しチャンネル(30)が、前記インペラ(3)を通過して延在する

10

20

30

40

50

と共に、第 1 の開口部 (3 4) を介して前記通路 (7) と、また第 2 の開口部 (3 5) を介して前記軸受 (2 0) と流体接続しており、前記洗い流しチャンネル (3 0) が、前記洗い流しチャンネル (3 0) を通って前記軸受 (2 0) に向かって血液を給送する補助ポンプと動作的に関連付けられ、

前記補助ポンプが、前記回転軸 (9) に対して少なくとも 1 つの接線方向成分を有する方向に沿って前記インペラ (3) を通って延在する、前記少なくとも 1 つの洗い流しチャンネル (3 0) によって少なくとも部分的に形成され、

前記インペラ (3) が、前記インペラから径方向に延在し、前記洗い流しチャンネル (3 0) の前記第 1 の開口部 (3 4) に隣接して、また回転方向に対して前記第 1 の開口部 (3 4) の後方に配設された、少なくとも 1 つのウイング (3 9) を備えることを特徴とする血液ポンプ (1) 。

10

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記回転軸 (9) と前記第 1 の開口部 (3 4) との間の距離が、前記回転軸 (9) と洗い流しフローが前記通路 (7) に出る地点 (3 6) との間の距離の 5 0 % 未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記インペラ (3) が、前記回転軸 (9) に沿って延在し、前記軸受 (2 0) を受け入れる中央開口部 (3 2) を備え、前記第 2 の開口部 (3 5) が前記中央開口部 (3 2) と流体接続していることを特徴とする血液ポンプ。

20

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記洗い流しチャンネル (3 0) の前記第 1 の開口部 (3 4) が、前記回転方向に対して前記羽根 (4) の順方向側において、前記インペラ (3) の前記羽根 (4) の 1 つに隣接して配設されることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記第 1 の開口部 (3 4) の断面が円形または非円形であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記第 1 の開口部 (3 4) が、前記洗い流しチャンネル (3 0) が前記インペラ (3) の表面に対して傾斜していることによって少なくとも部分的に露出した、前記洗い流しチャンネル (3 0) の端部部分によって形成されることを特徴とする血液ポンプ。

30

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記回転軸 (9) に対して対称的に配置された 2 つ以上の洗い流しチャンネル (3 0) を備えることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記インペラ (3) が、径方向外側に延在する下流方向に部分 (3 3) を有し、前記洗い流しチャンネル (3 0) の前記第 1 の開口部 (3 4) が前記部分 (3 3) に配設されることを特徴とする血液ポンプ。

40

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記洗い流しチャンネル (3 0) の前記第 1 の開口部 (3 4) が前記インペラ (3) の下流側半分に配設されることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の血液ポンプであって、前記洗い流しチャンネル (3 0) の前記第 1 の開口部 (3 4) が、前記血液ポンプ (1) の動作中、血流を前記第 1 の開口部 (3 4) から前記洗い流しチャンネル (3 0) を通って前記軸受 (2 0) に至ら

50

せるように前記軸受(20)が配設された前記インペラ(3)の区域よりも高い圧力下にある、前記インペラ(3)の区域に配設されたことを特徴とする血液ポンプ。

【請求項14】

請求項1から13のいずれか1項に記載の血液ポンプであって、前記第1の開口部(34)から前記洗い流しチャンネル(30)に至る血流が、前記ポンプケーシング(2)の前記血流出口(6)に向かう方向であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項15】

請求項2に記載の血液ポンプであって、前記角度が20°未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項16】

請求項2に記載の血液ポンプであって、前記角度が15°未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項17】

請求項2に記載の血液ポンプであって、前記角度が10°未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項18】

請求項1から4のいずれか1項に記載の血液ポンプであって、前記回転軸(9)と前記第1の開口部(34)との間の距離が、前記回転軸(9)と洗い流しフローが前記通路(7)に出る地点(36)との間の距離の40%未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項19】

請求項1から4のいずれか1項に記載の血液ポンプであって、前記回転軸(9)と前記第1の開口部(34)との間の距離が、前記回転軸(9)と洗い流しフローが前記通路(7)に出る地点(36)との間の距離の30%未満であることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項20】

請求項6に記載の血液ポンプであって、前記第2の開口部(35)において前記洗い流しチャンネル(30)が、径方向で前記回転軸(9)に向かって向き付けられることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項21】

請求項4に記載の血液ポンプであって、前記ウィング(39)が、前記洗い流しチャンネル(30)の前記第1の開口部(34)の上を延在し、血液が前記第1の開口部(34)に入ることができるように回転方向で開いていることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項22】

請求項2から21のいずれか1項に記載の血液ポンプであって、前記洗い流しチャンネル(30)が、前記インペラ(3)を通して直線状で延在すると共に、前記回転軸(9)に対して心ずれしていることを特徴とする血液ポンプ。

【請求項23】

請求項22に記載の血液ポンプであって、前記洗い流しチャンネル(30)が、前記回転軸(9)に平行な平面内で延在することを特徴とする血液ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、患者の心臓を支援するため、患者に埋め込まれる血液ポンプに関する。特に、血液ポンプは、患者の心臓が十分に回復するまで血液ポンプが一時的に支援する、「回復への橋渡しをする」デバイスとして使用されることがある。

【0002】

軸流血液ポンプ、遠心血液ポンプ、または軸方向力および半径方向力の両方によって血流が生じる混合型血液ポンプなど、様々なタイプの血液ポンプが知られている。血液ポンプは、カテーテルを用いて、大動脈などの患者の血管に挿入されてもよく、または胸腔内に配置されてもよい。血液ポンプは、一般的に、通路によって接続された血流入口および血流出口を有するポンプケーシングを備える。通路に沿って血流入口から血流出口までの

10

20

30

40

50

血流を生じさせるために、血液を運搬する羽根を備えたインペラが、ポンプケーシング内で回転可能に支持される。

【 0 0 0 3 】

インペラは、少なくとも1つの軸受によってポンプケーシング内で支持されるが、軸受は、例えば、血液ポンプが短期間（数時間もしくは数日間）の使用のみに向けたものであるか、長期間（数週間もしくは数年間）の使用のみに向けたものであるかといった、血液ポンプの意図される用途に応じて、異なるタイプのものであってもよい。接触型軸受および非接触型軸受など、異質な軸受が知られている。非接触型軸受では、例えば、反発する磁力によって軸受表面が「浮揚」する磁気軸受の場合、軸受表面は互いに接触しない。一般に、接触型軸受は、例えば、滑り軸受、ピボット軸受、動圧軸受、静圧軸受、玉軸受など、またはそれらの任意の組み合わせでは、ポンプの動作中の任意の時点で（即ち、常にもしくは断続的に）軸受表面が少なくとも部分的に接触してもよい全てのタイプの軸受を含んでよい。特に、接触型軸受は、軸受表面が血液接触を有する「血液浸潤軸受」であってもよい。接触型軸受は、使用中に昇温することがあり、ポンプの動作中の回転する軸受表面と静止した軸受表面との接触によって機械的摩耗を起こし易い。血液自体など、軸受に対して冷却流体を供給することが望ましい。非接触型軸受では、軸受表面は物理的接触を有さず、通路または他の流体供給部と流体接続している隙間によって離間されている。同様に、例えばインペラの下流側前面において、血液の凝固および目詰まりを回避するため、インペラとポンプケーシングとの間の他の隙間が洗い流されるべきである。

