(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2012-255488
(P2012-255488A)
(43)公開日　平成24年12月27日(2012.12.27)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
F16C 29/02	(2006.01)	F16C	29/02	3J104
H02K 5/167	(2006.01)	H02K	5/167	5H605

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 14 頁）

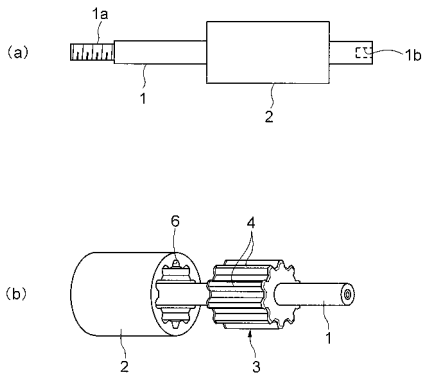
(21)出願番号　特願2011-128892 (P2011-128892)
(22)出願日　平成23年6月9日 (2011.6.9)

(71)出願人　390029805
ＴＨＫ株式会社
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号
(74)代理人　100112140
弁理士　塩島　利之
(72)発明者　岩城　純一郎
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号
ＴＨＫ株式会社内
(72)発明者　村田　智純
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号
ＴＨＫ株式会社内
(72)発明者　彦本　健太郎
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号
ＴＨＫ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】すべり軸受及び振動アクチュエータ

(57)【要約】
【課題】軸をショートストロークで往復運動させても軸に疵が付くのを防止でき、また軸の回り止めも可能なすべり軸受を提供する。
【解決手段】すべり軸受は、外筒２に対して軸１が軸線方向に相対的に直線運動するのを案内する。軸１には樹脂製のスリーブ３が一体的に成形又は接合される。スリーブ３の外周面には、外側回り止め部４が形成される。外筒２の内周面には、スリーブ３が軸線方向にすべることができ、かつスリーブ３が軸線の回りを回転できないように、スリーブ３の外側回り止め部４が嵌まる内側回り止め部６が形成される。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
外筒に対して軸が軸線方向に相対的に直線運動するすべり軸受であって、
軸と、
前記軸に一体的に成形又は接合され、周囲に外側回り止め部を有する樹脂製のスリーブと、
前記スリーブが前記軸線方向にすべることができ、かつ前記スリーブが軸線の回りに回転できないように、内周面に前記スリーブの前記外側回り止め部が嵌まる内側回り止め部を有する外筒と、
を備えるすべり軸受。
【請求項２】
前記スリーブの前記外側回り止め部の前記軸線方向の長さは、前記外筒の内側回り止め部の軸線方向の長さよりも短いことを特徴とする請求項１に記載のすべり軸受。
【請求項３】
前記スリーブの前記外側回り止め部は、歯形がインボリュートの複数の歯を備えることを特徴とする請求項１又は２に記載のすべり軸受。
【請求項４】
前記スリーブの前記外側回り止め部は、円筒形の基部の周囲に一定のピッチを空けて形成される複数のキーを備えることを特徴とする請求項１又は２に記載のすべり軸受。
【請求項５】
前記スリーブの外側回り止め部の歯又はキーの前記軸線方向の両端部には、歯の高さ又はキーの高さが前記軸線方向の両端で小さくなるようクラウニングが施されることを特徴とする請求項３又は４に記載のすべり軸受。
【請求項６】
前記外筒は、潤滑油を含ませた焼結合金製であることを特徴とする請求項１ないし５のいずれかに記載のすべり軸受。
【請求項７】
前記スリーブの前記外側回り止め部の側面の一方のみが前記外筒の前記内側回り止め部に接触するように、前記外筒に対して相対的に前記軸線の回りを回転する回転力が前記軸に与えられることを特徴とする請求項１に記載のすべり軸受。
【請求項８】
請求項１ないし７のいずれかに記載のすべり軸受が組み込まれ、前記軸が前記軸線方向に振動する振動アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、外筒に対して軸が軸線方向に相対的に直線運動するすべり軸受、及びすべり軸受が組み込まれた振動アクチュエータに関する。
【背景技術】
【０００２】
外筒に対して軸が直線運動するのを案内する案内装置として、外筒の内周面で軸をすべらせるすべり軸受や、外筒に組み込まれるボールの転がり運動を介して軸を案内するボールブッシュが知られている。
【０００３】
すべり軸受は、外筒の内周面と軸の外周面を接触させ、外筒の内周面に対して軸の外周面がすべるようにしたものである。外筒の内周面に潤滑剤を保持させ、外筒の内周面と軸の外周面との間の摩擦や焼き付けを防いでいる（特許文献１参照）。
【０００４】
ボールブッシュは軸と外筒との間に転がり運動可能に多数のボールを介在させたもので

ある。多数のボールは外筒に組み込まれるケージに保持される。外筒に対して軸が直線運動すると、多数ボールが外筒と軸との間で転がり運動する。ボールの転がり運動を利用するので、軽快な動きが得られるという利点がある。（特許文献２参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００９－０２４７９８号公報

【特許文献２】特開２００１－１１６０４３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかし、軸のショートストロークの往復運動を案内するのにボールブッシュを使用すると、軸の往復運動の繰り返し回数が多くなることに伴って軸に疵が付くという問題が発生する。軸に疵が付く現象はフレッチングコロージョンと呼ばれる。ボールブッシュにかける予圧が大きければ大きいほど軸に疵が付く傾向がある。逆にボールブッシュに予圧をかけないと、軸の疵が減る。軸の疵が減る一因として、ボールの転がり運動がすべり運動に変化していることが挙げられる。軸に疵を付けないためには、ボールブッシュよりもすべり軸受が有効である。しかし、たとえすべり軸受を使用しても、軸の往復運動の繰り返し回数が多くなると、ボールブッシュほどではないものの、やはり軸に疵が付く。

