

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4478085号
(P4478085)

(45) 発行日 平成22年6月9日(2010.6.9)

(24) 登録日 平成22年3月19日(2010.3.19)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 6 C 33/66 (2006.01)	F 1 6 C 33/66 Z A B Z
F 1 6 C 33/44 (2006.01)	F 1 6 C 33/44

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2005-249544 (P2005-249544)	(73) 特許権者	000102692 NTN株式会社
(22) 出願日	平成17年8月30日(2005.8.30)		大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(65) 公開番号	特開2007-64299 (P2007-64299A)	(74) 代理人	100100251 弁理士 和気 操
(43) 公開日	平成19年3月15日(2007.3.15)	(72) 発明者	稲岡 陽一 三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 NTN株式会社内
審査請求日	平成20年8月11日(2008.8.11)	(72) 発明者	平田 正和 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	筒井 英之 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】 転がり軸受用保持器および転がり軸受

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

人工衛星の回転部に用いられる転がり軸受の転動体を保持する転がり軸受用保持器であって、

前記保持器は、30%～60%の連通孔率を有する多孔質樹脂成形体に、アルキル化シクロペンタン系油を含浸してなり、

前記多孔質樹脂成形体は、有機アルカリ金属塩および有機アルカリ土類金属塩から選ばれた少なくとも一つの気孔形成材が配合された樹脂を成形して成形体とした後、該気孔形成材を溶解し、かつ前記樹脂を溶解しない溶媒を用いて前記成形体から前記気孔形成材を抽出して得られる連通孔を有することを特徴とする転がり軸受用保持器。

【請求項2】

前記有機アルカリ金属塩は、安息香酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、またはセバシン酸ナトリウムであることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受用保持器。

【請求項3】

前記多孔質樹脂成形体を構成する樹脂は、ポリエーテルエーテルケトン樹脂であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の転がり軸受用保持器。

【請求項4】

人工衛星の回転部に用いられる転がり軸受であって、外周面に転走面を有する内輪と、内周面に転走面を有する外輪とが同心に配置され、前記両転走面間に介在する複数の転動体と、該複数の転動体を保持する保持器とを備えてなり、

10

20

前記保持器は、請求項 1、請求項 2 または請求項 3 記載の転がり軸受用保持器であることを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人工衛星の回転部に使用される軸受用保持器およびこの保持器を用いた転がり軸受に関する。

【背景技術】

【0002】

転がり軸受の内部には、内・外輪と転動体および保持器との摩擦係数を低減させ軸受の耐久性を向上させる目的で潤滑剤が保持されている。該潤滑剤としてはその用途に応じて、液体潤滑剤、半固体潤滑剤または固体潤滑剤などが適宜使用されている。真空などの低圧の清浄雰囲気で使用される真空用転がり軸受においては、上記した液体潤滑剤および半固体潤滑剤から発生する蒸気や飛散する微粒子が精密部品の性能に悪影響を及ぼす場合があるため、低蒸気圧の液体潤滑剤や固体潤滑剤が使用されている。例えば、人工衛星用等の宇宙環境下で使用される軸受は高い清浄度が要求され、非常に高い低発塵性が要求されている。

10

【0003】

従来、上記低発塵性の要求にも比較的よく対応する真空用転がり軸受として、ポリアミドイミドより優れた耐熱性がある多孔質ポリイミド製保持器に該フッ素化油を含浸したものの（特許文献 1 参照）が知られている。また、潤滑油としてアルキル化したシクロペンタン系油を用い、これを多孔質体からなる保持器に含浸させた転がり軸受（特許文献 2 参照）なども知られている。また、従来、転がり軸受の潤滑を二硫化モリブデン等の層状物質、金・銀・鉛等の軟質金属、PTFE・ポリイミド等の高分子材料などの固体潤滑剤、あるいは真空グリースで行なう方法が知られている（特許文献 3 参照）。

20

【0004】

しかしながら、人工衛星用軸受として利用する場合、以下のような問題がある。上記特許文献 1 の転がり軸受では、潤滑油としてフッ素化油を多孔質保持器に含浸すると、回転時の保持器にかかる遠心力が大きくなり軸受の回転効率が低下し、トルク変動も大きくなるという問題がある。また、この従来の転がり軸受は、高い面圧（2 Gpa 程度）での使用条件では耐久性についても十分に信頼性があるとはいえない。

30

特許文献 2 の軸受では上述のフッ素化油を用いた軸受の課題は解決されているものの、保持器の連通孔率が 5~25% であるので、含浸できる潤滑油量が少なく使用耐久期間の十分な延長を図ることができないという問題がある。