【 0 0 0 4 】

血液ポンプ内の隙間または軸受表面をすすぐための構成が、例えば、米国出願公開第2011/0238172A1号に開示されている。洗い流しチャンネルは、インペラを通して延在し、第1および第2の開口部を介して通路および隙間と流体連通している。ポンプケーシング内の圧力分布は、圧力がインペラに沿って下流方向で増加する場合、隙間および洗い流しチャンネルを通る血流を生じさせ、血液は、インペラの下流側端部で隙間に入り、洗い流しチャンネルを通して、低圧で通路の区域に向かって流れる。この洗い流しフローには、血流を生じさせる圧力差を作り出さなければならないことにより、インペラの回転速度に依存するという不利な点がある。遠心力、および洗い流しフローの逆方向による反力などの他の力も、克服しなければならない。インペラが動圧軸受によってポンプケーシング内で支持される、米国出願公開第2011/0238172A1号に開示されている別の実施形態では、洗い流しチャンネルの入口開口部はインペラの上流側端部に配設されている。インペラの下流側端部の補助羽根は、低圧区域から高圧区域への方で洗い流しチャンネルおよび隙間を通る洗い流しフローを生じさせるために設けられる。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

したがって、本発明の主な目的は、血液ポンプの回転部分と静止部分との間、特に軸受またはインペラおよびポンプケーシングの静止部分と回転部分との間の隙間における、血流の停滞ならびに血液の凝固および目詰まりが、ポンプの回転速度または動作条件とは独立して有効に回避される、血液ポンプを提供することである。本発明の更なる目的は、接触型軸受の有効な冷却が可能な血液ポンプを提供することである。本発明の更に別の目的は、隙間を有効に洗い流すことができる血液ポンプを提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

主な目的は、本発明にしたがって、独立請求項1の特徴を備えた血液ポンプによって達成される。本発明の好ましい実施形態および更なる発展例は、独立請求項に従属する請求項において特定される。

【 0 0 0 7 】

既知の血液ポンプと同じく、本発明による血液ポンプは、通路によって接続された血流入口および血流出口を有するポンプケーシングを備える。ポンプケーシングは、血液ポン

プの全ての静止部分を備えるものとして理解されてもよい。インペラまたはロータは、インペラの長手方向軸線であってもよい回転軸を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング内に配置され、インペラは、通路に沿って血流入口から血流出口まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根を備える。インペラは、ポンプケーシングの軸受表面に面するインペラの軸受表面を備える、少なくとも1つの接触型軸受、好ましくはピボット軸受によって、ポンプケーシング内で回転可能に支持される。

【0008】

少なくとも1つの洗い流しチャンネルは、インペラを通して延在すると共に、第1の開口部を介して通路と、また第2の開口部を介して軸受と流体接続している。動的洗い流しフローと呼ばれることがある洗い流しフローを生じさせるために、洗い流しチャンネルは、洗い流しチャンネルを通して軸受に向かって血液を送送する補助ポンプと動作的に関連付けられる。本発明によれば、補助ポンプは、少なくとも1つの接線方向成分を有する方向に沿ってインペラを通して延在する、前記少なくとも1つの洗い流しチャンネルによって少なくとも部分的に形成される。換言すれば、第2のポンプは、特に、洗い流しチャンネルを通して軸受に向かって血液を送送するようにサイズ決めされ、形作られ、配置された、前記少なくとも1つの洗い流しチャンネル自体によって、少なくとも部分的に形成される。動的洗い流しフローを生じさせる補助ポンプを設けることによって、接触型軸受のすすぎ、およびそれによる軸受の冷却を、軸受に向かって血液を動的に給送する手段を有さない構成に比べて改善することができる。補助ポンプは、更に詳細に後述する、ポンプ内の好適な圧力分布によって支持されてもよい。しかしながら、補助ポンプは、ポンプ内の圧力分布とは独立して働くことが理解されるであろう。

【0009】

動的洗い流しフローは、軸受を洗い流し冷却するために軸受に送達される血液の量が、補助ポンプがないポンプと比べて増加するので、接触型軸受または「血液浸潤軸受」にとって特に有用である。軸受の冷却は、軸受表面からの熱を有効に散逸させることによって更に改善することができる。この目的で、軸受は、例えば、セラミックスまたはチタンなどよりも良好に熱を散逸させることができる、ステンレス鋼などの高伝導性材料を含んでもよい。特に、軸受表面が、例えばセラミックキャップの形態で提供される、セラミックスなどの平滑で耐久性がある材料で作られ、軸受表面から離れる方向に面する軸受の部分が、ステンレス鋼などの高伝導性材料で作られていることがある場合、少なくとも2つの構成要素を備えた軸受を提供するのが有利なことがある。

【0010】

一実施形態では、洗い流しチャンネルは、インペラを通して直線状で延在し、回転軸に対して心ずれ(offset relative to the axis of rotation)していてもよい。特に、洗い流しチャンネルは、回転軸に平行な面内で延在してもよい。回転軸に対して斜めである、即ち回転軸と交差しない、直線状の洗い流しチャンネルを有する配置を提供することによって、動的洗い流しフローを洗い流しチャンネルに流すことが可能である。

【0011】

別の実施形態では、洗い流しチャンネルは、曲線状であって、回転軸の周囲を回る方向で、特に螺旋形状に沿って、第1の開口部から延在してもよい。螺旋形状は、任意の長さで回転軸の周りの方向における、任意の曲線状、螺旋状、ヘリカル、または別の曲線形状として理解されるものとする。かかる形状は、軸受に向かって動的洗い流しフローを支援することができるので有利である。

【0012】

好ましくは、洗い流しチャンネルは、第1の開口部から、回転方向とは反対の円周方向でインペラの表面に対してある角度で延在する。特に、インペラの表面に対して垂直に延在する洗浄チャンネルとは対照的に、角度を付けた入口開口部によって、血液が洗い流しチャンネルに入るのが容易になり、洗い流しチャンネルを通る流量が増加する。この効果は、適切な角度を選択することによって更に改善することができる。例えば、角度は、20°未満、好ましくは15°未満、より好ましくは10°未満であってもよい。洗い流しチャンネル

は、第1の開口部から、インペラの表面に対して実質的に接線方向で、換言すれば、インペラの表面に対して非常に小さい角度で延在してもよい。しかしながら、洗い流しチャンネルがインペラの表面に対して垂直に延在する配置と比べて、洗い流しチャンネルを通して流れる血液の量を増加させるため、角度が回転方向とは反対の円周方向であり、換言すれば、第1の開口部が回転方向に開いていることが重要である。

【0013】

一実施形態では、第2の開口部と回転軸との間の距離は、第1の開口部と回転軸との間の距離以下であってもよい。換言すれば、下流方向で、洗い流しチャンネルは回転軸に向かう方向で延在する。好ましくは、洗い流しチャンネル内の洗い流しフローが克服しなければならない遠心力を低減するために、第1の開口部と回転軸との間の距離はできるだけ短い。換言すれば、径方向内側方向での第1の開口部と第2の開口部との間の距離は、できるだけ短くすべきである。更に、回転軸と第1の開口部との間の距離が、回転軸と洗い流しフローが通路に出る地点との間の距離よりも大幅に短い、例えば半分(50%)以下、40%未満、または更には30%未満であることが好ましい。この構成は、遠心血液ポンプにおいて、軸流または混合型血液ポンプよりも改善することができ、即ち、第1の開口部と洗い流しフローが通路に出る地点との間の距離を増加させることができる。

