

(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2017-179611

(P2017-179611A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

| | | |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| B 2 2 F 5/00 (2006.01) | B 2 2 F 5/00 | C 4 K O 1 8 |
| B 2 2 F 1/00 (2006.01) | B 2 2 F 1/00 | L |
| | B 2 2 F 1/00 | U |

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

| | | | |
|------------|-----------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2017-128425 (P2017-128425) | (71) 出願人 | 000102692 NTN株式会社 |
| (22) 出願日 | 平成29年6月30日 (2017. 6. 30) | | 大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号 |
| (62) 分割の表示 | 特願2016-64405 (P2016-64405) の分割 | (74) 代理人 | 100107423 弁理士 城村 邦彦 |
| 原出願日 | 平成24年7月24日 (2012. 7. 24) | (74) 代理人 | 100120949 弁理士 熊野 剛 |
| | | (72) 発明者 | 伊藤 容敬 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場 1 0 1 NTNアドバンストマテリアルズ 株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 後藤 隆宏 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場 1 0 1 NTNアドバンストマテリアルズ 株式会社内 |

最終頁に続く

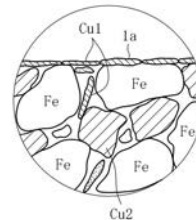
(54) 【発明の名称】 焼結軸受

(57) 【要約】

【課題】高い成形性と品質安定性を有し、かつ低コストで製作可能な焼結軸受を提供する。

【解決手段】焼結軸受 1 は、鉄粉および銅粉を主成分として形成され、銅の含有量が均一になったベース部 S 2 と、ベース部 S 2 の表面を覆い、ベース部 S 2 よりも銅の含有量が多い表面層 S 1 とを備える。銅粉として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい扁平銅粉 C u 1 と、通常銅粉 C u 2 とを用いる。通常銅粉 C u 2 の平均粒径は扁平銅粉 C u 1 の平均粒径よりも大きくする。

【選択図】 図 9



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

鉄粉で形成された鉄組織および銅粉で形成された銅組織を有する焼結軸受であって、銅の含有量が均一になったベース部と、ベース部の表面を覆い、ベース部よりも銅の含有量が多い表面層とを備え、

銅粉として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい扁平状の第一銅粉と、平均粒径が第一銅粉の平均粒径よりも大きい第二銅粉とを用いたことを特徴とする焼結軸受。

【請求項 2】

鉄粉で形成された鉄組織および銅粉で形成された銅組織を有する焼結軸受であって、銅の含有量が均一になったベース部と、ベース部の表面を覆い、ベース部よりも銅の含有量が多い表面層とを備え、

銅粉として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい扁平状の第一銅粉と、見かけ密度が第一銅粉の見かけ密度よりも大きい第二銅粉とを用いたことを特徴とする焼結軸受。

【請求項 3】

鉄粉の平均粒径を $60\ \mu\text{m} \sim 150\ \mu\text{m}$ 、第一銅粉の平均粒径を $20\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ 、第二銅粉の平均粒径を $50\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ とした請求項 1 または 2 記載の焼結軸受。

【請求項 4】

鉄組織をフェライト相で形成した請求項 1 ~ 3 何れか 1 項に記載の焼結軸受。

【請求項 5】

鉄組織を、フェライト相と、フェライト相の粒界に存在するパーライト相とで形成した請求項 1 ~ 3 何れか 1 項に記載の焼結軸受。

【請求項 6】

表面層の表面に面積比で 60% 以上の銅組織を形成した請求項 1 ~ 5 何れか 1 項に記載の焼結軸受。

【請求項 7】

さらに低融点金属粉を含有する請求項 1 ~ 6 何れか 1 項に記載の焼結軸受。

【請求項 8】

銅に対する低融点金属粉の割合を、重量比で 10% 未満にした請求項 7 に記載の焼結軸受。

【請求項 9】

さらに固体潤滑剤粉を含有する請求項 1 ~ 8 何れか 1 項に記載の焼結軸受。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、鉄粉および銅粉を主成分とした焼結金属からなる焼結軸受に関する。

【背景技術】**【0002】**

鉄粉および銅粉を主成分とするいわゆる銅鉄系の焼結軸受として、特開 2006 - 299347 号 (特許文献 1) に記載された焼結軸受が公知である。この焼結軸受は、鉄系の原料粉末と銅系原料粉末を使用したものであり、銅系原料粉末として、鉄系原料粉末よりも平均直径が小さく、かつアスペクト比が大きな扁平状の銅系扁平原料粉末と、この銅系扁平原料粉末より平均直径が小さい銅系小原料粉末とを用いている。圧粉体を成形する際には、鉄系原料粉末、銅系扁平原料粉末、および銅系小原料粉末を混合したものを成形金型に充填し、その後、原料粉末に振動を与えることで、銅系扁平原料粉末を圧粉体の表面側に偏析させるようにしている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2006 - 299347 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載された発明においては、銅系小原料粉末の平均直径を銅系扁平原料粉末のそれより小さくしている。銅系小原料粉末の配合割合は特許文献1に明記されていないが、相当量使用するのが通常であるから、原料粉末にはかなりの割合で他の主要粉末より平均直径が小さい銅系小原料粉末が含まれていると考えられる。その結果、原料粉末の流動性が悪くなる傾向にある。原料粉末の流動性が低下すると、圧粉体の成形性が低下し、さらには粒径の小さい銅系小原料粉末が偏析し易くなって量産品での銅の含有量を不均一化させる等の問題を生じる。また、平均直径が小さい銅系小原料粉末を準備するために、銅粉末を篩にかけて入念に選別する必要があり、粉末コストが高騰する問題もある。

