(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6488207号
(P6488207)

(45)発行日　平成31年3月20日(2019.3.20)　(24)登録日　平成31年3月1日(2019.3.1)

(51)Int.Cl.		F I		
F16C 33/24	(2006.01)	F16C	33/24	Z
F16C 17/02	(2006.01)	F16C	17/02	Z
F04D 29/046	(2006.01)	F04D	29/046	A
F04D 29/04	(2006.01)	F04D	29/04	T

請求項の数 11　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2015-137932(P2015-137932)
(22)出願日　平成27年7月9日(2015.7.9)
(65)公開番号　特開2017-20559(P2017-20559A)
(43)公開日　平成29年1月26日(2017.1.26)
審査請求日　平成30年3月15日(2018.3.15)

(73)特許権者　000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町１１番１号
(74)代理人　100091498
弁理士　渡邊　勇
(74)代理人　100118500
弁理士　廣澤　哲也
(72)発明者　渡邊　裕輔
東京都大田区羽田旭町１１番１号　株式会社　荏原製作所内
(72)発明者　杉山　憲一
東京都大田区羽田旭町１１番１号　株式会社　荏原製作所内

審査官　保田　亨介

最終頁に続く

(54)【発明の名称】すべり軸受装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転流体機械の回転軸の支持に使用され、軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で使用されるすべり軸受装置であって、
前記回転軸の外周に固定されたスリーブと、
前記スリーブが摺接する軸受すべり面を有したすべり軸受とを備え、
前記スリーブは、回転軸側から断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造からなり、
前記摺動層を軸方向で分割し、分割した摺動層の間に円環状の伝熱環を配置し、
前記伝熱環の内周面は前記伝熱層に接していることを特徴とするすべり軸受装置。
【請求項２】
前記伝熱環は、前記摺動層より軸方向の長さが短いことを特徴とする請求項１記載のすべり軸受装置。
【請求項３】
前記複数個に分割された摺動層の軸方向の長さは、等しいことを特徴とする請求項１または２記載のすべり軸受装置。
【請求項４】
前記伝熱環の軸方向の端面は、分割された前記摺動層の軸方向の端面と接していることを特徴とする請求項１乃至３のいずれか一項に記載のすべり軸受装置。
【請求項５】

前記伝熱環の外径は、前記摺動層の外径と略等しいことを特徴とする請求項１乃至４のいずれか一項に記載のすべり軸受装置。
【請求項６】
前記伝熱層は、前記摺動層の一端または両端から軸方向に延びた部分を有することを特徴とする請求項１乃至５のいずれか一項に記載のすべり軸受装置。
【請求項７】
前記断熱層は、前記回転軸と前記伝熱層との間に空隙を有することを特徴とする請求項１乃至６のいずれか一項に記載のすべり軸受装置。
【請求項８】
前記断熱層は、前記回転軸と前記断熱層との間に空隙を有することを特徴とする請求項１乃至６のいずれか一項記載のすべり軸受装置。
【請求項９】
請求項１乃至８のいずれか一項に記載のすべり軸受装置を用いたことを特徴とする回転流体機械。
【請求項１０】
請求項１乃至８のいずれか一項に記載のすべり軸受装置を用いたことを特徴とするポンプ。
【請求項１１】
回転流体機械の回転軸に装着されるスリーブであって、
前記スリーブは、回転軸側から断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造からなり、
前記摺動層を軸方向で分割し、分割した摺動層の間に円環状の伝熱環を配置し、
前記伝熱環の内周面は前記伝熱層に接していることを特徴とする回転流体機械用スリーブ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ポンプやコンプレッサなどの回転流体機械の軸受として好適に使用されるすべり軸受装置に係り、例えば、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ポンプなどで、回転軸外周の高速化に対応したすべり軸受装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年の先行待機運転ポンプの状況により、背景技術の一例を説明する。
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、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。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撹拌する運転（Ｂ：気水撹拌運転）、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って立軸ポンプ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、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。

【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、ポンプ運転中の軸受３２，３３の雰囲気が、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の雰囲気が、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における立軸ポンプ３は、回転軸１０について、軸受３２，３３が２箇所配置されているが、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】

ところで、近年、ポンプの大容量化が更に進んでおり、それに伴い軸径を太くするようになってきた。そのため、軸受の摺動面の速度は高速化した。

また、ポンプ機場はより深い地下に配置されるようになり、それに応じた先行待機ポンプも長軸化と高揚程化が必要とされてきている。高揚程化に対応するには、回転数をあげる必要があり、また、長軸化に応じて軸径を太くし、剛性を高める必要が生まれてきた。

しかしながら、軸径を太くし、回転数を上げることにより、新たな技術的課題が発生する虞がある。図６（ａ），（ｂ）は、ポンプ運転時における回転軸１０、スリーブ１１およびすべり軸受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、回転軸が従来に比べて高速で回転するので、軸受３２，３３におけるすべり軸受１と、回転軸１０に取り付けたスリーブ１１が摺動する際に、接触部で多大な摩擦熱が発生しやすくなり、そこで局所的に高温となる虞がある。図６（ａ），（ｂ）において斜線部は局所的に高温になる部分である。