【０００７】

ところで、すべり軸受に軸の回り止め機能を持たせる場合、軸に軸線方向に延びる溝や突起が形成されるスプライン軸が用いられる。しかし、軸に溝や突起を形成すると、加工工程が増え、製品のコストアップを招いてしまう。

【０００８】

そこで本発明は、軸をショートストロークで往復運動させても軸に疵が付くのを防止でき、また軸の回り止めも可能なすべり軸受及び振動アクチュエータ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】

【０００９】

上記課題を解決するために、本発明は、外筒に対して軸が軸線方向に相対的に直線運動するすべり軸受であって、軸と、前記軸に一体的に成形又は接合され、周囲に外側回り止め部を有する樹脂製のスリーブと、前記スリーブが前記軸線方向にすべることができ、かつ前記スリーブが軸線の回りに回転できないように、内周面に前記スリーブの前記外側回り止め部が嵌まる内側回り止め部を有する外筒と、を備えるすべり軸受である。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、すべり軸受が、軸、樹脂製のスリーブ、外筒の三層構造になり、樹脂製のスリーブが外筒に対してすべるので、軸や外筒に疵が付くのを防止できる。また、樹脂製のスリーブに回り止め部を形成するので、軸に直接回り止めのための溝や突起を形成する必要がない。このため、回り止め部の加工が容易になる。

【００１１】

本発明のすべり軸受の用途は特に限定されるものではないが、軸がショートストロークで往復運動する振動アクチュエータに好適である。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明の第一の実施形態のすべり軸受（インボリュート方式）の全体図（図１（ａ）は側面図を示し、図１（ｂ）は斜視図を示す）

【図２】すべり軸受の軸を示す図（図２（ａ）は正面図を示し、図２（ｂ）は側面図を示す）

【図３】スリーブの詳細図（図３（ａ）はスリーブの正面図を示し、図３（ｂ）はスリー

ブの側面図を示す（一部断面図を含む））
【図４】すべり軸受の外筒を示す図（図４（ａ）は外筒の正面図を示し、図４（ｂ）は外筒の側面図（一部断面図を含む）を示す）
【図５】スリーブの歯と外筒の凹みの接触状態を示す断面図
【図６】本発明の第二の実施形態のすべり軸受（キー方式）のスリーブを示す図（図６（ａ）はスリーブの正面図を示し、図６（ｂ）はスリーブの側面図を示す）
【図７】本発明の第二の実施形態のすべり軸受（キー方式）の外筒を示す図（図７（ａ）は外筒の正面図を示し、図７（ｂ）は外筒の側面図を示す）
【図８】スリーブの軸線方向の長さが外筒の軸線方向の長さよりも長い場合の摩耗状態を示す図（比較例）
【図９】スリーブのキーと外筒の凹みの嵌合状態を示す模式図（図９（ａ）はキーの個数を偶数にしたときを示し、図９（ｂ）はキーの個数を奇数にしたときを示す）
【図１０】すべり軸受が組み込まれた振動アクチュエータの断面図
【図１１】振動アクチュエータの磁石部の図１０のＸＩ－ＸＩ線断面図（図１１（ａ）は軸が安定した状態を示し、図１１（ｂ）は軸に回転力を与えた状態を示す）
【図１２】ストロークとすべり抵抗の関係を示すグラフ
【図１３】キー方式のすべり抵抗及び軸変位を示すグラフ（図１３（ａ）は往復回数とすべり抵抗との関係を示し、図１３（ｂ）は往復回数と軸変位との関係を示す）
【図１４】インボリュート方式のすべり抵抗及び軸変位を示すグラフ（図１４（ａ）は往復回数とすべり抵抗との関係を示し、図１４（ｂ）は往復回数と軸変位との関係を示す）
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下、添付図面に基づいて本発明の一実施形態のすべり軸受を詳細に説明する。図１（ａ）は本発明の第一の実施形態のすべり軸受（インボリュート方式）の外観側面図を示し、図１（ｂ）はスリーブを示すために外筒から軸を抜いた状態の斜視図を示す。
【００１４】
すべり軸受は、軸線方向に直線運動可能な軸１と、軸１が直線運動するのを案内する外筒２と、を備える。外筒２は、円筒状をなし、ベース等の固定側に取り付けられる。軸１は、円柱形状をなし、案内対象である移動体に取り付けられる。軸１の軸線方向の端部には、移動体に取り付けるための取付部として雄ねじ１ａや雌ねじ１ｂが形成される。外筒２に対する軸１の直線運動は相対的なものであるから、軸１に対して外筒２が直線運動してもよい。
【００１５】
図１（ｂ）に示すように、金属製の軸１には樹脂製のスリーブ３が一体に成形される。すべり軸受は、金属製の軸１、樹脂製のスリーブ３、金属製の外筒２の三層構造になっている。軸１とスリーブ３が一体であるから、外筒２に対して軸１を直線運動させると、外筒２に対してスリーブ３がすべる。スリーブ３の周囲には、外側回り止め部としての複数の歯４が形成され、外筒２の内周面には、複数の歯４に対応する複数の凹み６（図４参照）が形成される。スリーブ３の複数の歯４が外筒２の複数の凹み６に嵌まるので、外筒２に対する軸１の軸線回りの回り止めが実現される。
【００１６】
図２は軸１を示す。図２（ａ）は軸１の正面図を示し、図２（ｂ）は軸１の側面図を示す。図２に示すように、軸１は円柱形状であり、その外周面にはスプライン溝やスプライン突起が形成されていない。軸１の軸線方向の端部には、移動体に取り付けるための取付部として雄ねじ１ａや雌ねじ１ｂが形成される。軸１の材質には、ステンレス、鋼、アルミニウム、真鍮等の金属が用いられる。
【００１７】
図３は、軸１に一体に成形されるスリーブ３の詳細図を示す。図３（ａ）はスリーブ３の正面図を示し、図３（ｂ）はスリーブ３の側面図を示す（一部断面図を含む）。図３には、スリーブ３のみが示されるが、実際にはスリーブ３は軸１と一体である。スリーブ３