10

【0005】

そこで、本発明は、高い成形性と品質安定性を有し、かつ低コストで製作可能な銅鉄系の焼結軸受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】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明にかかる焼結軸受は、鉄粉で形成された鉄組織および銅粉で形成された銅組織を有する焼結軸受であって、銅の含有量が均一になったベース部と、ベース部の表面を覆い、ベース部よりも銅の含有量が多い表面層とを備え、銅粉として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい扁平状の第一銅粉と、平均粒径が第一銅粉の平均粒径よりも大きい第二銅粉とを用いたことを特徴とするものである。

20

【0007】

扁平状の第一銅粉は原料粉の成形時に金型成形面に付着する性質を有する。そのため成形後の圧粉体は表面層に多くの銅が含まれる。その一方で芯部では銅の含有量が少なくなる。従って、焼結後の焼結体には、銅の含有量の多い表面層と、これよりも銅の含有量が少ないベース部とが形成される。

【0008】

このように表面層での銅の含有量を多くすることで、軸受として使用する際の初期なじみ性および静粛性の向上を図ることができる。また、軸に対する攻撃性も低くなるので、耐久寿命が向上する。これらの作用効果は、表面層の表面に面積比で60%以上の銅組織（銅を主成分とする組織）を形成することで、より顕著に得ることができる。さらに、ベース部は、表面層に比べて銅の含有量が少なく、かつ鉄の含有量が多い硬質組織となっている。このように軸受のほとんどの部分を占めるベース部で鉄の含有量が多くなっているので、軸受全体での銅の使用量を削減することができ、大幅な低コスト化を達成することができる。

30

【0009】

特に本願発明では、第二銅粉の平均粒径を扁平状の第一銅粉の平均粒径よりも大きくしている。これは、第二銅粉の見かけ密度が扁平状の第一銅粉の見かけ密度よりも大きいことを意味する。かかる構成から、原料粉末に含まれる主要粉末の粒径の差を小さくして原料粉末の流動性を向上させることができ、圧粉体を成形する際の成形性の向上、あるいは各種粉末の偏析防止を図ることができる。また、篩による第一銅粉の選別をラフに行えるので、粉末コストの低減による低コスト化を達成することもできる。

40

【0010】

かかる効果を得るためには、鉄粉の平均粒径を $60\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ 、第一銅粉の平均粒径を $20\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 、第二銅粉の平均粒径を $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ とするのが好ましい。

【0011】

鉄組織（鉄を主成分とする組織）をフェライト相で形成することで、表面層の摩耗により鉄組織を多く含むベース部が露出した際にも、軸受面の軸に対する攻撃性を弱くすることができる。

【0012】

50

その一方で、鉄組織がフェライト相で形成されていると、表面層が摩耗してベース部が露出した際に軸受面の耐摩耗性が低下する。これが問題となる場合、焼結時に鉄を炭素と反応させることで、鉄組織をフェライト相と、フェライト相の粒界に存在するパーライト相とで形成することができる。かかる構成であれば、硬質のパーライト相がフェライト相の耐摩耗性を補うため、軸受面の摩耗を抑制することができる。その一方で炭素が拡散してパーライトの存在割合が過剰になると、軸に対する攻撃性が増して軸が摩耗しやすくなる。かかる観点から、パーライト相はフェライト相の粒界に存在（点在）する程度とする（図12参照）。

【0013】

上記のように第二銅粉の平均粒径を扁平状の第一銅粉よりも大きくした場合、銅組織の粒径が大きくなるために、鉄組織と銅組織の結合力が低下するおそれがある。これを補うために原料粉末に低融点金属粉を添加する。低融点金属粉の添加により、焼結時に溶融した低融点金属によって鉄粒子と銅粒子が結合されるので、軸受強度の低下を最小限に抑えることができる。一般に低融点金属の含有量が増えれば、それだけ軸受の強度が増すが、その一方で、扁平銅粉は、Cu-Snの液相状態では表面張力により丸くなって球形化する。球形化した扁平銅が増えると、軸受表面における銅組織の占める面積が減少して初期なじみ性・静粛性の改善、相手材への攻撃性低減といった効果を達成できない。以上の観点から、銅に対する低融点金属の割合は10重量%未満とする。

【0014】

さらに固体潤滑剤粉を包含させることで、軸受面の低摩擦化を図ることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、原料粉末の流動性が向上するため、圧粉体を成形する際の成形性の向上や各種粉末の偏析防止を図ることができる。また、粉末コストを抑制することもできる。従って、高い成形性と品質安定性を有する安価な焼結軸受を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明にかかる焼結軸受の断面図である。

