

(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12月14日(14.12.2017)



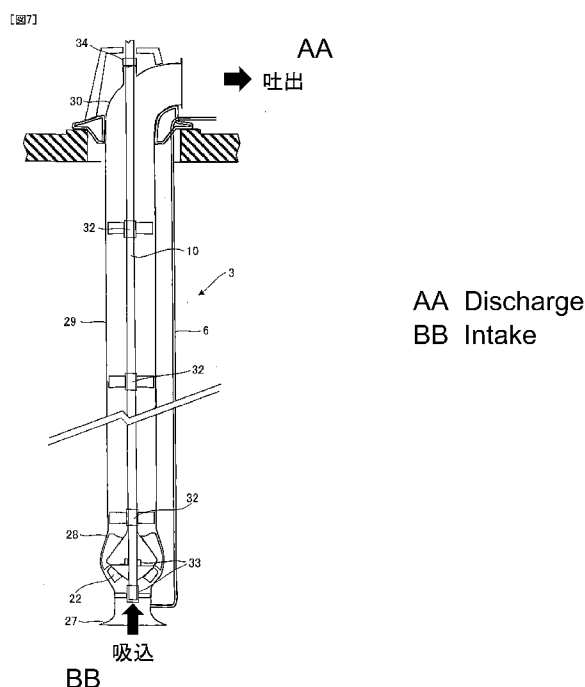
(10) 国際公開番号

WO 2017/212533 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 13/00 (2006.01) *F04D 29/046* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066820
- (22) 国際出願日: 2016年6月7日(07.06.2016)
- (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: 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 裕輔 (WATANABE, Yusuke); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 石井 正治 (ISHII, Masaji); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 小宮 真(KOMIYA, Makoto); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 内田 義弘(UCHIDA, Yoshihiro); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小野 新次郎, 外(ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所 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,

(54) Title: VERTICAL SHAFT PUMP

(54) 発明の名称: 立軸ポンプ



(57) **Abstract:** Provided is a vertical shaft pump in which the centrifugal whirling of a rotational shaft, which occurs with increased frequency and intensity as rotational shafts are lengthened, has been appropriately reduced for the entire rotational shaft. Specifically provided is a vertical shaft pump for standby operation, said pump comprising a rotational shaft, an impeller attached to the rotational shaft, and an air pipe upstream from the impeller. The vertical shaft pump further comprises a plurality of slide bearing devices that support the rotational shaft, wherein some of the plurality of slide



CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

bearing devices are first slide bearing devices that are used when the sliding surface is in an air environment during in-air operation, and the remainder of the plurality of slide bearing devices are second slide bearing devices that are normally used when the sliding surface is in a liquid environment.

(57) 要約: 回転軸の長軸化が進むことによってより発生しやすく、また激しくなる回転軸の振れ回りを回転軸全体として適切に低減する立軸ポンプを提供する。回転軸と、回転軸に取り付けられた羽根車と、羽根車の上流に空気管と、を備えた先行待機用の立軸ポンプが提供される。この立軸ポンプは、回転軸を支持する複数のすべり軸受装置を備え、複数のすべり軸受装置の一部は、気中運転時に摺動面が大気雰囲気にある状態で使用される第1のすべり軸受装置であり、複数のすべり軸受装置の残りは、摺動面が常時液体雰囲気にある状態で使用される第2のすべり軸受装置である。

明 細 書

発明の名称：立軸ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、立軸ポンプに関する。より具体的には、立軸ポンプのポンプケーシング内まで水が満たされていない状態でポンプの回転軸を回転して、管理運転を行う立軸ポンプや、先行待機運転ポンプのようなドライ条件で運転管理を行う立軸ポンプに関する。

背景技術

[0002] 近年、都市化の進展により、緑地の減少及び路面のコンクリート化、アスファルト化の拡大が進むことでヒートアイランド現象が発生し、いわゆるゲリラ豪雨と呼ばれる局所的な集中豪雨が都市部で頻発している。局所的な大量の降雨は、コンクリート化、アスファルト化した路面では、地中に吸収されることなくそのまま水路に導かれる。その結果、大量の雨水が、短時間のうちに排水機場に流入する。

[0003] 頻発するこのような集中豪雨によってもたらされる大量の雨水の速やかな排水に備えるために排水機場に設置する排水ポンプでは、始動遅れによる浸水被害が生じないよう、雨水が排水機場に到達する前に予め始動させておく先行待機運転が行われている。

[0004] 図1は、先行待機運転を行う立軸ポンプの部分概略図である。排水機場の水槽100には、鉛直に配置された回転軸10の先端にインペラ22を備え、インペラ22に水と共に空気を吸い込ませることにより、水槽100の水位が最低運転水位LWL以下であっても運転（先行待機運転）を継続することが可能な立軸ポンプ3が配置されている。この立軸ポンプ3には、インペラ22の入口側の吸い込みベル27の側面部に貫通孔5が設けられており、この貫通孔5には、外気に接する開口6aを備えた空気管6が取付けられている。これにより、この立軸ポンプ3では貫通孔5を介して立軸ポンプ3内に供給する空気の供給量を水位に応じて変化させ、最低運転水位LWL以下

で立軸ポンプ3の排水量がコントロールされる。

[0005] 図2は、先行待機運転の運転状態を説明する図である。前述したように始動遅れによる浸水被害が生じないように、例えば大都市の雨水排水用として、吸込水位に関係なく降雨情報等により予め立軸ポンプを始動しておく（A：気中運転）。雨水が排水機場に到達すると、低水位の状態から水位が上昇するに従って、インペラの位置まで水位が達し、立軸ポンプは空運転（気中運転）からインペラで水を攪拌する運転（B：気水攪拌運転）、さらに貫通孔を経て供給される空気を水と共に吸い込ませつつ水量を徐々に増やす運転（C：気水混合運転）を経て100%水の排出を行う全量運転（D：定常運転）へ移行する。また、高水位から水位が低下するときは、全量運転から貫通孔を経て供給する空気を水と共に吸い込ませつつ水量を徐々に減らす運転（C：気水混合運転）へ移行する。水位がLLWL近くに至ると、水を吸い込まず排水もしない運転（E：エアロック運転）へ移行する。これら5つの特徴ある運転を総称して先行待機運転という。なお、ポンプ始動は、ケーシング下端よりも低い水位LLLWLから開始する。

[0006] 図3は、図1に示した先行待機運転を行う従来の立軸ポンプ3の全体を示す断面図である。なお、図2に示した貫通孔5及び空気管6は図示省略されている。図3に示すように、立軸ポンプ3は、ポンプ設置床に設置固定される吐出エルボ30と、この吐出エルボ30の下端に接続されるケーシング29と、ケーシング29の下端に接続されるとともにインペラ22を内部に格納する吐出ボウル28と、吐出ボウル28の下端に接続されるとともに水を吸い込むための吸い込みベル27とを備えている。

[0007] 立軸ポンプ3のケーシング29、吐出ボウル28、及び吸い込みベル27の径方向略中心部には、上下二本の軸が軸継手26によって互いに接続されることにより形成された一本の回転軸10が配置されている。回転軸10は、支持部材を介してケーシング29に固定されている上部すべり軸受装置32と、支持部材を介して吐出ボウル28に固定されている下部すべり軸受装置33によって支持されている。回転軸10の一端側（吸い込みベル27側

）には、水をポンプ内に吸い込むためのインペラ 22 が接続されている。回転軸 10 の他端側は、吐出エルボ 30 に設けられた孔を通して立軸ポンプ 3 の外部へ延び、インペラ 22 を回転させるエンジンやモータ等の駆動機へ接続される。

[0008] 回転軸 10 と吐出エルボ 30 に設けられた孔との間には、フローティングシール、グランドパッキンまたはメカニカルシール等の軸シール 34 が設けられており、軸シール 34 により立軸ポンプ 3 が扱う水が立軸ポンプ 3 の外部に流出することを防止する。

[0009] 駆動機は、保守点検を容易に行うことができるように陸上に設けられる。駆動機の回転は回転軸 10 に伝達され、インペラ 22 を回転させることができる。インペラ 22 の回転によって水は吸込みベル 27 から吸い込まれ、吐出ボウル 28、ケーシング 29 を通過して吐出エルボ 30 から吐出される。

[0010] 図 4 は、図 3 に示したすべり軸受装置 32、33 に用いられるすべり軸受装置の拡大図である。図 5 は、図 4 に示すすべり軸受装置に設置されたすべり軸受の斜視図である。図 4 に示すように、回転軸 10 は、その外周に、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるスリーブ 11 を有している。スリーブ 11 の外周側には、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるすべり軸受 1 が設けられている。スリーブ 11 の外周面は、すべり軸受 1 の内周面（すべり面）と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受 1 に対して摺動するように構成されている。すべり軸受 1 は、金属又は樹脂からなる軸受ケース 12 によりつば部 12a を介してポンプのケーシング 29（図 3 参照）等へ繋がる支持部材 13 に固定されている。図 5 に示すように、すべり軸受 1 は中空円筒状の形状を有しており、内周面 1a がスリーブ 11 の外周面と対面し、外周面 1b が軸受ケース 12 に嵌合される。

[0011] 図 3 に示した立軸ポンプ 3 は、ポンプ起動時には大気中で運転される。このとき、すべり軸受装置 32、33 は液体の潤滑のないドライ条件で運転される。ここでドライ条件とは、ポンプ運転中のすべり軸受装置 32、33 の

すべり軸受 1 とスリーブ 1 1 の摺動部の雰囲気、液体の潤滑がない大気中である条件をいい、ドライ運転とはその条件で運転することをいう。また、図 4 に示したすべり軸受装置 3 2, 3 3 は排水条件でも運転される。ここで、排水条件とは、ポンプ運転中のすべり軸受装置 3 2, 3 3 の雰囲気が、土砂等の異物（スラリー）が混入した水中にある条件をいい、排水運転とはその条件で運転すること、例えば気水混合運転、全量運転、エアロック運転等をいう。このような条件ですべり軸受装置 3 2, 3 3 が使用される。尚、図 3 における立軸ポンプ 3 は、回転軸 1 0 について、すべり軸受装置 3 2, 3 3 が 2 箇所配置されているが、回転軸 1 0 の長さが長くなれば、それに応じてより多くの軸受が配置される。

[0012] ところで、近年、ポンプ機はより深い地下に配置されるようになり、それに応じて先行待機ポンプも長軸化が進んでいる。回転軸を長くすればするほど、回転軸には軸の振れ回りが激しくなる部分が生じる。この軸の振れ回りを抑制するために、回転軸に沿ってすべり軸受を適切な位置により多く配置する必要が生まれてきた。

[0013] しかしながら、このことにより、新たな技術的課題が発生する虞がある。図 6 は、軸の振れ回りが激しくなる部分にすべり軸受装置 3 2, 3 3 を配置したポンプにおける回転軸 1 0、スリーブ 1 1、及びすべり軸受 1 の状態を示す模式的断面図である。ドライ運転においては、すべり軸受装置 3 2, 3 3 のすべり軸受 1 と回転軸 1 0 に取り付けたスリーブ 1 1 とが摺動する際に、接触部（斜線で示される部分）での摩擦力が大きくなり摩耗が促進し、同時に発生する摩擦熱が大きくなる。そのため、すべり軸受 1 やスリーブ 1 1 の損傷が懸念される。

