

(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
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/013985 A1

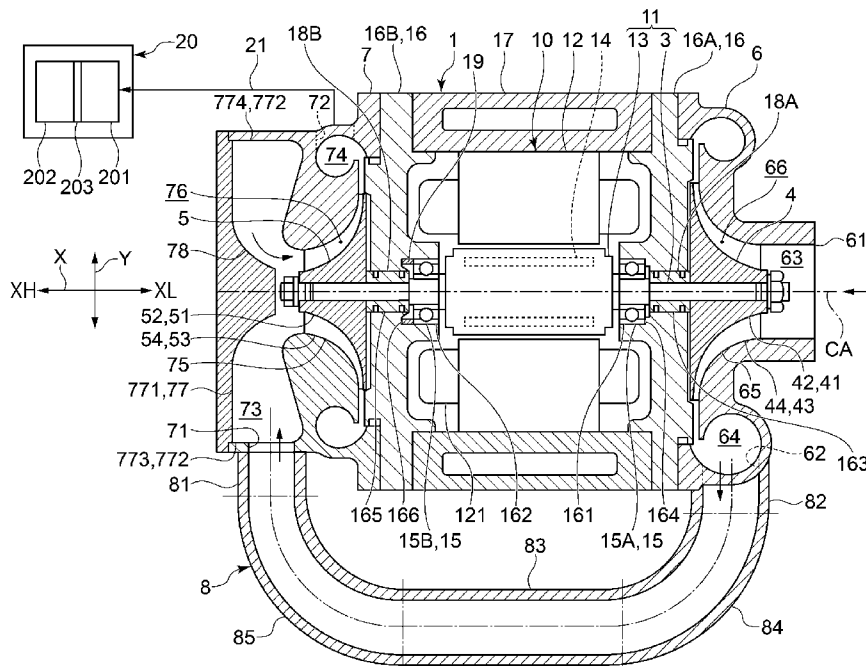
- (51) 国際特許分類:
F04D 29/42 (2006.01) *F04D 17/12* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/027555
- (22) 国際出願日: 2020年7月15日(15.07.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES ENGINE & TURBOCHARGER, LTD.) [JP/JP]; 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 柴田 直道 (SHIBATA, Naomichi); 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0

0 0 番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内 Kanagawa (JP). 安 秉一(AN, Byeongil); 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0 0 0 番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内 Kanagawa (JP). 吉澤 孝昭(YOSHIZAWA, Takaaki); 〒2525293 神奈川県相模原市中央区田名 3 0 0 0 番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人(SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目 1 3 番 1 6 号 三田 4 3 M Tビル 1 3 階 Tokyo (JP).

(54) Title: MULTISTAGE ELECTRICALLY POWERED CENTRIFUGAL COMPRESSOR

(54) 発明の名称: 多段電動遠心圧縮機



(57) Abstract: A multistage electrically powered centrifugal compressor (1) is configured so as to drive, by means of an electric motor (10), impellers provided at either end of a rotational shaft, the compressor comprising: a rotational shaft (3); a low-pressure-stage impeller (4) provided on one end of the rotational shaft; a high-pressure-stage impeller (5) provided on the other end of the rotational shaft; a high-pressure-stage housing (7) that accommodates the high-pressure-stage impeller; and a connecting pipe arrangement (8) for supplying compressed gas compressed by the low-pressure-stage

(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, IT, JO, JP, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

impeller to the high-pressure-stage housing. The high-pressure-stage housing has a high-pressure-stage inlet opening (71) that opens in a direction intersecting the axis (CA) of the rotational shaft; and the connecting pipe arrangement includes a high-pressure-stage-side connecting part (81) connected to the high-pressure-stage inlet opening.

(57) 要約: 回転シャフトの両端に設けられたインペラを電動モータ(10)により駆動するように構成された多段電動遠心圧縮機(1)であって、回転シャフト(3)と、回転シャフトの一方側に設けられた低圧段インペラ(4)と、回転シャフトの他方側に設けられた高圧段インペラ(5)と、高圧段インペラを収納する高圧段ハウジング(7)と、低圧段インペラにより圧縮された圧縮気体を高圧段ハウジングに供給するためのつなぎ配管(8)と、を備え、高圧段ハウジングは、回転シャフトの軸線(CA)に対して交差する方向に向かって開口する高圧段入口開口(71)を有し、つなぎ配管は、高圧段入口開口に接続される高圧段側接続部(81)を含む。

明 細 書

発明の名称：多段電動遠心圧縮機

技術分野

[0001] 本開示は、回転シャフトの両端に設けられたインペラを電動モータにより駆動するように構成された多段電動遠心圧縮機に関する。

背景技術

[0002] 車体に搭載した燃料電池で発電し、電動機の動力で走る燃料電池車には、電動遠心圧縮機が搭載されることがある。電動遠心圧縮機は、燃料電池に圧縮空気を供給することで、燃料電池の効率を向上させている。電動遠心圧縮機には、気体（例えば、空気）の体積を段階的に圧縮する多段電動遠心圧縮機がある。

[0003] 多段電動遠心圧縮機は、電動モータ駆動により回転する回転シャフトの一方側に設けられた低圧段インペラにより、気体を第1の圧力まで圧縮し、上記回転シャフトの他方側に設けられた高圧段インペラにより、低圧段インペラにより圧縮された圧縮空気を第1の圧力よりも高い第2の圧力まで圧縮するように構成されている（例えば、特許文献1）。

[0004] 特許文献1に記載の多段電動遠心圧縮機は、低圧段インペラを収納する低圧段ハウジングと、高圧段インペラを収納する高圧段ハウジングと、を備える。高圧段ハウジングは、回転シャフトの軸線方向に向かって開口する入口開口を有する。低圧段インペラにより圧縮された圧縮空気は、上記入口開口を通じて高圧段ハウジングの内部に導入され、高圧段インペラによりさらに圧縮される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-155696号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 燃料電池車の要求性能（低流量、且つ高圧力）を満足させるためには、多段電動遠心圧縮機の電動モータの出力や空気圧縮比を高くする必要がある。多段電動遠心圧縮機の電動モータの出力や空気圧縮比を高くするために、多段電動遠心圧縮機の構造が複雑なものとなり、多段電動遠心圧縮機が大型化する傾向がある。このため、多段電動遠心圧縮機の小型化を図る必要がある。

[0007] 上述した事情に鑑みて、本開示の少なくとも一実施形態の目的は、多段電動遠心圧縮機の小型化を図ることができる多段電動遠心圧縮機を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示にかかる多段電動遠心圧縮機は、
回転シャフトの両端に設けられたインペラを電動モータにより駆動するように構成された多段電動遠心圧縮機であって、
前記回転シャフトと、
前記回転シャフトの一方側に設けられた低圧段インペラと、
前記回転シャフトの他方側に設けられた高圧段インペラと、
前記高圧段インペラを収納する高圧段ハウジングと、
前記低圧段インペラにより圧縮された圧縮気体を前記高圧段ハウジングに供給するためのつなぎ配管と、を備え、
前記高圧段ハウジングは、前記回転シャフトの軸線に対して交差する方向に向かって開口する高圧段入口開口を有し、
前記つなぎ配管は、前記高圧段入口開口に接続される高圧段側接続部を含む。

発明の効果

[0009] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、小型化および軽量化を図ることができる多段電動遠心圧縮機が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す

概略構成図である。

[図2]図1に示されるつなぎ配管の高圧段接続部および高圧段ハウジングを軸方向における高圧段側から見た断面を概略的に示す概略断面図である。

[図3]図1に示されるつなぎ配管の高圧段接続部の形状を説明するための説明図である。

[図4]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機におけるつなぎ配管の近傍を概略的に示す概略図である。

[図5]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。

[図6]図5に示される高圧段ハウジングを軸方向における高圧段側から見た断面を概略的に示す概略断面図である。

[図7]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機における高圧段ハウジングの近傍を概略的に示す概略図である。

[図8]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。

[図9]図8における高圧段側スリーブ近傍の概略断面図である。

[図10]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。

[図11]図10における高圧段側スリーブ近傍の概略断面図である。

[図12]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。

[図13]本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本開示の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直角」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

なお、同様の構成については同じ符号を付し説明を省略することがある。

[0012] (多段電動遠心圧縮機)

図1は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。図1において、多段電動遠心圧縮機1は、回転シャフト3の軸線CAに沿った断面が概略的に示されている。

本開示の幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機1は、図1に示されるように、回転シャフト3の両端に設けられたインペラ（低圧段インペラ4、高圧段インペラ5）を電動モータ10により駆動するように構成されている。

[0013] 多段電動遠心圧縮機1は、図1に示されるように、回転シャフト3と、回転シャフト3の一方側（図1中右側）に設けられた低圧段インペラ4と、回転シャフト3の他方側（図1中左側）に設けられた高圧段インペラ5と、低圧段インペラ4を収容するように構成された低圧段ハウジング6と、高圧段インペラ5を収容するように構成された高圧段ハウジング7と、低圧段インペラ4により圧縮された圧縮気体を高圧段ハウジング7に供給するためのつ

なぎ配管 8 と、を少なくとも備える。

[0014] 以下、図 1 に示されるように、回転シャフト 3 の軸線 C A が延在する方向を軸方向 X とし、軸線 C A に直交する方向を径方向 Y とする。軸方向 X のうち、高圧段インペラ 5 に対して低圧段インペラ 4 が位置する側（図 1 中右側）を低圧段側 X L とし、低圧段側 X L とは反対側（図 1 中左側）を高圧段側 X H とする。

[0015] （電動モータ）

多段電動遠心圧縮機 1 に搭載される電動モータ 10 は、回転子である回転体 11 と、固定子であるモータステータ 12 と、を含む。回転体 11 は、回転シャフト 3 と、回転シャフト 3 の外周に取り付けられたロータアッセンブリ 13 と、を少なくとも含む。ロータアッセンブリ 13 は、永久磁石 14 を含む。モータステータ 12 は、モータコイル（ステータコイル）121 を含み、不図示の電力源から供給された電力により、永久磁石 14 を搭載した回転体 11 を回転させる磁界を発生させるように構成されている。モータステータ 12 が発生させた磁界（電動モータ 10 が発生させた動力）により回転体 11 が回転すると、回転シャフト 3 に取り付けられたインペラ（低圧段インペラ 4 および高圧段インペラ 5）が連動して回転する。

[0016] 多段電動遠心圧縮機 1 は、低圧段インペラ 4 を回転させることで、低圧段ハウジング 6 の内部に導入された気体を圧縮し、該気体を第 1 の圧力まで加圧する。第 1 の圧力まで加圧された圧縮気体は、つなぎ配管 8 を通じて高圧段ハウジング 7 の内部に導かれる。多段電動遠心圧縮機 1 は、高圧段インペラ 5 を回転させることで、高圧段ハウジング 7 の内部に導入された圧縮気体をさらに圧縮し、該圧縮気体を第 1 の圧力よりも高い第 2 の圧力まで加圧する。

[0017] 多段電動遠心圧縮機 1 は、回転シャフト 3 に装着されたロータアッセンブリ 13 と、ロータアッセンブリ 13 の外周を囲むように配置されたモータステータ 12 と、回転シャフト 3 を回転可能に支持する少なくとも一つの軸受 15 と、少なくとも一つの軸受 15 を収納するように構成された少なくとも

一つの軸受ハウジング１６と、電動モータ１０（モータステータ１２）を収容するように構成されたステータハウジング１７と、をさらに備える。少なくとも一つの軸受ハウジング１６やステータハウジング１７は、軸方向Ｘにおける低圧段ハウジング６と高圧段ハウジング７との間に配置されている。ステータハウジング１７は、軸方向Ｘにおいて少なくとも一つの軸受ハウジング１６に隣接して配置されている。モータステータ１２は、ステータハウジング１７の内部においてステータハウジング１７に支持されている。

[0018] （軸受、軸受ハウジング）

図示される実施形態では、少なくとも一つの軸受１５は、軸方向Ｘにおける低圧段インペラ４とロータアセンブリ１３との間に配置された低圧段側軸受１５Ａと、軸方向Ｘにおける高圧段インペラ５とロータアセンブリ１３との間に配置された高圧段側軸受１５Ｂと、を含む。少なくとも一つの軸受ハウジング１６は、低圧段側軸受１５Ａを収納するように構成された低圧段側軸受ハウジング１６Ａと、高圧段側軸受１５Ｂを収納するように構成された高圧段側軸受ハウジング１６Ｂと、を含む。低圧段側軸受１５Ａは、低圧段側軸受ハウジング１６Ａの内部に形成された軸受支持面１６１に支持されている。高圧段側軸受１５Ｂは、高圧段側軸受ハウジング１６Ｂの内部に形成された軸受支持面１６２に支持されている。

[0019] 低圧段側軸受ハウジング１６Ａは、低圧段ハウジング６よりも高圧段側Ｘ_H、且つステータハウジング１７よりも低圧段側Ｘ_Lに配置されている。低圧段側軸受ハウジング１６Ａは、軸方向Ｘにおいて低圧段側軸受ハウジング１６Ａに隣接して配置される低圧段ハウジング６やステータハウジング１７に、例えば締結ボルトなどの締結部材により、機械的に連結されている。高圧段側軸受ハウジング１６Ｂは、高圧段ハウジング７よりも低圧段側Ｘ_L、且つステータハウジング１７よりも高圧段側Ｘ_Hに配置されている。高圧段側軸受ハウジング１６Ｂは、軸方向Ｘにおいて高圧段側軸受ハウジング１６Ｂに隣接して配置される高圧段ハウジング７やステータハウジング１７に、例えば締結ボルトなどの締結部材により、機械的に連結されている。

[0020] (スリーブ)

図示される実施形態では、多段電動遠心圧縮機 1 は、軸方向 X における低圧段インペラ 4 と低圧段側軸受 15 A との間において、回転シャフト 3 の外周に取り付けられた低圧段側スリーブ 18 A と、軸方向 X における高圧段インペラ 5 と高圧段側軸受 15 B との間において、回転シャフト 3 の外周に取り付けられた高圧段側スリーブ 18 B と、高圧段側軸受 15 B を低圧段側 X L に付勢する与圧バネ 19 と、をさらに備える。上述した回転体 11 は、低圧段側スリーブ 18 A と、高圧段側スリーブ 18 B と、をさらに含む。

[0021] 低圧段側軸受ハウジング 16 A は、低圧段側スリーブ 18 A の外周面に対面する内面（スリーブ対向面）163 と、軸受支持面 161 の低圧段側 X L の端部から径方向における内側に向かって延在し、低圧段側軸受 15 A が係止する係止面 164 と、を有する。内面 163 は、軸受支持面 161 よりも小径に形成されている。高圧段側軸受ハウジング 16 B は、高圧段側スリーブ 18 B の外周面に対面する内面（スリーブ対向面）165 と、軸受支持面 162 の高圧段側 X H の端部から径方向における内側に向かって延在する係止面 166 と、を有する。内面 165 は、軸受支持面 162 よりも小径に形成されている。上述した与圧バネ 19 は、係止面 166 と高圧段側軸受 15 B との間に配置され、高圧段側軸受 15 B に所定の与圧を与えている。

[0022] (低圧段ハウジング、低圧段インペラ)

低圧段ハウジング 6 は、図 1 に示されるように、低圧段ハウジング 6 の外部から内部に気体を導入するための低圧段入口開口 61 と、低圧段ハウジング 6 の内部から外部に気体を排出するための低圧段出口開口 62 と、が形成されている。低圧段ハウジング 6 の内部には、低圧段入口開口 61 から低圧段ハウジング 6 の内部に導入された気体を低圧段インペラ 4 に導くための供給流路 63 と、低圧段インペラ 4 を通過した気体を低圧段出口開口 62 に導くためのスクロール流路 64 と、が形成されている。図示される実施形態では、低圧段入口開口 61 は、軸方向 X における低圧段側 X L に向かって開口している。低圧段出口開口 62 は、軸線 C A に対して交差（例えば、直交）

する方向に向かって開口している。

[0023] 図1に示される実施形態では、低圧段インペラ4は、回転シャフト3の一方側に機械的に連結されたハブ41と、ハブ41の外周面42に設けられた複数のインペラ翼43を有する。低圧段インペラ4は、回転シャフト3の軸線CAを中心として回転シャフト3と一体的に回転可能である。低圧段インペラ4は、軸方向Xに沿って低圧段側XLから送られる気体を径方向Yにおける外側に導くように構成された遠心式のインペラからなる。複数のインペラ翼43の先端44の夫々は、低圧段ハウジング6の凸状に湾曲するシュラウド面65との間に隙間（クリアランス）が形成されている。

[0024] 図1に示される実施形態では、低圧段ハウジング6は、他の部材（図示例では、低圧段側軸受ハウジング16A）と組み合わせられることで、低圧段インペラ4を回転可能に収容する低圧段インペラ室66が形成される。低圧段インペラ室66は、気体の流れ方向の上流側に位置する供給流路63、および気体の流れ方向の下流側に位置するスクロール流路64に連通している。スクロール流路64は、低圧段インペラ4の径方向Yにおける外側を囲むような渦巻き形状を有する。シュラウド面65は、低圧段インペラ室66の一部を画定している。

[0025] （高圧段ハウジング、高圧段インペラ）

高圧段ハウジング7は、図1に示されるように、高圧段ハウジング7の外部から内部に気体を導入するための高圧段入口開口71と、高圧段ハウジング7の内部から外部に気体を排出するための高圧段出口開口72と、が形成されている。高圧段ハウジング7の内部には、高圧段入口開口71から高圧段ハウジング7の内部に導入された気体を高圧段インペラ5に導くための供給流路73と、高圧段インペラ5を通過した気体を高圧段出口開口72に導くためのスクロール流路74と、が形成されている。図示される実施形態では、高圧段入口開口71および高圧段出口開口72の夫々は、軸線CAに対して交差（例えば、直交）する方向に向かって開口している。

[0026] 図1に示される実施形態では、高圧段インペラ5は、回転シャフト3の他

方側に機械的に連結されたハブ51と、ハブ51の外周面52に設けられた複数のインペラ翼53を有する。高圧段インペラ5は、回転シャフト3の軸線CAを中心として回転シャフト3と一体的に回転可能である。高圧段インペラ5は、軸方向Xに沿って高圧段側XHから送られる気体を径方向Yにおける外側に導くように構成された遠心式のインペラからなる。複数のインペラ翼53の先端54の夫々は、高圧段ハウジング7の凸状に湾曲するシュラウド面75との間に隙間（クリアランス）が形成されている。