【図2】上段は扁平銅粉の側面図、下段は扁平銅粉の平面図である。

【図3】互いに付着した扁平銅粉と鱗状黒鉛を示す側面図である。

【図4】扁平銅粉（第一銅粉）の顕微鏡写真を示す図である。

【図5】通常銅粉（第二銅粉）の顕微鏡写真を示す図である。

【図6】鉄粉の顕微鏡写真を示す図である。

【図7】金型による圧粉体の成形工程を示す断面図である。

【図8】図7中の領域Qの拡大断面図である。

【図9】図1中の領域Pの拡大断面図である。

【図10】軸受の半径方向における銅の含有率の変化を示す図である。

【図11】本発明にかかる焼結軸受の一実施形態における成分表である。

【図12】ベース部の粒界組織を拡大して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。

【0018】

図1に示すように、焼結軸受1は、内周に軸受面1aを有する円筒状に形成される。焼結軸受1の内周にステンレス鋼等からなる軸2を挿入し、その状態で軸を回転させ、あるいは軸受1を回転させると、焼結軸受1の無数の空孔に保持された潤滑油が温度上昇に伴って軸受面1aに滲み出す。この滲み出した潤滑油によって、軸の外周面と軸受面1aの間の軸受隙間に油膜が形成され、軸2が軸受1によって相対回転可能に支持される。

【0019】

10

20

30

40

50

本発明の軸受1は、各種粉末を混合した原料粉を金型に充填し、これを圧縮して圧粉体を成形した後、圧粉体を焼結することで形成される。

【0020】

原料粉は、銅粉、鉄粉、低融点金属粉、および固体潤滑剤粉を主成分とする混合粉末である。この混合粉末には、必要に応じて各種成形助剤、例えば離型性向上のための潤滑剤（金属セッケン等）が添加される。以下、原料粉および軸受の製造手順を詳細に述べる。

【0021】

[銅粉]

銅粉としては、第一銅粉Cu1としての扁平銅粉（箔状銅粉とも呼ばれる）と、第二銅粉Cu2としての通常銅粉の二種類が用いられる。

【0022】

扁平銅粉Cu1は、アトマイズ粉等からなる原料銅粉を搗碎（Stamping）することで扁平化させたものである。扁平銅粉としては、平均粒径 $20\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ （望ましくは $30\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ ）程度、見かけ密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 以下、アスペクト比 $20 \sim 60$ 程度のものを使用する。見かけ密度の定義は、JIS Z 8901の規定に準じる（以下、同じ）。アスペクト比は、粒子の長さをL、厚さをtとして L/t で表される（ここでいう「長さ」および「厚さ」は、図2に示すように個々の扁平銅粉3の幾何学的な最大寸法をいう：以下、同じ）。例えば長さLが $20\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 程度、厚さtが $0.5\mu\text{m} \sim 2.0\mu\text{m}$ 程度のものが扁平銅粉として使用可能である。扁平銅粉のアスペクト比は、後述の通常銅粉や鉄粉のアスペクト比よりも大きく、概ね数倍～数十倍の値となる。以上のサイズ、及び見かけ密度の扁平銅粉であれば、金型成形面に対する扁平銅粉の付着力が高まるため、金型成形面に多量の扁平銅粉を付着させることができる。本実施形態において使用された扁平銅粉の顕微鏡写真を図4に示している。

【0023】

ここで、扁平銅粉の平均粒径は、例えばレーザ回折散乱法に基づいて測定することができる。この測定方法は、粒子群にレーザ光を照射し、そこから発せられる回折・散乱光の強度分布パターンから計算によって粒度分布、さらには平均粒径を求めるもので、測定装置として、例えば株式会社島津製作所のSALD31000が使用される。見かけ密度はJIS Z 2504に基づいて測定することができる。以上に述べた平均粒径および見かけ密度の測定方法は、以下に述べる各粉末でも適用される。

【0024】

通常銅粉Cu2としては、焼結軸受用として汎用されている球状や樹枝状の銅粉が広く使用可能であり、例えば還元粉、電解粉、アトマイズ粉等が用いられる。なお、これらの混合粉も使用可能である。本実施形態では含油性に優れたアトマイズ銅粉を使用している。アトマイズ銅粉は表面に多数の凹凸を有する多孔質体であり、不規則形状をなすが、粒子全体の形状は概ね球形である。通常銅粉としては、平均粒径 $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ （望ましくは $60\mu\text{m} \sim 80\mu\text{m}$ ）程度、見かけ密度 $2.0\text{g}/\text{cm}^3 \sim 3.0\text{g}/\text{cm}^3$ （望ましくは $2.4\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.8\text{g}/\text{cm}^3$ ）程度、アスペクト比 $1 \sim 3$ 程度のものを使用する。銅粉として扁平銅粉だけを使用したのでは、扁平銅粉の密度が小さいために、圧粉体の成形時に固まりにくくなるが、通常銅粉と併せて使用することで、圧粉体の成形性を高めることができる。本実施形態において使用された通常銅粉の顕微鏡写真を図5に示している。

【0025】

[鉄粉]

鉄粉Feとしては、還元鉄粉、アトマイズ鉄粉等の公知の粉末が広く使用可能である。本実施形態では、含油性に優れた還元鉄粉を使用する。還元鉄粉は、略球形でありながら不規則形状でかつ多孔質状をなし、表面に微小な凹凸を有する海綿状となることから、海綿鉄粉とも呼ばれる。鉄粉としては、平均粒径 $60\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ （望ましくは $80\mu\text{m} \sim 120\mu\text{m}$ ）程度、見かけ密度 $2.0\text{g}/\text{cm}^3 \sim 3.0\text{g}/\text{cm}^3$ （望ましくは $2.4\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.6\text{g}/\text{cm}^3$ ）程度、アスペクト比 $1 \sim 3$ 程度のものを使用する。なお