10

【0014】

インペラは、回転軸に沿って延在し、軸受を受け入れる中央開口部を備えてもよく、第2の開口部は中央開口部と流体接続している。更に、洗い流しチャンネルは、第2の開口部において実質的に径方向で、回転軸に向かって向き付けられてもよい。これにより、軸受のすすぎを、またそれによって軸受の冷却を改善することができる。

20

【0015】

好ましくは、洗い流しチャンネルの第1の開口部は、回転方向に対して羽根の順方向側(一般に、羽根の正圧側と呼ばれる)において、インペラの羽根の1つに隣接して配設される。この区域では、圧力は、特に羽根の逆方向側(一般に、羽根の負圧側と呼ばれる)における区域よりも高く、それによって軸受に向かって洗い流しチャンネルを通る動的洗い流しフローを改善することができる。一実施形態では、第1の開口部は羽根の順方向側に配設されてもよく、第2の開口部は羽根の逆方向側に配設されてもよく、つまり、両方の開口部はインペラの径方向外側表面に配設され、洗い流しチャンネルは下方に延在し、羽根を横切る。別の実施形態では、洗い流しチャンネルは羽根内で延在してもよく、それにより、第1の開口部は羽根の順方向側に配設され、第2の開口部は羽根に、特に羽根の径方向外縁部に配設される。洗い流しチャンネルは、洗い流される区域と流体連通していることを理解されたい。

30

【0016】

説明したように、補助ポンプの性能または出力は、インペラの表面に対してある角度で延在してもよい、インペラを通る洗い流しチャンネルの特定の構成、例えば直線状または曲線状の洗い流しチャンネルによって改善することができる。補助ポンプの性能は、洗い流しチャンネルの第1の開口部の断面によって更に改善されてもよい。第1の開口部の断面は円形または非円形であってもよい。洗い流しチャンネルが円形断面を有し、インペラの表面に対してある角度で延在する場合、これは、楕円形断面などの非円形断面をもたらす。一実施形態では、第1の開口部は、洗い流しチャンネルがインペラの表面に対して傾斜していることによって少なくとも部分的に露出した、洗い流しチャンネルの端部部分によって形成されてもよい。換言すれば、第1の開口部はインペラの表面では細長くてもよく、このことによって、血液ポンプの動作中に洗い流しチャンネルに入る血液の量を更に増加させることができる。

40

【0017】

別の実施形態では、突起は、洗い流しチャンネルの第1の開口部内へと延在し、特に、突起がない第1の開口部の断面と比べて、第1の開口部を通して洗い流しチャンネルに入る血流を増加させるようにサイズおよび形状が決められている。突起がない第1の開口部の形状は、円形または非円形のどちらかであってもよい。突起は、回転方向に対して第1の開

50

口部の逆方向側に配設されるので、第1の開口部への血液の流入を促進し、それによって補助ポンプの性能を改善する「エアフォイル」として作用する。別の方法として、またはそれに加えて、インペラは、そこから径方向に延在し、洗い流しチャンネルの第1の開口部に隣接して、また回転方向に対して第1の開口部の後方に配設された、ウィングを備えてもよい。好ましくは、ウィングは、洗い流しチャンネルの第1の開口部の上を延在し、血液が第1の開口部に入ることができるように、回転方向で開いている。ウィングは、インペラの回転中に血液を回収し、回収した血液を第1の開口部内へと向き付ける、ポケットを形成する。同様の効果を達成するために、インペラは、第1の開口部の断面がインペラの表面に対してある角度で、好ましくは45°超過の角度で、より好ましくは90°の角度で延在し、回転方向で開いているようにして、第1の開口部を備えるノーズまたは突起を備えてもよい。これにより、洗い流しチャンネルに流入する血液の量を大幅に増加させることができる。

10

【0018】

好ましくは、血液ポンプは、回転軸に対して対称的に配置されてもよい、2つ以上の上述した洗い流しチャンネルを備える。特に、血液ポンプは、2つ、3つ、4つ、5つ、または6つの洗い流しチャンネルを備えてもよい。

【0019】

補助ポンプの少なくとも一部を形成する洗い流しチャンネルのサイズ、形状、および配置に加えて、補助ポンプは、インペラの表面に形成された溝または羽根を更に備えてもよい。かかる補助溝または羽根は、インペラの下流側前面に配設されて、血流が洗い流しチャンネルを通して軸受に向かうのを支援してもよい。

20

【0020】

一実施形態では、インペラは、径方向外側に延在する下流方向に部分を有してもよく、洗い流しチャンネルの第1の開口部は前記部分に配設される。特に、前記部分は、下流方向で径方向外側に向かう円錐形のテーパ状となっている。その部分は、インペラと一体的に形成されるか、または別個に形成されてもよい。補助ポンプの性能は、第1の開口部をインペラの径方向で延在する部分に配置して、通路を通る血流の主方向とは反対の方向に向き付けられるようにすることによって、更に向上させることができる。それにより、第1の開口部はより多くの血液を捕えることができ、補助ポンプの性能が改善される。インペラの羽根は前記部分の上を延在してもよい。

30

【0021】

好ましい一実施形態では、洗い流しチャンネルの第1の開口部は、ポンプの動作中、第2の開口部よりも高い圧力下において、血流を第1の開口部から洗い流しチャンネルを通して軸受に至らせるように、インペラの区域に配置される。換言すれば、洗い流しチャンネルの第1の開口部、即ち洗い流しチャンネルの入口開口部はインペラの高圧区域にあるが、インペラの下流側では圧力が低いので、洗い流しフローは、「順」方向に、即ちポンプケーシングの血流出口に向かう方向に向き付けられる。したがって、血液ポンプの動作中に生じるこの圧力差を、特に洗い流しチャンネル内の局所圧力勾配を利用することによって、順方向フローの洗い流しが作り出される。これには、回転速度および動作条件（例えば、前負荷、後負荷、初期順方向フローの大きさ）とは独立して、特にインペラの回転が始まり回転速度が遅い、特に血液ポンプの設計速度未満である、動作の開始時にも、ポンプの動作中は常に必要な圧力差が存在するという利点がある。対照的に、洗い流しフローが「逆」方向に向き付けられる、既知の血液ポンプでは、圧力差を構築しなければならず、それにはある程度の時間が掛かり、その間は洗い流しフローが遅いか、または停滞することがある。このことは、隙間もしくは洗い流しチャンネル、またはその両方における、血液の凝固および目詰まりに結び付く。更に、逆方向フローは、フローの主方向によって生じる力を克服しなければならず、そのこともまた、洗い流しフローの停滞に、また結果として血液の凝固および目詰まりに結び付くことがある。本発明によれば、洗い流しフローは、血液ポンプの動作時間全体を通して「順」方向で存在し、特に、ポンプの動作中におけるポンプケーシング内の圧力分布を利用する。

40

50

【 0 0 2 2 】

洗い流しチャネルの第 1 の開口部は、インペラの下流側半分に配設されてもよい。ポンプの動作中、圧力は、インペラの長さに沿って、特にインペラの羽根が配設されている領域で増加する。したがって、インペラの下流側半分では、インペラの上流側半分よりも高い圧力が存在する。洗い流しチャネルの第 1 の開口部における高圧が好ましいので、第 1 の開口部をインペラの下流側半分に配置することが好ましい。より好ましくは、第 1 の開口部は、インペラの下流側 3 分の 1、下流側 4 分の 1、または下流側 5 分の 1 に配置されてもよい。特に、第 1 の開口部をインペラの下流側端部のできるだけ近くに、例えば下流方向でインペラの長さの最後 10 % 以内に配置するのが有利である。

