

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7526058号
(P7526058)

(45)発行日 令和6年7月31日(2024.7.31)

(24)登録日 令和6年7月23日(2024.7.23)

(51)国際特許分類

F I

F 0 4 D 29/16 (2006.01)

F 0 4 D 29/16

F 0 4 D 29/08 (2006.01)

F 0 4 D 29/08

E

請求項の数 9 (全20頁)

(21)出願番号	特願2020-153982(P2020-153982)	(73)特許権者	000152170
(22)出願日	令和2年9月14日(2020.9.14)		株式会社西島製作所
(65)公開番号	特開2022-47930(P2022-47930A)		大阪府高槻市宮田町1丁目1番8号
(43)公開日	令和4年3月25日(2022.3.25)	(74)代理人	100106518
審査請求日	令和5年3月30日(2023.3.30)		弁理士 松谷 道子
		(74)代理人	100111039
			弁理士 前堀 義之
		(72)発明者	兼森 祐治
			大阪府高槻市宮田町1丁目1番8号 株
			式会社西島製作所内
		審査官	大瀬 円

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流体機械

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体を吸い込んで吐出するための液体流路と、前記液体流路に連通する開口部とを有するケーシングと、

前記ケーシングの前記開口部を塞ぐカバーと、

前記カバーを貫通して前記ケーシングの前記液体流路内に配置された取付部を有する回転可能な回転軸と、

前記回転軸の前記取付部に取り付けられ、前記ケーシングと対向する環状の第1シュラウドと、前記カバーと対向する第2シュラウドとを有する羽根車と、

前記第1シュラウドに向けて突出するように、前記ケーシングのうち前記第1シュラウドに対向する部分に前記羽根車の径方向に間隔をあけて設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状で複数のケーシング側絞り凸部と、

前記第2シュラウドに向けて突出するように、前記カバーに前記羽根車の径方向に間隔をあけて設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状で複数のカバー側絞り凸部と、

前記第1シュラウドの外周部を覆うように前記ケーシングに突設され、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第1カバー部と、

前記第2シュラウドの外周部を覆うように前記カバーに突設され、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第2カバー部と

を備え、

前記複数のカバー側絞り凸部は、前記複数のケーシング側絞り凸部に対して前記羽根車

の径方向の異なる位置に配置され、

前記複数のケーシング側絞り凸部のうちの一部と前記第 1 カバー部は、前記ケーシングに取り付けられた円環状の第 1 リング部材に一体に設けられ、

前記複数のカバー側絞り凸部と前記第 2 カバー部は、前記カバーに取り付けられた円環状の第 2 リング部材に一体に設けられている、流体機械。

【請求項 2】

前記第 1 リング部材と前記第 2 リング部材は、耐焼付き性に優れた樹脂系材料からなる、請求項 1 に記載の流体機械。

【請求項 3】

前記羽根車の径方向に隣接した前記ケーシング側絞り凸部、前記ケーシング、及び前記第 1 シュラウドによって画定された複数の第 1 溝部と、

10

前記羽根車の径方向に隣接した前記カバー側絞り凸部、前記カバー、及び前記第 2 シュラウドによって画定された複数の第 2 溝部と

を備え、

前記複数の第 1 溝部の断面形状及び前記複数の第 2 溝部の断面形状はそれぞれ異なっている、請求項 1 又は 2 に記載の流体機械。

【請求項 4】

前記ケーシング側絞り凸部は、第 1 絞り凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 1 絞り凸部の内側に間隔をあけて設けられた第 2 絞り凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 2 絞り凸部の内側に間隔をあけて設けられた第 3 絞り凸部とを含み、

20

前記第 1 絞り凸部、前記第 2 絞り凸部及び前記第 3 絞り凸部それぞれの先端と前記第 1 シュラウドとの間の隙間は、以下を満たす、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の流体機械。

$\delta 3 \quad 21 / 2 \delta 1$

$\delta 1 \quad \delta 2$

$\delta 1$: 第 1 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

$\delta 2$: 第 2 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

$\delta 3$: 第 3 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

【請求項 5】

前記ケーシング側絞り凸部は、第 1 絞り凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 1 絞り凸部の内側に間隔をあけて設けられた第 2 絞り凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 2 絞り凸部の内側に間隔をあけて設けられた第 3 絞り凸部とを含み、

30

前記カバー側絞り凸部は、前記羽根車の径方向において前記第 1 絞り凸部と前記第 2 絞り凸部の間に設けられた第 4 絞り凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 2 絞り凸部と前記第 3 絞り凸部の間に位置する第 5 絞り凸部とを含み、

前記第 1 絞り凸部、前記第 2 絞り凸部及び前記第 3 絞り凸部それぞれの先端と前記第 1 シュラウドとの間の隙間、及び前記第 4 絞り凸部及び前記第 5 絞り凸部それぞれの先端と前記第 2 シュラウドとの間の隙間は、以下を満たす、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の流体機械。

$\delta 3 \quad 21 / 2 \delta 1$

$\delta 1 \quad \delta 2 \quad \delta 4$

$\delta 3 \quad \delta 4 \quad \delta 5$

$\delta 1$: 第 1 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

$\delta 2$: 第 2 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

$\delta 3$: 第 3 絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間

$\delta 4$: 第 4 絞り凸部の先端と第 2 シュラウドとの間の隙間

$\delta 5$: 第 5 絞り凸部の先端と第 2 シュラウドとの間の隙間

40

【請求項 6】

前記ケーシングに向けて突出するように前記第 1 シュラウドに設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 1 羽根車側絞り凸部と、

50

前記カバーに向けて突出するように前記第 2 シュラウドに設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 2 羽根車側絞り凸部と

を備える、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の流体機械。

【請求項 7】

前記ケーシングに向けて突出するように前記第 1 シュラウドに設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 1 羽根車側絞り凸部と、

前記カバーに向けて突出するように前記第 2 シュラウドに設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 2 羽根車側絞り凸部と

を備え、

第 1 羽根車側絞り凸部は、前記羽根車の径方向において前記第 1 絞り凸部に隣接して設けられた第 1 凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 2 絞り凸部に隣接して設けられた第 2 凸部とを含み、

10

前記第 1 シュラウドには更に、前記第 3 絞り凸部を備えるウェアリングに前記羽根車の径方向に隣接して設けられた第 3 凸部が設けられており、

第 2 羽根車側絞り凸部は、前記羽根車の径方向において前記第 4 絞り凸部に隣接して設けられた第 4 凸部と、前記羽根車の径方向において前記第 5 絞り凸部に隣接して設けられた第 5 凸部とを含み、

前記第 1 絞り凸部と第 1 凸部との間の隙間、前記第 2 絞り凸部と第 2 凸部との間の隙間、前記ウェアリングと第 3 凸部との間の隙間、前記第 4 絞り凸部と第 4 凸部との間の隙間、及び前記第 5 絞り凸部と第 5 凸部との間の隙間は、以下を満たす、請求項 5 に記載の流体機械。

20

C 1 C 2 C 3

C 1 C 4 C 5

C 1 : 第 1 絞り凸部と第 1 凸部との間の隙間

C 2 : 第 2 絞り凸部と第 2 凸部との間の隙間

C 3 : ウェアリングと第 3 凸部との間の隙間

C 4 : 第 4 絞り凸部と第 4 凸部との間の隙間

C 5 : 第 5 絞り凸部と第 5 凸部との間の隙間

【請求項 8】

前記羽根車の径方向における前記ケーシング側絞り凸部の幅は、前記ケーシング側絞り凸部の先端と第 1 シュラウドとの間の隙間の寸法に対して 1 倍以上 5 倍以下であり、

30

前記羽根車の径方向における前記カバー側絞り凸部の幅は、前記カバー側絞り凸部の先端と第 2 シュラウドとの間の隙間の寸法に対して 1 倍以上 5 倍以下である、

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の流体機械。

【請求項 9】

前記第 1 シュラウド又は前記第 2 シュラウドには、前記羽根車の径方向において、前記複数のケーシング側絞り凸部及び前記複数のカバー側絞り凸部のうち最も内側に位置する 1 つよりも内側に、前記羽根車の外部と内部を連通させるバランスホールが設けられている、請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の流体機械。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体機械に関する。