10

20

30

40

50

、鉄粉に含まれる酸素量は0.2重量%以下とする。本実施形態において使用された鉄粉の顕微鏡写真を図6に示している。

【0026】

[流体潤滑剤]

金型成形面に扁平銅粉を付着させるため、扁平銅粉には予め流体潤滑剤を付着させておく。この流体潤滑剤は、原料粉末の金型充填前に扁平銅粉に付着させていけばよく、好ましくは原料粉の混合前、さらに好ましくは原料銅粉を搗碎する段階で原料銅粉に付着させる。搗碎後、他の原料粉体と混合するまでの間に扁平銅粉に流体潤滑剤を供給し、攪拌する等の手段で扁平銅粉に流体潤滑剤を付着させてもよい。金型成形面上の扁平銅粉の付着量を確保するため、扁平銅粉に対する流体潤滑剤の配合割合は、重量比で0.1重量%以上とし、また扁平銅粉同士の付着による凝集を防止するため、上記配合割合は0.8重量%以下とする。望ましくは上記配合割合の下限は0.2重量%以上とし、上限は0.7重量%とする(例えば0.3重量%とする)。流体潤滑剤としては、脂肪酸、特に直鎖飽和脂肪酸が好ましい。この種の脂肪酸は、 $C_{n-1}H_{2n-1}COOH$ の一般式で表される。この脂肪酸としては、 C_n が12~22の範囲のもので、具体例として例えばステアリン酸を使用することができる。

10

【0027】

[低融点金属粉]

低融点金属粉は、焼結温度よりも低融点の金属粉であり、本発明では、融点が700以下の金属粉、例えば錫、亜鉛、リン等の粉末が使用される。この中でも焼結時の蒸散が少ない錫粉、特に水アトマイズ錫粉が好ましい。錫粉としては、平均粒径 $20\mu m \sim 60\mu m$ (望ましくは $30\mu m \sim 40\mu m$)程度、見かけ密度 $1.5g/cm^3 \sim 2.5g/cm^3$ (望ましくは $1.8g/cm^3 \sim 2.2g/cm^3$)程度のものが使用される。低融点金属粉は銅に対して高いぬれ性を持つため、原料粉に配合することで、液相焼結が進行し、鉄組織と銅組織や銅組織同士の結合強度が強化される。低融点金属の配合量が増えるほど金属組織の強度は高まるが、本発明のように扁平銅粉を使用した場合、低融点金属の量が多すぎると、上記のとおり扁平銅粉が球形化し、軸受面での銅の面積が低下する不具合が生じる。従来銅系焼結軸受や銅鉄系焼結軸受では、銅に対して10重量%程度の低融点金属を配合するのが一般的であるが、本発明では、上記の理由から銅に対する低融点金属の割合を重量比で10重量%未満(望ましくは8.0重量%以下)とする。

20

30

【0028】

[固体潤滑剤粉]

固体潤滑剤粉は、軸2との摺動による金属接触時の摩擦低減のために添加され、例えば黒鉛が使用される。この時、黒鉛としては、扁平銅粉に対する付着性が得られるように、鱗状黒鉛を使用するのが望ましい。固体潤滑剤粉としては平均粒径 $20\mu m \sim 60\mu m$ (望ましくは $30\mu m \sim 40\mu m$)程度、見かけ密度 $0.1g/cm^3 \sim 0.6g/cm^3$ (望ましくは $0.2g/cm^3 \sim 0.4g/cm^3$)程度のものが使用される。固体潤滑剤粉としては、黒鉛の他に二硫化モリブデン粉も使用することができる。二硫化モリブデン粉は層状結晶構造を有して層状に剥離するため、鱗状黒鉛と同様に扁平銅粉に対する付着性が得られる。

40

【0029】

[配合比]

上記各粉末を配合した原料粉は、銅粉を18重量%以上40重量%以下、低融点金属粉(例えば錫粉)を1重量%以上4重量%以下、固体潤滑剤粉(例えば黒鉛粉)を0.5~2.5重量%配合し、残部を鉄粉とするのが望ましい。

【0030】

本発明では、後述のように、原料粉の金型への充填時に扁平銅粉を金型に層状に付着させている。原料粉における扁平銅の配合割合が8重量%を下回ると、金型への扁平銅の付着量が不十分となって本願発明の作用効果が期待できない。また、銅リッチの表層部S1(後述する)が摩耗により消失した際に、軸受面となるベース部S2の表面の軸に対する

50

攻撃性を低下させるため、ベース部52が少なくとも10重量%以上の銅組織を有することが必要となる。よって、銅粉の配合割合は両者の合計である18重量%以上とする。その一方で、銅粉の割合が40重量%を超えると、銅粉の使用量が過剰となり、扁平銅粉を使用することによるコストメリットが乏しくなる。以上から、原料粉における銅粉の配合量は18重量%以上40重量%以下とする。また、原料粉における扁平銅粉の配合量は8重量%以上20重量%以下、望ましくは8重量%以上20重量%以下とする。20重量%以下が好ましい理由は、扁平銅粉の金型への付着量は20重量%程度で飽和し、これ以上配合量を増しても、高コストの扁平銅粉を使用することによるコストアップが問題となるためである。