【 0 0 2 3 】

圧力分布に関して、洗い流しチャネルの第 1 の開口部は、好ましくは、ポンプの動作中、インペラが載置される通路の長さに沿った圧力分布に対して中間圧力よりも圧力が高い、より好ましくは圧力が実質的に最大圧力である、インペラの区域に配設される。洗い流しチャネルの第 1 および第 2 の開口部の間の高い圧力差により、洗い流しチャネルの第 1 の開口部から軸受までの洗い流しフローが改善される。特に、高い圧力差は補助ポンプを支持するのに有利である。

【 0 0 2 4 】

上述の概要、ならびに好ましい実施形態の以下の詳細な説明は、添付図面と併せ読むことによってより良く理解されるであろう。本開示を例証する目的で、図面を参照する。しかしながら、本開示の範囲は、図面に開示する特定の実施形態に限定されない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 5 】

【図 1】心臓外用途向けの本発明による血液ポンプの断面図である。

【図 1 A】心臓外用途向けの本発明による血液ポンプの断面図である。

【図 2】カテーテルポンプとして設計された本発明による血液ポンプの断面図である。

【図 3】インペラの斜視図である。

【図 4 a】インペラの一部を示す様々な図である。

【図 4 b】インペラの一部を示す様々な図である。

【図 4 c】インペラの一部を示す様々な図である。

【図 4 d】インペラの一部を示す様々な図である。

【図 5 a】インペラの他の実施形態を示す図である。

【図 5 b】インペラの他の実施形態を示す図である。

【図 6 a】インペラの一部の他の実施形態を示す図である。

【図 6 b】インペラの一部の他の実施形態を示す図である。

【図 7】別の実施形態による血液ポンプの一部を示す断面図である。

【図 8】別の実施形態によるインペラの一部を示す断面図である。

【図 9】別の実施形態によるインペラの一部を示す断面図である。

【図 10】更に別の実施形態によるインペラの一部を示す断面図である。

【図 11】別の実施形態による血液ポンプの一部を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 6 】

図 1 を参照すると、血液ポンプ 1 の断面図が示されている。血液ポンプ 1 は、体外、心臓外、または管腔外用途向けに設計されており、血流入口 5 および血流出口 6 を有するポンプケーシング 2 を備える。動作中、ポンプケーシング 2 は患者の体外に位置し、血流入口 5 および血流出口 6 は、それぞれのコネクタ（特に、心臓からの流入および大動脈への流出）に接続される。図 2 は、カテーテルポンプ 1' として設計されている点異なる、図 1 に類似した一実施形態を示している。血流入口 5' は、大動脈弁などの心臓弁を通して配置された可撓性カテーテル 50 の端部にあり、使用中、血流出口 6' は、ポンプケーシング 2' の側に位置し、大動脈などの心臓血管内に位置する。血液ポンプ 1' はカテーテル 51 に接続され、電気ワイヤ 52 が、ポンプ 1' を駆動するためにカテーテル 51 を

通って延在する。血液ポンプ 1 および 1' は両方とも同じように機能する。後述する全ての特徴は両方の実施形態に適用可能であることが理解されるであろう。

【0027】

血液は、血流入口 5 および血流出口 6 を接続する通路 7 に沿って運搬される。インペラ 3 は、血液を通路 7 に沿って運搬するために設けられ、第 1 の軸受 10 および第 2 の軸受 20 によって、ポンプケーシング 2 内で回転軸 9 を中心にして回転可能に装着される。回転軸は、好ましくはインペラ 3 の長手方向軸線である。軸受 10、20 は両方とも接触型軸受である。しかしながら、軸受 10、20 の少なくとも一方は、磁気または動圧軸受など、非接触型軸受であることができる。第 2 の軸受 20 は、回転移動ならびに枢動移動がある程度まで許容する、球状の軸受表面を有するピボット軸受である。第 1 の軸受 10 は、支持部材 15 内に配設されてインペラ 3 の回転を安定させ、支持部材 15 は、血流のための少なくとも 1 つの開口部 16 を有する。インペラ 3 が回転すると血液を運搬するように、羽根 4 がインペラ 3 上に設けられる。インペラ 3 の回転は、インペラ 3 の端部部分 37 に磁気結合された電動モータステータ 8 によって引き起こされる。当業者には理解されるように、他の好適な駆動メカニズムが可能である。図示される血液ポンプ 1 は混合型血液ポンプであり、主要なフロー方向は軸方向である。インペラ 3 の、特に羽根 4 の配置に応じて、血液ポンプ 1 は、純粋な軸流血液ポンプであってもよいことが理解されるであろう。

10

【0028】

インペラ 3 は、インペラ 3 の下流側部分に配設され、径方向外側に延在する部分 33 を備える。部分 33 は、ヨーク、フランジ部分、または端部部分と呼ぶことができる。この実施形態では、部分 33 は、回転軸 9 に対して 45° の角度で延在する外表面を備える。他の適切な角度、例えば 30° ~ 60° の角度を選択することができ、または湾曲表面であることができる。部分 33 は、インペラ 3 と一体的に、またはこの実施形態で示されるように別個に形成されてもよい。少なくとも 1 つの洗い流しチャンネル 30、好ましくは 3 つ、4 つ、5 つ、または 6 つなど、2 つ以上の洗い流しチャンネル 30 は、図 1 にはその 1 つのみが示されているが、インペラ 3 を通って、特に部分 33 を通って延在して、ピボット軸受 20、およびインペラ 3 と、血液ポンプ 1 の静止部分、特にポンプケーシング 2 またはポンプケーシング 2 と関連付けられていると見なされてもよいモータ 8 との間の隙間 31 の洗い流しまたはすすぎを可能にしている。少なくとも 1 つの洗い流しチャンネル 30 はまた、少なくとも部分的に、部分 33 を越えてインペラ 3 の主要部分内へと延在してもよい。

20

30

【0029】

洗い流しチャンネル 30 は、第 1 の開口部 34 または入口開口部と、第 2 の開口部 35 または出口開口部とを有する。第 1 の開口部 34 は、通路 7 と洗い流しチャンネル 30 との間に流体接続を形成し、第 2 の開口部 35 は隙間 31 と流体接続している。特に、第 2 の開口部 35 は、第 2 の軸受 20 を受け入れる、部分 33 の中央ボアまたは中央開口部 32 と流体接続している。隙間 31 は、隙間遷移点 36 を、即ち隙間 31 が通路 7 に対して開いている位置を介して、通路 7 と流体接続している。

【0030】

40

洗い流しチャンネル 30 の第 1 の開口部 34 は、インペラ 3 の下流側半分に配設される。特に、第 1 の開口部 34 は、血液ポンプ 1 の動作中、インペラ 3 の回転によって生じる高圧下にある、インペラ 3 の区域に配設される。特に、第 1 の開口部 34 は、ポンプケーシング 2 内の最大圧力に近いまたは最大圧力の区域にあってもよい。圧力は、羽根 4 によって、また、軸流方向から径方向への流体の偏向によって増加し、羽根 4 の下流で減少する。したがって、インペラ 3 の下流側端部近くである、第 1 の開口部 34 の位置の適切な選択によって、隙間遷移点 36 における圧力は洗い流しチャンネル 30 の第 1 の開口部 34 よりも低い。この圧力分布は、羽根 4 の形状を選択することによって適宜向上させることができ、第 1 の開口部 34 から洗い流しチャンネル 30 および隙間 31 を通って隙間遷移点 36 に至るフロー方向をもたらず。あるいは、点 36 の近傍でベンチュリ効果によって局