【背景技術】

【0002】

排水に用いられるポンプ、発電に用いられる発電機、及び排水と発電の両方に用いられるポンプ水車を含む流体機械は、液体を流動させるポンプケーシングを備える。ポンプケーシング内には、放射状に延びる複数の羽根板と、回転軸の軸方向における羽根板の両端に配置された一対のシュラウドとを備えるクローズド型の羽根車が配置されている。

【0003】

50

クローズド型の羽根車は、ポンプの場合、径方向内側から液体を吸い込み、径方向外側から液体を吐出し、水車の場合、径方向外側から液体を吸い込み、径方向内側から液体を吐出する。この際、吐出側の圧力は吸込側の圧力よりも高くなるため、圧力差によって吐出した液体の一部が、羽根車とポンプケーシングとの間の隙間を通して羽根車の吸込側へ逆流する。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、流体機械の 1 つである片吸込ポンプが開示されている。この片吸込ポンプのポンプケーシングは、液体を吐出する流路が形成されたケーシング本体と、吸込口と対向するケーシング本体の開口部を塞ぐカバーとを備える。カバーのうち羽根車のシュラウドと対向する部分には、前述した液体の逆流を抑制するために、シュラウドに向けて突出する環状の絞り凸部が設けられている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【文献】特開 2 0 2 0 - 2 9 7 9 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 の片吸込ポンプでは、半径流ラビリンスを構成する絞り凸部によって、カバーと羽根車との間の隙間を通した液体の逆流を抑制できる。しかし、ケーシング本体と羽根車との間の隙間を通る液体の逆流については何も考慮されていないため、特許文献 1 の流体機械には、液体の逆流に伴う漏れ損失の低減について、改良の余地がある。

20

【 0 0 0 7 】

本発明は、ケーシングと羽根車との間の隙間を通した液体の逆流を抑制し、漏れ損失を低減できる流体機械を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様は、液体を吸い込んで吐出するための液体流路と、前記液体流路に連通する開口部とを有するケーシングと、前記ケーシングの前記開口部を塞ぐカバーと、前記カバーを貫通して前記ケーシングの前記液体流路内に配置された取付部を有する回転可能な回転軸と、前記回転軸の前記取付部に取り付けられ、前記ケーシングと対向する環状の第 1 シュラウドと、前記カバーと対向する第 2 シュラウドとを有する羽根車と、前記第 1 シュラウドに向けて突出するように、前記ケーシングのうち前記第 1 シュラウドに対向する部分に前記羽根車の径方向に間隔をあけて設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状で複数のケーシング側絞り凸部と、前記第 2 シュラウドに向けて突出するように、前記カバーに前記羽根車の径方向に間隔をあけて設けられ、前記回転軸の軸線を中心とする環状で複数のカバー側絞り凸部と、前記第 1 シュラウドの外周部を覆うように前記ケーシングに突設され、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 1 カバー部と、前記第 2 シュラウドの外周部を覆うように前記カバーに突設され、前記回転軸の軸線を中心とする環状の第 2 カバー部とを備え、前記複数のカバー側絞り凸部は、前記複数のケーシング側絞り凸部に対して前記羽根車の径方向の異なる位置に配置され、前記複数のケーシング側絞り凸部のうちの一部と前記第 1 カバー部は、前記ケーシングに取り付けられた円環状の第 1 リング部材に一体に設けられ、前記複数のカバー側絞り凸部と前記第 2 カバー部は、前記カバーに取り付けられた円環状の第 2 リング部材に一体に設けられている、流体機械を提供する。

30

40

【 0 0 0 9 】

本態様では、第 1 シュラウドに向けて突出する環状のケーシング側絞り凸部がケーシングに設けられている。そのため、半径流ラビリンスを構成するケーシング側絞り凸部によって、ケーシングと羽根車との間の隙間を通した液体の逆流を抑制できる。よって、従来と比較して液体の逆流に伴う漏れ損失を低減できる。

50

【発明の効果】**【 0 0 1 0 】**

本発明の流体機械では、ケーシングと羽根車との間の隙間を通した液体の逆流を抑制し、漏れ損失を低減できる。

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 1 】**

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る流体機械である片吸込ポンプを示す断面図。

【図 2】片吸込ポンプの羽根車を回転軸の軸方向から見た断面図。

【図 3 A】図 1 の III 部分の拡大断面図。

【図 3 B】図 3 A の左側部分の拡大断面図。

【図 3 C】図 3 A の右部分の拡大断面図。

【図 4】片吸込ポンプの軸スラストを説明するための図。

【図 5】第 2 実施形態に係る流体機械である片吸込ポンプにおける図 3 A と同じ位置の拡大断面図。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 2 】**

以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。

【 0 0 1 3 】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る流体機械の一例である片吸込ポンプ 10 を示す。片吸込ポンプ 10 は、ポンプケーシング 12、回転軸 22、及び羽根車 25 を備え、ポンプケーシング 12 の吸込口 14 a から吸い込んだ液体を吐出口 14 d から吐出する。

【 0 0 1 4 】

本実施形態では、回転軸 22 の軸線 A が延びる方向において、ポンプケーシング 12 の羽根車 25 と対向する部分に複数の絞り凸部 37、41、45、48 が設けられている。これらによって、羽根車 25 から吐出した液体の一部が、ポンプケーシング 12 と羽根車 25 との間の隙間（間隙部 32 A、32 B）を通して逆流することを抑制する。なお、以下の説明では、回転軸 22 の軸線 A が延びる方向のことを、回転軸 22 の軸方向 A ということがある。

【 0 0 1 5 】

図 1 に示すように、ポンプケーシング 12 は、ケーシング本体（ケーシング）13、ケーシング本体 13 に取り付けられたカバー 16、及びカバー 16 に取り付けられたベアリングケース 18 を備える。

【 0 0 1 6 】

ケーシング本体 13 には、液体を吸い込んで吐出するための液体流路 14 が形成されている。図 1 において左端に位置する開口は、液体流路 14 の入口を構成する円形状の吸込口 14 a である。図 1 において吸込口 14 a の右側には、羽根車 25 を配置する空間である配置空間部 14 b が形成されている。回転軸 22 の軸線 A を中心とする配置空間部 14 b の外周部分には、ボリュート通路 14 c が形成されている。図 1 において上端に位置する開口は、液体流路 14 の出口を構成する円形状の吐出口 14 d である。図 1 において配置空間部 14 b の右側部分は、配置空間部 14 b に羽根車 25 を配置するための開口部 15 である。開口部 15 は、吸込口 14 a と対向するようにケーシング本体 13 の後側の壁部 13 b に形成され、配置空間部 14 b に空間的に連通している。

【 0 0 1 7 】

カバー 16 は、ケーシング本体 13 の開口部 15 に取り付けられている。カバー 16 は、開口部 15 を液密に塞いでおり、配置空間部 14 b の一部を画定する。カバー 16 には、回転軸 22 を貫通させるためのシャフト孔 16 a が設けられている。シャフト孔 16 a を画定する孔壁 16 b 内には、回転軸 22 との間の液密性を保持するためのメカニカルシール 17 が配置されている。

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

50

ベアリングケース 18 は、図 1 においてカバー 16 の右側、つまりカバー 16 のケーシング本体 13 とは反対側に配置されている。ベアリングケース 18 の内部には、一对のベアリング 19 が取り付けられている。

【0019】

回転軸 22 は、ポンプケーシング 12 に回転可能に取り付けられている。回転軸 22 は、カバー 16 を貫通してケーシング本体 13 内に配置された取付部 22a と、ベアリングケース 18 内に配置された支持部 22b と、ベアリングケース 18 から外部に突出した接続部 22c とを備える。取付部 22a には羽根車 25 が取り付けられている。支持部 22b はベアリング 19 に回転可能に支持されている。接続部 22c には、図示しない駆動装置（例えば電動モータ）が接続される。

10

【0020】

羽根車 25 は、ケーシング本体 13 の配置空間部 14b に配置されている。羽根車 25 は、回転軸 22 の取付部 22a に取り付けられ、駆動装置によって回転軸 22 と一体に回転する。羽根車 25 は、回転軸 22 の軸線 A が延びる方向から見て円形状であり、複数の羽根板 26、概ね円環状の前シュラウド（第 1 シュラウド）27、及び概ね円板状の後シュラウド（第 2 シュラウド）28 を備えるクローズド型である。

