

明 細 書

発明の名称： 焼結軸受及びその製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、焼結軸受、焼結軸受の製造方法、焼結軸受装置、回転装置、及び焼結体に関する。

背景技術

[0002] 回転軸を支持する軸受として、粉末冶金技術による焼結軸受が知られている。焼結軸受の一例である焼結含油軸受は、焼結体の気孔に潤滑油を含浸させ、自己潤滑性を持たせたすべり軸受けである。無給油で長時間使用できるという利点により、家電、OA機器、自動車等の分野で広く使用されている。

[0003] 焼結含油軸受として、例えば、鋼鉄裏面金属と、前記鋼鉄裏面金属に焼結と同時に接合され、銅10～30重量部、残りが鉄からなった鉄系焼結合金層とを含む滑りベアリング（特許文献1）、焼結合金の全体組成が、質量比で、Cu：2.0～9.0%、C：1.5～3.7%、残部：Feおよび不可避不純物からなる鉄系焼結軸受（特許文献2）等が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平11-117940号公報

特許文献2：特開2010-77474号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示は、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受及びその製造方法を提供する。また、本開示は、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受装置及び回転装置を提供する。さらに、本開示は、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受用の焼結体を提供する。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明には様々な実施形態が含まれる。実施形態の例を以下に列挙する。
本発明は以下の実施形態に限定されない。
- [0007] 一実施形態は、回転軸を支持させ、該回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が55%以下である、焼結軸受に関する。
- [0008] 他の一実施形態は、金属基地と、該金属基地に分散し、かつ、該金属基地より硬い硬質相とを有する金属組織を呈する、焼結軸受に関する。
- [0009] 好ましい一実施形態によれば、前記金属基地と前記硬質相の硬さの差は、290～650HVである。
- [0010] 好ましい一実施形態によれば、前記硬質相の平均径は、5～100 μ mである。
- [0011] 好ましい一実施形態によれば、前記金属基地は、パーライト相及びフェライト相を含む鉄基地である。
- [0012] 好ましい一実施形態によれば、前記硬質相は、硬質材料を含有し、該硬質材料が、モリブデン珪化物、モリブデン炭化物、クロム炭化物、バナジウム炭化物、及びタングステン炭化物からなる群から選択される少なくとも1種を含む。
- [0013] 好ましい一実施形態によれば、前記硬質相の含有量は、焼結体の質量を基準として6.0～19質量%である。
- [0014] 好ましい一実施形態によれば、焼結体の断面における前記硬質相の面積比率は、5～20%である。
- [0015] 好ましい一実施形態によれば、焼結体の組成は、前記硬質相を除いた合計を100質量%としたとき、1.0～13質量%の銅と、0.5～5.5質量%の炭素と、残部である鉄及び不可避不純物とからなる。
- [0016] 好ましい一実施形態によれば、前記いずれかの焼結軸受は、潤滑油を含む。
- [0017] 好ましい一実施形態によれば、前記いずれかの焼結軸受は、高周速及び／又は高面圧用である。

- [0018] 他の一実施形態は、前記いずれかの焼結軸受を製造する方法であって、金属粉末と硬質材料粉末とを含有する混合粉末を用意すること、前記混合粉末を圧縮成形し、成形体を得ること、前記成形体を加熱し、焼結体を得ること、を含む、焼結軸受の製造方法に関する。
- [0019] 他の一実施形態は、前記いずれかの焼結軸受と、該焼結軸受を支持するハウジングとを有する、焼結軸受装置に関する。
- [0020] 他の一実施形態は、回転軸と、該回転軸を支持する前記いずれかの焼結軸受とを有する、回転装置に関する。
- [0021] 他の一実施形態は、焼結軸受と、該焼結軸受を支持するハウジングとを有し、前記焼結軸受は、回転軸を支持させ、該回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が55%以下である、焼結軸受装置に関する。
- [0022] 他の一実施形態は、回転軸と該回転軸を支持する焼結軸受とを有し、前記焼結軸受は、前記回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が55%以下である、回転装置に関する。
- [0023] 他の一実施形態は、前記いずれかの焼結軸受を得るために用いられる、焼結体に関する。

発明の効果

- [0024] 本開示によれば、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受及びその製造方法が提供される。また、本開示によれば、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受装置及び回転装置が提供される。さらに、本開示によれば、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を示す焼結軸受用の焼結体が提供される。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]図1は、焼結軸受の一実施形態を示す模式図である。
- [図2]図2は、鉄系焼結体の断面の一実施形態を示す模式図である。
- [図3]図3は、焼結軸受の内径面の測定方法の一例を示す模式図である。
- [図4]図4は、実施例1において、回転軸を3時間回転させた後の焼結軸受の内径面の光学顕微鏡写真である。

[図5]図5は、実施例1において得た焼結体の断面の光学顕微鏡写真である。

[図6]図6は、比較例1において、回転軸を3時間回転させた後の焼結軸受の内径面の光学顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明の実施形態について説明する。本発明は以下の実施形態に限定されない。

<焼結軸受A>

焼結軸受Aは、回転軸を支持するために用いられる。焼結軸受Aは、回転軸を支持できる内径面を持つ形状を有する。一実施形態において、焼結軸受Aの形状は、中空円筒形である。円筒の内径面が軸受面となる。回転軸は、円筒の内径に挿入され、支持される。図1は、焼結軸受Aの一実施形態を示す模式図である。(a)は正面模式図、(b)は側面模式図、(c)は斜視模式図である。図1中、11は焼結軸受を、12は内径面を、13は端面を示す。

[0027] [焼結軸受A1]

一実施形態によれば、焼結軸受Aは、下記の特定を満たす。

回転軸を支持させ、該回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が55%以下である。

以下、上記の特性を満たす焼結軸受を「焼結軸受A1」という場合がある。焼結軸受A1は、気孔を有する焼結体を有し、気孔内に潤滑油を含んでもよい。

[0028] 「内径面の気孔率」は、内径面における気孔の面積の比率(%)である。

「内径面の気孔率の変化率」は、回転軸を回転させる前の内径面の気孔率I(%)に対する、回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率II(%)の比率(%)である。気孔率I(%)は、未使用の状態の焼結軸受Aを用いて測定する。内径面の気孔率の測定方法は特に限定されず、気孔率I(%)と気孔率II(%)を測定することが可能であり、測定値から変化率(%)を求めることができる方法であればよい。