50

所圧力降下を作り出すことによって、例えば、通路 7 の狭窄部 53 (図 1 A を参照) を設けることによって、点 36 における更なる圧力降下を達成することができる。換言すれば、血液は、洗い流しチャンネル 30 を通って順方向でポンプケーシング 2 の血流出口 6 に向かって流れる。血液ポンプ 1 の動作中、特に血液ポンプ 1 の設計速度を下回る低い回転速度の位相中も、順方向フローの洗い流しがいずれの回転速度でも生じることにより、血液の凝固を有効に回避することができる。

【0031】

ピボット軸受 20 および隙間 31 の洗い流しとは別に、洗い流しチャンネル 30 を通る血流はピボット軸受 20 の冷却をもたらす。ピボット軸受 20 は、部分 33 の中央開口部 32 内に配置される。したがって、血液は、洗い流しチャンネル 30 を通って軸受 20 に向かって運搬される。ピボット軸受 20 は、有効に冷却しすぐことができる。詳細に後述するように、洗い流しチャンネル 30 を通って軸受 20 に向かって血液を能動的に給送する補助ポンプを設けることによって、効果を更に改善することができる。記載したような洗い流しチャンネル 30 を通る洗い流しフローの「順」方向が有利であるが、洗い流しフローは任意の方向で向き付けられてもよい。

【0032】

次に図 3 を参照すると、インペラ 3 の一実施形態が示されている。インペラは、インペラ 3 の本体の周りに配置された羽根 4 を有する。羽根 4 は、インペラ 3 が回転方向 (図 3 の矢印によって示される) に回転すると血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められている。インペラ 3 はその下流側端部に 33 を有し、部分 33 は、入口開口部 34 を有する少なくとも 1 つの洗い流しチャンネル 30 を有する。上述したように、入口開口部 34 はインペラ 3 の区域内に配置される。インペラ 3 は、高圧下では、洗い流しチャンネル 30 を通る血流が第 1 の開口部 34 または入口開口部から第 2 の開口部 35 へと向き付けられることを担保する。この実施形態では、入口開口部 34 は、回転方向に対して羽根 4 の 1 つの順方向側 (羽根の正圧側とも呼ばれる) に配設される。特に、羽根 4 の逆方向側 (羽根の負圧側とも呼ばれる) と比べて、圧力は順方向側の方が高く、それによって洗い流しチャンネル 30 の入口開口部 34 への流入方向が支持される。いずれにせよ、開口部 34 は羽根 4 の逆方向側に配設される。羽根 4 の逆方向側は、開口部 34 がインペラ 3 の下流側端部にある部分 33 に配設されるために圧力が十分に高くてもよい方向側である。

【0033】

図 4 a ~ 4 b では、部分 33 の一実施形態の様々な図が示されている。この実施形態では、洗い流しチャンネル 30 は、洗い流しチャンネル 30 からそれぞれの第 1 の開口部 34 を通って第 2 の開口部 35 まで、したがって中央開口部 32 および軸受 20 まで、更には隙間遷移点 36 (図 1 を参照) まで血液を給送する補助ポンプを形成する。この実施形態では、洗い流しチャンネル 30 は、インペラ 3 を通って直線状に延在し、回転軸 9 (部分 33 の下面図である、図 4 b の破線によって示される) に対して心ずれしている。洗い流しチャンネル 30 は、回転軸 9 に平行な面内で延在するので、洗い流しチャンネル 30 は接線成分を有する方向に沿って延在する。この配置により、血流が、第 1 の開口部 34 から第 2 の開口部 35 へと向けられる。この実施形態では 2 つの洗い流しチャンネル 30 が示されている。しかしながら、3 つ、4 つ、またはそれ以上の洗い流しチャンネルを同様に設けることができ、それらは回転軸 9 の周りに対称的に配置されてもよいことが理解されるであろう。特に、図 4 b の線 B - B に沿った断面図である図 4 d で分かるように、洗い流しチャンネル 30 は下流方向で傾斜している。第 1 の開口部 34 に対して下流側である第 2 の開口部 35 は、第 1 の開口部 34 よりも回転軸 9 に近い。洗い流しチャンネル 30 は、図 1 に示されるように、第 2 の軸受 20 を少なくとも部分的に受け入れる、中央開口部 32 に対して開いている。

【0034】

補助ポンプを形成する洗い流しチャンネル 30 を有するインペラ 3 の更なる実施形態が、図 5 a および 5 b に示されている。図 5 a の実施形態によれば、第 1 の開口部 34 は円形ではない。より正確には、第 1 の開口部 34 を通って洗い流しチャンネル内へと流れる血液

の量を増加させるため、突起 38 が第 1 の開口部 34 内へと延在している。突起 38 は、回転方向に対して、第 1 の開口部 34 の逆方向側に配置される。第 1 の開口部 34 の結果的な形状は、キドニー形状と呼んでもよい。インペラ 3 が回転すると引っ張りまたは吸引が作り出されて、特に突起 38 がない実施形態（図 3 の実施形態など）と比べて、第 1 の開口部 34 に入る血液の量が増加するので、これは「エアフォイル」のように作用する。突起 38 の形状は、洗い流しチャンネル 30 を通って流れるべき血液の所望量にしたがって選択することができる。第 1 の開口部 34 の断面は、対称または非対称であってもよい。

【0035】

突起 38 の代わりに、またはそれに加えて、図 5 b に示されるようにウィング 39 を設けることができる。ウィング 39 は、回転方向に対して第 1 の開口部 34 の後方に配置され、回転方向でインペラ 3 が回転すると、より多量の血液を捕えるポケットを形成する。ウィング 39 は、ウィング 39 がない実施形態（図 3 の実施形態など）と比べて、第 1 の開口部 34 に入る血液の量を増加させるのに適した、任意のサイズおよび形状を有してもよい。第 1 の開口部 34 を、インペラ 3 から径方向で延在するノーズまたは突起に配置し、第 1 の開口部 34 が回転方向を指すことによって、同じ効果を達成することができる。

【0036】

次に図 6 a および 6 b を参照すると、洗い流しチャンネル 30' を有する部分 33' の一実施形態が示されている。回転方向は矢印によって示されている。上述した実施形態のように、洗い流しチャンネル 30' は、中央開口部 32' に面する第 1 の開口部 34' および第 2 の開口部 35' を有する。洗い流しチャンネル 30' は、他の実施形態と関連して記載したような補助ポンプの一部を形成して、血流を、第 1 の開口部 34' から第 2 の開口部 35' への方で第 2 の軸受 20 に向かって押し流す。この実施形態では、洗い流しチャンネル 30' は曲線状であり、螺旋形状で回転軸 9 の周りを延在する。「螺旋形状」という用語は、規則的な螺旋を形成するか、または少なくとも 1 つの接線成分を有する他の任意の曲線形状を形成するかにかかわらず、任意の曲線形状を含むことが理解されるであろう。洗い流しチャンネル 30' は、小さい角度で第 1 の開口部でインペラ 3 に入り、それによって第 1 の開口部 34' は、洗い流しチャンネル 30' の露出部分によって形成され、細長い形状を有する。これにより、血液の捕捉が促進され、特に洗い流しチャンネル 30' が、垂直または実質的に垂直などの大きい角度でインペラ 3 の表面へと延在する構成と比べて、第 1 の開口部 34' に入る血液の量を増加させる助けとなる。洗い流しチャンネル 30' は、中央開口部 32' に向かって曲線形状で延在し、実質的に径方向で第 2 の開口部 35' を出る。血液は、中央開口部 32' 内へと、したがって第 2 の軸受 20 へと有効に給送されて、第 2 の軸受 20 のすすぎおよび冷却が行われる。図 1 と関連して説明したように、洗い流しチャンネル 30' を通る血流は、回転するインペラ 3 と静止したポンプケーシング 2 との間の隙間 31 を有効に洗い流す。補助ポンプの性能を更に改善するために、補助ポンプは、インペラ 3 の表面に、特に隙間 31 に形成された、溝または羽根を更に備えてもよい。