【0021】

図 2 を参照すると、複数の羽根板 26 は、回転軸 22 を中心として放射状に突出している。個々の羽根板 26 は、回転軸 22 が位置する径方向 r の内側から径方向 r の外側に向けて、時計回り（羽根車 25 の回転方向 R とは逆向き）に湾曲した円弧状である。

20

【0022】

図 1 を併せて図 3A を参照すると、前シュラウド 27 は、回転軸 22 の軸方向 A において、羽根板 26 のケーシング本体 13 側（図 1 において左側）に一体に設けられている。前シュラウド 27 は、ケーシング本体 13 のうち配置空間部 14b の一部を画定する前側（図 1 において左側）の壁部 13a と対向している。前シュラウド 27 には、回転軸 22 の軸線 A を中心とする円形状の開口である吸込口 27a が設けられている。前シュラウド 27 は、外周部（径方向 r の外端）27b から吸込口 27a を画定する内周部（径方向 r の内端）27c に向けて、吸込口 14a 側へ次第に湾曲した漏斗形状を呈している。

【0023】

後シュラウド 28 は、回転軸 22 の軸方向 A において、羽根板 26 のカバー 16 側（図 1 において右側）に一体に設けられている。後シュラウド 28 は、配置空間部 14b の一部を画定するカバー 16 と対向し、前シュラウド 27 に対して回転軸 22 の軸方向 A に間隔をあけて配置されている。後シュラウド 28 の中心には、回転軸 22 を連結するためのハブ 28a が設けられている。

30

【0024】

このように構成された羽根車 25 には、周方向に隣り合う一对の羽根板 26、前シュラウド 27 及び後シュラウド 28 によって画定された複数の流路 29 が形成されている。個々の流路 29 は筒状であり、羽根車 25 の径方向 r において、内端側が流入口 29a を構成し、外端側が流出口 29b を構成する。

【0025】

40

図 2 に矢印 R で示す向き（反時計回り）に羽根車 25 が回転すると、吸込口 27a から吸い込んだ液体が、流路 29 を通して径方向 r の外側へ吐出される。これにより、流路 29 の流出口 29b 側が流入口 29a 側よりも高圧になる。この圧力差によって、羽根車 25 から吐出した液体の一部は、羽根車 25 とケーシング本体 13 との間隙部（隙間）32A、及び羽根車 25 とカバー 16 との間隙部（隙間）32B を通り、吸込口 27a 側へ流れようとする（図 4 参照）。このような逆流を抑制するために、本実施形態では、半径流ラビリンスを構成する絞り凸部 37、41、45、48 が設けられている。

【0026】

（ケーシング側絞り凸部の構成）

図 3A 及び図 3B を参照すると、絞り凸部（ケーシング側絞り凸部）37 は、ケーシ

50

グ本体 13 の壁部 13 a に設けられている。絞り凸部 37 は、回転軸 22 の軸線 A を中心とする円環状であり、前シュラウド 27 に向けて回転軸 22 の軸方向 A に沿って突出している。本実施形態では、羽根車 25 の径方向 r における異なる位置に、3 個（複数）の絞り凸部 37 が同心円状に設けられている。以下の説明では、必要に応じて直径が大きい方から順番に、第 1 の絞り凸部 37 A、第 2 の絞り凸部 37 B、第 3 の絞り凸部 37 C と言うことがある。

【0027】

絞り凸部 37 A ~ 37 C はいずれも、前シュラウド 27 と対向する先端面 37 a と、径方向 r の内側に位置する内周面 37 b と、径方向 r の外側に位置する外周面 37 c とを備える。そのうち、絞り凸部 37 A、37 B は、リング部材 35 に一体に設けられ、ケーシング本体 13 の壁部 13 a に固着されている。残りの絞り凸部 37 C は、配置空間部 14 b の吸込口 14 a 側と前シュラウド 27 との間を仕切るウェアリング 36 に一体に設けられ、ケーシング本体 13 の壁部 13 a に固着されている。

10

【0028】

リング部材 35 は、羽根車 25 に接触しても焼付くことがない樹脂系の材料からなり、回転軸 22 の軸線 A を中心とする円環状の板体である。リング部材 35 の内周縁 35 a は、前シュラウド 27 の径方向 r の中間領域に位置する直径である。リング部材 35 の外周縁 35 b は、前シュラウド 27 の外周部 27 b よりも径方向 r の外側に位置する直径である。

【0029】

20

ウェアリング 36 は、例えばステンレス、鋳鉄、青銅等の摺動性が良好な材料からなり、羽根車 25 との干渉による損傷を防ぐ。ウェアリング 36 は、前シュラウド 27 の内周部 27 c を取り囲み、回転軸 22 の軸方向 A に延びる円筒体である。ウェアリング 36 の第 1 端 36 a は、前シュラウド 27 の内周部 27 c の前端よりも後シュラウド 28 側に配置されている。ウェアリング 36 の第 2 端 36 b は、前シュラウド 27 の内周部 27 c の前端よりも吸込口 14 a 側に配置されている。ウェアリング 36 の内面と内周部 27 c の外面との間には、定められた間隔の隙間 C_3 が確保されている。

【0030】

第 1 の絞り凸部（第 1 絞り凸部）37 A は、リング部材 35 の外周縁 35 b 側に設けられている。より具体的には、絞り凸部 37 A は、前シュラウド 27 の外周部 27 b の端よりも径方向 r の内側に配置されている。つまり、絞り凸部 37 A の内周面 37 b の直径 D_{r1} は、前シュラウド 27 の外径 D_o よりも小さい。絞り凸部 37 A の先端面 37 a と前シュラウド 27 の外面との間には、定められた間隔の隙間 δ_1 が設けられている。この隙間 δ_1 が流体絞りを構成する。

30

【0031】

第 2 の絞り凸部（第 2 絞り凸部）37 B は、リング部材 35 の内周縁 35 a に設けられている。より具体的には、第 2 の絞り凸部 37 B は、第 1 の絞り凸部 37 A よりも径方向 r の内側に配置されている。つまり、第 2 の絞り凸部 37 B の内周面 37 b の直径 D_{r2} は、第 1 の絞り凸部 37 A の内周面 37 b の直径 D_{r1} よりも小さい。絞り凸部 37 B の先端面 37 a と前シュラウド 27 の外面との間には、定められた間隔の隙間 δ_2 が設けられている。この隙間 δ_2 が流体絞りを構成する。

40

【0032】

第 3 の絞り凸部（第 3 絞り凸部）37 C は、径方向 r の内側へ突出する突出部 36 c を介してウェアリング 36 の第 2 端 36 b に連なっている。絞り凸部 37 C は、径方向 r において前シュラウド 27 の内周部 27 c と同じ位置に配置されている。より具体的には、第 3 の絞り凸部 37 C は、第 2 の絞り凸部 37 B よりも径方向 r の内側に配置されている。つまり、第 3 の絞り凸部 37 C の内周面 37 b の直径 D_{r3} は、第 2 の絞り凸部 37 B の内周面 37 b の直径 D_{r2} よりも小さい。絞り凸部 37 C は、軸方向 A において前シュラウド 27 の内周部 27 c の端よりも吸込口 14 a 側に配置されている。絞り凸部 37 C の先端面 37 a と前シュラウド 27 との間には、定められた間隔の隙間 δ_3 が設けられて

50

いる。この隙間 δ_3 が流体絞りを構成する。

【0033】

本実施形態では、前シュラウド27の外周部27bを覆うカバー部（第1カバー部）38が、リング部材35の外周縁35bに設けられている。カバー部38は、回転軸22の軸線Aを中心とする円環状であり、第1の絞り凸部37Aよりも径方向rの外側に配置されている。カバー部38の内側面38aと前シュラウド27の外周部27bとの間には、定められた間隔の隙間 C_0 が確保されている。回転軸22の軸方向Aにおいて、カバー部38の先端面（内端）38bは、前シュラウド27の外周部27bの内面と外面との間に配置されている。これによりカバー部38は、前シュラウド27の外周部27bにオーバーラップするが、羽根車25の流出口29bを一部も遮らない。

10

【0034】

（カバー側絞り凸部の構成）

図3A及び図3Cを参照すると、絞り凸部（カバー側絞り凸部）41は、カバー16に設けられている。絞り凸部41は、回転軸22の軸線Aを中心とする円環状であり、後シュラウド28に向けて回転軸22の軸方向Aに沿って突出している。本実施形態では、羽根車25の径方向rにおける異なる位置に、2個（複数）の絞り凸部41が同心円状に設けられている。これらの絞り凸部41はいずれも、径方向rにおいて絞り凸部37のいずれとも異なる位置に形成されている。以下の説明では、必要に応じて直径が大きい方から順番に、第1の絞り凸部41A、第2の絞り凸部41Bとすることがある。