[0029] 気孔率の変化率は、例えば、以下の方法に従い求めることができる。

[1] 内径面の気孔率 I

(1) 焼結軸受 A 1 の内径面を光学顕微鏡（落射照明）にて撮影し、内径面のカラー画像 1 a を得る。撮影箇所は、回転軸を支持させ、回転させたときに、回転軸と接する箇所を選択する。内径面の撮影には鏡を利用する。鏡を利用することによって、焼結軸受 A 1 を破壊することなく内径面の気孔率を測定することができる。

(2) カラー画像 1 a を、画像分析ソフトウェアを用いて、白黒モノクロ画像 1 b（グレースケール）に変換する。白黒モノクロ画像 1 b の濃度ヒストグラムを利用し、気孔とそれ以外の部分とに分けて二値化することができるように、濃度の閾値を決定する。使用した画像分析ソフトウェアによって、上記濃度の閾値が変わる。例えば、画像分析ソフトウェアとして三谷商事株式会社製「WinROOF」を使用する場合、好ましい閾値は 70 である。決定した閾値に基づき、白黒モノクロ画像 1 b を二値化し、二値化画像 1 c を得る。二値化画像 1 c から、気孔率 I を求める。

(3) 上記 (1) 及び (2) に従い、内径面の 3 箇所を撮影することにより求めた気孔率 I を平均し、気孔率 I とする。

[0030] [2] 摺動

焼結軸受 A 1 をハウジングに取り付けた後、焼結軸受 A 1 に、駆動装置に接続された回転軸を支持させ、回転軸を 3 時間回転させる。このとき、焼結軸受 A 1 と回転軸との間に生じる摩擦力から摩擦係数を測定しながら回転させてもよい。

[0031] 回転軸と焼結軸受 A 1 とは、回転軸の軸方向が地面に対して水平になるように、設置する。ハウジングには垂直方向の荷重を与える。また、負荷面圧は 1 MPa とする。回転中の負荷面圧は、荷重センサーで測定し、一定に保たれるように荷重を調整する。荷重センサーとして、例えば、株式会社エー・アンド・デイ製「LC1122-K050」が挙げられる。

[0032] 測定のために使用する回転軸としては、通常、焼結軸受 A 1 と共に用いら

れる回転軸でよい。回転軸の材質として、例えば、炭素鋼、ステンレス鋼等が挙げられる。炭素鋼が好ましく、具体的には、S 4 5 C製の回転軸を使用できる。

[0033] 測定のために使用する回転軸の表面粗さ (R_{max}) は 0.8 S 以下であることが好ましい。表面粗さは、例えば、0.8 S である。表面粗さは、J I S B 0 6 0 1 : 1 9 5 2 に従い測定できる。

[0034] 焼結軸受 A 1 の内径と回転軸径との寸法差 (クリアランス) は 20 ~ 60 μm が好ましく、30 ~ 45 μm がより好ましい。クリアランスは、例えば、40 μm である。

[0035] 回転速度は、例えば、滑り速度 1 ~ 10 m / s e c から選択されるいずれかの速度である。一実施形態において、焼結軸受 A 1 は、4 ~ 7 m / s e c から選択されるいずれかの速度において、55 % 以下の変化率を示すことが好ましく、5 m / s e c の速度において 55 % 以下の変化率を示すことがより好ましい。焼結軸受 A 1 を実際に使用する際の回転軸の回転速度は、特に限定されない。

[0036] [3] 内径面の気孔率 I I

(1) 回転軸を 3 時間回転させた後、焼結軸受 A 1 を取り出し、内径面の回転軸と接触していた部分から 3 箇所を選択し、前記 [1] (1) 及び (2) と同様に、内径面のカラー画像 2 a を利用し、気孔率 2 を求める。

(2) 前記 [1] (3) と同様に、気孔率 2 の平均値を気孔率 I I とする。

[0037] [4] 内径面の気孔率の変化率

下記式により、気孔率の変化率を求める。

気孔率の変化率 (%) =

$(\text{気孔率 I} - \text{気孔率 I I}) / \text{気孔率 I} \times 100$

[0038] 光学顕微鏡として、例えば、株式会社ニコン製「E C L I P S E」を使用できる。光量は、焼結体に含まれる気孔と、それ以外の部分とを区別して観察できる光量とする。撮影倍率は、例えば 1, 000 倍とする。

[0039] 具体的な撮影方法は、例えば、次のとおりである。まず、円柱形の金属棒

を、金属棒の長さ方向に対し 45° となる角度で切断する。切断面を、表面に酸化皮膜が無く、かつ、表面粗さ (R_z) が $50\mu\text{m}$ 以下なるように鏡面加工する。金属棒の切断面とは反対側の端面と、金属棒の長さ方向との間の角度は 90° であることが好ましい。図3 (a) は、鏡面加工後の金属棒の側面模式図であり、32は金属棒を示す。金属棒の長さ方向に対する切断面の角度 α は 45° である。金属棒の材料は特に限定されないが、例えば、ステンレス又は超硬合金が好ましい。次いで、実験台上に、金属棒を、実験台を基準として切断面を上側に、切断面とは反対側の端面を下側に向け、固定する。その後、固定した金属棒の切断面が焼結軸受A1の内部に位置するように、金属棒に焼結軸受A1を嵌合させ、焼結軸受A1を固定する。図3 (b) は、金属棒の焼結軸受A1を嵌合させた状態を示す側面模式図である。31は焼結軸受を、32は金属棒を、33は光学顕微鏡の対物レンズの一部を、34は実験台を示す。金属棒の直径は、焼結軸受A1の内径と同じでもよく、又は、焼結軸受A1の内径よりも小さくてもよい。金属棒の直径は、焼結軸受A1の内径よりも小さいことが好ましく、金属棒の直径と焼結軸受A1の内径の差は $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。顕微鏡の対物レンズを切断面に近づけ、鏡面である切断面に映った焼結軸受A1の内径面を観察し、撮影する。

[0040] また、回転速度は、焼結軸受A1の用途に応じて設定してもよい。例えば、焼結軸受A1が高周速用である場合は、 5 m/sec の回転速度において55%以下の変化率を示すことが好ましい。