[0014] これに対して、ドライ運転時であっても、すべり軸受の摺動面が水中に存在する状態でポンプを運転することができるよう、従来から、回転軸及びすべり軸受を保護管で囲繞して、保護管内に清水を通水させたり、全てのすべり軸受装置を、すべり軸受装置内に水を溜めて摺動面が水中に存在する状態にしたものに置き換えたりすることが提案されている。しかしながら、保

護管を用いる場合は、保護管に水を供給する設備が必要になるし、すべり軸受装置のメンテナンスが困難である。また、すべり軸受装置に水を溜めて、摺動面が水中に存在する状態にしたものに置き換える場合は、すべり軸受装置の構造が複雑になるのでコストが割高になることや、メンテナンスが困難であるといった問題があり、また、すべり軸受装置のサイズが大きくなるので、水流の抵抗となり、ポンプ性能を低下させるという課題がある。

[0015] そもそも、回転軸の振れ回り自体を、全体として適切に低減すれば良いのであるが、これまで、立軸ポンプにおける対策は、どちらかといえば軸受負荷の大きい軸受に関する対策等、局部的な対策が多かった。

[0016] そこで、発明者等は、回転軸がドライ運転の摺動時に、互いに逆向きの摩擦力による偶力を生じさせて摩擦力を相殺し、回転軸の振れ回りを抑制する仕組みを有するすべり軸受装置を発明した（特許文献 1 参照）。

[0017] このすべり軸受装置は、相殺される力が、回転軸の軸方向に垂直な振れ幅（径方向の振れ幅）の大小に依存する。すなわち、回転軸の振れ回りの大きい場所（腹）にこのすべり軸受装置を配置した場合は、振れ回りを抑制する効果が大きいが、回転軸の振れ回りの小さい場所（節）にこのすべり軸受装置を配置した場合、この効果が得にくくなる。

[0018] しかしながら、上下に長く伸びた立軸ポンプの回転軸のどの部分の振れ幅が最大（腹）であるか、最小（節）であるかを予め正確に把握することは難しく、回転軸の軸方向に垂直な振れ幅が小さい節の位置に、発明したすべり軸受け装置を誤って配置してしまう虞があった。このすべり軸受装置を節の位置に配置した場合には、回転軸の振れ回りを抑制することは困難となる。また、一度すべり軸受を立軸ポンプに取り付けた後は、その位置を修正変更できない。また、この発明のすべり軸受装置は、サイズが大きいので、ポンプ性能や流体の流れを阻害しないように配置する必要があり、その配置位置には制限がある。そのため、配置可能な位置によっては、十分な逆向きの偶力を発揮できない場合もあった。

先行技術文献

特許文献

[0019] 特許文献1：国際公開第2015／012350号公報

特許文献2：特開2015－222117号公報

特許文献3：特開平6－94035号公報

特許文献4：特開2000－130390号公報

特許文献5：特開2001－289191号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0020] 本発明は、上記の問題に鑑みてなされたもので、立軸ポンプのポンプケーシング内まで水面が及んでいない状態で運転するときに、回転軸の長軸化が進むことによってより発生しやすく、また激しくなる回転軸の振れ回りを回転軸全体として適切に低減する立軸ポンプ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

[0021] 本発明の一形態によれば、回転軸と、前記回転軸の少なくとも一部を収容するポンプケーシングと、前記回転軸に取り付けられた羽根車と、を備えた立軸ポンプが提供される。この立軸ポンプは、前記回転軸を支持する複数のすべり軸受装置を備え、前記複数のすべり軸受装置の一部は、気中運転時に摺動面が気中雰囲気にある状態で使用される第1のすべり軸受装置であり、前記複数のすべり軸受装置の残りは、摺動面が常時液体雰囲気にある状態で使用される第2のすべり軸受装置である。

[0022] 本発明の一形態において、前記第2のすべり軸受装置は、真円軸受又は多円弧軸受を有する。

[0023] 本発明の一形態において、立軸ポンプは、前記羽根車を収容する吐出ボウルを有し、前記第2のすべり軸受装置は、前記吐出ボウル以上の高さに設けられる。

[0024] 本発明の一形態において、前記第2のすべり軸受装置は、前記回転軸を支持するすべり軸受と、前記すべり軸受の摺動部が前記液体に接触するように

前記液体を保持する受液槽と、を有する。

[0025] 本発明の一形態において、前記第2すべり軸受装置は、前記すべり軸受よりも上方に配置され、前記受液槽とともに前記液体を保持するための板部材を有する。

[0026] 本発明の一形態において、前記板部材は、筒状であり、上流側から下流側に向かって内径が徐々に小さくなるように構成される。

[0027] 本発明の一形態において、立軸ポンプは、前記ポンプケーシング内の第1のすべり軸受装置および第2のすべり軸受装置のうち、最下部のすべり軸受装置の摺動面が、揚水に浸されていない状態で運転する。

[0028] 本発明の一形態において、前記ポンプケーシングは、前記羽根車の上流側に空気管を備える。

発明の効果

[0029] 本発明のいずれかの一形態は、以下に列挙する効果を奏する。

(1) 大気雰囲気で使用されるすべり軸受装置の摺動面で発生する摩擦力に対して、常時水中雰囲気で使用されるすべり軸受装置の摺動面で発生する軸受内液膜効果による上記摩擦力とは逆向きの力を発生させ、これにより減衰効果を利用して、立軸ポンプの回転軸の振れ回りを全体的に抑制することができる。

(2) 常時水中雰囲気で使用されるすべり軸受装置を真円軸受または多円弧軸受としたことで、摺動面で発生する軸受内液膜効果の力がより効果的に発生するようになる。

(3) また、摺動面が常時液体（水中）雰囲気で使用されるすべり軸受装置を、立軸ポンプの吐出ボウル以上の高さに備えることで、このすべり軸受装置がポンプ性能に与える影響を低減することができる。

(4) 第2のすべり軸受装置が受液槽を有するので、第2のすべり軸受装置のすべり軸受の摺動部を常に液体に接触させることができる。

(5) 第2のすべり軸受装置がすべり軸受よりも上方に配置された板部材を有するので、すべり軸受の摺動部の全体に液体が接触するように、受液槽と

板部材とで液体を保持することができる。

(6) 板部材が、上流側から下流側に向かって内径が徐々に小さくなるように構成されるので、受液槽に保持された液体に遠心力が加わっても、受液槽及び板部材で形成された空間から液体が飛散することを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]先行待機運転を行う立軸ポンプの部分概略図である。

[図2]先行待機運転の運転状態を説明する図である。

[図3]図1に示した先行待機運転を行う従来の立軸ポンプの全体を示す断面図である。

[図4]図3に示したすべり軸受装置に用いられるすべり軸受装置の拡大図である。

[図5]図4に示すすべり軸受装置に設置されたすべり軸受の斜視図である。

[図6]軸の振れ回りが激しくなる部分にすべり軸受装置を配置した立軸ポンプにおける回転軸、スリーブ、及びすべり軸受の状態を示す模式的断面図である。

[図7]本実施形態に係る立軸ポンプの縦断面図である。

[図8]大気運転時に、摺動面に液体の潤滑のない大気雰囲気中で運転されるすべり軸受装置の摺動部分に働く力を模式的に示す断面図である。

[図9]摺動面が常時水中雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置の摺動部分に働く力を模式的に示す図である。

[図10A]すべり軸受の径方向に切断した断面形状による典型的な軸受の種類を説明する図である。

[図10B]すべり軸受の径方向に切断した断面形状による典型的な軸受の種類を説明する図である。

[図10C]すべり軸受の径方向に切断した断面形状による典型的な軸受の種類を説明する図である。

[図10D]すべり軸受の径方向に切断した断面形状による典型的な軸受の種類を

説明する図である。

[図11]すべり軸受装置の縦断面図である。

[図12]すべり軸受装置の縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明に係る立軸ポンプおよび、それに用いるすべり軸受装置の実施形態を図7から図12を参照して説明する。図7から図12において、同一または相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。本明細書において、「上部」及び「下部」とは、立軸ポンプが移送する液体の下流側（図示において「吐出」側）及び上流側（図示において「吸込」側）をそれぞれ意味するものとして説明する。

[0032] 図7は、本実施形態に係る立軸ポンプ3の縦断面図である。立軸ポンプ3はポンプケーシング内にポンプの揚水対象の水がない状態で回転軸を運転することがあるポンプである。立軸ポンプにはそのような状態で管理運転を行うものや、先行待機運転において、気中運転を行うものもある。図7では先行待機運転を行う立軸ポンプを例示している。なお、管理運転とは、降水が稀な季節のためポンプの停止状態が継続している時期に、ポンプが正常に運転できるかどうかを点検するための運転であって、ポンプケーシング内がドライな状態で行う運転である。その運転時間は、十数分から数十分になる場合もある。

[0033] 図7に示すように、立軸ポンプ3は、ポンプ設置床に設置固定される吐出エルボ30と、この吐出エルボ30の下端に接続されるケーシング29と、ケーシング29の下端に接続されるとともにインペラ22（羽根車の一例に相当する）を内部に格納する吐出ボウル28と、吐出ボウル28の下端に接続されるとともに水を吸い込むための吸い込みベル27とを備えている。吸い込みベル27の下端から吐出エルボ30の吐出端部までをポンプケーシングと呼ぶ。

[0034] インペラ22の入口側の吸い込みベル27の側面部には貫通孔が設けられており、この貫通孔には、外気に接する開口を備えた空気管6が取り付けら

れている。これにより、この立軸ポンプ 3 は、貫通孔を介して立軸ポンプ 3 内に供給する空気の供給量を水位に応じて変化させ、立軸ポンプ 3 の排水量がコントロールされる。

[0035] 立軸ポンプ 3 のケーシング 29、吐出ボウル 28、及び吸い込みベル 27 の径方向略中心部には、回転軸 10 が配置されている。回転軸 10 の一端側（吸い込みベル 27 側）には、水をポンプ内に吸い込むためのインペラ 22 が接続されている。

[0036] 回転軸 10 は、軸方向の適当な位置で、支持部材を介してケーシング 29 に固定されているすべり軸受装置 32 と、吐出ボウル 28 の内筒に支持部材を介して固定されているすべり軸受装置 33、及び/又はインペラ 22 を貫通した回転軸 10 の場合において回転軸 10 の下端部で、支持部材を介してケーシング 29 に固定されているすべり軸受装置 33 によって支持されている。すべり軸受装置 33 とすべり軸受装置 32 はともに 1 か所以上配置され、両者合わせて複数のすべり軸受装置となる。

[0037] 回転軸 10 の他端側は、吐出エルボ 30 に設けられた孔を通して立軸ポンプ 3 の外部へ延び、インペラ 22 を回転させるエンジンやモータ等の駆動機へ接続される。回転軸 10 と吐出エルボ 30 に設けられた孔との間には、フローティングシール、グランドパッキンまたはメカニカルシール等の軸シール 34 が設けられており、軸シール 34 により立軸ポンプ 3 が扱う水が立軸ポンプ 3 の外部に流出することを防止する。

