

(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2010-77474
(P2010-77474A)

(43) 公開日 平成22年4月8日(2010.4.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 4	3 J 0 1 1
C 2 2 C 33/02 (2006.01)	C 2 2 C 33/02 1 0 3 E	4 K 0 1 8
B 2 2 F 3/02 (2006.01)	B 2 2 F 3/02 P	
F 1 6 C 17/00 (2006.01)	F 1 6 C 17/00 Z	
F 1 6 C 33/12 (2006.01)	F 1 6 C 33/12 B	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-245492 (P2008-245492)
(22) 出願日 平成20年9月25日 (2008.9.25)

(71) 出願人 000233572
日立粉末冶金株式会社
千葉県松戸市稔台五丁目2番地1
(74) 代理人 100096884
弁理士 末成 幹生
(72) 発明者 柳瀬 剛
千葉県松戸市稔台五丁目2番地1 日立粉末冶金株式会社内
Fターム(参考) 3J011 DA01 DA02 JA02 KA01 LA01
MA02 PA10 RA01 SB02 SB03
SB19 SE02
4K018 AA29 AC01 BA02 BA13 BA20
BB10 CA15 DA33 FA46 KA03

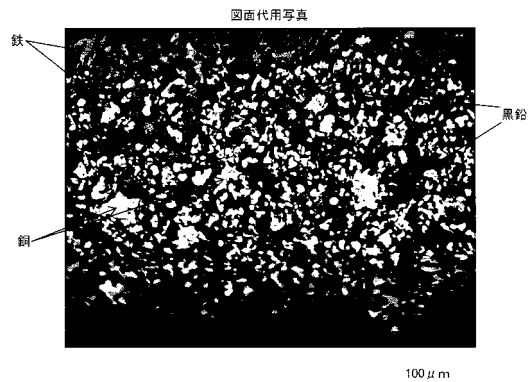
(54) 【発明の名称】 鉄系焼結軸受およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】優れた耐摩耗性を有するとともに、鉄銅系焼結合金軸受に匹敵する耐焼付き性および相手部品への攻撃緩和性を有する鉄系焼結合金軸受を提供する。

【解決手段】軸の外周面を支持する軸受面を有する鉄系焼結軸受であって、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り、軸受の内部は、面積率でフェライトが20 ~ 85%および残部がパーライトからなる鉄合金相中に、軸受の軸方向に対して交差する方向に延在する銅相と、黒鉛相および気孔が分散する金属組織を示し、軸受面に、銅相が8 ~ 40%の面積率で露出している。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

軸の外周面を支持する軸受面を有する鉄系焼結軸受であって、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り、

軸受の内部は、面積率でフェライトが 20 ~ 85 % および残部がパーライトからなる鉄合金相中に、軸受の軸方向に対して交差する方向に延在する銅相と、黒鉛相および気孔が分散する金属組織を示し、

前記軸受面に、銅相が 8 ~ 40 % の面積率で露出していることを特徴とする鉄系焼結軸受。

10

【請求項 2】

型孔を有するダイと、前記型孔内に配置されるコアロッドと、前記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原料粉末を充填し、この原料粉末を、前記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上パンチと前記下パンチとにより圧粉成形し、得られた圧粉体を焼結する鉄系焼結軸受の製造方法において、

前記原料粉末は、平均粒径が 20 ~ 150 μm である扁平状の銅粉を 2.0 ~ 9.0 質量 % と、平均粒径が 40 ~ 80 μm の黒鉛粉を 1.5 ~ 3.7 質量 % とを鉄粉に添加し混合したものであり、

前記焼結の温度は 950 ~ 1030 であることを特徴とする鉄系焼結軸受の製造方法。

20

【請求項 3】

前記銅粉の粒子径と厚さの比が 2.5 ~ 20 であることを特徴とする請求項 2 に記載の鉄系焼結軸受の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、モータの軸受や複写機等の紙送りローラの軸受等に使用して好適な鉄系焼結軸受およびその製造方法に係り、特に、軸受の摩耗量を少なくし、しかもシャフトの摩耗量も低減する技術に関する。

30

【背景技術】**【0002】**

従来より軸受には、焼結合金製のものが多用されている。焼結合金は含浸した潤滑油による自己潤滑性を付与できるため、耐焼付き性と耐摩耗性が良好で広く用いられている。たとえば特許文献 1 には、Cu : 10 ~ 30 %、残部 : Fe からなる鉄銅系焼結合金層を摺動面に設けた軸受が開示されている。