[0041] 焼結軸受A1の内径面の気孔率の変化率は、高周速及び／又は高面圧の条件下で優れた寿命特性を得る観点から、55%以下であり、好ましくは54%以下であり、より好ましくは53%以下である。焼結軸受A1の内径面の気孔率の変化率は、例えば、回転軸の摩耗を抑える観点から、好ましくは1%以上であり、より好ましくは3%以上であり、更に好ましくは5%以上である。気孔率の変化率が55%以下であると、高周速で使用した場合にも、焼結軸受表面の変質及び酸化の高い防止効果が得られる。気孔率の変化率が

1%以上であると、焼結軸受が回転軸を攻撃し、回転軸を傷つけ摩耗させることを効果的に防止できる。

[0042] 焼結軸受A1は、気孔内には潤滑油を含んでもよい。一実施形態によれば、焼結体は、少なくとも、金属基地と、該金属基地に分散し、かつ、該金属基地より硬い硬質相とを有する金属組織を呈する。金属基地と、該金属基地に分散し、かつ、該金属基地より硬い硬質相とを有する金属組織を呈する焼結体の詳細については、後述する。

[0043] [焼結軸受A2]

一実施形態によれば、焼結軸受は、少なくとも、金属基地と、該金属基地に分散し、かつ、該金属基地より硬い硬質相とを有する金属組織を呈する。硬質相は、金属基地中に均一に分散していることが好ましい。以下、該焼結軸受を「焼結軸受A2」という場合がある。焼結軸受A2は、気孔を有する焼結体を有し、気孔内に潤滑油を含んでもよい。焼結体は前記金属組織を呈する。焼結軸受A2は、回転軸を支持させ、3時間回転させた後、内径面の気孔率の変化率が55%以下であることが好ましい。内径面の気孔率の変化率の詳細については、上述のとおりである。

[0044] (金属組織)

金属組織は、金属基地と、該金属基地に分散し、かつ、該金属基地より硬い硬質相とを少なくとも有する。金属基地は鉄基地であることが好ましい。鉄基地はフェライト相を含むことが好ましい。更に、金属基地には、銅相及び炭素相が分散されていてもよい。炭素相は遊離黒鉛相であることが好ましい。金属基地と硬質相との硬さの比較は、硬質相と、該硬質相に接するその他の相、例えばフェライト相を用いて行うことができる。図2は、焼結体の断面の一実施形態を示す模式図である。図2中、21は鉄基地、22は硬質相、23は気孔、24は銅相、25は遊離黒鉛相を示す。26は、内径面である。

[0045] 一般的に、焼結軸受にはなじみ性が求められるために、焼結軸受には軟質な金属基地が使用されている。一方、焼結軸受を高周速及び／又は高面圧の

条件下で使用すると、金属基地が塑性流動を起こす場合がある。塑性流動を起こすと焼結軸受は焼き付きが発生しやすくなる傾向がある。これを防ぐために、金属基地の硬さを大きくすることが考えられるが、逆に、硬さを大きくすると回転軸への攻撃性が高くなり、回転軸の摩耗が引き起こされることが懸念される。これに対し、金属基地に硬質相を分散させることによって、焼結軸受の回転軸への攻撃性を低く保ったまま、塑性流動を抑制することが可能となると考えられる。これによって、焼結軸受 A 2 は、高周速及び／又は高面圧の条件下で使用した場合に、優れた寿命特性を示す。

[0046] 金属基地及び硬質相の硬さは、例えば、ビッカース硬さ試験により測定できる。ビッカース硬さ試験は、J I S Z 2 2 4 4 : 2 0 0 9 に規定されている方法に従えばよい。測定は、焼結体の断面を用いて行うことができる。断面を得る方法として、焼結体を、軸方向に沿って任意の箇所で切断し、鏡面研磨した後、ナイタール液で腐食する方法が挙げられる。また、測定には、例えば、硬質相と、それに接する基地相を用いることができる。測定は、空洞である気孔の影響を受けにくい箇所を選択して行うことが好ましい。図 2 中に、測定箇所の組み合わせの一例を示す。2 7 は、金属基地の測定箇所であり、2 8 は、硬質相の測定箇所である。金属基地が、フェライト相、パーライト相等の複数の相を含む場合は、硬質相と、断面の金属基地に含まれる最も面積の広い相とから測定箇所を選択し、比較すればよい。

金属基地と硬質相の硬さの差は、焼結体の断面の 5 箇所でのビッカース硬さの差（ビッカース硬さの差（H V）＝硬質相のビッカース硬さ（H V）－金属基地のビッカース硬さ（H V））を求め、得られたビッカース硬さの差（5 箇所の差）を平均して求めることができる。

[0047] 金属基地と硬質相の硬さの差が、2 9 0 H V 以上であると、塑性流動の高い防止効果が得られやすい。そのため、金属基地と硬質相の硬さの差は、2 9 0 H V 以上であることが好ましく、3 0 0 H V 以上であることが好ましく、3 1 0 H V 以上であることが更に好ましい。一方、金属基地と硬質相の硬さの差が 6 5 0 H V を超えると、焼結軸受 A 2 が回転軸を攻撃し、回転軸の

摩耗を引き起こす傾向がある。金属基地と硬質相の硬さの差は、650HV以下であることが好ましく、640HV以下であることが好ましく、630HV以下であることが更に好ましい。

[0048] (硬質相)

焼結軸受A2の断面における硬質相の面積比率は、5%以上であることが好ましく、7%以上であることがより好ましく、9%以上であることが更に好ましい。5%以上の場合、良好な摺動特性が得られる傾向がある。また、焼結軸受A2の断面における硬質相の面積比率は、20%以下であることが好ましく、18%以下であることがより好ましく、15%以下であることが更に好ましい。20%以下の場合、摩耗量の十分な低減効果が得られやすい。

[0049] 硬質相の面積比率の測定方法は、特に限定されない。例えば、以下の方法により測定できる。以下の方法では、焼結軸受A2が潤滑油を含有する場合は、潤滑油を除去した後の焼結体を用いて測定する。又は、潤滑油を含有させる前の焼結体を用いて測定を行うことも可能である。

[0050] (1) 焼結軸受A2を、軸方向に沿って任意の箇所で切断する。

(2) 焼結軸受A2の断面の任意の箇所について、電子線マイクロアナライザー（例えば、株式会社島津製作所製「EPMA1600」）により元素分析画像を得る。測定は、波長分散型分光器（WDS）方式で行う。測定条件は、例えば、加速電圧は15kV、試料電流は100nA、メジャーリングタイムは5m・sec、エリアサイズは604×454μmとすることができる。また、元素分析画像は、例えば倍率500倍の画像とできる。