[0038] 駆動機は、保守点検を容易に行うことができるように陸上に設けられる。駆動機の回転は回転軸 10 に伝達され、インペラ 22 を回転させることができる。インペラ 22 の回転によって水が吸込みベル 27 から吸い込まれ、吐出ボウル 28、ケーシング 29 を通過して吐出エルボ 30 から吐出される。

[0039] ところで、立軸ポンプの回転軸 10 は、ケーシング内において、軸シール 34 からインペラまでの長い距離延びているので、そのまま回転させると振れ回りが生じる。振れ回りの程度は高さ方向の位置により異なるが、この振れ回りを抑制するように、すべり軸受装置 32、33 を設けて回転軸 10 を

支持している。

[0040] すべり軸受装置 3 2 の配置については、設計段階において、経験、あるいは便法的な計算により、回転軸 1 0 の太さ、長さ、回転数、インペラの重さや枚数等の条件から、回転軸 1 0 の振れ回りの大きい位置を割り出し、それに基づいて軸方向のどの辺りに、いくつ配置するかをある程度決めている。しかしながら、回転軸 1 0 の振れ回りの大きい位置として予測されたすべり軸受装置 3 2 の配置位置が、実際の振れ回りの大きい位置からずれてしまうことがある。また、このすべり軸受装置 3 2 の配置位置は、立軸ポンプ 3 を組み立てた後に修正することはできない。

[0041] 特に、回転軸 1 0 が長くなるほど、回転軸 1 0 に振れ回りの大きい部分が複数の場所に生じやすくなる。それを抑制するために、回転軸 1 0 の軸方向に沿ってすべり軸受装置 3 2 をより多く配置する必要がある。しかしながら、これにより、すべり軸受装置 3 2 の配置位置が実際の回転軸 1 0 の振れ回りが大きい位置からずれるケースがますます多くなり、また、ずれの大きさも拡大している。すなわち、複数のすべり軸受装置の一部は、回転軸 1 0 の振れ回りの極端に小さい、いわゆる「節」の位置に配置されてしまうといったことが生じる。

[0042] ところで、ドライ運転においては、すべり軸受装置 3 2 におけるすべり軸受 1 と、回転軸 1 0 に取り付けられたスリーブ 1 1 が摺動する際に、接触部での摩擦力が大きくなり、摩擦熱が発生しやすくなり、その接触部におけるスリーブや軸受の損傷が懸念される。

[0043] 特に、回転軸 1 0 の振れ回りの大きい所に備えたすべり軸受装置 3 2 ほど軸受荷重が大きいので、摺動する相手方の回転軸 1 0 に取り付けられたスリーブ 1 1 の局所的な高温化が生じやすくなり、立軸ポンプ 3 の回転体（回転軸 1 0 及びスリーブ 1 1）と固定体（すべり軸受 1）との干渉による振動や軸受荷重が増加する。

[0044] そこで、本実施形態に係る立軸ポンプ 3 は、すべり軸受装置 3 2、3 3 の一部として大気運転時に摺動面が大気雰囲気にある状態で使用されるすべり

軸受装置を備え、その残りとして大気運転時であっても摺動面が常時水中雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置を備える。言い換えれば、すべり軸受装置 32, 33 の一部は、すべり軸受 1 の摺動面（軸受面）に液体が無い状態で回転軸 10 を支持し、残りのすべり軸受装置 32, 33 は、すべり軸受 1 の摺動面（軸受面）に液体が存在する状態で回転軸 10 を支持するように構成される。大気運転時に摺動面が大気雰囲気で使用されるすべり軸受装置は、図 4 および図 5 にて示したすべり軸受装置である。

[0045] 図 4 に示すように、このすべり軸受装置は、回転軸 10 の外周に、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属等からなるスリーブ 11 を有している。スリーブ 11 の外周側には、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるすべり軸受 1 が設けられている。スリーブ 11 の外周面は、すべり軸受 1 の内周面（すべり面）と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受 1 に対して摺動するように構成されている。すべり軸受 1 は、金属又は樹脂からなる軸受ケース 12 によりつば部 12a を介してポンプのケーシング 29 等へ繋がる支持部材 13 に固定されている。図 5 に示すように、すべり軸受 1 は中空円筒状の形状を有しており、内周面 1a がスリーブ 11 の外周面と対面し、外周面 1b が軸受ケース 12 に嵌合される。

[0046] 大気運転時であっても摺動面が常時水中雰囲気で使用されるすべり軸受装置は、後述するすべり軸受（図 9、及び図 10A－図 10D 参照）の他、既に知られている例えば特開平 6－94035 号公報、特開 2000－2190 号公報、又は特開 2000－2191 号公報等の開示されるすべり軸受装置が用いられても良い。

[0047] 図 7 に示した立軸ポンプ 3 は、図 2 で説明した先行待機運転を行う。即ち、立軸ポンプ 3 は、ポンプ起動時には、ケーシング 29、吐出ボウル 28、及び吸い込みベル 27 の内部は大気の状態で開催される。このとき、立軸ポンプ 3 のすべり軸受装置 32、33 のうち、一部は、摺動面が大気雰囲気にある状態で使用され、残りは、摺動面が水中雰囲気にある状態で使用される

。

[0048] ここで、大気運転時に摺動面が大気雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置 32、33 と、摺動面が水中雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置 32、33 とで、どのような現象が生じているかを説明する。

[0049] 図 8 は、大気運転時に、摺動面に液体の潤滑のない大気雰囲気中で運転されるすべり軸受装置の摺動部分に働く力を模式的に示す断面図である。図 8 は、回転軸 10 の軸方向に垂直な断面を示す。ここで、回転側は、回転軸 10、及びそれに嵌合するスリーブ 11 である。それに対して、固定側は、スリーブ 11 と摺動するすべり軸受 1 とそれを支える軸受ケース 12 である。なお、図 8 においては、スリーブ 11 とすべり軸受 1 の間のクリアランスの寸法は、便宜上拡大されて示されている。

[0050] 回転軸 10 が回転すると、回転軸 10 に固定されたスリーブ 11 が回転する。大気雰囲気でのこのすべり軸受装置が使用される場合、回転軸 10 の振れ回りによりスリーブ 11 の外周面がすべり軸受 1 に点 A にて接触したときに、回転軸 10 には軸受反力 F_{AN} が発生する。この軸受反力 F_{AN} によって、回転軸 10 の回転方向とは逆方向に摩擦力 F_{AF} が発生し、この摩擦力 F_{AF} が回転軸 10 に回転方向とは逆方向の振れ回り振動を引き起こす不安定化力となる。

[0051] ここで注意すべきことは、不安定化力である摩擦力 F_{AF} の大きさの程度は、回転軸 10 の軸方向に垂直な振れ幅（即ち、回転軸 10 の径方向の振れ幅）の大きさに依存する。すなわち、摩擦力 F_{AF} の大きさは、この回転軸 10 の振れが腹であるか節であるかに比較的敏感である。

[0052] 図 9 は、摺動面が常時水中雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置の摺動部分に働く力を模式的に示す図である。図 9 は、回転軸 10 の軸方向に垂直な断面を示す。このすべり軸受装置においても、回転側は、回転軸 10、及びそれに嵌合するスリーブ 11 である。それに対して、固定側は、スリーブ 11 と摺動するすべり軸受 1 とそれを支える軸受ケース 12 である。図 9 のすべり軸受装置は、図 8 に示したすべり軸受装置と比べて、スリーブ

１１とすべり軸受１の摺動部の雰囲気在水中である点異なる。

[0053] 回転軸１０が回転すると、回転軸１０に固定されたスリーブ１１が回転する。摺動面が水中雰囲気にある場合には、スリーブ１１とすべり軸受１の間に液膜が構成される。このとき、液膜には回転軸１０の回転による周方向の圧力不均一が生じ、その結果、回転軸１０に半径方向流体力 F_{AR} と周方向流体力 F_{AT} が発生する。この現象による効果を軸受内液膜効果といい、この周方向流体力 F_{AT} は、図８に関連して説明したドライ運転で発生する摩擦力 F_{AF} とは逆回転方向（逆方向）の力である。

[0054] ここで注意すべきことは、回転軸１０の軸方向に垂直な振れ幅の大きさへの周方向流体力 F_{AT} の依存性は、図８におけるドライ運転時の摩擦力 F_{AF} に比べて小さいことである。すなわち、周方向流体力 F_{AT} は、回転軸１０の振れが腹であるか節であるかでなく、むしろ回転数の大きさに影響する。

[0055] 本実施形態の立軸ポンプ３は、複数のすべり軸受装置３２、３３の一部として、大気運転時に摺動面が大気雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置を備え、その残りとして大気運転時であっても摺動面が常時水中雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置とを備えている。これにより、大気運転時において、図８に示した摩擦力と、図９に示した周方向流体力が同時に発生する。そのため、回転軸１０を不安定化する力が互いに逆向きに相殺するので回転軸１０の振れ回りが抑制される。したがって、ポンプケーシング内の複数のすべり軸受装置３２、３３の最下部のすべり軸受の摺動部が、ポンピング対象の揚水に浸されていない状態の時でも、安定的に問題なく運転可能なポンプを提供することができる。

[0056] 仮に、相殺する力が、回転軸１０の軸方向に垂直な振れ幅の大小に依存する場合、すなわち、本発明者等が発明した特許文献１等を開示された、互いに逆向きの摩擦力による偶力を生じさせて相殺し、回転軸１０の振れ回りを抑制する仕組みのすべり軸受装置などを用いる場合には、軸方向に垂直な振れ幅が最大の部分に相殺力がかかるように、すべり軸受装置を配置すべきである。しかしながら、先に述べたように回転軸１０のどの部分の振れ幅が

最大（腹）であるか、最小（節）であるかを予め正確に把握して配置することは難しく、回転軸 10 の軸方向に垂直な振れ幅がない節の位置に配置する可能性がある。そして、一旦、節の位置に配置した場合には、回転軸の振れ回りを止めることは困難となってしまう、また後から位置を修正変更できない。

[0057] しかし、本実施形態に係る立軸ポンプ 3 においては、複数のすべり軸受装置 32, 33 のうち、一部をすべり軸受 1 の摺動部が常時液中状態にあるすべり軸受装置とすることで、回転軸 10 に働く相殺偶力を周方向流体力としている。この相殺力は、摩擦力による相殺力の発生とは異なり、回転軸 10 の軸方向に垂直な振れ幅の大小にあまり依存せず、むしろ回転数の大小に依存するので、設置する位置が回転軸の腹か節かに関係なく、回転軸 10 のどの場所にこのすべり軸受装置 32, 33 を配置してもそれなりの相殺力を生じさせることができる。そして、回転軸 10 の高回転数化や、高周速化に応じてその相殺効果は大きい。したがって、本実施形態によれば、回転軸 10 の振れ回りが抑制されるので、回転軸 10 の摺動部の局所的な摩耗や摩擦熱による軸受やスリーブの損傷の虞はなくなった。

[0058] ところで、軸受内液膜効果は、すべり軸受 1 の径方向に切断した断面形状にも依存する。図 10A から図 10D は、すべり軸受 1 の径方向に切断した断面形状による典型的な軸受の種類を説明する図である。図 10A は真円軸受を示し、図 10B 及び図 10C は多円弧軸受を示し、図 10D はティルティングパッド軸受を示す。また、具体的には、図 10B は、2 円弧軸受を示し、図 10C はオフセット軸受を示す。なお、図 10A から図 10D において、斜線部は回転軸 10 を表している。