の材質は、耐摩耗特性の優れたポリオキシメチレン（ＰＯＭ）等の熱可塑性樹脂である。スリーブ３は、インサート成形又はアウトサート成形等、いわゆる射出成形によって金属製の軸１に一体に成形される。スリーブ３の軸線方向の長さは軸１の軸線方向の長さよりも短く、スリーブ３は軸１の軸線方向の一部にのみ形成される。スリーブ３の周囲には、外側回り止め部として周方向に一定のピッチで複数の歯４が成形される。歯４はスリーブ３の軸線方向の全長に渡って伸びる。歯４の歯形は、インボリュートに形成される。インボリュート以外にもサイクロイドに形成することもできる。歯４をインボリュートに形成することで、歯４の側面は曲面に形成される。なお、スリーブ３を軸１に一体に成形する替わりに、スリーブ３のみを樹脂成形した後、接着剤でスリーブ３を軸１に接合してもよい。

【００１８】

歯４の軸線方向の両端部には、歯の高さｈ（歯たけとも呼ばれ、基礎円Ｃ１の半径と歯先円Ｃ２の半径の差）が両端で小さくなるようにクラウニング７が施される。図３（ｂ）に示すように、クラウニングの形状は曲線状に形成される。曲線状以外にも直線状に形成することも可能である。このクラウニングは通常の歯車のクラウニング（歯すじにそって中央が膨らんで、両端が薄くなるよう歯幅を変化させるクラウニング）とは異なっていて、歯４の軸線方向の両端部の歯の高さｈを小さくするものである。

【００１９】

図４は外筒２を示す。図４（ａ）は外筒２の正面図を示し、図４（ｂ）は外筒２の側面図（一部断面図を含む）を示す。外筒２の内周面には、内側回り止め部として、スリーブ３の複数の歯４の形状に合わせた複数の凹み６が周方向に一定のピッチで形成される。凹み６は外筒２の軸線方向の全長に渡って伸びる。外筒２の凹み６の軸線方向の長さＬ４は、スリーブ３の歯４の軸線方向の長さＬ３（図３（ｂ）参照）よりも長い。望ましくは、スリーブ３の歯の軸線方向の長さＬ３に軸１の往復運動するストロークを合算した長さよりも長い。外筒２の凹み６の軸線方向の両端部には、両端で外筒２の内径が広がるようにクラウニング８が施される。このクラウニング８によって、組立て作業の際、外筒２内にスリーブ３を挿入するのが容易になる。

【００２０】

外筒２の材質は、銅等の金属粉末を焼結して得られる焼結合金である。外筒２のビッカース硬さはスリーブ３のビッカース硬さよりも硬く、具体的にはスリーブ３のビッカース硬さの３倍以上に設定される。ビッカース硬さの比を３倍以上にすることで、確率論的にスリーブ３側を摩耗させ、外筒２側を摩耗させないことが可能になる。焼結合金の多数の気孔には、潤滑油が含浸される。潤滑油は外筒２とスリーブ３の接触面にしみ出し、これらの間に潤滑油の膜を形成する。ただし、焼結合金に多数の気孔を形成すると外筒２の強度が不足することがある。外筒２をステンレスや鋼製のパイプ内に嵌め込めば、外筒２の強度を増すことができる。

【００２１】

図５はスリーブ３の歯４と外筒２の凹み６の接触状態を示す。スリーブ３の歯４と外筒２の凹み６とは、歯面合わせで面接触する。すなわち、歯４の側面４ａと凹み６の側面６ａとが面接触する。歯４の側面４ａは曲面に形成されるので、歯４と凹み６とは曲面で接触する。歯４の歯底４ｂや頂部４ｃは、凹み６と接触していない。

【００２２】

本実施形態のすべり軸受によれば、金属製の軸１、樹脂製のスリーブ３、金属製の外筒２の三層構造になっていて、樹脂製のスリーブ３が金属製の外筒２に対してすべる。スリーブ３に樹脂を使用することで、たとえ軸１が傾いてもスリーブ３が変形して外筒２にならうので、スリーブ３と外筒２の接触面積を確保することができる。このため、外筒２に疵が付くのを防止できる。これに対して、スリーブ３に高硬度の素材を使用すると、軸１が傾いたとき、点接触となって面圧が上がり、外筒２に疵が付いてしまう。スリーブ３に高硬度の素材としてリン青銅を用いて試験したところ、かじり付きが多数発生した。スリーブ３にリン青銅を用いたときのすべり抵抗については、実験結果において説明する。