(3) 元素分析画像を、硬質相とそれ以外の部分を分けて特定できるように二値化し、二値化画像を用いて硬質相の面積比率(%)を求める。二値化に用いる画像分析ソフトウェアとしては、市販のソフトウェアを使用できる。例えば、三谷商事株式会社製「WinROOF」を使用できる。

[0051] 硬質相は、硬質材料として、モリブデン珪化物、モリブデン炭化物、クロム炭化物、バナジウム炭化物、及びタングステン炭化物からなる群から選択

される少なくとも1種を含むことが好ましい。好ましい実施形態において、硬質相は、合金相と合金相中に分散する硬質材料を含む。硬質材料の含有量は、硬質相の質量を基準として、4質量%以上であることが好ましい。上限は特に限定されず、例えば100質量%であってもよい。合金相の含有量は、硬質相の質量を基準として、96質量%以下であることが好ましい。下限は特に限定されず、例えば0質量%であってもよい。合金相は、鉄合金相であることが好ましい。より好ましい実施形態によれば、硬質相は、鉄合金相と、鉄合金相中に分散する硬質材料を含み、硬質材料が、モリブデン珪化物、モリブデン炭化物、クロム炭化物、バナジウム炭化物、及びタングステン炭化物からなる群から選択される少なくとも1種を含有する。

[0052] 硬質相の含有量は、焼結体の質量を基準として、6.0質量%以上であることが好ましい。6.0質量%未満であると、硬質相の量が低く、塑性流動の防止効果が乏しい場合がある。19質量%を超えると、硬質相の量が多くなり回転軸を摩耗させるため、19質量%以下が好ましい。硬質相の含有量は、6.5～17質量%であることがより好ましく、7.0～15質量%であることが更に好ましい。

[0053] 硬質相の具体例として、以下が挙げられる。

(1) 質量比でCr:4～25%、C:0.25～2.4%、及び残部がFe及び不可避不純物からなる硬質相

(2) 質量比でCr:4～25%、C:0.25～2.4%と、Mo:0.3～3.0%、V:0.2～2.2%の少なくとも1種以上、及び残部がFe及び不可避不純物からなる硬質相

(3) 質量比でMo:4～8%、V:0.5～3%、W:4～8%、Cr:2～6%、C:0.6～1.2%、及び残部がFe及び不可避不純物からなる硬質相

(4) 質量比でMo:4～8%、V:0.5～3%、W:4～8%、Cr:2～6%、Si:0.5～1.5%、Mn:0.2～1.1%、C:0.6～1.2%、及び残部がFe及び不可避不純物からなる硬質相

(5) 質量比でS i : 0.5 ~ 10%、M o : 10 ~ 50%、及び残部がF e 及び不可避不純物からなる硬質相

(6) 質量比でS i : 0.5 ~ 10%、M o : 10 ~ 50%と、C r : 0.5 ~ 10%、N i : 0.5 ~ 10%、M n : 0.5 ~ 5%の少なくとも1種以上、及び残部がF e 及び不可避不純物からなる硬質相

[0054] 硬質相の平均径は、5 μ m以上であることが好ましく、10 μ m以上であることがより好ましく、15 μ m以上であることが更に好ましく、30 μ m以上であることが特に好ましい。5 μ m以上の場合、内径面の塑性流動を抑制する効果が得られやすい。また、硬質相の平均径は、150 μ m以下であることが好ましく、140 μ m以下であることがより好ましく、130 μ m以下であることが更に好ましい。150 μ m以下の場合、回転軸の摩耗を抑えるという点で好ましい。

[0055] 硬質相の平均径は、次の方法により測定できる。

(1) 焼結軸受A2を、軸方向に沿って任意の箇所切断し、鏡面研磨した後、ナイトール液で腐食し、測定用の断面を得る。

(2) 断面の任意の箇所を光学顕微鏡（落射照明）にて撮影し、光学顕微鏡写真（例えば、倍率200倍）を得る。光学顕微鏡写真を、画像分析ソフトウェア（例えば、三谷商事株式会社製「WinROOF」）によって画像解析して、硬質相の面積から円相当径を求める。光学顕微鏡写真から、任意の5つの硬質相を選択し、円相当径を求め、それらの平均値を硬質相の平均径とする。

[0056] (金属基地)

金属基地として、純鉄系、青銅系、鉄-炭素系、鉄-銅-炭素系、鉄-青銅系等の基地が挙げられる。金属基地は、好ましくは最も多く含まれる金属の含有量が96質量%を超える基地であり、より好ましくは最も多く含まれる金属の含有量が99質量%以上である基地である。高周速及び／又は高面圧用として良好な特性が得られることから、鉄基地が好ましい。鉄基地は、好ましくは96質量%超の鉄元素を含有する基地であり、より好ましくは9

9質量%以上の鉄元素を含有する基地である。鉄基地は、フェライト相を含むことが好ましく、更にパーライト相を含んでもよい。

[0057] 一実施形態において、焼結体は、鉄系焼結体である。鉄系焼結体は、焼結体の質量を基準とし、60質量%以上の鉄を含む焼結体であることが好ましい。鉄系焼結体は、少なくとも、フェライト相と、フェライト相に接し、かつ、フェライト相よりも硬い硬質相を有する。鉄系焼結体は、更に、パーライト相、銅相、及び炭素相を有してもよい。一実施形態において、鉄系焼結体は、フェライト相及びパーライト相を含む鉄基地と、鉄基地に分散して存在する硬質相、銅相、及び炭素相を有する。

[0058] (フェライト相)

鉄系焼結体は、フェライト相を含むことが好ましい。フェライト相を含むと回転軸の摩耗を防止することができる。焼結軸受A2の断面におけるフェライト相の面積比率は、30%以上であることが好ましく、35%以上であることがより好ましく、40%以上であることが更に好ましい。30%以上の場合、摩耗の抑制の効果が得られやすい傾向がある。また、焼結軸受A2の断面におけるフェライト相の面積比率は、70%以下であることが好ましく、65%以下であることがより好ましく、60%以下であることが更に好ましい。70%以下の場合、良好な摺動特性が得られやすい傾向がある。フェライト相の面積比率は、硬質相と同様の方法で測定できる。

[0059] (パーライト相)