【0035】

20

絞り凸部41A、41Bはいずれも、後シュラウド28と対向する先端面41aと、径方向rの内側に位置する内周面41bと、径方向rの外側に位置する外周面41cとを備える。絞り凸部41A、41Bは、リング部材40に一体に設けられ、カバー16に固着されている。但し、絞り凸部41A、41Bは、カバー16に一体成形されてもよい。

【0036】

リング部材40は、羽根車25に接触しても焼付くことがない樹脂系の材料からなり、回転軸22の軸線Aを中心とする円環状の板体である。リング部材40の内周縁40aは、リング部材35の内周縁35aよりも径方向rの内側に位置する直径である。リング部材40の外周縁40bは、後シュラウド28の外周部28bよりも径方向rの外側に位置し、径方向rにおいてリング部材35の外周縁35bと同じ位置に位置する直径である。

30

【0037】

第1の絞り凸部（第4絞り凸部）41Aは、径方向rにおいてリング部材40の中間領域に設けられている。より具体的には、絞り凸部41Aは、径方向rにおいて、後シュラウド28の外周部28bの端よりも内側で、第1の絞り凸部37Aと第2の絞り凸部37Bの間に配置されている。絞り凸部41Aの内周面41bの直径 D_{r4} は、第1の絞り凸部37Aの直径 D_{r1} よりも小さく、第2の絞り凸部37Bの直径 D_{r2} よりも大きい。絞り凸部41Aの先端面41aと後シュラウド28の外面との間には、定められた間隔の隙間 δ_4 が設けられている。この隙間 δ_4 が流体絞りを構成する。

【0038】

第2の絞り凸部（第5絞り凸部）41Bは、リング部材40の内周縁40aに設けられている。つまり、第2の絞り凸部41Bは、第1の絞り凸部41Aよりも径方向rの内側で、第2の絞り凸部37Bと第3の絞り凸部37Cの間に配置されている。第2の絞り凸部41Bの内周面41bbの直径 D_{r5} は、第1の絞り凸部41Aの直径 D_{r4} よりも小さく、第3の絞り凸部37Cの直径 D_{r3} よりも大きい。絞り凸部41Bの先端面41aと後シュラウド28の外面との間には、定められた間隔の隙間 δ_5 が設けられている。この隙間 δ_5 が流体絞りを構成する。

40

【0039】

本実施形態では、後シュラウド28の外周部28bを覆うカバー部（第2カバー部）42が、リング部材40の外周縁40bに設けられている。カバー部42は、回転軸22の軸線Aを中心とする円環状であり、第1の絞り凸部41Aよりも径方向rの外側に配置さ

50

れている。カバー部 4 2 の内側面 4 2 a と後シュラウド 2 8 の外周部 2 8 b との間には、定められた間隔の隙間 C_0 が確保されている。回転軸 2 2 の軸方向 A において、カバー部 4 2 の先端面（内端）4 2 b は、後シュラウド 2 8 の外周部 2 8 b の内面と外面との間に配置されている。これによりカバー部 4 2 は、後シュラウド 2 8 の外周部 2 8 b にオーバーラップするが、羽根車 2 5 の流出口 2 9 b を一部も遮らない。

【0040】

（第 1 羽根車側絞り凸部の構成）

図 3 A 及び図 3 B を参照すると、絞り凸部（第 1 羽根車側絞り凸部）4 5 は、前シュラウド 2 7 に設けられている。絞り凸部 4 5 は、回転軸 2 2 の軸線 A を中心とする円環状であり、ケーシング本体 1 3 の壁部 1 3 a に向けて回転軸 2 2 の軸方向 A に沿って突出している。本実施形態では、羽根車 2 5 の径方向 r における異なる位置に、2 個（複数）の絞り凸部 4 5 が同心円状に設けられている。これらの絞り凸部 4 5 はいずれも、径方向 r において絞り凸部 3 7 のいずれとも異なる位置に形成されている。以下の説明では、必要に応じて直径が大きい方から順番に、第 1 の絞り凸部 4 5 A、第 2 の絞り凸部 4 5 B と言うことがある。

10

【0041】

絞り凸部 4 5 A、4 5 B はいずれも、ケーシング本体 1 3 の壁部 1 3 a と対向する先端面 4 5 a と、径方向 r の内側に位置する内周面 4 5 b と、径方向 r の外側に位置する外周面 4 5 c とを備える。絞り凸部 4 5 A、4 5 B はそれぞれ、前シュラウド 2 7 とは別体で設けられ、接合によって前シュラウド 2 7 と一体化されている。但し、絞り凸部 4 5 A、4 5 B は、前シュラウド 2 7 に一体成形されてもよい。

20

【0042】

第 1 の絞り凸部（第 1 凸部）4 5 A は、径方向 r において第 1 の絞り凸部 3 7 A の内側に隣接して設けられている。より具体的には、絞り凸部 4 5 A は、径方向 r において、ケーシング本体 1 3 側の絞り凸部 3 7 A と、カバー 1 6 側の絞り凸部 4 1 A との間に配置されている。絞り凸部 4 5 A の外周面 4 5 c の直径は、絞り凸部 3 7 A の直径 D_{r1} よりも小さい。これにより、絞り凸部 4 5 A の外周面 4 5 c と絞り凸部 3 7 A の内周面 3 7 b との間には、定められた間隔の隙間 C_1 が形成されている。絞り凸部 4 5 A の先端面 4 5 a とリング部材 3 5 との間には、流体絞りを構成する定められた間隔の隙間が確保されている。

30

【0043】

第 2 の絞り凸部（第 2 凸部）4 5 B は、径方向 r において第 2 の絞り凸部 3 7 B の内側に隣接して設けられている。より具体的には、絞り凸部 4 5 B は、径方向 r において、ケーシング本体 1 3 側の絞り凸部 3 7 B と、カバー 1 6 側の絞り凸部 4 1 B との間に配置されている。絞り凸部 4 5 B の外周面 4 5 c の直径は、絞り凸部 3 7 B の直径 D_{r2} よりも小さい。これにより、絞り凸部 4 5 B の外周面 4 5 c と絞り凸部 3 7 B の内周面 3 7 b との間には、定められた間隔の隙間 C_2 が形成されている。絞り凸部 4 5 B の先端面 4 5 a とケーシング本体 1 3 の内面との間には、流体絞りを構成する定められた間隔の隙間が確保されている。

【0044】

本実施形態の前シュラウド 2 7 では、絞り凸部 3 7 C を備えるウェアリング 3 6 に隣接する内周部 2 7 c が、第 3 の絞り凸部 4 6（第 3 凸部）を構成する。絞り凸部 4 6（内周部 2 7 c）の外周には、ウェアリング 3 6 に対して定められた間隔の隙間 C_3 を確保するために、切欠部 4 6 a が設けられている。また、絞り凸部 4 6 は、第 3 の絞り凸部 3 7 C に対して回転軸 2 2 の軸方向 A に間隔（隙間 δ_3 ）をあけて位置する。

40

【0045】

（第 2 羽根車側絞り凸部の構成）

図 3 A 及び図 3 C を参照すると、絞り凸部（第 2 羽根車側絞り凸部）4 8 は、後シュラウド 2 8 に設けられている。絞り凸部 4 8 は、回転軸 2 2 の軸線 A を中心とする円環状であり、カバー 1 6 に向けて回転軸 2 2 の軸方向 A に沿って突出している。本実施形態では

50

、羽根車 25 の径方向 r における異なる位置に、2 個（複数）の絞り凸部 48 が同心円状に設けられている。これらの絞り凸部 48 はいずれも、径方向 r において絞り凸部 41 のいずれとも異なる位置に形成されている。以下の説明では、必要に応じて直径が大きい方から順番に、第 1 の絞り凸部 48 A、第 2 の絞り凸部 48 B と言うことがある。