【００２３】
また、本実施形態のすべり軸受によれば、スリーブ３に複数の歯４を形成するので、軸１に直接スプライン溝や突起を加工する必要がなくなる。軸１のスプライン加工が不要になるので、軸１の加工が容易になる。軸１の端末加工も容易になり、軸長の自由な設定も可能になる。
【００２４】
樹脂製のスリーブ３が金属製の外筒２に対してすべるとき、もっぱら樹脂製のスリーブ３が摩耗する。スリーブ３の歯４の軸線方向の長さは、外筒２の凹み６の軸線方向の長さよりも短い。このため、スリーブ３の歯４の軸線方向の全長が均等に摩耗する。これに対して、図８に示すように、スリーブ３の軸線方向の長さＬ３が外筒２の軸線方向の長さＬ４よりも長いと、スリーブ３の歯４の軸線方向の中央部４－２の摩耗量が両端部４－１の摩耗量よりも大きくなり、スリーブ３の歯４の摩耗量が軸線方向で一様にならなくなる。
【００２５】
スリーブ３の歯４の両端部にクラウニング７を施すことで、すべり抵抗を小さくすることができるとともに、組立時の疵を減らすことができる。クラウニング７とすべり抵抗の関係については、実験結果において後述する。
【００２６】
スリーブ３の歯４にインボリュートを使用することで、すべり軸受に作用する垂直方向荷重、回転方向荷重ともにインボリュートの歯４で自動調心しながら受ける。このため、スリーブ３及び外筒２の加工誤差やスリーブ３と外筒２との平行度誤差の吸収が可能になる。また、スリーブ３及び外筒２の高い加工精度が不要になるので、廉価に製造することができる。
【００２７】
さらに外筒２に含油焼結合金を使用することで、焼結合金から油を少しずつしみ出させることが可能になり、メンテナンスフリーが実現できる。また、スリーブ３だけでなく外筒２も型による成形が可能になるので、外筒２を廉価に製造することができる。
【００２８】
図６は本発明の第二の実施形態のすべり軸受（キー方式）のスリーブ１１を示し、図７は外筒１５を示す。図６に示すように、この実施形態のすべり軸受のスリーブ１１は、円筒形の基部１２と、基部１２の周囲に一定のピッチを空けて形成される多数のキー１３と、を備える。キー１３は、スリーブ１１の軸線方向の全長に渡って伸びる。キー１３は断面略四角形に形成され、互いに平行な一対の側面１３ａと、天井面１３ｂと、を備える。キー１３の個数は３個、５個、７個、９個等の奇数である。キー１３の軸線方向の両端部には、キー１３の高さが両端で低くなるようにクラウニング１３ｃが施される。クラウニング１３ｃは円弧形状に形成される。
【００２９】
図７に示すように、外筒１５の内周面には、内側回り止め部としてスリーブ１１の複数のキー１３の形状に合わせた複数の凹み１６が周方向に一定のピッチで形成される。凹み１６の横幅Ｗ２や高さＬ２はキー１３の横幅Ｗ１や高さＬ１よりも僅かに大きく設定される。外筒１５の内周面の半径Ｒ２は、スリーブ１１の基部１２の外周面の半径Ｒ１と一致していて、外筒１５の内周面とスリーブ１１の基部１２の外周面とが面接触する。スリーブ１１のキー１３と外筒１５の凹み１６とは常時接触している訳ではなく、軸１に回転力が作用したときに接触する。これにより、スリーブ１１のキー１３や外筒１５の凹み１６の高い加工精度が不要になる。外筒１５の凹み１６の軸線方向の端部には、組立て作業を容易にするために、外筒１５の内径が広がるような直線状又は曲線状のクラウニング１７が形成される。
【００３０】
インボリュートの歯４に比べて自動調心性は劣るものの、図６に示すように、スリーブ１１には、外側回り止め部としてキー１３を使用することもできる。その場合、キー１３の個数は奇数が望ましい。図９（ａ）に示すように、キー１３の個数を偶数にすると、一

つのキー１３に対して周方向に１８０度離れた位置にも必ずキー１３が配置される。これが原因で、キー１３の傾きや平行度が狂うと、図９（ａ）中×の部分でキー１３と凹み１６とが干渉し、外筒１５の凹み１６にキーを嵌めることが困難になる。これを防止するため、キー１３を高精度に加工する必要がある。これに対し、図９（ｂ）に示すように、キー１３の個数を奇数にすると、一つのキー１３に対して周方向に１８０度離れた位置にキー１３が配置されなくなる。このため、キー１３の平行度や傾きが多少狂っても、外筒１５を微小回転することで凹み１６にキー１３が嵌まるようになる。キー１３の高精度な加工が不要になるので、キー１３の加工が容易になる。なお、キー１３を使用した場合、自動調心性以外は第１の実施形態と同様な効果を奏する。

【００３１】

図１０は本発明の第一の実施形態のすべり軸受が組み込まれる振動アクチュエータを示す。この振動アクチュエータは、軸線方向に並べられた複数の永久磁石２１と、永久磁石２１を囲む複数のコイル２２と、を備える。コイル２２が固定側の筒状のケーシング２４に収納され、永久磁石２１がケーシング２４に対して振動する軸１に結合される。コイル２２に交流を流すと、永久磁石２１に発生する磁界とコイル２２に流れる電流との相互作用によって軸１が振動する。

【００３２】

円筒状のケーシング２４の一方の端部には、回り止め機能を持つすべり軸受２０が設けられ、ケーシング２４の他方の端部には回り止め機能を持たないブッシュ２７が設けられる。軸１，２６はすべり軸受２０及びブッシュ２７の２か所で直線運動可能に支持される。