[0027] 図1に示される実施形態では、高圧段ハウジング7は、他の部材（図示例では、高圧段側軸受ハウジング16B）と組み合わせられることで、高圧段インペラ5を回転可能に収容する高圧段インペラ室76が形成される。高圧段インペラ室76は、気体の流れ方向の上流側に位置する供給流路73、および気体の流れ方向の下流側に位置するスクロール流路74に連通している。スクロール流路74は、高圧段インペラ5の径方向Yにおける外側を囲むような渦巻き形状を有する。シュラウド面75は、高圧段インペラ室76の一部を画定している。

[0028] 低圧段ハウジング6の外部から低圧段入口開口61を通じて、供給流路63に導かれた気体（例えば、空気）は、供給流路63を高圧段側XHに流れた後に、低圧段インペラ4に送られ、低圧段インペラ4の回転により圧縮されて第1の圧力まで加圧される。低圧段インペラ4を通過した圧縮気体（例えば、圧縮空気）は、径方向Yにおける外側に向かいスクロール流路64を流れた後に、低圧段出口開口62から低圧段ハウジング6の外部に排出される。

[0029] （つなぎ配管）

つなぎ配管8は、図1に示されるように、その長さ方向に沿って延びる管状に形成されており、上述した高圧段入口開口71に接続される高圧段側接続部81と、低圧段出口開口62に接続される低圧段側接続部82と、を少なくとも含む。図示される実施形態では、高圧段側接続部81および低圧段側接続部82の夫々は、回転シャフト3の軸線CAに対して交差（図示例で

は直交) する方向に沿って延在している。つなぎ配管 8 は、回転シャフトの軸線 C A に沿って延在する中間部 8 3 と、低圧段側接続部 8 2 と中間部 8 3 とを繋ぐ曲り形状を有する低圧段側湾曲部 8 4 と、高圧段側接続部 8 1 と中間部 8 3 とを繋ぐ曲り形状を有する高圧段側湾曲部 8 5 と、をさらに含む。図 1 においては、つなぎ配管 8 における各部の境界を二点鎖線で示している。つなぎ配管 8 における各部は、別々の部材により構成されていてもよいし、単一材料から一体的に形成されていてもよい。

[0030] 低圧段ハウジング 6 の低圧段出口開口 6 2 から排出された圧縮気体は、つなぎ配管 8 を低圧段側接続部 8 2 から高圧段側接続部 8 1 に向かって流れた後に、高圧段ハウジング 7 の高圧段入口開口 7 1 を通じて、供給流路 7 3 に導かれる。供給流路 7 3 に導かれた圧縮気体は、高圧段インペラ 5 に送られ、高圧段インペラ 5 の回転により圧縮されて第 1 の圧力よりも高い第 2 の圧力まで加圧される。高圧段インペラ 5 を通過した圧縮気体は、径方向 Y における外側に向かいスクロール流路 7 4 を流れた後に、高圧段出口開口 7 2 から高圧段ハウジング 7 の外部に排出される。

[0031] 図示される実施形態では、多段電動遠心圧縮機 1 は、燃料電池車用の多段電動遠心圧縮機からなる。このため、多段電動遠心圧縮機 1 は、高圧段インペラ 5 により圧縮された圧縮気体を燃料電池 2 0 に供給するための圧縮気体供給ライン 2 1 をさらに備える。燃料電池 2 0 は、例えば、固体酸化物型燃料電池 (S O F C) からなり、空気極 2 0 1 と、燃料極 2 0 2 と、空気極 2 0 1 および燃料極 2 0 2 の間に設けられた固体電解質 2 0 3 と、を有する。高圧段ハウジング 7 の高圧段出口開口 7 2 から排出された圧縮気体は、高圧段出口開口 7 2 と燃料電池 2 0 の空気極 2 0 1 とを繋ぐ圧縮気体供給ライン 2 1 を通じて、燃料電池 2 0 に供給される。なお、本開示は、燃料電池車用以外の多段電動遠心圧縮機、例えば、エンジンなどの内燃機関に送られる燃焼用気体を加圧する内燃機関用の多段電動遠心圧縮機に適用してもよい。すなわち、圧縮気体供給ライン 2 1 は、高圧段ハウジング 7 の高圧段出口開口 7 2 と不図示の内燃機関とを繋ぐように構成されていてもよい。

[0032] 幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 は、図 1 に示されるように、回転シャフト 3 と、回転シャフト 3 の一方側（低圧段側 X L）に設けられた低圧段インペラ 4 と、回転シャフト 3 の他方側（高圧段側 X H）に設けられた高圧段インペラ 5 と、高圧段インペラ 5 を収納する高圧段ハウジング 7 と、低圧段インペラ 4 により圧縮された圧縮気体を高圧段ハウジング 7 に供給するためのつなぎ配管 8 と、を少なくとも備える。上述した高圧段ハウジング 7 は、回転シャフト 3 の軸線 C A に対して交差（例えば、直交）する方向に向かって開口する高圧段入口開口 7 1 を有する。上述したつなぎ配管 8 は、高圧段入口開口 7 1 に接続される高圧段側接続部 8 1 を含む。

[0033] 上記の構成によれば、高圧段ハウジング 7 には、回転シャフト 3 の軸線 C A に対して交差する方向に向かって高圧段入口開口 7 1 が開口し、この高圧段入口開口 7 1 につなぎ配管 8 の高圧段側接続部 8 1 が接続されている。このため、低圧段インペラ 4 により圧縮された圧縮気体は、つなぎ配管 8 を通じて、高圧段ハウジング 7 の外周側（径方向 Y における外側）から高圧段ハウジング 7 の内部に供給される。この場合には、高圧段ハウジング 7 に回転シャフト 3 の軸方向 X に沿って圧縮気体が導入される場合に比べて、つなぎ配管 8 や高圧段ハウジング 7 の上記軸方向 X における長さを短いものにすることができる。これにより、多段電動遠心圧縮機 1 の上記軸方向 X における長さを短いものにすることができるので、多段電動遠心圧縮機 1 の小型化および軽量化を図ることができる。

[0034] 図 2 は、図 1 に示されるつなぎ配管の高圧段接続部および高圧段ハウジングを軸方向における高圧段側から見た断面を概略的に示す概略断面図である。図 3 は、図 1 に示されるつなぎ配管の高圧段接続部の形状を説明するための説明図である。

幾つかの実施形態では、図 3 に示されるように、上述した高圧段側接続部 8 1 の流路断面（例えば、流路断面 8 1 3、8 1 4）は、回転シャフト 3 の軸線 C A に対して直交する方向に沿って長手方向 L D を有し、且つ長手方向 L D の両端側に形成された凸湾曲部 8 1 1、8 1 2 を含む。

[0035] 図示される実施形態では、図2に示されるように、上述した高圧段側接続部81は、高圧段入口開口71側に向かうにつれて、その流路断面積が大きくなる拡大領域EAを有する。この拡大領域EAは、高圧段側接続部81の内壁面810により画定される。図2に示される実施形態では、高圧段側接続部81は、高圧段入口開口71に接続される一方側が拡大領域EAの終点P2となり、上記一方側とは反対側が拡大領域EAの始点P1となっている。上記流路断面813は、拡大領域EAの始点P1における流路断面であり、上記流路断面814は、拡大領域EAの終点P2における流路断面である。

[0036] 上記の構成によれば、高圧段側接続部81の流路断面は、回転シャフト3の軸線CAに対して直交する方向に沿って長手方向LDを有し、且つ長手方向LDの両端側に形成された凸湾曲部811、812を含む。この場合には、高圧段側接続部81の流路断面が、長手方向LDに沿って延びる長円形状であるため、高圧段側接続部81が回転シャフト3の軸方向Xに大きくなることを抑制しつつ、高圧段側接続部81の流路面積を大きなものにすることができる。高圧段側接続部81の流路面積を大きなものとするこゝで、高圧段ハウジング7に必要な量の圧縮気体を供給できる。また、高圧段側接続部81の流路断面が長円形状であるため、仮に上記流路断面が矩形などの多角形状である場合に比べて、高圧段側接続部81を流れる圧縮気体の圧力損失を抑制できる。

[0037] 幾つかの実施形態では、図3に示されるように、上述した高圧段側接続部81の流路断面（例えば、流路断面813、814）は、回転シャフト3の軸線CAに沿って短手方向SDを有する。この場合には、高圧段側接続部81の流路断面を、軸線CAに沿って短手方向SDを有する形状にすることで、高圧段側接続部81の回転シャフト3の軸方向Xにおける長さを短いものとすることができ、ひいては多段電動遠心圧縮機1の小型化および軽量化を図ることができる。

[0038] 幾つかの実施形態では、図3に示されるように、上述した高圧段側接続部

８１の流路断面（例えば、流路断面８１３、８１４）は、一对の凸湾曲部８１１、８１２の端部同士を繋ぐ直線部８１５をさらに含む。直線部８１５は、長手方向ＬＤに所定の長さＬ１を有し、その短手方向ＳＤにおける長さが等しくなっている。この場合には、高圧段側接続部８１の流路断面が直線部８１５を含むことにより、高圧段側接続部８１を流れる圧縮気体の、高圧段入口開口７１側に向かう速度成分を大きなものとすることができるため、高圧段入口開口７１から高圧段インペラ５に圧縮気体をスムーズに流入させることができる。これにより、高圧段側接続部８１と高圧段入口開口７１との接続部における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0039] 幾つかの実施形態では、図２、３に示されるように、上述した高圧段側接続部８１の流路断面は、高圧段入口開口７１側に向かうにつれて長手方向ＬＤの長さが大きくなるように形成された。図示される実施形態では、流路断面８１４（拡大領域ＥＡの終点Ｐ２）における長手方向ＬＤの長さが、流路断面８１３（拡大領域ＥＡの始点Ｐ１）における長手方向ＬＤの長さよりも大きくなっている。これに対して、拡大領域ＥＡの始点Ｐ１から終点Ｐ２までに亘り短手方向ＳＤの長さの変動は少なく、長手方向ＬＤの長さが大きくなることで、流路断面積が拡大している。

[0040] 上記の構成によれば、高圧段側接続部８１の流路断面を、高圧段入口開口７１側に向かうにつれて長手方向の長さが大きくなるように形成することで、高圧段側接続部８１の内壁面８１０に沿って流れる圧縮気体をそのまま、高圧段ハウジング７の供給流路７３を画定する内壁面７７に沿って流すことができる。圧縮気体を高圧段ハウジング７の内壁面７７に沿って流すことで、圧縮気体の内壁面７７からの剥離を抑制できるため、高圧段ハウジング７の供給流路７３における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0041] 幾つかの実施形態では、図２に示されるように、上述した高圧段入口開口７１は、供給流路７３の外周側を画定する内周壁面７７２に形成されている。上述した高圧段側接続部８１の内壁面８１０と、高圧段ハウジング７の内周壁面７７２とは、なだらかに接続している。ここで、「なだらかに接続し

ている」とは、内壁面 77 と内周壁面 772 との境界に角部が形成されておらず、丸みを帯びていることを意味する。図示される実施形態では、内壁面 810 は、凸湾曲形状を有している。なお、高圧段側接続部 81 と高圧段入口開口 71 との接続部における圧縮気体の圧力損失を低減するためには、内周壁面 772 の内壁面 77 に接続される部分の曲率を可能な限り大きくすることが好ましい。上記の構成によれば、高圧段側接続部 81 の内壁面 810 と、高圧段ハウジング 7 の内周壁面 772 とが、なだらかに接続しているため、高圧段側接続部 81 と高圧段入口開口 71 との接続部における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0042] 幾つかの実施形態では、図 3 に示されるように、上述した高圧段側接続部 81 の流路断面は、高圧段入口開口 71 側に向かうにつれて凸湾曲部 811、812 の最大曲率が大きくなるように形成された。図示される実施形態では、流路断面 814（拡大領域 E A の終点 P 2）における凸湾曲部 811、812 の最大曲率 R 2 が、流路断面 813（拡大領域 E A の始点 P 1）における凸湾曲部 811、812 の最大曲率 R 1 よりも大きくなっている。図示される実施形態では、流路断面 813 における凸湾曲部 811、812 の夫々は、直線部 815 との接続端から長手方向 L D の一端までに亘り、その曲率が等しくなるように形成されている。これに対して、流路断面 814 における凸湾曲部 811、812 の夫々は、直線部 815 との接続端 816、818 から長手方向 L D の一端 817、819 に向かうにつれて、その曲率が大きくなるように形成されている。或る実施形態では、最大曲率 R 2 は、最大曲率 R 1 の 2 倍以上になっている。

[0043] 上記の構成によれば、高圧段側接続部 81 の流路断面を、高圧段入口開口 71 側に向かうにつれて凸湾曲部 811、812 の最大曲率が大きくなるように形成することで、高圧段側接続部 81 を流れる圧縮気体を滑らかに高圧段入口開口 71 に導くことができる。これにより、高圧段側接続部 81 と高圧段入口開口 71 との接続部における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0044] 幾つかの実施形態では、図 1 に示されるように、上述したつなぎ配管 8 は

、上述した高压段側接続部 8 1 と、上述した低压段側接続部 8 2 と、上述した中間部 8 3 と、上述した低压段側湾曲部 8 4 と、上述した高压段側湾曲部 8 5 と、を含む。そして、少なくとも低压段側接続部 8 2 の流路断面は、円形状に形成されている。図示される実施形態では、低压段側接続部 8 2 だけでなく、低压段側接続部 8 2 および中間部 8 3 の夫々における流路断面が円形状に形成されている。また、高压段側湾曲部 8 5 において、流路断面が円形状から長円形状に遷移している。

[0045] 低压段ハウジング 6 からつなぎ配管 (8) に送られる圧縮気体は、旋回成分を有している。上記の構成によれば、つなぎ配管 8 における少なくとも低压段側接続部 8 2 の流路断面を円形状にすることで、つなぎ配管 8 を流れる旋回成分を有する圧縮気体の圧力損失を低減できる。なお、低压段側接続部 8 2 や中間部 8 3 の流路断面を円形状にすることで、つなぎ配管 8 を流れる旋回成分を有する圧縮気体の圧力損失をさらに低減できる。

[0046] 図 4 は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機におけるつなぎ配管の近傍を概略的に示す概略図である。図 4 において、多段電動遠心圧縮機 1 は、回転シャフト 3 の軸線 C A に沿った断面が概略的に示されている。

幾つかの実施形態では、図 4 に示されるように、上述した多段電動遠心圧縮機 1 は、つなぎ配管 8 内の圧縮気体と、上記圧縮気体を冷却するための冷却液 (例えば、冷却水) と、の間に熱交換を行うように構成された冷却装置 8 6 をさらに備える。低压段インペラ 4 により圧縮された圧縮気体は、冷却装置 8 6 により冷却された後に、高压段インペラ 5 に供給されるようになっている。

[0047] 図示される実施形態では、冷却装置 8 6 は、冷却媒体としての冷却液を循環させる冷却液循環ライン 8 6 1 と、冷却液を送るよう構成された冷却液循環ポンプ 8 6 2 と、冷却液を冷却するよう構成されたラジエータ 8 6 3 と、を含む。冷却液循環ライン 8 6 1 は、つなぎ配管 8 内の圧縮気体と冷却液との間に熱交換を行う熱交換部 8 6 4 を有している。冷却液循環ポンプ 8 6 2 は、冷却液循環ライン 8 6 1 における熱交換部 8 6 4 よりも冷却液の流

れ方向の上流側に配置され、冷却液を下流側に送るようになっている。ラジエータ 863 は、冷却液循環ライン 861 における熱交換部 864 よりも冷却液の流れ方向の上流側に配置され、圧縮気体との熱交換により昇温した冷却液を冷却するようになっている。これにより、熱交換部 864 における冷却液は、熱交換対象であるつなぎ配管 8 内の圧縮気体よりも低温になっている。なお、冷却装置 86 は、つなぎ配管 8 内の圧縮気体と冷却液との間で熱交換が可能であればよく、図示される実施形態に限定されない。

[0048] 上記の構成によれば、冷却装置 86 におけるつなぎ配管 8 内の圧縮気体と冷却液との熱交換により、つなぎ配管 8 を流れる圧縮気体が冷却される。冷却装置 86 により高圧段インペラ 5 に送られる圧縮気体の温度を低いものにするすることで、高圧段インペラ 5 を通過後の圧縮気体の高温化を抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 1 の高圧段における圧縮比の向上を図ることができる。また、高圧段インペラ 5 を通過後の圧縮気体の高温化を抑制することで、高圧段インペラ 5 の背面 57 に面する空間 24 に存在する気体の高温化を抑制できるため、高圧段インペラ 5 の背面 57 から軸受 15（特に高圧段側グリース封入軸受 15B）への入熱量を低減できる。これにより、軸受 15 の熱による劣化を抑制できるため、軸受 15 の寿命および耐久性を向上できる。

[0049] 幾つかの実施形態では、図 1 に示されるように、上述した高圧段ハウジング 7 は、高圧段入口開口 71 から供給された圧縮気体を高圧段インペラ 5 に導くための供給流路 73 を画定する内壁面 77 を含む。この内壁面 77 は、供給流路 73 の高圧段インペラ 5 とは反対側（高圧段側 XH）を画定する内端壁面 771 と、供給流路 73 の外周側（径方向 Y における外側）を画定する内周壁面 772 と、を含む。上述した高圧段ハウジング 7 は、内端壁面 771 から高圧段インペラ 5 に向かって突出する案内凸部 78 をさらに含む。図示される実施形態では、案内凸部 78 は、その外周面が凹湾曲状に形成されている。

[0050] 上記の構成によれば、内端壁面 771 から高圧段インペラ 5 に向かって突

出する案内凸部 78 により、高圧段ハウジング 7 の供給流路 73 を流れる圧縮気体を高圧段インペラ 5 に案内できる。例えば、内端壁面 771 に沿って径方向 Y における内側に向かって流れる圧縮気体の流れを、案内凸部 78 の外周面に沿わせることで曲げて、軸方向 X における低圧段側 XL に向かう流れに変えることができる。この場合には、案内凸部 78 により、高圧段インペラ 5 に軸方向に沿って圧縮気体を導入できるため、仮に高圧段インペラ 5 に径方向における外側から圧縮気体を導入する場合に比べて、多段電動遠心圧縮機 1 の効率を向上できる。

[0051] 図 5 は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。図 6 は、図 5 に示される高圧段ハウジングを軸方向における高圧段側から見た断面を概略的に示す概略断面図である。図 5 において、多段電動遠心圧縮機 1 は、回転シャフト 3 の軸線 CA に沿った断面が概略的に示されている。