鉄基地はパーライト相を含んでもよい。パーライト相を含むと焼結軸受の強度が向上する傾向がある。鉄基地がパーライト相を含む場合、焼結軸受A2の断面におけるパーライト相の面積比率は、5%以下であることが好ましい。5%以下の場合、回転軸の摩耗防止の効果が得られやすい傾向がある。パーライト相の面積比率は0%でもよい。パーライト相の面積比率は、硬質相と同様の方法で測定できる。

[0060] (銅相)

焼結体は銅相を含んでもよい。焼結体が銅相を含む場合、焼結軸受A2と

回転軸とのなじみ性が向上する傾向がある。

- [0061] 銅相は、焼結軸受 A 2 の内径面に、適度に分散していることが好ましい。
- 焼結体は銅相を含む場合、内径面における銅相の面積比率は、8 % 以上であることが好ましく、9 % 以上であることがより好ましく、10 % 以上であることが更に好ましい。8 % 以上の場合、摺動の初期段階で、焼結軸受 A 2 と回転軸との良好ななじみを得られる傾向がある。また、内径面における銅相の面積比率は、40 % 以下であることが好ましく、35 % 以下であることがより好ましく、30 % 以下であることが更に好ましい。40 % 以下の場合、良好な焼結軸受強度を得られる傾向がある。銅相の面積比率は、内径面の気孔率 I と同様の方法で測定できる。

- [0062] (炭素相)

焼結体は炭素相を含んでもよい。焼結体が炭素相を含む場合、潤滑性が向上する傾向がある。炭素相は、より良好な潤滑性を得る観点から、遊離黒鉛相であることが好ましい。

- [0063] 焼結体が炭素相を含む場合、焼結軸受 A 2 の断面における炭素相の面積比率は、0.5 % 以上であることが好ましく、1 % 以上であることがより好ましく、2 % 以上であることが更に好ましい。1 % 以上の場合、良好な材料強度を得られる傾向がある。また、焼結軸受 A 2 の断面における炭素相の面積比率は、5 % 以下であることが好ましく、4.5 % 以下であることがより好ましく、4 % 以下であることが更に好ましい。4.5 % 以下の場合、良好な摺動特性が得られる傾向がある。炭素相の面積比率は、硬質相と同様の方法で測定できる。

- [0064] (任意の相)

焼結体は、更に他の相を有してもよい。例えば、マルテンサイト相、ベイナイト相等が挙げられる。

- [0065] (組成の例)

一実施形態において、焼結体の組成は、硬質相を除いた合計を100質量%としたとき、1.0～13質量%の銅と、0.5～5.5質量%の炭素と

、残部である鉄及び不可避不純物とからなる。好ましくは、焼結体の組成は、硬質相を除いた合計を100質量%としたとき、1.5～11質量%の銅と、1.0～4.7質量%の炭素と、残部である鉄及び不可避不純物とからなり、より好ましくは、2.0～9.0質量%の銅と、1.5～3.7質量%の炭素と、残部である鉄及び不可避不純物とからなる。

[0066] [潤滑油]

焼結軸受Aは、気孔内に潤滑油を含有してもよく、潤滑油を含有する焼結軸受Aは、焼結含油軸受として好ましく使用される。潤滑油は、焼結含油軸受の用途、求められる特性等に応じて適切な種類を選択して用いればよい。潤滑油の例には、大きく分けて鉱物油と合成油の2種類が含まれる。鉱物油としては、例えばパラフィン系鉱物油及びナフテン系鉱物油がある。合成油としては、例えば、炭化水素系合成油、エステル系合成油、エーテル系合成油、及びフッ素系合成油がある。潤滑油は、合成油であることが好ましく、炭化水素系合成油、エステル系合成油、及びフッ素系合成油であることがより好ましく、フッ素系合成油であることが更に好ましい。

[0067] 潤滑油の含油率は、十分な潤滑効果を得るという観点から、焼結軸受Aの体積を基準とし、5体積%以上であることが好ましく、7体積%以上であることがより好ましく、10体積%以上であることが更に好ましい。また、潤滑油の含油率は、焼結軸受Aの強度を考慮し、焼結軸受Aの体積を基準とし、25体積%以下であることが好ましく、24体積%以下であることがより好ましく、23体積%以下であることが更に好ましい。潤滑油の含油率は、JIS Z 2501:1979により測定することができる。

[0068] [用途]

焼結軸受Aの用途として、自動車に装着する室内送風装置のファンモータ及び座席駆動用モータ、情報機器又は音響機器に搭載されるスピンドルモータ等の各種モータが挙げられる。一実施形態によれば、焼結軸受Aは、回転軸が高周速及び／又は高面圧で回転する軸受として適している。

[0069] <焼結軸受の製造方法>

一実施形態によれば、焼結軸受の製造方法は、金属粉末と硬質材料粉末とを含有する混合粉末を用意すること、前記混合粉末を圧縮成形し、成形体を得ること、前記成形体を加熱し、焼結体を得ること、を含む。焼結軸受の製造方法は、更に、任意の工程を含んでもよい。

[0070] [混合粉末を用意する工程]

混合粉末は、少なくとも金属粉末と硬質材料粉末とを含有する。金属粉末は、鉄系粉末であることが好ましい。混合粉末は、更に、銅系粉末、炭素粉末、潤滑剤、不可避不純物等を含有してもよい。

[0071] (鉄系粉末)

鉄系粉末として、鉄粉末及び鉄合金粉末が挙げられる。鉄合金粉末は、鉄を主成分とする粉末である。鉄を主成分とする粉末は、該粉末の質量を基準として、好ましくは鉄元素を96質量%超含有する粉末であり、より好ましくは鉄元素を99質量%以上含有する粉末である。

[0072] 鉄系粉末の製造方法として、鉱石還元法、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、電解法、カルボニル法等が挙げられる。強度が高い成形体を得ることができるという点で、鉱石還元法により作製された鉄系粉末を用いることが好ましい。鉱石還元法により作製された鉄系粉末は、製法に由来して、粉末内部に微量のアルミニウム、珪素、マグネシウム、鉄、チタン、カルシウム等の金属酸化物を含有する。

[0073] 鉄系粉末の含有量は、焼結軸受Aの十分な強度を得る観点から、混合粉末の全質量を基準として、60質量%以上が好ましく、70質量%以上がより好ましく、80質量%以上が更に好ましい。また、鉄系粉末の含有量は、十分な潤滑性能を得る観点から、混合粉末の全質量を基準として、95質量%以下が好ましく、90質量%以下がより好ましく、85質量%以下が更に好ましい。

[0074] (硬質材料粉末)

