

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 9 月 8 日(08.09.2017)



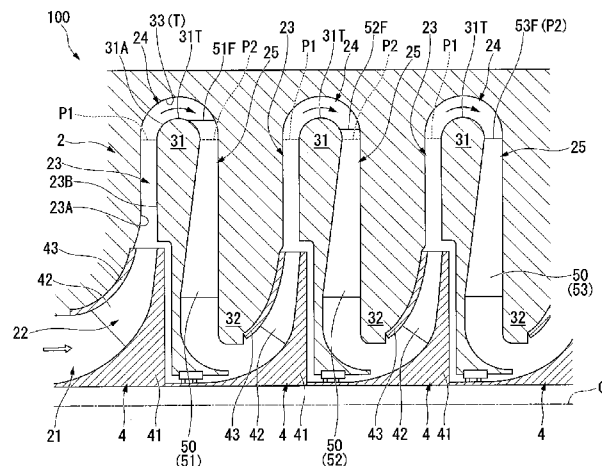
(10) 国際公開番号
WO 2017/150554 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/44 (2006.01) *F04D 17/12* (2006.01)
F04D 1/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/007895
- (22) 国際出願日: 2017 年 2 月 28 日(28.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-038406 2016 年 2 月 29 日(29.02.2016) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP). 三菱重エコンプレッサ株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES COMPRESSOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目 3 4 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山下 修一 (YAMASHITA Shuichi); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 森 隆一郎, 外 (MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CENTRIFUGAL ROTATING MACHINE

(54) 発明の名称: 遠心回転機械



(57) Abstract: A centrifugal compressor (100) is provided with impellers (4) rotating about an axis line (O) to pressure-feed a fluid drawn in from one side outward in a radial direction, and flow paths (2) which are each provided between impellers (4) that are adjacent along the axis line (O), the flow paths (2) guiding the fluid discharged from the upstream-side impeller (4) to the downstream-side impeller (4). Each of the flow paths (2) is provided with a diffuser flow path (23), a return bend part (24), and a guiding flow path (25). Furthermore, the centrifugal compressor (100) is also provided with a plurality of return vanes (50) at intervals along a circumferential direction, the return vanes (50) extending across the return bend parts (24) and the guiding flow paths (25) in the flow paths (2), and within the flow paths (2) that are adjacent along the axis line (O), the leading edges of the return vanes (50) have different positions in the radial direction.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/150554 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

遠心圧縮機 (100) は、軸線 (O) 回りに回転することで一方側から吸気した流体を径方向外側に圧送するインペラ (4) と、軸線 (O) 方向に隣り合うインペラ (4) の間にそれぞれ設けられて、上流側のインペラ (4) から排出される流体を下流側のインペラ (4) に導く流路 (2) と、を備える。流路 (2) は、ディフューザ流路 (23) と、リターンベンド部 (24) と、案内流路 (25) と、を備える。さらに、遠心圧縮機 (100) は、流路 (2) におけるリターンベンド部 (24) と案内流路 (25) とにわたって延びて、周方向に複数が間隔をあけて設けられたリターンペーン (50) をさらに備え、軸線 (O) 方向に隣り合う流路 (2) におけるリターンペーン (50) の前縁の径方向における位置が互いに異なる。

明 細 書

発明の名称：遠心回転機械

技術分野

[0001] 本発明は、遠心回転機械に関する。

本願は、2016年2月29日に日本に出願された特願2016-038406号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 産業用に用いられる遠心圧縮機等の回転機械は、軸線回りに回転するインペラと、インペラの外周側を覆うことで当該インペラとの間に流体流路を形成するケーシングと、を主に備えている。流路は、インペラから軸線の径方向外側に延びるディフューザ流路と、ディフューザ流路の下流側に設けられて、径方向外側から内側に向かって流体の流れを案内するリターンベンド部と、リターンベンド部の下流側に設けられて、下流側のインペラに流体を導く案内流路と、を有している。さらに、上記案内流路上には、整流を目的としてリターンベーンが設けられる場合がある。

[0003] このようなリターンベーンを備える遠心圧縮機の具体例として、下記特許文献1に記載されたものが知られている。特に、特許文献1に係る遠心圧縮機では、リターンベーンの上流側の端部（前縁）が、リターンベンド部側に突出している。このような構成（以下、突出しリターンベーンと呼ぶ。）を採ることで、遠心圧縮機の高効率化を図ることができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平10-331793号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような突出しリターンベーンは、リターンベンド部における流体の流速が比較的に高く、当該リターンベンド部の周辺で流れの剥離が起きやす

い場合には有効とされる。

しかしながら、リターンベンド部における流体の流速が低く（機械マッハ数が小さく）、流れの剥離が起きにくい場合には、十分な効果を得られないばかりでなく、摩擦損失の増大によって流体の流れを妨げてしまうことがある。

[0006] ここで、複数の圧力段を有する遠心圧縮機においては、前段では機械マッハ数が高い一方で、後段になるほど機械マッハ数が低くなる。このため、全ての圧力段に上述のような突出しリターンベーンを設けることは適切ではない。このように、幅広い流速域で十分な高効率化が可能な遠心圧縮機に対する要請が高まっている。

[0007] 本発明は上記課題を解決するためになされたものであって、幅広い流速域で十分な高効率化が可能な遠心回転機械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

[0008] 本発明の第一の態様に係る遠心回転機械は、軸線方向に複数配列されて、軸線回りに回転することで軸線方向一方側から吸気した流体を軸線の径方向外側に圧送するインペラと、軸線方向に隣り合うインペラの間にそれぞれ設けられて、上流側のインペラから排出される流体を下流側のインペラに導く流路と、を備え、前記流路は、前記上流側のインペラから排出される流体を径方向外側に案内するディフューザ流路と、該ディフューザ流路によって案内された流体を径方向内側に向かって案内するリターンベンド部と、前記リターンベンド部によって案内された流体を径方向内側に向かって案内して軸線方向他方側のインペラに導入する案内流路と、を備え、前記流路における前記リターンベンド部と前記案内流路とにわたって延びて、周方向に複数間隔をあけて設けられたリターンベーンをさらに備え、軸線方向に隣り合う前記流路における前記リターンベーンの前縁の径方向における位置が互いに異なる。

[0009] この構成によれば、前縁の位置が相対的に径方向外側に位置するリターンベーンでは、流体がリターンベンド部を通過する際の流れの剥離を抑制する

ことができる。一方で、前縁の位置が相対的に径方向内側に位置するリターンベンでは、流体が流れる際の摩擦損失の増大を抑えることができる。

すなわち、流体の機械マッハ数が大きい領域では、前縁の位置が相対的に径方向外側に位置するリターンベンを設け、流体の機械マッハ数が小さい領域では、前縁の位置が相対的に径方向内側に位置するリターンベンを設けることで、複数の異なる流速域を有する遠心回転機械において、流れの剥離の低減と、摩擦損失の抑制とをバランスよく実現することができる。