幾つかの実施形態では、図 5 に示されるように、上述した内周壁面 772 は、高圧段入口開口 71 が形成されている入口側内周壁面 773 と、高圧段入口開口 71 とは反対側に位置する反対側内周壁面 774 と、を有する。上述した高圧段ハウジング 7 は、反対側内周壁面 774 から突出する旋回防止板 79 を含む。

[0052] 図 6 に示されるように、高圧段ハウジング 7 を軸方向 X における高圧段側 XH から見た断面において、高圧段入口開口 71 の中心 P3 と回転シャフト 3 の軸線 CA とを通過する基準線 RL と、反対側内周壁面 774 との交点 P4 の位置を 0° 位置とし、上記軸線 CA を中心とした時計回りを正方向とし、上記 0° 位置に対する上記正方向における回転シャフト 3 の周方向の角度を θ と定義する。上述した旋回防止板 79 の軸線 CA に最も近い先端 791 は、 $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の範囲に存在している。図示される実施形態では、旋回防止板 79 は、先端 791 に向かうに連れて幅寸法が小さくなるように傾斜する外面（傾斜面）792 を有する。

[0053] 図 6 には、高圧段インペラ 5 の前縁 55 のチップ端 56 を、高圧段インペ

ラ5の入口に相当するものとして図示している。図6に示されるように、供給流路73を時計回り方向又は反時計回り方向の何れかの方向に内周壁面772に沿って流れる圧縮気体の流れを、旋回防止板79の外周面792に沿わせることで曲げて、高圧段インペラ5の入口に向かう流れに変えることができる。仮に高圧段ハウジング7が旋回防止板79を含まない場合には、供給流路73を時計回り方向に内周壁面772に沿って流れる圧縮気体と、供給流路73を反時計回り方向に内周壁面772に沿って流れる圧縮気体と、が衝突してしまうので、供給流路73における圧力損失の招く虞がある。

[0054] 上記の構成によれば、旋回防止板79により、高圧段ハウジング7の供給流路73を回転シャフト3の周方向における一方向に向かって流れる圧縮気体と、供給流路73を上記周方向における上記一方向とは反対方向に向かって流れる圧縮気体とが、衝突することを抑制できる。また、旋回防止板79により、反対側内周壁面774に沿って流れる圧縮気体を高圧段インペラ5が位置する径方向における内側に案内することで、高圧段入口開口71から流入した圧縮気体をスムーズに高圧段インペラ5に導くことができる。これにより、高圧段ハウジング7の供給流路73における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0055] 幾つかの実施形態では、図6に示されるように、上述した旋回防止板79の先端791は、高圧段インペラ5の前縁55のチップ端56（高圧段インペラ5の入口に相当）よりも回転シャフト3の外周側に位置する。

[0056] 仮に旋回防止板79の先端791が、高圧段インペラ5の前縁55のチップ端56よりも回転シャフト3の内周側に位置していると、旋回防止板79に案内されて高圧段インペラ5に導入される圧縮気体の、径方向における内側に向かう速度成分が大きなものとなるため、高圧段インペラ5における圧縮効率が低下する虞がある。上記の構成によれば、旋回防止板79の先端791が、高圧段インペラ5の前縁55のチップ端56よりも回転シャフト3の外周側に位置するので、旋回防止板79に案内されて高圧段インペラ5に導入される圧縮気体の、径方向における内側に向かう速度成分を小さなもの

とすることができる。これにより、高圧段インペラ 5 における圧縮効率の低下を抑制できる。

[0057] 図 6 に示されるように、高圧段ハウジング 7 を軸方向 X における高圧段側 XH から視た断面において、旋回防止板 7 9 の先端 7 9 1 の回転シャフト 3 の軸線 CA からの距離を L_2 とし、チップ端 5 6 の半径（軸線 CA からの長さ）を R_3 と定義する。上記 L_2 が大きすぎると、旋回防止板 7 9 の反対側内周壁面 7 7 4 からの突出長さが小さくなるため、旋回防止板 7 9 により圧縮気体の流れを変えることが困難となる。また、上記 L_2 が小さすぎると、上述したように、旋回防止板 7 9 に案内されて高圧段インペラ 5 に導入される圧縮気体の、径方向における内側に向かう速度成分が大きくなるため、高圧段インペラ 5 における圧縮効率が低下する虞がある。このため、上記 L_2 は、 $1.5 R_3 \leq L_2 \leq 2.5 R_3$ の条件を満たすことが好ましい。

[0058] 以下の幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 の夫々は、独立して実施可能である。例えば、高圧段入口開口 7 1 が軸方向 X における高圧段側 XH に向かって開口している多段電動遠心圧縮機などにも適用可能である。なお、以下の幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 の夫々は、互いの構成を組み合わせてもよいし、上述した幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 の構成を組み合わせてもよい。

[0059] （グリース封入軸受）

図 7 は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機における高圧段ハウジングの近傍を概略的に示す概略図である。図 8 は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。図 9 は、図 8 における高圧段側スリーブ近傍の概略断面図である。図 10 は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。図 11 は、図 10 における高圧段側スリーブ近傍の概略断面図である。図 7、8 および 10 において、多段電動遠心圧縮機 1 は、回転シャフト 3 の軸線 CA に沿った断面が概略的に示されており、上述したつなぎ配管 8 は省略されている。

幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 は、図 5、8、10 に示されるように、回転シャフト 3 と、回転シャフト 3 の一方側（低圧段側 X L）に設けられた低圧段インペラ 4 と、回転シャフト 3 の他方側（高圧段側 X H）に設けられた高圧段インペラ 5 と、回転シャフト 3 を回転可能に支持するとともに、高圧段インペラ 5 と前記低圧段インペラ 4 の間に配置された少なくとも一つの軸受 15 と、少なくとも一つの軸受 15 を収容する軸受ハウジング 16 と、を備える。少なくとも一つの軸受 15 は、高圧段インペラ 5 と電動モータ 10（ロータアセンブリ 13）との間に配置された高圧段側グリース封入軸受 15 B を含む。換言すると、上述した高圧段側軸受 15 B は、予めグリースを封入したグリース封入式の軸受からなる。図示される実施形態では、軸受ハウジング 16 は、高圧段側グリース封入軸受 15 B を収納する高圧段側軸受ハウジング 16 B を含む。

[0060] 上記の構成によれば、多段電動遠心圧縮機 1 は、予めグリースを封入した高圧段側グリース封入軸受 15 B を備える。この場合には、高圧段側グリース封入軸受 15 B にグリースを供給する必要がないため、高圧段側グリース封入軸受 15 B 周りの部品（例えば、高圧段側軸受ハウジング 16 B）の構造を簡素化することができ、ひいては多段電動遠心圧縮機 1 の小型化および軽量化を図ることができる。

[0061] 幾つかの実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機 1 では、図 5、8、10 に示されるように、上述した少なくとも一つの軸受 15 は、上述した高圧段側グリース封入軸受 15 B と、低圧段インペラ 4 と電動モータ 10（ロータアセンブリ 13）との間に配置された低圧段側グリース封入軸受 15 A をさらに含む。換言すると、上述した低圧段側軸受 15 A は、予めグリースを封入したグリース封入式の軸受からなる。図示される実施形態では、軸受ハウジング 16 は、上述した高圧段側軸受ハウジング 16 B と、低圧段側グリース封入軸受 15 A を収納する低圧段側軸受ハウジング 16 A と、を含む。

[0062] 上記の構成によれば、多段電動遠心圧縮機 1 は、予めグリースを封入した低圧段側グリース封入軸受 15 A を備える。この場合には、低圧段側グリー

ス封入軸受 15 A にグリースを供給する必要がないため、低压段側グリース封入軸受 15 A 周りの部品（例えば、低压段側軸受ハウジング 16 A）の構造を簡素化することができ、ひいては多段電動遠心圧縮機 1 の小型化および軽量化を図ることができる。

[0063] 高压段側グリース封入軸受 15 B や低压段側グリース封入軸受 15 A の熱による劣化を抑制するために、これらの軸受 15 A、15 B への高压段インペラ 5 や低压段インペラ 4 の背面からの熱の伝達を抑制するための機構を設けることが望ましい。

[0064] （軸受ハウジングの冷却通路）

幾つかの実施形態では、図 5 に示されるように、上述した軸受ハウジング 16（高压段側軸受ハウジング 16 B）は、回転シャフト 3 の軸方向 X において、高压段側グリース封入軸受 15 B と高压段インペラ 5 との間に形成された冷却通路 91 を有する。図示される実施形態では、冷却通路 91 は、高压段側スリーブ 18 B の外周側に位置している。冷却通路 91 は、回転シャフト 3 の周方向に沿って延在している。冷却通路 91 は、軸線 C A に直交する方向に沿った断面において、環状に形成されていてもよいし、円弧状に形成されていてもよい。なお、図示される実施形態では、冷却通路 91 には、気体（例えば、空気）が充填されているが、冷却通路 91 には冷却水が充填されていてもよい。多段電動遠心圧縮機 1 は、冷却通路 91 に冷却水を供給するための不図示の冷却水供給ラインを備えていてもよい。

[0065] 上記の構成によれば、軸受ハウジング 16（高压段側軸受ハウジング 16 B）は、回転シャフト 3 の軸方向 X において、高压段側グリース封入軸受 15 B と高压段インペラ 5 との間に形成された冷却通路 91 を有する。このため、冷却通路 91 により、高压段インペラ 5 の背面 57 から高压段側グリース封入軸受 15 B への熱の伝達を抑制できる。これにより、高压段側グリース封入軸受 15 B の熱による劣化を抑制できるため、高压段側グリース封入軸受 15 B の寿命および耐久性を向上できる。

[0066] なお、冷却通路 91 の径方向 Y における内側端は、高压段側軸受ハウジン

グ 1 6 B の内面 1 6 5 の近傍に位置することが好ましい。これにより、高圧段インペラ 5 や高圧段インペラ 5 の背面 5 7 に面する空間 2 4 に存在する気体からの熱が、高圧段側スリーブ 1 8 B や、高圧段側スリーブ 1 8 B の外周面 1 8 1（図 9 参照）と上記内面 1 6 5 との間に形成される隙間 2 5（図 9 参照）を通じて、高圧段側軸受ハウジング 1 6 B に伝達することを効果的に抑制できる。

[0067] 上述した冷却通路を低圧段側に形成してもよい。幾つかの実施形態では、図 5 に示されるように、上述した軸受ハウジング 1 6（低圧段側軸受ハウジング 1 6 A）は、回転シャフト 3 の軸方向 X において、低圧段側グリース封入軸受 1 5 A と低圧段インペラ 4 との間に形成された冷却通路 9 2 を有する。図示される実施形態では、冷却通路 9 2 は、低圧段側グリース封入軸受 1 5 A の外周側に位置している。冷却通路 9 2 は、回転シャフト 3 の周方向に沿って延在している。冷却通路 9 2 は、軸線 C A に直交する方向に沿った断面において、環状に形成されていてもよいし、円弧状に形成されていてもよい。なお、図示される実施形態では、冷却通路 9 2 には、気体（例えば、空気）が充填されているが、冷却通路 9 2 には冷却水が充填されていてもよい。多段電動遠心圧縮機 1 は、冷却通路 9 2 に冷却水を供給するための不図示の冷却水供給ラインを備えていてもよい。

[0068] 上記の構成によれば、軸受ハウジング 1 6（低圧段側軸受ハウジング 1 6 A）は、回転シャフト 3 の軸方向 X において、低圧段側グリース封入軸受 1 5 A と低圧段インペラ 4 との間に形成された冷却通路 9 2 を有する。このため、冷却通路 9 2 により、低圧段インペラ 4 の背面から低圧段側グリース封入軸受 1 5 A への熱の伝達を抑制できる。これにより、低圧段側グリース封入軸受 1 5 A の熱による劣化を抑制できるため、低圧段側グリース封入軸受 1 5 A の寿命および耐久性を向上できる。

[0069]（高圧段ハウジングの冷却通路）

幾つかの実施形態では、図 7 に示されるように、上述した高圧段ハウジング 7 は、高圧段インペラ 5 よりも回転シャフト 3 の外周側に形成された高圧

段側冷却通路 70 を有する。高圧段側冷却通路 70 には、高圧段ハウジング 7 よりも低温の熱媒体（例えば、冷却液）が流通するようになっており、高圧段ハウジング 7 内の高圧段インペラ 5 に供給された圧縮気体から、高圧段ハウジング 7 を介して、高圧段側冷却通路 70 に熱が移動するようになっている。図示される実施形態では、高圧段側冷却通路 70 は、スクロール流路 64 の径方向における内側を形成する面とシュラウド面 65 との間に形成されている。

[0070] 図 7 に示される実施形態では、高圧段側冷却通路 70 は、回転シャフト 3 の周方向に沿って延在する環状に形成されている。なお、高圧段側冷却通路 70 は、回転シャフト 3 の周方向に沿って延在する円弧状に形成されていてもよい。高圧段ハウジング 7 は、冷却液が高圧段側冷却通路 70 に流入するための入口通路 701 と、高圧段側冷却通路 70 から冷却液を排出するための出口通路 702 と、をさらに有する。入口通路 701 は、高圧段ハウジング 7 の外面に形成された冷却液導入口 703 と、高圧段側冷却通路 70 と、を冷却液が流通可能に接続している。出口通路 702 は、高圧段ハウジング 7 の外面に形成された冷却液排出口 704 と、高圧段側冷却通路 70 と、を冷却液が流通可能に接続している。

[0071] また、図 7 に示される実施形態では、多段電動遠心圧縮機 1 は、高圧段側冷却通路 70 に冷却液を送るための冷却液供給ライン 705 と、冷却液を貯留するように構成された冷却液貯留装置（冷却液貯留タンク） 706 と、冷却液供給ライン 705 における下流側に冷却液を送るように構成された冷却液循環ポンプ 707 と、を備える。冷却液貯留装置 706 は、冷却液供給ライン 705 における冷却液循環ポンプ 707 よりも上流側に配置されている。冷却液供給ライン 705 の下流端は、入口通路 701 の冷却液導入口 703 に接続されている。冷却液循環ポンプ 707 が冷却液を冷却液供給ライン 705 における下流側に送ることで、冷却液が入口通路 701 を通じて高圧段側冷却通路 70 に流入する。高圧段側冷却通路 70 に流入した冷却液は、高圧段側冷却通路 70 を回転シャフト 3 の周方向に沿って流れた後に、出口

通路 702 を通じて、冷却液排出口 704 から高圧段ハウジング 7 の外部に排出される。なお、冷却液排出口 704 から高圧段ハウジング 7 の外部に排出された冷却液を熱交換器などで冷却した後に再度、入口通路 701 を通じて高圧段側冷却通路 70 に流入させる構成にしてもよい。

[0072] 上記の構成によれば、高圧段側冷却通路 70 により、高圧段ハウジング 7 内の高圧段インペラ 5 に供給された圧縮気体を冷却でき、高圧段インペラ 5 を通過後の圧縮気体の高温化を抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 1 の高圧段における圧縮比の向上を図ることができる。また、高圧段インペラ 5 を通過後の圧縮気体の高温化を抑制することで、高圧段インペラ 5 の背面 57 に面する空間 24 に存在する気体の高温化を抑制できるため、高圧段インペラ 5 の背面 57 から軸受 15（例えば高圧段側グリース封入軸受 15B）への入熱量を低減できる。これにより、軸受 15 の熱による劣化を抑制できるため、軸受 15 の寿命および耐久性を向上できる。

[0073] （圧力抜き孔）

幾つかの実施形態では、図 8 に示されるように、上述した高圧段側軸受ハウジング 16B（軸受ハウジング 16）は、第 1 圧力抜き孔 93 を有する。第 1 圧力抜き孔 93 は、回転シャフト 3 を含む回転体 11 の外周面に対面する高圧段側軸受ハウジング 16B の内面 165 に形成された第 1 の内側開口 931 と、高圧段側軸受ハウジング 16B の外面 168 に形成された第 1 の外側開口 932 と、を有する。第 1 の内側開口 931 は、回転シャフト 3 の軸方向 X における高圧段側グリース封入軸受 15B と、高圧段インペラ 5 との間に形成されている。

[0074] 図 9 に示されるように、高圧段インペラ 5 の背面 57 と、この背面 57 に対面する高圧段側軸受ハウジング 16B の高圧段側面 167 と、の間には、空間 24 が形成されている。また、高圧段側スリーブ 18B の外周面 181 と、この外周面 181 に対面する高圧段側軸受ハウジング 16B の内面 165 と、の間には、隙間 25 が形成されている。この隙間 25 は、空間 24 に連通している。

- [0075] 図示される実施形態では、図9に示されるように、高压段側スリーブ18Bの外周面181には、第1のシール部材（例えば、環状のシールリング）22が嵌合する第1の環状溝182と、第2のシール部材（例えば、環状のシールリング）23が嵌合する第2の環状溝183と、を有する。第2の環状溝183は、第1の環状溝182よりも軸方向Xにおける低压段側XL（図9中右側）に形成されている。第1のシール部材22および第2のシール部材23の夫々は、その外面が高压段側スリーブ18Bの外周面181に当接しており、上記隙間25を複数に分断している。また、図示される実施形態では、第1の内側開口931は、軸方向Xにおける第1の環状溝182と第2の環状溝183との間に位置している。
- [0076] 高压段インペラ5が回転すると、上記空間24に存在する気体は、昇温、昇圧する。上記空間24に存在する気体が、隙間25を通過して高压段側グリース封入軸受15Bに流れると、高压段側グリース封入軸受15Bが熱により劣化する虞がある。
- [0077] 上記の構成によれば、高压段側軸受ハウジング16B（軸受ハウジング16）は、上記内面165に形成された第1の内側開口931と、上記外面168に形成された第1の外側開口932と、を有する第1圧力抜き孔93を有する。第1の内側開口931は、回転シャフト3の軸方向における、高压段側グリース封入軸受15Bと高压段インペラ5との間に形成されている。この場合には、高压段インペラ5の背面57に面する空間24からの圧力漏れを、第1圧力抜き孔93を通じて、高压段側軸受ハウジング16B（軸受ハウジング16）の外部に流すことができる。図示例では、上記空間24から第1のシール部材22と第2のシール部材23との区切られた隙間25に漏れ出た高温高压の気体を、高压段側軸受ハウジング16Bの外部に存在する空気との圧力差により、第1の内側開口931を通じて第1圧力抜き孔93に導き、第1の外側開口932から高压段側軸受ハウジング16Bの外部に排出する。この場合には、高压段インペラ5の背面57に面する空間24からの圧力漏れが、高压段側グリース封入軸受15Bに流れることを抑制で