【0046】

絞り凸部 48 A、48 B はいずれも、カバー 16 と対向する先端面 48 a と、径方向 r の内側に位置する内周面 48 b と、径方向 r の外側に位置する外周面 48 c とを備える。絞り凸部 48 A、48 B はそれぞれ、後シュラウド 28 とは別体で設けられ、接合によって後シュラウド 28 と一体化されている。但し、絞り凸部 48 A、48 B は、後シュラウド 28 に一体成形されてもよい。

10

【0047】

第 1 の絞り凸部（第 4 凸部）48 A は、径方向 r において第 1 の絞り凸部 41 A の内側に隣接して設けられている。より具体的には、絞り凸部 48 A は、径方向 r において、カバー 16 側の絞り凸部 41 A と、ケーシング本体 13 側の絞り凸部 37 B との間に配置されている。絞り凸部 48 A の外周面 48 c の直径は、絞り凸部 41 A の直径 D_{r4} よりも小さい。これにより、絞り凸部 48 A の外周面 48 c と絞り凸部 41 A の内周面 41 b との間には、定められた間隔の隙間 C_4 が形成されている。絞り凸部 48 A の先端面 48 a とリング部材 40 との間には、流体絞りを構成する定められた間隔の隙間が確保されている。

【0048】

20

第 2 の絞り凸部（第 5 凸部）48 B は、径方向 r において第 2 の絞り凸部 41 B の内側に隣接して設けられている。より具体的には、絞り凸部 48 B は、径方向 r において、カバー 16 側の絞り凸部 41 B と、ケーシング本体 13 側の絞り凸部 37 C との間に配置されている。絞り凸部 48 B の外周面 48 c の直径は、絞り凸部 41 B の直径 D_{r5} よりも小さい。これにより、絞り凸部 48 B の外周面 48 c と絞り凸部 41 B の内周面 41 b との間には、定められた間隔の隙間 C_5 が形成されている。絞り凸部 48 B の先端面 48 a とカバー 16 の内面との間には、流体絞りを構成する定められた間隔の隙間が確保されている。

【0049】

（絞り凸部の全体構成）

30

図 3 A に示すように、間隙部 32 A には複数の絞り凸部 37、45 が設けられ、間隙部 32 B には複数の絞り凸部 41、48 が設けられている。そのうち、ケーシング本体 13 に形成された絞り凸部 37 A ~ 37 C は、直径が $D_{r1} \sim D_{r3}$ の円環状である（ $D_{r1} > D_{r2} > D_{r3}$ ）。また、カバー 16 に形成された絞り凸部 41 A、41 B は、直径が D_{r4} 、 D_{r5} の円環状である（ $D_{r1} > D_{r4} > D_{r2} > D_{r5} > D_{r3}$ ）。最も直径 D_{r3} が小さい絞り凸部 37 C 以外、つまり絞り凸部 37 A、37 B、41 A、41 B の直径 D_{r1} 、 D_{r2} 、 D_{r4} 、 D_{r5} は、羽根車 25 の流入口 29 a の直径 D_e の 1.2 倍以上に設定されている。

【0050】

また、間隙部 32 A、32 B には、複数の絞り凸部 37、41、45、48 とカバー部 38、42 によって、断面形状が異なる複数の溝部 50 A ~ 50 E が形成されている。言い換えれば、溝部 50 A ~ 50 E の断面形状が異なるように、絞り凸部 37 A ~ 37 C、41 A、41 B の直径 $D_{r1} \sim D_{r5}$ が設定されている。

40

【0051】

具体的には、間隙部 32 A には、3 つの溝部 50 A ~ 50 C が形成されている。溝部 50 A は、カバー部 38、絞り凸部 37 A、リング部材 35、及び前シュラウド 27 によって画定されている。溝部 50 B は、絞り凸部 45 A、絞り凸部 37 B、リング部材 35、及び前シュラウド 27 によって画定されている。溝部 50 C は、絞り凸部 45 B、絞り凸部 37 C（ウェアリング 36）、ケーシング本体 13、及び前シュラウド 27 によって画定されている。

50

【 0 0 5 2 】

間隙部 3 2 B には、2 つの溝部 5 0 D , 5 0 E が形成されている。溝部 5 0 D は、カバー部 4 2、絞り凸部 4 1 A、リング部材 4 0、及び後シュラウド 2 8 によって画定されている。溝部 5 0 E は、絞り凸部 4 8 A、絞り凸部 4 1 B、リング部材 4 0、及び後シュラウド 2 8 によって画定されている。

【 0 0 5 3 】

溝部 5 0 A ~ 5 0 E の径方向 r の寸法がいずれも異なるように、前述した直径 $D_{r1} \sim D_{r5}$ が設定されている。これにより、溝部 5 0 A ~ 5 0 E の断面形状が、いずれも異なるように構成されている。

【 0 0 5 4 】

個々の溝部 5 0 A ~ 5 0 E 内では、間隙部 3 2 A , 3 2 B を逆流しようとする液体によって旋回流が生じる（図 4 参照）。この旋回流によるポンプケーシング 1 2 の振動を抑制するために、複数の絞り凸部 3 7 , 4 1 と羽根車 2 5 との間に形成される隙間 $\delta_1 \sim \delta_5$ 、及び複数の絞り凸部 3 7 , 4 1 , 4 5 , 4 8 によって形成される隙間 $C_1 \sim C_5$ を以下のように設定している。

【 0 0 5 5 】

第 1 の絞り凸部（第 1 絞り凸部）3 7 A と前シュラウド 2 7 との隙間 δ_1 、第 2 の絞り凸部（第 2 絞り凸部）3 7 B と前シュラウド 2 7 との隙間 δ_2 、第 3 の絞り凸部（第 3 絞り凸部）3 7 C と前シュラウド 2 7 との隙間 δ_3 、第 1 の絞り凸部（第 4 絞り凸部）4 1 A と後シュラウド 2 8 との隙間 δ_4 、及び第 2 の絞り凸部（第 5 絞り凸部）4 1 B と後シュラウド 2 8 との隙間 δ_5 の関係は、以下を満たす。

【 0 0 5 6 】

【数 1】

$$\delta_3 \geq 2^{1/2} \delta_1$$

$$\delta_1 \neq \delta_2 \geq \delta_4$$

$$\delta_3 \geq \delta_4 \geq \delta_5$$

δ_1 : 第 1 絞り凸部の先端と前シュラウドとの間の隙間

δ_2 : 第 2 絞り凸部の先端と前シュラウドとの間の隙間

δ_3 : 第 3 絞り凸部の先端と前シュラウドとの間の隙間

δ_4 : 第 4 絞り凸部の先端と後シュラウドとの間の隙間

δ_5 : 第 5 絞り凸部の先端と後シュラウドとの間の隙間

【 0 0 5 7 】

カバー部 3 8 と前シュラウド 2 7 の外周部 2 7 b との隙間 C_0 と、カバー部 4 2 と後シュラウド 2 8 の外周部 2 8 b との隙間 C_0 とは、同一である。これらの隙間 C_0 、絞り凸部（第 1 絞り凸部）3 7 A と絞り凸部（第 1 凸部）4 5 A の隙間 C_1 、絞り凸部（第 2 絞り凸部）3 7 B と絞り凸部（第 2 凸部）4 5 B の隙間 C_2 、ウェアリング 3 6 と絞り凸部（第 3 凸部）4 6 の隙間 C_3 、絞り凸部（第 4 絞り凸部）4 1 A と絞り凸部（第 4 凸部）4 8 A の隙間 C_4 、及び絞り凸部（第 5 絞り凸部）4 1 B と絞り凸部（第 5 凸部）4 8 B の隙間 C_5 の関係は、以下を満たす。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

【数 2】

$$2 C_1 \geq C_0 \geq 1.5 C_1$$

$$C_1 \div C_2 \div C_3$$

$$C_1 \geq C_4 \geq C_5$$

C_0 : カバー部と羽根車の外周部との隙間

C_1 : 第 1 絞り凸部と第 1 凸部との間の隙間

C_2 : 第 2 絞り凸部と第 2 凸部との間の隙間

C_3 : ウェアリングと第 3 凸部との間の隙間

C_4 : 第 4 絞り凸部と第 4 凸部との間の隙間

C_5 : 第 5 絞り凸部と第 5 凸部との間の隙間

10

【0059】

隙間 $\delta_1 \sim \delta_5$ と隙間 $C_1 \sim C_5$ を上記数 1 及び数 2 のように設定することで、間隙部 32A, 32B において液体が流動可能な通路面積が絞られる。よって、羽根車 25 の吐出側（径方向外側）から吸込側（径方向内側）への液体の逆流を抑制できる。また、間隙部 32A, 32B での旋回流を抑制し、旋回流による振動を抑制できる。