[0010] 本発明の第二の態様によれば、上記第一の態様に係る遠心回転機械において、前記軸線方向他方側の前記リターンベンになるほど、前記前縁の径方向における位置が径方向内側であってもよい。

[0011] この構成によれば、例えば軸線方向他方側（下流側）になるほど機械マッハ数が小さい遠心回転機械において、下流側のリターンベンほど、前縁の径方向における位置が径方向内側であることによって、上流側では流れの剥離を低減できる一方で、下流側では摩擦損失を抑制することができる。

[0012] 本発明の第三の態様によれば、上記第一の態様に係る遠心回転機械において、前記軸線方向他方側の前記リターンベンになるほど、前記前縁の径方向における位置が径方向外側であってもよい。

[0013] この構成によれば、例えば軸線方向他方側（下流側）になるほど機械マッハ数が大きい遠心回転機械において、下流側のリターンベンほど、前縁の径方向における位置が径方向外側であることによって、上流側では摩擦損失を抑制できる一方で、下流側では流れの剥離を低減することができる。

[0014] 本発明の第四の態様によれば、上記第一から第三のいずれか一態様に係る遠心回転機械において、前記前縁は、前記軸線と平行をなしていてもよい。

[0015] この構成によれば、リターンバンド部における流れの剥離を、十分に抑制することができるとともに、リターンベンによって流体に摩擦損失が生じる可能性を低減することができる。

[0016] 本発明の第五の態様によれば、上記第一から第三のいずれか一態様に係る遠心回転機械において、軸線方向他方側の前記リターンベンになるほど、

前記前縁における軸線方向両側の端部のうち、前記リターンベンド部の内周側に位置する内周側端部が、前記案内流路側にあり、前記内周側端部の外周側に位置する外周側端部は、前記内周側端部よりも軸線に対する径方向内側にあってもよい。

[0017] この構成によれば、リターンベーンの前縁における内周側端部が案内流路側にあるとともに、外周側端部は、内周側端部よりも径方向内側にある。これにより、最も流れの剥離の生じやすいリターンベンド部の内周側では、より効果的に上記剥離を抑制することができるとともに、外周側では摩擦損失の増大を十分に抑制することができる。

加えて、軸線方向他方側のリターンベーンになるほど内周側端部が案内流路側にあることから、例えば上流側で機械マッハ数が大きくなる遠心回転機械において、上流側では流れの剥離を抑制できる一方で、下流側では摩擦損失を抑制することができる。

[0018] 本発明の第六の態様によれば、上記第一から第三のいずれか一態様に係る遠心回転機械において、軸線方向他方側の前記リターンベーンになるほど、前記前縁における軸線方向両側の端部のうち、前記リターンベンド部の内周側に位置する内周側端部が、前記リターンベンド部側にあり、前記内周側端部の外周側に位置する外周側端部は、前記内周側端部よりも軸線に対する径方向外側にあってもよい。

[0019] この構成によれば、リターンベーンの前縁における内周側端部が、軸線方向他方側のリターンベーンになるほど案内流路側にあるとともに、外周側端部は、内周側端部よりも径方向内側にある。これにより、最も流れの剥離の生じやすいリターンベンド部の内周側では、より効果的に上記剥離を抑制することができるとともに、外周側では摩擦損失の増大を十分に抑制することができる。

加えて、軸線方向他方側のリターンベーンになるほど内周側端部がリターンベンド部側にあることから、例えば下流側で機械マッハ数が大きくなる遠心回転機械において、上流側では摩擦損失を抑制できる一方で、下流側では

流れの剥離を抑制することができる。

[0020] 本発明の第七の態様によれば、上記第五又は第六の態様に係る遠心回転機械において、前記前縁は、前記内周側端部から前記外周側端部に向かうにしたがって、軸線に対する径方向外側から内側に向かって傾斜するように延びてもよい。

[0021] この構成によれば、リターンベーンの前縁が、内周側端部から前記外周側端部に向かうにしたがって、軸線に対する径方向外側から内側に向かって傾斜するように延びていることから、リターンベンド部の内周側で、流体の流れに対する整流効果を得ることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、幅広い流速域で十分な高効率化が可能な遠心回転機械を提供することを目的とする。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の各実施形態に係る遠心圧縮機の構成を示す模式図である。

[図2]本発明の第一実施形態に係る遠心圧縮機の要部拡大断面図である。

[図3]本発明の第二実施形態に係る遠心圧縮機の要部拡大断面図である。

[図4]本発明の第三実施形態に係る遠心圧縮機の要部拡大断面図である。

[図5]本発明の第四実施形態に係る遠心圧縮機の要部拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0024] [第一実施形態]

以下、本発明の第一実施形態に係る遠心圧縮機100（遠心回転機械）について図1と図2を参照して説明する。図1に示すように、遠心圧縮機100は、軸線O回りに回転するロータ1と、このロータ1の周囲を覆うことで流路2を形成するケーシング3と、ロータ1に設けられた複数のインペラ4と、を備えている。

[0025] ケーシング3は、おおむね軸線Oに沿って延びる円筒状をなしている。ロータ1は、このケーシング3の内部を軸線Oに沿って貫通するように延びている。軸線O方向におけるケーシング3の両端部には、それぞれジャーナル

軸受 5 及びスラスト軸受 6 が設けられている。ロータ 1 は、これらジャーナル軸受 5 とスラスト軸受 6 とによって軸線 O 回りに回転可能に支持されている。

[0026] ケーシング 3 の軸線 O 方向一方側には、外部から作動流体 G としての空気を取り入れるための吸気口 7 が設けられている。さらに、ケーシング 3 の軸線 O 方向他方側には、ケーシング 3 内部で圧縮された作動流体 G が排気される排気口 8 が設けられている。

[0027] ケーシング 3 の内側には、これら吸気口 7 と排気口 8 とを連通し、縮径と拡径を繰り返す内部空間が形成されている。この内部空間は、複数のインペラ 4 を収容するとともに、上記の流路 2 の一部をなしている。なお、以降の説明では、この流路 2 上における吸気口 7 が位置する側を上流側と呼び、排気口 8 が位置する側を下流側と呼ぶ。

[0028] ロータ 1 には、その外周面上で軸線 O 方向に間隔を空けて複数（6 つ）のインペラ 4 が設けられている。図 2 に示すように、それぞれのインペラ 4 は、軸線 O 方向から見て略円形の断面を有するディスク 4 1 と、このディスク 4 1 の上流側の面に設けられた複数の羽根 4 2 と、これら複数の羽根 4 2 を上流側から覆うシュラウド 4 3 と、を有している。