【００１２】

このような回転軸に取り付けたスリーブの局所的な高温化は、軸受１の高温化および膨張を引起す虞があるが、ポンプの回転軸１０は軸径が太くなり、あるいは長軸化しているので、むしろ、図６（ａ）に示すように、回転軸１０の局所的な膨張により回転軸がわずかに曲がる虞があり、それによりポンプの回転部分と固定部分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。すなわち、回転体としてのアンバランス方向に接触し、この接触部が発熱するために軸断面に温度分布が生じ、熱膨張のために軸が曲がる。この際、曲がりにより回転体重心がずれるために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、曲がりにより軸受の当たり方が変化し、各軸受の温度勾配が変化する場合もある。

さらに、軸曲がりによる変位が軸受すきまより大きくなると、図６（ｂ）に示すように、逆位相の２点接触状態となり、曲げ変位が拘束される。さらに熱膨張が続くために押付荷重が上昇するが、荷重上昇⇒発熱量増加⇒熱曲がり加速⇒荷重上昇といった悪循環に陥り、加速度的に軸受温度が上昇する。

【００１３】

そこで、回転軸の曲がりを低減したり、回転軸の高温化する接触部を冷却したりする機能を有する装置あるいは構造が求められる。これらは、大掛かりで複雑な装置ではなく、ポンプ効率への影響、冷却設備とポンプとの組立・分離・調整などの様々な影響を克服した簡便なものが求められる。

【００１４】

以上は、先行待機の例であるが、他にも横軸多段ポンプ、コンプレッサや蒸気タービンなどでも大容量化、高速回転化は進んでおり、これらの機器のラビリンスシール部などの回転部分と固定部分の間隔が狭い部分において、上記説明したような、回転軸の局所的な高温化による回転軸の曲がりと、それに伴う振動（ラビング振動）の発生が危惧されてい

る。
【００１５】
そこで、本発明者らは、このような問題に鑑み、先に特願２０１４－１２９６８８（２０１４年６月２４日出願）の特許出願（未公開）において、回転流体機械の回転軸の支持に使用され、軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で使用されるすべり軸受装置であって、回転軸の外周に固定されたスリーブと、そのスリーブに摺接する軸受すべり面を有したすべり軸受とを備え、スリーブは、回転軸側から断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造からなるすべり軸受装置と、回転流体機械の回転軸の支持に使用され、軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で使用されるすべり軸受装置であって、回転軸の外周に固定されたスリーブと、そのスリーブが摺接する軸受すべり面を有したすべり軸受とを備え、スリーブは、回転軸を環状に囲む摺動層と伝熱層があり、摺動層と伝熱層の互いの端部は接しているすべり軸受装置とを提案した。
【００１６】
これらの構造は、回転軸の摺動層表面で発生した摺動摩擦熱が、伝熱性のよい材料による伝熱層に伝わると、伝熱層によって迅速に周方向および軸方向に摺動摩擦熱が拡散し、また、同時に半径方向には断熱性のよい材料によって断熱層を設けることにより、回転軸での摺動摩擦熱の移動を遅らせることができ、これらの効果により、回転軸における局所的な高温化を緩和し、周方向の温度差が付きにくくすることで、熱膨張による軸曲がりを低減することを目的としたものである。また、摺動層と伝熱層の互いの端部は接していることで、接触部の熱を伝熱層に分散して放熱することができ、熱を早く拡散させることができるため、摺動材料の発熱部の温度上昇を緩和することを目的としたものである。
【００１７】
しかしながら、これらの構造には、摺動層の局所高温化する場所から、伝熱層に熱を伝える最短距離は摺動層の厚みであり、摺動層の熱伝導率は小さいので、摺動摩擦による発熱の激しい場合や、摺動層の厚みが必要な場合には、摺動層の局所的な高温化が進行する。
このことにより、摺動層及び、すべり軸受が損傷する虞がある。したがって、摺動層の摺動摩擦による局部高温化を低減する必要があるが、摺動層の局部高温化する場所は予めどこに発生するかわからないので、摺動層のどこで高温化しても対応できるようにしなければならない。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１８】
【特許文献１】特開２０００－３５２３９６号公報
【特許文献２】特開２００５－３６６９２号公報
【特許文献３】特開平８－２４８４８３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１９】
本発明は、上記の問題に鑑みてなされたもので、回転流体機械において、回転軸の軸径の拡大化あるいは軸の長軸化が進み、軸外周の周速がより高速化しても、すべり軸受と軸の接触部の摩擦熱に伴う局部的高温化を低減し、接触部の熱を速やかに分散して放熱する機能を有する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】
【００２０】
上述の目的を達成するため、本発明のすべり軸受装置は、回転流体機械の回転軸の支持に使用され、軸受すべり面が大気中に露出するドライ条件で使用されるすべり軸受装置であって、前記回転軸の外周に固定されたスリーブと、前記スリーブが摺接する軸受すべり面を有したすべり軸受とを備え、前記スリーブは、回転軸側から断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造からなり、前記摺動層を軸方向で分割し、分割した摺動層の間

に円環状の伝熱環を配置し、前記伝熱環の内周面は前記伝熱層に接していることを特徴とする。

【００２１】

本発明の好ましい態様によれば、前記伝熱環は、前記摺動層より軸方向の長さが短いことを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記複数個に分割された摺動層の軸方向の長さは、等しいことを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記伝熱環の軸方向の端面は、分割された前記摺動層の軸方向の端面と接していることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記伝熱環の外径は、前記摺動層の外径と略等しいことを特徴とする。