【0031】

低融点金属粉の割合が1重量%を下回ると軸受の強度を確保できず、4重量%を超えると、上記のとおり扁平銅粉の球形化の問題が生じる。また、固体潤滑剤粉の割合が0.5重量%を下回ると、軸受面における摩擦低減効果が得られず、2.5重量%を超えると強度低下等を招く。以上から、低融点金属粉は1重量%以上4重量%以下、固体潤滑剤粉は0.5~2.5重量%配合する。なお、上記のとおり銅粉に対する低融点金属粉の配合割合は10重量%未満(望ましくは8重量%以下)とするのが望ましい。

【0032】

上述した各種原料粉末の配合比で特に好ましいものを図11に示す。図示のように、扁平銅粉を8重量%以上10重量%以下、通常銅粉を10重量%以上12重量%以下、低融点金属粉を1.2重量%以上2.0重量%以下(例えば1.2重量%)、固体潤滑剤粉を0.6重量%以上1.0重量%以下(例えば0.8重量%)とするのが特に好ましい。

【0033】

[混合]

以上に述べた各粉末の混合は、2回に分けて行うのが望ましい。まず、一次混合として、鱗状黒鉛粉および予め流体潤滑剤を付着させた扁平銅粉を公知の混合機で混合する。次いで、二次混合として、一次混合粉に鉄粉、通常銅粉、および低融点金属粉を添加して混合し、さらに必要に応じて黒鉛粉も添加・混合する。扁平銅粉は、各種原料粉末の中でも見かけ密度が低いため、原料粉中に均一に分散させるのが難しいが、一次混合で見かけ密度が同レベルの扁平銅粉と黒鉛粉とを予め混合しておく、扁平銅粉に付着した流体潤滑剤等により、図3に示すように、扁平銅粉Cu1と黒鉛粉Cが互いに付着して層状に重なり、扁平銅粉の見かけ密度が高まる。そのため、二次混合時に原料粉末中に扁平銅粉を均一に分散させることが可能となる。一次混合時に、別途潤滑剤を添加すれば、扁平銅粉と黒鉛粉の付着がさらに促進されるため、二次混合時に扁平銅粉をより均一に分散させることが可能となる。ここで添加する潤滑剤としては、上記流体潤滑剤と同種または異種の流体状潤滑剤の他、粉末状のものも使用可能である。例えば上述した金属セッケン等の成形助剤は一般に粉状でありながら、ある程度の付着力を有するので、扁平銅粉と黒鉛粉の付着より促進させることができる。

【0034】

図3に示す扁平銅粉Cu1と鱗状黒鉛粉Cとの付着状態は、二次混合後もある程度保持されるため、原料粉末を金型に充填した際には、金型表面に扁平銅粉と共に多くの黒鉛粉が付着することとなる。

【0035】

[成形]

二次混合後の原料粉末は成形機の金型6に供給される。図7示すように、金型6は、コア6a、ダイ6b、上パンチ6c、および下パンチ6dからなり、これらによって区画されたキャビティに原料粉末が充填される。上下パンチ6c, 6dを接近させて原料粉体を圧縮すると、原料粉末が、コア6aの外周面、ダイ6bの内周面、上パンチ6cの端面、および下パンチ6dの端面からなる成形面によって成形され、円筒状の圧粉体9が得られる。

【0036】

10

20

30

40

50

原料粉体における金属粉の中では、扁平銅粉Cu1の見かけ密度が最も小さい。また、扁平銅粉Cu1は、上記長さLおよび厚さtを有する箔状であり、単位重量あたりの幅広面の面積が大きい。そのため、扁平銅粉は、その表面に付着した流体潤滑剤による付着力、さらには静電気等の影響を受けやすくなり、原料粉の金型6への充填後は、図8に拡大して示すように、扁平銅粉Cu1がその幅広面を成形面61に向け、かつ複数層(1層~3層程度)重なった層状態となって成形面61の全域に付着する。この際、扁平銅粉Cu1に付着した鱗状黒鉛も扁平銅粉Cu1に付随して金型の成形面61に付着する(図8では黒鉛の図示を省略)。その一方で、扁平銅粉Cu1の層状組織の内側領域(キャビティ中心側となる領域)では、鉄粉Fe、通常銅粉Cu2、および低融点金属(錫)粉Snが略均一に分散した状態となる。成形後の圧粉体9は、このような各粉末の分布状態をほぼそのまま保持している。

【0037】

[焼結]

その後、圧粉体9は焼結炉にて焼結される。焼結条件は、黒鉛に含まれる炭素が鉄と反応しない(炭素の拡散が生じない)条件とする。鉄-炭素の平衡状態では、723に変態点があり、これを超える鉄と炭素の反応が始まって、鋼組織中にパーライト相Feが生じるが、焼結では900を超えてから炭素(黒鉛)と鉄の反応が始まり、パーライト相Feが生じる。パーライト相Feは硬い組織(HV300以上)で相手材に対する攻撃性が強いため、過剰にパーライト相が析出すると軸2の摩耗を進行させるおそれがある。

【0038】

また、従来の焼結軸受の製造工程では、焼結雰囲気として、液化石油ガス(ブタン、プロパン等)と空気を混合してNi触媒で熱分解させた吸熱型ガス(RXガス)を使用する場合が多い。しかしながら、吸熱型ガス(RXガス)では炭素が拡散して表面を硬化させるおそれがあり、同様の問題を生じる。