[0029] ディスク 4 1 は、軸線 O と交差する方向から見て、該軸線 O 方向の一方側から他方側に向かうに従って、径方向の寸法が次第に拡大するように形成されることで、おおむね円錐状をなしている。

[0030] 羽根 4 2 は、上記のディスク 4 1 の軸線 O 方向における両面のうち、上流側を向く円錐面上で、軸線 O を中心として径方向外側に向かって放射状に複数配列されている。より詳しくは、これら羽根 4 2 は、ディスク 4 1 の上流側の面から上流側に向かって立設された薄板によって形成されている。さらに、詳しくは図示しないが、これら複数の羽根 4 2 は、軸線 O 方向から見た場合、周方向の一方側から他方側に向かうように湾曲している。

[0031] 羽根 4 2 の上流側の端縁には、シュラウド 4 3 が設けられている。言い換えると、上記複数の羽根 4 2 は、このシュラウド 4 3 とディスク 4 1 とによ

っておおむね軸線O方向から挟持されている。これにより、シュラウド43、ディスク41、及び互いに隣り合う一対の羽根42同士の間には空間が形成される。この空間は、後述する流路2の一部（圧縮流路22）をなしている。

[0032] 流路2は、上記のように構成されたインペラ4と、ケーシング3の内部空間をそれぞれ連通する空間である。本実施形態では、1つのインペラ4ごと（1つの圧縮段ごと）に1つの流路2が形成されているものとして説明を行う。すなわち、遠心圧縮機100では、最後段のインペラ4を除く5つのインペラ4に対応して、上流側から下流側に向かって連続する5つの流路2が形成されている。

[0033] それぞれの流路2は、吸込流路21と、圧縮流路22と、ディフューザ流路23と、リターンバンド部24と、案内流路25と、を有している。なお、図2は、流路2及びインペラ4のうち、1段目から3段目のインペラ4を主として示している。

[0034] 1段目のインペラ4では、吸込流路21は上記の吸気口7と実質的に直接接続されている。この吸込流路21によって、外部の空気が流路2上の各流路に作動流体Gとして取り込まれる。より具体的には、この吸込流路21は、上流側から下流側に向かうにしたがって、軸線O方向から径方向外側に向かって次第に湾曲している。

[0035] 2段目以降のインペラ4における吸込流路21は、前段（1段目）の流路2における案内流路25（後述）の下流端と連通されている。すなわち、案内流路25を通過した作動流体Gは、上記と同様に、軸線Oに沿って下流側を向くように、その流れ方向が変更される。

[0036] 圧縮流路22は、ディスク41の上流側の面、シュラウド43の下流側の面、及び周方向に隣り合う一対の羽根42によって囲まれた流路である。より詳しくは、この圧縮流路22は、径方向内側から外側に向かうに従って、その断面積が次第に減少している。これにより、インペラ4が回転している状態で圧縮流路22中を流通する作動流体Gは、徐々に圧縮されて高圧流体

となる。

[0037] ディフューザ流路 2 3 は、ケーシング 3 の内周壁の一部であるディフューザ前壁 2 3 A と、隔壁部材 3 1 のディフューザ後壁 2 3 B とによって囲まれることで、軸線 O の径方向内側から外側に向かって延びる流路である。このディフューザ流路 2 3 における径方向内側の端部は、上記圧縮流路 2 2 の径方向外側の端部に連通されている。

[0038] なお、上記の隔壁部材 3 1 は、ケーシング 3 の内周側に一体に設けられることで、軸線 O 方向に隣接する複数のインペラ 4 同士の間を隔てる部材である。さらに、この隔壁部材 3 1 から見て、ディフューザ流路 2 3 及びインペラ 4 を挟んで上流側には、同じくケーシング 3 と一体に設けられた延伸部 3 2 が設けられている。延伸部 3 2 は、ケーシング 3 の内周面（不図示）から径方向内側に向かって延びる壁部である。

[0039] リターンベンド部 2 4 は、ケーシング 3 の反転壁 3 3 と、隔壁部材 3 1 の外周壁 3 1 A とで囲まれた、湾曲する流路である。リターンベンド部 2 4 の一端側（上流側）は、上記ディフューザ流路 2 3 に連通され、他端側（下流側）は、案内流路 2 5 に連通されている。なお、リターンベンド部 2 4 と上記のディフューザ流路 2 3 との境界位置は、流路 2 の上流側から見て、当該リターンベンド部 2 4 が湾曲し始める位置 P 1 とされている。

[0040] リターンベンド部 2 4 は、ディフューザ流路 2 3 を経て、径方向の内側から外側に向かって流通した作動流体 G の流れ方向を反転させる。リターンベンド部 2 4 の中途において、径方向の最も外側に位置する部分は、頂部 T とされている。この頂部 T の近傍では、リターンベンド部 2 4 の内壁面は、3 次元曲面をなすことで、作動流体 G の流動を妨げないようになっている。

[0041] 案内流路 2 5 は、ケーシング 3 における上記の隔壁部材 3 1 の下流側側壁 3 1 B と、延伸部 3 2 の上流側側壁 3 2 A とで囲まれた流路である。案内流路 2 5 の径方向外側の端部は、上記のリターンベンド部 2 4 と連通されている。リターンベンド部 2 4 と案内流路 2 5 との境界位置は、当該リターンベンド部 2 4 の湾曲が終息する位置 P 2 とされている。

さらに、案内流路 2 5 の径方向内側の端部は、上述のように後段の流路 2 における吸込流路 2 1 に連通されている。

[0042] さらに、この案内流路 2 5 中には、複数のリターンベーン 5 0 が設けられている。複数のリターンベーン 5 0 は、案内流路 2 5 中で、軸線 O を中心として放射状に配列されている。言い換えると、これらリターンベーン 5 0 は、軸線 O の周囲で周方向に間隔を空けて配列されている。具体的には、それぞれのリターンベーン 5 0 は、隔壁部材 3 1 の下流側側壁 3 1 B から、延伸部 3 2 の上流側側壁 3 2 A に向かって延びる板材によって形成されている。

[0043] 加えて、図 2 に示すように、本実施形態に係る遠心圧縮機 1 0 0 では、流路 2 の上流側と下流側とで、リターンベーン 5 0 の形状、寸法が異なっている。なお、以降の説明では、最も上流側に位置するリターンベーン 5 0 を第一リターンベーン 5 1 と呼び、第一リターンベーンの下流側に隣接して設けられる 2 つのリターンベーン 5 0 を順に、第二リターンベーン 5 2、第三リターンベーン 5 3 と呼ぶ。

[0044] さらに、本実施形態では、最も上流側から数えて 3 つの流路 2 のみにリターンベーン 5 0 がそれぞれ設けられ、下流側における 2 つの流路 2 にはリターンベーン 5 0 が設けられていない例について説明する。しかしながら、全ての流路 2 にリターンベーン 5 0 をそれぞれ設けることも可能である。