特許文献 3 の転がり軸受では、固体潤滑剤を使用するため発塵性の点で問題がある。一方、真空グリースでは、使用面圧の増加に伴い、発塵量およびトルクが増加するとともに、多量のアウトガスが発生するという問題がある。これはグリースに含まれるフッ素化油の分子鎖の結合力が弱く、使用面圧の上昇に伴って、フッ素化油の分子鎖の分解が進行するためである。また、従来の含油保持器では原料粉末を加圧成形後、焼成する方法で製造されるため、連通孔率が最大でも 25% までしか確保されないため、含浸できる潤滑油量が少なく使用耐久時間の十分な延長を図ることができないという問題がある。

40

【0005】

人工衛星用軸受は、剛性（耐面圧性）、低トルク、長寿命が常に要求される。剛性（耐面圧性）については人工衛星の回転部には太陽電池パネルや駆動機器が連結しておりそれらの重量が回転部の軸受に付加される。その重量が大きい場合があるので、それに耐えられるだけの剛性が必要となる。低トルクについては、限られたエネルギーで運動する人工衛星においては、消費エネルギーの削減、すなわち、軸受装置の低トルクが重要な要求機能である。長寿命については、人工衛星は何年もの長期間にわたってメンテナンスされず、また、真空、もしくは、真空に近い雰囲気で使用されるため、それに使用される軸受は、転動寿命および潤滑寿命の両方を延長することが求められている。

50

今後その要求もますます強まると考えられ、また、宇宙環境問題を考えると、今後さらに低発塵性、低アウトガス性に対する要求が厳しくなると考えられる。

【特許文献1】特開平8-177866号公報

【特許文献2】特開平10-169661号公報

【特許文献3】特開平10-238545号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明はこのような問題に対処するためになされたもので、人工衛星の転がり軸受に用いる保持器であって、真空条件下での使用においても潤滑油起源のガス発生がなく低発塵性であり、低トルクであり、かつ含油量を増やし長期使用が可能である保持器、およびこの保持器を用いた転がり軸受の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の転がり軸受用保持器は、人工衛星の回転部に用いられる転がり軸受の転動体を保持する転がり軸受用保持器であって、上記保持器は、30%~60%の連通孔率を有する多孔質樹脂成形体に、アルキル化シクロペンタン系油を含浸してなり、上記多孔質樹脂成形体は、有機アルカリ金属塩および有機アルカリ土類金属塩から選ばれた少なくとも一つの気孔形成材が配合された樹脂を成形して成形体とした後、該気孔形成材を溶解し、かつ上記樹脂を溶解しない溶媒を用いて上記成形体から上記気孔形成材を抽出して得られる連通孔を有することを特徴とする。

20

また、上記有機アルカリ金属塩は、安息香酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、またはセバシン酸ナトリウムであることを特徴とする。

【0009】

上記多孔質樹脂成形体を構成する樹脂は、ポリエーテルエーテルケトン（以下、PEEKと称す）樹脂であることを特徴とする。

【0010】

本発明の転がり軸受は、人工衛星の回転部に用いられる転がり軸受であって、外周面に転走面を有する内輪と、内周面に転走面を有する外輪とが同心に配置され、上記両転走面に介在する複数の転動体と、該複数の転動体を保持する保持器とを備えてなり、この保持器が上記転がり軸受用保持器であることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明の転がり軸受用保持器は、30%~60%の連通孔率を有する多孔質樹脂成形体からなり該樹脂は任意に選択できるので、主にPEEK樹脂等を用いることにより従来保持器と同等の機械的強度を保有し、従来保持器よりも充填できる潤滑油量が多いため軸受寿命を長くできる。また、潤滑油としてアルキル化シクロペンタン系油を使用することによって、低アウトガス性、低発塵性を維持することができる。

【0012】

本発明の転がり軸受は、上記転がり軸受用保持器を使用するため、高剛性（耐面圧性）、低トルク、長寿命、低アウトガス性および低発塵性等の優れた特性を有するので、人工衛星の回転部の軸受として好適に利用できる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

多孔質樹脂成形体を用いた本発明の転がり軸受用保持器の一構造例を図2に示す。図2は樹脂組成物を一体成形した冠型の保持器の部分拡大斜視図である。転がり軸受用保持器1は、環状の保持器本体2上面に周方向に一定ピッチをおいて対向一对の保持器爪3を形成し、その対向する各保持器爪3を相互に接近する方向にわん曲させるとともに、その保持爪3間に転動体としてのボールを保持する転動体保持用ポケット4を形成したものである。また、隣接するポケット4における相互に隣接する保持爪3の背面相互間に、保持爪

50

3の立ち上がり基準面となる平坦部5が形成される。

【0014】

本発明の保持器を用いた転がり軸受の一例を図1に示す。図1はグリース封入深溝玉軸受の断面図である。

グリース封入深溝玉軸受6は、外周面に転走面7aを有する内輪7と内周面に転走面8aを有する外輪8とが同心に配置され、内輪の転走面7aと外輪の転走面8aとの間に複数個の転動体9が介在して配置される。この複数個の転動体9を保持する保持器1および外輪8等に固定されるシール部材10とにより構成される。転動体9の周囲に潤滑グリース11が封入される。

