

(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
2016 年 10 月 27 日(27.10.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/171241 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 17/14 (2006.01) *F04D 29/046* (2006.01)
F04D 13/00 (2006.01) *F16C 17/02* (2006.01)
F04D 29/02 (2006.01) *F16C 33/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062718
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 22 日(22.04.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-089262 2015 年 4 月 24 日(24.04.2015) JP
- (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: 杉山 憲一(SUGIYAMA, Kenichi); 〒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). 高橋 則雄(TAKAHASHI, Norio); 〒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). 山口 晶(YAMAGUCHI, Akira); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株

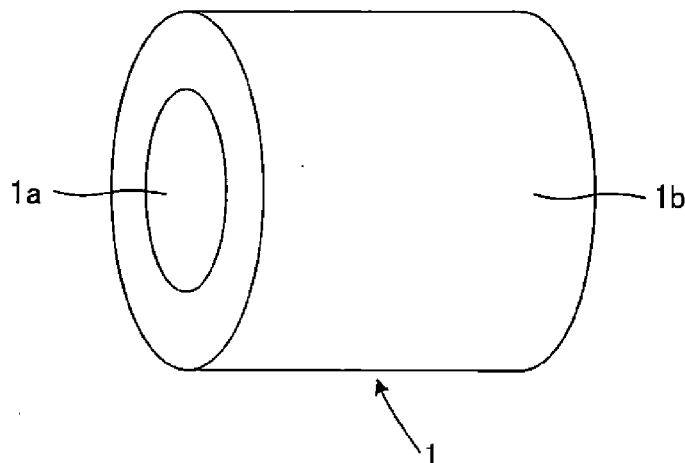
式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 杉山 和彦(SUGIYAMA, Kazuhiko); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 小宮 真(KOMIYA, Makoto); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).

- (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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SLIDING BEARING DEVICE AND PUMP PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: すべり軸受装置及びこれを備えたポンプ



(57) Abstract: Provided is a sliding bearing device having a low-friction bearing sliding surface in dry conditions in which the bearing sliding surface is exposed to the atmosphere. The sliding bearing device is used in a rotating machine and is used in dry conditions in which the bearing sliding surface is exposed to the atmosphere, the bearing portion of the device being formed from a composite material of carbon fiber, talc, an aromatic polyether ketone, and unavoidable impurities.

(57) 要約: 軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で低摩擦な軸受すべり面を有したすべり軸受装置を提供する。回転機械に使用され、軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で使われるすべり軸受装置であって、軸受部分は炭素繊維、タルク、芳香族ポリエーテルケトンおよび不可避不純物の複合材料により形成されている。



WO 2016/171241 A1



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))

明 細 書

発明の名称： すべり軸受装置及びこれを備えたポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、樹脂材料を用いたすべり軸受装置及びこれを備えたポンプに係り、特にポンプ等の回転機械のラジアル軸受として好適に使用されるすべり軸受装置及びこれを備えたポンプに関する。

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、立軸ポンプ3が配置される。立軸ポンプ3は、縦方向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。これにより、立軸ポンプ3は、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）を継続することができる。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。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）。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軸受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軸受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 を回転させる図示しない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。

[0008] 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。

[0009] 図 4 は、図 3 に示した軸受 32, 33 に適用される従来の軸受装置の拡大図である。図 5 は、図 4 に示す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、従来の軸受装置は、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、軸受すべり面 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。

[0010] 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。すなわち、軸受 32, 33 は液体の潤滑のないドライ摺動条件で運転される。ここでドライ摺動条件とは、ポンプ運転中の軸受 32, 33 の雰囲気は、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 に示した軸受 32, 33 は軸受に通水した排水条

件でも運転される。ここで、排水条件とは、ポンプ運転中の軸受 32, 33 の雰囲気、土砂等の異物（スラリー）が混入した水中である条件をいい、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。このような条件で軸受 32, 33 が使用される。尚、図 3 に示した立軸ポンプ 3 では、回転軸 10 に対して 2 つの軸受 32, 33 が配置されているが、回転軸 10 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。

[0011] 樹脂材料を用いたすべり軸受を有するすべり軸受装置は、樹脂が良好な潤滑性能を有するので、ターボ機械等の回転機械や事務機械に広く使用されている。

[0012] 樹脂軸受の評価方法として、円盤状に成形した樹脂の円盤面を平板に押し付けた状態で円盤状の樹脂を回転させることで、樹脂の摩擦係数や摩耗量进行评估することが行われている。また、シール部分に樹脂を用いたピストンをシリンダ内で往復させて、シール部分とシリンダとを摺動させることで、樹脂の摩擦係数や摩耗量进行评估することも行われている。このような評価方法においては、具体的な使用条件を反映させたものは少なく、例えば、軸受の摺動中に異物が混入することを想定したものはあまり見られない。

[0013] ターボ機械等の回転機械では、回転軸の軸方向に直角な方向に作用する荷重を受けるラジアル軸受用のすべり軸受に樹脂材料を用いたものがある。水ポンプに使用されるラジアル軸受用のすべり軸受は、回転体とすべり軸受との隙間（摺動部）に、潤滑油は用いず、ポンプ揚水を侵入させて使用される。このため、水ポンプが土砂等の異物混入水（異物混入水）を扱う場合、異物混入水がすべり軸受の摺動面（軸受すべり面）に侵入してくることがある。この場合、遠心力がすべり軸受の径方向に向かって働くので、回転体とすべり軸受の隙間に侵入した異物を軸方向へ排出することは困難である。

[0014] 土砂（異物）の主成分である SiO_2 は、樹脂材料と比較して硬度が高いため、回転体とすべり軸受の隙間に異物が侵入すると、樹脂材料が摩耗する。従って、異物混入水を扱う水ポンプの運転においては、すべり軸受の摩耗量

が増大し、すべり軸受の寿命が短くなるという問題がある。

[0015] したがって、これまでの多くの樹脂軸受の評価方法では、実条件における耐摩耗性の評価は不十分である。また、これまでの多くの樹脂軸受の評価方法において、仮に異物の混入を想定した条件を採用しても、これらの評価方法はラジアル軸受としてのすべり軸受を評価するものではない。したがって、これらの評価方法では、異物が摺動面から外部に放出されやすく、異物の摺動面での滞留の影響は少ないと考えられる。このため、これらの評価方法は、ラジアル軸受としてのすべり軸受の耐摩耗性能の評価に適さない。