【0003】

【特許文献 1】 特開平 11 - 117940 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【0004】

しかしながら、近年、銅の価格は高騰しているため、特許文献 1 のように銅を 10 ~ 30 % 使用する技術では製造コストが割高で実用的ではない。このため、鉄を主成分とする軸受のニーズが高まってきている。しかしながら、鉄を主成分とする軸受の場合には、焼付き易く、また、相手部品であるシャフトを傷付け易いという欠点がある。特に、熱処理を施していない硬さが低いシャフトと鉄を主成分とする軸受とを組み合わせる場合、上記の現象は顕著となる。

【0005】

したがって、本発明は、優れた耐摩耗性を有するとともに、鉄銅系焼結合金軸受に匹敵する耐焼付き性および相手部品への攻撃緩和性を有する鉄系焼結合金軸受およびその製造

50

方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、軸の外周面を支持する軸受面を有する鉄系焼結軸受であって、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り、軸受の内部は、面積率でフェライトが20～85%および残部がパーライトからなる鉄合金相中に、軸受の軸方向に対して交差する方向に延在する銅相と、黒鉛相および気孔が分散する金属組織を示し、軸受面に、銅相が8～40%の面積率で露出していることを特徴としている。

【0007】

また、本発明は、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原料粉末を充填し、この原料粉末を、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粉成形し、得られた圧粉体を焼結する鉄系焼結軸受の製造方法において、原料粉末は、平均粒径が20～150 μ mである扁平状の銅粉を2.0～9.0質量%と、平均粒径が40～80 μ mの黒鉛粉を1.5～3.7質量%とを鉄粉に添加し混合したものであり、焼結の温度は950～1030であることを特徴としている。

【0008】

以下、本発明の数値限定の根拠を本発明の作用とともに説明する。なお、以下の説明において「%」は質量%の意である。

【0009】

銅粉の粒径

本発明の鉄系焼結軸受の製造方法では、原料粉末に扁平状の銅粉を混合してキャビティに充填する。そして、ダイキャビティ内を原料粉末が落下する際に、コアロッドに銅粉がまとわり付き、コアロッドに銅粉が張り付いた状態となる。これにより、軸受内部と比較して摺動特性が求められる軸受内径面に露出する銅相の量が多くなる。本発明では、Cu量の全てを扁平状の銅粉として与えることにより、軸受内径面に露出する銅相の量を確保しつつ、軸受内部のCu量を低減することができる。

【0010】

扁平状の銅粉を含有する原料粉末を充填すると、コアロッドの周囲に銅粉が平行ないしそれに近い状態で配向するが、軸受内部では、扁平状の銅粉がダイキャビティへの落下時に軸受の軸方向に垂直な方向に配向し易い。このため、原料粉末を圧縮成形、焼結の後では、軸受内部において銅相は軸受の軸方向に対して直交ないしそれに近い状態で延在することになる。

【0011】

銅相は、鉄合金相と比較して強度は低いですが、銅相が上記のように分散することにより、軸方向の銅相の量が少なくなるため、軸方向の荷重に対して強度が確保される。以上のような作用、効果を得るために、扁平状の銅粉の粒径は20～150 μ mとする。銅粉の粒径が20 μ mを下回ると、鉄粒子間に存在する銅の割合が多くなり過ぎ、粒子間の焼結が進行し難くなる。その結果、軸受の強度が低下して軸受の摩耗量が増大する。一方、銅粉の粒径が150 μ mを超えると、銅粉がコアロッドに付着し難くなり、軸受内径面に露出する銅相の面積率が低下する。その結果、軸受の焼付きが生じ易くなるとともにシャフトの摩耗量が増大する。なお、銅粉の扁平性を確保するために、銅粉の粒子径と厚さの比は2.5～20であることが望ましい。

【0012】

銅粉の添加量

銅粉の添加量が少ないと軸受内径面に露出する銅相の面積率が低下する。一方、銅粉の添加量が多いと、軸受の強度が低下して軸受の摩耗量が増大する。よって、銅粉の添加量は2.0～9.0%とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