[0059] 図 10A に示す真円軸受は、概ね軸方向に沿った溝 41 を摺動面に有し、溝 41 により水や潤滑油をすべり軸受 2 の軸方向に速やかに供給する。なお、図 13A に示す真円軸受は、溝 41 を備えない場合もある。図 10A の真円軸受の溝 41 が形成されていない部分の摺動面の半径は r で、中心は O である。真円軸受はこれら 3 種類の軸受中で一番軸受内液膜効果が生じやすく

、したがってそれによる力も生じやすい。

[0060] 図10Bに示す2円弧軸受も、図10Aの真円軸受と同様に軸方向に沿った溝41を摺動面に有する。図10B及び図10Cに示す多円弧軸受は、基本的に、回転軸10が摺動するすべり軸受面の半径は r であるが、このすべり軸受面は、中心が異なる複数の円弧が組み合わさって構成されている。図10Bに示す2円弧軸受と図10Cに示すオフセット軸受は、2つの円弧に対する中心 O_1 と O_2 を有する。2以上の円弧を有する多円弧軸受も構成され得る。多円弧軸受は、これら3種類の中で真円軸受ほどではないが、それでも軸受内液膜効果が生じ得る。

[0061] 図10Dに示すティルティングパッド軸受は、回転軸10の周りにピボット42を支点として傾斜運動ができるようなパッド43と呼ばれるすべり軸受面を複数有し、回転軸10の周囲を囲んでいる。ティルティングパッド軸受は、軸受内液膜効果が生じない。

[0062] 従来は、すべり軸受1の摺動面に回転軸10が液中で摺動することで液膜効果が生じると、立軸ポンプ3の回転軸10に不安定力がかかるので、液膜効果の生じないようにティルティングパッド軸受を用いることも多かった。しかしながら、本実施形態においては、すべり軸受装置の一部を、摺動部が常時液中にある状態で使用することで、先行待機運転のドライ運転時に、ドライな摺動面のすべり軸受1によって回転軸10に生じる摩擦力 F_{AF} に対向する力を、摺動面が常時水中にあるすべり軸受1における液膜効果によって生じさせている。このため、本実施形態では、多円弧軸受、より好ましくは真円軸受が用いられる。

[0063] 次に、ポンプケーシング内のすべり軸受装置32、33のうち、常時水中雰囲気で使用されるすべり軸受装置を図11及び図12を用いて説明する。図11は、すべり軸受装置32の縦断面図である。図11に示すように、回転軸10はすべり軸受装置32の上下に延びており、回転軸10の外周には、スリーブ11を保持するスリーブ保持部材44が設けられている。スリーブ11はスリーブ保持部材44の外周に備えられている。回転軸10の回転

に伴い、スリーブ保持部材 4 4 及びスリーブ 1 1 は回転する。スリーブ 1 1 は外周面を摺動面とし、少なくともその外表面は、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属から構成されている。

[0064] スリーブ 1 1 の外周側には、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるすべり軸受 1 が配置されている。すべり軸受 1 は真円軸受または多円弧軸受である。スリーブ 1 1 の外周面は、すべり軸受 1 の内周面（すべり面）と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受 1 に対して摺動するように構成されている。すべり軸受 1 は、金属又は樹脂からなる軸受ケース 1 2 により、ポンプのケーシング 2 9（図 7 参照）又は吐出ボウル 2 8 の内筒等へ繋がる支持部材 1 3 に固定されている。

[0065] スリーブ 1 1 とすべり軸受 1 は、さらに受液槽 4 5 と傾斜板 4 6（板部材の一例に相当する）により囲まれ、これらによってスリーブ 1 1 とすべり軸受 1 の摺動部が液中に没することができる液溜り 4 7 が形成される。受液槽 4 5 は、スリーブ 1 1 及びすべり軸受 1 より下方に位置し、回転軸 1 0 の径よりやや大きい径の略円筒壁である回転軸側壁面 4 5 a と、更にそれより大きい径の略円筒壁であるケーシング側壁面 4 5 b を有する。回転軸側壁面 4 5 a とケーシング側壁面 4 5 b の下部が互いに接続され、液体を保持する受液槽 4 5 が形成されている。ケーシング側壁面 4 5 b の上部は、すべり軸受 1 を支える軸受ケース 1 2 と水密に接続しており、この接続部の高さレベルにおいては、受液槽 4 5 内と外とで水の行き来はない。また、ケーシング側壁面 4 5 b の外形は、ポンピング時にそれに沿って流れる揚水の抵抗とならないように下に向けて凸の紡錘形状や円錐形状の先端を有し、上（下流側）に向けて徐々に外径が拡大している。この形状により、水流の流線は、渦などの乱れを生じにくくなり、圧力損失、流体損失を低減することができる。

[0066] 回転軸側壁面 4 5 a の上端は、スリーブ 1 1 とすべり軸受 1 の摺動部の上端部より高い位置まで延びている。前述したスリーブ保持部材 4 4 は、受液槽 4 5 の回転軸側壁面 4 5 a の上端と干渉しないように通路 4 8 を有してい

る。スリーブ保持部材４４は、スリーブ１１の取付位置より下方に延びた延伸部を備えている。

[0067] 傾斜板４６は、全体として略筒状に構成された板部材であり、スリーブ１１とすべり軸受１より上部に位置し、その下部から上部につれて傾斜板４６の内径が徐々に小さくなる構造を有する。傾斜板４６の下部はすべり軸受１を支える軸受ケース１２と水密に接続しており、この接続部の高さレベルにおいては傾斜板４６の内側と外側とで水の行き来はない。傾斜板４６の上部は、わずかなクリアランスを有してスリーブ保持部材４４等の回転体と相対している。ここで、傾斜板４６の上端部は、前述した回転軸側壁面４５ａの上端より高い位置にある。

[0068] このようにすべり軸受装置３２、３３を構成することで、受液槽４５と傾斜板４６により囲まれた空間に水等の液体を注入すると、液面は、回転軸側壁面４５ａの上端の高さで満水状態となり、図中ＦＬの高さまで達する。これよりさらに液体を注入しても回転軸側壁面４５ａの上端を溢流してしまう。このとき、回転軸側壁面４５ａの上端は、スリーブ１１とすべり軸受１の摺動部の上端部より高い位置まで延びているので、スリーブ１１とすべり軸受１は水没している。

[0069] この状態で、回転軸１０、スリーブ保持部材４４、及びスリーブ１１を回転させると、その回転に伴って液体は回転し、回転による遠心力を得る。ところが、液面の外周には、傾斜板４６が設けられているので液体の遠心力による外部への飛散を防止することができる。遠心力の圧力により傾斜板４６の内壁面において液面は上昇するが、傾斜板４６により回転軸１０側に液体の向きを変える上、傾斜板４６の上部は、わずかなクリアランスでスリーブ保持部材４４等の回転体と相対しているため、液体が傾斜板４６を乗り越えて外部に飛散することが抑制される。

[0070] また、傾斜板４６とスリーブ保持部材４４による外形の形状は、上に向けて凸の紡錘形状や円錐形状の先端を有し、下（上流側）に向けて徐々に外径が拡大している。この形状により、ポンピング時にそれに沿って流れる揚水

の水流の流線は、渦などの乱れを生じにくくなり、圧力損失、流体損失を低減することができる。揚水が、傾斜板 4 6 とスリーブ保持部材 4 4 による外形に沿って流線の乱れを抑制しつつ流れるので、揚水に混入している砂などの異物は、水流に伴って上方（下流側）に流れやすくなり、傾斜板 4 6 とスリーブ保持部材 4 4 のクリアランスから受液槽 4 5 と傾斜板 4 6 により囲まれた空間に流入することを防止できる。

[0071] 以上のように、受液槽 4 5 の液体が、遠心力により飛散することが防止される。また、受液槽 4 5 内の雰囲気は湿度が高いため、気化による液体の減少が少ない。長期的にポンプの運転をしていないことで、液溜り 4 7 の液体が減少して液面が低下したとしても、スリーブ保持部材 4 4 のスリーブ 1 1 の取付位置より下方に延びた延伸部により、起動初期に液溜り 4 7 の液体が遠心作用を受け、遠心力により周方向に進んだのちにケーシング側壁面 4 5 b の内壁面により軸受部方向に曲げられて進むので、速やかに軸受部に水が到達することができる。その後まもなく立軸ポンプ 3 が揚水する際に受液槽 4 5 内に揚水の一部が供給されて、順次液体が補充されるので、受液槽 4 5 に液体を供給する特別な給水設備や装置を要せずに、常時液体を溜めた状態で、即ち摺動面が液体に浸された状態で回転体の回転を継続することが可能である。

[0072] また、ケーシング側壁面 4 5 b と、傾斜板 4 6 とスリーブ保持部材 4 4 により、形成される外形の形状は、全体として略紡錘形状とすることが好ましい。そうすることで、揚水の水流を乱すことが少なく、圧力損失を少なくできる。

[0073] また、このすべり軸受装置 3 2, 3 3 では、受液槽 4 5 と傾斜板 4 6 が別々の部品であるので、受液槽 4 5 を取り外すことにより、すべり軸受 1 を交換することができる。なお、受液槽 4 5 の下部や傾斜板 4 6 に、受液槽 4 5 内に液体を注入し又は受液槽 4 5 から液体を排出するための孔と、この孔を塞ぐ脱着可能なプラグを設けて、必要なときに液体の注入や排出をしやすくしてもよい。これにより、受液槽 4 5 内の洗浄を行うことができる。

- [0074] 以上、すべり軸受装置 32 に関して説明したが、吐出ボウル 28 の内筒に支持部材を介して固定されているすべり軸受装置 33 にも同様の構成を採用することができる。
- [0075] 次に、図 7 に示す回転軸 10 の下端部のすべり軸受装置 33 に、常時水中雰囲気で使用されるすべり軸受装置が用いられる場合を説明する。図 12 は、すべり軸受装置 33 の縦断面図である。回転軸 10 はすべり軸受装置 33 の上方でインペラ 22（図 7 参照）を貫通しており、図 12 に示すすべり軸受装置の位置は、回転軸 10 の下端部に位置している。
- [0076] 回転軸 10 の下端部には、その外周にスリーブ 11 を保持するスリーブ保持部材 44 が備えられている。スリーブ 11 はスリーブ保持部材 44 の外周に備えられている。スリーブ保持部材 44 は、スリーブ 11 の取付位置より下方に延びた延伸部を備えている。回転軸 10 の回転に伴い、スリーブ保持部材 44、スリーブ 11 は回転する。スリーブ 11 は外周面を摺動面とし、少なくともその外表面は、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属から構成されている。
- [0077] スリーブ 11 の外周側には、中空円筒の樹脂材料、セラミックス、焼結金属又は表面改質された金属からなるすべり軸受 1 が設けられている。すべり軸受 1 は真円軸受または多円弧軸受である。スリーブ 11 の外周面は、すべり軸受 1 の内周面（すべり面）と非常に狭いクリアランスを介して対面し、すべり軸受 1 に対して摺動するように構成されている。すべり軸受 1 は、金属又は樹脂からなる軸受ケース 12 により、ポンプのケーシング 29（図 7 参照）等へ繋がる支持部材 13 に固定されている。
- [0078] スリーブ 11 とすべり軸受 1 は、更に受液槽 45 と傾斜板 46 により囲まれ、それらによりスリーブ 11 とすべり軸受 1 の摺動部が液中に没せられる液溜り 47 を形成する。
- [0079] 受液槽 45 は、スリーブ 11 とすべり軸受 1 より下部に位置し、中央の窪んだ円形容器形状で、その周辺縁部は支持部材 13 及び／又は軸受ケース 12 と水密に接続し固定されており、その接続部の高さレベルにおいては、受