[0016] また、立軸ポンプは、先行待機運転のように、軸受すべり面が水中にある状態で運転される場合だけでなく、軸受すべり面が大気中に露出した状態で運転される場合もある。このようにすべり軸受の軸受すべり面が大気中に露出するドライ摺動条件で立軸ポンプが運転される場合には、ドライ摺動条件で低摩擦なすべり軸受装置が求められる。

[0017] 一方、従来の樹脂材料からなるすべり軸受を用いた立軸ポンプにおいて、ドライ運転時に軸受温度が急上昇し運転不能になる場合があり、この軸受温度の上昇が問題となっている。図6 A及び図6 Bは、ポンプ運転時における回転軸10、スリーブ11、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、回転数または軸受荷重が高いほど、図3に示した軸受32、33に使用されるすべり軸受1と、回転軸10に取り付けたスリーブ11とが摺動する際に、その接触部で発生する摩擦熱が大きくなる。その摩擦力により、すべり軸受1、回転軸10、及びスリーブ11が局所的に高温となる虞がある。図6 A及び図6 Bに示される斜線部は、すべり軸受1、回転軸10、及びスリーブ11の高温になる部分である。

[0018] 回転軸10に取り付けたスリーブ11の局所的な高温化により、図6 Aに示すように、回転軸10が局所的に膨張し、回転軸10がわずかに曲がる虞がある。それにより、立軸ポンプの回転体（回転軸10及びスリーブ11）と固定体（すべり軸受1）との干渉による振動や、軸受荷重の増加が起こりやすくなる。即ち、回転体のアンバランス方向において回転体と固定体とが

接触し、この接触部分が発熱することにより回転軸 10 の軸断面に温度分布が生じ、部分的な熱膨張により回転軸 10 が曲がる。この際、回転軸 10 の曲がりにより回転体の重心がずれるので、回転体全体のアンバランスが徐々に大きくなっていく。また、回転軸 10 の曲がりにより、回転体とすべり軸受 1 との接触態様が変化し、すべり軸受 1 の温度勾配が変化する場合もある。

[0019] さらに、回転軸 10 の曲がりによる変位が、スリーブ 11 とすべり軸受 1 との隙間より大きくなると、図 6 B に示すように、スリーブ 11 とすべり軸受 1 とが逆位相の 2 点において接触する状態となり、曲げ変位が拘束される。この状態で回転軸 10 が回転し続けると、さらに熱膨張が続き、すべり軸受 1 に対する押付荷重が上昇する。すべり軸受 1 に加わる押付荷重が上昇すると、発熱量が増加する。発熱量の増加により回転軸 10 の熱曲がりが増速し、その結果すべり軸受 1 に加わる押付荷重がさらに上昇する。このような悪循環に陥り、加速度的に回転軸 10、スリーブ 11、及びすべり軸受 1 の温度が上昇する。

[0020] 回転体のアンバランス量が許容値内であっても、それが大きい場合には、すべり軸受 1 の面圧が大きくなり、すべり軸受 1 の回転体との接触部の発熱が大きくなる。そのため、回転軸 10 の曲がりが増速され、加速度的にすべり軸受 1 の温度が上昇する場合がある。発熱を小さくするには、すべり軸受 1 の摩擦係数を低減させることが有効である。このため、従来よりも低摩擦なすべり軸受 1 の材料が求められている。

先行技術文献

特許文献

- [0021] 特許文献1：特開 2001-173660 号公報
特許文献2：特開 2006-249187 号公報
特許文献3：特開 2012-251616 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0022] 本発明は、上述の事情に鑑みなされたもので、水ポンプに使用されるラジアル軸受用のすべり軸受装置において、ドライ摺動条件でも低摩擦な軸受すべり面を有し、且つ異物混入水中での耐摩耗性に優れたすべり軸受装置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

[0023] 本発明の一形態によれば、すべり軸受装置が提供される。このすべり軸受装置は、すべり軸受を備えたすべり軸受装置であって、前記すべり軸受は、タルク、芳香族ポリエーテルケトン、炭素繊維および不可避不純物を含み、前記すべり軸受のすべり面において、前記タルクは7%以上13%以下の面積率を有し、前記炭素繊維は9%以上26%以下の面積率を有し、前記芳香族ポリエーテルケトンおよび前記不可避不純物は残りの面積を占める。

[0024] 本発明の他の一形態によれば、前記すべり軸受のすべり面が大気と接触した状態で運転可能に構成されている。

[0025] 本発明の他の一形態によれば、前記芳香族ポリエーテルケトンは、PEK、PEEK、PEKKまたはPEKKKである。

[0026] 本発明の他の一形態によれば、前記炭素繊維は、直径が5 μ m以上10 μ m以下である。

[0027] 本発明の他の一形態によれば、前記タルクは、直径が0.1 μ m以上15 μ m以下である。

[0028] 本発明の他の一形態によれば、前記すべり軸受のすべり面が、土砂が混入した水と接触した状態で運転可能に構成されている。

[0029] 本発明の他の一形態によれば、前記すべり軸受のすべり面に摺動するスリーブを有し、前記スリーブは、800以上2500以下のビッカース硬さを有し、且つセラミックス、超硬合金、及びサーメットのいずれかから形成される。

[0030] 本発明の他の一形態によれば、ポンプが提供される。このポンプは、上記すべり軸受装置を備える。

発明の効果

- [0031] 本発明によれば、水ポンプにおけるラジアル軸受用のすべり軸受装置において、ドライ摺動条件でも低摩擦な軸受すべり面を有し、且つ異物混入水中での耐摩耗性に優れたすべり軸受装置を提供することができる。
- [0032] また、本発明によれば、炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンを複合した材料をすべり軸受に使用することにより、軸受すべり面に水がない大気中雰囲気においてすべり軸受装置が使用される場合でも低摩擦を確保できる。
- [0033] また、本発明によれば、炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンを複合した材料をすべり軸受に使用することにより、土砂等の異物混入水中ですべり軸受装置が使用される場合でも、すべり軸受材料の摩耗を抑制することができる。
- [0034] また、本発明によれば、すべり軸受のすべり面における炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの面積率を所定の比率になるようにすべり軸受の材料を複合することにより、ドライ運転における低摩擦を確保することができ、且つ異物混入水中における耐スラリー摩耗を確保することができる。