【0015】

内部に気孔を有する多孔質体材料の気孔率について考える場合、多孔質体材料が1個の球体が集まった複数個の球体の集合体と、個々の球体間の間隙に存在する空間である気孔とからなると考えると、球体を点接触により最も密に充填する形態として面心立方格子、六方最密充填があり、それらの充填率は、(球の体積÷外接立方体の体積)÷(正三角形の高さ÷底辺)÷(正四面体の高さ÷一辺)で計算され、共に74%である。(100-充填率)として定義される気孔率としては26%になる。

以上の計算は、同一サイズの球体を考えた場合であるが、複数のサイズの球体を充填した場合は、六方最密充填よりも充填率は大きくなり、気孔率は小さくなる。

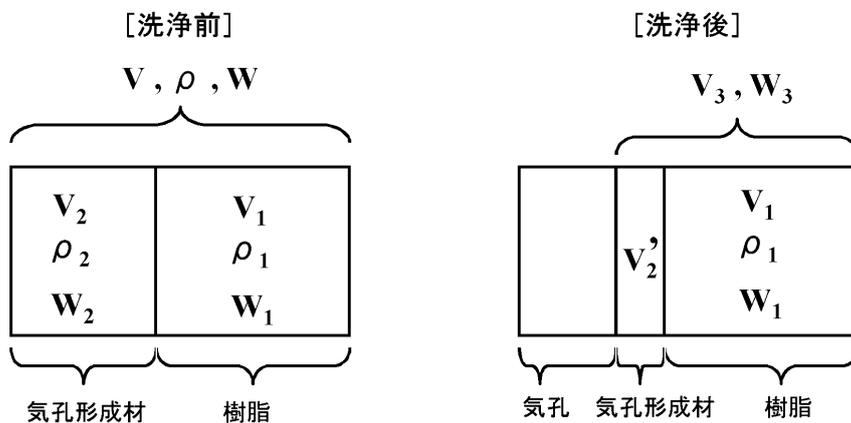
また、粉末状の球体樹脂粒子を圧縮成形した後に焼結する場合、点接触はあり得ず、球体樹脂粒子は変形して面接触する。このため、六方最密充填よりも充填率はより大きくなり、気孔率はより小さくなる。このため従来の焼結樹脂成形体の気孔率は20%程度が限界となっている。

【0016】

本発明における連通孔率は、上記の気孔率と略同一定義で、かつ気孔が連続している状態の気孔率をいう。すなわち、相互に連続している気孔の総体積が樹脂成形体に占める割合をいう。

具体的には、連通孔率は数1内の式(1)に示す方法で算出した。

【数1】



連通孔率(%) = (1 - V₃ / V) × 100 -----(1)

ここで

V₃ = V₂' + V₁

V₂' = (W₃ - W₁) / ρ₂

10

20

30

40

50

上記、数 1 において、各符号の意味を以下に示す。

- V ; 加熱圧縮成形法にて成形された洗浄前成形体の体積
 ρ ; 加熱圧縮成形法にて成形された洗浄前成形体の密度
 W ; 加熱圧縮成形法にて成形された洗浄前成形体の重量
 V₁ ; 樹脂粉末の体積
 ρ₁ ; 樹脂粉末の密度
 W₁ ; 樹脂粉末の重量
 V₂ ; 気孔形成材の体積
 ρ₂ ; 気孔形成材の密度
 W₂ ; 気孔形成材の重量
 V₃ ; 洗浄後の多孔質樹脂成形体の体積
 W₃ ; 洗浄後の多孔質樹脂成形体の重量
 V'₂ ; 洗浄後に多孔質樹脂成形体に残存する気孔形成材の体積

【 0 0 1 7 】

本発明においては、以下に述べる製造方法により、連通孔を有する多孔質樹脂成形体を得られる。

本発明に使用できる多孔質樹脂成形体は、気孔形成材が配合された樹脂を成形して成形体とした後、該気孔形成材を溶解し、かつ上記樹脂を溶解しない溶媒を用いて成形体から気孔形成材を抽出して得られる。例えば、成形温度 X の樹脂 A に、この X より高い融点 Y を有する水溶性粉末 B を配合して、X で成形して成形体とした後、該成形体より水溶性粉末 B を水で抽出して多孔質体を得られる。

【 0 0 1 8 】

本発明に使用できる樹脂としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂などの樹脂粉末やペレットを使用できる。樹脂粉末、ペレットの粒径や形状は、熔融成形する場合には、熔融時に気孔形成材と混練されるので、特に限定されるものではない。ドライブレンドしてそのまま圧縮成形する場合には 1 ~ 500 μm の平均粒子径が好ましい。

熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂としては、例えば、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレンなどのポリエチレン樹脂、変性ポリエチレン樹脂、水架橋ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、芳香族ポリアミド樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン樹脂、クロロトリフルオロエチレン樹脂、テトラフルオロエチレン・ヘキサフルオロプロピレン共重合体樹脂、テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体樹脂、フッ化ビニリデン樹脂、エチレン・テトラフルオロエチレン共重合体樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、ポリブチレンテレフタレート樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリカーボネート樹脂、脂肪族ポリケトン樹脂、ポリビニルピロリドン樹脂、ポリオキサゾリン樹脂、ポリフェニレンサルフィド樹脂、ポリエーテルサルフォン樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、PEEK樹脂、熱可塑性ポリイミド樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂などを例示できる。また、上記合成樹脂から選ばれた 2 種以上の材料の混合物、すなわちポリマーアロイなどを例示できる。

【 0 0 1 9 】

本発明の転がり軸受は、真空条件下での使用が主な目的であり、該真空条件下では熱伝導率が大気中での場合と比較して低くなるので、軸受の使用温度は高くなる場合が多い。したがって、人工衛星の回転部分に用いられる転がり軸受用保持器に用いる樹脂としては、耐熱性に優れた樹脂であるとともに優れた機械的強度を有する樹脂であることが好ましい。

具体的には、以下に述べる理由から特に PEEK樹脂を用いることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

人工衛星が方向を変えるとときに発生する慣性力が人工衛星の回転部分に作用すると回転部分に使用されている軸受にモーメント荷重が発生する。モーメント荷重により軸受の転

10

20

30

40

50

動体と保持器との間には進み遅れが発生する。モーメント荷重負荷により軸受の転動体および保持器の位置のずれについて図3により説明する。図3はモーメント荷重負荷前後における保持器および転動体の位置を示す図である。転動体が保持器を押し力が大きい場合、図3に示すようにモーメント荷重負荷前の転動体9aの位置からモーメント荷重負荷後の転動体9bの位置まで移動すると仮定すると、保持器の案内隙間がなくなる方向に移動する(保持器2a 保持器2b)。なお、図中8は外輪である。

次に、保持器の案内隙間以上に転動体が保持器を押しモーメント荷重負荷が生ずる場合を図4により説明する。図4は保持器の曲げ変形を示す図である。図4に示すように、さらに転動体が保持器を押し力が大きくなり保持器の案内隙間以上に移動しようとする、転動体は、案内隙間未満である転動体9cの位置から、案内隙間以上となる転動体9dの位置まで移動する。このため、転動体の移動量が案内隙間に留まり保持器の変形を起こさない保持器の位置2cから、転動体の移動量が案内隙間をこえて保持器の変形を起こす保持器の位置2dまで保持器を移動させる。その結果、保持器の曲げ変形が生ずる。

【0021】

大きなモーメント荷重が作用する場合、転動体にかかる最大荷重は100N以上になることがあり、樹脂製保持器と転動体との間の摩擦係数を一般に使用される0.2とすると転動体が保持器を押し力は、 $100 \times 0.2 = 20$ (N)となる。保持器の左右2ヶ所で押すので $20 \times 2 = 40$ (N)となる。人工衛星用軸受の保持器で図4のような曲げが発生した場合、引張応力の最大値は過去の実績から引っ張られる部分の最小面積を 2 mm^2 として応力を求めると $40 \div 2 = 20$ (MPa)となる。

従来の保持器材料であるポリイミド系樹脂の引張強度は14MPaであるので軸受に慣性力によるモーメント荷重が作用した場合、人工衛星に用いられる転がり軸受用保持器としては強度が不足すると考えられる。

本発明に使用するPEEK樹脂は、後述する実施例に示すように、連通孔率が60%以上でも引張り強度が35MPaあるので、軸受に慣性力によるモーメント荷重が作用した場合でも人工衛星に用いられる転がり軸受用保持器としての強度を十分持っている。

以上のことからPEEK樹脂による多孔質樹脂成形体は人工衛星に用いられる転がり軸受用保持器の材料として好適である。

【0022】

気孔形成材としては、樹脂の成形温度よりも高い融点を有し、該樹脂に配合されて成形体とされた後、その樹脂を溶解しない溶媒を用いて成形体から溶解されて抽出できる物質であれば使用できる。

気孔形成材は洗浄抽出工程が容易となる水溶性物質であることが好ましい。また、アルカリ性物質、好ましくは防錆剤として使用できる弱アルカリ性物質が好ましい。弱アルカリ塩としては、有機アルカリ金属塩、有機アルカリ土類金属塩、無機アルカリ金属塩、無機アルカリ土類金属塩などが挙げられる。未抽出分が脱落したときも、比較的軟らかく、転動面やすべり面を損傷し難いことから、有機アルカリ金属塩、有機アルカリ土類金属塩を用いることが好ましい。なお、これらの金属塩は1種または2種以上混合して用いてもよい。また、洗浄用溶媒として安価な水を使用することができ、気孔形成時における廃液処理などが容易となることから水溶性の弱アルカリ塩を使用することが好ましい。

