(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2015-230077
(P2015-230077A)
(43)公開日　平成27年12月21日(2015.12.21)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
F16C 33/38	(2006.01)	F16C	33/38	3H130
F16C 19/16	(2006.01)	F16C	19/16	3J701
F16C 33/44	(2006.01)	F16C	33/44	4F202
F04D 29/049	(2006.01)	F04D	29/049	
B29C 43/36	(2006.01)	B29C	43/36	

審査請求 未請求　請求項の数 9　OL　（全 11 頁）

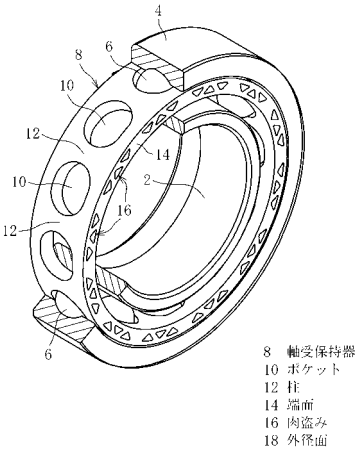
(21)出願番号　特願2014-117615 (P2014-117615)
(22)出願日　平成26年6月6日 (2014.6.6)

(71)出願人　000102692
ＮＴＮ株式会社
大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号
(74)代理人　100107423
弁理士　城村　邦彦
(74)代理人　100120949
弁理士　熊野　剛
(74)代理人　100101616
弁理士　白石　吉之
(72)発明者　池村　直樹
三重県桑名市大字東方字尾弓田３０６６
ＮＴＮ株式会社内
(72)発明者　大江　展希
三重県桑名市大字東方字尾弓田３０６６
ＮＴＮ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体潤滑転がり軸受及び同軸受用樹脂保持器

(57)【要約】
【課題】樹脂保持器の高速安定性を確保するために案内すきまを小さくしつつも、適切な案内すきまを確保できる樹脂保持器を提供する。
【解決手段】固体潤滑転がり軸受に用いる樹脂保持器であって、樹脂保持器8の端面14のうち、ポケット10とポケット10の間の柱12に対応する円周方向領域に、肉盗み16を設けることにより、高速回転時に外径面18を波形状に弾性変形させるようにした。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
樹脂保持器の端面のうち、ポケットとポケットの間の柱に対応する円周方向領域に、肉盗みを設けることにより、高速回転時に外径面を波形状に弾性変形させるようにした固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項２】
前記肉盗みは、一つの円周方向領域につき一つ又は複数ずつ設けた請求項１の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項３】
前記肉盗みは有底凹部の形態である請求項１又は２の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項４】
前記肉盗みは貫通孔の形態である請求項１又は２の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項５】
一つの円周方向領域につき複数ずつ設けた肉盗みは互いに独立している請求項２の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項６】
自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材を圧縮成形によって一体成形した請求項１から５のいずれか１項の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項７】
母材にアルミニウム合金を用い、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材をインサート成形した請求項１から５のいずれか１項の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器。
【請求項８】
請求項１から７のいずれか１項の樹脂保持器を用いた固体潤滑転がり軸受。
【請求項９】
液体燃料用ターボポンプに使用する請求項８の固体潤滑転がり軸受。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、固体潤滑転がり軸受及び同軸受用樹脂保持器に関し、限定する趣旨ではないが、たとえば液体燃料ターボポンプ主軸用軸受に利用することができる。
【背景技術】
【０００２】
ロケットエンジンの液体燃料を圧送するための液体燃料ターボポンプは、液体水素や液体酸素といった極低温流体を２００気圧以上もの高圧にして燃焼室に送りこむ働きをする。その液体燃料ターボポンプ主軸用軸受は、極低温流体が高速で通過する環境下において、高速回転で使用される。しかも、上記環境下では、油、グリースといった通常の流動性潤滑剤は使用できない。そこで、固体潤滑転がり軸受を採用し、保持器には、高速回転時のフープ応力に耐え得る強度を有し、かつ、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材料が使用されている。
【０００３】
今後開発される液体燃料ターボポンプの主軸回転速度は、より一層の高速化が予測されるため、それに対応する軸受の開発は重要な課題となっている。
【０００４】
特許文献１には、ターボポンプ用軸受の樹脂保持器として、母材のガラス織布にＰＴＦＥを含浸させ、フッ酸処理により表層のガラス繊維を溶解させた一体型のもみ抜き保持器が記載されている。この樹脂保持器は、一方ではガラス織布で高速回転時のフープ応力に対する強度を確保し、もう一方で、含浸させたＰＴＦＥにより自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を確保するようにして、極低温かつ高速回転環境下での軸受の使用を可能に