硬質材料粉末は、硬質相を形成し得る粉末である。硬質材料粉末は、モリブデン珪化物、モリブデン炭化物、クロム炭化物、バナジウム炭化物、及び

タングステン炭化物からなる群から選択される少なくとも1種を含むことが好ましい。好ましい実施形態において、硬質材料粉末は、合金基地と合金基地中に分散する硬質材料を含む。硬質材料の含有量は、硬質材料粉末の質量を基準として、4質量%以上であることが好ましい。上限は特に限定されず、例えば100質量%であってもよい。合金基地の含有量は、硬質材料粉末の質量を基準として、96質量%以下であることが好ましい。下限は特に限定されず、例えば0質量%であってもよい。合金基地は、鉄合金基地であることが好ましい。より好ましい実施形態によれば、硬質材料粉末は、鉄合金基地と、鉄合金基地中に分散する硬質材料を含み、硬質材料が、モリブデン珪化物、モリブデン炭化物、クロム炭化物、バナジウム炭化物、及びタングステン炭化物からなる群から選択される少なくとも1種を含有する。

[0075] 硬質材料粉末の平均粒径は、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $10\mu\text{m}$ 以上であり、更に好ましくは $20\mu\text{m}$ 以上である。また、硬質材料粉末の平均粒径は、好ましくは $150\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $120\mu\text{m}$ 以下であり、更に好ましくは $100\mu\text{m}$ 以下である。測定には、レーザー回折散乱式の粒子径分布測定装置（例えば、マイクロトラック・ベル株式会社製「MT3300EX II」）を使用できる。ここでいう平均粒径とは、体積基準の粒度分布におけるメジアン径（D50）のことである。

[0076] 硬質材料粉末の含有量は、良好な軸受強度を得る観点から、混合粉末の全質量を基準として、6.0質量%以上が好ましく、7.0質量%以上がより好ましく、8.0質量%以上が更に好ましい。また、硬質材料粉末の含有量は、良好な軸受強度を得る観点から、混合粉末の全質量を基準として、19質量%以下が好ましく、17質量%以下がより好ましく、15質量%以下が更に好ましい。

[0077] （銅系粉末）

混合粉末は、銅系粉末を含有してもよい。銅系粉末を含有する場合、焼結軸受と回転軸との良好ななじみ性を得ることができる傾向がある。銅系粉末は、銅を主成分とする粉末である。銅を主成分とする粉末は、該粉末の質量

を基準として、好ましくは銅元素を50質量%超含有する粉末であり、より好ましくは銅元素を80質量%以上含有する粉末であり、更に好ましくは銅元素を95質量%以上含有する粉末である。

[0078] 銅系粉末の含有量は、摺動の初期段階におけるなじみ性の向上の観点から、混合粉末の全質量を基準として、2.0質量%以上が好ましく、3.0質量%以上がより好ましく、3.5質量%以上が更に好ましい。また、銅系粉末の含有量は、材料強度の観点から、混合粉末の全質量を基準として、9.0質量%以下が好ましく、8.0質量%以下がより好ましく、7.0質量%以下が更に好ましい。

[0079] (炭素粉末)

混合粉末は、炭素粉末を含有してもよい。炭素粉末としては、例えば、黒鉛粉末、カーボンブラック、フラーレン等が挙げられる。

[0080] 炭素粉末の含有量は、自己潤滑性の向上の観点から、混合粉末の全質量を基準として、1.0質量%以上が好ましく、1.5質量%以上がより好ましく、2.0質量%以上が更に好ましい。また、炭素粉末の含有量は、焼結軸受の強度向上の観点から、混合粉末の全質量を基準として、5.0質量%以下が好ましく、4.5質量%以下がより好ましく、4.0質量%以下が更に好ましい。

[0081] (任意の粉末)

混合粉末は、任意の粉末を更に含んでもよい。任意の粉末として、例えば、上記以外の金属系粉末、金属酸化物、粉末潤滑剤、流動度改善剤等が挙げられる。なかでも、成形後の抜き出し圧力の低減を図るため、粉末潤滑剤を含有することが好ましい。

[0082] 粉末潤滑剤としては、例えば、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸カルシウム等の金属石鹸；ステアリン酸アミド、ステアリン酸ビスアミド、エチレンビスステアリン酸アミド等のアミド系潤滑剤などが挙げられる。粉末潤滑剤は、1種を単独で用いても、2種類以上を組み合わせ用いてもよい。

[0083] (製造方法及び組成の例)

粉末を混合する方法は特に限定されず、例えば、V型混合機、ダブルコーン型混合機等の混合機を使用する方法が挙げられる。

- [0084] 一実施形態によれば、好ましい混合粉末として、6.0～19質量%の硬質材料粉末と、1.0～13質量%の銅系粉末と、0.5～5.5質量%の炭素粉末と、残部である鉄系粉末、粉末潤滑剤及び不可避不純物とからなる組成物が挙げられる。好ましくは、混合粉末は、6.5～17質量%の硬質材料粉末と、1.5～11質量%の銅系粉末と、1.0～4.7質量%の炭素粉末と、残部である鉄系粉末、粉末潤滑剤及び不可避不純物とからなり、より好ましくは、混合粉末は、7.0～15質量%の硬質材料粉末と、2.0～9.0質量%の銅系粉末と、1.5～3.7質量%の炭素粉末と、残部である鉄系粉末、粉末潤滑剤及び不可避不純物とからなる。

[0085] [成形工程]

焼結軸受の製造方法は、前記混合粉末を圧縮成形し、成形体を得る工程を含む。成形には、例えば、型孔を有するダイ、型孔内に配置されるコアロッド、ダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する下パンチ、及びダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する上パンチを備えた金型を使用できる。成形圧力は、潤滑油を含浸させるため、成形体に適切な量の気孔を形成できる圧力とする。

- [0086] 一実施形態において、成形工程は、型孔を有するダイと、型孔内に配置されるコアロッドと、ダイの型孔と前記コアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する下パンチとから構成されるキャビティに、扁平状の銅系粉末を含有する混合粉末を充填し、混合粉末を、ダイの型孔とコアロッドの外周とに摺動自在に嵌合する上パンチと下パンチとにより圧縮成形することを含む。扁平状の銅系粉末として、例えば、銅箔粉が挙げられる。