きる。これにより、高圧段側グリース封入軸受 15 B の熱による劣化を抑制できるため、高圧段側グリース封入軸受 15 B の寿命および耐久性を向上できる。

[0078] 上述した圧力抜き孔を低圧段側に形成してもよい。幾つかの実施形態では、図 8 に示されるように、上述した低圧段側軸受ハウジング 16 A（軸受ハウジング 16）は、第 2 圧力抜き孔 94 を有する。第 2 圧力抜き孔 94 は、回転シャフト 3 を含む回転体 11 の外周面（図示例では、低圧段側スリーブ 18 A の外周面 184）に対面する高圧段側軸受ハウジング 16 B の内面 163 に形成された第 2 の内側開口 941 と、低圧段側軸受ハウジング 16 A の外面 169 に形成された第 2 の外側開口 942 と、を有する。第 2 の内側開口 941 は、回転シャフト 3 の軸方向 X における低圧段側グリース封入軸受 15 A と、高圧段インペラ 5 との間に形成されている。第 2 の内側開口 941 は、第 1 の内側開口 931 と同様に、軸方向 X において、低圧段側スリーブ 18 A に装着される二つのシール部材の間に形成されていてもよい。

[0079] 上記の構成によれば、低圧段側軸受ハウジング 16 A（軸受ハウジング 16）は、上記内面 163 に形成された第 2 の内側開口 941 と、上記外面 169 に形成された第 2 の外側開口 942 と、を有する第 2 圧力抜き孔 94 を有する。第 2 の内側開口 941 は、回転シャフト 3 の軸方向における、低圧段側グリース封入軸受 15 A と低圧段インペラ 4 との間に形成されている。この場合には、低圧段インペラ 4 の背面に面する空間からの圧力漏れを、第 2 圧力抜き孔 94 を通じて、低圧段側軸受ハウジング 16 A（軸受ハウジング 16）の外部に流すことができる。この場合には、低圧段インペラ 4 の背面に面する空間からの圧力漏れが、低圧段側グリース封入軸受 15 A に流れることを抑制できる。これにより、低圧段側グリース封入軸受 15 A の熱による劣化を抑制できるため、低圧段側グリース封入軸受 15 A の寿命および耐久性を向上できる。

[0080] なお、他の幾つかの実施形態では、第 1 圧力抜き孔 93 や第 2 圧力抜き孔 94 から強制的に吸引してもよい。例えば、多段電動遠心圧縮機 1 は、不図

示の負圧源、および第1圧力抜き孔93又は第2圧力抜き孔94の少なくとも一方と、上記負圧源とを繋ぐ配管、を備えていてもよい。

[0081] (圧力印可孔)

幾つかの実施形態では、図10に示されるように、上述した高圧段側軸受ハウジング16B(軸受ハウジング16)は、第1圧力印可孔95を有する。第1圧力印可孔95は、回転シャフト3を含む回転体11の外周面181に対面する高圧段側軸受ハウジング16Bの内面165に形成された第3の内側開口951と、高圧段側軸受ハウジング16Bの外周面168に形成された第3の外側開口952と、を有する。第3の内側開口951は、回転シャフト3の軸方向Xにおける高圧段側グリース封入軸受15Bと、高圧段インペラ5との間に形成されている。上述した多段電動遠心圧縮機1は、第3の内側開口951に圧力源(例えば、圧縮気体供給ライン21やサージタンク27)からの圧力を導入するように構成された圧力導入ライン26を備える。

[0082] 図11に示されるように、高圧段インペラ5の背面57と、この背面57に対面する高圧段側軸受ハウジング16Bの高圧段側面167と、の間には、空間24が形成されている。また、高圧段側スリーブ18Bの外周面181と、この外周面181に対面する高圧段側軸受ハウジング16Bの内面165と、の間には、隙間25が形成されている。この隙間25は、空間24に連通している。

[0083] 図示される実施形態では、図11に示されるように、高圧段側スリーブ18Bの外周面181には、第1のシール部材(例えば、環状のシールリング)22が嵌合する第1の環状溝182と、第2のシール部材(例えば、環状のシールリング)23が嵌合する第2の環状溝183と、を有する。第2の環状溝183は、第1の環状溝182よりも軸方向Xにおける低圧段側XL(図11中右側)に形成されている。第1のシール部材22および第2のシール部材23の夫々は、その外面が高圧段側スリーブ18Bの外周面181に当接しており、上記隙間25を複数に分断している。また、図示される実

施形態では、第3の内側開口951は、軸方向Xにおける第1の環状溝182と第2の環状溝183との間に位置している。

[0084] 図示される実施形態では、圧力導入ライン26は、圧縮気体供給ライン21およびサージタンク27の夫々から第3の外側開口952に圧力を導入するように構成されている。サージタンク27内の気体は、圧縮機28により空間24よりも高圧になっている。圧力導入ライン26は、圧縮気体供給ライン21の分岐部211に一方側が接続され、他方側が第3の外側開口に接続される第1配管261と、第1配管261に一方側が接続され、他方側がサージタンク27に接続される第2配管262と、第3の外側開口952への圧力の供給元を、圧縮気体供給ライン21又はサージタンク27の何れか一方に切り替え可能に構成された切替装置263と、を備える。切替装置263は、図10に示されるような、第1配管261と第2配管262との接続部に設けられる三方弁であってもよいし、第1配管261の第2配管262との接続部よりも上流側、および第2配管262の夫々に設けられる弁（例えば、開閉弁）であってもよい。なお、他の幾つかの実施形態では、圧力導入ライン26は、サージタンク27に一方側が接続され、他方側が第3の外側開口に接続される配管を含み、サージタンク27のみから第3の外側開口952に圧力を導入するように構成されていてもよい。圧縮気体供給ライン21から第3の外側開口952に圧力を導入することで、サージタンク27の容量を小さなものにすることができる。

[0085] 上述したように、高圧段インペラ5が回転すると、上記空間24に存在する気体は、昇温、昇圧する。上記空間24に存在する気体が、隙間25を通過して高圧段側グリース封入軸受15Bに流れると、高圧段側グリース封入軸受15Bが熱により劣化する虞がある。

[0086] 上記の構成によれば、高圧段側軸受ハウジング16B（軸受ハウジング16）は、上記内面165に形成された第3の内側開口951と、上記外面168に形成された第3の外側開口952と、を有する第1圧力印可孔95を有する。第3の内側開口951は、回転シャフト3の軸方向における、高圧

段側グリース封入軸受 15 B と高圧段インペラ 5 との間に形成されている。多段電動遠心圧縮機 1 は、上記圧力導入ライン 26 を備える。この場合には、圧力導入ライン 26 を通じて、第 3 の外側開口 952 に上記圧力源からの圧力を導入することで、上記外周面 181 と上記 165 との間に形成された隙間 25 内の圧力を、高圧段インペラ 5 の背面 57 に面する空間 24 内の圧力よりも高くすることができる。隙間 25 内の圧力を空間 24 内の圧力よりも高くすることで、高圧段インペラ 5 の背面 57 に面する空間 24 からの圧力漏れを抑制できる。これにより、高圧段側グリース封入軸受 15 B の熱による劣化を抑制できるため、高圧段側グリース封入軸受 15 B の寿命および耐久性を向上できる。

[0087] また、隙間 25 内の圧力を、高圧段側グリース封入軸受 15 B を収容する空間内の圧力よりも高くすることで、高圧段側グリース封入軸受 15 B 内に封入されたグリースが上記隙間 25 や空間 24 を通り、圧縮気体が流れる流路に漏れ出ることを抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 1 により圧縮された圧縮気体にグリースが混入することを抑制できるため、多段電動遠心圧縮機 1 は、燃料電池 20 などにクリーンな圧縮気体を供給できる。

[0088] 図示される実施形態では、図 10 に示されるように、上述した高圧段側軸受ハウジング 16 B (軸受ハウジング 16) は、第 3 圧力抜き孔 96 をさらに有する。第 3 圧力抜き孔 96 は、上記軸受支持面 162 における高圧段側グリース封入軸受 15 B よりも高圧段側 (図中左側) に形成された内側開口 961 と、高圧段側軸受ハウジング 16 B の外面 168 に形成された外側開口 962 と、を有する。内側開口 961 は、高圧段側スリーブ 18 B と高圧段側グリース封入軸受 15 B との間に形成された空間に面している。上記の構成によれば、第 1 のシール部材 22 と第 2 のシール部材 23 との区切られた隙間 25 から、高圧段側スリーブ 18 B と高圧段側グリース封入軸受 15 B との間に形成された空間に漏れ出た高圧の気体を、高圧段側軸受ハウジング 16 B の外部に存在する空気との圧力差により、内側開口 961 を通じて第 3 圧力抜き孔 96 に導き、外側開口 962 から高圧段側軸受ハウジング 1

6 Bの外部に排出できる。この場合には、隙間25からの圧力漏れが、高圧段側グリース封入軸受15 Bに流れることを抑制できる。

[0089] 上述した圧力印可孔を低圧段側に形成してもよい。幾つかの実施形態では、図10に示されるように、上述した低圧段側軸受ハウジング16 A（軸受ハウジング16）は、第2圧力印可孔97を有する。第2圧力印可孔97は、回転シャフト3を含む回転体11の外周面（図示例では、低圧段側スリーブ18 Aの外周面184）に対面する高圧段側軸受ハウジング16 Bの内面163に形成された内側開口971と、低圧段側軸受ハウジング16 Aの外周面169に形成された外側開口972と、を有する。内側開口971は、回転シャフト3の軸方向Xにおける低圧段側グリース封入軸受15 Aと、低圧段インペラ4との間に形成されている。内側開口971は、第3の内側開口951と同様に、軸方向Xにおいて、低圧段側スリーブ18 Aに装着される二つのシール部材の間に形成されていてもよい。

[0090] また、多段電動遠心圧縮機1は、外側開口972に圧力源（例えば、圧縮気体供給ライン21やサージタンク27）からの圧力を導入するように構成された圧力導入ライン29をさらに備える。図示される実施形態では、圧力導入ライン29は、上述した圧力導入ライン26と一部の設備（配管や弁）を共有している。すなわち、圧力導入ライン29は、第1配管261における、第2配管262との接続部と第3の外側開口952との間に位置する分岐部264に一方側が接続され、他方側が外側開口972に接続される第3配管291と、第3配管291上に設けられる減圧弁292と、を備える。なお、他の幾つかの実施形態では、圧力導入ライン29は、圧力導入ライン26と設備を共有していなくてもよい。

[0091] 上記の構成によれば、低圧段側軸受ハウジング16 A（軸受ハウジング16）は、上記内面163に形成された内側開口971と、上記外周面169に形成された外側開口972と、を有する第2圧力印可孔97を有する。内側開口971は、回転シャフト3の軸方向における、低圧段側グリース封入軸受15 Aと低圧段インペラ4との間に形成されている。多段電動遠心圧縮機

1 は、上記圧力導入ライン 29 を備える。この場合には、圧力導入ライン 29 を通じて、外側開口 972 に上記圧力源からの圧力を導入することで、上記内面 163 に面する隙間内の圧力を、低圧段インペラの背面に面する空間内の圧力よりも高くすることができる。これにより、低圧段インペラの背面に面する空間からの圧力漏れを抑制でき、ひいては高圧段側グリース封入軸受 15B の寿命および耐久性を向上できる。

[0092] また、上記内面 163 に面する隙間内の圧力を、低圧段側グリース封入軸受 15A を收容する空間内の圧力よりも高くすることで、低圧段側グリース封入軸受 15A 内に封入されたグリースが、圧縮気体が流れる流路に漏れ出ることを抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 1 により圧縮された圧縮気体にグリースが混入することを抑制できるため、多段電動遠心圧縮機 1 は、燃料電池 20 などにクリーンな圧縮気体を供給できる。

[0093] 図示される実施形態では、図 11 に示されるように、上述した低圧段側軸受ハウジング 16A（軸受ハウジング 16）は、第 4 圧力抜き孔 98 をさらに有する。第 4 圧力抜き孔 98 は、上記軸受支持面 161 における低圧段側グリース封入軸受 15A よりも低圧段側（図中右側）に形成された内側開口 981 と、低圧段側軸受ハウジング 16A の外面 169 に形成された外側開口 982 と、を有する。内側開口 981 は、低圧段側スリーブ 18A と低圧段側グリース封入軸受 15A との間に形成された空間に面している。上記の構成によれば、上記内面 163 に面する隙間から、低圧段側スリーブ 18A と低圧段側グリース封入軸受 15A との間に形成された空間に漏れ出た高圧の気体を、低圧段側軸受ハウジング 16A の外部に存在する空気との圧力差により、内側開口 981 を通じて第 4 圧力抜き孔 98 に導き、外側開口 982 から低圧段側軸受ハウジング 16A の外部に排出できる。この場合には、上記内面 163 に面する隙間からの圧力漏れが、低圧段側グリース封入軸受 15A に流れることを抑制できる。

[0094] （電動モータの空冷機構）

図 12 および図 13 の夫々は、本開示の一実施形態にかかる多段電動遠心

圧縮機の構成を概略的に示す概略構成図である。図 1 2 および図 1 3 において、多段電動遠心圧縮機 1 は、回転シャフト 3 の軸線 C A に沿った断面における軸線 C A に対して一方側の断面（半断面）が概略的に示されている。

幾つかの実施形態では、図 1 2、1 3 に示されるように、上述したステータハウジング 1 7 は、電動モータ 1 0（モータステータ 1 2 およびロータアセンブリ 1 3）を収容するモータ収容部 1 7 0 を形成する内面（内周面）1 7 1 を有する。軸受ハウジング 1 6 は、モータ収容部 1 7 0 に空気を送るための空気導入孔 3 0 と、モータ収容部 1 7 0 から軸受ハウジング 1 6 の外部に上記空気を排出するための空気排出孔 3 1 と、を有する。多段電動遠心圧縮機 1 は、空気導入孔 3 0 に空気を送出するように構成された、又は空気排出孔 3 1 から空気を吸引するように構成された空気導入ライン 3 2 をさらに備える。

[0095] 空気導入孔 3 0 は、モータ収容部 1 7 0 に面する軸受ハウジング 1 6 の内面 3 3 に形成された第 4 の内側開口 3 4 と、軸受ハウジング 1 6 の外面 1 6 8 に形成された第 4 の外側開口 3 5 と、を有する。空気排出孔 3 1 は、モータ収容部 1 7 0 に面する軸受ハウジング 1 6 の内面 3 6 に形成された第 5 の内側開口 3 7 と、軸受ハウジング 1 6 の外面 1 6 9 に形成された第 5 の外側開口 3 8 と、を有する。第 5 の内側開口 3 7 が形成された内面 3 6 は、第 4 の内側開口 3 4 が形成された内面 3 3 に対して、電動モータ 1 0 を挟んで回転シャフト 3 の軸方向における反対側に位置している。第 4 の内側開口 3 4 は、電動モータ 1 0 よりも回転シャフト 3 の軸方向 X における一方側（図示例では高圧段側 X H）に形成され、第 5 の内側開口 3 7 は、電動モータ 1 0 よりも回転シャフト 3 の軸方向 X における他方側（図示例では低圧段側 X L）に形成されている。図示例では内面 3 3 および内面 3 6 の夫々は、径方向に沿って延在している。

[0096] 図示される実施形態では、空気導入孔 3 0 は、高圧段側軸受ハウジング 1 6 B に形成され、空気排出孔 3 1 は、低圧段側軸受ハウジング 1 6 A に形成されている。モータ収容部 1 7 0 にてステータハウジング 1 7 に支持された

モータステータ 12 は、ロータアッセンブリ 13 との間に隙間 170A を有する。上述したモータ収容部 170 は、隙間 170A を含む。また、多段電動遠心圧縮機 1 は、入口側から出口側に向けて空気を送風するように構成された気体圧縮機 321（例えば、電動ファン）と、気体圧縮機 321 に電力を供給するように構成された電力供給源 322 と、を備える。気体圧縮機 321 は、例えば、電力供給源 322 から供給された電力により駆動するファンモータにより、回転ファンを回転駆動することで、空気を入口側から出口側に向けて送風する。

[0097] 図 12 に示される実施形態では、空気導入ライン 32（32A）は、空気導入孔 30 に空気を送出するように構成されている。空気導入ライン 32（32A）は、図 12 に示されるように、モータ収容部 170 を冷却する空気が流通する気体通路 323 であって、気体圧縮機 321 の出口側に一方側が接続され、他方側が第 4 の外側開口 35 に接続された気体通路 323 を含む。

[0098] この場合には、気体圧縮機 321 を駆動することで、気体圧縮機 321 の入口側から導入された空気が、気体通路 323 を一方側から他方側に導かれた後に、空気導入孔 30 を通じてモータ収容部 170 に送られる。モータ収容部 170 に送られた空気は、モータ収容部 170 を高圧段側 XH から低圧段側 XL に流れて上記隙間 170A を通過した後に、空気排出孔 31 を通じて軸受ハウジング 16 の外部に排出される。なお、空気排出孔 31 の第 5 の外側開口 38 から軸受ハウジング 16 の外部に排出された空気は、大気に開放されるようにしてもよい。

[0099] 図 13 に示される実施形態では、空気導入ライン 32（32B）は、空気排出孔 31 から空気を吸引するように構成されている。空気導入ライン 32（32B）は、図 13 に示されるように、モータ収容部 170 を冷却する空気が流通する気体通路 324 であって、気体圧縮機 321 の入口側に一方側が接続され、他方側が第 5 の外側開口 38 に接続された気体通路 324 を含む。