液槽 4 5 内と外とで水の行き来はない。また、受水槽 4 5 の外形は、ポンピング時にそれに沿って流れる揚水の抵抗とならないように下（上流側）に向けて凸の紡錘形状や円錐形状の先端を有し、上（下流側）に向けて徐々に外径が拡大している。この形状により、水流の流線は、渦などの乱れを生じにくくなり、圧力損失、流体損失を低減することができる。

[0080] 傾斜板 4 6 は、スリーブ 1 1 及びすべり軸受 1 より上部を覆うように位置し、その下部から上部につれて傾斜板の内径が徐々に小さくなる構造を有する。傾斜板 4 6 の下部は軸受ケース 1 2 に水密に接続し固定され、この接続部の高さレベルにおいては傾斜板 4 6 の内側と外側とで水の行き来はない。傾斜板 4 6 の上部には、わずかなクリアランスを有して異物侵入防止板 4 9 と相対している。異物侵入防止板 4 9 は、回転軸 1 0 の外周面に固定された円盤状の部材であり、傾斜板 4 6 を上部から覆うように配置される。これにより、傾斜板 4 6 の内側及び受液槽 4 5 内に、スリーブ 1 1 とすべり軸受 1 の摺動を阻害するような砂等の侵入を抑止している。

[0081] 受液槽 4 5 と傾斜板 4 6 により囲まれた空間には、水等の液体を、傾斜板 4 6 の上端を越流する図中 F L の高さまで注入できる。言い換えれば、液体は、傾斜板 4 6 及び受液槽 4 5 によって形成された空間内に満水状態になるように注入され得る。スリーブ 1 1 とすべり軸受 1 の摺動部の上端部より高い位置に液面を位置させることで、スリーブ 1 1 とすべり軸受 1 を水没させることができる。

[0082] この状態で、回転軸 1 0、スリーブ保持部材 4 4、及びスリーブ 1 1 を回転させると、その回転に伴って水は回転し、回転による遠心力を得る。ところが、液面の外周側には、傾斜板 4 6 があるので、遠心力による液体の外部への飛散を防止することができる。遠心力の圧力により傾斜板 4 6 の内壁面において液面は上昇するが、傾斜板 4 6 により回転軸 1 0 側に水の向きを変える上、傾斜板 4 6 の上部は、わずかなクリアランスで異物侵入防止板 4 9 等の回転体と相対しているため、水が傾斜板 4 6 を乗り越えて外部に飛散することが抑制される。

[0083] また、傾斜板 4 6 と異物侵入防止板 4 9 による外形の形状は、上（下流側）に向けて凸の紡錘形状や円錐形状の先端を有し、下（上流側）に向けて徐々に外径が拡大している。この形状により、ポンピング時にそれに沿って流れる揚水の水流の流線は、渦などの乱れを生じにくくなり、圧力損失、流体損失を低減することができる。揚水が、傾斜板 4 6 と異物侵入防止板 4 9 による外形に沿って流線の乱れを抑制しつつ流れるので、揚水に混入している砂などの異物は、水流に伴って上方に流れやすくなり、傾斜板 4 6 と異物侵入防止板 4 9 のクリアランスから受液槽 4 5 と傾斜板 4 6 により囲まれた空間に流入することを防止できる。

[0084] 以上のように、受液槽 4 5 の水が、遠心力により飛散することが防止される。また、受液槽 4 5 の雰囲気は湿度が高いため、気化による液体の減少が少ない。長期的にポンプの運転をしていないことで、液溜り 4 7 の液体が減少して液面が低下したとしても、スリーブ保持部材 4 4 のスリーブ 1 1 の取付位置より下方に延びた延伸部により、起動初期に液溜り 4 7 の液体が遠心作用を受け、遠心力により周方向に進んだのちにケーシング側壁面 4 5 b の内壁面により軸受部方向に曲げられて進むので、速やかに軸受部に水が到達することができる。その後まもなく立軸ポンプ 3 が揚水する際に受液槽 4 5 内に揚水の一部が供給されて、順次液体が補充されるので、受液槽 4 5 に液体を供給する特別な給水設備や装置を要せずに、常時液体を溜めた状態で、即ち摺動面が水に浸された状態で、回転体の回転を継続することが可能である。

[0085] また、受液槽 4 5 と、傾斜板 4 6 と異物侵入防止板 4 9 により、形成される外形の形状は、全体として略紡錘形状とすることが好ましい。そうすることで、揚水の水流を乱すことが少なく、圧力損失が少なくできる。

[0086] また、このすべり軸受装置 3 2、3 3 では、受液槽 4 5 と傾斜板 4 6 が別々の部品であるので、受液槽 4 5 を取り外すことにより、すべり軸受 1 を交換することができる。なお、受液槽 4 5 の下部や傾斜板 4 6 に、受液槽 4 5 内に液体を注入し又は受液槽 4 5 から液体を排出するための孔と、この孔を

塞ぐ脱着可能なプラグを設けて、必要なときに液体の注入や排出をし易くしてもよい。これにより、受液槽45内の洗浄を行うことができる。

[0087] 以上、回転軸10を支持する複数のすべり軸受装置32, 33を備え、気中運転時に複数のすべり軸受装置32, 33のうち一部を、摺動面が大気（ドライ）雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置とし、その残りを摺動面が常時液体（水中）雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置とした先行待機用の立軸ポンプ3を説明した。また、摺動面が常時液体（水中）雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置32, 33の実施例として、（1）ケーシング29の内部に配置する例、及び（2）回転軸10の下端部に配置する例を説明した。これらの常時液体（水中）雰囲気で使用されるすべり軸受装置32, 33は、立軸ポンプ3の回転軸10のどの位置においても、立軸ポンプ3の回転軸10が振れ回ったときに、摺動面が大気（ドライ）雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置の摺動面で生じる偶力を相殺することができる。特に、液膜効果は回転数の高速化に対応できるので、このすべり軸受装置は、回転数の高速化と、回転軸の長軸化が進む先行待機運転用の立軸ポンプ3に好適である。

[0088] また、図11及び図12に示したすべり軸受装置32, 33は、従来の保護管を用いる場合に比べて、保護管に水を供給する設備のような付帯設備は不要であるし、メンテナンスもしやすくなる。また、本実施形態に係る立軸ポンプ3は、ドライ運転時に摺動面がドライな状態であるすべり軸受装置も併用するので、全てのすべり軸受装置を、内部に水を溜めて摺動面が水中に存在する状態にしたすべり軸受装置に置き換える場合に比べ、コストを抑えられ、メンテナンスもしやすくなり、ポンプ性能に与える影響も低減させることができる。

[0089] 但し、上記2つの例では、他との影響に関して考慮すべきことがある。摺動面が常時液体（水中）雰囲気にある状態で使用されるすべり軸受装置は、その機能を保つためにそれなりの大きさを必要とする。したがって、このようなすべり軸受装置は、立軸ポンプ3の流路面積を狭めたり、流体の抵抗と

なったりしやすいという課題がある。回転軸 10 の下端部に図 12 に示したすべり軸受装置を配置する場合は、先行待機運転用の立軸ポンプ 3 のドライ運転時の回転軸 10 の振れ回りを抑えることができるとともに、メンテナンスを容易にする観点では優れているが、立軸ポンプ 3 の吸込口の流路面積を狭めることになる。このため、揚水時の吸込み圧力の低下や、キャビテーションの発生による性能の低下が懸念される。しかしながら、すべり軸受 1 を図 10A に示した真円軸受や図 10B に示した多円弧軸受とすることで、図 10D に示したティルティングパッド軸受に比べて大幅にコンパクト化が図れる。

[0090] 一方、吐出ボウル 28 よりも高い位置（下流側の位置）にすべり軸受装置 32 を配置する場合は、すべり軸受装置 32 が立軸ポンプ 3 の流路面積を狭めるが、この位置は吐出圧力下にあるので、前述した吸込み圧力の低下やキャビテーションの発生の懸念はなくなる。また、吐出ボウル 28 の内筒の内部や、吐出ボウル 28 の直上の部分等に配置されたすべり軸受装置 32、33 は、流れにあまり影響を与えない。そして、このように配置位置が制限されても、ドライ運転時にドライな摺動面のすべり軸受装置で生ずる偶力をキャンセルする偶力を十分に生じることができる。

[0091] 以上のように、摺動面が常時液体（水中）雰囲気で使用されるすべり軸受装置 32、33 が配置される位置は、先行待機運転用の立軸ポンプ 3 のドライ運転時の回転軸 10 の振れ回りを抑え、且つ揚水時のポンプ性能に影響を与えないという観点では、吐出ボウル 28 内およびそれ以上の高さに配置することが好ましい。

[0092] 以上、本発明の実施形態について、主に先行待機運転を行う立軸ポンプを例として説明したが、立軸ポンプ 3 は、ポンプケーシング内に、ポンプが揚水する対象の水がない状態で回転軸を回転して運転することがあるポンプであって、そのような状態で管理運転を行うポンプも含まれる。上述した発明の実施の形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良

され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることはもちろんである。また、上述した課題の少なくとも一部を解決できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、特許請求の範囲及び明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、又は省略が可能である。