黒鉛粉の粒径

上述の扁平状の銅粉により、軸受内径面に露出する銅相の量を確保することができるが、本発明においては、さらに、鉄合金相中に黒鉛を分散させて遊離黒鉛相を形成する。遊離黒鉛相は、固体潤滑剤として作用し、摺動特性を向上させる。ここで、黒鉛粉の粒径が小さ過ぎると鉄合金相中に拡散し易くなり、パーライトの量が増大して鉄合金相の硬さが増加する。その結果、摺動相手であるシャフトの摩耗量が増大する。また、遊離黒鉛相の量が少なくなると摺動特性が低下する。一方、黒鉛粉の粒径が大きすぎると、鉄合金相中へのこの拡散が生じ難くなり、基地の硬さが低下して軸受の摩耗量が増大する。また、黒鉛の粒径が大きくなりすぎた場合、金属粉同士の結合を阻害し材料強度が低下するために、軸受の摩耗量が増大する。よって、黒鉛粉末の平均粒径は、40～80 μmとする。

10

【 0 0 1 4 】

黒鉛粉の添加量

黒鉛粉末の添加量が少ないと、鉄合金相中のフェライトの量が多くなり、硬さが低くなって軸受の摩耗量が増大する。また、固体潤滑効果が低下する。一方、黒鉛粉末の添加量が多いとパーライトの量が増えて鉄部の硬さの上昇を招くとともに、金属粉同士の結合が阻害され材料強度が低下するために、シャフトおよび軸受の摩耗量が増大する。よって、黒鉛粉の添加量は1.5～3.7%とする。

20

【 0 0 1 5 】

焼結温度

本発明では、鉄合金相中に黒鉛相を形成するため、焼結温度は重要である。焼結温度が低いと、鉄合金相中のフェライトの量が多くなり、硬さが低くなって軸受の摩耗量が増大する。一方、焼結温度が高いとパーライトの量が増えて硬さが硬くなるため、シャフトの摩耗量が増大するとともに鉄合金相の強度が低下して軸受の摩耗量が増大する。よって、焼結温度は950～1030 とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、軸受内径面に露出した銅相と黒鉛相により、優れた耐摩耗性を有するとともに、鉄銅系焼結合金軸受に匹敵する耐焼付き性および相手部品への攻撃緩和性を有する等の効果が得られる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

(1) 軸受の作製

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

軸受の焼結合金を作製するために下記の原料粉末を用意した。

- 1 . 鉍石還元鉄粉 (平均粒径 : 1 0 0 μ m)
- 2 . 銅箔粉
(平均粒径 : 1 0 μ m 、 2 0 μ m 、 5 0 μ m 、 1 0 0 μ m 、 1 5 0 μ m 、 2 0 0 μ m)
- 3 . 電解銅粉 (平均粒径 : 5 0 μ m)
- 4 . 天然黒鉛粉 (平均粒径 : 2 0 μ m 、 6 0 μ m 、 1 0 0 μ m)
- 5 . ステアリン酸亜鉛

40

【 0 0 1 8 】

これらの粉末を全体組成が表 1 に示す割合となるように配合し、混合機で混合した。なお、ステアリン酸亜鉛は、成形時の潤滑のために添加するものであり、これを除く混合粉末を100%としたときに、全ての混合粉末に対して0.5%添加した。

【 0 0 1 9 】

【表 1】

試料 番号	配合比 質量%						焼結温度 ℃
	鉄粉	銅箔粉	電解銅粉		黒鉛粉		
			平均粒径 μm		平均粒径 μm		
0 1	残部	1.5	50		3.0	60	1000
0 2	残部	2.0	50		3.0	60	1000
0 3	残部	5.0	50		3.0	60	1000
0 4	残部	9.0	50		3.0	60	1000
0 5	残部	10.0	50		3.0	60	1000
0 6	残部	0.0	50	5.0	3.0	60	1000
0 7	残部	5.0	50		1.3	60	1000
0 8	残部	5.0	50		1.5	60	1000
0 9	残部	5.0	50		2.0	60	1000
0 3	残部	5.0	50		3.0	60	1000
1 0	残部	5.0	50		3.7	60	1000
1 1	残部	5.0	50		4.0	60	1000
1 2	残部	5.0	50		3.0	20	1000
1 3	残部	5.0	50		3.0	40	1000
0 3	残部	5.0	50		3.0	60	1000
1 4	残部	5.0	50		3.0	80	1000
1 5	残部	5.0	50		3.0	100	1000
1 6	残部	5.0	10		3.0	60	1000
1 7	残部	5.0	20		3.0	60	1000
0 3	残部	5.0	50		3.0	60	1000
1 8	残部	5.0	100		3.0	60	1000
1 9	残部	5.0	150		3.0	60	1000
2 0	残部	5.0	200		3.0	60	1000
2 1	残部	5.0	50		3.0	60	900
2 2	残部	5.0	50		3.0	60	950
0 3	残部	5.0	50		3.0	60	1000
2 3	残部	5.0	50		3.0	60	1030
2 4	残部	5.0	50		3.0	60	1050