【００３３】

すべり軸受２０は上記実施形態のすべり軸受と同一の構成であるから、同一の符号を附してその説明を省略する。すべり軸受２０の外筒２の軸線方向の長さは、スリーブ３の軸線方向の長さよりも長い。望ましくは、スリーブ３の軸線方向の長さに軸１の往復運動のストロークを合算した長さよりも長い。すべり軸受２０の軸１の材質には、ステンレス、アルミニウム、真鍮等の非磁性材料が用いられる。

【００３４】

ブッシュ２７は、樹脂製の外筒２５と、金属製の軸２６と、を備える。ブッシュ２７の軸２６の材質にも、ステンレス、アルミニウム、真鍮等の非磁性材料が用いられる。ブッシュ２７の外筒２５の内周面の断面形状は円に形成され、軸２６の外周面の断面形状は円に形成される。ブッシュ２７は回り止め機能を持たず、軸２６は外筒２５に対して回転可能である。

【００３５】

永久磁石２１は、希土類やフェライト磁石からなり、軸線方向に着磁されている。複数の永久磁石２１は互いに同極同士が向かい合うように配置される。永久磁石２１はすべり軸受２０の軸１と、ブッシュ２７の軸２６との間に挟まれる。永久磁石２１には貫通孔が空けられる。永久磁石２１の貫通孔に通しボルト等の締結部材を通し、締結部材の両端部に軸１，２６を結合することで、永久磁石２１が軸１，２６と一体になる。

【００３６】

ケーシング２４の一端部には、軸１に軸線の回りに回転する回転力を与える回転力付与手段としての磁石部３３が設けられる。この磁石部３３は、磁石３１，３２の吸引力及び／又は反発力を利用して軸１に回転力を与える。

【００３７】

図１１は、磁石部３３の断面図の一例を示す。この例では、磁石部３３は、ケーシング２４に設けられるケーシング側磁石３１ａ，３１ｂと、軸１に設けられる軸側磁石３２と、を備える。そして、ケーシング側磁石３１ａ，３１ｂと軸側磁石３２との間に働く吸引力によって、軸１に回転力を与えている。ケーシング２４には、１８０度の間隔を空けて棒磁石からなる一対のケーシング側磁石３１ａ，３１ｂが配置される。ケーシング側磁石３１ａ，３１ｂは軸線方向に着磁され、ケーシング２４の半径方向に細長く伸びる。図中

上側のケーシング側磁石３１ａは半径方向の外側（上側）がＮ極に着磁され、半径方向の内側（図中下側）がＳ極に着磁される。図中下側の永久磁石３１ｂは半径方向の外側（下側）がＳ極に着磁され、半径方向の内側（図中上側）がＮ極に着磁される。

【００３８】

ブッシュ２７の軸２６には、ケーシングの棒磁石と吸引し合う軸側磁石３２が配置される。軸側磁石３２は棒磁石からなり、軸２６の軸線方向と直交する方向に細長く伸びる。軸側磁石３２は軸線方向に着磁される。軸側磁石３２の図中上側がＮ極に着磁され、図中下側がＳ極に着磁される。

【００３９】

図１１（ａ）に示すように、軸２６がケーシング２４に対して自由に回転できるとき、上側のケーシング側磁石３１ａのＳ極と軸側磁石３２の上側のＮ極とが引き付け合い、下側のケーシング側磁石３１ｂのＮ極と軸側磁石３２の下側のＳ極とが引きつけ合う。その結果、軸側磁石３２のＮ極が鉛直上側、Ｓ極が鉛直下側を向いた状態で軸２６の姿勢が安定する。図１１（ｂ）に示すように、軸を回転させると、ケーシング側磁石３１ａ，３１ｂと軸側磁石３２との吸引力によって、図１１（ａ）に示すような安定した状態に戻ろうとする。これにより、軸２６に回転力を付与することができる。

【００４０】

図１０に示すように、軸１はすべり軸受２０によって回り止めされる。軸２６を介して軸１に回転力を与えると、すべり軸受２０のスリーブ３の歯４の側面４ａの一方のみ（図３参照）が外筒２の凹み６に接触する。このため、軸１の周方向のがたを無くすことができ、軸１が円滑に振動する。

【００４１】

＜実験結果１＞

図１２は、軸１をリン青銅製のスプラインとし、軸１を金属製の外筒２内で直接すべらせたとき（比較例）と、軸１に樹脂製のスリーブ３を成形し、樹脂製のスリーブ３を金属製の外筒２内ですべらせたとき（本発明例）とで、すべり抵抗を測定した結果を示す。軸１の先端に２５ｇの錘をぶら下げ、軸１を１０ｍｍストロークさせたときのすべり抵抗を力覚センサで測定した。本発明例では、スリーブ１１，３に回り止め部としてキー１３を形成した場合（キー方式）とインボリュートの歯４を形成した場合（インボリュート方式）の両方を測定した。

【００４２】

比較例及び本発明例の、すべり抵抗及びすべり抵抗の変動値の測定結果は下記のとおりである。

【００４３】

【表１】

	平均値（ｍＮ）	変動幅（ｍＮ）
リン青銅スプライン（比較例）	３１２	２１２
キー方式（本発明例）	１４５	４９
インボリュート方式（本発明例）	１３４	３７

【００４４】

比較例のリン青銅スプラインの場合、すべり抵抗が大きく、すべり抵抗の変動幅も大きかった。これに対し、本発明例のキー方式及びインボリュート方式のいずれでも、すべり抵抗及びすべり抵抗の変動幅が小さかった。軸１に樹脂製のスリーブ３を成形することですべり抵抗が低減することがわかる。また、インボリュート方式を採用すると、キー方式よりもさらにすべり抵抗が低減した。インボリュートの歯４と外筒２の凹み６とが歯面合