符号の説明

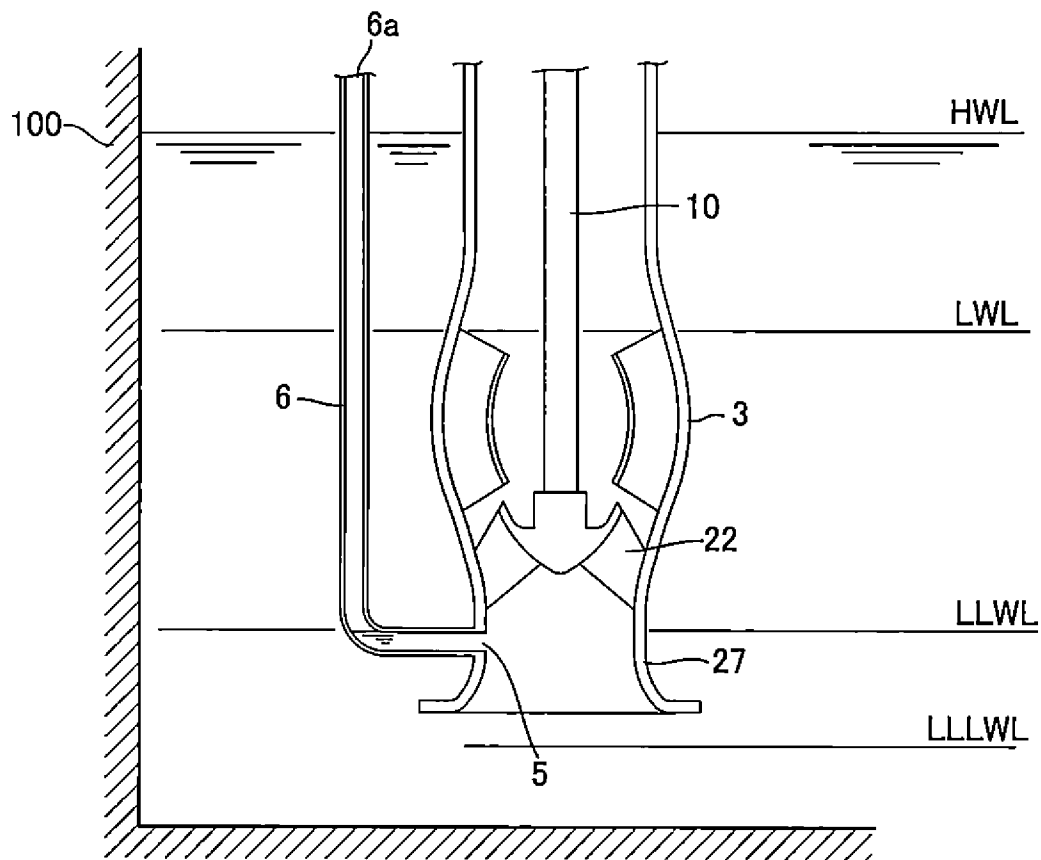
- [0093] 1 … すべり軸受
 3 … 立軸ポンプ
 6 … 空気管
 10 … 回転軸
 11 … スリーブ
 22 … インペラ
 29 … ケーシング
 30 … 吐出エルボ
 32 … すべり軸受装置
 33 … すべり軸受装置
 34 … 軸シール
 44 … スリーブ保持部材
 45 … 受液槽
 46 … 傾斜板

請求の範囲

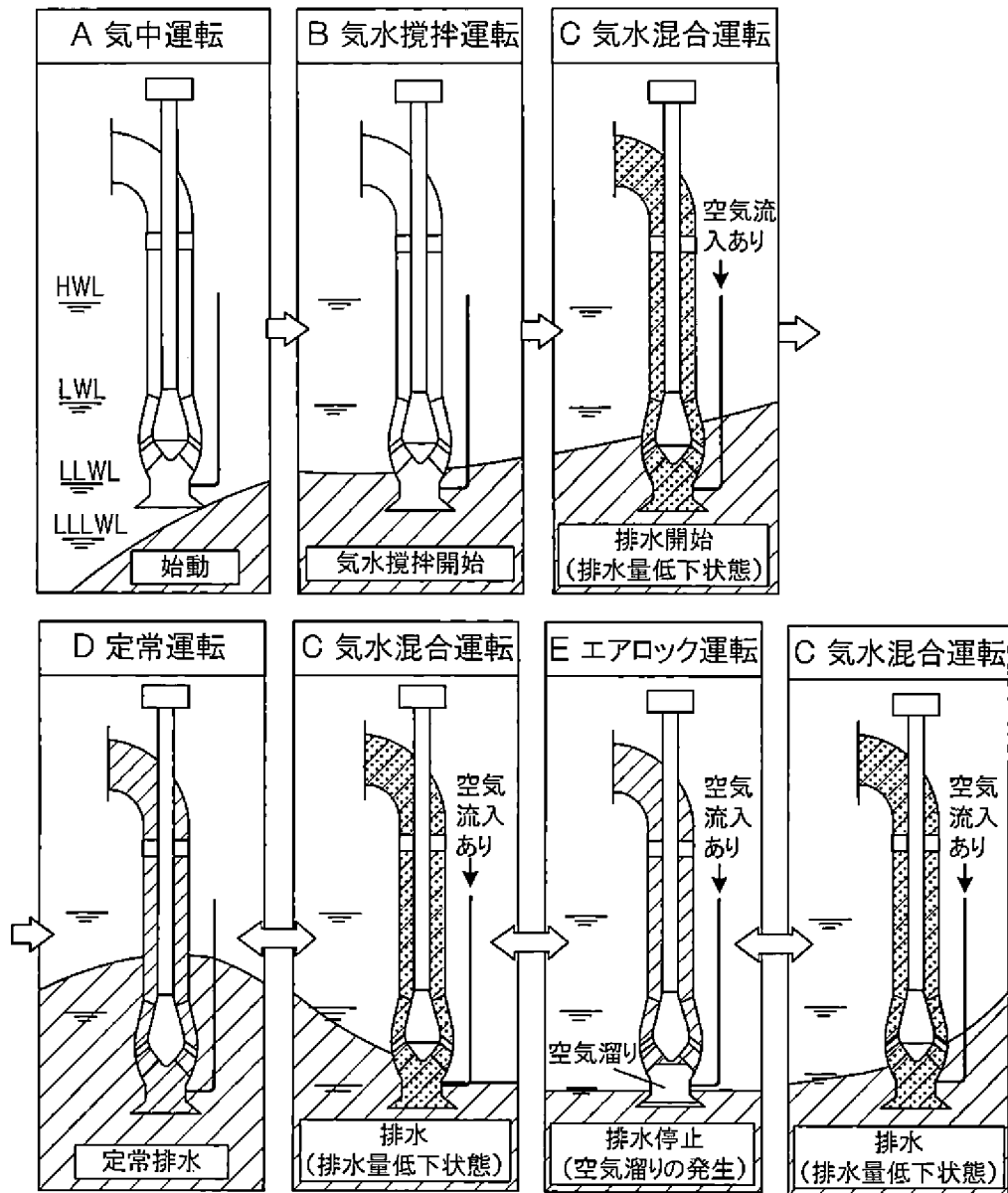
- [請求項1] 回転軸と、前記回転軸の少なくとも一部を収容するポンプケーシングと、前記回転軸に取り付けられた羽根車と、を備えた立軸ポンプであって、
- 前記回転軸を支持する複数のすべり軸受装置を備え、
- 前記複数のすべり軸受装置の一部は、気中運転時に摺動面が大気雰囲気にある状態で使用される第1のすべり軸受装置であり、
- 前記複数のすべり軸受装置の残りは、摺動面が常時液体雰囲気にある状態で使用される第2のすべり軸受装置である、立軸ポンプ。
- [請求項2] 請求項1に記載された立軸ポンプにおいて、
- 前記第2のすべり軸受装置は、真円軸受又は多円弧軸受を有する、立軸ポンプ。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載された立軸ポンプにおいて、
- 前記羽根車を収容する吐出ボウルを有し、
- 前記第2のすべり軸受装置は、前記吐出ボウル以上の高さに設けられる、立軸ポンプ。
- [請求項4] 請求項1から3に記載された立軸ポンプにおいて、
- 前記第2のすべり軸受装置は、
- 前記回転軸を支持するすべり軸受と、
- 前記すべり軸受の摺動部が前記液体に接触するように前記液体を保持する受液槽と、を有する、立軸ポンプ。
- [請求項5] 請求項4に記載された立軸ポンプにおいて、
- 前記第2すべり軸受装置は、前記すべり軸受よりも上方に配置され、前記受液槽とともに前記液体を保持するための板部材を有する、立軸ポンプ。
- [請求項6] 請求項5に記載された立軸ポンプにおいて、
- 前記板部材は、筒状であり、上流側から下流側に向かって内径が徐々に小さくなるように構成される、立軸ポンプ。

- [請求項7] 請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の立軸ポンプにおいて、
前記ポンプケーシング内の第 1 のすべり軸受装置および第 2 のすべり軸受装置のうち、最下部のすべり軸受装置の摺動面が、揚水に浸されていない状態で運転する、立軸ポンプ。
- [請求項8] 請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載された立軸ポンプにおいて、
前記ポンプケーシングは、前記羽根車の上流側に空気管を備える、立軸ポンプ。

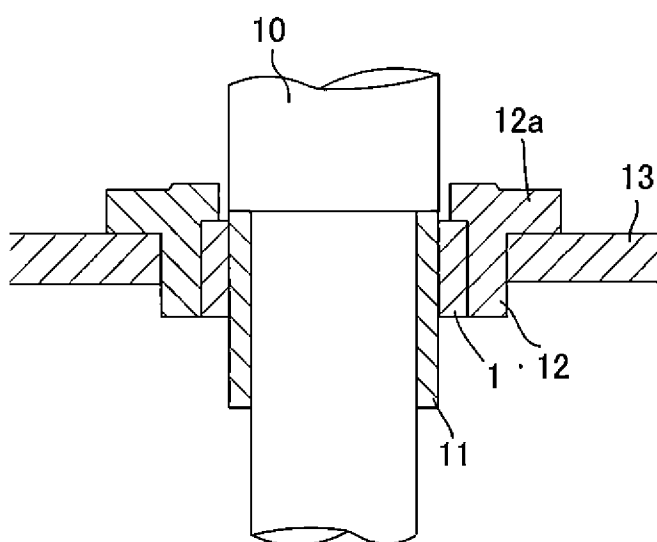
[図1]



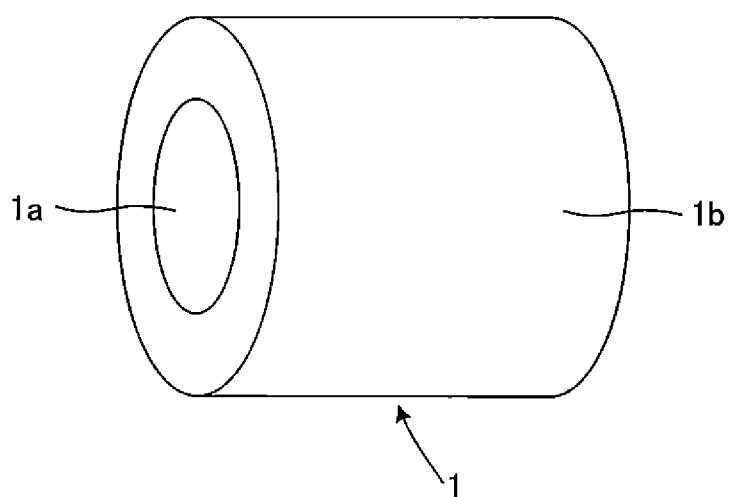
[図2]



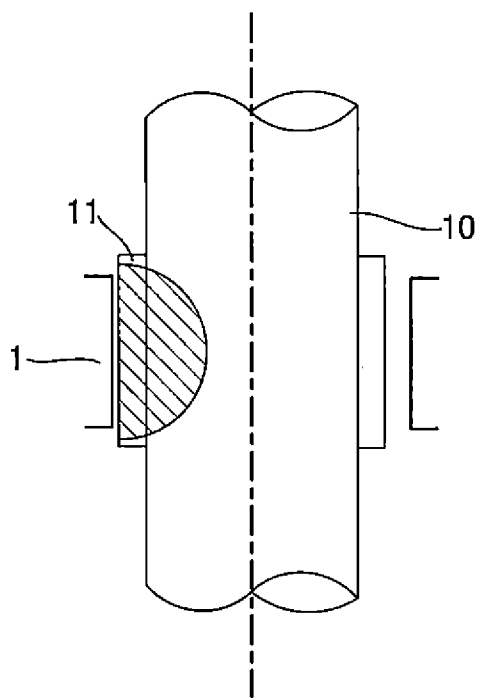
[図4]