している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特公平２－２０８５４号公報
【特許文献２】特開２０１３－２２４７３１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
特許文献１に記載されている樹脂保持器には次のような問題点がある。
【０００７】
ガラス織布を母材とする樹脂保持器は、ガラス織布の線膨張係数が軸受軌道輪及び転動体を構成する材料のそれよりも大きいため、極低温環境下では寸法収縮が起きる。一方、高速回転により樹脂保持器に遠心力が作用する条件下では、低ヤング率の影響も助長して寸法拡大が起きる。そのため、温度環境と速度環境の双方の環境変化に対応し得る適切な案内すきまを確保することが課題となる。
【０００８】
ここで、軌道輪の保持器案内面（保持器をラジアル方向に案内するための、軌道輪又は軌道盤の円筒面）の直径と保持器の案内面（内径面又は外径面）の直径との差を案内すきまという。保持器の回転を案内し、保持器の振れ回りを防ぐため、軌道輪に接する保持器の案内面（内径面又は外径面）と、軌道輪の接触面との間に適切なすきまが与えられている。
【０００９】
液体燃料ターボポンプ用軸受の場合、保持器の案内すきまの設計にあたっては、とりわけ次の二点を考慮に入れるべきである。
【００１０】
一点目は、極低温環境下での樹脂保持器の寸法収縮である。
鋼製の軌道輪と樹脂製の保持器とでは線膨張係数の差が大きく、たとえば鋼では１０×１０$^{-6}$～２０×１０$^{-6}$程度であるのに対し、樹脂材料は５０×１０$^{-6}$程度と２倍以上の差があるため、鋼製外輪と樹脂製保持器のすきま管理ではこの点を考慮する必要がある。
【００１１】
二点目は、高速運転下での樹脂保持器の寸法拡大である。
樹脂は鋼に比べてヤング率が小さいため、樹脂製の保持器は遠心力が作用すると膨張して拡径し、樹脂保持器の案内すきまが小さくなる。よって、この点を考慮する必要がある。
【００１２】
このような状況の中、高速運転時において樹脂保持器を安定的に案内するためには、この案内すきまを限りなく小さくすることが有効である。案内すきまが過大又は過小になると次のような問題がある。
【００１３】
案内すきまが過大の場合、樹脂保持器の半径方向の位置決めができず、僅かに存在する樹脂保持器のアンバランス量などによって助長されて樹脂保持器が半径方向に振れ回り、樹脂保持器の外径面や外輪の内径面（保持器案内面）の摩耗ひいては軸受の損傷につながる。
【００１４】
案内すきまが過小の場合、樹脂保持器の外径面と外輪の内径面（保持器案内面）との間のすきまがなくなって著しい摩擦運動が起こり、軸受の損傷に繋がる。
【００１５】
そこで、本発明の課題は、樹脂保持器の高速安定性を確保するために案内すきまを小さくしつつも、適切な案内すきまを確保できる樹脂保持器を提供することである。