図面の簡単な説明

- [0035] [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に示した軸受に適用される従来の軸受装置の拡大図である。
- [図5]図4に示す軸受装置に設置されたすべり軸受の斜視図である。
- [図6A]ポンプ運転時における回転軸、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6B]ポンプ運転時における回転軸、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]評価試験における摩耗量の評価結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0036] 本実施形態に係るすべり軸受装置は、例えば、図4に示したすべり軸受装置と同様の構造を有する。即ち、本実施形態に係るすべり軸受装置は、回転体である回転軸10及びスリーブ11と、固定体であるすべり軸受1とを有する。また、本実施形態に係るすべり軸受装置に用いられるすべり軸受1は、図5に示したすべり軸受1と同様の構造を有する。

[0037] 一方で、本実施形態に係るすべり軸受1は、炭素繊維、タルク、芳香族ポリエーテルケトン、及び不可避不純物の複合材料から構成される。円筒形状のすべり軸受1の内周面は、スリーブ11の外周面と接触する軸受すべり面1aを構成している。即ち、すべり軸受1は、低摩擦性、高強度、耐摩耗性を与える炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンを有する材料から構成される。

[0038] 芳香族ポリエーテルケトンは、PEK（ポリエーテルケトン）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、PEKK（ポリエーテルケトンケトン）、及びPEEKK（ポリエーテルエーテルケトンケトン）のうち少なくとも1種類を含むものである。炭素繊維は短繊維から構成されている。

[0039] 本発明者らは、低摩擦性と耐摩耗性に影響を与える重要な要素が、軸受すべり面1aにおける炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの面積率であることに着目した。即ち、本発明者らは、炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの面積率がそれぞれ所定の比率であるときに、すべり軸受1は摩擦係数が低く、且つ成形性及び耐摩耗性が良好であることを見出した。

[0040] 表1は、本実施形態に係るすべり軸受装置に使用されるすべり軸受1における、炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの面積率（％）を算出した結果を示す。面積率は、軸受すべり面1aを顕微鏡で撮影し、観察部分を画像解析することにより求めたものである。炭素繊維は $24000\mu\text{m}^2$ の面積を有する平面を観察部分とし、タルクは $2450\mu\text{m}^2$ の面積を有す

る平面を観察部分とした。観察位置は材料毎に 10箇所とした。

[0041] [表1]

本実施形態のすべり面での面積率

材料	すべり面における面積率(%)									
	観察位置1	観察位置2	観察位置3	観察位置4	観察位置5	観察位置6	観察位置7	観察位置8	観察位置9	観察位置10
炭素繊維	21.4	26.0	22.1	24.2	14.3	17.2	24.7	21.6	18.1	9.0
タルク	9.2	10.3	8.9	11.1	12.1	13.0	10.7	11.5	7.0	10.3
芳香族ポリエーテルケトン	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部

[0042] 表1に示す観察位置1～10における各材料の面積率(%)をまとめると、炭素繊維の面積率は9.0%以上26.0%以下、タルクの面積率は7.0%以上13.0%以下である。また、軸受すべり面1aにおいて観察される炭素繊維の直径と長さを測定したところ、直径は5 μ m以上10 μ m以下、長さは5 μ m以上1000 μ m以下である。また、軸受すべり面1aにおいて観察されるタルクの直径を測定したところ、0.1 μ m以上15 μ m以下である。なお、表1には示されていないが、すべり軸受1には、炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの他、不可避不純物も含まれる。

実施例 1

[0043] 以下、本発明に係るすべり軸受装置のすべり軸受1に用いる樹脂材料の実施例を説明する。実施例1では、炭素繊維、タルク、芳香族ポリエーテルケトン、及び不可避不純物を含む樹脂試験片(成形品)を、表2に示す面積率をそれぞれ有するように作成し、成形性及び摩擦係数の評価を行った。ここで、面積率は、成形品に平滑表面を設け、その表面上の10箇所を顕微鏡で撮影し、観察部分の面積中の各材料の面積を画像解析することにより求めた最小値及び最大値である。なお、炭素繊維は24000 μ m²の面積を有する平面を観察部分とし、タルクは2450 μ m²の面積を有する平面を観察部分とした。また、表2には炭素繊維、タルクの面積率のみが記載されているが、残部の面積は芳香族ポリエーテルケトン及び不可避不純物が占める。

[0044]

[表2]

成形品表面の面積率(%)		評価項目		合否評価
炭素繊維	タルク	成形性	摩擦係数 (大気中すべり)	
9-26	7-13	○	○	○
3-15	2-7	○	×	×
20-35	11-19	×	—	×

[0045] 成形性の評価においては、ペレット状の樹脂原料を型に入れた状態で加熱し焼き固める特殊な方法で成形し気孔が発生しないかを評価した。摩擦係数の評価においては、 $20 \times 20 \times 5$ (mm) の樹脂試験片を、超硬合金から成る $\phi 20$ の円柱試験片に荷重 500 g で押しつけ、周速度 0.5 m/s で 30 分間、超硬合金に対して摺動させた。なお、潤滑油は用いていない。摩擦係数の評価の良否に関して、市販の樹脂で耐熱性に優れる PEEK 系複合材及び PBI（登録商標）系複合材よりも摩擦係数が大きい場合を ×、小さい場合を ○ とした。また、総合評価として、成形性、摩擦係数ともに ○ のものを合格とした。

[0046] 表 2 に示すように、合格評価が得られた成型品表面の各成分の面積率は、炭素繊維が 9% 以上 26% 以下、且つタルクが 7% 以上 13% 以下であった。即ち、本実施形態に係るすべり軸受 1 における炭素繊維、タルク、及び芳香族ポリエーテルケトンの面積率を有する樹脂材料が、合格評価を得ることができた。

実施例 2

[0047] 次に、軸受すべり面 1a とスリーブ 11 との隙間である摺動部に潤滑油も水も介在しないドライ摺動条件で、本実施形態に係るすべり軸受装置に使用されるすべり軸受 1（本実施品）に対してスリーブ 11 を摺動させたときのすべり軸受 1 の摩擦係数の評価試験を行った。また、比較例として、従来使