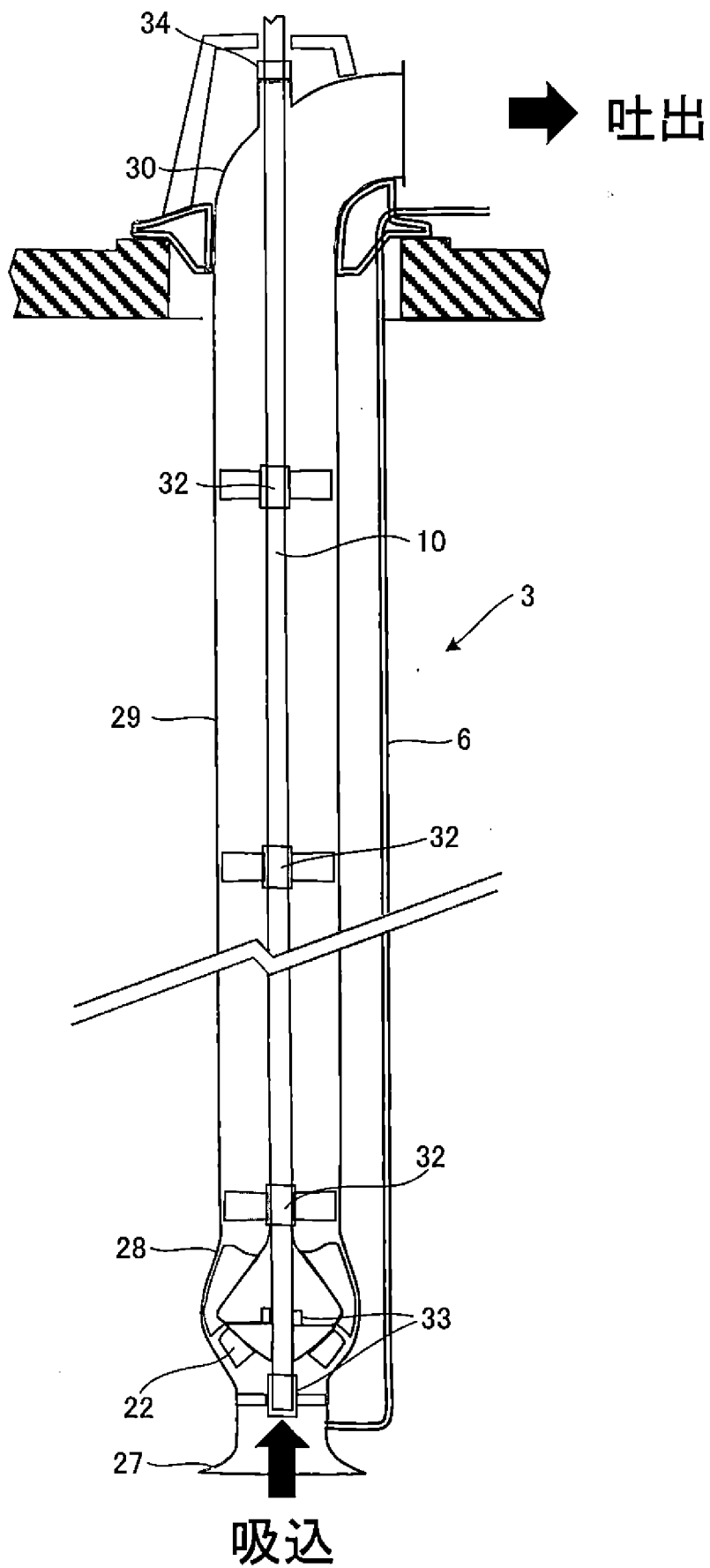
[図5]



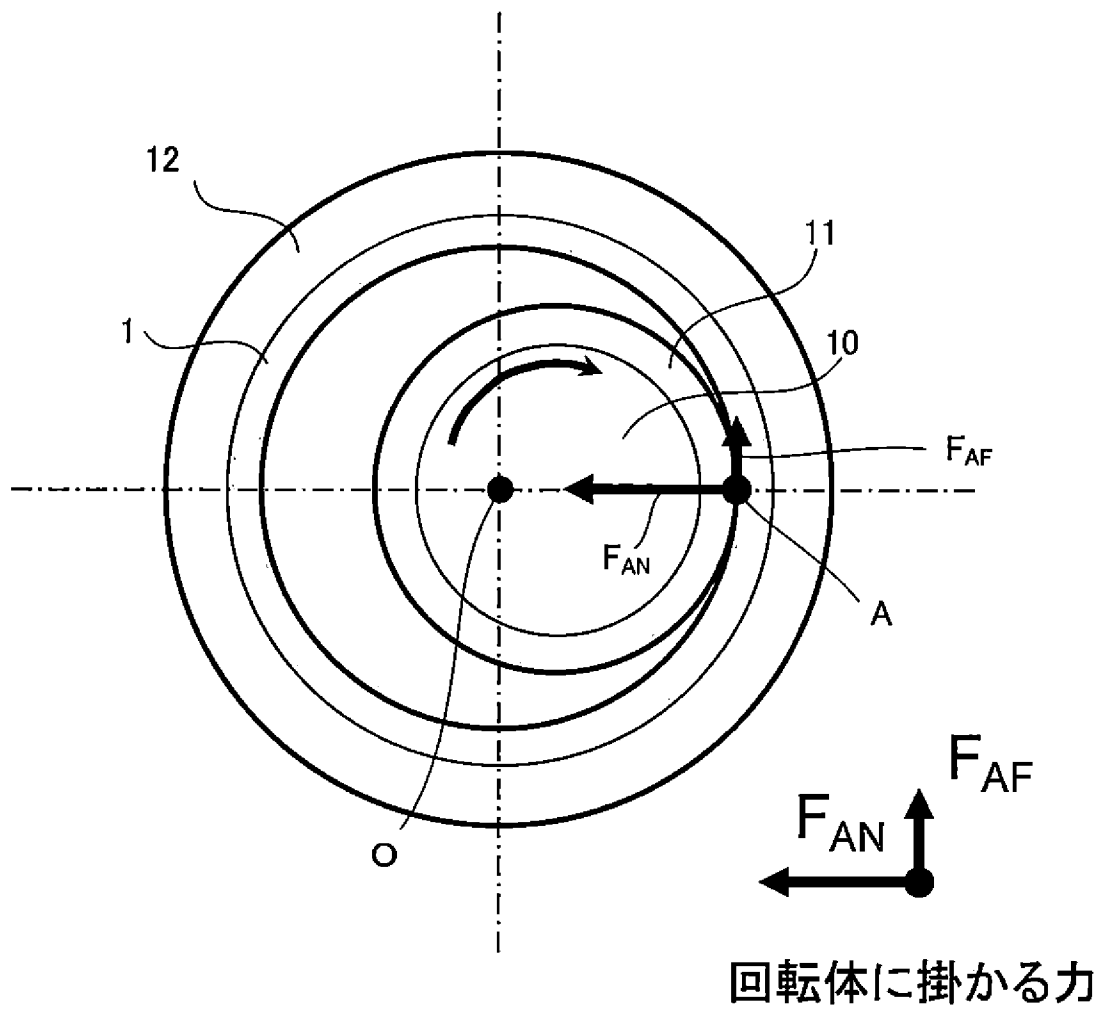
[図6]



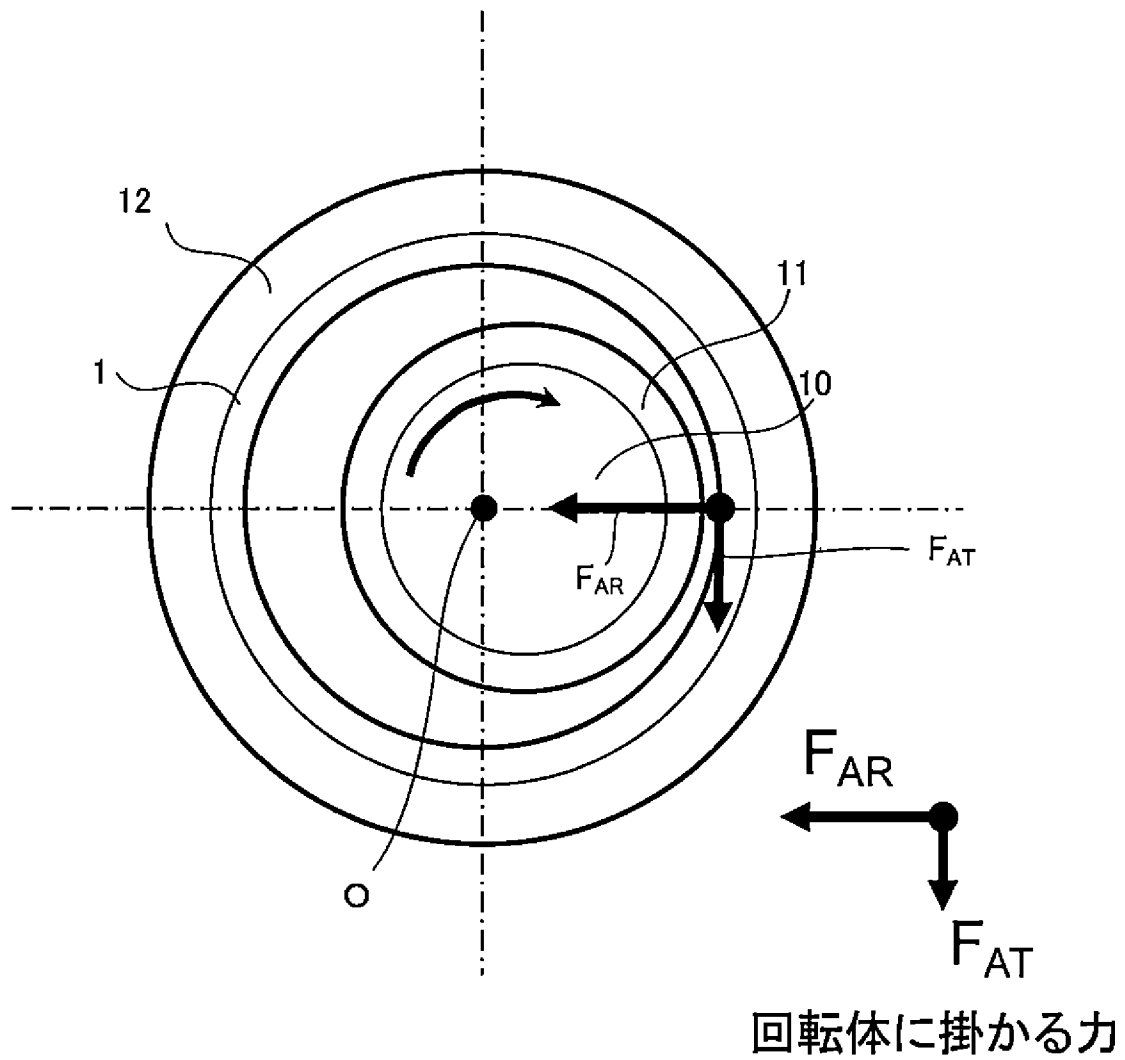
[図7]