また、成形時における気孔形成材の融解を防止するため、気孔形成材は使用する樹脂の成形温度よりも高い融点の物質を使用する。

本発明に好適に用いることができる水溶性有機アルカリ金属塩としては、安息香酸ナトリウム(融点430)、酢酸ナトリウム(融点320)またはセバシン酸ナトリウム(融点340)、コハク酸ナトリウム、ステアリン酸ナトリウムなどが挙げられる。融点が高く、多種の樹脂に対応でき、かつ水溶性が高いという理由から、安息香酸ナトリウム、酢酸ナトリウムまたはセバシン酸ナトリウムが特に好ましい。

無機アルカリ金属塩としては、例えば、炭酸カリウム、モリブデン酸ナトリウム、モリブデン酸カリウム、タングステン酸ナトリウムなどが挙げられる。

【0023】

10

20

30

40

50

気孔形成材は、平均粒子径 1~500 μm に管理することが好ましい。

気孔形成材の配合割合は、樹脂粉末、気孔形成材および充填材などの他の材料を含めた全量に対して、30 体積%~60 体積%であることが好ましい。30 体積%未満では含浸による含油量が少なくなり、軸受寿命が短くなり、60 体積%をこえると所望の引張強度等が得られない。

また配合時において、気孔形成材の抽出に使用する溶媒に不溶な充填材を配合してもよい。例えば、該溶媒が水である場合には、多孔質体の機械的強度を向上させるなどの目的で、ガラス繊維、炭素繊維などを配合できる。

【0024】

樹脂材料と気孔形成材の混合法は特に限定されるものではなくドライブレンド、溶融混練など樹脂の混合に一般に使用する混練法が適用できる。

また、気孔形成材を液体溶媒中に溶解させて透明溶液とした後、この溶液に樹脂粉末を分散混合させて、その後、この溶媒を除去する方法を用いることができる。分散混合させる方法としては、液中混合できる方法であれば特に限定されるものではなく、ポールミル、超音波分散機、ホモジナイザー、ジューサーミキサー、ヘンシェルミキサーなどが例示できる。また、分散液の分離を抑えるために少量の界面活性剤を添加することも有効である。なお、混合時においては、混合により気孔形成材が完全に溶解するよう溶媒量を確保する。また、溶媒を除去する方法としては、加熱蒸発、真空蒸発、窒素ガスによるパブリング、透析、凍結乾燥などの方法を用いることができる。手法が容易で、設備が安価であることから加熱蒸発により液体溶媒の除去を行なうことが好ましい。

樹脂に気孔形成材を配合した混合物の成形に関しては、圧縮成形、射出成形、押し出し成形、ブロー成形、真空成形、トランスファ成形などの任意の成形方法を採用できる。また成形前に作業性を向上させるため、ペレットやプリプレグなどに加工してもよい。

【0025】

得られた成形体からの気孔形成材の抽出は、上記気孔形成材を溶解し、かつ上記樹脂を溶解しない溶媒で成形体を洗浄することにより行なう。

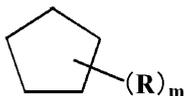
該溶媒としては、例えば、水、および水と相溶しうる溶媒としてアルコール系、エステル系、ケトン系溶媒などを用いることができる。これらの中で、樹脂および気孔形成材の種類によって上記条件に従い適宜選択される。また、これらの溶媒は1種または2種以上を混合し使用してもよい。廃液処理などが容易、安価などの利点から水を用いることが好ましい。

該抽出処理を行なうことにより、気孔形成材が充填されていた部分が溶解され、該溶解部分に気孔が形成された多孔質樹脂成形体を得られる。

【0026】

本発明の転がり軸受用保持器は、得られた多孔質樹脂成形体に潤滑油として下記の化1に示す構造のアルキル化シクロペンタン系油を含浸して得られる。

【化1】



式中、Rは直鎖状または分岐状のアルキル基であり、mは3~4の整数である。

アルキル化シクロペンタン系油は40における蒸気圧が 1.0×10^{-5} Pa以下であり、真空中で潤滑油の発散を防止することができ、真空条件下でも使用することができる。アルキル化シクロペンタン系油は耐熱性、耐薬品性、耐溶剤性および耐荷重性に優れることから高温、高荷重にさらされる人工衛星の回転部に用いられる転がり軸受用の保持器に含浸する潤滑油として好適である。

【0027】

含浸方法としては、多孔質樹脂成形体の内部まで含浸できる方法であればよい。アルキ

10

20

30

40

50

ル化シクロペンタン系油が満たされた含浸槽に成形体を浸漬した後、減圧して含浸する減圧含浸が好ましい。また、加圧含浸することもできる。これらを組み合わせた加圧減圧含浸としてもよい。

またアルキル化シクロペンタン系油には、本発明の目的を損なわない範囲で、必要に応じて、極圧剤、酸化防止剤、防錆剤、流動点降下剤、無灰系分散剤、金属系清浄剤、界面活性剤、摩耗調整剤などを配合できる。酸化防止剤としては、フェノール系、アミン系、イオウ系化合物などを単独または混合して使用できる。