用されている耐熱性に優れた PEEK 系複合材と PBI 系複合材とを用いて製作した樹脂試験片（成形品）に対しても、同様に摩擦係数の評価を行った。

[0048] 実施例 2 における評価試験では、水膜、油膜等の液体の膜が摺動部でないドライ摺動条件で、上記 3 種類の樹脂材料からなる、軸受内径 65 mm、軸受幅 20 mm の軸受に対して、2 時間にわたって回転軸 10 のスリーブ 11 を摺動させたときの摩擦係数を測定及び評価した。このときのラジアル方向の軸受面圧（軸受荷重／（軸受内径×軸受幅））は 0.1 MPa とし、すべり速度は 4.0 m/sec とした。表 3 に実施例 2 の評価試験における摩擦係数の評価結果を示す。

[0049] [表3]

樹脂材料	摩擦係数 (本実施品を1とした場合 の相対値)
本実施品	1.0
PEEK系複合材	1.4
PBI系複合材	1.5

[0050] 表 3 に示されるように、本実施品は、従来の材料の軸受と比較して摩擦係数が 29% から 33% 小さい値を示し、非常に良好なドライ摺動効果を発揮することが分かる。なお、実施例 2 における本実施品の樹脂材料において添加した炭素繊維の直径は 5 μm 以上 10 μm 以下、タルクの直径は 0.1 μm 以上 15 μm 以下である。ここで、タルクの直径とは、タルクの粒子の直径をいう。

実施例 3

[0051] 次に、実施例 2 に示した材料と同一の本実施品、PEEK 系複合材、PBI 系複合材で形成したそれぞれの軸受に対して、異物混入水中において摺動試験を実施し、各軸受の耐摩耗性を評価した。各軸受は、軸受内径が 65 m

mであり、軸受幅が20mmである。摺動試験では、各軸受を異物濃度が3000mg/Lの水中に投入し、8時間にわたって回転軸を各軸受に摺動させた。このときのラジアル方向の軸受面圧は0.12MPaとし、すべり速度を5.0m/secとした。水中に含まれる異物には、平均粒径が約5 μ mのケイ砂（主成分：SiO₂）と平均粒径が約30 μ mのケイ砂とが1：1の割合で含まれている。表4に実施例3の評価試験における摩耗速度の評価結果を示す。

[0052] [表4]

樹脂材料	摩耗速度 (本実施品を1とした場合 の相対値)
本実施品	1.0
PEEK系複合材	4.2
PBI系複合材	2.5

[0053] 表4に示されるように、本実施品の樹脂材料は、従来材と比較して摩耗量が60%から76%小さい値を示し、非常に良好な耐摩耗性を発揮することが分かる。

[0054] 実施例2の表3及び実施例3の表4に示した結果から以下のことが理解される。即ち、本実施形態に係るすべり軸受1の材料の大気中における摩擦係数が、従来材の摩擦係数と比較して29%から33%小さい。また、本実施形態に係るすべり軸受1の材料の異物混入水中における摩耗速度は従来材の摩耗速度と比較して60%から76%小さい。このように、大気中と異物混入水中の両方において本実施形態に係るすべり軸受1の材料は従来材より優れている。

実施例 4

[0055] 次に、本実施形態に係るすべり軸受1に対して摺動するスリーブ11の硬さを変化させた場合において、異物混入水中でのスリーブ11とすべり軸受

1 に対して摺動試験を実施し、すべり軸受 1 及びスリーブ 1 1 の耐摩耗性を評価した。すべり軸受 1 は、軸受内径が 65 mm であり、軸受幅が 20 mm である。摺動試験では、すべり軸受 1 を異物濃度が 3000 mg/L の水中に投入し、8 時間にわたって回転軸 10 及びスリーブ 1 1 をすべり軸受 1 に摺動させた。このときのラジアル方向の軸受面圧を 0.12 MPa とし、すべり速度を 5.0 m/sec とした。水中に含まれる異物には、平均粒径が約 5 μ m のケイ砂（主成分：SiO₂）と平均粒径が約 30 μ m のケイ砂とが 1 : 1 の割合で含まれている。

[0056] 図 7 に実施例 4 の評価試験における摩耗量の評価結果を示す。図 7 に示されるように、スリーブ 1 1 のビッカース硬さが 800 より小さい範囲においては、スリーブ 1 1 のビッカース硬さが大きいほどすべり軸受 1 及びスリーブ 1 1 の耐摩耗性が向上する。一方で、スリーブ 1 1 のビッカース硬さが 800 以上の範囲においては、すべり軸受 1 及びスリーブ 1 1 の摩耗速度が最小となり、ほぼ一定となる。この理由は、スリーブ 1 1 の硬さが砂等異物よりも低いと、スリーブ 1 1 のすべり面の摩擦係数が、異物によるアブレシブ摩耗により大きくなり、すべり軸受 1 に対する攻撃性（摩擦力）が増すからである。砂等異物のビッカース硬さは約 800 である。スリーブ 1 1 のビッカース硬さが 800 以上であるとスリーブ 1 1 のすべり面が荒れなくなるので、すべり軸受 1 及びスリーブ 1 1 の摩耗速度が最小となり、良好な耐摩耗性を示す。

[0057] 以上のとおり、本実施形態のすべり軸受装置に使用されるすべり軸受 1 及びスリーブ 1 1 が異物混入水中で良好な耐摩耗性を発揮するには、スリーブ 1 1 のビッカース硬さが 800 以上であることが好ましい。また、ビッカース硬さが 2500 を超える材料は、一般的にスリーブ 1 1 として使用することはない。このため、スリーブ 1 1 のビッカース硬さの上限は 2500 である。したがって、本実施形態に係るすべり軸受装置は、すべり軸受 1 と、ビッカース硬さが 800 以上 2500 以下である軸スリーブを組み合わせることにより、異物混入水中で非常に優れた耐摩耗性を発揮する。