【００２２】

本発明の好ましい態様によれば、前記伝熱層は、前記摺動層の一端または両端から軸方向に延びた部分を有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記断熱層は、前記回転軸と前記伝熱層との間に空隙を有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記断熱層は、前記回転軸と前記断熱層との間に空隙を有することを特徴とする。

【００２３】

本発明の回転流体機械は、上記すべり軸受装置を用いたことを特徴とする。

本発明のポンプは、上記すべり軸受装置を用いたことを特徴とする。

本発明の回転流体機械用スリーブは、回転流体機械の回転軸に装着されるスリーブであって、前記スリーブは、回転軸側から断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造からなり、前記摺動層を軸方向で分割し、分割した摺動層の間に円環状の伝熱環を配置し、前記伝熱環の内周面は前記伝熱層に接していることを特徴とする。

【発明の効果】

【００２４】

本発明は、以下に列挙する効果を奏する。

（１）内周から外周に断熱層、伝熱層、摺動層の順序で積層した三層構造のスリーブを回転軸の外周に設けた構造において、摺動層を軸方向で分割するとともに伝熱層と接する伝熱環を設けたので、すべり軸受と軸の接触部の摩擦熱に伴う局所的な高温化が摺動層表面のどこで発生しても、摺動層から伝熱層に伝熱するだけでなく発熱部に最も近い伝熱環を介して伝熱層に伝熱するので、熱を速やかに拡散させることができる。

（２）回転流体機械において、回転軸の軸径の拡大化あるいは軸の長軸化が進み、軸外周の周速がより高速化しても、すべり軸受と軸の接触部の摩擦熱に伴う局部的高温化を低減し、接触部の熱を速やかに分散して放熱することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２５】

【図１】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。

【図２】図２は、先行待機運転の運転状態を説明する図である。

【図３】図３は、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４は、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６】図６（ａ），（ｂ）は、ポンプ運転時における回転軸、スリーブおよびすべり軸受の状態を示す模式的断面図である。

【図７】図７は、背景技術に係る軸受装置の基本構成を示す断面図である。

【図８】図８（ａ）は図７に示す３層構造のスリーブを拡大した模式図であり、図８（ｂ）は本発明に係る３層構造のスリーブを拡大した模式図である。

【図９】図９は、図８（ｂ）に示す伝熱環を備えた本発明に係る軸受装置の基本構成を示

す断面図である。
【図１０】図１０は、図９に示す本発明に係る軸受装置の変形例を示す縦断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００２６】
本発明に係るすべり軸受装置の理解を容易にするため、先に背景技術で説明した特願２０１４－１２９６８８において提案されているすべり軸受装置を図７および図８（ａ）を参照して説明し、続いて本発明に係るすべり軸受装置の実施形態を図８（ｂ）乃至図１０を参照して説明する。図７乃至図１０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。
【００２７】
図７は、背景技術に係る軸受装置の基本構成を示す断面図である。当該軸受装置は、例えば図３に示した軸受３２，３３に適用される。図７に示すように、軸受装置は、回転軸１０の外周に、各層が異なる性質をもつ同心の三層構造からなるスリーブ１１を有している。スリーブ１１は回転軸１０に固定されており、回転軸１０の回転に伴って回転する。スリーブ１１の外周に相対してすべり軸受１がスリーブ１１を囲んで配置されている。すべり軸受１は、ポンプケーシングなどに接続している支持部材１３に軸受ケース１２を介して固定されている。
図７に示すように、スリーブ１１は、回転軸側から断熱層１１Ａ、伝熱層１１Ｂ、摺動層１１Ｃに積層しており、摺動層１１Ｃの外周がすべり軸受１の内周と相対している。断熱層１１Ａとは、材料自体の断熱特性を利用する場合も、材料自体は断熱性はなくても構造的に断熱特性を持たせた場合も含んでいる。
【００２８】
断熱層１１Ａは、ＰＴＦＥ（ポリ四フッ化エチレン）、ＰＡ（ポリアミド）、ＰＣ（ポリカーボネート）、ＥＰ（エポキシ樹脂）、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）等の樹脂及びその複合材料及び／又はＮＢＲ（ニトリルゴム）、ＦＫＭ（フッ素ゴム）、ＥＰＤＭ等のゴムからなる。伝熱層１１Ｂは、銅、金、銀、アルミニウム等の熱伝導率の高い金属及びその合金、又は炭素及びその複合材料からなる。摺動層１１Ｃは、樹脂及びその複合材料、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属、表面改質された金属、炭素及びその複合材料からなる。
【００２９】
各層の特徴は、伝熱層１１Ｂは、回転軸１０、摺動層１１Ｃ、断熱層１１Ａのどれよりも熱伝達が良い。すなわち熱伝達係数が大きい。そして、伝熱層１１Ｂは、その外周の摺動層１１Ｃと接触面積を多くするよう密着している。この構造のため、摺動層１１Ｃのいかなる所に、局部的に摩擦熱が発生し高温になっても、伝熱層１１Ｂが熱を伝えやすいので伝熱層１１Ｂを通じて速やかに伝熱層全体に熱が拡散し、伝熱層全体が均等に温度上昇するようになる。
断熱層１１Ａは、回転軸１０、摺動層１１Ｃ、に比べて熱伝達が悪い。すなわち熱伝達係数が小さい。このため、摺動層１１Ｃで局所的に発生する摩擦熱が回転軸１０までの伝熱ルートの最短距離だけを通して回転軸１０に熱を伝えることを防ぐ。伝熱層１１Ｂから熱が回転軸１０に容易に伝わらないようにするため、伝熱層１１Ｂの面と回転軸１０の面の間に断熱層１１Ａは介在し、伝熱層１１Ｂが回転軸１０に密着することを妨げている。なお、図示するように、断熱層１１Ａの端部にフランジ状に半径方向外側に延びる部分を形成し、伝熱層１１Ｂと回転軸１０との直接接触および摺動層１１Ｃと回転軸１０との直接接触を防止するようにしてもよい。
【００３０】
伝熱層１１Ｂから熱が回転軸１０に容易に伝わらないので、摺動層１１Ｃから伝熱される熱は、いったん伝熱層１１Ｂに溜まり、伝熱層１１Ｂの部位全体で均等に温度上昇できる。
摺動層１１Ｃの摩擦熱に応じて伝熱層１１Ｂの温度が均等に上昇し、回転軸１０との温度差が次第につくと、その温度差と断熱層１１Ａの熱伝達率にみあった熱が回転軸１０に