[0045] 各リターンベーン 5 0（第一リターンベーン 5 1、第二リターンベーン 5 2、第三リターンベーン 5 3）の前縁は、軸線 O に対していずれも平行をなしている。なお、ここで言う平行とは、必ずしも厳密な平行を意味するわけではなく、実質的に平行をなすことを志向している限りにおいては、わずかな製造誤差や公差等も許容される。

[0046] 遠心圧縮機 1 0 0 では、第一リターンベーン 5 1 から第三リターンベーン 5 3 に向かうにしたがって、それぞれの前縁（流路 2 上で上流側を向く端縁）の径方向における位置が互いに異なっている。より具体的には、第一リターンベーン 5 1 の前縁 5 1 F は、軸線 O の径方向において、外周壁 3 1 A における最外周部 3 1 T に対応する位置に設けられている。なお、ここで最外

周部 3 1 T とは、隔壁部材 3 1 の外周壁 3 1 A のうち、軸線 O に対する径方向の最も外側に位置する周縁のことを指す。

[0047] 第一リターンベーン 5 1 の前縁 5 1 F は、最外周部 3 1 T と、当該最外周部 3 1 T の軸線 O 方向他方側に位置する上流側側壁 3 2 A 上の一点との間を結ぶ直線状をなしている。

この前縁 5 1 F から径方向内側の位置 P 2 に対応する位置に向かうにしたがって、第一リターンベーン 5 1 の軸線 O 方向における寸法は一旦縮小している。一方で、位置 P 2 よりもさらに径方向内側では、第一リターンベーン 5 1 の軸線 O 方向における寸法は、径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって次第に拡大している。なお、以下の説明では、各リターンベーン 5 0 において、位置 P 1 と位置 P 2 とを結ぶ直線よりも径方向外側の部分を、突出部 5 0 P と呼ぶことがある。つまり、突出部 5 0 P は、案内流路 2 5 側から見て、リターンベンド部 2 4 側に向かって突出するリターンベーン 5 0 の一部分をなしている。

[0048] 第二リターンベーン 5 2 の前縁 5 2 F は、軸線 O の径方向において、最外周部 3 1 T と、上述の位置 P 2 との間の領域に設けられている。本実施形態では、一例として、前縁 5 2 F は、最外周部 3 1 T と位置 P 2 との間の等分線上に位置している。この第二リターンベーン 5 2 も、上記第一リターンベーン 5 1 と同様に、前縁 5 2 F から径方向内側の位置 P 2 に向かうにしたがって軸線 O 方向における寸法が一旦縮小している。一方で、位置 P 2 よりもさらに径方向内側では、第二リターンベーン 5 2 の軸線 O 方向における寸法は、径方向外側から径方向内側に向かうにしたがって次第に拡大している。さらに、第二リターンベーン 5 2 における上記突出部 5 0 P の寸法（軸線 O の径方向における寸法）は、第一リターンベーン 5 1 における突出部 5 0 P の寸法よりも小さく設定されている。

[0049] 第三リターンベーン 5 3 の前縁 5 3 F は、軸線 O の径方向において、位置 P 2 に対応する位置に設けられている。すなわち、この第三リターンベーン 5 3 は、上記の突出部 5 0 P を有していない。また、第三リターンベーン 5

3は、案内流路25の断面形状に対応するように、この前縁53Fから径方向内側に向かうにしたがって、次第に軸線O方向における寸法が拡大するように形成されている。

[0050] 続いて、本実施形態に係る遠心圧縮機100の動作について説明する。

通常の運転状態にある遠心圧縮機100では、作動流体Gは以下のような挙動を示す。

まず、吸込口から流路2内に取り込まれた作動流体Gは、1段目の吸込流路21を経て、インペラ4中の圧縮流路22に流入する。インペラ4はロータ1の回転に伴って軸線O回りに回転していることから、圧縮流路22中の作動流体Gには、軸線Oから径方向外側に向かう遠心力が付加される。加えて、上記の通り、圧縮流路22の断面積は径方向外側から内側にかけて次第に減少していることから、作動流体Gは徐々に圧縮される。これにより、高圧の作動流体Gが、圧縮流路22から後続のディフューザ流路23に送り出される。

[0051] 圧縮流路22から流れ出た高圧の作動流体Gは、その後、ディフューザ流路23、リターンベンド部24、案内流路25を順に通過する。以後、2段目以降のインペラ4、及び流路2においても同様の圧縮が加えられる。最終的には、作動流体Gは、所望の圧力状態となって排気口8から不図示の外部機器に供給される。

[0052] ここで、上記のように複数の圧縮段を備える遠心圧縮機100では、上流側の圧縮段になるほど、流路2中における流体の流速が高く（機械マッハ数が大きく）、下流側の圧縮段になるほど、流路2中における流体の流速が低い（機械マッハ数が小さい）。

[0053] このため、最も上流側の流路2におけるリターンベンド部24の内周側では、相対的に高い流速に起因して、流れの剥離を生じる可能性がある。しかしながら、本実施形態に係る遠心圧縮機100では、最も上流側の圧縮段（流路2）に設けられている第一リターンベーン51の前縁51Fが上記の突出部50Pを有している。突出部50Pは、案内流路25側から見て、リタ

ーンベンド部 24 側に突出している。これにより、リターンベンド部 24 の内周側で流れの剥離が生じる可能性を低減することができる。

[0054] 一方で、第一リターンベーン 51 よりも下流側に位置する第二リターンベーン 52 では、第一リターンベーン 51 に比べて突出部 50P の突出量が減少している。すなわち、第二リターンベーン 52 では、その前縁 52F は、軸線 O の径方向において、最外周部 31T と、上述の位置 P2 との間の領域に設けられている。

[0055] さらに、第二リターンベーンの下流側に隣接して設けられる第三リターンベーン 53 には、突出部 50P が形成されていない。すなわち、第三リターンベーン 53 の前縁 53F は、軸線 O の径方向において、位置 P2 に対応する位置に設けられている。

[0056] このように、相対的に流速の低い下流側では、これら第二リターンベーン 52、第三リターンベーン 53 が突出部 50P を有していないことによって、流れに摩擦損失を生じる可能性を低減することができる。

[0057] 以上、説明したように、本実施形態に係る遠心圧縮機 100 では、前縁 51F の位置が相対的に径方向外側に位置するリターンベーン 50（第一リターンベーン 51）では、リターンベンド部 24 を流通する際の流れの剥離を抑制することができる。一方で、前縁 52F、53F の位置が相対的に径方向内側に位置するリターンベーン 50（第二リターンベーン 52、第三リターンベーン 53）では、流体が流れる際の摩擦損失の増大を抑えることができる。