【0060】

なお、第 1 の絞り凸部 41A と後シュラウド 28 との隙間 δ_4 は、第 2 の絞り凸部 41B と後シュラウド 28 との隙間 δ_5 よりも大きくすることが好ましい（ $\delta_4 > \delta_5$ ）。このようにすれば、羽根車 25 がカバー 16 側に移動した際、背面圧力の発生により背面側の軸スラスト F_b が発生し、羽根車 25 をケーシング本体 13 側に戻すような軸スラストを生じさせることができる。

20

【0061】

また、径方向 r の寸法である、絞り凸部 37, 41 の先端面 37a, 41a の幅 W は、個々の絞り凸部 37, 41 と羽根車 25 との隙間の寸法に対して 1 倍以上 5 倍以下に設定されている。つまり、第 1 の絞り凸部 37A の幅 W は隙間 δ_1 の 1 倍以上 5 倍以下に、第 2 の絞り凸部 37B の幅 W は隙間 δ_2 の 1 倍以上 5 倍以下に、第 3 の絞り凸部 37C の幅 W は隙間 δ_3 の 1 倍以上 5 倍以下に、第 1 の絞り凸部 41A の幅 W は隙間 δ_4 の 1 倍以上 5 倍以下に、第 2 の絞り凸部 41B の幅 W は隙間 δ_5 の 1 倍以上 5 倍以下に設定されている。絞り凸部 37, 41 の幅 W を過度に小さくすると、絞り凸部 37, 41 が流体絞りとして機能しない虞がある。絞り凸部 37, 41 の幅 W を過度に大きくすると、前述した溝部 50A ~ 50E の容積を確保できない。よって、絞り凸部 37, 41 の幅 W は、上記定められた範囲に設定することが好ましい。

30

【0062】

また、後シュラウド 28 には、羽根車 25 の外部と内部を連通させ、外部の液体を流路 29 内に吐出するためのバランスホール 52 が形成されている。バランスホール 52 は、後シュラウド 28 において液体が流れる方向における上流側、つまり後シュラウド 28 の内周（ハブ 28a）側に設けられている。

【0063】

より具体的には、図 3A に示すように、バランスホール 52 は、絞り凸部 48B の径方向 r の内側に設けられている。図 2 を参照すると、バランスホール 52 は、個々の流路 29 に位置するように周方向に間隔をあけて複数設けられている。個々のバランスホール 52 は、羽根板 26 の翼面に沿って延びる楕円形状に設けられている。バランスホール 52 の長軸方向の寸法は、後シュラウド 28 のうち最も薄い部分の厚み t の 0.8 倍以上 1.2 倍以下に設定されている。但し、バランスホール 52 の形状は、円形であってもよく、必要に応じて変更が可能である。

40

【0064】

バランスホール 52 の形成位置は、軸線 A を中心とする半径 R_r の位置である。この半径 R_r （形成位置）は、キャビテーション泡が羽根板 26 に再付着して崩壊する位置に設

50

定されている。このような位置に、バランスホール 5 2 を通して吐出圧力を加えることによりエロージョンを小さくできる。これにより、キャビテーションエロージョンを緩和できる。

【 0 0 6 5 】

図 4 は片吸込ポンプ 1 0 の軸スラスト F を説明する図である。図 4 では、左側に羽根車 2 5 の前面（前シュラウド 2 7 ）の圧力分布を示し、右側に羽根車 2 5 の背面（後シュラウド 2 8 ）の圧力分布を示している。

【 0 0 6 6 】

図 4 を参照すると、平衡点 X 0 から羽根車 2 5 が右側（カバー 1 6 側）に $+\Delta x$ 移動すると、隙間 δ_4 , δ_5 が狭くなる。そうすると、間隙部 3 2 B での逆流速度が遅くなり、羽根車 2 5 の背面の圧力が上昇する。したがって、平衡点 X 0 のカバー 1 6 側の軸スラスト F b が増大し、羽根車 2 5 を左側（ケーシング本体 1 3 側）に戻すような軸スラスト F b を発生させる。軸スラスト F b は、半径隙間 $C_1 \sim C_5$ の大きさを上記数 2 のように設定することにより大きくなる。

10

【 0 0 6 7 】

逆に、平衡点 X 0 から羽根車 2 5 が左方向に $-\Delta x$ 移動すると、隙間 δ_4 , δ_5 が広がる。そうすると、間隙部 3 2 B での逆流速度が速くなり、羽根車 2 5 の背面の圧力が下降する。したがって、平衡点 X 0 のカバー 1 6 側の軸スラスト F b が減少し、羽根車 2 5 をカバー 1 6 側に戻すような軸スラスト F s が発生する。

【 0 0 6 8 】

20

カバー 1 6 側の軸スラスト F b は、羽根車 2 5 の移動 Δx に依存して変化する。したがって、ケーシング本体 1 3 側の軸スラスト F s とカバー 1 6 側の軸スラスト F b が一致する平衡位置で、羽根車 2 5 は安定的に留まる。ポンプ組立時に羽根車 2 5 をこの平衡位置に設置すると、軸スラストは自動的にバランスされ、安定した運転を実現できる。

【 0 0 6 9 】

このように構成した片吸込ポンプ 1 0 は、以下の特徴を有する。

【 0 0 7 0 】

前シュラウド 2 7 に向けて突出する環状の絞り凸部 3 7 がケーシング本体 1 3 に設けられている。そのため、半径流ラビリンスを構成する絞り凸部 3 7 によって、ケーシング本体 1 3 と羽根車 2 5 との間の間隙部 3 2 A を通した液体の逆流を抑制できる。よって、従来と比較して液体の逆流に伴う漏れ損失を低減でき、ポンプ効率を上昇できる。

30

【 0 0 7 1 】

後シュラウド 2 8 に向けて突出する環状の絞り凸部 4 1 がカバー 1 6 に更に設けられ、絞り凸部 3 7 と絞り凸部 4 1 とは羽根車 2 5 の径方向 r の異なる位置に配置されている。そのため、半径流ラビリンスを構成する絞り凸部 3 7 と絞り凸部 4 1 とによって、羽根車 2 5 の両側でそれぞれ液体の逆流を抑制できる。よって、従来と比較して液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減でき、ポンプ効率を上昇できる。

【 0 0 7 2 】

前シュラウド 2 7 の外周部 2 7 b を覆うカバー部 3 8 がケーシング本体 1 3 に設けられ、後シュラウド 2 8 の外周部 2 8 b を覆うカバー部 4 2 がカバー 1 6 に設けられている。これらのカバー部 3 8 , 4 2 によって、間隙部 3 2 A , 3 2 B への液体の流入を大幅に抑制できる。よって、羽根車 2 5 の両側での液体の逆流を大幅に抑制できる。その結果、液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減でき、ポンプ効率を上昇できる。

40

【 0 0 7 3 】

絞り凸部 3 7 及び絞り凸部 4 1 はそれぞれ、羽根車 2 5 の径方向 r に間隔をあけて複数設けられている。そのため、羽根車 2 5 の両側での液体の逆流を大幅に抑制できる。よって、液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減でき、ポンプ効率を上昇できる。

【 0 0 7 4 】

羽根車 2 5 の径方向 r に隣接した絞り凸部 3 7 、ケーシング本体 1 3 、及び前シュラウド 2 7 によって複数の溝部 5 0 A ~ 5 0 C が画定され、羽根車 2 5 の径方向に隣接した絞

50

り凸部 4 1、カバー 1 6、及び後シュラウド 2 8 によって複数の溝部 5 0 D、5 0 E が画定されている。個々の溝部 5 0 A ~ 5 0 E では、液体が渦を巻くように流動することでキャビティ音が発生するが、複数の溝部 5 0 A ~ 5 0 E の断面形状はそれぞれ異なっているため、個々の溝部 5 0 A ~ 5 0 E で発生するキャビティ音の共鳴を防止できる。

【 0 0 7 5 】

絞り凸部 3 7 は 3 個の絞り凸部 3 7 A ~ 3 7 C を含み、これらと前シュラウド 2 7 との間の隙間 $\delta_1 \sim \delta_3$ は、 $\delta_3 = 2^{1/2} \delta_1$ と $\delta_1 = \delta_2$ を満たす。よって、ケーシング本体 1 3 と羽根車 2 5 の間での液体の逆流を大幅に抑制できるとともに、液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減できる。