流れる。摩擦熱が一定になれば、伝熱層１１Ｂと回転軸１０の温度差は一定となる。断熱層１１Ａの熱伝達率が小さいほど、温度差は大きくなり、回転軸１０の温度上昇は小さくなる。

【００３１】

図８（ａ）は図７に示す３層構造のスリーブを拡大した模式図である。この構造では、摺動層１１Ｃの局所高温化する場所から、伝熱層１１Ｂに熱を伝える最短距離は摺動層１１Ｃの厚みであり、熱は白抜き矢印で示したように伝熱層１１Ｂに伝わる。ところが、摺動層１１Ｃの熱伝導率は小さいので、摺動摩擦による発熱の激しい場合や、摺動層１１Ｃの厚みが必要な場合には、摺動層１１Ｃの局所的な高温化が進行する。

このことにより、摺動層１１Ｃ及びすべり軸受１が損傷する虞がある。

【００３２】

これに対し、図８（ｂ）は本発明に係る３層構造のスリーブ１１を拡大した模式図である。本発明の構造では、図７に示したものと同様に、スリーブ１１は、回転軸側から断熱層１１Ａ、伝熱層１１Ｂ、摺動層１１Ｃに積層しているが、摺動層１１Ｃが軸方向で伝熱環１１Ｂ’により分断されている。伝熱環１１Ｂ’は円環状であり、伝熱環１１Ｂ’の内径は伝熱層１１Ｂの外径と接し、伝熱環１１Ｂ’の外径は摺動層１１Ｃの外径とほぼ等しく、伝熱環１１Ｂ’の軸方向の両面は分断された摺動層１１Ｃの軸方向の面と接している。伝熱環１１Ｂ’の軸方向の長さは、分断された一つの摺動層１１Ｃの軸方向の長さよりも小さい。また、伝熱環１１Ｂ’と各々の分断された摺動層１１Ｃの位置は、図示のように伝熱環１１Ｂ’の軸方向の中心を通る一点鎖線Ｌに対して軸方向に線対称な状態とすることが好ましい。

【００３３】

このようにすると、摺動層１１Ｃの局所高温化する場所から、摺動層１１Ｃの径方向の厚みを通る熱伝達の経路のほかに、摺動層１１Ｃの局所高温化する場所に最も近い伝熱環１１Ｂ’に熱を伝える熱伝達の経路が形成されるので、従来の熱伝達経路に比べて伝熱環１１Ｂ’を介して伝熱層１１Ｂにより速やかに熱を伝えることができる。

また、伝熱環１１Ｂ’と各々の分断された摺動層１１Ｃの位置を、一点鎖線Ｌに対して軸方向に線対称な状態にすると、分断された摺動層１１Ｃのどちら側で局所高温化しても伝熱環１１Ｂ’までの距離が比較的均等であるので、接触部の熱を速やかに分散して放熱でき、接触部の局所に熱が偏らないようにすることができる。

【００３４】

図９は、図８（ｂ）に示す伝熱環１１Ｂ’を備えた本発明に係る軸受装置の基本構成を示す断面図である。当該軸受装置は、図７と同様に、例えば図３に示した軸受３２，３３に適用される。

図９に示すように、本発明の軸受装置は、回転軸１０の外周に、各層が異なる性質をもつ同心の三層構造からなるスリーブ１１を有している。スリーブ１１は回転軸１０に固定されており、回転軸１０の回転に伴って回転する。スリーブ１１の外周に相対してすべり軸受１がスリーブ１１を囲んで配置されている。すべり軸受１は、ポンプケーシングなどに接続している支持部材１３に軸受ケース１２を介して固定されている。

【００３５】

図９に示すように、スリーブ１１は、回転軸側から断熱層１１Ａ、伝熱層１１Ｂ、摺動層１１Ｃに積層しており、摺動層１１Ｃの外周がすべり軸受１の内周と相対している。摺動層１１Ｃは複数の伝熱環１１Ｂ’により軸方向に複数に分割されている。各伝熱環１１Ｂ’は円環状であり、伝熱環１１Ｂ’の内径は伝熱層１１Ｂの外径と接し、伝熱環１１Ｂ’の外径は摺動層１１Ｃの外径とほぼ等しく、伝熱環１１Ｂ’の軸方向の両面は分断された摺動層１１Ｃの軸方向の面と接している。各伝熱環１１Ｂ’の軸方向の長さは、分断された一つの摺動層１１Ｃの軸方向の長さよりも小さい。