- [0100] この場合には、気体圧縮機 3 2 1 を駆動することで、軸受ハウジング 1 6 の外部の空気が第 4 の外側開口 3 5 から空気導入孔 3 0 内に吸引される。空気導入孔 3 0 内に吸引された空気は、気体圧縮機 3 2 1 の吸引力により、モータ収容部 1 7 0 に送られて、モータ収容部 1 7 0 を高圧段側 X H から低圧段側 X L に流れて上記隙間 1 7 0 A を通過した後に、空気排出孔 3 1 を通じて軸受ハウジング 1 6 の外部に排出される。
- [0101] 上記の構成によれば、空気導入ライン 3 2 により、第 4 の外側開口 3 5 から空気導入孔 3 0 を通じて、モータ収容部 1 7 0 に空気が強制的に導入される。また、空気導入ライン 3 2 によりモータ収容部 1 7 0 から空気排出孔 3 1 を通じて、軸受ハウジング 1 6 の外部に空気が強制的に排出される。空気排出孔 3 1 の第 5 の内側開口 3 7 は、空気導入孔 3 0 の第 4 の内側開口 3 4 に対して、電動モータ 1 0 を挟んで回転シャフト 3 の軸方向における反対側に位置している。これにより、空気をモータ収容部 1 7 0 の一方側から他方側に強制的に送風させることができる。モータ収容部 1 7 0 に収容された電動モータ 1 0 は、空気との熱交換により放熱することで冷却される（空冷される）。熱源である電動モータ 1 0 のロータアセンブリ 1 3 やモータコイル 1 2 1 を空気により冷却することで、軸受 1 5（例えば高圧段側グリース封入軸受 1 5 B）の温度上昇を抑制できる。これにより、軸受 1 5 の熱による劣化を抑制できるため、軸受 1 5 の寿命および耐久性を向上できる。
- [0102] なお、上述した実施形態では、空気導入孔 3 0 は、高圧段側軸受ハウジング 1 6 B に形成され、空気排出孔 3 1 は、低圧段側軸受ハウジング 1 6 A に形成されていたが、空気導入孔 3 0 を低圧段側軸受ハウジング 1 6 A に形成し、空気排出孔 3 1 を高圧段側軸受ハウジング 1 6 B に形成してもよい。高圧段側軸受ハウジング 1 6 B は、低圧段側軸受ハウジング 1 6 A よりも熱の影響が大きいため、高圧段側 X H を効果的に冷却する必要がある。このため、電動モータ 1 0 を冷却するための空気の流れ方向における上流側が高圧段側 X H となるように、空気導入孔 3 0 を高圧段側軸受ハウジング 1 6 B に形成することが好ましい。

[0103] 本開示は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

[0104] 上述した幾つかの実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握されるものである。

[0105] 1) 本開示の少なくとも一実施形態にかかる多段電動遠心圧縮機(1)は、
回転シャフト(3)の両端に設けられたインペラ(低圧段インペラ4および高圧段インペラ5)を電動モータ(10)により駆動するように構成された多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記回転シャフト(3)と、

前記回転シャフト(3)の一方側に設けられた低圧段インペラ(4)と、

前記回転シャフト(3)の他方側に設けられた高圧段インペラ(5)と、

前記高圧段インペラ(5)を収納する高圧段ハウジング(7)と、

前記低圧段インペラ(4)により圧縮された圧縮気体を前記高圧段ハウジング(7)に供給するためのつなぎ配管(8)と、を備え、

前記高圧段ハウジング(7)は、前記回転シャフト(3)の軸線(CA)に対して交差する方向に向かって開口する高圧段入口開口(71)を有し、

前記つなぎ配管(8)は、前記高圧段入口開口(71)に接続される高圧段側接続部(81)を含む。

[0106] 上記1)の構成によれば、高圧段ハウジング(7)には、回転シャフト(3)の軸線(CA)に対して交差する方向に向かって高圧段入口開口(71)が開口し、この高圧段入口開口(71)につなぎ配管(8)の高圧段側接続部(81)が接続されている。このため、低圧段インペラ(4)により圧縮された圧縮気体は、つなぎ配管(8)を通じて、高圧段ハウジング(7)の外周側から高圧段ハウジング(7)の内部に供給される。この場合には、高圧段ハウジング(7)に回転シャフト(3)の軸方向に沿って圧縮気体が導入される場合に比べて、つなぎ配管(8)や高圧段ハウジング(7)の上記軸方向における長さを短いものにすることができる。これにより、多段電動遠心圧縮機(1)の上記軸方向における長さを短いものにすることができる。

るので、多段電動遠心圧縮機（１）の小型化および軽量化を図ることができる。

[0107] ２）幾つかの実施形態では、上記１）に記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記高圧段側接続部（８１）の流路断面は、前記回転シャフト（３）の前記軸線（ＣＡ）に対して直交する方向に沿って長手方向（ＬＤ）を有し、且つ前記長手方向（ＬＤ）の両端側に形成された凸湾曲部（８１１、８１２）を含む。

[0108] 上記２）の構成によれば、高圧段側接続部（８１）の流路断面は、回転シャフト（３）の軸線（ＣＡ）に対して直交する方向に沿って長手方向（ＬＤ）を有し、且つ長手方向（ＬＤ）の両端側に形成された凸湾曲部（８１１、８１２）を含む。この場合には、高圧段側接続部（８１）の流路断面が、長手方向（ＬＤ）に沿って延びる長円形状であるため、高圧段側接続部（８１）が回転シャフト（３）の軸方向に大きくなることを抑制しつつ、高圧段側接続部（８１）の流路面積を大きなものにすることができる。高圧段側接続部（８１）の流路面積を大きなものとするこことで、高圧段ハウジング（７）に必要な量の圧縮気体を供給できる。また、高圧段側接続部（８１）の流路断面が長円形状であるため、高圧段側接続部（８１）を流れる圧縮気体の圧力損失を抑制できる。

[0109] ３）幾つかの実施形態では、上記２）に記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記高圧段側接続部（８１）の前記流路断面は、前記回転シャフト（３）の前記軸線（ＣＡ）に沿って短手方向（ＳＤ）を有する。

[0110] 上記３）の構成によれば、高圧段側接続部（８１）の流路断面を、軸線（ＣＡ）に沿って短手方向（ＳＤ）を有する形状にすることで、高圧段側接続部（８１）の回転シャフト（３）の軸方向における長さを短いものとするこことができ、ひいては多段電動遠心圧縮機（１）の小型化および軽量化を図ることができる。

[0111] 4) 幾つかの実施形態では、上記2)又は3)に記載の多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記高圧段側接続部(81)の前記流路断面は、前記高圧段入口開口(71)側に向かうにつれて前記長手方向の長さが大きくなるように形成された。

[0112] 上記4)の構成によれば、高圧段側接続部(81)の流路断面を、高圧段入口開口(71)側に向かうにつれて長手方向の長さが大きくなるように形成することで、高圧段側接続部(81)の内壁面(810)に沿って流れる圧縮気体をそのまま、高圧段ハウジング(7)の供給流路(73)を画定する内壁面(77)に沿って流すことができる。圧縮気体を高圧段ハウジング(7)の内壁面(77)に沿って流すことで、圧縮気体の内壁面(77)からの剥離を抑制できるため、高圧段ハウジング(7)の供給流路(73)における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0113] 5) 幾つかの実施形態では、上記4)に記載の多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記高圧段側接続部(81)の前記流路断面は、前記高圧段入口開口(71)側に向かうにつれて前記凸湾曲部(811、812)の最大曲率が大きくなるように形成された。

[0114] 上記5)の構成によれば、高圧段側接続部(81)の流路断面を、高圧段入口開口(71)側に向かうにつれて凸湾曲部(811、812)の最大曲率が大きくなるように形成することで、高圧段側接続部(81)を流れる圧縮気体を滑らかに高圧段入口開口(71)に導くことができる。これにより、高圧段側接続部(81)と高圧段入口開口(71)との接続部における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0115] 6) 幾つかの実施形態では、上記2)～5)の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記低圧段インペラ(4)を収納する低圧段ハウジング(6)を備え、

前記低圧段ハウジング(6)は、前記回転シャフト(3)の前記軸線(C

A) に対して交差する方向に向かって開口する低圧段出口開口 (62) を有し、

前記つなぎ配管 (8) は、

前記低圧段出口開口 (62) に接続される低圧段側接続部 (82) と、

前記回転シャフト (3) の前記軸線 (CA) に沿って延在する中間部 (83) と、

前記低圧段側接続部 (82) と前記中間部 (83) とを繋ぐ曲り形状を有する低圧段側湾曲部 (84) と、

前記高圧段側接続部 (81) と前記中間部 (83) とを繋ぐ曲り形状を有する高圧段側湾曲部 (85) と、を含み、

少なくとも前記低圧段側接続部 (82) の流路断面は、円形状に形成された。

[0116] 上記 6) の構成によれば、つなぎ配管 (8) における少なくとも低圧段側接続部 (82) の流路断面を円形状にすることで、つなぎ配管 (8) を流れる旋回成分を有する圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0117] 7) 幾つかの実施形態では、上記 2) ~ 6) の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機 (1) であって、

前記つなぎ配管 (8) 内の前記圧縮気体と、前記圧縮気体を冷却するための冷却液と、の間で熱交換を行うように構成された冷却装置 (86) をさらに備える。

[0118] 上記 7) の構成によれば、冷却装置 (86) におけるつなぎ配管 (8) 内の圧縮気体と冷却液との熱交換により、つなぎ配管 (8) を流れる圧縮気体が冷却される。高圧段インペラ (5) に送られる圧縮気体の温度を低いものにするすることで、高圧段インペラ (5) を通過後の圧縮気体の高温化を抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 (1) の高圧段における圧縮比の向上を図ることができる。また、高圧段インペラ (5) を通過後の圧縮気体の高温化を抑制することで、高圧段インペラ (5) の背面 (57) に面する空間 (24) に存在する気体の高温化を抑制できるため、高圧段インペラ (5)

）の背面（５７）から軸受（１５、特に高圧段側グリース封入軸受１５Ｂ）への入熱量を低減できる。これにより、軸受（１５）の熱による劣化を抑制できるため、軸受（１５）の寿命および耐久性を向上できる。

[0119] ８）幾つかの実施形態では、上記１）～７）の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記高圧段ハウジング（７）は、

前記高圧段入口開口（７１）から供給された前記圧縮気体を前記高圧段インペラ（５）に導くための供給流路（７３）を画定する内壁面（７７）であって、前記供給流路（７３）の前記高圧段インペラ（５）とは反対側を画定する内端壁面（７７１）、及び前記供給流路の外周側を画定する内周壁面（７７２）、を含む内壁面（７７）と、

前記内端壁面（７７１）から前記高圧段インペラ（５）に向かって突出する案内凸部（７８）と、を含む。

[0120] 上記８）の構成によれば、内端壁面（７７１）から高圧段インペラ（５）に向かって突出する案内凸部（７８）により、高圧段ハウジング（７）の供給流路（７３）を流れる圧縮気体を高圧段インペラ（５）に案内できる。この場合には、案内凸部（７８）により、高圧段インペラ（５）に軸方向に沿って圧縮気体を導入できるため、仮に高圧段インペラ（５）に径方向における外側から圧縮気体を導入する場合に比べて、多段電動遠心圧縮機（１）の効率を向上できる。

[0121] ９）幾つかの実施形態では、上記８）に記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記内周壁面（７７２）は、前記高圧段入口開口（７１）が形成されている入口側内周壁面（７７３）と、前記高圧段入口開口（７１）とは反対側に位置する反対側内周壁面（７７４）と、を有し、

前記高圧段ハウジング（７）は、前記反対側内周壁面（７７４）から突出する旋回防止板（７９）を含む。

[0122] 上記９）の構成によれば、旋回防止板（７９）により、高圧段ハウジング

(7)の供給流路(73)を回転シャフト(3)の周方向における一方向に向かって流れる圧縮気体と、供給流路(73)を上記周方向における上記一方向とは反対方向に向かって流れる圧縮気体とが、衝突することを抑制できる。また、旋回防止板(79)により、反対側内周壁面(774)に沿って流れる圧縮気体を高圧段インペラ(5)が位置する径方向における内側に案内することで、高圧段入口開口(71)から流入した圧縮気体をスムーズに高圧段インペラ(5)に導くことができる。これにより、高圧段ハウジング(7)の供給流路(73)における圧縮気体の圧力損失を低減できる。

[0123] 10) 幾つかの実施形態では、上記9)に記載の多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記旋回防止板(79)の先端(791)は、前記高圧段インペラ(5)の前縁(55)のチップ端(56)よりも前記回転シャフト(3)の外周側に位置する。

[0124] 仮に旋回防止板(79)の先端(791)が、高圧段インペラ(5)の前縁(55)のチップ端(56)よりも回転シャフト(3)の内周側に位置していると、旋回防止板(79)に案内されて高圧段インペラ(5)に導入される圧縮気体の、径方向における内側に向かう速度成分が大きなものとなるため、高圧段インペラ(5)における圧縮効率が低下する虞がある。上記10)の構成によれば、旋回防止板(79)の先端(791)が、高圧段インペラ(5)の前縁(55)のチップ端(56)よりも回転シャフト(3)の外周側に位置するので、旋回防止板(79)に案内されて高圧段インペラ(5)に導入される圧縮気体の、径方向における内側に向かう速度成分を小さなものとすることができる。これにより、高圧段インペラ(5)における圧縮効率の低下を抑制できる。

[0125] 11) 幾つかの実施形態では、上記1)～10)の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機(1)であって、

前記回転シャフト(3)を回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラ(5)と前記低圧段インペラ(4)の間に配置された少なくとも一つの

軸受（１５）と、

前記少なくとも一つの軸受（１５）を収容する軸受ハウジング（１６）と、
を備え、

前記少なくとも一つの軸受（１５）は、前記高圧段インペラ（５）と前記電動モータ（１０）との間に配置された高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）を含み、

前記軸受ハウジング（１６）は、前記回転シャフト（３）の軸方向において、前記高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）と前記高圧段インペラ（５）との間に形成された冷却通路（９１）を有する。

[0126] 上記１１）の構成によれば、多段電動遠心圧縮機（１）は、予めグリースを封入した高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）を備える。この場合には、高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）にグリースを供給する必要がないため、高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）周りの部品（例えば、高圧段側軸受ハウジング１６Ｂ）の構造を簡素化することができ、ひいては多段電動遠心圧縮機（１）の小型化および軽量化を図ることができる。

[0127] また、上記１１）の構成によれば、軸受ハウジング（１６）は、回転シャフト（３）の軸方向において、高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）と高圧段インペラ（５）との間に形成された冷却通路（９１）を有する。このため、冷却通路（９１）により、高圧段インペラ（５）の背面（５７）から高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）への熱の伝達を抑制できる。これにより、高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）の熱による劣化を抑制できるため、高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）の寿命および耐久性を向上できる。

[0128] １２）幾つかの実施形態では、上記１）～１１）の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記高圧段ハウジング（７）は、前記高圧段インペラ（５）よりも前記回転シャフト（３）の外周側に形成された高圧段側冷却通路（７０）を有する。

[0129] 上記１２）の構成によれば、高圧段側冷却通路（７０）により、高圧段ハ

ウジング（７）内の高圧段インペラ（５）に供給された圧縮気体を冷却でき、高圧段インペラ（５）を通過後の圧縮気体の高温化を抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機（１）の高圧段における圧縮比の向上を図ることができる。また、高圧段インペラ（５）を通過後の圧縮気体の高温化を抑制することで、高圧段インペラ（５）の背面（５７）に面する空間（２４）に存在する気体の高温化を抑制できるため、高圧段インペラ（５）の背面（５７）から軸受（１５、例えば高圧段側グリース封入軸受１５Ｂ）への入熱量を低減できる。これにより、軸受（１５）の熱による劣化を抑制できるため、軸受（１５）の寿命および耐久性を向上できる。

[0130] １３）幾つかの実施形態では、上記１）～１２）の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機（１）であって、

前記回転シャフト（３）を回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラ（５）と前記低圧段インペラ（４）の間に配置された少なくとも一つの軸受（１５）と、

前記少なくとも一つの軸受（１５）を収容する軸受ハウジング（１６）と、を備え、

前記少なくとも一つの軸受（１５）は、前記高圧段インペラ（５）と前記電動モータ（１０）との間に配置された高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）を含み、

前記軸受ハウジング（１６）は、前記回転シャフト（３）を含む回転体（１１）の外周面（１８１）に対面する前記軸受ハウジング（１６）の内面（１６５）に形成された第１の内側開口（９３１）であって、前記回転シャフト（３）の軸方向における前記高圧段側グリース封入軸受（１５Ｂ）と前記高圧段インペラ（５）との間に形成された第１の内側開口（９３１）と、前記軸受ハウジング（１６）の外周面（１６８）に形成された第１の外側開口（９３２）と、を有する第１圧力抜き孔（９３）を有する。

[0131] 上記１３）の構成によれば、軸受ハウジング（１６）は、上記内面（１６５）に形成された第１の内側開口（９３１）と、上記外周面（１６８）に形成

された第1の外側開口（932）と、を有する第1圧力抜き孔（93）を有する。第1の内側開口（931）は、回転シャフト（3）の軸方向における、高圧段側グリース封入軸受（15B）と高圧段インペラ（5）との間に形成されている。この場合には、高圧段インペラ（5）の背面（57）に面する空間（24）からの圧力漏れが、高圧段側グリース封入軸受（15B）に流れることを抑制できる。これにより、高圧段側グリース封入軸受（15B）の熱による劣化を抑制できるため、高圧段側グリース封入軸受（15B）の寿命および耐久性を向上できる。

[0132] 14）幾つかの実施形態では、上記13）に記載の多段電動遠心圧縮機（1）であって、

前記少なくとも一つの軸受（15）は、前記低圧段インペラ（4）と前記電動モータ（10）との間に配置された低圧段側グリース封入軸受（15A）をさらに含み、

前記軸受ハウジング（16）は、前記回転シャフト（3）を含む回転体（11）の外周面（184）に対面する前記軸受ハウジング（16）の内面（163）に形成された第2の内側開口（941）であって、前記回転シャフト（3）の軸方向における前記低圧段側グリース封入軸受（15A）と前記低圧段インペラ（4）との間に形成された第2の内側開口（941）と、前記軸受ハウジング（16）の外周面（169）に形成された第2の外側開口（942）と、を有する第2圧力抜き孔（94）を有する。

[0133] 上記14）の構成によれば、多段電動遠心圧縮機（1）は、予めグリースを封入した低圧段側グリース封入軸受（15A）を備える。この場合には、低圧段側グリース封入軸受（15A）にグリースを供給する必要がないため、低圧段側グリース封入軸受（15A）周りの部品（例えば、低圧段側軸受ハウジング16A）の構造を簡素化することができ、ひいては多段電動遠心圧縮機（1）の小型化および軽量化を図ることができる。

[0134] また、上記14）の構成によれば、軸受ハウジング（16）は、上記内面（163）に形成された第2の内側開口（941）と、上記外周面（169）

に形成された第2の外側開口（942）と、を有する第2圧力抜き孔（94）を有する。第2の内側開口（163）は、回転シャフト（3）の軸方向における、低圧段側グリース封入軸受（15A）と低圧段インペラ（4）との間に形成されている。この場合には、低圧段インペラ（4）の背面に面する空間からの圧力漏れを、第2圧力抜き孔（94）を通じて、軸受ハウジング（16）の外部に流すことができる。この場合には、低圧段インペラ（4）の背面に面する空間からの圧力漏れが、低圧段側グリース封入軸受（15A）に流れることを抑制できる。これにより、低圧段側グリース封入軸受（15A）の熱による劣化を抑制できるため、低圧段側グリース封入軸受（15A）の寿命および耐久性を向上できる。