【 0 0 7 6 】

絞り凸部 4 1 は 2 個の絞り凸部 4 1 A、4 1 B を含み、絞り凸部 3 7 A ~ 3 7 C と前シュラウド 2 7 との間の隙間 $\delta_1 \sim \delta_3$ 、及び絞り凸部 4 1 A、4 1 B と後シュラウド 2 8 との間の隙間 δ_4 、 δ_5 は、 $\delta_3 = 2^{1/2} \delta_1$ 、 $\delta_1 = \delta_2 = \delta_4$ 、及び $\delta_3 = \delta_4 = \delta_5$ を満たす。そのため、羽根車 2 5 の両側での液体の逆流を大幅に抑制できるとともに、液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減できる。また、絞り凸部 3 7、4 1 間に形成される溝部 5 0 A ~ 5 0 E 内での液体流動が、回転軸 2 2 の軸方向 A に羽根車 2 5 が移動しようとした際に抵抗として作用するため、羽根車 2 5 の移動を抑制でき、安定した運転を実現できる。

【 0 0 7 7 】

前シュラウド 2 7 にはケーシング本体 1 3 に向けて突出する環状の絞り凸部 4 5 が設けられ、後シュラウド 2 8 にはカバー 1 6 に向けて突出する環状の絞り凸部 4 8 が設けられている。そのため、径方向 r において外側に位置する溝部から内側に位置する溝部への液体流動を効果的に抑制できる。よって、ケーシング本体 1 3 と前シュラウド 2 7 との間の溝部 5 0 A ~ 5 0 C、及びカバー 1 6 と後シュラウド 2 8 との間の溝部 5 0 D、5 0 E での旋回流の発生を抑制できる。よって、旋回流に伴う振動の発生を抑制できる。

【 0 0 7 8 】

絞り凸部 3 7 A と絞り凸部 4 5 A との間の隙間 C_1 、絞り凸部 3 7 B と絞り凸部 4 5 B との間の隙間 C_2 、ウェアリング 3 6 と絞り凸部 4 6 との間の隙間 C_3 、絞り凸部 4 1 A と絞り凸部 4 8 A との間の隙間 C_4 、及び絞り凸部 4 1 B と絞り凸部 4 8 B との間の隙間 C_5 は、 $C_1 = C_2 = C_3$ と $C_1 = C_4 = C_5$ を満たす。そのため、個々の溝部 5 0 A ~ 5 0 E での旋回流の発生を抑制できる。よって、旋回流に伴うキャビティ音の発生と振動の発生を抑制できる。

【 0 0 7 9 】

絞り凸部 3 7、4 1 の幅 W は、絞り凸部 3 7、4 1 の先端とシュラウド 2 7、2 8 との間の隙間 $\delta_1 \sim \delta_5$ の寸法に対して 1 倍以上 5 倍以下である。そのため、羽根車 2 5 の両側での液体の逆流を大幅に抑制できるとともに、液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減できる。

【 0 0 8 0 】

後シュラウド 2 8 の上流側に、羽根車 2 5 の外部と内部を連通させるバランスホール 5 2 が設けられている。そのため、羽根車 2 5 の上流側と下流側の圧力差によって、バランスホール 5 2 を通して羽根車 2 5 の外部の液体が内部に注入される。よって、羽根車 2 5 の上流側と下流側の圧力差を大幅に低減できるため、クローズド型の羽根車 2 5 の性能を大きく変えることなく、キャビテーションの発生を抑制し、吸込性能（必要 NPSH）を改善できる。

【 0 0 8 1 】

（第 2 実施形態）

図 5 は第 2 実施形態の片吸込ポンプの配置空間部 1 4 b を示す。この第 2 実施形態では、羽根車 2 5 が備えるシュラウド 2 7、2 8 に絞り凸部を設けていない点で第 1 実施形態と相違している。

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

50

ケーシング本体 13 には前シュラウド 27 に向けて突出する絞り凸部 37 が設けられ、カバー 16 には後シュラウド 28 に向けて突出する絞り凸部 41 が設けられている。絞り凸部 37 は、リング部材 35 に形成された第 1 の絞り凸部 37 A、リング部材 35 に形成された第 2 の絞り凸部 37 B、及びウェアリング 36 に形成された第 3 の絞り凸部 37 C を含む。絞り凸部 41 は、リング部材 40 に形成された第 1 の絞り凸部 41 A、及びリング部材 35 に形成された第 2 の絞り凸部 41 B を含む。そのうち、絞り凸部 41 B を形成する径方向 r の位置は、バランスホール 52 を形成した径方向 r の位置と対応している。

【0083】

個々の絞り凸部 37 A ~ 37 C, 41 A, 41 B の直径 $D_{r1} \sim D_{r5}$ 、及び絞り凸部 37 A ~ 37 C, 41 A, 41 B とシュラウド 27, 28 との間の隙間 $\delta_1 \sim \delta_5$ は、第 1 実施形態と同様である。また、リング部材 35, 41 にはそれぞれ、第 1 実施形態と同様のカバー部 38, 42 が設けられている。

10

【0084】

絞り凸部 37 A ~ 37 C, 41 A, 41 B によって、間隙部 32 A, 32 B には溝部 50 A ~ 50 E が形成されている。溝部 50 A は、カバー部 38、絞り凸部 37 A、リング部材 35、及び前シュラウド 27 によって画定されている。溝部 50 B は、径方向 r に隣接した絞り凸部 37 A, 37 B、リング部材 35、及び前シュラウド 27 によって画定されている。溝部 50 C は、径方向 r に隣接した絞り凸部 37 B, 37 C、ケーシング本体 13 の壁部 13 a、及び前シュラウド 27 によって画定されている。溝部 50 D は、カバー部 42、絞り凸部 41 A、リング部材 40、及び後シュラウド 28 によって画定されている。溝部 50 E は、径方向 r に隣接した絞り凸部 41 A, 41 B、リング部材 40、及び後シュラウド 28 によって画定されている。

20

【0085】

このように構成された第 2 実施形態の片吸込ポンプでは、第 1 実施形態と同様に、前シュラウド 27 に向けて突出する環状の絞り凸部 37 がケーシング本体 13 に設けられ、後シュラウド 28 に向けて突出する環状の絞り凸部 41 がカバー 16 に設けられている。また、絞り凸部 37, 41 は羽根車 25 の径方向 r の異なる位置に配置されている。そのため、半径流ラビリンスを構成する絞り凸部 37, 41 によって、羽根車 25 の両側でそれぞれ液体の逆流を抑制できる。よって、従来と比較して液体の逆流に伴う漏れ損失を確実に低減でき、ポンプ効率を上昇できる。

30

【0086】

なお、本発明は、前記実施形態の構成に限定されず、種々の変更が可能である。

【0087】

例えば、カバー 16 側には絞り凸部を設けることなく、ケーシング本体 13 側（間隙部 32 A）だけに絞り凸部を設けてもよい。絞り凸部 37, 41, 45, 48 の数は、それぞれ 1 個のみであってもよく、必要に応じて変更が可能である。絞り凸部 37, 41, 45, 48 を形成する径方向 r の位置も、必要に応じて変更が可能である。

【0088】

バランスホール 52 は、前シュラウド 27 側に設けてもよい。バランスホール 52 を形成する径方向 r の位置と形状は、必要に応じて変更が可能である。

40

【0089】

前記実施形態では、排水に用いられる片吸込ポンプ 10 を例に挙げて本発明の流体機械を説明したが、この流体機械は、発電に用いられる発電機、及び排水と発電の両方に用いられるポンプ水車であってもよい。前記実施形態の羽根車 25 を水車のランナとして用いる場合、流路 29 は、羽根車 25 の径方向 r において、内端側が流出口を構成し、外端側が流入口を構成する。即ち、ポンプと水車とでは、液体の出入口が逆になる。また、この場合、バランスホール 52 は、液体が流れる方向の上流側である羽根車 25 の径方向 r の外側に形成される。