【００３６】

このようにすると、摺動層１１Ｃで局部的に摩擦熱が発生し高温になっても、伝熱層１１Ｂおよび伝熱環１１Ｂ’が熱を伝えやすいので伝熱層１１Ｂおよび伝熱環１１Ｂ’を通

じて速やかに伝熱層全体に熱が拡散し、伝熱層全体が均等に温度上昇するようになる。
摺動層１１Ｃの局所高温化する場所から、摺動層１１Ｃの径方向の厚みを通る熱伝達の経路のほかに、摺動層１１Ｃの局所高温化する場所に最も近い伝熱環１１Ｂ’に熱を伝える熱伝達の経路が形成されるので、従来の熱伝達経路に比べて伝熱環１１Ｂ’を介して伝熱層１１Ｂにより速やかに熱を伝えることができる。

【００３７】

断熱層１１Ａは、ＰＴＦＥ（ポリ四フッ化エチレン）、ＰＡ（ポリアミド）、ＰＣ（ポリカーボネート）、ＥＰ（エポキシ樹脂）、ＰＥＥＫ（ポリエーテルエーテルケトン）等の樹脂及びその複合材料及び／又はＮＢＲ（ニトリルゴム）、ＦＫＭ（フッ素ゴム）、ＥＰＤＭ等のゴムからなる。但し、断熱層１１Ａとは、材料自体の断熱特性を利用する場合も、材料自体は断熱性はなくても構造的に断熱特性を持たせた場合も含んでいる。
伝熱層１１Ｂおよび伝熱環１１Ｂ’は、必ずしも同じ材料でなくてもよいが、銅、金、銀、アルミニウム等の熱伝導率の高い金属及びその合金、又は炭素及びその複合材料からなる。
摺動層１１Ｃは、樹脂及びその複合材料、ステンレス鋼、セラミックス、焼結金属、表面改質された金属、炭素及びその複合材料からなる。

【００３８】

各層の特徴は、伝熱層１１Ｂおよび伝熱環１１Ｂ’は、回転軸１０、摺動層１１Ｃ、断熱層１１Ａのどれよりも熱伝達が良い。すなわち熱伝達係数が大きい。そして、伝熱層１１Ｂは、その外周の摺動層１１Ｃと接触面積を多くするよう密着している。
図９に示すように、複数の伝熱環１１Ｂ’により摺動層１１Ｃを更に細かく分断してもよい。分断された摺動層１１Ｃの軸方向の長さをすべて加算した長さと、摺動層１１Ｃの径方向の厚みは、摺動負荷に応じて決められる。

【００３９】

一方、分断された摺動層１１Ｃの軸方向の長さは、伝熱だけを考えれば短い方が良いが、摺動負荷や組み立てを考えると必ずしも短い方が良いわけではない。ところで、摺動層１１Ｃの径方向の厚みの２倍から８倍ぐらいの長さであっても、従来の図７に示すものに比べ、１．５倍から３倍の熱量を、伝熱層１１Ｂまたは伝熱環１１Ｂ’に流せる。
また、伝熱環１１Ｂ’の軸方向の長さは、伝熱だけを考えると長い方が良いが、摺動負荷を考えると必ずしもそうではない。摺動層１１Ｃの熱伝導率は、伝熱層１１Ｂまたは伝熱環１１Ｂ’の熱伝導率に比べて一桁以上小さいので、伝熱環１１Ｂ’の長さは、摺動層１１Ｃの径方向の厚みの１倍～１／４倍程度でも構わない。

【００４０】

また、各摺動層１１Ｃの軸方向の長さは同等の長さであることが好ましく、各伝熱環１１Ｂ’の軸方向の長さも同等の長さであることが好ましい。
さらに、伝熱環１１Ｂ’と各々の分断された摺動層１１Ｃの位置は、図示のように中央の伝熱環１１Ｂ’の軸方向の中心を通る一点鎖線Ｌに対して軸方向に線対称な状態にすることが好ましい。このようにすると、分断された摺動層１１Ｃのどこで局所高温化しても伝熱環１１Ｂ’までの距離が比較的均等であるので、接触部の熱を速やかに分散して放熱でき、接触部の局所に熱が偏らないようにすることができる。
尚、伝熱環１１Ｂ’は、図８（ｂ）に示すように１か所であってもよいし、図９に示すように複数個所あってもよい。

【００４１】

断熱層１１Ａは、回転軸１０、摺動層１１Ｃ、に比べて熱伝達が悪い。すなわち熱伝達係数が小さい。このため、摺動層１１Ｃで局所的に発生する摩擦熱が回転軸１０までの伝熱ルートの最短距離だけを通して回転軸１０に熱を伝えることを防ぐ。伝熱層１１Ｂから熱が回転軸１０に容易に伝わらないようにするため、伝熱層１１Ｂの面と回転軸１０の面の間に断熱層１１Ａは介在し、伝熱層１１Ｂが回転軸１０に密着することを妨げている。なお、図示するように、断熱層１１Ａの端部にフランジ状に半径方向外側に延びる部分を形成し、伝熱層１１Ｂと回転軸１０との直接接触および摺動層１１Ｃと回転軸１０との直

