

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5131256号
(P5131256)

(45) 発行日 平成25年1月30日 (2013. 1. 30)

(24) 登録日 平成24年11月16日 (2012. 11. 16)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 2 C 1/08 (2006. 01)

C 2 2 C 1/08

F

C 2 2 C 9/06 (2006. 01)

C 2 2 C 9/06

C 2 2 C 9/02 (2006. 01)

C 2 2 C 9/02

C 2 2 C 9/00 (2006. 01)

C 2 2 C 9/00

C 2 2 C 1/05 (2006. 01)

C 2 2 C 1/05

E

請求項の数 13 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-187894 (P2009-187894)

(22) 出願日 平成21年8月13日 (2009. 8. 13)

(62) 分割の表示 特願2003-41558 (P2003-41558)
の分割

原出願日 平成15年2月19日 (2003. 2. 19)

(65) 公開番号 特開2009-287120 (P2009-287120A)

(43) 公開日 平成21年12月10日 (2009. 12. 10)

審査請求日 平成21年9月11日 (2009. 9. 11)

(31) 優先権主張番号 特願2002-248477 (P2002-248477)

(32) 優先日 平成14年8月28日 (2002. 8. 28)

(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000103644

オイレス工業株式会社

東京都港区港南一丁目6番34号

(74) 代理人 100098095

弁理士 高田 武志

(72) 発明者 富田 博嗣

神奈川県藤沢市桐原町8番地 オイレス工
業株式会社藤沢事業場内

(72) 発明者 熊谷 真文

神奈川県藤沢市桐原町8番地 オイレス工
業株式会社藤沢事業場内

審査官 宮澤 尚之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体軸受

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステンレス鋼からなると共に円筒状の内面を有した裏金と、軸方向に並んで裏金の内面に当該内面側で開口して設けられている複数個の環状溝と、この複数個の環状溝を相互に連通させるべく、裏金の一方の環状の端面から他方の環状の端面に向けて軸方向に延びて裏金の内部に設けられた相互連通用の行き止り孔と、裏金の内面側における各環状溝の開口を覆蓋すると共に裏金の円筒状の内面に接合層を介して一体にされた円筒状の多孔質焼結金属層とを具備しており、接合層は、ニッケルメッキ層とニッケルメッキ層の表面に形成された銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでおり、ニッケルメッキ層は、裏金の円筒状の内面に接合されており、多孔質焼結金属層は、銅メッキ層に接合されている多孔質静

10

【請求項 2】

相互連通用の行き止り孔の一端は裏金の環状の端面で開口しており、相互連通用の行き止り孔の他端は、裏金の他方の環状の端面の手前で裏金自体で閉塞されている請求項 1 に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 3】

相互連通用の行き止り孔の一端を閉塞する栓を嵌合するための嵌合手段を更に具備している請求項 2 に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 4】

嵌合手段はねじ溝を具備している請求項 3 に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸

20

受素材。

【請求項 5】

裏金の外面で開口していると共に裏金の外面から相互連通用の行き止り孔に向けて径方向に延びて裏金の内部に設けられた圧縮気体供給用の行き止り孔を更に具備している請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 6】

多孔質焼結金属層は、4 重量%以上 10 重量%以下の錫と、10 重量%以上 40 重量%以下のニッケルと、0.1 重量%以上 0.5 重量%未満の燐と、2 重量%以上 10 重量%以下の無機物質粒子と、残部が銅からなる請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

10

【請求項 7】

無機物質粒子は、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうち少なくとも一つからなる請求項 6 に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 8】

銅メッキ層は、10 μm 以上 25 μm 以下の厚みを有している請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 9】

銅メッキ層は、10 μm 以上 20 μm 以下の厚みを有している請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

20

【請求項 10】

ニッケルメッキ層は、2 μm 以上 20 μm 以下の厚みを有している請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 11】

ニッケルメッキ層は、3 μm 以上 15 μm 以下の厚みを有している請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の軸受素材を用いた多孔質静圧気体ラジアル軸受。