【0037】

上述した補助ポンプは、隙間 31 における遠心給送動作による支援なしでは、大きい直径から小さい直径まで延在する、任意の形状の回転するチャンネルの遠心効果を克服することはできないことが理解されるべきである。

【0038】

補助ポンプの性能は、回転軸 9 に対する、また特に互いに対する、第 1 の開口部 34 および隙間遷移点 36 の少なくとも 1 つの位置によって、更に改善することができる。図 7 に示されるように、第 1 の開口部は回転軸 9 までの第 1 の距離 d_1 を有し、隙間遷移点 36 は回転軸 9 までの第 2 の距離 d_2 を有する。補助ポンプの性能は、第 1 の開口部 34 が回転軸にできるだけ近い場合に、つまり、距離 d_1 ができるだけ小さく、洗い流しチャンネル 30 が回転軸 9 に向かってわずかな距離のみ延在する場合に改善することができる。これにより、回転軸に向かう方向で流れる洗い流しフローが克服しなければならない遠心力が低減される。特に、第 1 の距離 d_1 が第 2 の距離 d_2 に比べて小さい場合が有利であり

、好ましくは、 d_1 は d_2 の半分以下であってもよい。

【0039】

図8の回転軸9に垂直な断面で示される別の実施形態では、インペラ3は、第1の開口部41および第2の開口部42がインペラ3の径方向外側表面に配設された、洗い流しチャンネル40を含む。第1の開口部41は、回転方向（図8の矢印によって示される）に対して羽根4のうち1つの順方向側に配設され、第2の開口部42は羽根4の逆方向側に配設される。これによって、第1の開口部41から第2の開口部42への血流が生じる。洗い流しチャンネル40は、中央開口部32と流体連通して、軸受20を洗い流し冷却する。図9の実施形態では、図8の実施形態と同様に、羽根4のうち1つの順方向側に配設された第1の開口部44を有する、洗い流しチャンネル43が設けられる。しかしながら、洗い流しチャンネル43は、羽根4を通して延在し、羽根4の縁部に配置された第2の開口部45を出す。この配置により、第1の開口部44から第2の開口部45へと洗い流しフローを向けるのに、遠心力を利用することが可能になる。図10は、図9に類似した別の実施形態を示している。しかしながら、洗い流しチャンネル43'の第1の開口部44'は、羽根4の対角線方向反対側に配設され、そこを通してチャンネル43'が延在し、そこでチャンネル43'が第2の開口部45'を出す。したがって、この実施形態では、洗い流しチャンネル43'は、図9の実施形態のような接線方向ではなく、対角線方向または径方向に通っているため、軸受20の全ての面に触れる。

【0040】

図8に類似した一実施形態が図11に示されている。洗い流しチャンネル40'は、回転方向に対して羽根4のうち1つの順方向側に配設された第1の開口部41'を有し、第2の開口部42'は羽根4の逆方向側に配設される（洗い流しチャンネル40'は、図11では断面図で示されているが、断面の面内で延在するのではなく、図8に示される断面に類似していることに留意されたい）。洗い流しチャンネル40'は羽根4の下方に延在する。しかしながら、図11の実施形態では、洗い流しチャンネル40'は、長手方向軸線9に垂直な1つの面内で延在するのではなく、第2の開口部42'は第1の開口部41'の下流側に配設される。したがって、第2の開口部42'はまた、第1の開口部41'から径方向外側に配設される。この配置により、洗い流しフローを、第2の開口部42'に至る洗い流しチャンネル40'の出口区画における遠心力によって増大させることができる。また、通路7内における第1の開口部41'と第2の開口部42'との間の圧力差によって、洗い流しフローが向上する。

【0041】

図8～11と関連して記載した洗い流しチャンネル40、40'、43、43'の少なくとも1つは、上述の洗い流しチャンネル30、30'の代わりに、またはそれらに加えて提供されてもよいことが理解されるであろう。また、チャンネル40、40'、43、43'は、中央開口部32および隙間31と流体連通しており、それによって上述したのと同じ方式の総合的な洗い流しフローが可能になることを理解されたい。

【0042】

好ましい実施形態について、以下のパラグラフに記載する。

【0043】

1. 通路7によって接続された血流入口5および血流出口6を有するポンプケーシング2と、

回転軸9を中心にして回転可能であるようにして、前記ポンプケーシング2内に配置されたインペラ3であって、通路7に沿って血流入口5から血流出口6まで血液を運搬するようにサイズおよび形状が決められた羽根4を備え、ポンプケーシング2の軸受表面に面するインペラ3の軸受表面を有する少なくとも1つの接触型軸受20によってポンプケーシング2内で回転可能に支持された、インペラ3とを備え、

少なくとも1つの洗い流しチャンネル30が、インペラ3を通して延在すると共に、第1の開口部34を介して通路7と、また第2の開口部35を介して軸受20と流体接続しており、洗い流しチャンネル30が、洗い流しチャンネル30を通して軸受20に向かって血液

を給送する補助ポンプと動作的に関連付けられ、

補助ポンプが、少なくとも１つの接線方向成分を有する方向に沿ってインペラ３を通して延在する、前記少なくとも１つの洗い流しチャンネル３０によって少なくとも部分的に形成される、血液ポンプ１。

【００４４】

２．洗い流しチャンネル３０が、インペラ３を通して直線状で延在し、回転軸９に対して心ずれしている、パラグラフ１の血液ポンプ。

【００４５】

３．洗い流しチャンネル３０が回転軸９に平行な面内で延在する、パラグラフ２の血液ポンプ。

10

【００４６】

４．洗い流しチャンネル３０が曲線状であり、回転軸９の周囲を回る方向で第１の開口部３４から延在する、パラグラフ１の血液ポンプ。

【００４７】

５．洗い流しチャンネル３０が、第１の開口部３４から、回転方向とは反対の円周方向でインペラ３の表面に対してある角度で延在する、パラグラフ１から４のいずれか１つの血液ポンプ。

【００４８】

６．角度が２０°未満、好ましくは１５°未満、より好ましくは１０°未満である、パラグラフ５の血液ポンプ。

20

【００４９】

７．洗い流しチャンネル３０が、インペラ３の表面に対して実質的に接線方向で第１の開口部３４から延在する、パラグラフ５または６の血液ポンプ。

【００５０】

８．第２の開口部３５と回転軸９との間の距離が、第１の開口部３４と回転軸９との間の距離以下である、パラグラフ１から７のいずれか１つの血液ポンプ。

【００５１】

９．回転軸９と第１の開口部３４との間の距離が、回転軸９と洗い流しフローが通路７に出る地点３６との間の距離の５０％未満、好ましくは４０％未満、より好ましくは３０％未満である、パラグラフ１から８のいずれか１つの血液ポンプ。