接接触を防止するようにしてもよい。

【００４２】

伝熱層１１Ｂから熱が回転軸１０に容易に伝わらないので、摺動層１１Ｃから伝熱される熱は、いったん伝熱層１１Ｂに溜まり、伝熱層１１Ｂの部位全体で均等に温度上昇できる。

摺動層１１Ｃの摩擦熱に応じて伝熱層１１Ｂの温度が均等に上昇し、回転軸１０との温度差が次第につくと、その温度差と断熱層１１Ａの熱伝達率にみあった熱が回転軸１０に流れる。摩擦熱が一定になれば、伝熱層１１Ｂと回転軸１０の温度差は一定となる。断熱層１１Ａの熱伝達率が小さいほど、温度差は大きくなり、回転軸１０の温度上昇は小さくなる。

【００４３】

図１０は、図９に示す本発明に係る軸受装置の変形例を示す縦断面図である。

図１０に示す軸受装置は、図９に示したものと基本的な構成は同じである。すなわち、スリーブ１１は、回転軸側から断熱層１１Ａ、伝熱層１１Ｂ、摺動層１１Ｃに積層しており、摺動層１１Ｃの外周がすべり軸受１の内周と相対している。但し、摺動層１１Ｃは伝熱環１１Ｂ’により軸方向に複数に分割されている。

【００４４】

伝熱環１１Ｂ’の内径は伝熱層１１Ｂの外径と接し、伝熱環１１Ｂ’の外径は摺動層１１Ｃの外径とほぼ等しい。伝熱環１１Ｂ’は分断された摺動層１１Ｃと軸方向で接している。伝熱環１１Ｂ’の軸方向の長さは、分割された摺動層１１Ｃの長さよりも小さい。

図１０に示すように、図９の構成に加え、さらに、伝熱層１１Ｂが摺動層１１Ｃの両端から軸方向に延びる部分であって、伝熱層１１Ｂの体積を大きくして熱容量を大きくするとともに外気と直接的に接する部分１１Ｂａ，１１Ｂａを設けている。

【００４５】

このようにすることで、伝熱層１１Ｂを緩慢に温度上昇させることができ、また、外気と直接的に接することにより放熱部として機能させることができるものである。図１０に示すように、伝熱層１１Ｂの熱容量が大きくされ、かつ放熱されるので、摺動部１１Ｃの摩擦熱は伝熱層１１Ｂに伝達しやすくなり、かつ、伝熱層１１Ｂから回転軸１０への伝熱量を相対的に少なくすることができる。

【００４６】

また、図９に示す軸受装置では、断熱層１１Ｂの断熱性能は、用いられる材料の熱伝導率に負う形態で説明したが、図１０に示す軸受装置は構造的に熱伝達率を小さくしたものである。

図１０に示すように、断熱層１１Ａに空隙１１ｇを設けている。図１０に示す例では、空隙１１ｇは回転軸１０の周方向に帯状に設けられている。空隙の間の空間は空気なので、熱の伝達は固体によるものより小さくなる。このような空気の層をバランスよく持てば、単に熱伝導率の小さい材料を断熱層として用いるよりも断熱効果は向上する。

尚、空隙１１ｇは断熱層１１Ａの内周側に軸方向に複数個設けてもよい。

【００４７】

図９および図１０に示す本発明に係る軸受装置は、交換可能になっている。具体的には、スリーブ１１及び／又はすべり軸受１を分割構造とし、軸受装置を容易に交換可能とする。

【００４８】

図８（ｂ）乃至図１０に示す本発明に係る軸受装置は、図３に示した軸受３２、３３に適用される。

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、ポンプ運転中の軸受３２、３３の雰囲気が、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

の雰囲気が、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、全量運転等、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。

【００４９】

本発明によれば、立軸ポンプ３において、これまで説明したスリーブ構造をもつ軸受装置を備えるので、回転軸径の拡大化あるいは軸の長軸化が進み、軸外周の周速がより高速化しても、すべり軸受１と回転軸１０の接触部の摩擦熱に伴う回転軸１０の局部的高温化による軸の曲がりを低減するとともに、接触部の熱をよりすみやかに分散して放熱することができるようになるので、すべり軸受１の熱による損傷が低減できる。

【００５０】

以上、本発明に係る具体的実施例を先行待機ポンプを一例として説明した。

ところで、本発明に係るスリーブ、あるいは摺動層と伝熱層の互いの端部が接した状態で摺動層と伝熱層が回転軸を環状に囲む構造のスリーブは、すべり軸受だけでなく、例えば、コンプレッサや蒸気タービンなどの液体の潤滑のない条件で運転する回転流体機械の回転軸に装着してラビリンスシール部などに用いることができる。また、立軸に限らず横軸回転機械にも用いられる。このようにすることにより、スリーブの高温化、回転軸の曲がりをおさえ、回転流体機械の大容量化や、高速回転化を行うことができる。

【００５１】

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術思想の範囲内において、種々の異なる形態で実施されてよいことは勿論である。