実施例 5

- [0058] 最後に、実施例 1 の評価試験で使用した、炭素繊維の面積率が 9 % 以上 26 % 以下、タルクの面積率が 7 % 以上 13 % 以下、且つ芳香族ポリエーテルケトン及び不可避不純物が残部面積であるすべり軸受 1 に対して実験を行った。具体的には、図 3 に示した立形斜流ポンプのラジアル軸受である軸受 32, 33 にこのすべり軸受 1 を使用し、実際の異物（土砂）を含む水の排水運転及びドライ運転を繰り返した。
- [0059] 立形斜流ポンプの回転軸 10 の外周に設けられるスリーブ 11 は、ビッカース硬さ（Hv）が 800 以上 2500 以下であり、セラミックス、超硬合金、及びサーメットのいずれかで構成されている。スリーブ 11 の外周面は、すべり軸受 1 のすべり面 1a と摺動する。
- [0060] 排水運転及びドライ運転を繰り返した結果、すべり軸受 1 の摩耗速度は、従来の PEEK 樹脂を用いたすべり軸受の摩耗速度に比べて 4 分の 1 まで低下した。従来の PEEK 樹脂を用いたすべり軸受ではドライ運転時に短時間で急激な軸受温度上昇が発生し、ポンプの運転を中止することがある。一方で、すべり軸受 1 では、急激な温度上昇は発生せず、安定してポンプを運転することができた。即ち、排水運転及びドライ運転が繰り返し行われるような過酷な条件で使用される軸受 32, 33 にすべり軸受 1 を使用することにより、大気中と異物混入水中の両方において優れた軸受特性を発揮する。
- [0061] 以上で説明したように、本実施形態に係るすべり軸受装置のすべり軸受 1 をラジアル軸受として備えたポンプであれば、異物混入水进行处理する排水機場において、水中運転と大気中運転とが繰り返されても、すべり軸受 1 の摩耗を抑制し、且つすべり軸受 1 の低摩擦性（潤滑性）を維持することができる。
- [0062] 本実施形態に係るすべり軸受装置は、大気運転において運転するラジアル軸受としてのすべり軸受装置や、異物の混入した水中で運転するラジアル軸受としてのすべり軸受装置に利用することができる。また、異物の混入している水中での運転と、大気中での運転とが繰り返されるラジアル軸受として

のすべり軸受装置にも、本実施形態に係るすべり軸受装置を利用することができる。

[0063] 以上に本発明の実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲、及び明細書と図面に記載された技術的思想の範囲内において種々の変形が可能である。なお直接明細書及び図面に記載のない何れの形状や材質であっても、本願発明の作用・効果を奏する以上、本願発明の技術的思想の範囲内である。