- [0087] 成形工程においては、上述の混合粉末への粉末潤滑剤（内部潤滑剤）の添加に代えて、又は、粉末潤滑剤の添加と共に、金型に金型潤滑剤を塗布し、金型潤滑成形を行ってもよい。

[0088] [加熱工程]

焼結軸受の製造方法は、前記成形体を加熱し、焼結体を得る工程を含む。
加熱によって、任意で用いられる粉末潤滑剤等が除去され（脱脂工程）、焼結が進行し、焼結体が得られる（焼結工程）。

[0089] 焼結工程では、成形体を焼結し、焼結体を得る。好ましくは、水素と窒素の混合ガス中で加熱して焼結する。例えば、鉄系焼結体を得る場合、焼結温度が1,000℃以上であると、焼結が進行し、焼結体の十分な強度が得られる。また、焼結温度が1,050℃以下であると、パーライト相の量が増えることによって鉄基地が硬くなることを防止でき、回転軸の摩耗を防ぐことができる。このため、鉄系焼結体を得る場合は、焼結温度を1,000～1,050℃とすることが好ましい。

[0090] [任意の工程]

焼結軸受の製造方法は、他の任意の工程を更に含んでもよい。任意の工程として、高温の焼結体を冷却すること（冷却工程）、改質のために焼結体を加熱すること（熱処理工程）、焼結体を圧縮すること（圧縮工程）、焼結体に潤滑油を含浸させること（含油工程）等が挙げられる。

[0091] 含油工程において、焼結体に潤滑油を含浸させる方法として、真空含浸法が好ましく用いられる。潤滑油としては、上述の潤滑油を使用できる。潤滑油の粘度指数は、用途に応じて適切な粘度指数を選択する。

[0092] <焼結軸受装置>

[焼結軸受装置A]

一実施形態によれば、焼結軸受装置Aは、焼結軸受Aと、焼結軸受Aを支持するハウジングとを有する。焼結軸受Aは、上述のとおりである。

[0093] [焼結軸受装置B]

一実施形態によれば、焼結軸受装置Bは、焼結軸受と、該焼結軸受を支持するハウジングとを有し、前記焼結軸受が以下の特性を満たす。

回転軸を支持させ、該回転軸を3時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が55%以下である。

[0094] 気孔率の変化率は、上述の焼結軸受A1における測定方法に従い測定でき

る。焼結軸受装置 B は、焼結軸受 B として、焼結軸受 A を有することが好ましく、焼結軸受 A 1 を有することがより好ましい。

[0095] ハウジングは、焼結軸受を固定するために用いられ、形状及び材質は焼結軸受装置の用途に応じて定められる。

[0096] <回転装置>

[回転装置 A]

一実施形態によれば、回転装置は、回転軸と、該回転軸を支持する焼結軸受 A とを有する。焼結軸受 A は、上述のとおりである。

[0097] [回転装置 B]

一実施形態によれば、回転装置は、回転軸と該回転軸を支持する焼結軸受とを有し、前記焼結軸受が、以下の特性を満たす。

回転軸を 3 時間回転させた後の内径面の気孔率の変化率が 5 5 % 以下である。

[0098] 気孔率の変化率は、回転装置に備えられた回転軸を、該回転装置に備え付けられた状態で回転させる以外は、上述の焼結軸受 A 1 における測定方法に従い測定できる。すなわち、気孔率の変化率を測定する際の回転軸としては、回転装置 B が有する回転軸が使用される。回転は、回転装置の仕様に従い行うことができる。回転装置 B は、焼結軸受 B として、焼結軸受 A を有することが好ましく、焼結軸受 A 1 を有することがより好ましい。

[0099] 回転軸の大きさ及び材質は回転装置の用途に応じて定められる。回転軸は、好ましくは金属製であり、回転軸には、通常、溶製材が使用され、例えば、炭素鋼、ステンレス鋼が挙げられる。

実施例

[0100] 本発明の実施形態について実施例により具体的に説明する。本発明の実施形態は以下の実施例に限定されない。

[0101] <焼結軸受の作製>

[実施例 1]

(a) 混合粉末の調製には下記の原料粉末を用いた。平均粒径は、レーザ

一回折散乱式の粒子径分布測定装置を用いて測定した、体積基準の粒度分布におけるメジアン径（D50）である。

鉄系粉末：鉄石還元鉄粉、平均粒径100 μ m、DOWA IPクリエーション株式会社製「DHC250」

硬質材料粉末：ハイス鋼粉末、平均粒径50 μ m、三菱製鋼株式会社製「PX16」

銅系粉末：銅箔粉、平均粒径50 μ m、福田金属箔粉工業株式会社製「Cu-S-100」

炭素粉末：天然黒鉛粉、平均粒径60 μ m、日本黒鉛工業株式会社製「LCB150」

粉末潤滑剤：ステアリン酸亜鉛、日東化成株式会社製「Al-S t」

[0102] 上記粉末を表1に示す組成となるように配合し、混合機で混合し、混合粉末を得た。ステアリン酸亜鉛は、ステアリン酸亜鉛を除く原料粉末の合計を100質量%としたときに、原料粉末100質量%に対して0.5質量%の量を添加した。

[0103] [表1]

表1

	混合粉末				
	鉄系粉末	硬質材料粉末	銅系粉末	炭素粉末	粉末潤滑剤
	合計①（100質量%）				合計①に対する比率
実施例1	残部	10質量%	5質量%	3質量%	0.5質量%
比較例1	残部	---	5質量%	3質量%	0.5質量%

[0104] （b）混合粉末を金型に投入し、圧力を調整し、密度5.75g/cm³の成形体を得た。成形体の密度は、JIS Z 2501：1979に従い測定した。

（c）成形体を水素ガスと窒素ガスの混合ガス中で、1,030℃で0.5時間加熱し、中空円筒形の焼結体を得た。

（d）焼結体を、上記（b）で用いた金型と同じ金型を用い、上記（b）における圧力と同じ圧力で再圧縮し、円筒外径16.04mm、円筒内径10.02mm、円筒長さ10.00mmの焼結体を作製した。焼結体の密度

は 5.9 g/cm^3 、有効多孔率は 19% であった。焼結体の密度は、JIS Z 2501 : 2000 に従い測定した。有効多孔率は、JIS Z 2506 : 1979 に従い測定した。

(e) 焼結体の気孔に潤滑油（冷凍機油、粘度指数 84）を、真空含浸法により含浸させ、気孔内に潤滑油を含有する焼結軸受を得た。含油率は、23 体積% であった。含油率は、JIS Z 2501 : 1979 に従い測定した。