【課題を解決するための手段】
【００１６】
かかる課題は、本発明によれば、樹脂保持器の端面のうち、柱に対応する周方向領域に、肉盗みを設けることによって解決される。すなわち、本発明の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器は、樹脂保持器の端面のうち、ポケットとポケットの間の柱に対応する円周方向領域に、肉盗みを設けることにより、高速回転時に外径面を波形状に弾性変形させるようにしたものである。
【００１７】
より具体的に述べるならば、高速回転に伴う遠心力の作用で、樹脂保持器の外径面が、肉盗みを設けた領域すなわち柱に対応する領域では、肉盗みを設けてない領域すなわちポケットに対応する領域に比べて、外径面が拡径する。したがって、樹脂保持器の外径面全体としては、円周方向に波形状に変形し、その結果、樹脂保持器の外径面と外輪の案内面との間に動圧効果が発生し、樹脂保持器の外径面と外輪の案内面との間のすきまを適切に保つことを可能としている。
【００１８】
樹脂材料の低ヤング率という特性を生かして、高速回転に伴う遠心力の作用で、樹脂保持器外径面の円周方向の剛性差すなわち、肉盗みを設けた領域と肉盗みを設けてない領域との剛性差に基づき、樹脂保持器の外径面を波形状に変形させる。そして、樹脂保持器の外径面と外輪の内径面（保持器案内面）との間を通過する液体燃料によって正圧を発生させ、適切なすきま管理を可能としている。言い換えれば、小すきまにも拘わらず、動圧効果によって案内面どうしを離反させ、摩擦接触を避ける。
【００１９】
なお、特許文献２には、周方向繰り返し形状の肉盗み部を形成することが記載されている。しかし、これは、円環部内の合流部で溶融樹脂の流れが乱されて径方向に対して直線的なウェルドラインが形成されないようにすることで、樹脂保持器の強度及び精度の向上を目的としたものである。それゆえに、肉盗み部は、溶融樹脂の流れを乱すような形態で、かつ、全周にわたって不断に存在することが必須であって、周方向に断続的な肉盗み、言い換えれば肉盗み部が周方向で中断したものは除外される。なぜならば、当該中断部分では直線的なウェルドラインが形成されるのが避けられないからである。してみれば、特許文献２に記載されている周方向繰り返し形状の肉盗み部を設けた樹脂保持器では、動圧効果によって摩擦接触を避けるだけの波形状の変化は望めない。
【発明の効果】
【００２０】
本発明によれば、樹脂保持器の高速安定性を確保するために案内すきまを小さくしつつも、適切な案内すきまを確保できる固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器及び同保持器を用いた固体潤滑転がり軸受を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２１】
【図１】本発明の実施例の樹脂保持器を使用した固体潤滑転がり軸受の一部破断斜視図である。
【図２】（Ａ）は図１における樹脂保持器の正面図、（Ｂ）は図２（Ａ）のＢ‐Ｂ断面図、（Ｃ）は図２（Ａ）のＣ‐Ｃ断面図、（Ｄ）は図２（Ａ）のＤ部拡大図である。
【図３】（Ａ）は別の実施例を示す樹脂保持器の正面図、（Ｂ）は図３（Ａ）のＢ‐Ｂ断面図、（Ｃ）は図３（Ａ）のＣ‐Ｃ断面図である。
【図４】（Ａ）はさらに別の実施例を示す樹脂保持器の正面図、（Ｂ）は図４（Ａ）のＢ‐Ｂ断面図、（Ｃ）は図４（Ａ）のＣ‐Ｃ断面図、（Ｄ）は図４（Ａ）のＤ部拡大図である。
【図５】（Ａ）はさらに別の実施例を示す樹脂保持器の正面図、（Ｂ）は図５（Ａ）のＢ‐Ｂ断面図、（Ｃ）は図５（Ａ）のＣ‐Ｃ断面図である。
【図６】（Ａ）はさらに別の実施例を示す樹脂保持器の正面図、（Ｂ）は図６（Ａ）のＢ