【0028】

本発明の保持器を組み込んだ上記構成の転がり軸受は、保持器に含浸されたアルキル化シクロペンタン系油が、真空条件下において蒸発しないので、人工衛星の回転部において好適に利用できる。

10

また、本発明の転がり軸受としては、玉軸受に限らず、円筒ころ軸受、円錐ころ軸受等に用いることができる。

【0029】

本発明の転がり軸受には、潤滑グリースが封入できる。該潤滑グリースを構成する基油としては、人工衛星における使用を考慮し、40℃における蒸気圧が 1.0×10^{-5} Pa 以下である任意の基油を使用できる。

潤滑グリースを構成する増ちょう剤としては、アルミニウム石けん、リチウム石けん、ナトリウム石けん、複合リチウム石けん、複合カルシウム石けん、複合アルミニウム石けんなどの金属石けん系増ちょう剤、ジウレア化合物、ポリウレア化合物等のウレア系化合物が挙げられる。これらの増ちょう剤は、単独または2種類以上組み合わせて用いてもよい。

20

また、潤滑グリースに添加される公知の添加剤、例えば極圧剤、アミン系、フェノール系等の酸化防止剤、ベンゾトリアゾール、亜硝酸ソーダなどの金属不活性剤、ポリメタクリレート、ポリスチレン等の粘度指数向上剤、二硫化モリブデン、グラファイト等の固体潤滑剤等が挙げられる。これらを単独または2種類以上組み合わせて添加できる。

【0030】

潤滑グリースの基油は保持器に含浸されているアルキル化シクロペンタン系油と、転がり軸受作動環境条件において、相互溶解する油を用いることが好ましい。相互溶解する油としては、同種の化学構造を有する油であることが好ましく、より好ましくは該潤滑油と該基油とは同一種類の油で、かつ同一の粘度を有する油を用いることが好ましい。この潤滑グリースと併用することにより、潤滑グリースで消費される基油が保持器に含浸された潤滑油から供給されるので、潤滑グリース封入量を減らすことができる。潤滑グリース封入量は軸受の全空間容積の20%以下、好ましくは5~20%である。グリース封入量が20%をこえるとグリース漏れやトルク変動などが生じやすくなる場合がある。

30

なお、転がり軸受において、その保持器として本発明の転がり軸受用保持器を用いることにより保持器から潤滑油が供給されるので、潤滑グリースを封入しなくても使用することができる。低トルク、トルクの安定性が優先される用途では潤滑グリースを封入しないで、保持器に含まれる潤滑油のみで運転することができる。

【実施例】

40

【0031】

実施例1

PEEK樹脂粉末(ピクトレックス社製150PF)と炭素繊維と安息香酸ナトリウム粉末(和光純薬社製試薬)とを体積比60:10:30の割合でブラベンダーにて熔融混練した後粉碎して混合粉末を得た。この混合粉末を用いて、射出成形にて玉軸受#608用冠型保持器を成形した。この成形体を80℃の温水で超音波洗浄器にて10時間洗浄して安息香酸ナトリウム粉末を溶出させた。その後100℃で8時間乾燥し連通孔率30%の多孔質体を得た。

【0032】

実施例2

50

PEEK樹脂粉末（ピクトレックス社製 150PF）と炭素繊維と安息香酸ナトリウム粉末（和光純薬社製試薬）とを体積比 50 : 10 : 40 の割合でブラベンダーにて溶解混練した後粉碎して混合粉末を得た。この混合粉末を用いて実施例 1 同様に処理を行ない連通孔率 40% の多孔質体を得た。

さらに、この多孔質体にアルキル化シクロペンタン油（NYE LUBRICANTS 社製 NYE SYNTHETIC OIL 2001A）を 100 にて真空含浸した。含油率は全体積に対して 39%、含油量は 0.1 g であった。

さらにこの含油保持器を SUS 440C 製の # 608 軸受に組み込んだ。

【0033】

実施例 3

PEEK樹脂粉末（ピクトレックス社製 150PF）と炭素繊維と安息香酸ナトリウム粉末（和光純薬社製試薬）とを体積比 40 : 10 : 50 の割合でブラベンダーにて溶解混練した後粉碎して混合粉末を得た。この混合粉末を用いて実施例 1 同様に処理を行ない連通孔率 50% の多孔質体を得た。

【0034】

実施例 4

PEEK樹脂粉末（ピクトレックス社製 150PF）と炭素繊維と安息香酸ナトリウム粉末（和光純薬社製試薬）とを体積比 30 : 10 : 60 の割合でブラベンダーにて溶解混練した後粉碎して混合粉末を得た。この混合粉末を用いて実施例 1 同様に処理を行ない連通孔率 60% の多孔質体を得た。