[0135] 15) 幾つかの実施形態では、上記1)～12)の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機（1）であって、

前記回転シャフト（3）を回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラ（5）と前記低圧段インペラ（4）の間に配置された少なくとも一つの軸受（15）と、

前記少なくとも一つの軸受（15）を収容する軸受ハウジング（16）と、を備え、

前記少なくとも一つの軸受（15）は、前記高圧段インペラ（5）と前記電動モータ（10）との間に配置された高圧段側グリース封入軸受（15B）を含み、

前記軸受ハウジング（16）は、前記回転シャフト（3）を含む回転体（11）の外周面（181）に対面する前記軸受ハウジング（16）の内面（165）に形成された第3の内側開口（951）であって、前記回転シャフト（3）の軸方向における前記高圧段側グリース封入軸受（15B）と前記高圧段インペラ（5）との間に形成された第3の内側開口（951）と、前記軸受ハウジング（16）の外周面（168）に形成された第3の外側開口（932）と、を有する第1圧力印可孔（95）を有し、

前記多段電動遠心圧縮機（1）は、前記第3の外側開口（95）に圧力源

(例えば、圧縮気体供給ライン 21 やサージタンク 27) からの圧力を導入するように構成された圧力導入ライン (26) をさらに備える。

[0136] 上記 15) の構成によれば、軸受ハウジング (16) は、上記内面 (165) に形成された第 3 の内側開口 (951) と、上記外面 (168) に形成された第 3 の外側開口 (952) と、を有する第 1 圧力印可孔 (95) を有する。第 3 の内側開口 (951) は、回転シャフト (3) の軸方向における、高圧段側グリース封入軸受 (15B) と高圧段インペラ (5) との間に形成されている。多段電動遠心圧縮機 (1) は、上記圧力導入ライン (26) を備える。この場合には、圧力導入ライン (26) を通じて、第 3 の外側開口 (95) に上記圧力源からの圧力を導入することで、上記外周面 (181) と上記 (165) との間に形成された隙間 (25) 内の圧力を、高圧段インペラ (5) の背面 (57) に面する空間 (24) 内の圧力よりも高くすることができる。隙間 (25) 内の圧力を空間 (24) 内の圧力よりも高くすることで、高圧段インペラ (5) の背面 (57) に面する空間 (24) からの圧力漏れを抑制できる。これにより、高圧段側グリース封入軸受 (15B) の熱による劣化を抑制できるため、高圧段側グリース封入軸受 (15B) の寿命および耐久性を向上できる。

[0137] また、隙間 (25) 内の圧力を、高圧段側グリース封入軸受 (15B) を収容する空間内の圧力よりも高くすることで、高圧段側グリース封入軸受 (15B) 内に封入されたグリースが上記隙間 (25) や空間 (24) を通り、圧縮気体が流れる流路に漏れ出ることを抑制できる。これにより、多段電動遠心圧縮機 (1) により圧縮された圧縮気体にグリースが混入することを抑制できるため、多段電動遠心圧縮機 (1) は、燃料電池 (20) などにクリーンな圧縮気体を供給できる。

[0138] 16) 幾つかの実施形態では、上記 1) ~ 12) の何れかに記載の多段電動遠心圧縮機 (1) であって、

前記回転シャフト (3) を回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラ (5) と前記低圧段インペラ (4) の間に配置された少なくとも一つの

軸受（１５）と、

前記少なくとも一つの軸受（１５）を収容する軸受ハウジング（１６）と

、

前記電動モータ（１０）を収容するモータ収容部（１７０）を形成する内面（１７１）を有するステータハウジング（１７）であって、前記軸受ハウジング（１６）に隣接して配置されたステータハウジング（１７）と、を備え、

前記軸受ハウジング（１６）は、

前記モータ収容部（１７０）に面する前記軸受ハウジング（１６）の内面（３０）に形成された第４の内側開口（３４）であって、前記電動モータ（１０）よりも前記回転シャフト（３）の軸方向における一方側に形成された第４の内側開口（３４）と、前記軸受ハウジング（１６）の外表面（１６８）に形成された第４の外側開口（３５）とを有する空気導入孔（３０）と、

前記モータ収容部（１７０）に面する前記軸受ハウジング（１６）の内面（３４）に形成された第５の内側開口（３７）であって、前記電動モータ（１０）よりも前記回転シャフト（３）の軸方向における他方側に形成された第５の内側開口（３７）と、前記軸受ハウジング（１６）の外表面（１６９）に形成された第５の外側開口（３８）とを有する空気排出孔（３１）と、を有し、

前記多段電動遠心圧縮機（１）は、前記空気導入孔（３０）に空気を送出するように構成された、又は前記空気排出孔（３１）から空気を吸引するように構成された空気導入ライン（３２）をさらに備える。

[0139] 上記１６）の構成によれば、空気導入ライン（３２）により、第４の外側開口（３５）から空気導入孔（３０）を通じて、モータ収容部（１７０）に空気が強制的に導入される。また、空気導入ライン（３２）によりモータ収容部（１７０）から空気排出孔（３１）を通じて、軸受ハウジング（１６）の外部に空気が強制的に排出される。空気排出孔（３１）の第５の内側開口（３７）は、空気導入孔（３０）の第４の内側開口（３４）に対して、電動

モータ（１０）を挟んで回転シャフト（３）の軸方向における反対側に位置している。これにより、空気をモータ収容部（１７０）の一方側から他方側に強制的に送風させることができる。モータ収容部（１７０）に収容された電動モータ（１０）は、空気との熱交換により放熱することで冷却される（空冷される）。熱源である電動モータ（１０）のロータアセンブリ（１３）やモータコイル（１２１）を空気により冷却することで、軸受（１５、例えば高圧段側グリース封入軸受１５Ｂ）の温度上昇を抑制できる。これにより、軸受（１５）の熱による劣化を抑制できるため、軸受（１５）の寿命および耐久性を向上できる。

符号の説明

[0140]	１	多段電動遠心圧縮機
	３	回転シャフト
	４	低圧段インペラ
	４ １	ハブ
	４ ２	外周面
	４ ３	インペラ翼
	４ ４	先端
	５	高圧段インペラ
	５ １	ハブ
	５ ２	外周面
	５ ３	インペラ翼
	５ ４	先端
	６	低圧段ハウジング
	６ １	低圧段入口開口
	６ ２	低圧段出口開口
	６ ３	供給流路
	６ ４	スクロール流路
	６ ５	シュラウド面

6 6	低圧段インペラ室
7	高圧段ハウジング
7 0	高圧段側冷却通路
7 1	高圧段入口開口
7 2	高圧段出口開口
7 3	供給流路
7 4	スクロール流路
7 5	シュラウド面
7 6	高圧段インペラ室
8	つなぎ配管
8 1	高圧段側接続部
8 2	低圧段側接続部
8 3	中間部
8 4	低圧段側湾曲部
8 5	高圧段側湾曲部
8 6	冷却装置
1 0	電動モータ
1 1	回転体
1 2	モータステータ
1 3	ロータアッセンブリ
1 4	永久磁石
1 5	軸受
1 5 A	低圧段側軸受
1 5 B	高圧段側軸受
1 6	軸受ハウジング
1 6 A	低圧段側軸受ハウジング
1 6 B	高圧段側軸受ハウジング
1 6 1, 1 6 2	軸受支持面

1 6 3, 1 6 5	内面
1 6 4, 1 6 6	係止面
1 7	ステータハウジング
1 8 A	低圧段側スリーブ
1 8 B	高圧段側スリーブ
1 9	与圧バネ
2 0	燃料電池
2 0 1	空気極
2 0 2	燃料極
2 0 3	固体電解質
2 1	圧縮気体供給ライン
2 2	第 1 のシール部材
2 3	第 2 のシール部材
2 4	空間
2 5	隙間
2 6, 2 9	圧力導入ライン
2 7	サージタンク
2 8	圧縮機
C A	(回転シャフトの) 軸線
C B	(高圧段側接続部の) 軸線
X	軸方向
X H	(軸方向の) 高圧段側
X L	(軸方向の) 低圧段側
Y	径方向

請求の範囲

- [請求項1] 回転シャフトの両端に設けられたインペラを電動モータにより駆動するように構成された多段電動遠心圧縮機であって、
- 前記回転シャフトと、
- 前記回転シャフトの一方側に設けられた低压段インペラと、
- 前記回転シャフトの他方側に設けられた高压段インペラと、
- 前記高压段インペラを収納する高压段ハウジングと、
- 前記低压段インペラにより圧縮された圧縮気体を前記高压段ハウジングに供給するためのつなぎ配管と、を備え、
- 前記高压段ハウジングは、前記回転シャフトの軸線に対して交差する方向に向かって開口する高压段入口開口を有し、
- 前記つなぎ配管は、前記高压段入口開口に接続される高压段側接続部を含む、
- 多段電動遠心圧縮機。
- [請求項2] 前記高压段側接続部の流路断面は、前記回転シャフトの前記軸線に対して直交する方向に沿って長手方向を有し、且つ前記長手方向の両端側に形成された凸湾曲部を含む、
- 請求項 1 に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項3] 前記高压段側接続部の前記流路断面は、前記回転シャフトの前記軸線に沿って短手方向を有する、
- 請求項 2 に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項4] 前記高压段側接続部の前記流路断面は、前記高压段入口開口側に向かうにつれて前記長手方向の長さが大きくなるように形成された、
- 請求項 2 又は 3 に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項5] 前記高压段側接続部の前記流路断面は、前記高压段入口開口側に向かうにつれて前記凸湾曲部の最大曲率が大きくなるように形成された、
- 請求項 4 に記載の多段電動遠心圧縮機。

- [請求項6] 前記低圧段インペラを収納する低圧段ハウジングを備え、
前記低圧段ハウジングは、前記回転シャフトの前記軸線に対して交差する方向に向かって開口する低圧段出口開口を有し、
前記つなぎ配管は、
前記低圧段出口開口に接続される低圧段側接続部と、
前記回転シャフトの前記軸線に沿って延在する中間部と、
前記低圧段側接続部と前記中間部とを繋ぐ曲り形状を有する低圧段側湾曲部と、
前記高圧段側接続部と前記中間部とを繋ぐ曲り形状を有する高圧段側湾曲部と、を含み、
少なくとも前記低圧段側接続部の流路断面は、円形状に形成された、
請求項2乃至5の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項7] 前記つなぎ配管内の前記圧縮気体と、前記圧縮気体を冷却するための冷却液と、の間で熱交換を行うように構成された冷却装置をさらに備える、
請求項2乃至6の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項8] 前記高圧段ハウジングは、
前記高圧段入口開口から供給された前記圧縮気体を前記高圧段インペラに導くための供給流路を画定する内壁面であって、前記供給流路の前記高圧段インペラとは反対側を画定する内端壁面、及び前記供給流路の外周側を画定する内周壁面、を含む内壁面と、
前記内端壁面から前記高圧段インペラに向かって突出する案内凸部と、を含む、
請求項1乃至7の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。
- [請求項9] 前記内周壁面は、前記高圧段入口開口が形成されている入口側内周壁面と、前記高圧段入口開口とは反対側に位置する反対側内周壁面と、を有し、

前記高压段ハウジングは、前記反対側内周壁面から突出する旋回防止板を含む、

請求項 8 に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項10] 前記旋回防止板の先端は、前記高压段インペラの前縁のチップ端よりも前記回転シャフトの外周側に位置する、
請求項 9 に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項11] 前記回転シャフトを回転可能に支持するとともに、前記高压段インペラと前記低压段インペラの間に配置された少なくとも一つの軸受と、
前記少なくとも一つの軸受を収容する軸受ハウジングと、を備え、
前記少なくとも一つの軸受は、前記高压段インペラと前記電動モータとの間に配置された高压段側グリース封入軸受を含み、
前記軸受ハウジングは、前記回転シャフトの軸方向において、前記高压段側グリース封入軸受と前記高压段インペラとの間に形成された冷却通路を有する、
請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項12] 前記高压段ハウジングは、前記高压段インペラよりも前記回転シャフトの外周側に形成された高压段側冷却通路を有する、
請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項13] 前記回転シャフトを回転可能に支持するとともに、前記高压段インペラと前記低压段インペラの間に配置された少なくとも一つの軸受と、
前記少なくとも一つの軸受を収容する軸受ハウジングと、を備え、
前記少なくとも一つの軸受は、前記高压段インペラと前記電動モータとの間に配置された高压段側グリース封入軸受を含み、
前記軸受ハウジングは、前記回転シャフトを含む回転体の外周面に対面する前記軸受ハウジングの内面に形成された第 1 の内側開口であって、前記回転シャフトの軸方向における前記高压段側グリース封入

軸受と前記高圧段インペラとの間に形成された第1の内側開口と、前記軸受ハウジングの外面に形成された第1の外側開口と、を有する第1圧力抜き孔を有する、

請求項1乃至12の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項14]

前記少なくとも一つの軸受は、前記低圧段インペラと前記電動モータとの間に配置された低圧段側グリース封入軸受をさらに含み、

前記軸受ハウジングは、前記回転シャフトを含む回転体の外周面に対面する前記軸受ハウジングの内面に形成された第2の内側開口であって、前記回転シャフトの軸方向における前記低圧段側グリース封入軸受と前記低圧段インペラとの間に形成された第2の内側開口と、前記軸受ハウジングの外面に形成された第2の外側開口と、を有する第2圧力抜き孔を有する、

請求項13に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項15]

前記回転シャフトを回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラと前記低圧段インペラの間に配置された少なくとも一つの軸受と、

前記少なくとも一つの軸受を収容する軸受ハウジングと、を備え、

前記少なくとも一つの軸受は、前記高圧段インペラと前記電動モータとの間に配置された高圧段側グリース封入軸受を含み、

前記軸受ハウジングは、前記回転シャフトを含む回転体の外周面に対面する前記軸受ハウジングの内面に形成された第3の内側開口であって、前記回転シャフトの軸方向における前記高圧段側グリース封入軸受と前記高圧段インペラとの間に形成された第3の内側開口と、前記軸受ハウジングの外面に形成された第3の外側開口とを有する第1圧力印可孔を有し、

前記多段電動遠心圧縮機は、前記第3の外側開口に圧力源からの圧力を導入するように構成された圧力導入ラインをさらに備える、

請求項1乃至12の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。

[請求項16] 前記回転シャフトを回転可能に支持するとともに、前記高圧段インペラと前記低圧段インペラの間に配置された少なくとも一つの軸受と、

前記少なくとも一つの軸受を収容する軸受ハウジングと、

前記電動モータを収容するモータ収容部を形成する内面を有するステータハウジングであって、前記軸受ハウジングに隣接して配置されたステータハウジングと、を備え、

前記軸受ハウジングは、

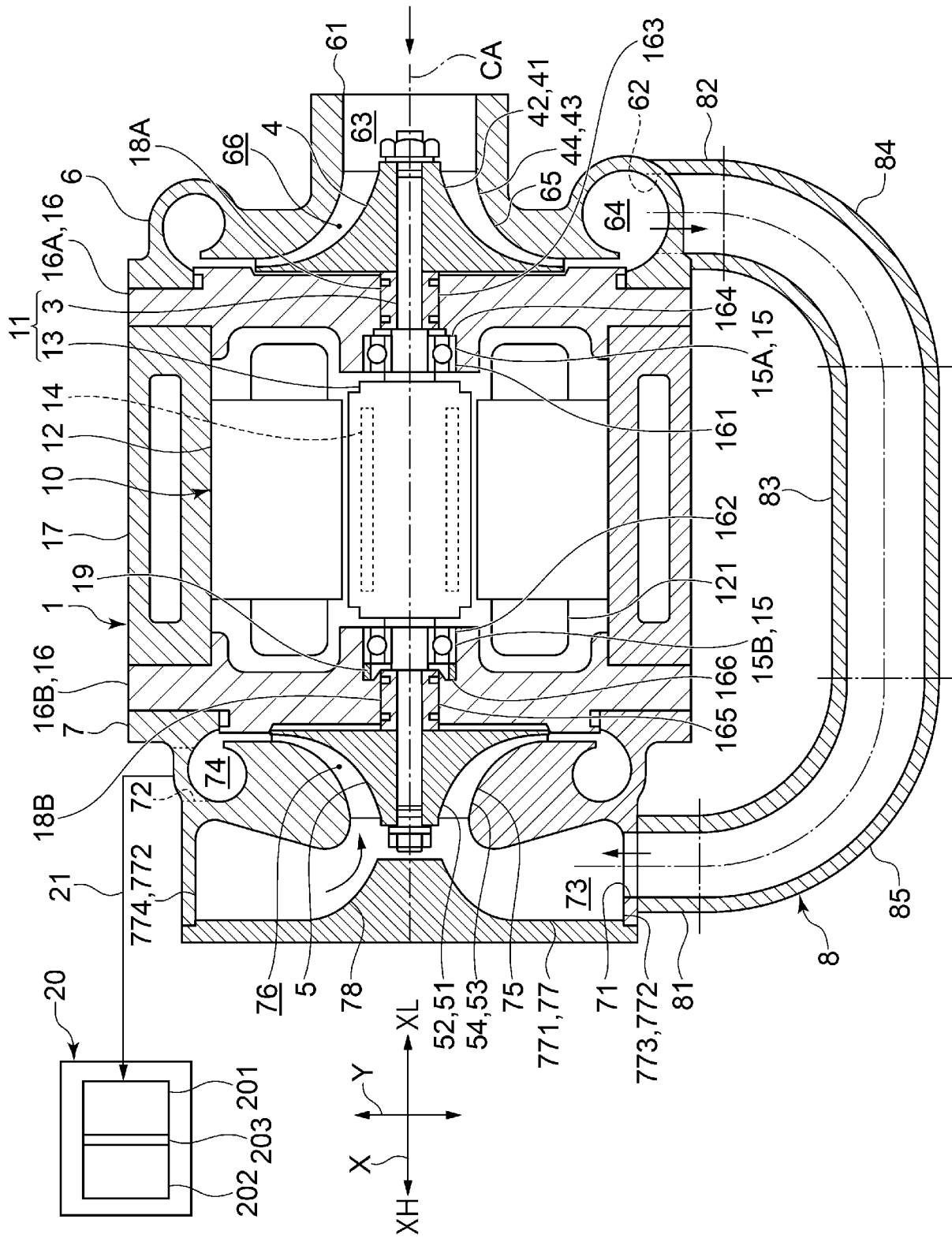
前記モータ収容部に面する前記軸受ハウジングの内面に形成された第4の内側開口であって、前記電動モータよりも前記回転シャフトの軸方向における一方側に形成された第4の内側開口と、前記軸受ハウジングの外面に形成された第4の外側開口とを有する空気導入孔と、