30

【００５２】

１０．インペラ３が、回転軸９に沿って延在し、軸受２０を受け入れる中央開口部３２を備え、第２の開口部３５が中央開口部３２と流体接続している、パラグラフ１から９のいずれか１つの血液ポンプ。

【００５３】

１１．第２の開口部３５における洗い流しチャンネル３０が、実質的に径方向で回転軸９に向かって向き付けられる、パラグラフ１から１０のいずれか１つの血液ポンプ。

【００５４】

１２．洗い流しチャンネル３０の第１の開口部３４が、回転方向に対して羽根４の順方向側において、インペラ３の羽根４の１つに隣接して配設される、パラグラフ１から１１のいずれか１つの血液ポンプ。

40

【００５５】

１３．第１の開口部３４の断面が円形である、パラグラフ１から１２のいずれか１つの血液ポンプ。

【００５６】

１４．第１の開口部３４の断面が非円形である、パラグラフ１から１２のいずれか１つの血液ポンプ。

【００５７】

１５．第１の開口部３４が、洗い流しチャンネル３０がインペラ３の表面に対して傾斜していることによって少なくとも部分的に露出した、洗い流しチャンネル３０の端部部分によ

50

って形成される、パラグラフ 1 から 13 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0058】

16．突起 38 が、洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 内へと延在し、第 1 の開口部 34 を通って洗い流しチャネル 30 に入る血流を増加させるようにサイズおよび形状が決められた、パラグラフ 1 から 15 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0059】

17．インペラ 3 が、そこから径方向に延在し、洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 に隣接して、また回転方向に対してその後方に配設された、少なくとも 1 つのウィング 39 を備える、パラグラフ 1 から 16 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0060】

18．ウィング 39 が、洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 の上を延在し、血液が第 1 の開口部 34 に入ることができるように回転方向で開いている、パラグラフ 17 の血液ポンプ。

【0061】

19．インペラ 3 が、そこから径方向に延在する突起を備え、突起が、第 1 の開口部 34 の断面がインペラ 3 の表面に対してある角度で延在し、回転方向で開いているような第 1 の開口部 34 を備え、角度が好ましくは 45° 超過、より好ましくは 90° である、パラグラフ 1 から 16 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0062】

20．回転軸 9 に対して対称的に配置された 2 つ以上の洗い流しチャネル 30 を備える、パラグラフ 1 から 19 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0063】

21．補助ポンプが、インペラ 3 の表面に形成された溝または羽根を備える、パラグラフ 1 から 20 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0064】

22．インペラ 3 が、径方向外側に延在する下流方向に部分 33 を有し、洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 が前記部分 33 に配設される、パラグラフ 1 から 21 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0065】

23．前記部分 33 が、下流方向で径方向外側に向かう円錐形のテーパ状である、パラグラフ 22 の血液ポンプ。

【0066】

24．インペラ 3 の羽根 4 が前記部分 33 の上を延在する、パラグラフ 22 または 23 の血液ポンプ。

【0067】

25．部分 33 が、インペラ 3 と一体的に形成されるか、または別個に形成される、パラグラフ 22 から 24 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0068】

26．洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 がインペラ 3 の下流側半分に配設される、パラグラフ 1 から 25 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0069】

27．洗い流しチャネル 30 の第 1 の開口部 34 が、血液ポンプ 1 の動作中、血流を第 1 の開口部 34 から洗い流しチャネル 30 を通って軸受 20 に至らせるように軸受 20 が配設されたインペラ 3 の区域よりも高い圧力下にある、インペラ 3 の区域に配設された、パラグラフ 1 から 26 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0070】

28．第 1 の開口部 34 から洗い流しチャネル 30 に至る血流が、ポンプケーシング 2 の血流出口 6 に向かう方向である、パラグラフ 1 から 27 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0071】

29．第 1 の開口部 41 が羽根 4 の順方向側に配設され、第 2 の開口部 42 が羽根 4 の

10

20

30

40

50

逆方向側に配設され、洗い流しチャンネル 40 が羽根 4 の下方を延在する、パラグラフ 1 から 28 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0072】

30．洗い流しチャンネル 43 が羽根 4 内で延在し、第 1 の開口部 44 が羽根 4 の順方向側に配設され、第 2 の開口部 45 が羽根 4 に、特に羽根 4 の径方向外縁部に配設される、パラグラフ 1 から 29 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0073】

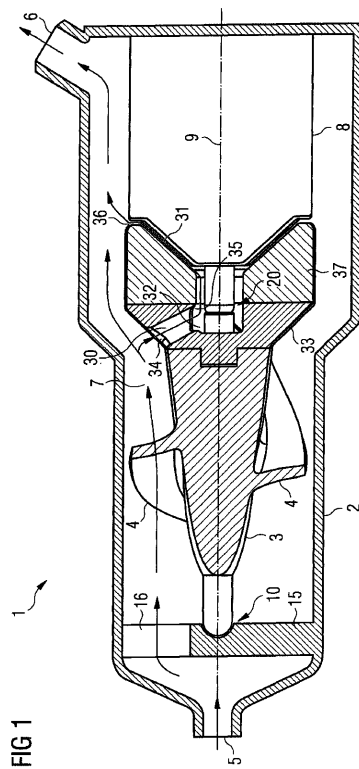
31．接触型軸受 20 がピボット軸受である、パラグラフ 1 から 30 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

【0074】

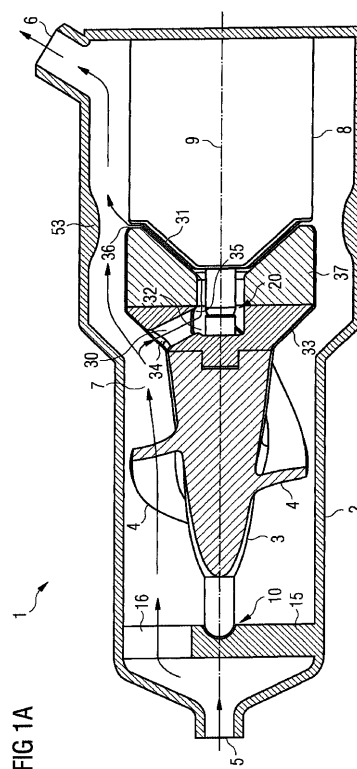
32．血液ポンプ 1 が、軸流血液ポンプ、遠心血液ポンプ、または混合型血液ポンプである、パラグラフ 1 から 31 のいずれか 1 つの血液ポンプ。

10

【図 1】



【図 1A】



【図 2】

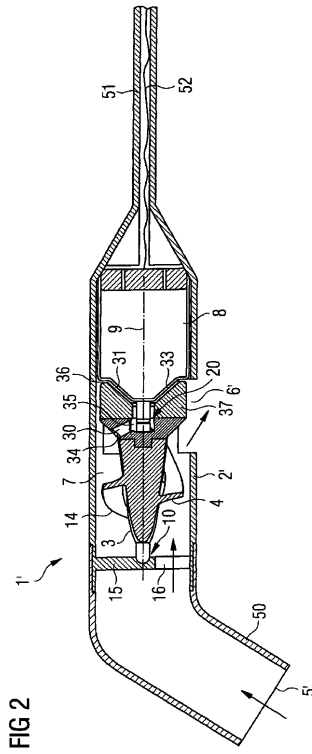
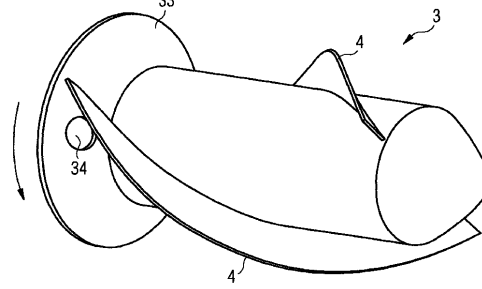