【0039】

以上の観点から、本発明では、焼結は900以下の低温焼結、具体的には700(望ましくは760)~840の焼結温度とする。また、焼結雰囲気は、炭素を含有しないガス雰囲気(水素ガス、窒素ガス、アルゴンガス等)あるいは真空とする。これらの対策により、原料粉では炭素と鉄の反応が生じず、従って焼結後の鉄組織は全て軟らかいフェライト相Fe(HV200以下)となる。焼結に伴い、上記流体潤滑剤、その他の潤滑剤、各種成形助剤は焼結体内部から揮散する。

【0040】

以上に述べた焼結工程を経ることで、多孔質の焼結体を得られる。この焼結体にサイジングを施し、さらに真空含浸等の手法で潤滑油を含浸させることにより、図1に示す焼結軸受1が完成する。なお、用途によっては、潤滑油の含浸工程を省略し、無給油下で使用する焼結軸受1とすることもできる。

【0041】

以上の製作工程を経た焼結軸受1の表面付近(図1中の領域P)の金属組織を図9に概略図示する。なお、図9では銅組織にハッチングを付し(扁平銅粉Cu1と通常銅粉Cu2でハッチング線の向きを逆にしている)、黒鉛に散点模様を付している。

【0042】

本発明の焼結軸受1では、金型成形面61に扁平銅Cu1を層状に付着させた状態で圧粉体9が成形され、この層状扁平銅Cu1が焼結されていることに由来して、図9に示すように、軸受1の軸受面1aを含む表面全体に銅濃度の高い表面層S1が形成される。しかも、扁平銅Cu1の幅広面が成形面61に付着していたこともあり、表面層S1の銅組織の多くが扁平状で、かつその幅広面を表面に向けた状態に配向されている。表面層S1の厚さは金型成形面61に層状に付着した扁平銅の厚さに相当し、概ね1 μ m~6 μ m程度である。表面層S1の任意断面では、銅組織の面積は鉄組織の面積よりも大きく、具体的には60%以上が銅組織となる。

10

20

30

40

50

【0043】

表面層S1よりも内側のベース部S2は、基本的に表面層S1に覆われている。図10に示すように、ベース部S2における銅の含有量は、表面層S1での銅の含有量よりも少なく、表面層S1からベース部S2へ移行する際に銅の含有量が急激に低下している。また、ベース部S2の各部における銅の含有量(重量%)は各部で均一になっている。

【0044】

以上の構成から、軸受面1aを含む表面層S1の表面全体で、鉄組織に対する銅組織の面積比が60%以上となる。そのため、焼結軸受1の初期なじみ性および静粛性を向上させることができる。また、軸受1に含まれる鉄組織が全てフェライト相Feであるので、仮に表面層S1が摩耗してベース部S2の鉄組織が表面に現れていても、軸受面を軟質化することができ、軸2に対する攻撃性を弱めることができる。

10

【0045】

その一方で、表面層S1の内側のベース部S2は、表面層S1に比べて銅の含有量が少なく、かつ鉄の含有量が多い硬質組織となっている。このように軸受1のほとんどの部分を占めるベース部S2で鉄の含有量が多くなっているため、軸受1全体での銅の使用量を削減することができ、銅系焼結軸受に比べて大幅な低コスト化を達成することができる。さらに、表面層S1が軸2との摺動で摩耗し、軸受面1aに鉄組織を多く含むベース部S2が現れた際にも、鉄組織がフェライト相Feであるため、銅の含有量を少なくした状態でも軸2に対する攻撃性を弱くすることができ、軸受としての耐久性を確保できる。この耐久性は、ベース部S2における銅組織の含有量が少なくとも10重量%以上あれば十分に得られる。

20

【0046】

このように本発明では、扁平銅粉を使用し、これを金型成形面61に付着させた状態で圧粉体を成形することで、表面層S1での銅の含有量を高めると共に、表面層S1以外では鉄の含有量を高めることとし、銅組織と鉄組織の最適分布を実現させている。また、鉄組織を意図的にフェライト相Feとすることで、銅リッチの表面層S1が摩耗した際の軸2の摩耗抑制も図っている。従って、耐久性の向上と銅の使用量削減による低コスト化とを両立することが可能となる。

【0047】

加えて、軸受面1aを含む表面全体に遊離黒鉛が析出しており、しかも扁平銅粉Cu1に付随する形で金型成形面61に鱗状黒鉛を付着させているため、表面層S1における遊離黒鉛の含有率も高い。そのため、軸受面1aを低摩擦化することができ、軸受1の耐久性を増すことができる。また、表面層S1とベース部S2の双方で銅組織と鉄組織を低融点金属で結合させており、銅組織と鉄組織の間、および銅組織同士の間で高い結合強度が得られている。そのため、従来の青銅系焼結軸受に比べて、軸受1全体の強度が増し、かつ耐久性も向上する。さらに、限界PV値を $PV > 200 \text{ MPa} \cdot \text{m} / \text{min}$ を達成することも可能で、そのような使用条件下でも低摩擦となり、今後見込まれるさらなる負荷容量の増大や高速回転化にも対応可能となる。従って、本発明によれば、青銅系軸受および鉄系焼結軸受(あるいは鉄銅焼結軸受)の双方のメリットのみを有する焼結軸受を得ることができる。