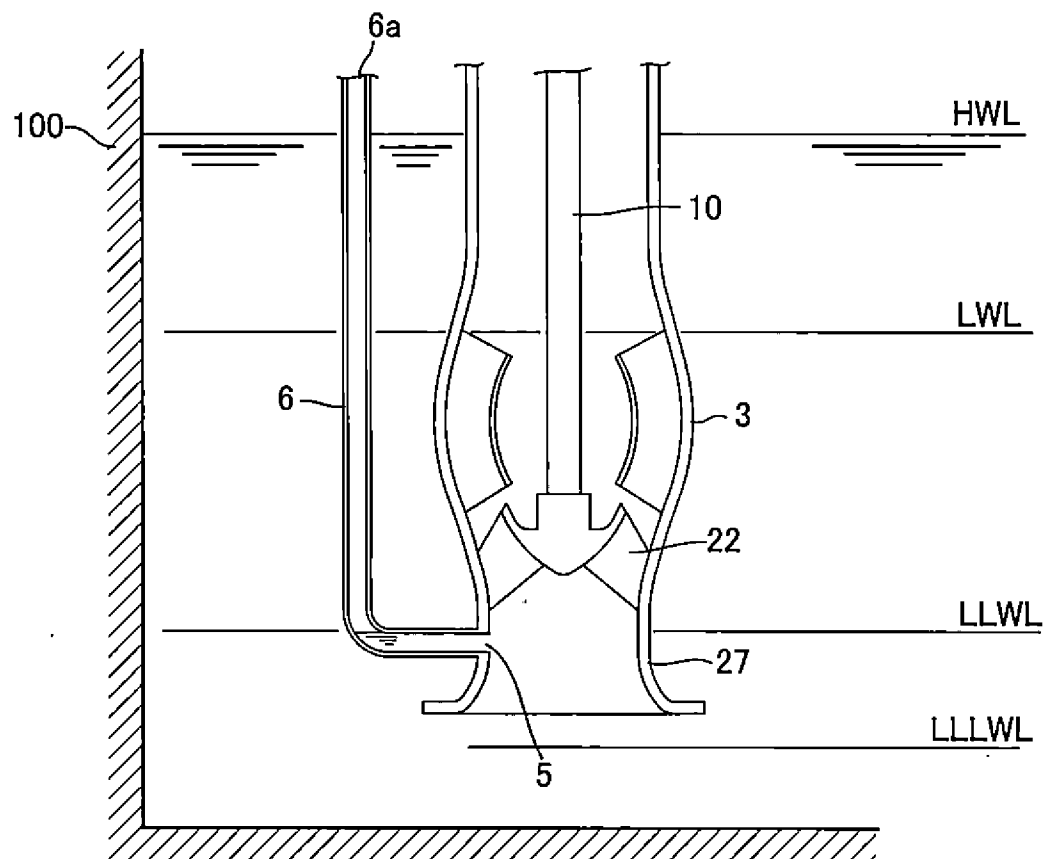
符号の説明

[0064] 1…すべり軸受
3…立軸ポンプ
10…回転軸
11…スリーブ

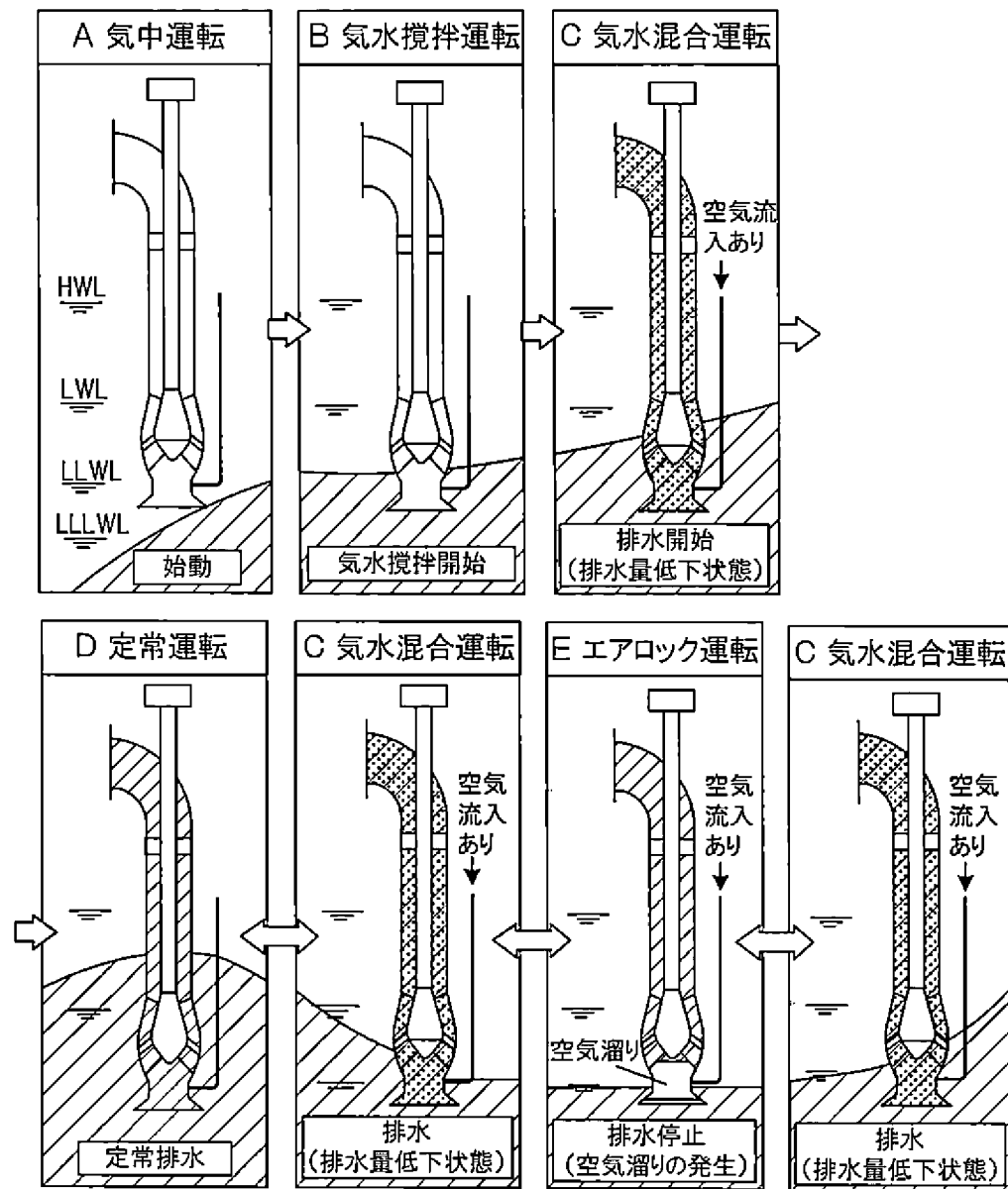
請求の範囲

- [請求項1] すべり軸受を備えたすべり軸受装置であって、
前記すべり軸受は、タルク、芳香族ポリエーテルケトン、炭素繊維および不可避不純物を含み、
前記すべり軸受のすべり面において、前記タルクは7%以上13%以下の面積率を有し、前記炭素繊維は9%以上26%以下の面積率を有し、前記芳香族ポリエーテルケトンおよび前記不可避不純物は残りの面積を占める、すべり軸受装置。
- [請求項2] 前記すべり軸受のすべり面が大気と接触した状態で運転可能に構成されている、請求項1に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項3] 前記芳香族ポリエーテルケトンは、PEK、PEEK、PEKKまたはPEEKKである、請求項1又は2に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項4] 前記炭素繊維は、直径が5 μm 以上10 μm 以下である、請求項1ないし3のいずれか一項に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項5] 前記タルクは、直径が0.1 μm 以上15 μm 以下である、請求項1ないし4のいずれか一項に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項6] 前記すべり軸受のすべり面が、土砂が混入した水と接触した状態で運転可能に構成されている、請求項1ないし5のいずれか一項に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項7] 前記すべり軸受のすべり面に摺動するスリーブを有し、
前記スリーブは、800以上2500以下のビッカース硬さを有し、且つセラミックス、超硬合金、及びサーメットのいずれかから形成される、請求項1ないし6のいずれか一項に記載されたすべり軸受装置。
- [請求項8] 請求項1ないし7のいずれか一項に記載されたすべり軸受装置を備えたポンプ。