※平均粒径＝長手方向の粒径の平均

【0020】

上記混合粉末を軸受の円筒形状に圧縮成形し、焼結およびサイジングを行った。焼結は、水素ガスと窒素ガスの混合ガス中で表 1 に示す温度で行い、通常の方法でサイジングを行った。軸受の密度は 6.0 Mg/m^3 、有効多孔率は 20% とした。そして、軸受の気孔に潤滑油（鉱物油 粘度グレード ISO VG 56）を含浸させ、試料 No. 1 ~ 24 を得た。

【0021】

(2) 評価

上記試料に対して軸受の内径面の銅相の面積率、鉄合金基地中のフェライト面積率、硬さ、圧環強さ、および軸受とシャフトの摩耗量を測定した。摩耗量の測定は、水平にしたモータの回転軸に S 45 C 製のシャフトを取り付け、このシャフトをハウジングに取り付けた軸受に隙間を持たせて挿入し、ハウジングに垂直方向の荷重を与えた状態でシャフトを回転させて行った。この試験の周囲の温度は 80 に保持し、シャフトの回転数を 3000 rpm、負荷面圧を 1 MPa とした。軸受およびシャフトの摩耗量は、試験前の内径および外径の寸法と、1000 時間運転後の寸法との差とした。以上の結果を表 2 に示す。

【0022】

10

20

30

40

【表 2】

試料 番号	評価項目						備考
	内径面の 銅相面積率	鉄合金相中の フェライト面積率	硬さ HRH	圧環強さ MPa	摩耗量		
					軸受	軸	
0 1	5.1	40	85	245	2.5	2.0	銅箔粉添加量下限外(比較例)
0 2	9.7	47	84	235	1.0	0.5	銅箔粉添加量下限(本発明例)
0 3	13.7	50	82	231	0.5	0.5	(本発明例)
0 4	39.5	58	79	215	1.0	0.0	銅箔粉添加量上限(本発明例)
0 5	45.0	63	69	196	2.5	0.5	銅箔粉添加量上限外(比較例)
0 6	4.7	45	82	243	2.0	3.5	銅粉の形態が異なる(比較例)
0 7	14.1	86	70	250	2.0	4.0	黒鉛粉添加量下限外(比較例)
0 8	14.0	78	74	240	1.5	2.0	黒鉛粉添加量下限(本発明例)
0 9	13.8	68	82	235	0.5	1.0	(本発明例)
0 3	13.7	50	82	231	0.5	0.5	(本発明例)
1 0	13.3	35	80	220	1.0	0.7	黒鉛粉添加量上限(本発明例)
1 1	12.5	19	72	180	3.5	2.5	黒鉛粉添加量上限外(比較例)
1 2	13.4	19	88	269	4.0	7.0	黒鉛粉平均粒径下限外(比較例)
1 3	13.5	40	83	235	0.5	0.5	黒鉛粉平均粒径下限(本発明例)
0 3	13.7	50	82	231	0.5	0.5	(本発明例)
1 4	13.0	65	81	225	0.7	0.5	黒鉛粉平均粒径上限(本発明例)
1 5	12.8	86	68	191	2.0	3.5	黒鉛粉平均粒径上限外(比較例)
1 6	20.0	57	76	185	2.0	0.8	銅箔粉平均粒径下限外(比較例)
1 7	16.0	53	80	215	0.8	0.5	銅箔粉平均粒径下限(本発明例)
0 3	13.7	50	82	231	0.5	0.5	(本発明例)
1 8	12.5	47	81	225	0.5	0.7	(本発明例)
1 9	10.0	45	81	215	1.0	1.5	銅箔粉平均粒径上限(本発明例)
2 0	7.5	42	79	180	1.5	2.0	銅箔粉平均粒径上限外(比較例)
2 1	13.7	98	65	130	7.0	2.0	焼結温度下限外(比較例)
2 2	13.7	85	75	200	0.7	0.5	焼結温度下限(本発明例)
0 3	13.7	50	82	231	0.5	0.5	(本発明例)
2 3	13.5	20	84	245	0.3	0.7	焼結温度上限(本発明例)
2 4	12.8	3	90	270	1.5	4.5	焼結温度上限外(比較例)