30

40

【0048】

図4と図5との対比からも明らかなように、本発明では第二銅粉としての通常銅粉Cu2の平均粒径が第一銅粉としての扁平銅粉Cu1の平均粒径よりも大きい。これは、通常銅粉の見かけ密度が扁平銅粉の見かけ密度よりも大きいことを意味する。また、図4~図6の対比から明らかなように、鉄粉Feの平均粒径は、扁平銅粉Cu1および通常銅粉Cu2の平均粒径よりも大きい。かかる構成から、原料粉末に含まれる主要粉末(扁平銅粉Cu1、通常銅粉Cu2、鉄粉Fe)の平均粒径は若干の差があるにしても、特許文献1に記載の発明に比べればその差を小さくすることができる。そのため、原料粉末の流動性を向上させることができ、圧粉体を成形する際の成形性の向上、あるいは各種粉末の偏析防止を図ることができる。また、篩による通常銅粉の選別をラフに行えるので、粉末コス

50

トの低減による低コスト化を達成することができる。従って、圧粉体を成形する際の成形性の向上や各種粉末の偏析防止を図ることができ、かつ粉末コストを抑制することもできる。以上から、高い成形性と品質安定性を有する安価な銅鉄系の焼結軸受を提供することが可能となる。

【0049】

このように通常銅粉の平均粒径を扁平銅粉の平均粒径よりも大きくした場合、銅粉全体の粒径が大きくなるために、鉄粒子と銅粒子の結合力が低下するおそれがあるが、原料粉末に適量の低融点金属粉を添加することで鉄組織と銅組織を強固に結合することができる。そのため、軸受強度の低下を最小限に抑えることができる。

【0050】

[他の実施形態]

以上に述べた第一の実施形態では、鉄組織を全てフェライト相で形成しているが、かかる構成では、軸受の使用条件（例えば高面圧で使用する場合）等により、表面層が摩耗してベース部S2が露出した際に軸受面の耐摩耗性が不十分となる場合がある。

【0051】

この場合、鉄組織を、フェライト相とパーライト相の二相組織にすれば、硬質のパーライト相が耐摩耗性の向上に寄与し、高面圧下での軸受面の摩耗を抑制して軸受寿命を向上させることができる（第二の実施形態）。炭素が拡散することにより、パーライト Fe の存在割合が過剰となり、フェライト Fe と同等レベルの割合になると、パーライトによる軸に対する攻撃性が著しく増して軸が摩耗しやすくなる。これを防止するため、図12に示すように、パーライト相 (Fe) はフェライト相 (Fe) の粒界に存在（点在）する程度に抑える。ここでいう「粒界」は、フェライト相の間やフェライト相と他の粒子との間に形成される粒界の他、フェライト相 (Fe) 中の結晶粒界10の双方を意味する。図12では、前者の粒界に存在するパーライト相を Fe1で表し、後者の粒界に存在するパーライト相を Fe2で表している。フェライト相 Fe に対するパーライト相 Fe (Fe1 + Fe2) の割合は、ベース部S2の任意断面において、面積比で5~20%とするのが望ましい。

【0052】

パーライトの成長速度は、主に焼結温度に依存する。従って、上記の態様でパーライト相をフェライト相の粒界に存在させるためには、第一の実施形態よりも焼結温度を上げて820~900程度とし、かつ炉内雰囲気として炭素を含むガス、例えば天然ガスや吸熱型ガス(RXガス)を用いて焼結する。これにより、焼結時にはガスに含まれる炭素が鉄に拡散し、パーライト相 Fe を形成することができる。なお、900を越える温度で焼結すると、黒鉛粉中の炭素が鉄と反応する。これ以外の構成、例えば原料粉体の組成や製造手順等は、第一の実施形態と共通であるので、重複説明を省略する。

【0053】

なお、以上の説明では、本発明を、軸受面1aを真円形状とした真円軸受に適用する場合を例示したが、本発明は真円軸受に限らず、軸受面1aや軸2の外周面にヘリングボーン溝、スパイラル溝等の動圧発生部を設けた流体動圧軸受にも同様に適用することができる。

【符号の説明】

【0054】

| | |
|-------|------------|
| 1 | 軸受 |
| 1 a | 軸受面 |
| 2 | 軸 |
| 6 | 金型 |
| 9 | 圧粉体 |
| 6 1 | 成形面 |
| C u 1 | 扁平銅粉（第一銅粉） |
| C u 2 | 通常銅粉（第二銅粉） |