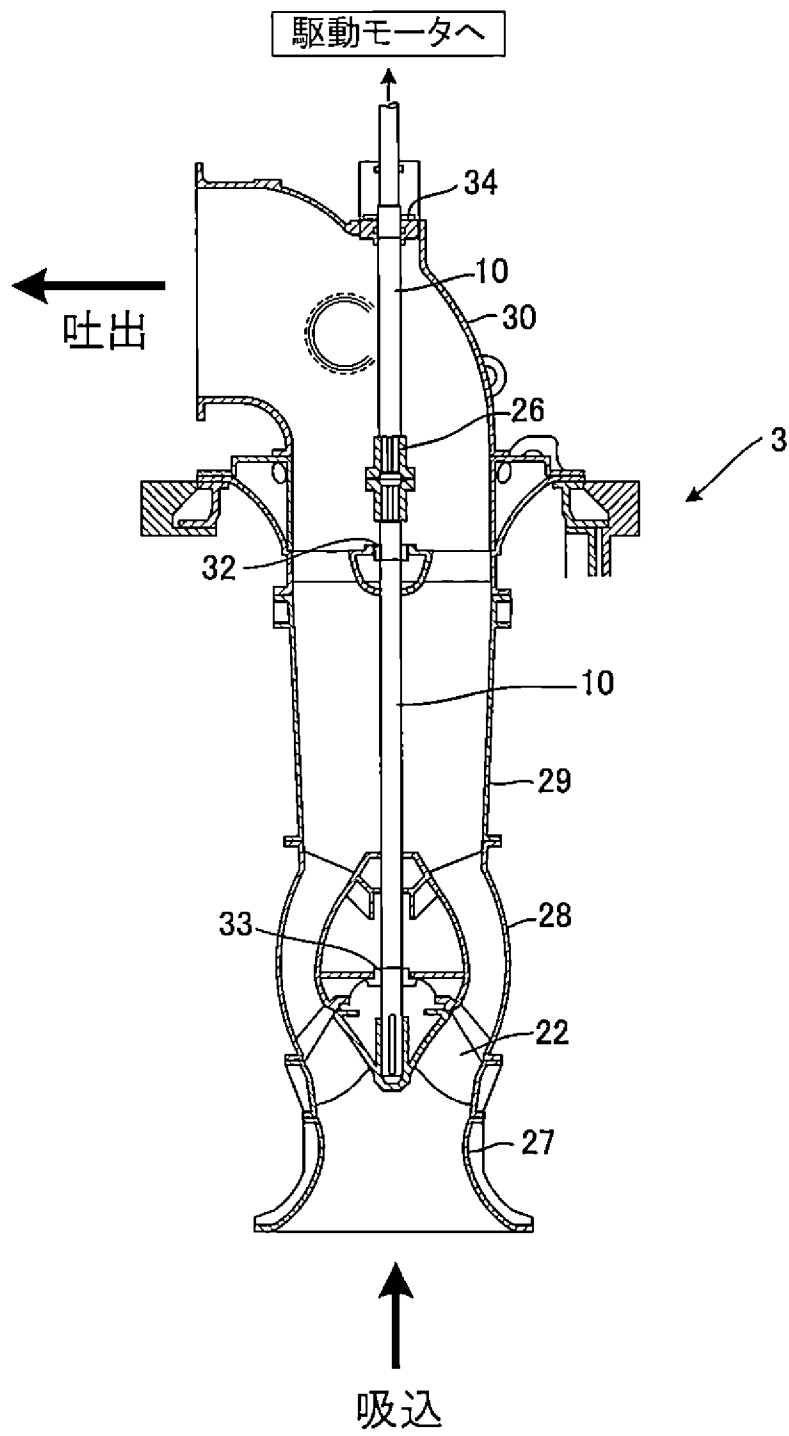
[図1]



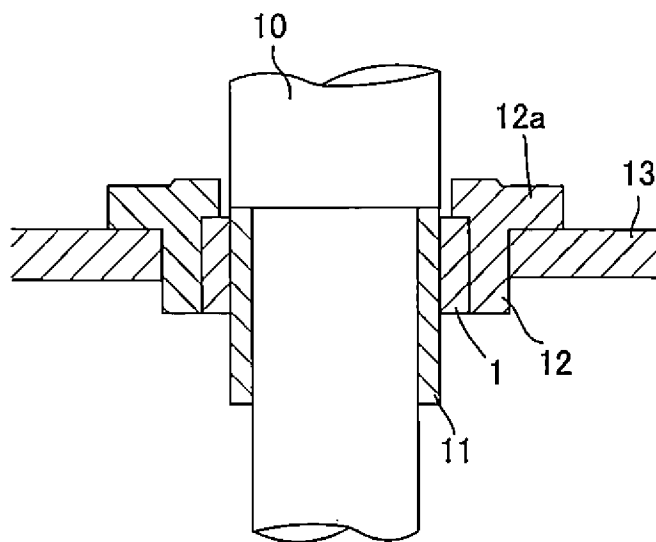
[図2]



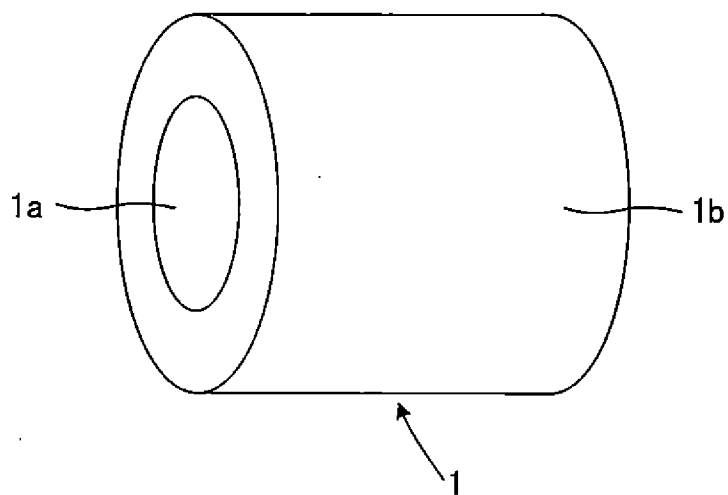
[図3]



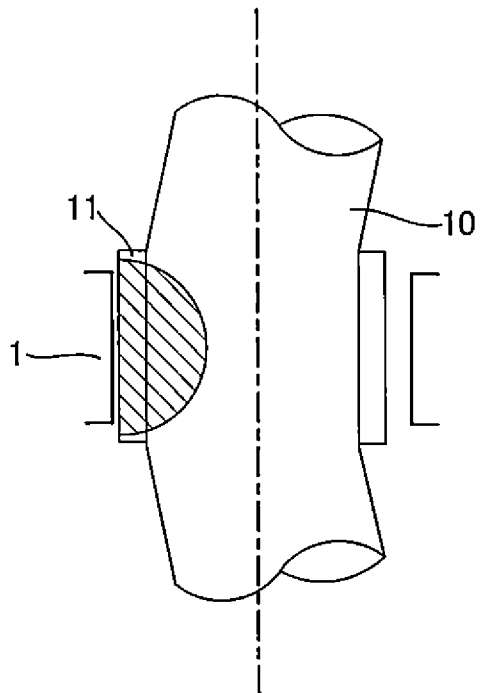
[図4]



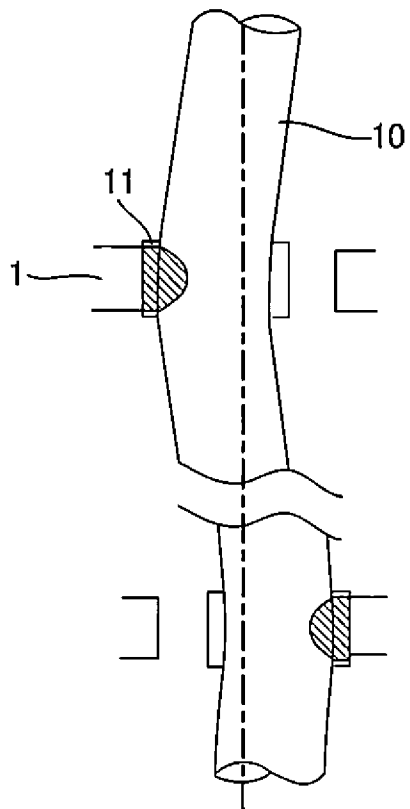
[図5]