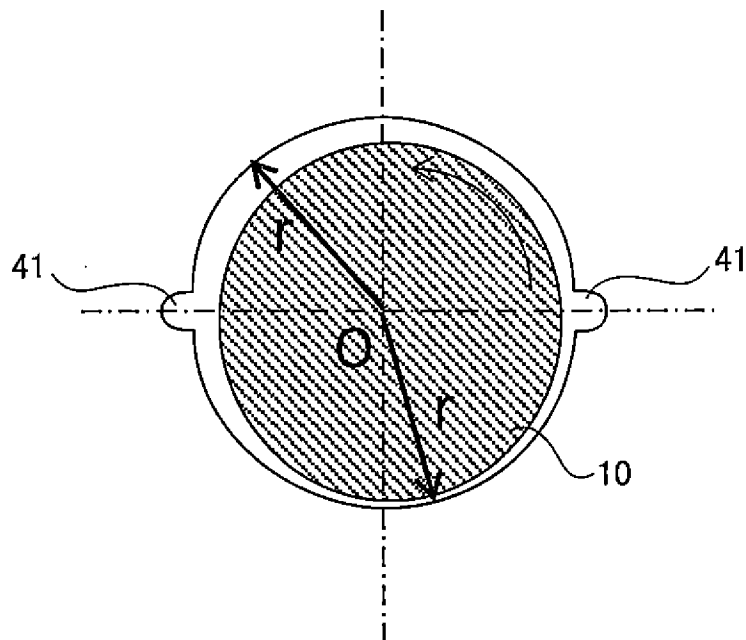
[図8]



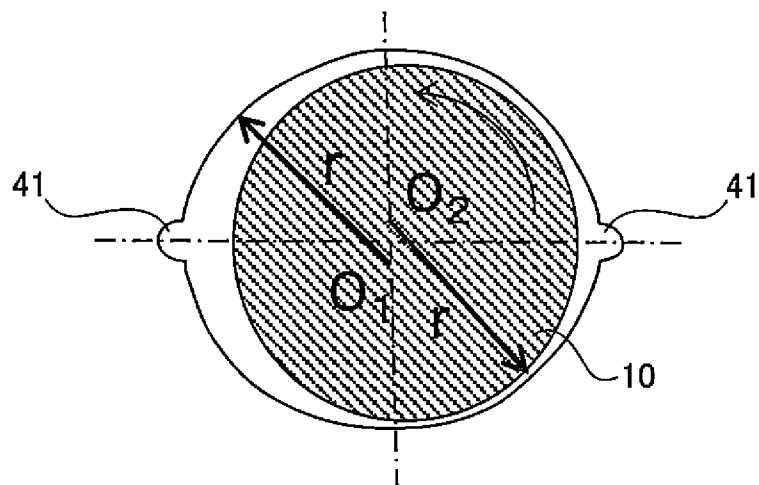
[図9]



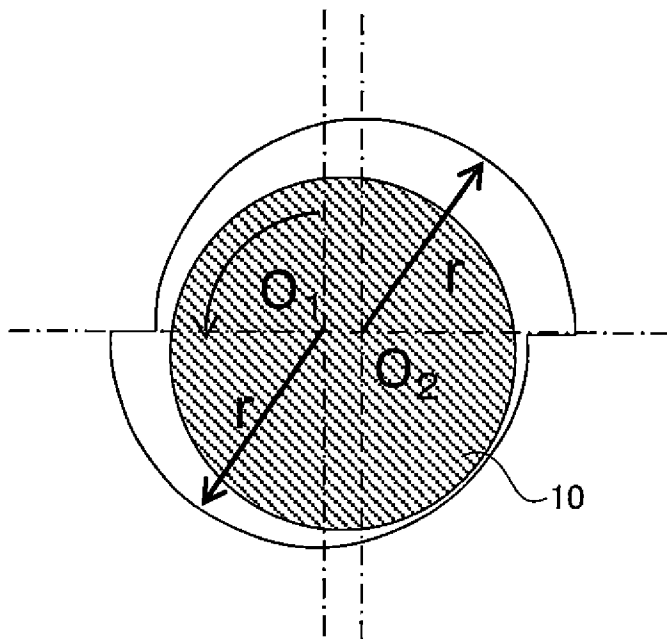
[図10A]



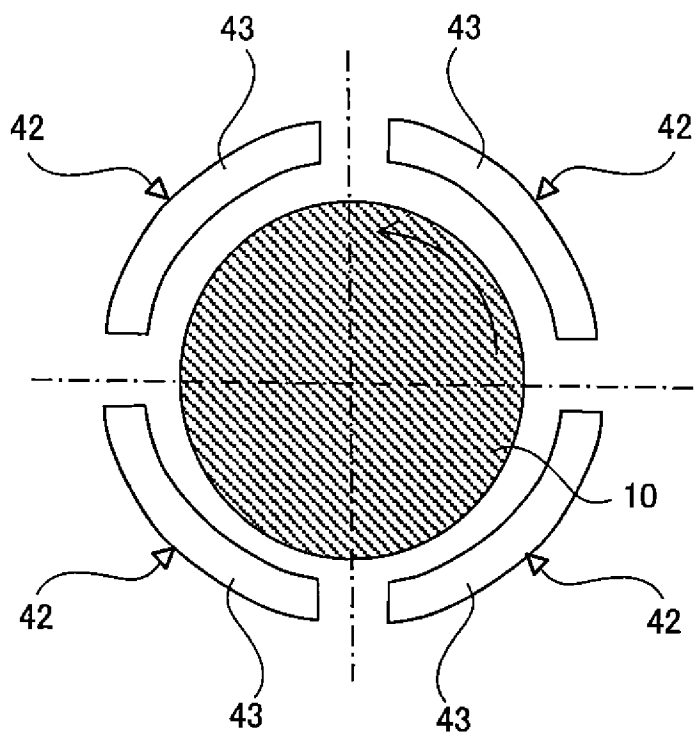
[図10B]



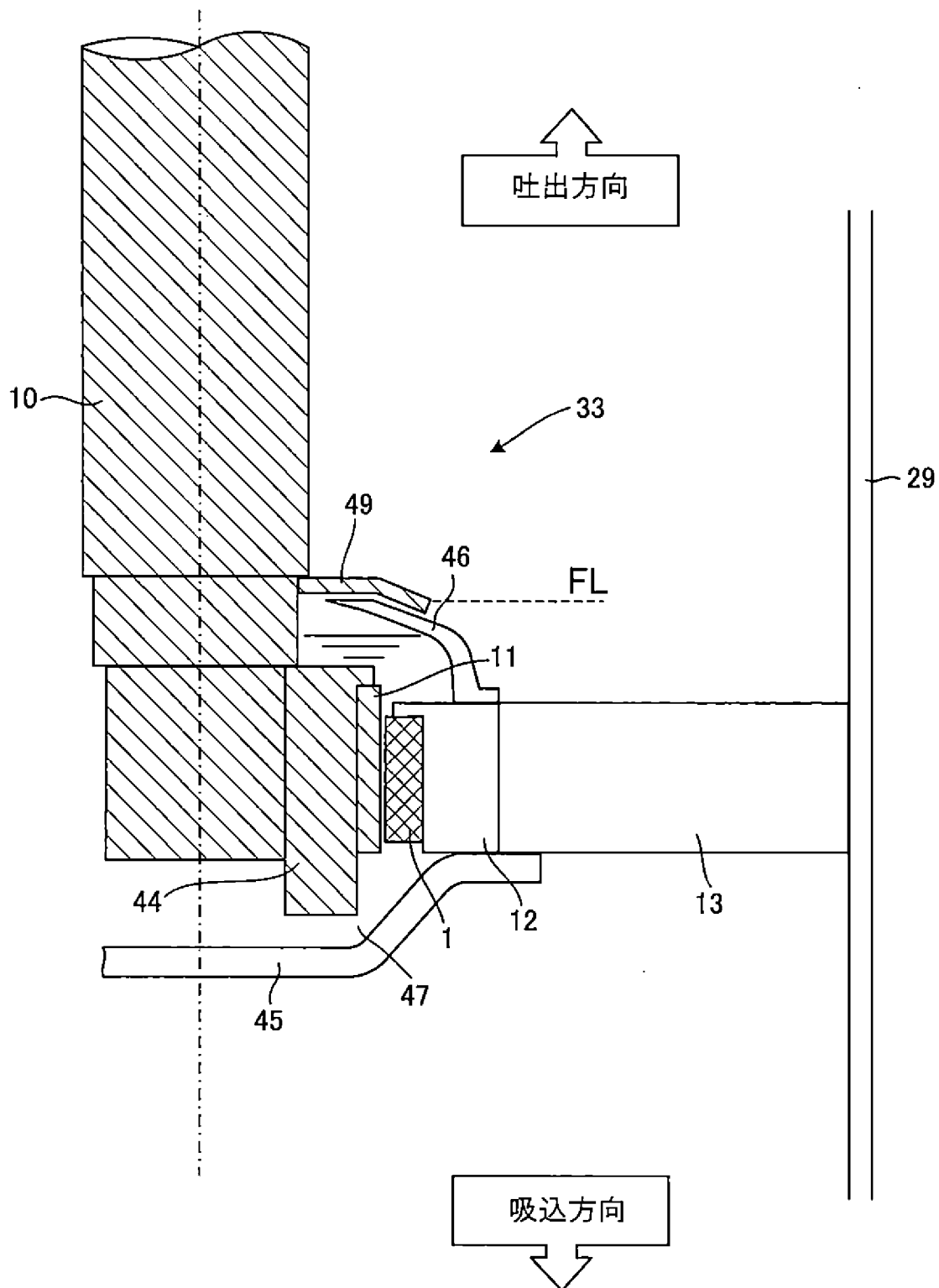
[図10C]



[図10D]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/066820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D13/00(2006.01)i, F04D29/046(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)

F04D13/00, F04D29/046

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 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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 Y A	JP 2000-130390 A (Ebara Corp.), 12 May 2000 (12.05.2000), paragraphs [0018] to [0031]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-2, 4-5 6, 8 3, 7
Y	JP 2000-2191 A (Kubota Corp.), 07 January 2000 (07.01.2000), paragraphs [0018] to [0019]; fig. 2 (Family: none)	6
Y	WO 2015/012350 A1 (Ebara Corp.), 29 January 2015 (29.01.2015), paragraph [0004]; fig. 1 & CN 105408635 A	8



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

30 August 2016 (30.08.16)

Date of mailing of the international search report

13 September 2016 (13.09.16)

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/JP2016/066820

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4417850 A (HACKER, Richard K.), 29 November 1983 (29.11.1983), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04D13/00(2006.01)i, F04D29/046(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（I P C））

Int.Cl. F04D13/00, F04D29/046

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で利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 Y A	JP 2000-130390 A（株式会社荏原製作所）2000.05.12, 段落0018-0031, 図1-5（ファミリーなし）	1-2, 4-5 6, 8 3, 7
Y	JP 2000-2191 A（株式会社クボタ）2000.01.07, 段落0018-0019, 図2（ファミリーなし）	6
Y	WO 2015/012350 A1（株式会社 荏原製作所）2015.01.29, 段落0004, 図1 & CN 105408635 A	8

☒ 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
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日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

「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
「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

国際調査を完了した日

30.08.2016

国際調査報告の発送日

13.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

松浦 久夫

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

30

9613

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
A	US 4417850 A (HACKER, Richard K.) 1983.11.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8