－Ｂ断面図、（Ｃ）は図６（Ａ）のＣ－Ｃ断面図である。
【図７】（Ａ）は樹脂保持器の斜視図、（Ｂ）は図７（Ａ）の網かけ部分に相当する分割片の拡大図、（Ｃ）は樹脂保持器の外径面の変形に関するＦＥＭ解析結果を示す線図である。
【図８】（Ａ）は転がり軸受の正面図、（Ｂ）は図８（Ａ）のＢ部の模式的拡大図である。
【図９】従来の技術を示す樹脂保持器の斜視図である。
【発明を実施するための形態】
【００２２】
以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。
【００２３】
図１に固体潤滑転がり軸受の一例として玉軸受を示す。この玉軸受は、主要な構成要素として、軸受内輪２と、軸受外輪４と、複数の玉６と、樹脂保持器８を有する。なお、図１では軸受内輪２及び軸受外輪４を部分的に切除してあり、また、当該切除部分では玉の図示も省略してある。
【００２４】
樹脂保持器８は、玉６を円周方向で所定間隔に保持するための軸受部品であって、全体として円筒状で、円周方向に所定の間隔でポケット１０が設けてある。各ポケット１０は、それぞれ玉６を収容するためのもので、樹脂保持器８を半径方向に貫通している。ポケット１０とポケット１０の間に位置して隣接するポケット１０を分離する部分を柱１２と呼ぶ。
【００２５】
樹脂保持器８の端面１４のうち、柱１２に対応する円周方向領域に、肉盗み１６が形成してある。肉盗み１６の具体的な態様は次のとおりである。
【００２６】
肉盗み１６は、樹脂保持器８の柱１２に対応する円周方向領域に一つ又は複数ずつ設ける。図１～図４に示す実施例では、柱１２に対応する円周方向領域に、肉盗み１６が３つずつ設けてあり、図５及び図６に示す実施例では、柱１２に対応する円周方向領域に肉盗み１６が一つずつ設けてある。図１～図４に示すように、柱１２に対応する円周方向領域に複数の肉盗み１６を設ける場合、図示するように、肉盗み１６どうしは互いに独立している。
【００２７】
樹脂保持器８の端面１４に現れる各肉盗み１６の形状は任意である。具体例を挙げるならば、図１及び図２は、各肉盗み１６の形状が二等辺三角形で、交互に頂点の向きを逆に配置した例であって、肉盗み１６を設けた当該領域はトラス形状を呈している。図３及び図６は円形の肉盗み１６の例、図４及び図５は矩形の肉盗み１６の例をそれぞれ示している。なお、図４及び図５の矩形はいずれも円周方向の辺が長い長方形であるが、後者は前者よりも長辺の長さが長い点で相違する。
【００２８】
図２～図５に示す実施例の場合、肉盗み１６は有底凹部の形態をしている。図６に示す実施例の場合、肉盗み１６は貫通孔の形態をしている。図６のように、貫通孔の形態をした肉盗み１６の場合、肉盗み１６は樹脂保持器８の両端面１４に開口することから、両端面に肉盗み１６を設けた場合に相当する。
【００２９】
有底凹部の形態をした肉盗み１６の場合、必ずしも両側の端面１４に設ける必要はない。片側の端面１４に肉盗み１６を設けるだけで、遠心力が作用したとき外径面の所望の変形が得られる場合には、肉盗み１６は片側の端面１４に設ければ足る。一方、肉盗み１６を片側の端面１４に設けただけでは、遠心力が作用しても外径面の所望の変形が得られない場合には、両側の端面１４に肉盗み１６を設ける。
【００３０】

樹脂保持器８の材料は、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性に優れ、かつ、圧縮成形又は加熱圧縮成形ができるスーパーエンジニアリングプラスチック、ハイエンジニアリングプラスチック、汎用エンジニアリングプラスチックの中から選定する。具体例として、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）、ポリイミド（ＰＩ）、ポリエチレン（ＰＥ）等が挙げられる。特にしゅう動相手材への移着性と自己潤滑性に優れるＰＴＦＥを採用するのが望ましい。

【００３１】

樹脂保持器８の製造工程は、次に述べる圧縮成形工程と機械加工工程を含む。

圧縮成形工程では、選定した樹脂材料を加熱した金型に充填し、圧縮成形機で加圧し、成形する。成形圧力は１０ＭＰａ以上とする。さらに、圧縮成形における残留圧縮応力に起因する軸受使用時の寸法変化が懸念される場合は、アニール処理を行ってもよい。

【００３２】

また、樹脂保持器８は、上述のように樹脂材料を圧縮成形して一体成形するほか、母材にアルミニウム合金を用い、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材をインサート成形してもよい。

【００３３】

圧縮成型工程で得た成形品に、切削加工により、樹脂保持器８の端面１４に肉盗み１６を形成する。なお、肉盗み１６の加工の前又は後、ポケット１０を加工し、必要な内径、外径、幅の寸法精度を得るために仕上げ加工を施す。

【００３４】

樹脂保持器８の外径面１８の変形量について、ＦＥＭ解析により図７（Ｃ）に示すような解析結果を得た。解析条件は次のとおりである。

【００３５】

樹脂保持器外径寸法：φ６０
保持器回転速度：３４，０００ｍｉｎ$^{-1}$
材質　　：スーパーエンジニアリングプラスチック
　　（ベアリーFL3000、ＮＴＮ株式会社製）
ヤング率　　：５ＧＰａ
ポアソン比　　：０．３
線膨張係数　　：５０×１０$^{-6}$
比重　　：２．３

【００３６】

解析モデルについては、実施例は、図２に示すように三角形状の肉盗みを設けた樹脂保持器であり、比較例は、図９に示すように肉盗みのない従来の樹脂保持器である。軸方向及び周期対称性を考慮して、図７（Ｂ）に示すモデル（分割片）を用いて解析を実施した。ここで、図７（Ａ）は図２及び図９に示す樹脂保持器に相当し、ただし、図２の樹脂保持器については肉盗みを省略したものであり、図７（Ａ）の網かけ部分を拡大したのが図７（Ｂ）である。図９の樹脂保持器には肉盗みがないことから当然のことであるが、図７（Ｂ）は図２の樹脂保持器の一部拡大図である。