わせで接触するので、自動調心作用があることが原因だと推測される。

【００４５】

＜実験結果２＞

スリーブ３，１１の歯４及びキー１３にクラウニング７，１３ｃを付けたときとクラウニングを付けないときとで、すべり抵抗を比較した。軸１の先端に２５ｇの錘をぶら下げ、軸１を１０ｍｍストロークさせたときのすべり抵抗を力覚センサで測定した。表２はキー１３の測定結果を示し、表３はインボリュートの歯４の測定結果を示す。クラウニングを施すことで摺動面へのグリースの入り込み性を上げられ、また組立時や負荷による一点当たりを減らせることができたため、すべり抵抗が低減できたと推測される。

【００４６】

【表２】

	クラウニングあり	クラウニングなし
すべり抵抗（ｍＮ）	１５０	３５０
すべり抵抗の変動幅（ｍＮ）	１３０～１７０	２５０～５００

【００４７】

【表３】

	クラウニングあり	クラウニングなし
すべり抵抗（ｍＮ）	１４５	３１２
すべり抵抗の変動（ｍＮ）	１２０～１７０	２２５～４３７

【００４８】

＜実験結果３＞

軸１の往復回数を増やしたとき、すべり抵抗及び軸変位がどのように変化するかを実験した。軸１の先端に２５ｇの負荷をぶら下げ、軸１を２ｍｍのストローク、５０Ｈｚのサイクルの条件で軸１の往復運動を所定回数行った。軸１を所定回数往復運動させた後、軸１の先端に２５ｇの負荷をぶら下げ、軸１を１０ｍｍストロークさせたときのすべり抵抗を力覚センサで測定した。また、軸１の先端に１００ｇの錘をぶら下げたときの軸１の変位を測定した。

【００４９】

図１３は、キー１３（キー方式）のすべり抵抗及び軸変位を示す。図１３（ａ）がすべり抵抗を示し、図１３（ｂ）が軸変位を示す。実験はＮｏ．１～Ｎｏ．３の３つのサンプル軸受を用いて行われた。すべり抵抗は、走行初期から２０００万回往復時までに大きく低下するが、その後安定する結果が得られた。軸変位は走行初期の段階で大きく増加し、その後も走行に伴い増加する傾向が認められた。摩耗が進んでいるものと推測される。

【００５０】

図１４は、インボリュートの歯４（インボリュート方式）のすべり抵抗及び軸変位を示す。図１４（ａ）がすべり抵抗を示し、図１４（ｂ）が軸変位を示す。実験はＮｏ．１～Ｎｏ．３の３つのサンプル軸受を用いて行われた。すべり抵抗は、キー方式と同様に、走行初期から２０００万回往復時までに大きく低下するが、その後安定する結果が得られた。軸変位は走行初期から２０００万回往復時までに大きく増加するが、その後増加量が少なくなる結果が得られた。５０００万回往復以降は僅かな増加が認められる程度であった。５０００～１００００万回までで平均増加量は０．０１ｍｍであった。インボリュート

方式とすることで、キー方式のときよりもすべり抵抗及び軸変位とも良好な結果が得られた。

【００５１】

なお、本発明は上記実施形態に限られることはなく、本発明の要旨を変更しない範囲で様々に変更可能である。本発明のすべり軸受は、軸が外筒に対してショートストロークで往復運動する様々な装置に適用することができる。例えば、民生機器、車載機器、家電機器、医療機器に組み込むことが可能である。上記実施形態では、軸が外筒に対して移動しているが、外筒が軸に対して移動してもよい。

【００５２】

すべり軸受のスリーブの回り止めとして、インボリュートの歯やキーを形成する以外に、スリーブの断面を多角形に形成する方法も採用し得る。外筒の多角形の孔にスリーブを嵌めることで回り止めを構成してもよい。すべり軸受の軸及び外筒の材質には、金属以外に樹脂を用いることができる。

【００５３】

本発明のすべり軸受が組み込まれる振動アクチュエータは、上記構造に限られることはない。軸を振動させるための永久磁石、コイルの構造、個数、配置は自由に設定できる。軸の振動を補助するためにケーシングと軸との間にコイルばねを介在してもよい。

【００５４】

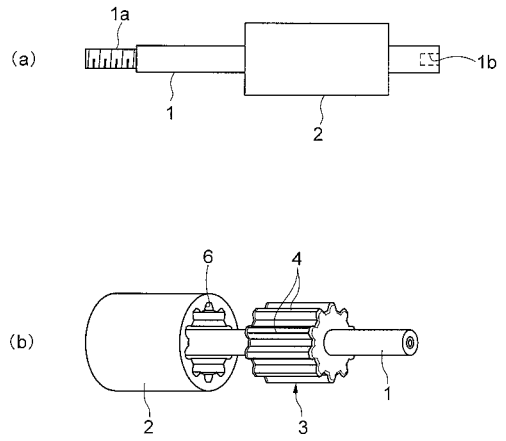
磁石部の構造も上記実施形態に限られることはない。磁石の吸引力及び／又は反発力を利用して軸に回転力を与えることができれば、ケーシング側磁石及び軸側磁石の形状、個数、着磁方向は、自由に設定できる。ケーシング側磁石及び軸側磁石のいずれか一方に鉄等の磁性材料を用いてもよい。さらに回転力付与手段としては、磁石の吸引力及び／又は反発力を利用する磁石部の替わりに弾性力を利用するねじりコイルばねを使用してもよい。