[0058] すなわち、流体の機械マッハ数が大きい上流側の領域では、前縁の位置が相対的に径方向外側に位置するリターンベーン 50 を設け、流体の機械マッハ数が小さい領域では、前縁の位置が相対的に径方向内側に位置するリターンベーン 50 を設けることで、複数の異なる流速域において、流れの剥離の低減と、摩擦損失の抑制とをバランスよく実現することができる。したがって、幅広い流速域で十分な高効率化が可能な遠心圧縮機 100 を提供することができる。

[0059] [第二実施形態]

次に、本発明の第二実施形態について、図3を参照して説明する。なお、上記第一実施形態と同様の構成については同一の符号を付した上で、詳細な説明を省略する。

同図に示すように、本実施形態に係る遠心圧縮機200では、軸線Oの径方向におけるリターンベーン250（第一リターンベーン251、第二リターンベーン252、第三リターンベーン253）の前縁251F、252F、253Fが、下流側のリターンベーン250になるほど径方向外側に位置している。また、第一実施形態と同様に、いずれのリターンベーン250においても、前縁251F、252F、253Fは、軸線O方向に平行な方向に延びている。

[0060] 第一リターンベーン251では、前縁251Fの径方向位置が、上述の第一実施形態における位置P2とされている。第二リターンベーン252では、前縁252Fの径方向位置が、位置P2と、最外周部31Tとの間とされている。さらに、第三リターンベーン253では、前縁253Fの径方向位置が、最外周部31Tと対応する位置とされている。

[0061] さらに、本実施形態に係る遠心圧縮機200では、上記第一実施形態における遠心圧縮機100とは異なり、上流側から下流側に向かうにしたがって、流路2中を流通する流体の流速が次第に高まっている（機械マッハ数が大きくなっている）。

[0062] 以上のような構成によれば、軸線O方向他方側（下流側）になるほど機械マッハ数が大きい遠心圧縮機200において、下流側のリターンベーン250ほど、前縁の径方向における位置が径方向外側であることによって、上流側のリターンベーン250では摩擦損失を抑制できる一方で、下流側のリターンベーン250では流れの剥離を低減することができる。

[0063] すなわち、流体の機械マッハ数が小さい上流側の領域では、前縁の位置が相対的に径方向内側に位置するリターンベーン250を設け、流体の機械マッハ数が大きい領域では、前縁の位置が相対的に径方向外側に位置するリタ

ーンベーン 250 を設けることで、複数の異なる流速域において、流れの剥離の低減と、摩擦損失の抑制とをバランスよく実現することができる。

[0064] [第三実施形態]

続いて、本発明の第三実施形態について、図 4 を参照して説明する。なお、上記の第一実施形態、第二実施形態と同様の構成については同一の符号を付した上で、詳細な説明を省略する。

同図に示すように、本実施形態に係る遠心圧縮機 300 では、リターンベーン 350（第一リターンベーン 351、第二リターンベーン 352、第三リターンベーン 353）の前縁 351F、352F、353F が、軸線 O に対していずれも傾斜している。さらに、第一リターンベーン 351 から第三リターンベーン 353 に向かうにしたがって、前縁 351F、352F、353F の傾斜が次第に小さくなっている。

[0065] より詳細には、第一リターンベーン 351 では、前縁 351F における軸線 O 方向一方側（上流側）の端部が、上記の位置 P2 よりも径方向外側に位置している。一方で、前縁 351F における軸線 O 方向他方側（下流側）の端部は、上流側側壁 32A 上であって、位置 P2 と同一の径方向位置に位置している。

[0066] 第二リターンベーン 352 では、前縁 352F における軸線 O 方向一方側の端部が、位置 P2 よりも径方向外側に位置している。また、前縁 352F における軸線 O 方向他方側の端部は、上流側側壁 32A 上で、位置 P2 と同一の径方向位置、かつ上記の軸線 O 方向一方側の端部よりもさらに径方向内側に位置している。さらに、この前縁 352F の軸線 O に対する傾斜は、第一リターンベーン 351 の前縁 351F の軸線 O に対する傾斜よりも小さい。言い換えると、第二リターンベーン 352 の前縁 352F では、第一リターンベーン 351 の前縁 351F よりも軸線 O に沿う方向成分が大きい。

[0067] さらに、第三リターンベーン 353 では、前縁 353F における軸線 O 方向一方側の端部が、位置 P2 と同一の径方向位置に位置している。また、前縁 353F における軸線 O 方向他方側の端部も、上流側側壁 32A 上で、位

置 P 2 と同一の径方向位置に位置している。さらに、この前縁 3 5 3 F の軸線 O に対する傾斜は、第一リターンベーン 3 5 1 の前縁 3 5 1 F、及び第二リターンベーン 3 5 2 の前縁 3 5 2 F の軸線 O に対する傾斜よりも小さい。言い換えると、第三リターンベーン 3 5 3 の前縁 3 5 3 F では、前縁 3 5 1 F、3 5 2 F よりも軸線 O に沿う方向成分が大きい。

[0068] また、本実施形態に係る遠心圧縮機 3 0 0 は、上記第一実施形態における遠心圧縮機 1 0 0 と同様に、上流側の圧縮段になるほど、流路 2 中を流通する流体の流速が高く（機械マッハ数が大きく）、下流側の圧縮段になるほど、流速が低くなっている（機械マッハ数が小さくなっている）。

[0069] 以上のような構成によれば、第一リターンベーン 3 5 1 の前縁における内周側端部がリターンベンド部 2 4 側にあるとともに、外周側端部は、内周側端部よりも径方向内側にある。これにより、最も流れの剥離の生じやすいリターンベンド部 2 4 の内周側では、より効果的に流れの剥離を抑制することができるとともに、外周側では摩擦損失の増大を十分に抑制することができる。

加えて、下流側のリターンベーン 3 5 0 になるほど内周側端部が案内流路 2 5 側にあることから、上流側で機械マッハ数が大きくなる遠心圧縮機 3 0 0 において、上流側では流れの剥離を抑制できる一方で、下流側では摩擦損失を抑制することができる。

[0070] さらに、上記の構成によれば、リターンベーン 3 5 0 の前縁が、内周側端部から外周側端部に向かうにしたがって、軸線 O に対する径方向外側から内側に向かって傾斜するように延びていることから、リターンベンド部 2 4 の内周側で、流体の流れに対する整流効果をも得ることができる。

[0071] [第四実施形態]

次に、本発明の第四実施形態について、図 5 を参照して説明する。なお、上記の第一実施形態、第二実施形態、第三実施形態と同様の構成については同一の符号を付した上で、詳細な説明を省略する。

同図に示すように、本実施形態に係る遠心圧縮機 4 0 0 では、軸線 O の径

方向におけるリターンベーン４５０（第一リターンベーン４５１、第二リターンベーン４５２、第三リターンベーン４５３）の前縁４５１Ｆ、４５２Ｆ、４５３Ｆが、軸線Ｏに対していずれも傾斜している。さらに、第一リターンベーン４５１から第三リターンベーン４５３に向かうにしたがって、前縁４５１Ｆ、４５２Ｆ、４５３Ｆの傾斜が次第に大きくなっている。