前記モータ収容部に面する前記軸受ハウジングの内面に形成された第5の内側開口であって、前記電動モータよりも前記回転シャフトの軸方向における他方側に形成された第5の内側開口と、前記軸受ハウジングの外面に形成された第5の外側開口とを有する空気排出孔と、を有し、

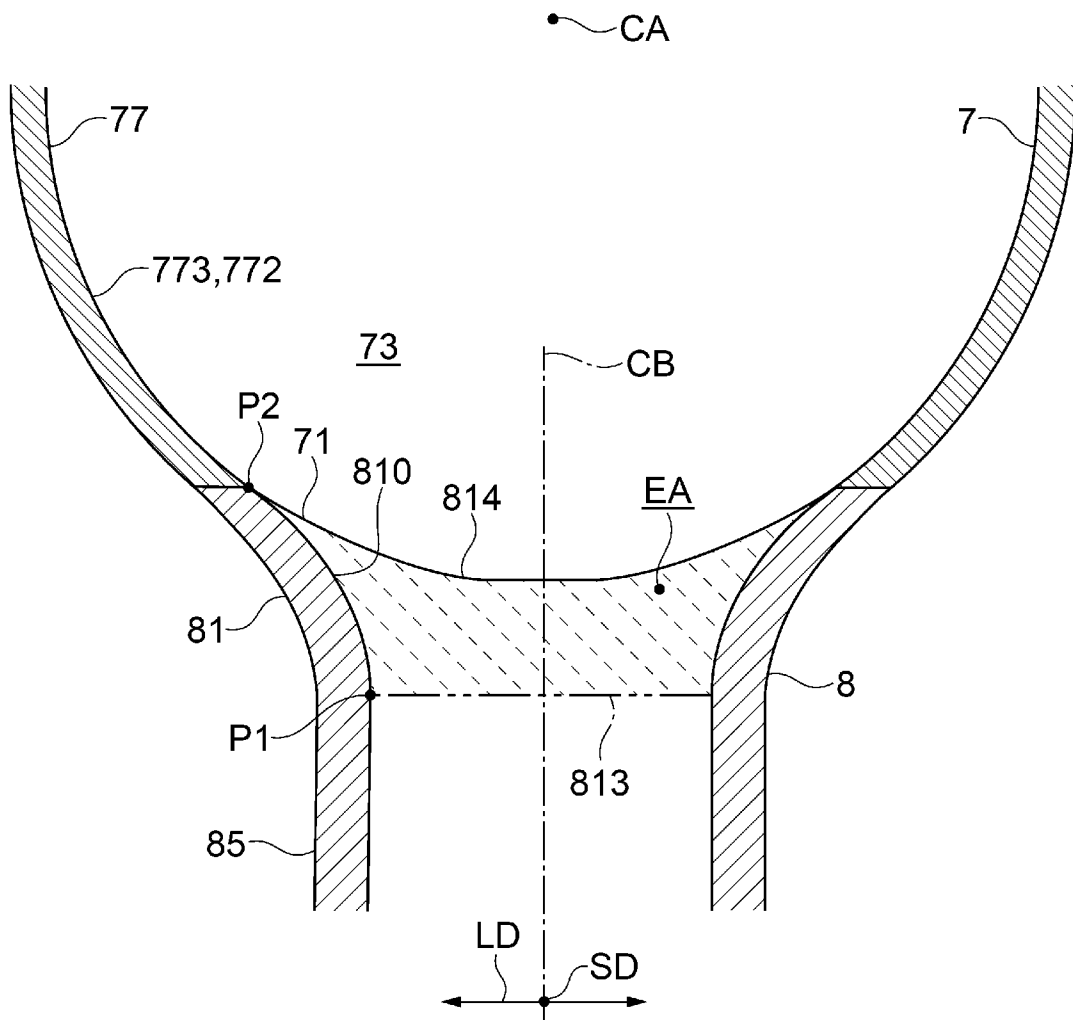
前記多段電動遠心圧縮機は、前記空気導入孔に空気を送出するように構成された、又は前記空気排出孔から空気を吸引するように構成された空気導入ラインをさらに備える、

請求項1乃至12の何れか1項に記載の多段電動遠心圧縮機。

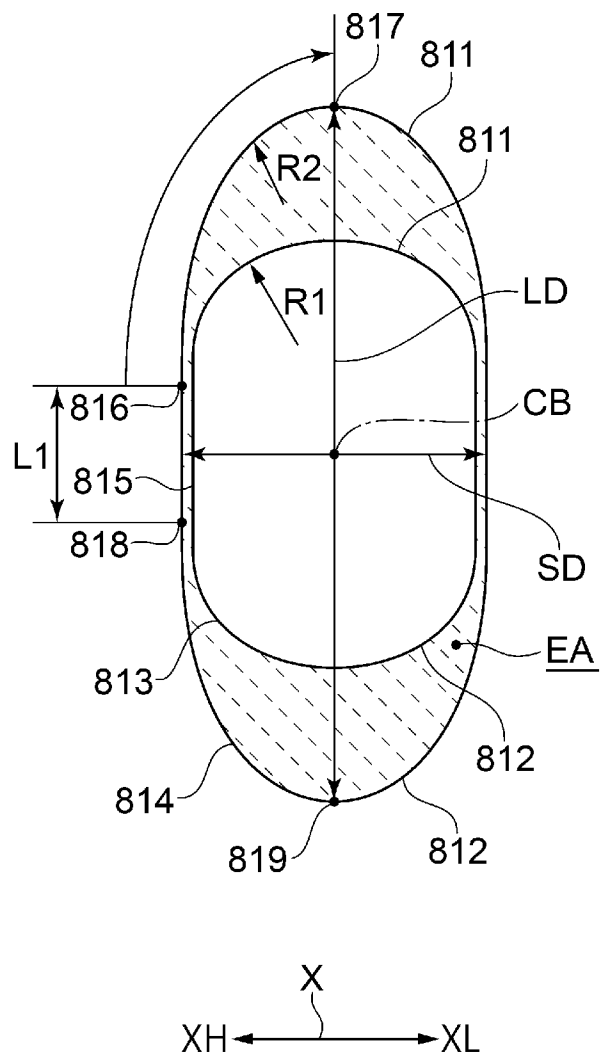
[図1]



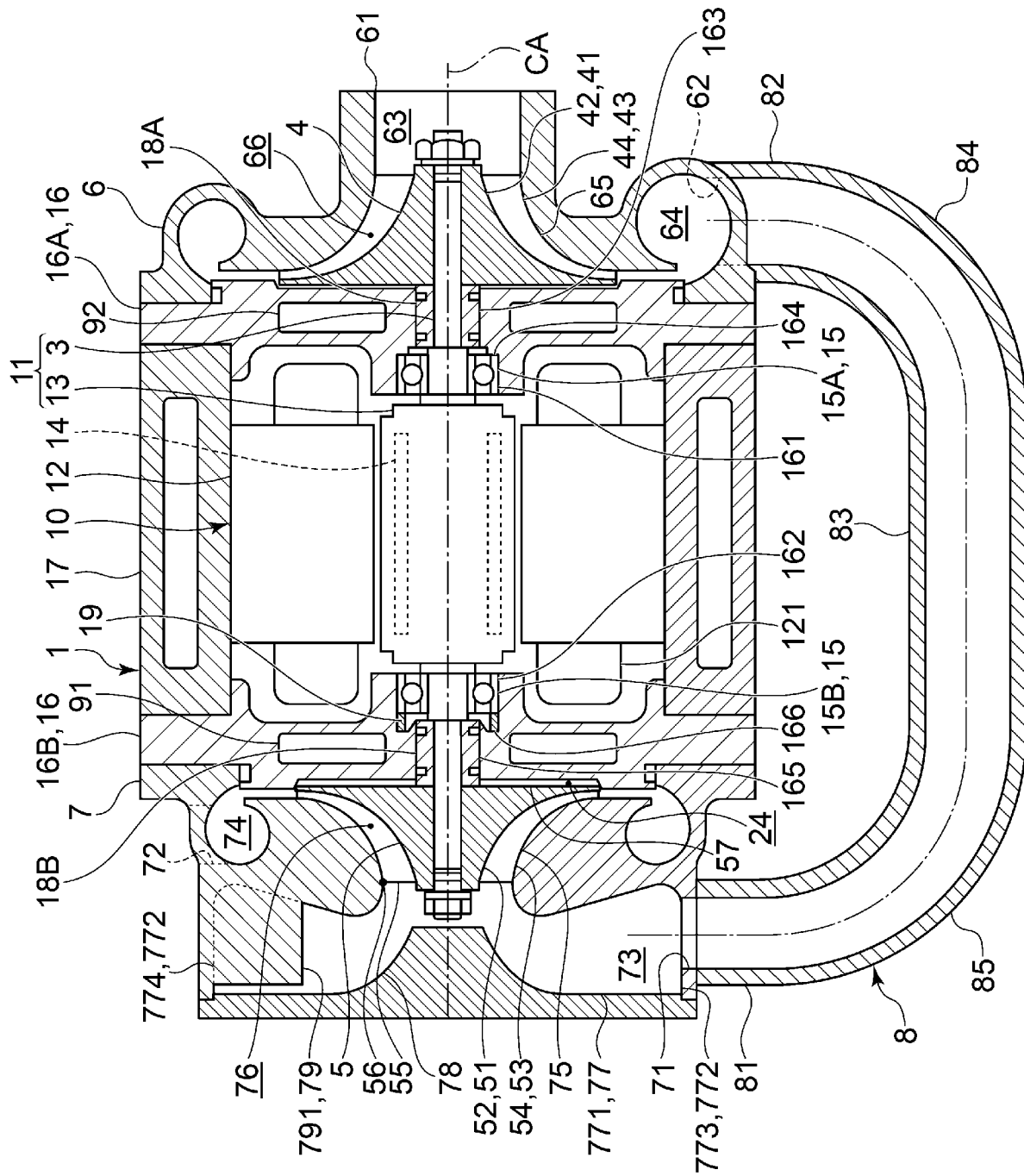
[図2]

1

[図3]

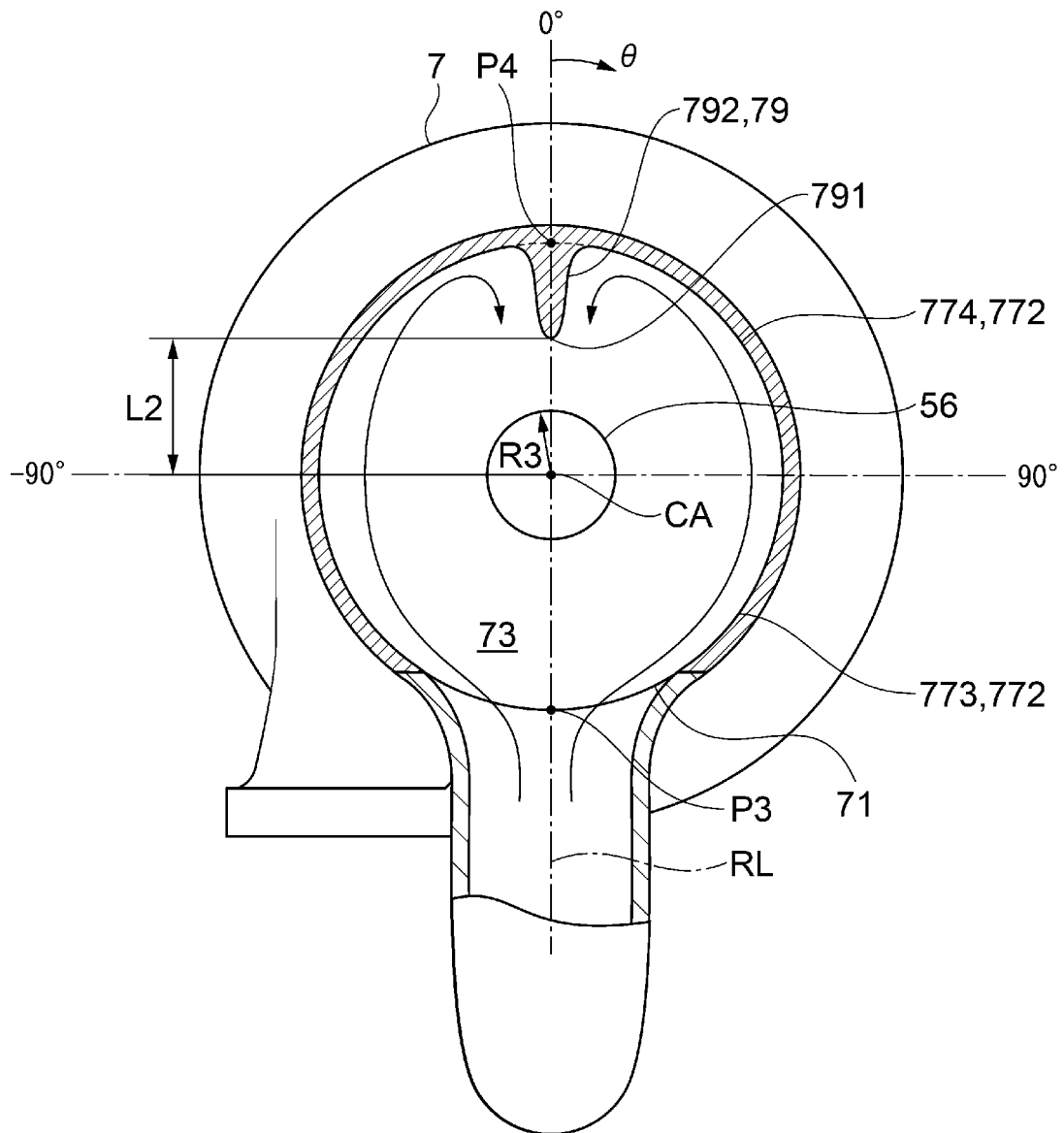


[図5]

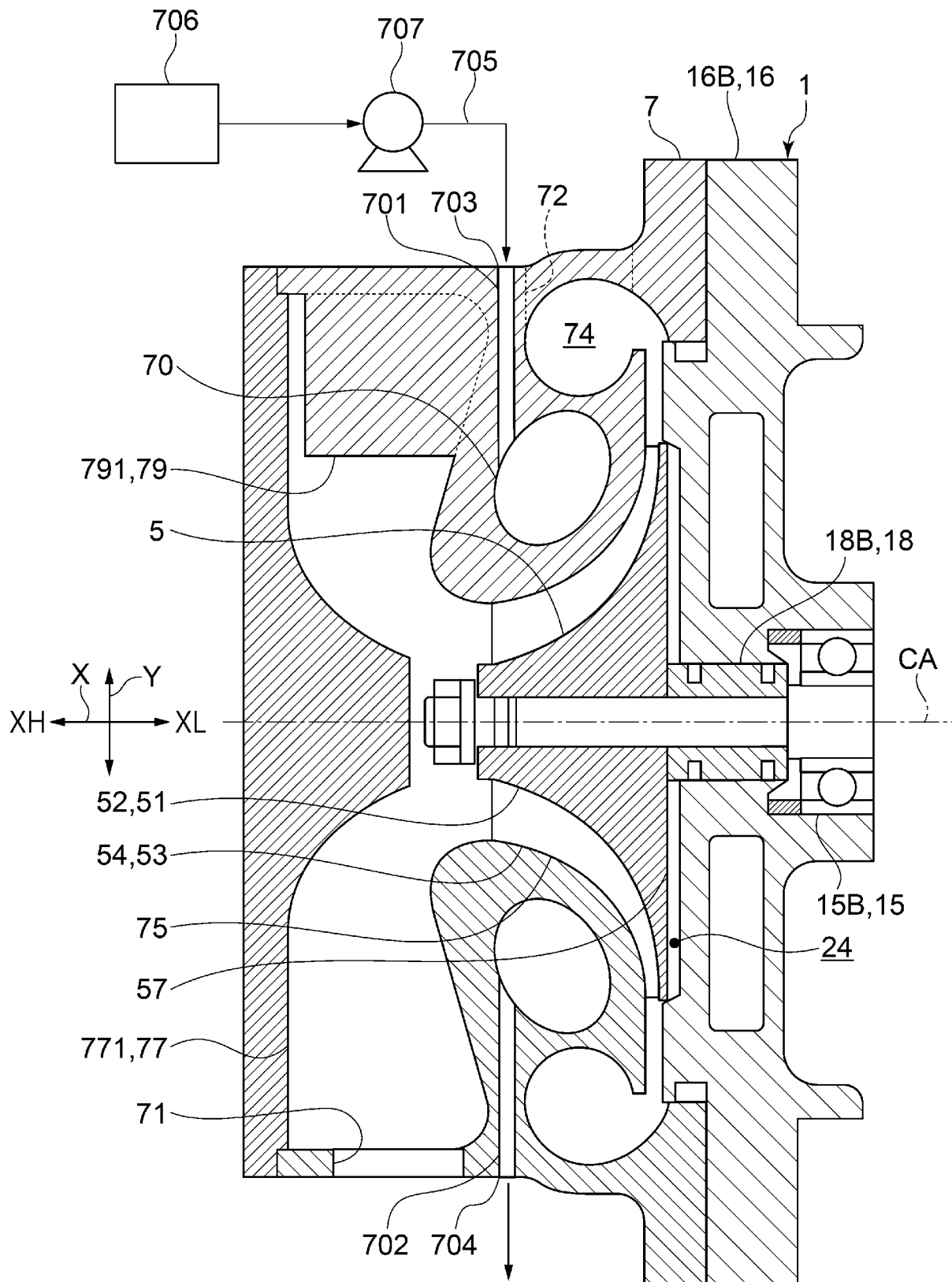


[図6]