【0035】

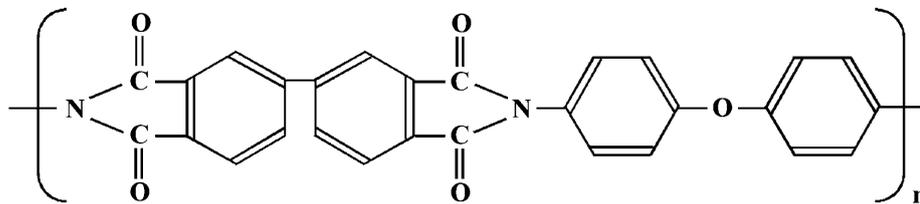
比較例 1

下記の化 2 で示される繰り返し単位構造のポリイミド樹脂粉末（宇部興産社製：UIP-R、平均粒子径 9 μm）を成形圧力 4000 kgf/cm² で成形し、さらに窒素雰囲気下に 400 で 2 時間焼結し、焼結体を得た。この焼結体の引張強度を測定した。表 1 に結果を示す。

さらに、得られた焼結体を切削加工して連通孔率 15% の多孔質体からなる玉軸受 # 608 用冠型保持器を得た。この保持器にアルキル化シクロペンタン油（NYE LUBRICANTS 社製 NYE SYNTHETIC OIL 2001A）を 100 にて真空含浸した。含油量は 0.035 g であった。

さらにこの含油保持器を SUS 440C 製の # 608 軸受に組み込んだ。

【化 2】



【0036】

得られた実施例 1 ~ 実施例 4 および比較例 1 の保持器について ASTM - D 1708 に準拠し、引張り強度試験を行なった。結果を表 1 に示す。

10

20

30

40

【表 1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1
保持器配合(体積%)					
PEEK樹脂	60	50	40	30	—
ポリイミド樹脂	—	—	—	—	85
炭素繊維	10	10	10	10	—
気孔形成材	30	40	50	60	15
保持器連通孔率(%)	30	40	50	60	15
保持器引張強度(MPa)	108	76	62	35	14

連通孔率が 60% 以下の場合、引張強度は 20 MPa 以上であり、人工衛星用軸受としての使用に耐えることができると考えられる。

【0037】

摩擦試験：

得られた実施例 2 および比較例 1 の含油保持器から試験片を作製し、試験片の摩擦摩耗特性を調べるために以下の試験条件にてピンオンディスク試験を行なった。結果を図 5 に示す。

面圧：3 MPa、速度：4.2 m/分、時間：2000 時間

試験片： 3 mm × 13 mm、軌道径：23 mm

相手材： 33 mm × 6 mm、アルミニウム合金 A 5 0 5 6 (表面粗さ Ra 0.5 μm)

図 5 からわかるように、実施例 2 の保持器の PEEK 樹脂の方が比較例 1 の保持器のポリイミド樹脂よりも摩擦係数が低く、かつ安定している。よって比較例 1 の従来保持器よりも低トルクであるといえる。

【0038】

比較例 2

化 2 で示される繰り返し単位構造のポリイミド樹脂粉末 (宇部興産社製：UIP-R、平均粒子径 9 μm) を成形圧力 4000 kgf/cm² で成形し、さらに窒素雰囲気下に 400 で 2 時間焼結し、得られた焼結体を切削加工して連通孔率 15% の多孔質体からなる玉軸受 # 6 0 8 用冠型保持器を得た。この保持器に従来から人工衛星用の潤滑に使用されている二硫化モリブデンをスパッタリングして SUS 4 4 0 C 製の # 6 0 8 軸受に組み込んだ。

【0039】

発塵量試験：

得られた実施例 2 および比較例 2 の軸受について以下の発塵量試験を行なった。結果を表 2 に示す。

室温、真空度 (1~10) × 10⁻⁵ Pa、アキシャル荷重 9.8 N (最大接触面圧 0.7 Gpa)、回転数 50 rpm 条件下で、得られた軸受を回転させ、その直下に配置した発塵検出器 (レーザービームを使用したセンサにより塵の個数を計測する方式の検出器) によって、0.2 μm 以上の塵を 150 時間検出して塵の総数 (個) を調べた。

10

20

30

40

【表 2】

	実施例2	比較例2
保持器配合(体積%)		
PEEK樹脂	50	—
ポリイミド樹脂	—	100
炭素繊維	10	—
気孔形成材	40	—
保持器連通孔率(%)	40	—
潤滑剤	アルキル化シクロペンタン油	二硫化モリブデン
発塵個数	90	3354

実施例 2 の保持器の発塵個数は二硫化モリブデンをスパッタリングした比較例 2 の保持器に比べてほとんど発塵しないレベルである。

【 0 0 4 0 】

寿命試験：

得られた実施例 2 および比較例 1 の軸受について以下の寿命試験を行なった。結果を表 3 に示す。

室温、真空度 $(1 \sim 10) \times 10^{-5}$ Pa、回転数 2500 rpm、アキシャル荷重 9.8 N (最大接触面圧 0.7 GPa) および 980 N (最大接触面圧 2.7 GPa) の条件下で、得られた軸受の振動幅が試験開始時の 3 倍になるまでの寿命時間 (h) を測定した。