【0023】

表 2 に示すように、銅箔粉の添加量が本発明の範囲を下回る試料 No. 1 では、軸受の内径面における銅相の面積率が少ないためシャフトの摩耗が多くなった。また、銅箔粉の添加量が本発明の範囲を超える試料 No. 5 では、軸受の強度が低下したために軸受の摩耗量が多くなった。試料 No. 6 は、添加する銅粉として電解銅粉を使用しているが、軸受およびシャフト双方の摩耗量が多くなった。これは、軸受の内径面における銅相の面積率が低くなっていることから、コアロッドにまとり付き銅粉の量が少なくなったためと考えられる。これに対して、本発明例である試料 No. 2 ~ 4 では、軸受および軸の摩耗量が少ない。

【0024】

黒鉛粉の添加量が本発明の範囲を下回る試料 No. 7 では、鉄合金相中のフェライトの面積率が多いために硬さが低下し、軸受の摩耗量が多くなった。また、遊離黒鉛相の量が少なく固体潤滑性に劣るため、シャフトの摩耗量も多くなった。黒鉛粉の添加量が本発明の範囲を超える試料 No. 11 では、鉄合金相中のパーライトの面積率が多いために硬さが高くなり、シャフトの摩耗量が多くなった。また、軸受の圧環強さ(または強度)が低下したため、軸受の摩耗量も増大した。これに対して、本発明例である試料 No. 8 ~ 10 では、軸受およびシャフトの摩耗量が少ない。

【0025】

黒鉛粉の粒径が本発明の範囲を下回る試料 No. 12 では、鉄合金相中のパーライトの面積率が多いために硬さが増加し、シャフトの摩耗量が多くなった。また、シャフトの摩耗粉が研磨材として作用した結果、軸受の摩耗量も多い。黒鉛粉の粒径が本発明の範囲を超える試料 No. 15 では、軸受の圧環強さ(または強度)が低下して軸受の摩耗量が多くなった。これに対して、本発明例である試料 No. 13、14 では、軸受およびシャフトの摩耗量が少ない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

銅箔粉の粒径が本発明の範囲を下回る試料 No. 16 では、鉄粒子間に存在する銅の割合が多くなり過ぎ、粒子間の焼結が進行し難くなった結果、軸受の強度が低下して軸受の摩耗量が多くなった。銅箔粉の粒径が本発明の範囲を超える試料 No. 20 では、銅粉がコアロッドに付着し難くなり、軸受内径面に露出する銅相の面積率が低下した結果、シャフトの摩耗量が多くなった。これに対して、本発明例である試料 No. 17 ~ 19 では、軸受およびシャフトの摩耗量が少ない。

【 0 0 2 7 】

焼結温度が本発明の範囲を下回る試料 No. 21 では、鉄合金相中のフェライトの量が多くなり、硬さが低くなって軸受の摩耗量が多い。焼結温度が本発明の範囲を超える試料 No. 24 では、パーライトの量が増えて硬さが硬くなったため、シャフトの摩耗量が多くなった。これに対して、本発明例である試料 No. 22、23 では、軸受およびシャフトの摩耗量が少ない。

10

【 0 0 2 8 】

(3) 組織観察

図 1 は本発明例の軸受内径面の SEM 写真である。図 1 に示すように、本発明例の軸受内径面には、鉄合金相中に銅相と黒鉛相が分散し、銅相は軸受内径面に平行に配置されている。このような銅相により軸受内径面の銅相の面積率が増大し、上記したような摺動性能の向上が得られる。