[0072] より詳細には、第一リターンベーン４５１では、前縁４５１Ｆにおける軸線Ｏ方向一方側の端部が、位置Ｐ２と同一の径方向位置に位置している。また、前縁４５１Ｆにおける軸線Ｏ方向他方側の端部も、上流側側壁３２Ａ上で、位置Ｐ２と同一の径方向位置に位置している。

[0073] 第二リターンベーン４５２では、前縁４５２Ｆにおける軸線Ｏ方向一方側の端部が、位置Ｐ２よりも径方向外側に位置している。また、前縁４５２Ｆにおける軸線Ｏ方向他方側の端部は、上流側側壁３２Ａ上で、位置Ｐ２と同一の径方向位置に位置している。さらに、この前縁４５２Ｆの軸線Ｏに対する傾斜は、第一リターンベーン４５１の前縁４５１Ｆの軸線Ｏに対する傾斜よりも大きい。言い換えると、第二リターンベーン４５２の前縁４５２Ｆでは、第一リターンベーン４５１の前縁４５１Ｆよりも軸線Ｏに沿う方向成分が小さい。

[0074] さらに、第三リターンベーン４５３では、前縁４５３Ｆにおける軸線Ｏ方向一方側の端部が、位置Ｐ２よりも径方向外側に位置している。一方で、前縁４５３Ｆにおける軸線Ｏ方向他方側の端部は、上流側側壁３２Ａ上で、位置Ｐ２と同一の径方向位置に位置している。さらに、この前縁４５３Ｆの軸線Ｏに対する傾斜は、第一リターンベーン４５１の前縁４５１Ｆ、及び第二リターンベーン４５２の前縁４５２Ｆの軸線Ｏに対する傾斜よりも大きい。言い換えると、第三リターンベーン４５３の前縁４５３Ｆでは、前縁４５１Ｆ、４５２Ｆよりも軸線Ｏに沿う方向成分が小さい。

[0075] また、本実施形態に係る遠心圧縮機４００は、上流側から下流側に向かうにしたがって、流路２中を流通する流体の流速が次第に高くなっている（機械マッハ数が大きくなっている）。

[0076] 以上のような構成によれば、リターンベーン４５０の前縁における内周側端部が、軸線Ｏ方向他方側のリターンベーン４５０になるほどリターンベンド部２４側にあるとともに、外周側端部は、内周側端部よりも径方向内側にある。これにより、最も流れの剥離の生じやすいリターンベンド部２４の内周側では、より効果的に上記剥離を抑制することができるとともに、外周側では摩擦損失の増大を十分に抑制することができる。

加えて、軸線Ｏ方向他方側のリターンベーン４５０になるほど内周側端部がリターンベンド部２４側にあることから、例えば下流側で機械マッハ数が小さくなる遠心回転機械において、上流側では摩擦損失を抑制できる一方で、下流側では流れの剥離を抑制することができる。

[0077] さらに、上記の構成によれば、リターンベーン４５０の前縁が、内周側端部から外周側端部に向かうにしたがって、軸線Ｏに対する径方向外側から内側に向かって傾斜するように延びていることから、リターンベンド部２４の内周側で、流体の流れに対する整流効果を得ることができる。

[0078] 以上、本発明の各実施形態について図面を参照して説明した。しかしながら、上記の各実施形態はいずれも一例であって、これらの構成に種々の変更を施すことが可能である。

例えば、遠心圧縮機１００、２００、３００、４００の圧縮段数（インペラ４、流路２の数）は、上記実施形態によっては限定されず、設計や仕様に応じて適宜に設定されてよい。

[0079] また、上記の第三実施形態、第四実施形態では、いずれもリターンベーン３５０、４５０の前縁が直線的に傾斜している例について説明した。しかしながら、リターンベーン３５０、４５０の前縁の形状は上記実施形態によっては限定されない。他の例として、リターンベーン３５０、４５０の前縁が、いずれも径方向内側に向かって湾曲する曲線状に形成されていてもよい。このような構成によっても、上記の第三実施形態、第四実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明によれば、幅広い流速域で十分な高効率化が可能な遠心回転機械を提供することを目的とする。

符号の説明

- [0081] 1 …ロータ
2 …流路
3 …ケーシング
4 …インペラ
5 …ジャーナル軸受
6 …スラスト軸受
7 …吸気口
8 …排気口
2 1 …吸込流路
2 2 …圧縮流路
2 3 …ディフューザ流路
2 3 A …ディフューザ前壁
2 3 B …ディフューザ後壁
2 4 …リターンベンド部
2 5 …案内流路
3 1 …隔壁部材
3 1 A …外周壁
3 1 B …下流側側壁
3 1 T …最外周部
3 2 …延伸部
3 2 A …上流側側壁
3 3 …反転壁
4 1 …ディスク
4 2 …羽根
4 3 …シュラウド

50、250、350、450…リターンベーン

51、251、351、451…第一リターンベーン

52、252、352、452…第二リターンベーン

53、253、353、453…第三リターンベーン

51F、52F、53F、251F、252F、253F、351F、352F、353

F…前縁

50P…突出部

100、200、300、400…遠心圧縮機

G…作動流体

O…軸線

P1…位置

請求の範囲

- [請求項1] 軸線方向に複数が配列されて、軸線回りに回転することで軸線方向一方側から吸気した流体を軸線の径方向外側に圧送するインペラと、
軸線方向に隣り合うインペラの間にそれぞれ設けられて、上流側のインペラから排出される流体を下流側のインペラに導く流路と、
を備え、
前記流路は、
前記上流側のインペラから排出される流体を径方向外側に案内するディフューザ流路と、
該ディフューザ流路によって案内された流体を径方向内側に向かって案内するリターンベンド部と、
前記リターンベンド部によって案内された流体を径方向内側に向かって案内して軸線方向他方側のインペラに導入する案内流路と、
を備え、
前記流路における前記リターンベンド部と前記案内流路とにわたって延びて、周方向に複数が間隔をあけて設けられたリターンベーンをさらに備え、
軸線方向に隣り合う前記流路における前記リターンベーンの前縁の径方向における位置が互いに異なる遠心回転機械。
- [請求項2] 軸線方向他方側の前記リターンベーンになるほど、前記前縁の径方向における位置が径方向内側である請求項1に記載の遠心回転機械。
- [請求項3] 軸線方向他方側の前記リターンベーンになるほど、前記前縁の径方向における位置が径方向外側である請求項1に記載の遠心回転機械。
- [請求項4] 前記前縁は、軸線と平行をなしている請求項1から3のいずれか一項に記載の遠心回転機械。
- [請求項5] 軸線方向他方側の前記リターンベーンになるほど、前記前縁における軸線方向両側の端部のうち、前記リターンベンド部の内周側に位置する内周側端部が、前記案内流路側にあり、