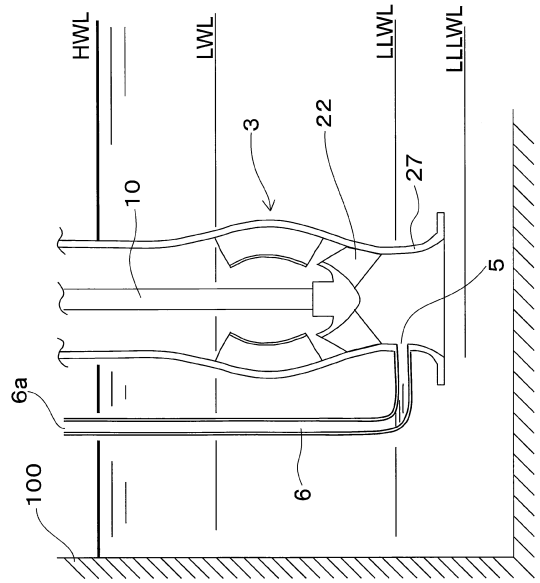
【符号の説明】

【００５２】

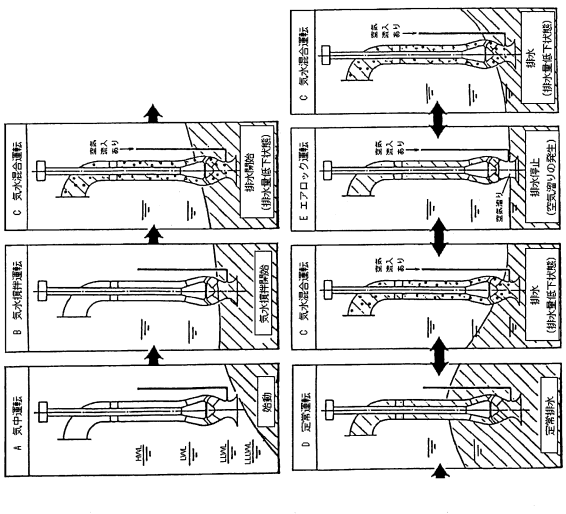
１　すべり軸受
１ａ　内周面
１ｂ　外周面
３　立軸ポンプ
５　貫通孔
６　空気管
６ａ　開口
１０　回転軸
１１　スリーブ
１１Ａ　断熱層
１１Ｂ　伝熱層
１１Ｂａ　伝熱層の延長部分
１１Ｂ’　伝熱環
１１Ｃ　摺動層
１１ｇ　空隙
１２　軸受ケース
１２ａ　つば部
１３　支持部材
２２　インペラ
２６　軸継手
２７　吸い込みベル
２８　吐出ボウル
２９　ケーシング
３０　吐出エルボ
３２　上部軸受
３３　下部軸受
３４　軸シール

１００　水槽

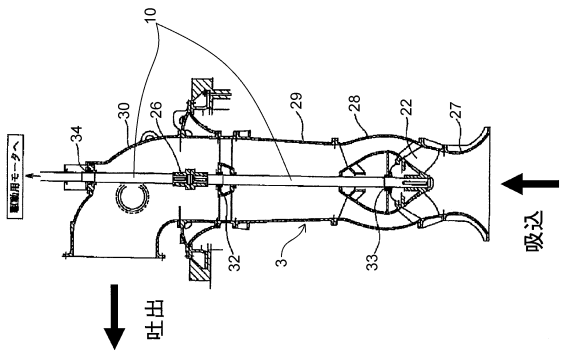
【図１】


HWL
LWL
LLWL
LLLWL
10
3
22
27
5
6a
6
100

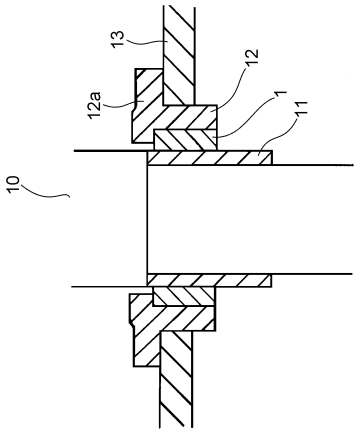
【図２】


A 気中運転
B 気水併存運転
C 気水混合運転
D 定常運転
E エアロック運転
C 気水混合運転
排水開始
(排水量低下状態)
排水停止
(空気溜りの発生)
定常排水
排水
(排水量低下状態)