【表 3】

	実施例2	比較例1
保持器配合(体積%)		
PEEK樹脂	50	—
ポリイミド樹脂	—	85
炭素繊維	10	—
気孔形成材	40	15
保持器連通孔率(%)	40	15
寿命時間(h)		
荷重 9.8 N のとき	>2000	1500
荷重 980 N のとき	>2000	1000

実施例 2 の保持器はいずれの荷重条件においても 2000 時間経過後も振動幅が試験開始時の 3 倍にならなかった。一方、従来保持器はアキシャル荷重 9.8 N のとき 1500 時間、アキシャル荷重 980 N のとき 1000 時間で寿命限界となった。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 1 】

本発明の転がり軸受用保持器を用いた転がり軸受は、真空条件下においても潤滑油起源のガス発生がなく低発塵性であり、かつ長期使用が可能であることから、人工衛星の回転部の軸受として好適に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 2 】

【図 1】グリース封入深溝玉軸受の断面図である。

【図 2】樹脂組成物を一体成形した冠型の保持器の部分拡大斜視図である。

【図3】モーメント荷重前後における保持器および転動体の位置を示す図である。

【図4】保持器の曲げ変形を示す図である。

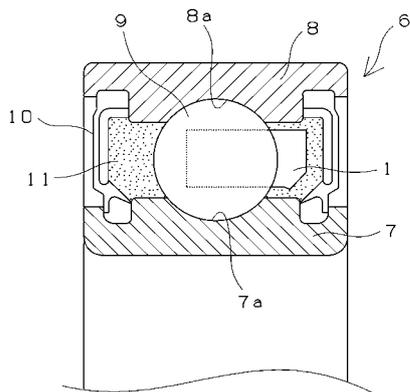
【図5】含油保持器の摩擦係数の経時変化を示す図である。

【符号の説明】

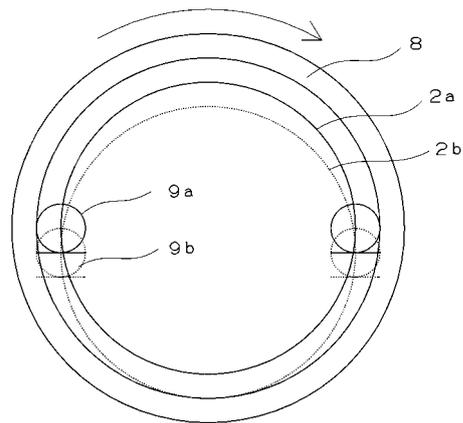
【0043】

- 1 転がり軸受用保持器
- 2 保持器本体
- 3 保持器爪
- 4 転動体保持用ポケット
- 5 平坦部
- 6 グリース封入深溝玉軸受
- 7 内輪
- 8 外輪
- 9 転動体
- 10 シール部材
- 11 潤滑グリース

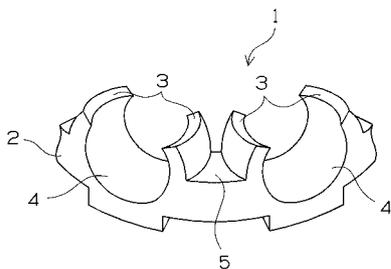
【図1】



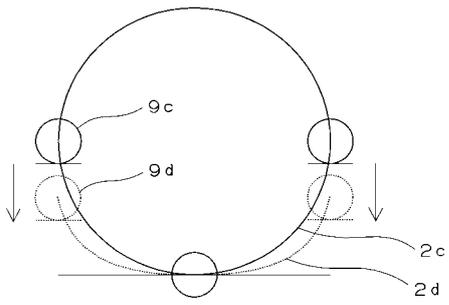
【図3】



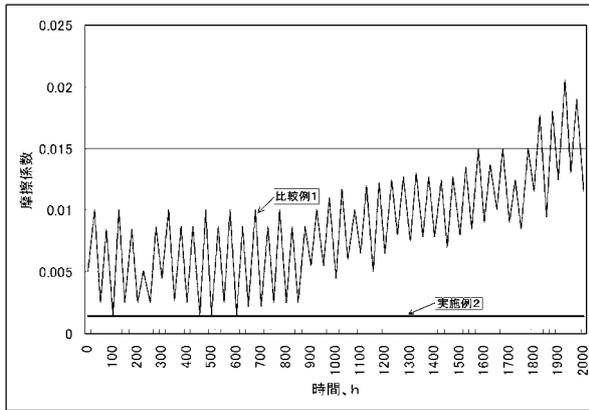
【図2】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

審査官 瀬川 裕

- (56)参考文献 特開2005-090657(JP,A)
特開平10-169661(JP,A)
特開平10-316794(JP,A)
特開平11-060788(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 19/00 - 19/56
F16C 33/30 - 33/66