【符号の説明】

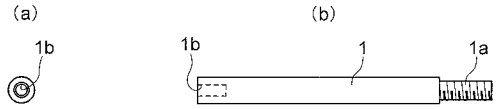
【００５５】

１…軸，２，１５…外筒，３，１１…スリーブ，４…歯（外側回り止め部），６，１６…凹み（内側回り止め部），７，１３ｃ…クラウニング，１３…キー（外側回り止め部），３１ａ，３１ｂ…ケーシング側磁石（磁石部），３２…軸側磁石（磁石部），３３…磁石部

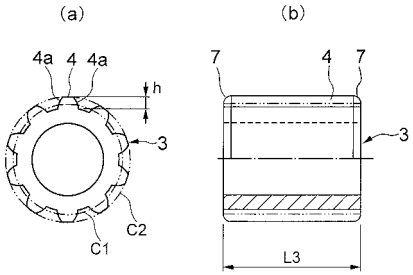
【図１】



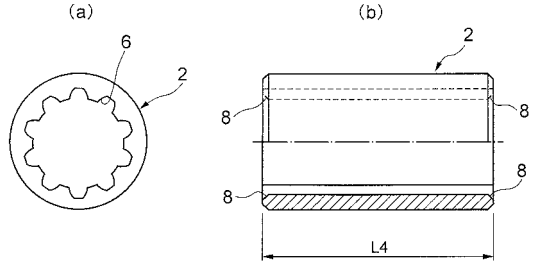
【図２】



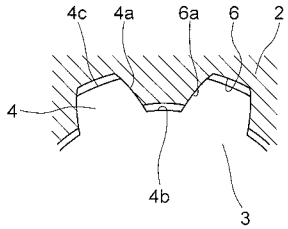
【図３】



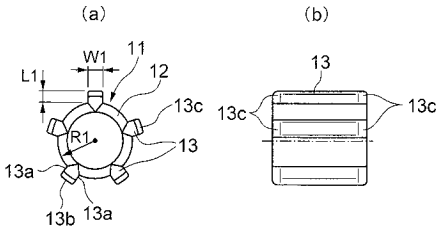
【図４】



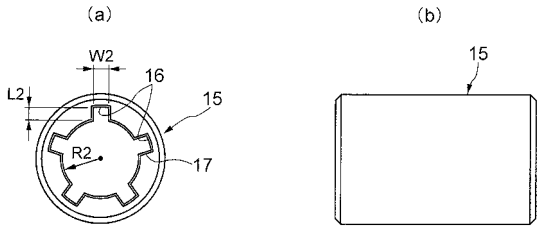
【図５】



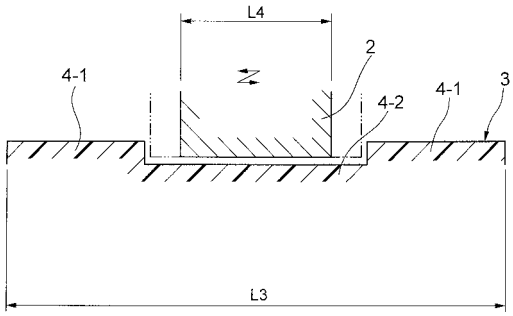
【図６】



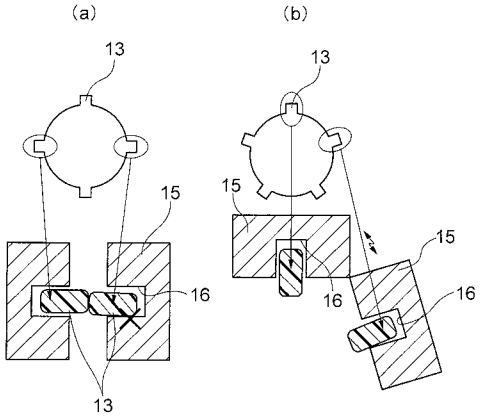
【図７】



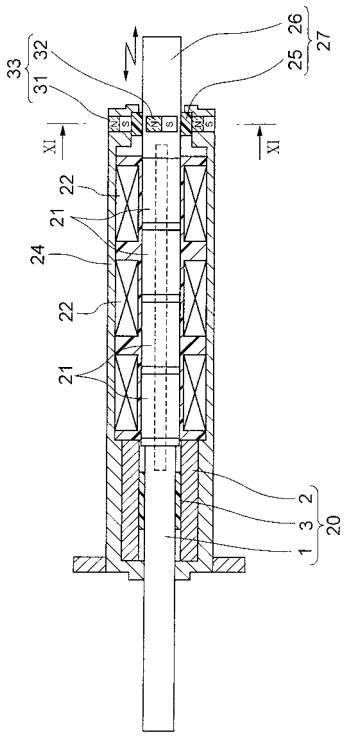
【図８】



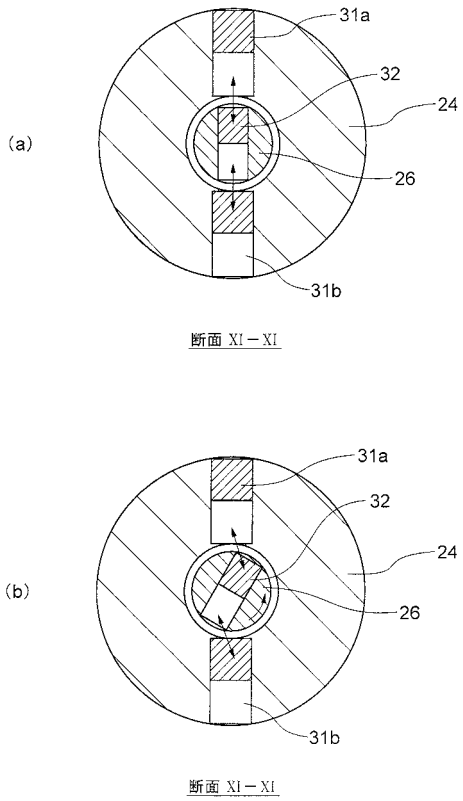
【図９】



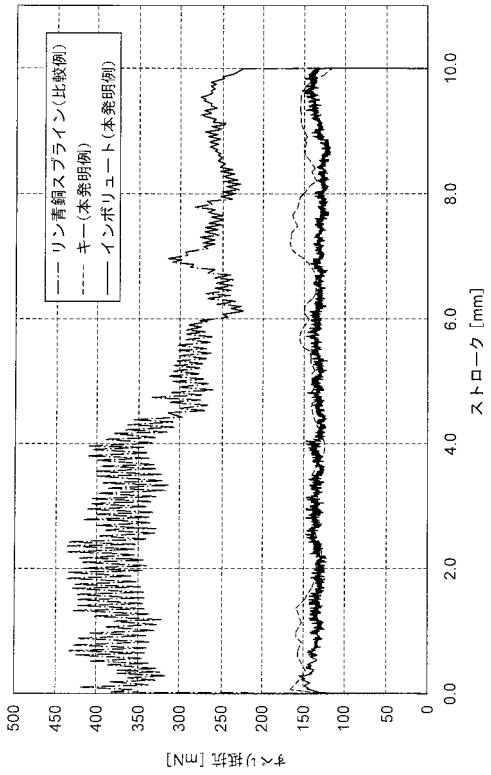
【図１０】



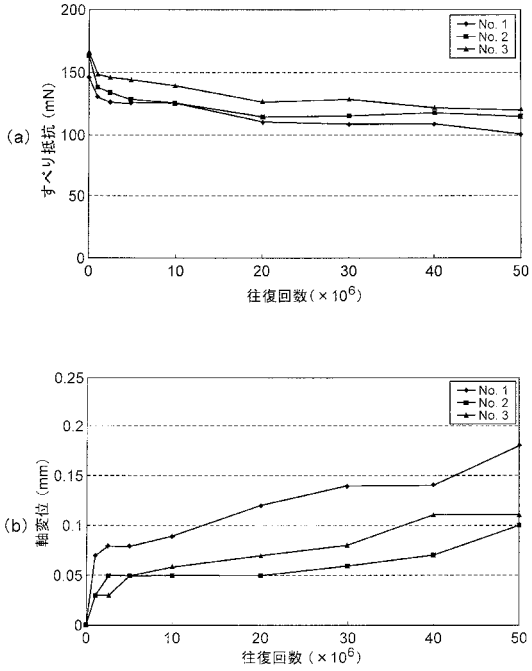
【図１１】



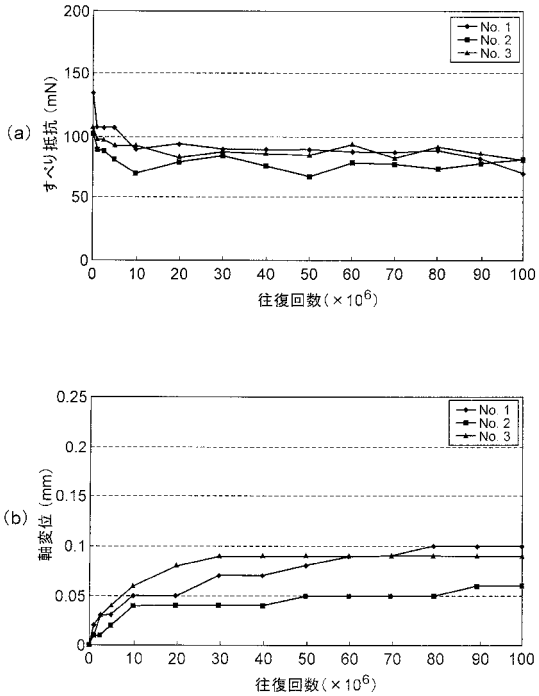
【図１２】



【図１３】


(a)
すべり抵抗（mN）
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
往復回数（×10^6）
No. 1
No. 2
No. 3
(b)
軸変位（mm）
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
10
20
30
40
50
往復回数（×10^6）
No. 1
No. 2
No. 3

【図１４】


(a)
すべり抵抗（mN）
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
往復回数（×10^6）
No. 1
No. 2
No. 3
(b)
軸変位（mm）
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
往復回数（×10^6）
No. 1
No. 2
No. 3

フロントページの続き

(72)発明者　三瓶　洋志
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号　ＴＨＫ株式会社内
(72)発明者　奥山　圭輔
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号　ＴＨＫ株式会社内
(72)発明者　本間　一人
東京都品川区西五反田３丁目１１番６号　ＴＨＫ株式会社内

Ｆターム(参考) 3J104 AA43 AA66 AA69 AA76 AA79 BA52 BA55 CA13 CA24 CA33
CA34 DA05 DA09 EA10
5H605 AA08 BB05 CC04 DD03 EB06 EB13 EB21