[0105] (焼結軸受の特性)

得られた焼結軸受は、フェライト相とパーライト相とを含む鉄基地と、鉄基地中に分散する硬質相と、銅相と、遊離黒鉛相とを有していた。焼結軸受の特性を、上述の説明及び以下に従い測定した。

[0106] (a) 気孔率の変化率の測定

(1) 焼結軸受の内径面を光学顕微鏡（株式会社ニコン製「ECLIPSE」、落射照明、倍率 1,000 倍）にて撮影し、内径面のカラー画像 I a を得た。撮影時、光量の目盛は最大にし、減光フィルタ ND 16 と、色温度変更フィルタ NCB 11 を使用した。撮影箇所は、焼結軸受に回転軸を支持させ、回転軸を回転させたときに、回転軸と接する箇所とした。撮影範囲は、1,000 倍の視野とした。

[0107] (2) カラー画像 I a を、画像分析ソフトウェア（三谷商事株式会社製「WinROOF」）を用いて、白黒モノクロ画像 I b（グレースケール）に変換した。白黒モノクロ画像 I b の濃度ヒストグラムを利用し、気孔とそれ以外の部分とに分けて二値化することができるように、濃度の閾値を 255 階調中の 0 ~ 70 階調に決定した。閾値 0 ~ 70 階調に基づき、白黒モノクロ画像 I b を二値化し、二値化画像 I c を得た。二値化画像 I c から、気孔率 I を求めた。

[0108] (3) 焼結軸受をハウジング（真鍮製）に圧入し、焼結軸受に、軸受試験機に取り付けた回転軸（軸受試験機：千穂田精衡株式会社製「4 連高速軸受試験機」、回転軸（シャフト）：S45C 製、直径 9.980 mm × 長さ 80

mm) を支持させた。クリアランスは $40\text{ }\mu\text{m}$ であった。シャフトと焼結軸受とは、シャフトの軸方向が地面に対して水平になるように設置した。ハウジングには垂直方向の荷重 (1 MPa) を加えた。室温 (25°C) で回転軸を 3 時間回転させた。回転の条件は、滑り速度 5 m/sec とした。

[0109] (4) 焼結軸受を取り出し、前記 (1) と同様に、内径面のカラー画像 I_1 を得た。撮影箇所は、回転軸と接していた箇所とした。

[0110] (5) 前記 (2) と同様にして、気孔率 I_1 を求めた。

[0111] (6) 下記式により、回転軸を 3 時間回転させた後の気孔率の変化率を求めた。変化率を表 2 に示す。

気孔率の変化率 (%) =

$$(\text{気孔率 } I - \text{気孔率 } I_1) / \text{気孔率 } I \times 100$$

[0112] また、3 時間回転後の内径面の光学顕微鏡写真を、図 4 に示す。撮影条件は、上記 (a) (1) と同じである。

[0113] (b) 鉄基地と硬質相の硬さの差

鉄基地と硬質相の硬さの差は、ビッカース硬さ試験機 (株式会社ミットヨ製「HM-200」) により測定した。ビッカース硬さ試験は、JIS Z 7725:2010 に規定されている方法に従った。焼結軸受の断面において、鉄基地に含まれるフェライト相とそれに接する硬質相について、気孔の影響を受けにくい箇所を選択して、それぞれビッカース硬さを測定し、ビッカース硬さの差 (差 (HV) = 硬質相のビッカース硬さ (HV) - フェライト相のビッカース硬さ (HV)) を求めた。図 5 は、焼結軸受の断面の光学顕微鏡写真である。図 5 中に、測定箇所の組み合わせの一例を示す。圧子を押し込む箇所を矢印で示した。(a) は硬質相であり、(b) はフェライト相である。同様にして 5 箇所のビッカース硬さの差を求め、得られたビッカース硬さの差 (5 箇所の差) の平均値を求め、平均値を鉄基地と硬質相の硬さの差とした。硬さの差を、表 2 に示す。

[0114] [比較例 1]

混合粉末の組成を上記表 1 に示す比率に変更した以外は、実施例 1 と同様

に焼結軸受を作製した。得られた焼結軸受の特性を表 2 に示す。3 時間回転後の内径面の光学顕微鏡写真を、図 6 に示す。

[0115] [表2]

表 2

	気孔率の変化率 (%)	硬さの差 (HV)
実施例 1	53	345
比較例 1	96	---

[0116] <焼結軸受の寿命特性及び摩耗量評価>

[寿命特性]

上述の (a) (3) と同様の方法に従い、回転軸を回転させ、焼結軸受の焼付きが起きるまでの回転時間 (摺動時間) を測定した。結果を表 3 に示す。3 時間回転後の内径面の気孔率の変化率が 5.5 % 以下である焼結軸受は、優れた寿命特性を示すことがわかる。また、硬質相を有する焼結軸受は、優れた寿命特性を示すことがわかる。

[0117] [摩耗量]

上述の (a) (3) と同様の方法に従い、回転軸を回転させ、焼結軸受の焼付きが起きたときの、焼結軸受の摩耗量を測定した。焼結軸受の摩耗量は、回転軸を回転させる前の内径寸法と、回転軸を支持させ、回転軸を回転させた後の内径寸法の差として求めた。結果を表 3 に示す。3 時間回転後の内径面の気孔率の変化率が 5.5 % 以下である焼結軸受は、摩耗量が少ないことがわかる。また、硬質相を有する焼結軸受は、摩耗量が少ないことがわかる。

[0118] [表3]

表 3

	摺動時間 (h)	摩耗量 (μm)
実施例 1	34	1
比較例 1	12	5

産業上の利用可能性

[0119] 一実施形態である焼結軸受は、自動車に装着する室内送風装置のファンモ

ータ及び座席駆動用モータ、情報機器又は音響機器に搭載されるスピンドルモータ等の各種モータ等に好ましく使用される。一実施形態によれば、焼結軸受は、回転軸が高周速及び／又は高面圧で回転する軸受として適している。

符号の説明

- [0120] 1 1 焼結軸受
1 2 内径面
1 3 端面
2 1 鉄基地
2 2 硬質相
2 3 気孔
2 4 銅相
2 5 炭素相
2 6 内径面
2 7 硬さの測定箇所
2 8 硬さの測定箇所
3 1 焼結軸受
3 2 金属棒
3 3 対物レンズ
3 4 実験台