FIG 2

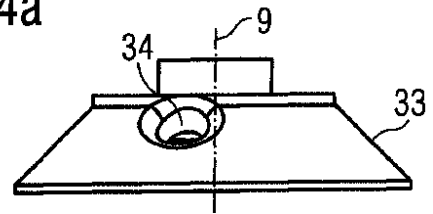
【図 3】

FIG 3



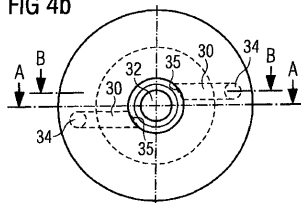
【図 4 a】

FIG 4a



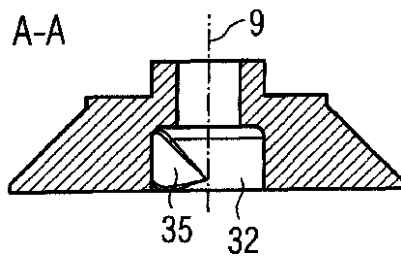
【図 4 b】

FIG 4b



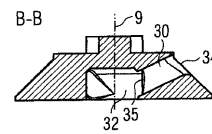
【図 4 c】

FIG 4c



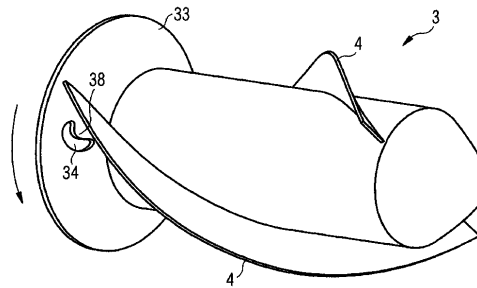
【図 4 d】

FIG 4d



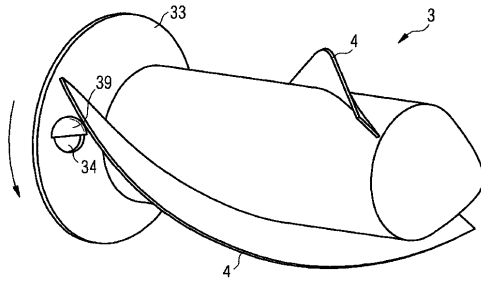
【図 5 a】

FIG 5a



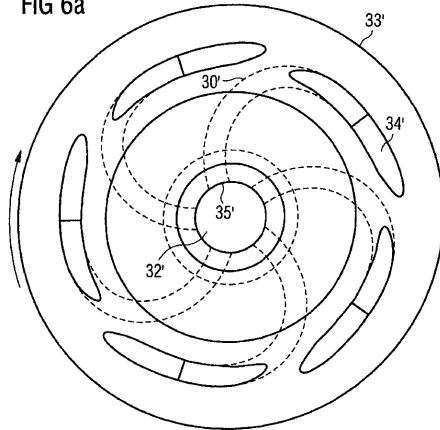
【図 5 b】

FIG 5b



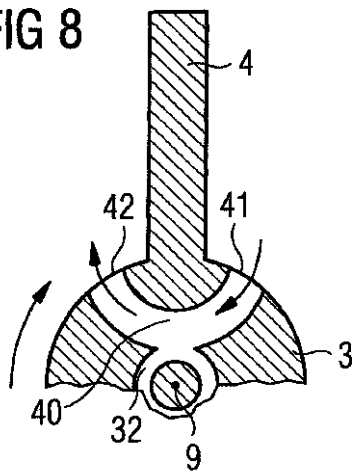
【図 6 a】

FIG 6a



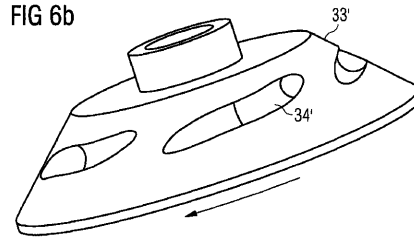
【図 8】

FIG 8



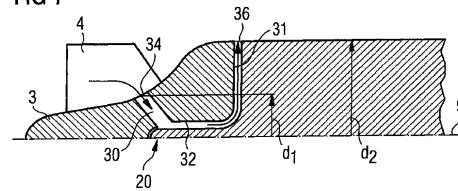
【図 6 b】

FIG 6b



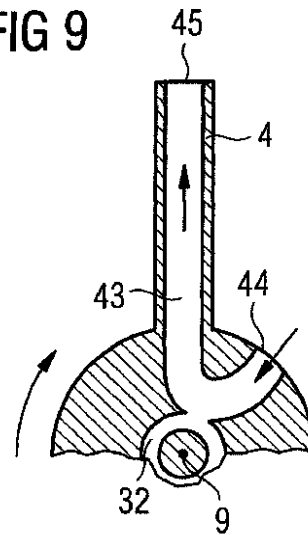
【図 7】

FIG 7



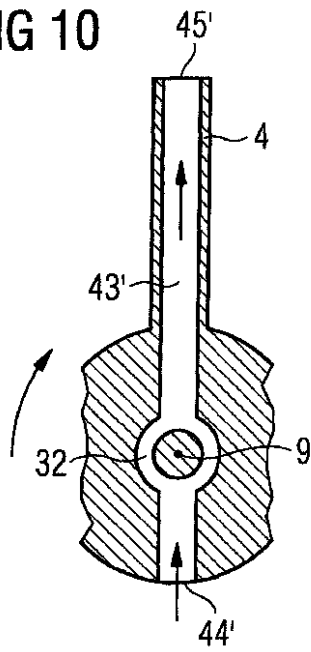
【図 9】

FIG 9



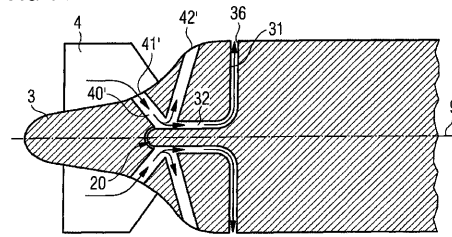
【図 10】

FIG 10



【図 11】

FIG 11



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>F 0 4 D</i>	<i>29/70</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 4 D</i>	<i>29/70</i>	<i>G</i>
<i>F 0 4 D</i>	<i>29/046</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 4 D</i>	<i>29/046</i>	<i>B</i>
<i>F 0 4 D</i>	<i>29/047</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 0 4 D</i>	<i>29/047</i>	<i>Z</i>

審査官 安田 昌司

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 0 7 8 9 9 5 (J P , A)
特開平 0 4 - 2 2 4 7 6 0 (J P , A)
特表平 0 8 - 5 0 4 4 9 0 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 8 5 0 7 3 (WO , A 1)
特表 2 0 0 3 - 5 0 1 1 5 5 (J P , A)
特表 2 0 1 4 - 5 2 4 8 1 2 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 5 3 5 9 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 6 1 M 6 0 / 0 0 - 6 0 / 8 1 8
F 0 4 D 3 / 0 2
F 0 4 D 1 3 / 0 2
F 0 4 D 2 9 / 0 0 - 2 9 / 7 0