【００３７】

解析結果を示す図７（Ｃ）は、横軸に円周方向の位相（deg）をとり、縦軸に径方向変位（μｍ）をとって、実施例と比較例のそれぞれにつき外径面１８の位置を計測してプロットしたもので、上記回転速度を与えた際のポケット及び柱を含む周期対称モデルの外径面１８の変形を示す。

【００３８】

比較例の場合、外径面１８の変形はわずかである。すなわち、ポケットの中心付近の位相（０ deg）で約８０ μｍで、そこから徐々に、かつ、直線的に増加し、柱の中央付近の位相(１５ deg)で約１００ μｍである。これは、樹脂保持器８の形状に起因して、ポケット部分と柱部分とでわずかな質量の差があることに対応したものと考えられる。

【００３９】

実施例の場合、顕著な波形状の変形が見て取れる。すなわち、０ degの位相と約１２０ degの位相に約１７０ μｍの最大径部があり、約７ degの位相に約１２０ μｍの最小径部があり、外径面の最大径部と最小径部に６０ μｍ程度の差（溝深さｄ）が生じている。最大径部が肉盗みのある位相に対応していることからわかるように、肉盗みを設けることによって当該部分の質量が減少し、その分、遠心力の影響が小さくなったものと考えられる。

【００４０】

上記溝深さｄの値は、動圧効果を発生するのに有効なｄ／Ｄ＝１０００を満たす。符号Ｄは図８に示すように樹脂保持器８の外径を表す。ここで、図８（Ａ）は図１の転がり軸受の正面図に相当し、図８（Ｂ）は、図８（Ａ）のＢ部を拡大するとともに図７（Ｃ）の内容を組み入れて模式的に示したものである。なお、図８（Ａ）では肉盗みの図示を省略してある。

【００４１】

また、動圧効果を発生させるのに有効なすきま（図８（Ｂ）における案内すきまｓ）は、この溝深さｄと１：１であることが望ましいとされていることから、上記解析結果を考慮すれば、６０μｍ程度が望ましい。

このように、動圧効果が得られることで、樹脂保持器８の外径面１８と外輪４の内径面（保持器案内面）とが接近した際でも、調心され、接触を防ぎ、適切なすきまを確保することが可能となる。

【００４２】

上述の実施例の効果を要約して列記するならば次のとおりである。

【００４３】

実施例の固体潤滑転がり軸受用樹脂保持器は、樹脂保持器８の端面１４のうち、ポケット１０とポケット１０の間の柱１２に対応する円周方向領域に、肉盗み１６を設けることにより、高速回転時に外径面１８を波形状に弾性変形させるようにしたものである。樹脂保持器８の外径面１８が波形状に変形することで、動圧効果が得られ、樹脂保持器８の外径面１８と外輪４の内径面（保持器案内面）とが接近した際でも、調心され、接触を防ぎ、適切なすきまを確保することができる。

【００４４】

肉盗み１６は、一つの円周方向領域につき一つ又は複数ずつ設けることができる。一つの円周方向領域に複数の肉盗み１６を設ける場合、肉盗み１６どうしは互いに独立しているのが望ましい。

【００４５】

肉盗み１６は、有底凹部の形態でも、あるいは、貫通孔の形態であってもよい。貫通孔の形態をした肉盗みの場合、樹脂保持器の両端面に開口することになるが、有底凹部の形態の肉盗みの場合、片側の端面にだけ設けることも可能である。

【００４６】

樹脂保持器を製造するにあたっては、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材を圧縮成形によって一体成形する。あるいは、母材にアルミニウム合金を用い、自己潤滑性としゅう動相手材への移着性を付与した樹脂複合材をインサート成形するようにしてもよい。

【００４７】

上記樹脂保持器は、固体潤滑転がり軸受を構成要素として用いることができる。

【００４８】

上記固体潤滑転がり軸受は、通常の潤滑剤が使用できない液体燃料用ターボポンプに使用することができる。

【００４９】

以上、図面に従って本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、ここに述べ、かつ、図示した実施の形態に限らず、特許請求の範囲を逸脱することなく種々の改変を加えて実施をすることができる。