10

20

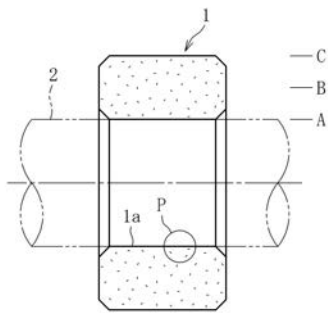
30

40

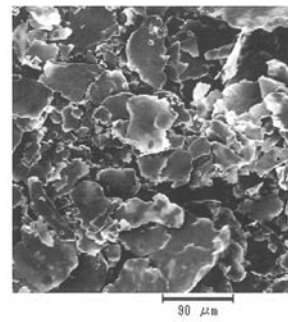
50

L 扁平銅粉の長さ
t 扁平銅粉の厚さ

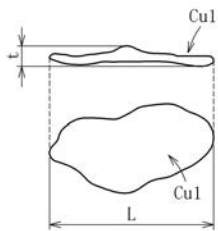
【 図 1 】



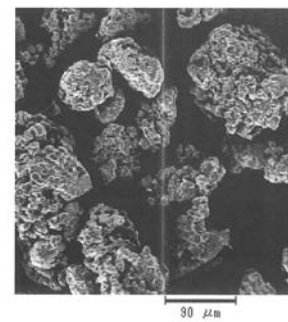
【 図 4 】



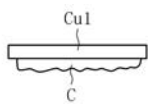
【 図 2 】



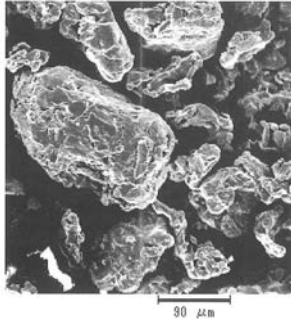
【 図 5 】



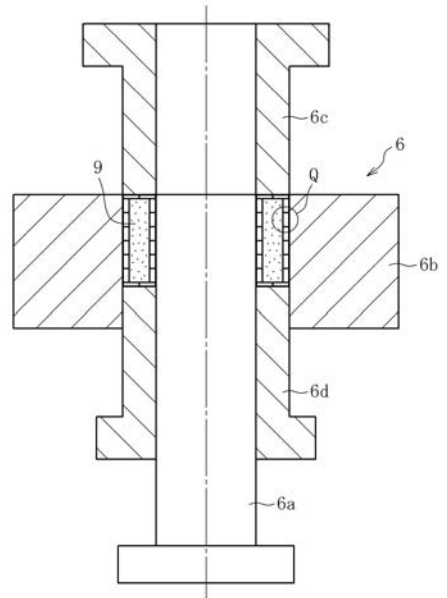
【 図 3 】



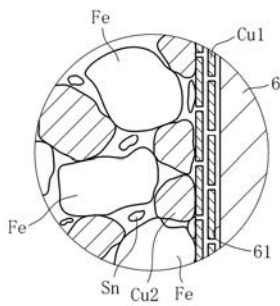
【 図 6 】



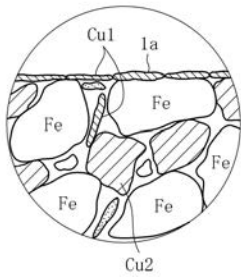
【 図 7 】



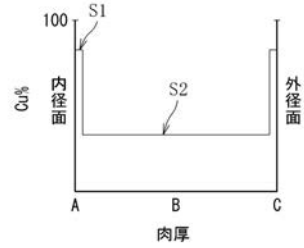
【 図 8 】



【 図 9 】



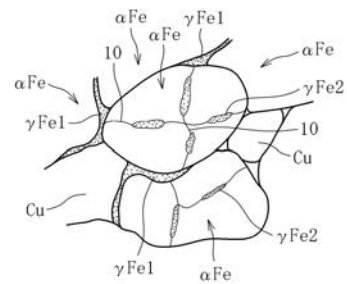
【 図 10 】



【 図 11 】

| Fe | Cu(扁平銅粉) | Cu(通常銅粉) | Sn | C |
|----|----------|----------|---------|---------|
| 残 | 8~10 | 10~12 | 1.0~2.0 | 0.6~1.0 |

【 図 12 】



【手続補正書】

【提出日】平成29年7月28日(2017.7.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄粉で形成された鉄組織および銅粉で形成された銅組織を有する焼結軸受であって、銅の含有量が均一になったベース部と、ベース部の表面を覆い、ベース部よりも銅の含有量が多い表面層とを備え、

表面層の表面では、銅組織の面積が鉄組織の面積よりも大きく、

前記銅組織として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい箔状銅粉からなる第一銅粉を焼結した組織と、第二銅粉を焼結した組織とを有し、前記鉄粉、第一銅粉、および第二銅粉の中で、第一銅粉の見かけ密度が最も小さく、

前記鉄組織をフェライト相で形成したことを特徴とする焼結軸受。

【請求項2】

鉄粉で形成された鉄組織および銅粉で形成された銅組織を有する焼結軸受であって、銅の含有量が均一になったベース部と、ベース部の表面を覆い、ベース部よりも銅の含有量が多い表面層とを備え、

表面層の表面では、銅組織の面積が鉄組織の面積よりも大きく、

前記銅組織として、アスペクト比が鉄粉よりも大きい箔状銅粉からなる第一銅粉を焼結した組織と、第二銅粉を焼結した組織とを有し、前記鉄粉、第一銅粉、および第二銅粉の中で、第一銅粉の見かけ密度が最も小さく、

前記鉄組織を、フェライト相と、フェライト相の粒界に存在するパーライト相とで形成したことを特徴とする焼結軸受。

【請求項3】

前記第二銅粉が、還元銅粉、電解銅粉、およびアトマイズ銅粉のうち何れか、もしくはこれらの混合粉からなる請求項1または2に記載の焼結軸受。

【請求項4】

さらに低融点金属を含有する請求項1または2に記載の焼結軸受。

【請求項5】

銅に対する低融点金属の割合を、重量比で10%未満にした請求項4に記載の焼結軸受。

【請求項6】

さらに遊離黒鉛を有する請求項1～5何れか1項に記載の焼結軸受。

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K018 AA29 AB05 AB07 AC01 BA02 BA14 BA20 BB01 BB04 BC12
CA07 CA08 DA18 DA31 DA32 FA02 FA47 HA03 KA03