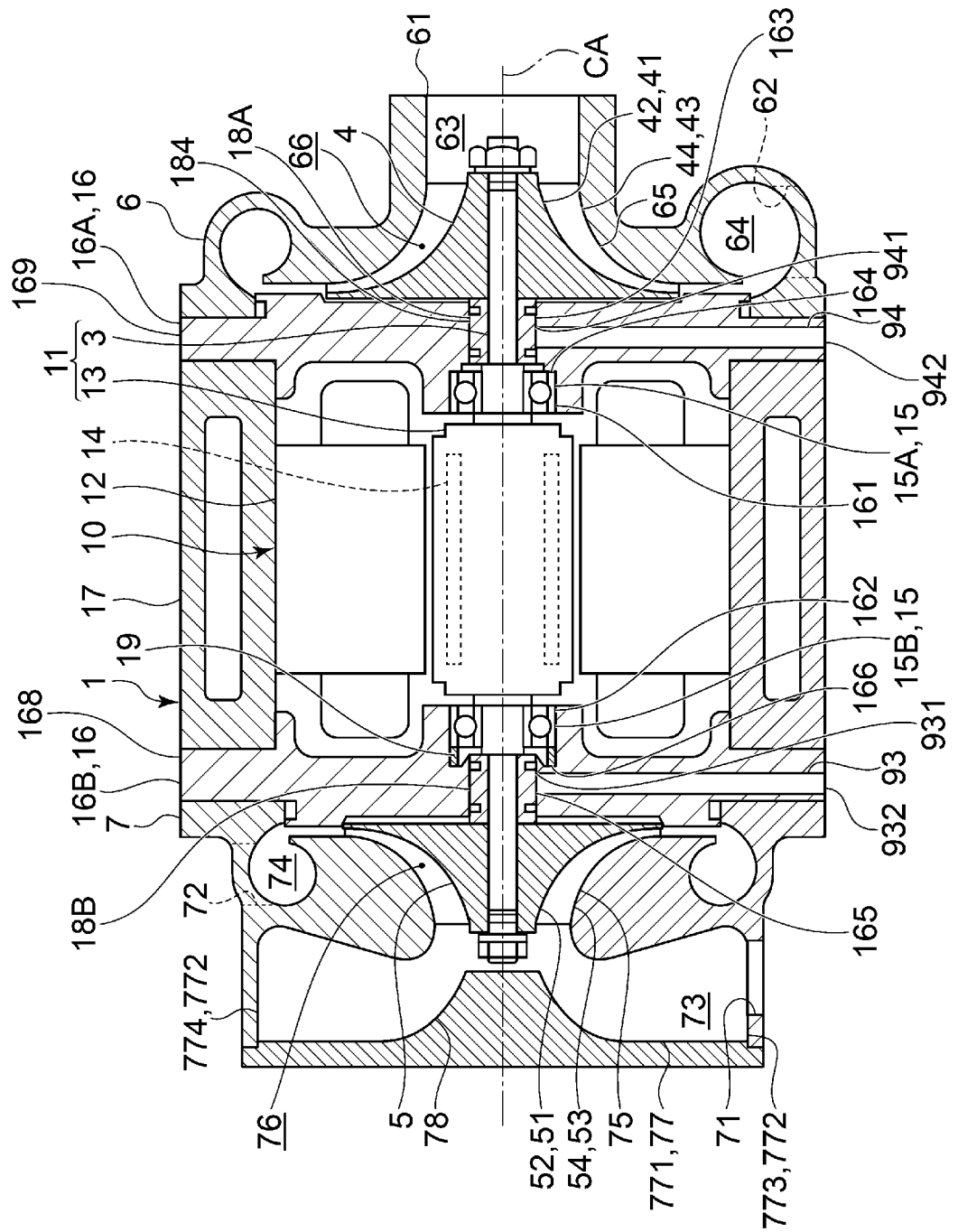
1



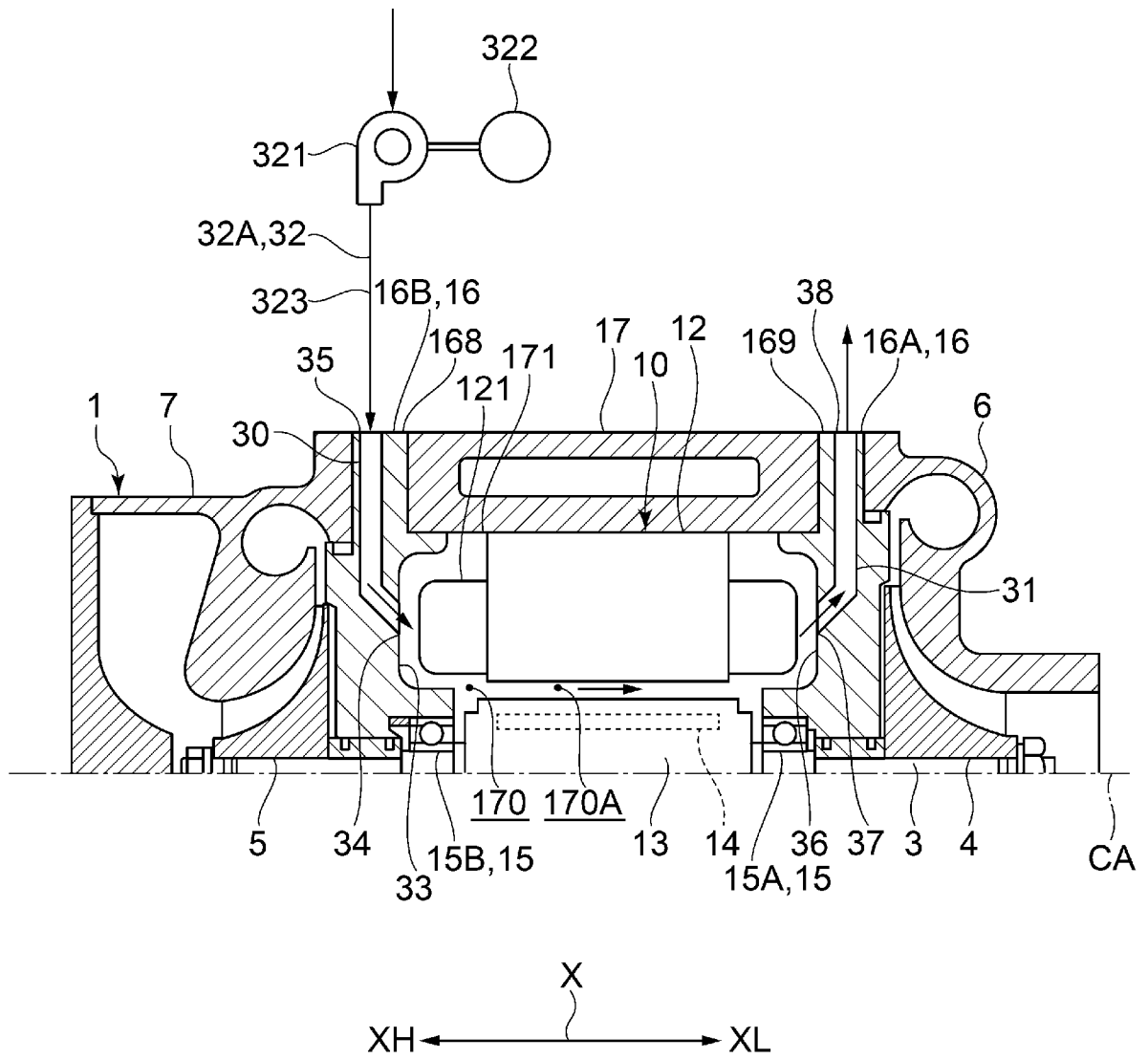
[図7]



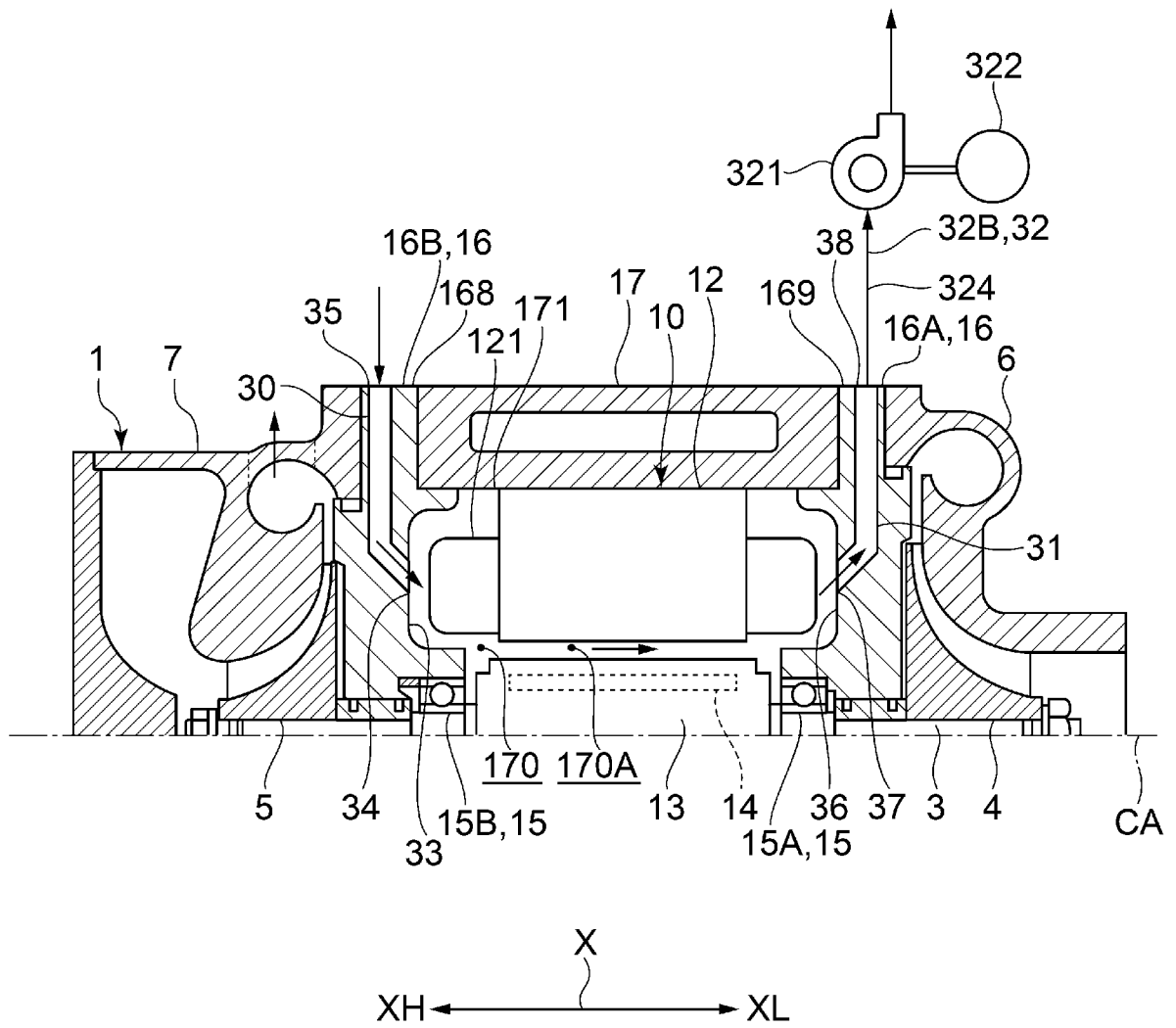
[図8]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027555

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F04D29/42 (2006.01) i, F04D17/12 (2006.01) i
FI: F04D29/42 H, F04D17/12

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)

Int. Cl. F04D29/42, F04D17/12

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	JP 11-230098 A (LG ELECTRONICS INC.) 24 August	1, 8
Y	1999, paragraphs [0024]-[0040], fig. 1	9-16
A		2-7
X	JP 52-1554 A (HITACHI, LTD.) 07 January 1977, p.	1, 8
Y	2, upper left column, line 5 to upper right	12-16
A	column, line 14, p. 2, lower right column, line 17	2-7, 9-11
	to p. 3, lower right column, line 10, fig. 2-6	
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 96054/1989 (Laid-open No. 35297/1991) (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 05 April 1991, description, p. 3, line 3 to p. 4, line 10, fig. 1	9-16



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
01.09.2020

Date of mailing of the international search report
15.09.2020

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027555

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015/128936 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 03 September 2015, paragraph [0038], fig. 1	11-16
Y	JP 2009-281278 A (PANASONIC CORP.) 03 December 2009, paragraphs [0005], [0006]	11-16
Y	JP 2001-173591 A (SHIMADZU CORP.) 26 June 2001, paragraph [0012], fig. 1	11-16
Y	JP 2011-214523 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 27 October 2011, paragraphs [0043], [0044], fig. 6	11-16
Y	JP 2019-515168 A (ARIANEGROUP SAS) 06 June 2019, paragraphs [0016], [0034]-[0038], fig. 2A	12-16
Y	US 2012/0257966 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH) 11 October 2012, paragraphs [0023], [0027], fig. 2, 3	12-16
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 142965/1983 (Laid-open No. 49291/1985) (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 06 April 1985, description, p. 7, lines 9-11, fig. 3	13-16
Y	JP 3-15696 A (NIKKISO CO., LTD.) 24 January 1991, p. 3, lower left column, line 2 to p. 4, upper right column, line 9, fig. 1, 2	15-16
Y	JP 2001-271797 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 05 October 2001, paragraph [0005], fig. 4	16
Y	JP 2002-64956 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 28 February 2002, paragraph [0006], fig. 5	16
A	JP 51-61019 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 27 May 1976, fig. 4-6	2-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/027555

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 11-230098 A	24.08.1999	US 6155802 A column 5, line 20 to column 7, line 45, fig. 2	
JP 52-1554 A	07.01.1977	KR 10-0273359 B1 CN 1222649 A US 4125345 A column 1, line 10 to column 2, line 2, column 5, line 55 to column 6, line 25, fig. 5-8	
JP 3-35297 U1	05.04.1991	GB 1510019 A DE 2541715 A1 (Family: none)	
WO 2015/128936 A1	03.09.2015	US 2017/0002727 A1 paragraph [0040], fig. 1	
JP 2009-281278 A	03.12.2009	EP 3112686 A1 CN 105829728 A (Family: none)	
JP 2001-173591 A	26.06.2001	(Family: none)	
JP 2011-214523 A	27.10.2011	US 2011/0243762 A1 paragraphs [0048], [0049], fig. 6	
JP 2019-515168 A	06.06.2019	EP 2375082 A2 WO 2017/168079 A1 FR 3049655 A1	
US 2012/0257966 A1	11.10.2012	WO 2011/057950 A1 DE 102009053237 A1 CN 102656380 A	
JP 60-49291 U1	06.04.1985	(Family: none)	
JP 3-15696 A	24.01.1991	(Family: none)	
JP 2001-271797 A	05.10.2001	(Family: none)	
JP 2002-64956 A	28.02.2002	(Family: none)	
JP 51-61019 A	27.05.1976	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F04D 29/42(2006.01)i; F04D 17/12(2006.01)i FI: F04D29/42 H; F04D17/12		
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）） F04D29/42; 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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	JP 11-230098 A（エルジー電子株式会社）24.08.1999（1999-08-24） 段落0024-0040, 図1	1, 8
Y		9-16
A		2-7
X	JP 52-1554 A（株式会社日立製作所）07.01.1977（1977-01-07） 第2ページ左上欄第5行-右上欄第14行, 第2ページ右下欄第17行-第3ページ右下欄 第10行, 第2-6図	1, 8
Y		12-16
A		2-7, 9-11
Y	日本国実用新案登録出願1-96054号（日本国実用新案登録出願公開3-35297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） 05.04.1991（1991-04-05）明細書第3ページ第3行-第4ページ第10行, 第1図	9-16
Y	WO 2015/128936 A1（三菱重工業株式会社）03.09.2015（2015-09-03） 段落0038, 図1	11-16
Y	JP 2009-281278 A（パナソニック株式会社）03.12.2009（2009-12-03） 段落0005-0006	11-16
☒ 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	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		
“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		
“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）		
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献		
国際調査を完了した日 01.09.2020	国際調査報告の発送日 15.09.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大瀬 円 30 4487 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	

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
Y	JP 2001-173591 A (株式会社島津製作所) 26.06.2001 (2001 - 06 - 26) 段落0012, 図1	11-16
Y	JP 2011-214523 A (本田技研工業株式会社) 27.10.2011 (2011 - 10 - 27) 段落0043-0044, 図6	11-16
Y	JP 2019-515168 A (アリアーヌグループ ソシエテ パ アクシオンス シンプリフィ エ) 06.06.2019 (2019 - 06 - 06) 段落0016, 0034-0038, 図2A	12-16
Y	US 2012/0257966 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH) 11.10.2012 (2012 - 10 - 11) 段落0023, 0027, 図2-3	12-16
Y	日本国実用新案登録出願58-142965号(日本国実用新案登録出願公開60-49291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) 06.04.1985 (1985-04-06) 明細書第7ページ第9-11行, 第3図	13-16
Y	JP 3-15696 A (日機装株式会社) 24.01.1991 (1991 - 01 - 24) 第3ページ左下欄第2行-第4ページ右上欄第9行, 図1-2	15-16
Y	JP 2001-271797 A (石川島播磨重工業株式会社) 05.10.2001 (2001 - 10 - 05) 段落0005, 図4	16
Y	JP 2002-64956 A (石川島播磨重工業株式会社) 28.02.2002 (2002 - 02 - 28) 段落0006, 図5	16
A	JP 51-61019 A (三菱重工業株式会社) 27.05.1976 (1976 - 05 - 27) 第4-6図	2-7

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/027555

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	11-230098	A	24.08.1999	US 6155802 A 第5欄第20行-第7欄第45行, 図2 KR 10-0273359 B1 CN 1222649 A	
JP	52-1554	A	07.01.1977	US 4125345 A 第1欄第10行-第2欄第2行, 第 5欄第55行-第6欄第25行, 第 5-8図 GB 1510019 A DE 2541715 A1	
JP	3-35297	U1	05.04.1991	(ファミリーなし)	
WO	2015/128936	A1	03.09.2015	US 2017/0002727 A1 段落0040, 図1 EP 3112686 A1 CN 105829728 A	
JP	2009-281278	A	03.12.2009	(ファミリーなし)	
JP	2001-173591	A	26.06.2001	(ファミリーなし)	
JP	2011-214523	A	27.10.2011	US 2011/0243762 A1 段落0048-0049, 図6 EP 2375082 A2	
JP	2019-515168	A	06.06.2019	WO 2017/168079 A1 FR 3049655 A1	
US	2012/0257966	A1	11.10.2012	WO 2011/057950 A1 DE 102009053237 A1 CN 102656380 A	
JP	60-49291	U1	06.04.1985	(ファミリーなし)	
JP	3-15696	A	24.01.1991	(ファミリーなし)	
JP	2001-271797	A	05.10.2001	(ファミリーなし)	
JP	2002-64956	A	28.02.2002	(ファミリーなし)	
JP	51-61019	A	27.05.1976	(ファミリーなし)	