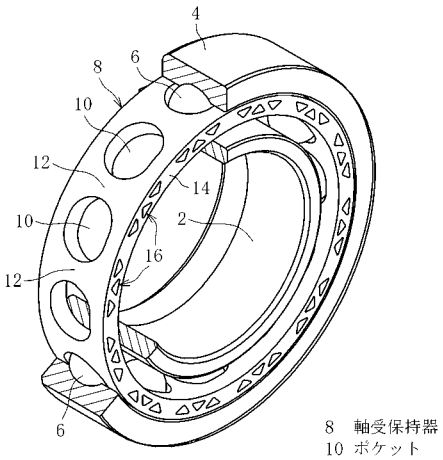
【符号の説明】

【００５０】

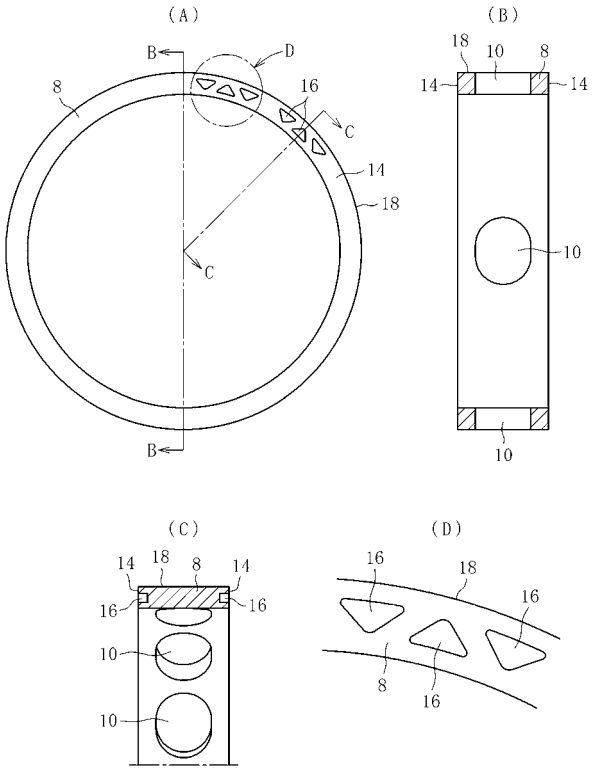
２　軸受内輪
４　軸受外輪
６　玉（転動体）
８　樹脂保持器
　１０　ポケット
　１２　柱
　１４　端面
　１６　肉盗み
　１８　外径面