【符号の説明】

【0090】

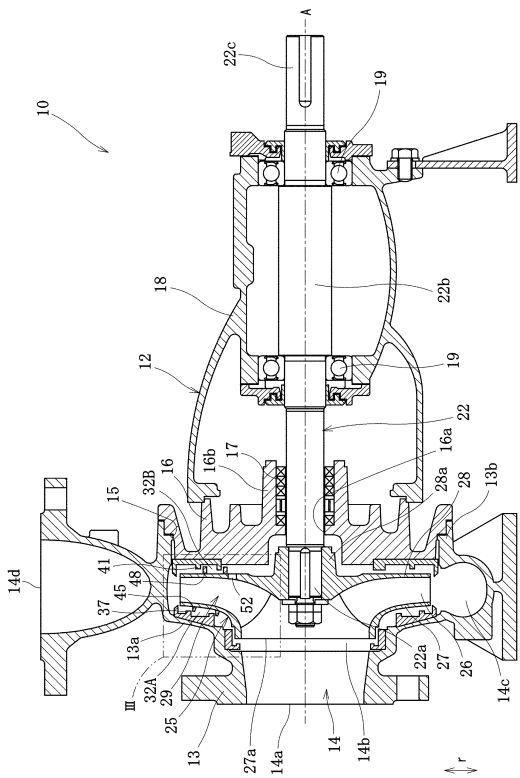
50

1 0 ...片吸込ポンプ	
1 2 ...ポンプケーシング	
1 3 ...ケーシング本体（ケーシング）	
1 3 a ...前側の壁部	
1 3 b ...後側の壁部	
1 4 ...液体流路	
1 4 a ...吸込口	
1 4 b ...配置空間部	
1 4 c ...ボリュート通路	
1 4 d ...吐出口	10
1 5 ...開口部	
1 6 ...カバー	
1 6 a ...シャフト孔	
1 6 b ...孔壁	
1 7 ...メカニカルシール	
1 8 ...ベアリングケース	
1 9 ...ベアリング	
2 2 ...回転軸	
2 2 a ...取付部	
2 2 b ...支持部	20
2 2 c ...接続部	
2 5 ...羽根車	
2 6 ...羽根板	
2 7 ...前シュラウド（第1シュラウド）	
2 7 a ...吸込口	
2 7 b ...外周部	
2 7 c ...内周部	
2 8 ...後シュラウド（第2シュラウド）	
2 8 a ...ハブ	
2 8 b ...外周部	30
2 9 ...流路	
2 9 a ...流入口	
2 9 b ...流出口	
3 2 A , 3 2 B ...間隙部（隙間）	
3 5 ...リング部材	
3 5 a ...内周縁	
3 5 b ...外周縁	
3 6 ...ウェアリング	
3 6 a ...第1端	
3 6 b ...第2端	40
3 6 c ...突出部	
3 7 ...絞り凸部（ケーシング側絞り凸部）	
3 7 A ...絞り凸部（第1絞り凸部）	
3 7 B ...絞り凸部（第2絞り凸部）	
3 7 C ...絞り凸部（第3絞り凸部）	
3 7 a ...先端面	
3 7 b ...内周面	
3 7 c ...外周面	
3 8 ...カバー部（第1カバー部）	
3 8 a ...内側面	50

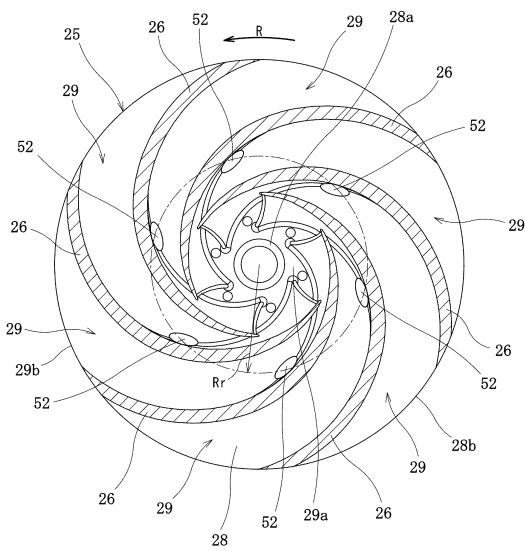
3 8 b ...先端面	
4 0 ...リング部材	
4 0 a ...内周縁	
4 0 b ...外周縁	
4 1 ...絞り凸部（カバー側絞り凸部）	
4 1 A ...絞り凸部（第4絞り凸部）	
4 1 B ...絞り凸部（第5絞り凸部）	
4 1 a ...先端面	
4 1 b ...内周面	
4 1 c ...外周面	10
4 2 ...カバー部（第2カバー部）	
4 2 a ...内側面	
4 2 b ...先端面	
4 5 ...絞り凸部（第1羽根車側絞り凸部）	
4 5 A ...絞り凸部（第1凸部）	
4 5 B ...絞り凸部（第2凸部）	
4 5 a ...先端面	
4 5 b ...内周面	
4 5 c ...外周面	
4 6 ...絞り凸部（第3凸部）	20
4 6 a ...切欠部	
4 8 ...絞り凸部（第2羽根車側絞り凸部）	
4 8 A ...絞り凸部（第4凸部）	
4 8 B ...絞り凸部（第5凸部）	
4 8 a ...先端面	
4 8 b ...内周面	
4 8 c ...外周面	
5 0 A ~ 5 0 E ...溝部	
5 2 ...バランスホール	30

【図面】

【図 1】



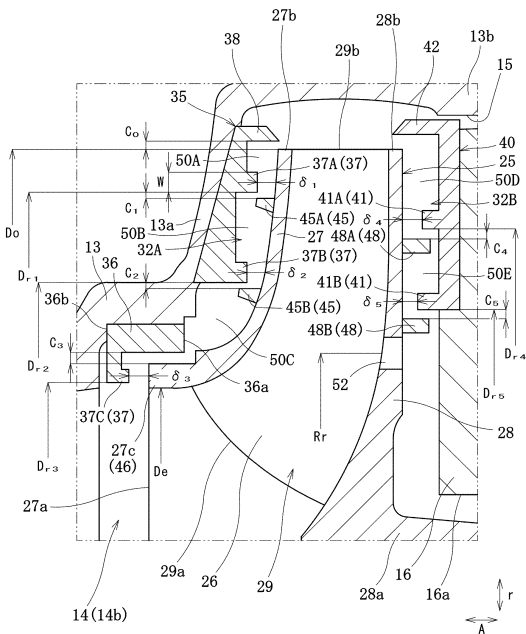
【図 2】



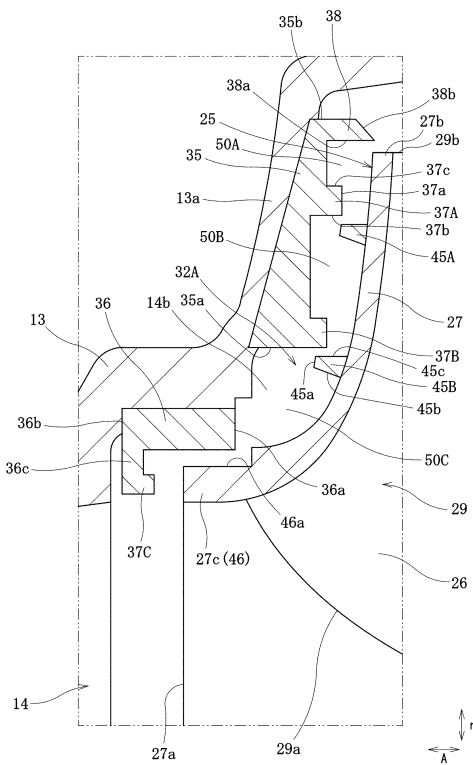
10

20

【図 3 A】



【図 3 B】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 0 - 0 2 9 7 9 7 (J P , A)
特開昭 6 0 - 0 9 8 1 9 6 (J P , A)
実開昭 6 4 - 0 4 4 3 9 9 (J P , U)
特開 2 0 1 9 - 0 6 5 8 2 9 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 0 7 6 8 6 6 (J P , A)
実開平 0 4 - 0 8 8 5 6 6 (J P , U)
特開 2 0 1 7 - 0 2 5 8 4 3 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 2 8 0 9 9 (J P , A)
実開平 0 4 - 0 6 5 9 8 6 (J P , U)
特開 2 0 0 9 - 0 0 8 0 2 1 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 4 8 3 0 8 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
F 0 4 D 2 9 / 1 6
F 0 4 D 2 9 / 0 8