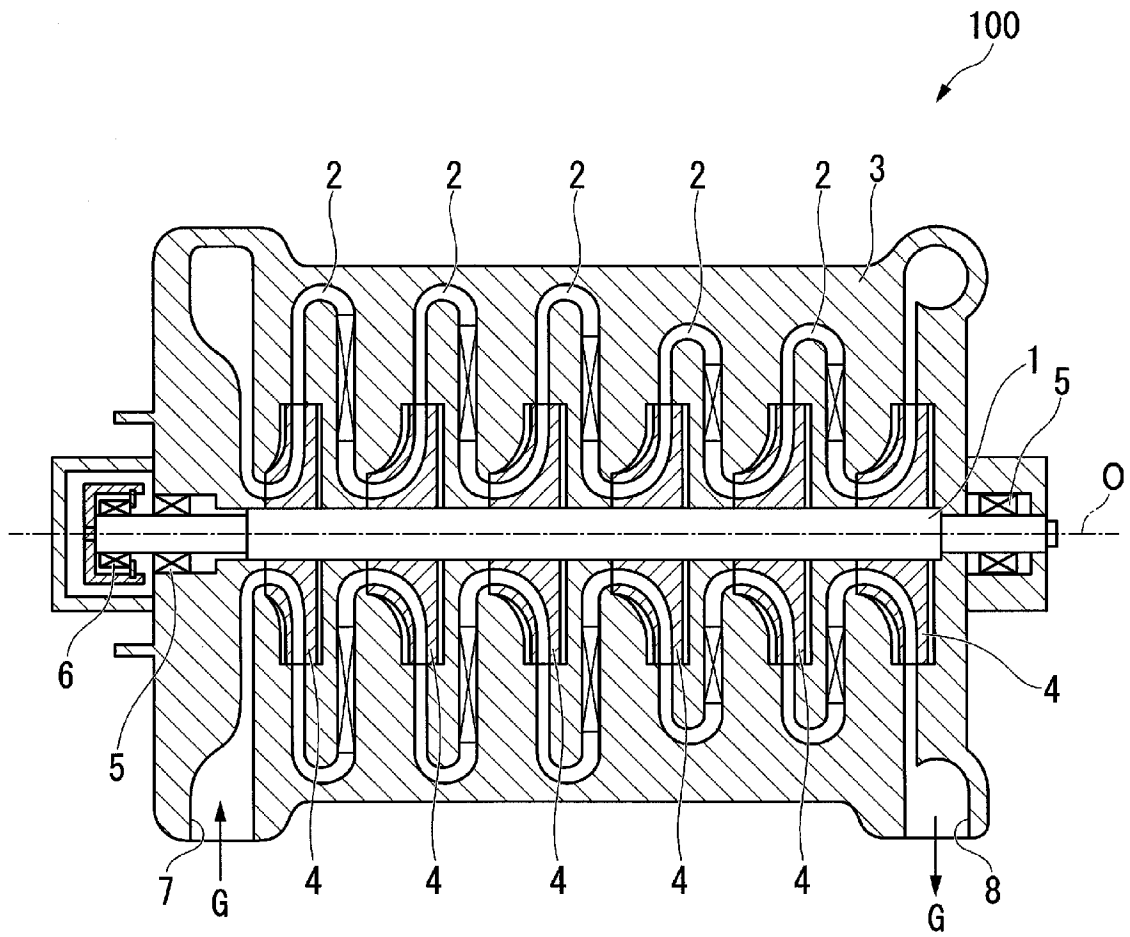
前記内周側端部の外周側に位置する外周側端部は、前記内周側端部よりも軸線に対する径方向内側にある請求項 1 に記載の遠心回転機械。

[請求項6] 軸線方向他方側の前記リターンベーンになるほど、前記前縁における軸線方向両側の端部のうち、前記リターンベンド部の内周側に位置する内周側端部が、前記リターンベンド部側にあり、

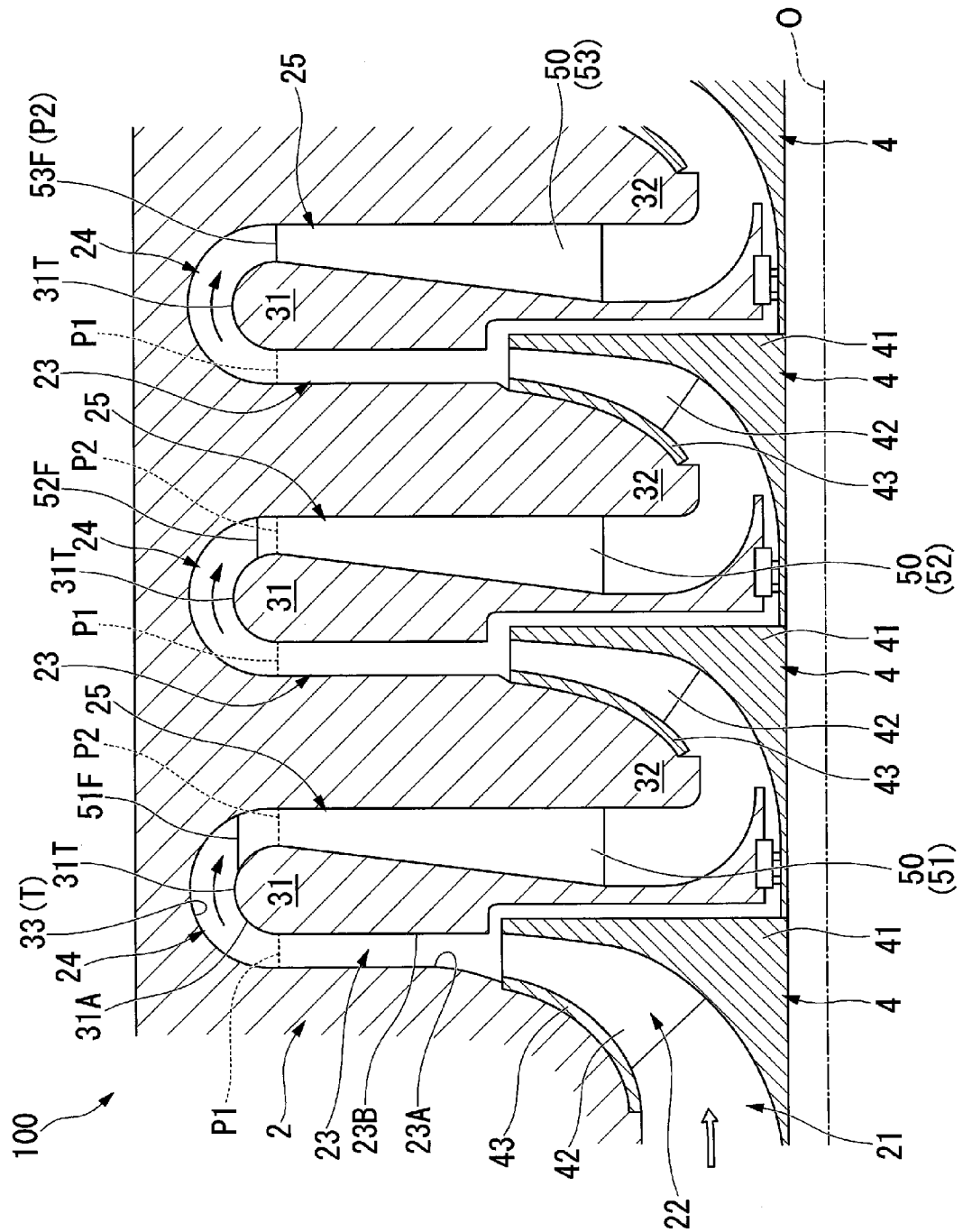
前記内周側端部の外周側に位置する外周側端部は、前記内周側端部よりも軸線に対する径方向内側にある請求項 1 に記載の遠心回転機械。