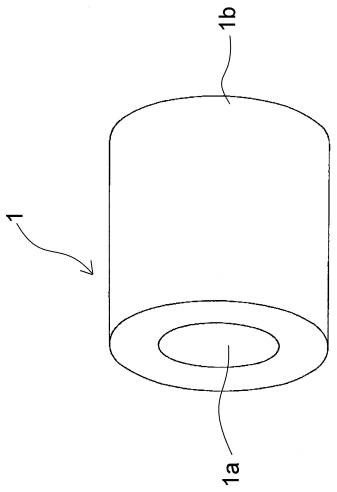
【図３】


10
30
26
29
28
22
27
34
32
3
33
吸込
吐出

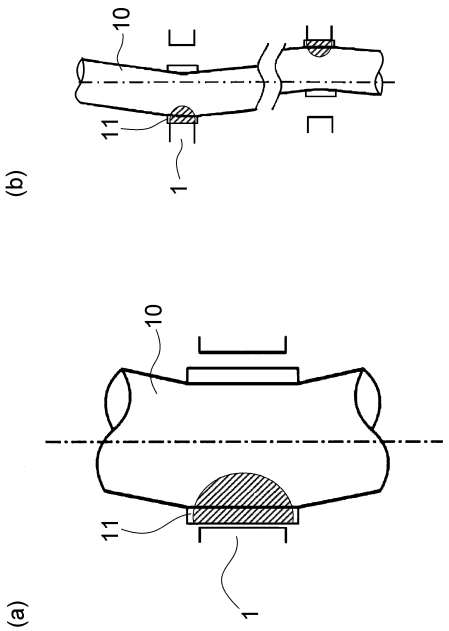
【図４】


13
12
12a
1
11
10

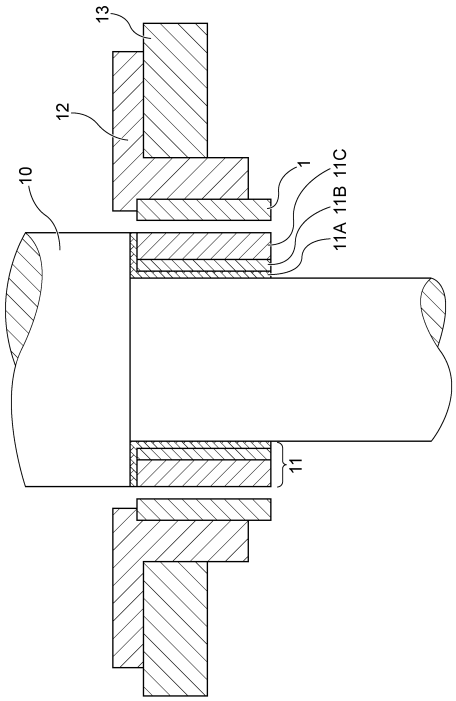
【図５】


1b
1
1a

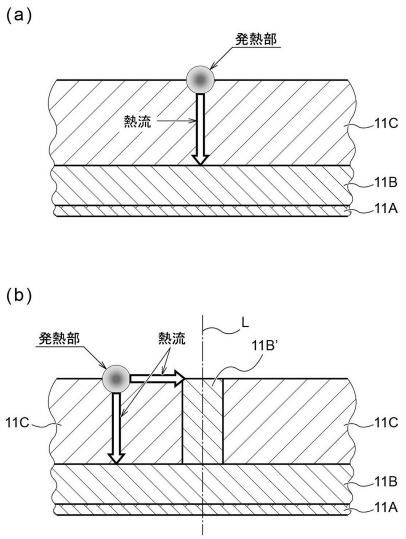
【図６】


(b)
10
11
1
(a)
10
11
1

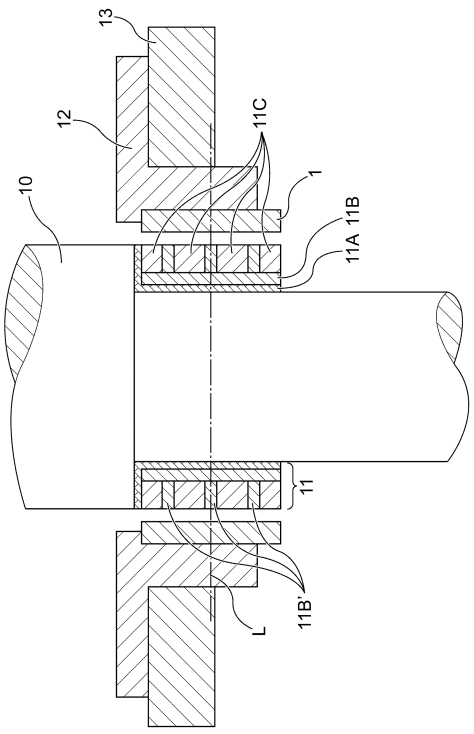
【図７】


13
12
10
1
11C
11B
11A
11

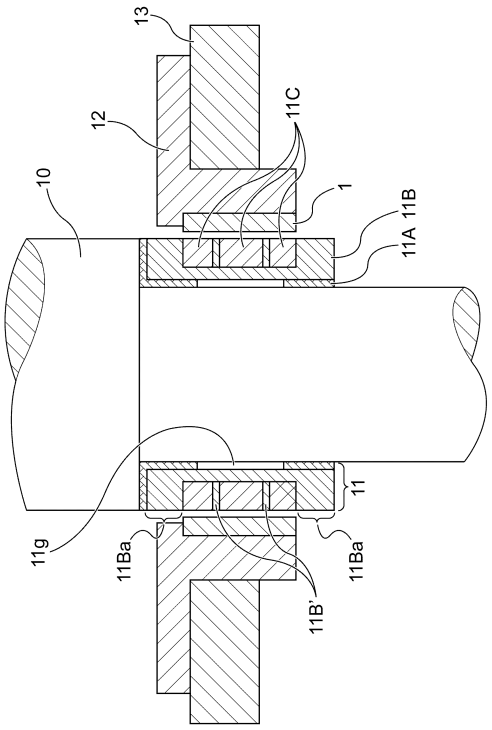
【図８】


(a)
発熱部
熱流
11C
11B
11A
(b)
発熱部
熱流
L
11B'
11C
11C
11B
11A

【図９】


13
12
11C
10
1
11A
11B
11
11B'
L

【図１０】


13
12
11C
10
1
11A
11B
11
11g
11Ba
11B'
11Ba

フロントページの続き

(56)参考文献 実開平０６－０６５６２１（ＪＰ，Ｕ）
特開２００９－２２２２０７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１３２５４８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－１６１２０２（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００９／００４７１５６（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０４Ｄ１／００－１３／１６
１７／００－１９／０２
２１／００－２５／１６
２９／００－３５／００
Ｆ１６Ｃ１７／００－１７／２６
３３／００－３３／２８