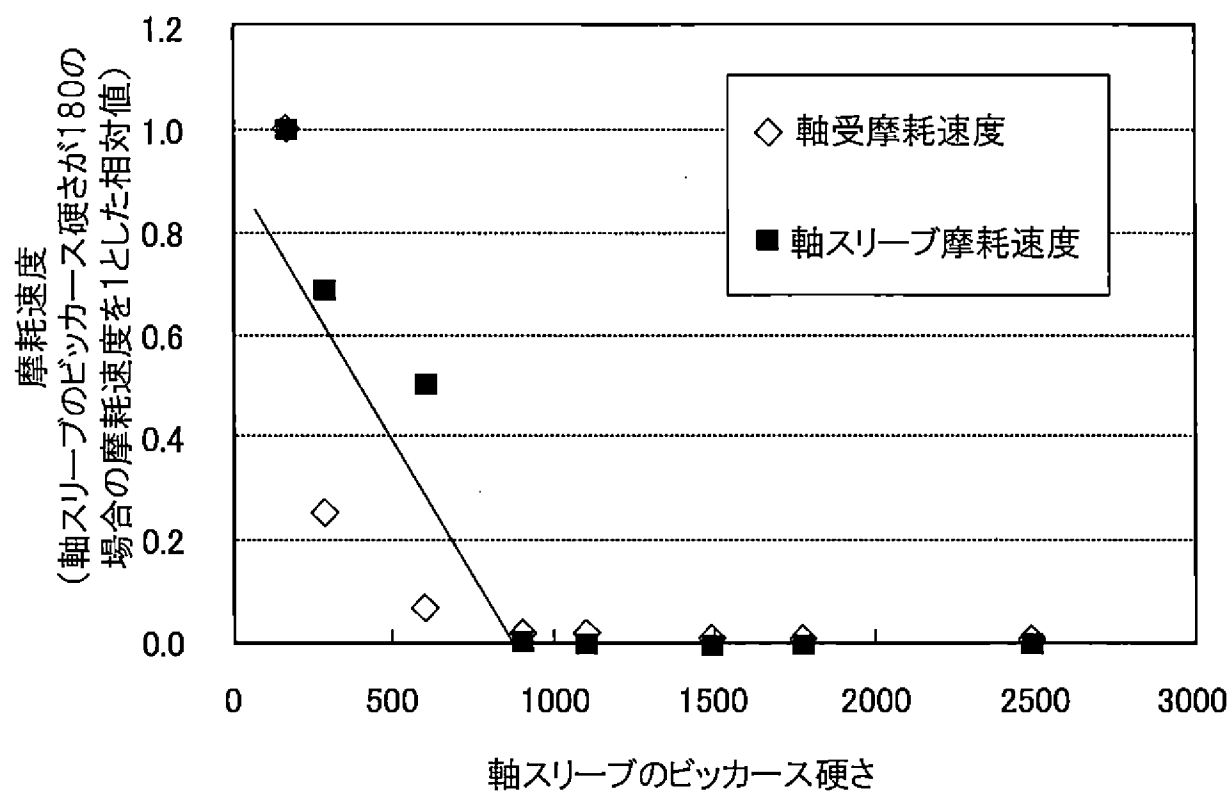
[図6A]



[図6B]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C17/14(2006.01)i, F04D13/00(2006.01)i, F04D29/02(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)i, F16C17/02(2006.01)i, F16C33/20(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)

F16C17/14, F04D13/00, F04D29/02, F04D29/046, F16C17/02, F16C33/20

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.
A	JP 2015-21551 A (Ebara Corp.), 02 February 2015 (02.02.2015), paragraphs [0024] to [0056]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-8
A	JP 2013-194769 A (Ebara Corp.), 30 September 2013 (30.09.2013), paragraphs [0013] to [0021]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-8
A	JP 2006-233786 A (DMW Corp.), 07 September 2006 (07.09.2006), paragraphs [0015] to [0024]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-8



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

20 July 2016 (20.07.16)

Date of mailing of the international search report

02 August 2016 (02.08.16)

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/JP2016/062718

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-77764 A (NTN Corp.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0048], [0062] to [0063], [0067] & US 2013/0195388 A1 paragraphs [0062], [0079] to [0080], [0087] & WO 2012/043332 A1 & CN 103201531 A & KR 10-2013-0098383 A	1-8
A	JP 2002-139045 A (NTN Corp.), 17 May 2002 (17.05.2002), paragraphs [0011] to [0025] (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. F16C17/14(2006.01)i, F04D13/00(2006.01)i, F04D29/02(2006.01)i, F04D29/046(2006.01)i,
F16C17/02(2006.01)i, F16C33/20(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. F16C17/14, F04D13/00, F04D29/02, F04D29/046, F16C17/02, F16C33/20

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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
A	JP 2015-21551 A（株式会社荏原製作所）2015.02.02, 段落【0024】－【0056】，図1－5（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2013-194769 A（株式会社荏原製作所）2013.09.30, 段落【0013】－【0021】，図1－4（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2006-233786 A（株式会社電業社機械製作所）2006.09.07, 段落【0015】－【0024】，図1－6（ファミリーなし）	1-8

☒ 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

「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

2 0 . 0 7 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 8 . 2 0 1 6

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）

中村 大輔

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

3 J

3 6 2 5

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	JP 2012-77764 A (NTN株式会社) 2012. 04. 19, 段落【0048】、【0062】－【0063】、【0067】 & US 2013/0195388 A1, 段落 [0062], [0079]－[0080], [0087] & WO 2012/043332 A1 & CN 103201531 A & KR 10-2013-0098383 A	1-8
A	JP 2002-139045 A (エヌティエヌ株式会社) 2002. 05. 17, 段落【0011】－【0025】 (ファミリーなし)	1-8