[請求項7] 前記前縁は、前記内周側端部から前記外周側端部に向かうにしたがって、軸線に対する径方向外側から内側に向かって傾斜するように延びる請求項 5 又は 6 に記載の遠心回転機械。

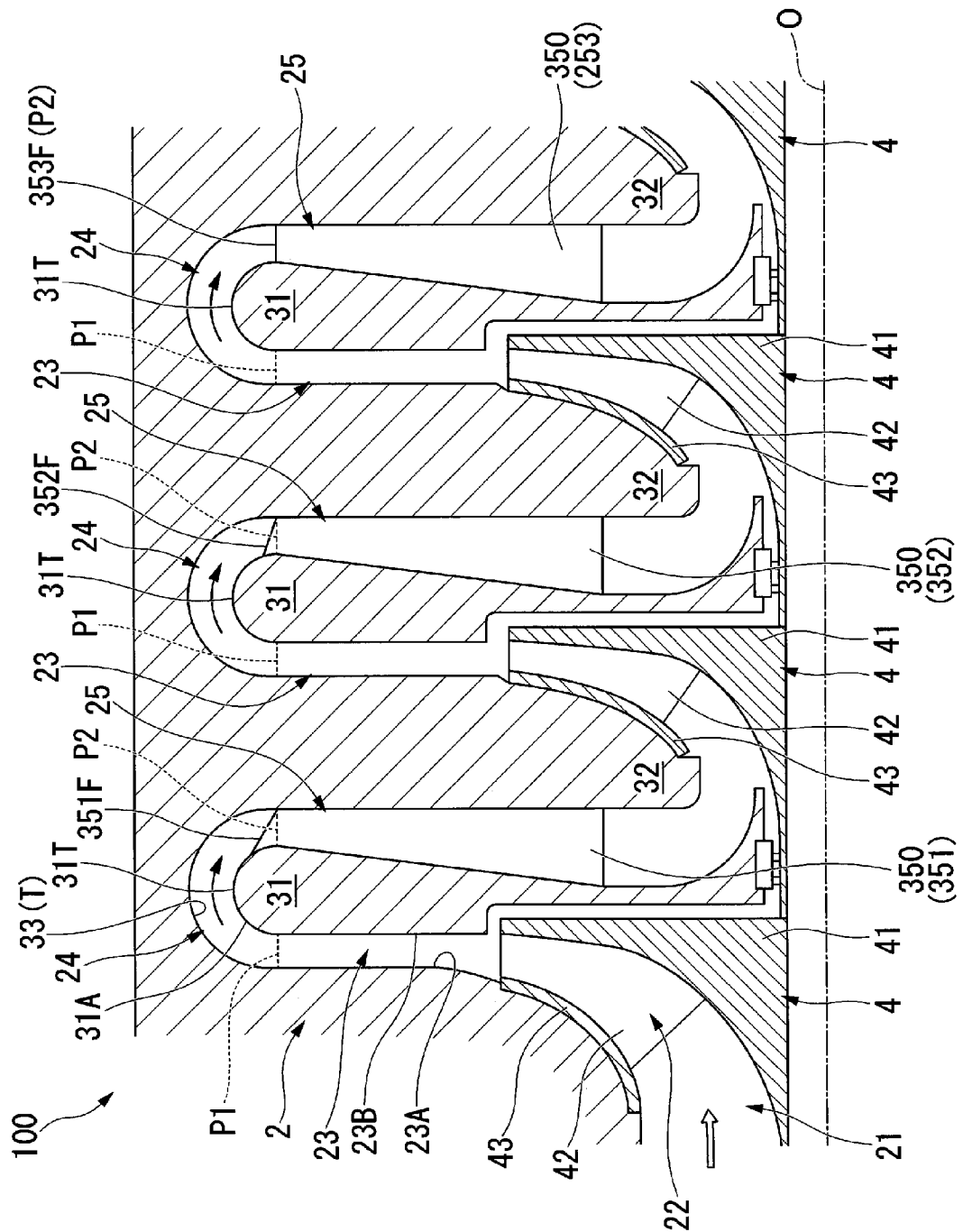
[図1]



[図2]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/44(2006.01)i, F04D1/08(2006.01)i, F04D17/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D29/44, F04D1/08, F04D17/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	DE 1428161 A1 (GUTEHOFFNUNGSHUTTE STERKRADE AG), 30 January 1969 (30.01.1969), page 2, line 1 to page 4, line 11; fig. 1 & CH 401340 A	1-2, 4 3, 5-7
X A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 149975/1985 (Laid-open No. 59796/1987) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 14 April 1987 (14.04.1987), specification, page 5, line 17 to page 9, line 1; fig. 1 (Family: none)	1, 4 2-3, 5-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 May 2017 (25.05.17)

Date of mailing of the international search report
06 June 2017 (06.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/44(2006.01)i, F04D1/08(2006.01)i, F04D17/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/44, F04D1/08, F04D17/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	DE 1428161 A1 (GUTEHOFFNUNGSHUTTE STERKRADE AG) 1969.01.30, 第2ページ第1行-第4ページ第11行, 図1 & CH 401340 A	1-2, 4 3, 5-7
X A	日本国実用新案登録出願60-149975号(日本国実用新案登録出願公開 62-59796号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (三菱重工業株式会社) 1987.04.14, 明細書第5ページ第17行-第9ページ第1行, 図1 (ファミリーなし)	1, 4 2-3, 5-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

25.05.2017

国際調査報告の発送日

06.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

北川 大地

30

5365

電話番号 03-3581-1101 内線 3358