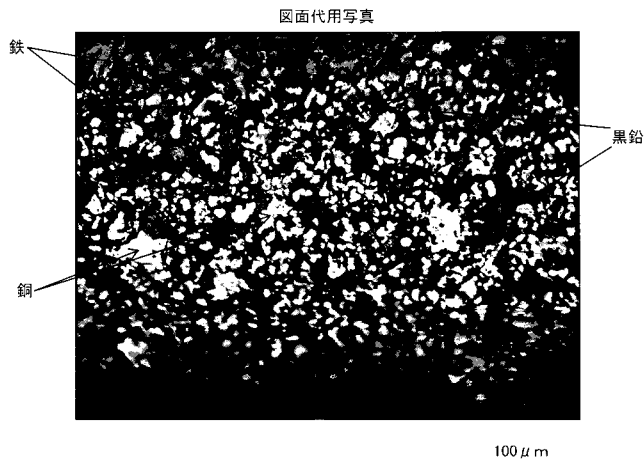
【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 本発明例の軸受内径面の光学顕微鏡写真である。

【 図 1 】



【手続補正書】

【提出日】平成21年2月18日(2009.2.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

黒鉛粉の添加量

黒鉛粉末の添加量が少ないと、鉄合金相中のフェライトの量が多くなり、硬さが低くなって軸受の摩耗量が増大する。また、固体潤滑効果が低下する。一方、黒鉛粉末の添加量が多いとパーライトの量が増えて鉄合金相の硬さの上昇を招くとともに、金属粉同士の結合が阻害され材料強度が低下するために、シャフトおよび軸受の摩耗量が増大する。よって、黒鉛粉の添加量は1.5～3.7%とする。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

焼結温度

本発明では、鉄合金相中に黒鉛相を形成するため、焼結温度は重要である。焼結温度が低いと、鉄合金相中のフェライトの量が多くなり、硬さが低くなって軸受の摩耗量が増大する。一方、焼結温度が高いとパーライトの量が増えて硬さが増加するため、シャフトの摩耗量が増大するとともに鉄合金相の強度が低下して軸受の摩耗量が増大する。よって、焼結温度は950～1030とする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

(1) 軸受の作製

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

軸受の焼結合金を作製するために下記の原料粉末を用意した。

1. 鉬石還元鉄粉(平均粒径: 100 μm)
2. 銅箔粉
(平均粒径: 10 μm、20 μm、50 μm、100 μm、150 μm、200 μm)
3. 電解銅粉(平均粒径: 50 μm)
4. 天然黒鉛粉(平均粒径: 20 μm、40 μm、60 μm、80 μm、100 μm)
5. ステアリン酸亜鉛

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

(2) 評価

上記試料に対して軸受の内径面の銅相の面積率、鉄合金基地中のフェライト面積率、見掛け硬さ(ロックウェル硬さ)、圧環強さ、および軸受とシャフトの摩耗量を測定した。

摩耗量の測定は、水平にしたモータの回転軸にS45C製のシャフトを取り付け、このシャフトをハウジングに取り付けた軸受に隙間を持たせて挿入し、ハウジングに垂直方向の荷重を与えた状態でシャフトを回転させて行った。この試験の周囲の温度は80に保持し、シャフトの回転数を3000rpm、負荷面圧を1MPaとした。軸受およびシャフトの摩耗量は、試験前の内径および外径の寸法と、1000時間運転後の寸法との差とした。以上の結果を表2に示す。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

黒鉛粉の添加量が本発明の範囲を下回る試料No.7では、鉄合金相中のフェライトの面積率が多いために基地硬さが低下し、見掛け硬さが低くなり、軸受の摩耗量が多くなった。また、遊離黒鉛相の量が少なく固体潤滑性に劣るため、シャフトの摩耗量も多くなった。また、黒鉛粉の添加量が増加すると、鉄合金相中のフェライトの面積率が低下してパーライトの面積率が増加するため、見掛け硬さが増加し、軸受の摩耗量が低下している。一方、黒鉛粉の添加量が本発明の範囲を超える試料No.11では、黒鉛粉の添加量が増加しすぎて、鉄粉どうしの拡散を阻害し、その結果、見掛け硬さが低下するものの、鉄合金相中のパーライトの面積率が増加して、基地硬さが高くなり、シャフトの摩耗量が多くなった。また、軸受の圧環強さ（または強度）が低下したため、軸受の摩耗量も増大した。これに対して、本発明例である試料No.8~10では、軸受およびシャフトの摩耗量が少ない。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
<i>F 1 6 C</i>	<i>33/14</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>F 1 6 C</i>	<i>33/14</i>		A
<i>B 2 2 F</i>	<i>5/00</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>B 2 2 F</i>	<i>5/00</i>		C