10

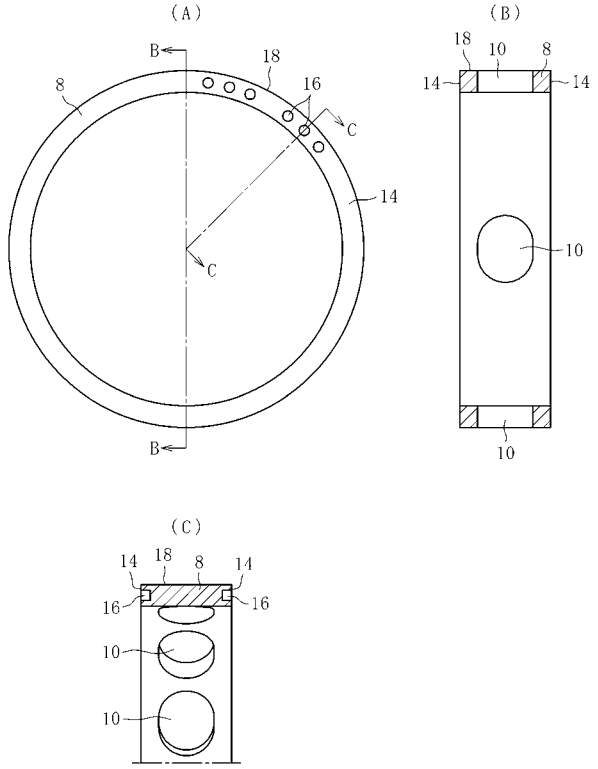
【図１】



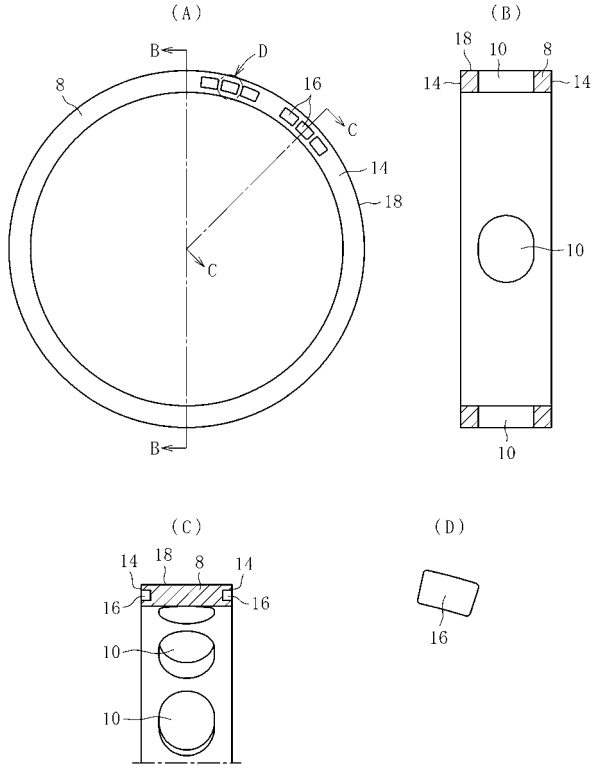
【図２】



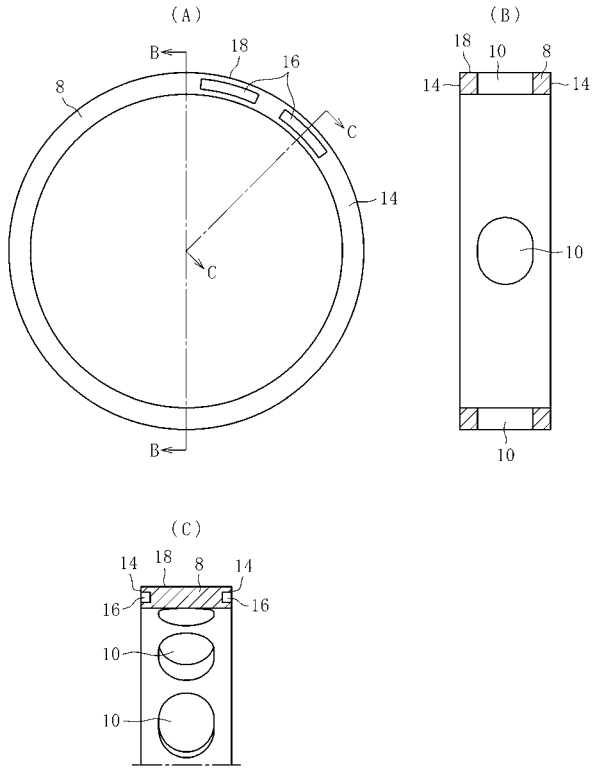
【図３】


(A)
(B)
(C)
B
18
8
16
C
14
10

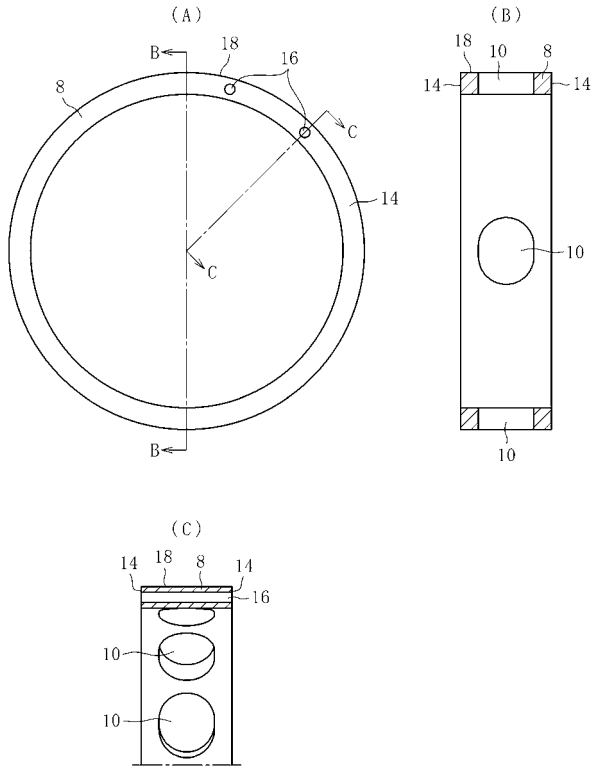
【図４】


(A)
(B)
(C)
(D)
B
D
18
10
8
14
16
C
18
10
16

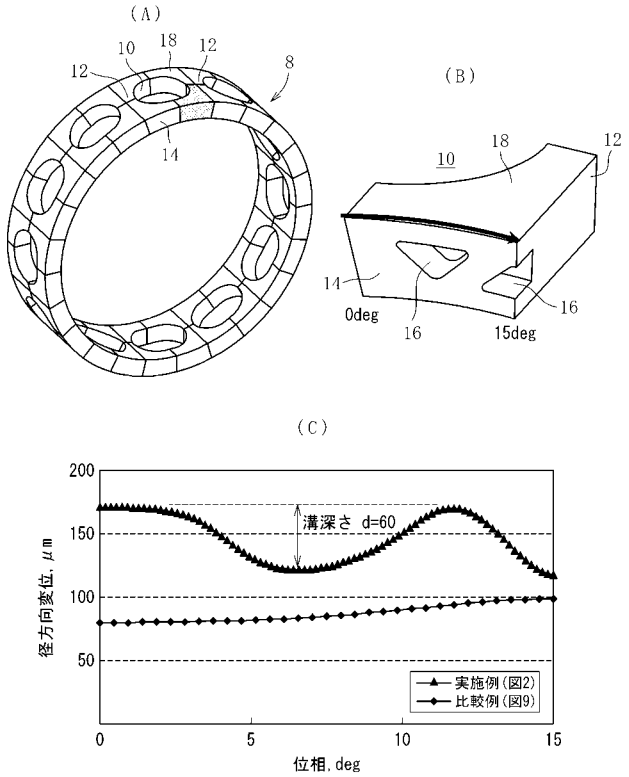
【図５】


(A)
(B)
(C)
B
18
16
8
C
14
10

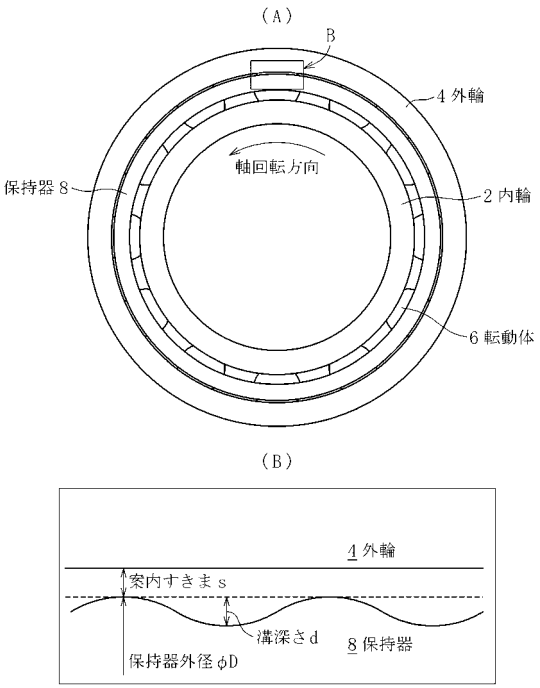
【図６】


(A)
(B)
(C)
B
18
16
8
C
14
10

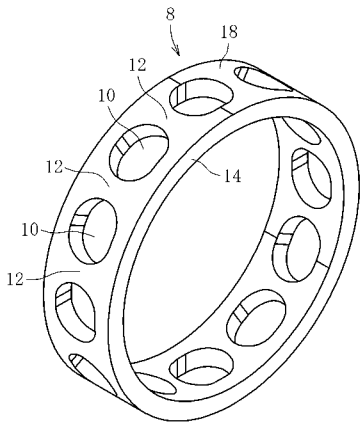
【図７】


(A)
10
18
12
12
8
14
(B)
10
18
12
14
0deg
16
16
15deg
(C)
200
150
100
50
径方向変位, μm
溝深さ d=60
実施例(図2)
比較例(図9)
0
5
10
15
位相, deg

【図８】


(A)
B
4 外輪
軸回転方向
保持器 8
2 内輪
6 転動体
(B)
4 外輪
案内すきま s
溝深さ d
8 保持器
保持器外径 φD

【図９】


8
18
12
10
12
14
10
12

フロントページの続き

(72)発明者　藤掛　泰人
三重県桑名市大字東方字尾弓田３０６６　ＮＴＮ株式会社内

Ｆターム(参考) 3H130 AA02 AB22 AB60 AC30 BA24E BA63E BA73E BA74E DA02X DB08X
EA07E EB03E EC04E EC05E EC08E EC14E EC17E ED02E
3J701 AA03 AA32 AA42 AA52 AA62 BA34 BA44 BA50 CA32 DA14
EA14 EA31 EA32 EA34 EA37 FA15 FA31 GA29
4F202 AA04 AA17 AA40 AD03 AG13 AH14 AH16 AR02 CA09 CB01
CB12