【請求項 13】

相互連通用の行き止り孔の一端には当該一端を閉塞する栓が嵌合されている請求項 12 に記載の多孔質静圧気体ラジアル軸受。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多孔質焼結金属層を具備した静圧気体軸受用の軸受素材及びこの軸受素材を用いた多孔質静圧気体軸受に関する。

【背景技術】

【0002】

多孔質静圧気体軸受は、すぐれた高速安定性と高い負荷容量をもつものとして、従来から注目されており、種々研究もされているが実用化に際してはいくつかの克服すべき問題がある。

40

【0003】

多孔質静圧気体軸受には、圧縮気体の供給手段を施した裏金に多孔質焼結金属体を組み付けてなる軸受素材が多く用いられ、この軸受素材における多孔質焼結金属体の形成材料としては、青銅、アルミニウム合金、ステンレス鋼を主体としたもの、特に青銅を主体としたものが多く用いられている。

【0004】

ところで、多孔質静圧気体軸受に用いる軸受素材には十分な通気性と 10^{-3}mm オーダーの表面粗さとが要求されるが、上記の軸受素材を静圧気体軸受に用いるには、多孔質

50

焼結金属体それ自体は一応好ましい通気性を有するが、多孔質焼結金属体の寸法精度や表面粗さが充分でないので、多くの場合には、その表面に機械加工が施される。

【 0 0 0 5 】

この機械加工は、主として旋盤及びフライス加工や研削により行われるが、この旋盤及びフライス加工や研削により多孔質焼結金属体の表面に目詰まりを惹起させ、その通気性（絞り特性）に大きく影響を与えることになる。とくに、研削においては、多孔質焼結金属体の表面に塑性流動を惹起させ、カエリやバリを生じさせる。

【 0 0 0 6 】

また、多孔質焼結金属体は、上記のように、圧縮気体の供給手段を施した裏金に組み付けられ、例えば多孔質静圧ラジアル気体軸受の場合では、この組み付けに際しては、円筒状の裏金に円筒状の多孔質焼結金属体を圧入嵌着する手段が採られる。

10

【 0 0 0 7 】

単なる滑り軸受の場合は、このような圧入嵌着手段を採ることでそれ程問題を生じないが、多孔質静圧気体軸受においては、一見密に圧入嵌着されている両者の接触部に微細な隙間が存在するために、多孔質焼結金属体内の圧縮気体の本来の流通よりも、この隙間からの気体の漏洩が大きくなる場合がある。この隙間からの気体の漏洩は、当然、多孔質静圧気体軸受としての負荷容量の減少など性能の低下を来すことになるので極力これを防止することが好ましい。

【 0 0 0 8 】

これに対処するために、締代を大きくして大きな圧入力で嵌着すれば、この部分の隙間はほぼ完全に無くすることができるが、逆に、裏金によって極めて大きな絞りを受ける多孔質焼結金属体の外表面側で焼結金属の塑性流動が生じる虞があり、したがって、裏金に嵌着後、圧縮気体の流通が多孔質焼結金属体の嵌着面側で大きく阻害されるという問題が生じる。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 1 - 1 5 8 5 1 1 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 1 0 】

上記問題に鑑み、本出願人は特願平 9 - 3 4 2 2 4 2 号（特開平 1 1 - 1 5 8 5 1 1 号）に記載のような技術（以下「先行技術」という）を提案し、上記問題を解決した。すなわち、先行技術は、裏金と、この裏金の少なくとも一方の面に接合された多孔質焼結金属層とを具備しており、多孔質焼結金属層の粒界には無機物質粒子が含有されている多孔質静圧気体軸受用の軸受素材に関するものである。そして、先行技術には、無機物質粒子に加えて、具体例として、重量比で錫 4 ~ 1 0 %、ニッケル 1 0 ~ 4 0 %、燐 0 . 5 ~ 4 %、黒鉛 3 ~ 1 0 % 及び残部銅からなる多孔質焼結金属層が開示されている。

【 0 0 1 1 】

この先行技術に開示された軸受素材は、（ 1 ）多孔質焼結金属層の粒界には黒鉛等の無機物質粒子が含有されているので、機械加工を施してもその表面の目詰まりが抑制されて理想的な絞り構造となること、（ 2 ）多孔質焼結金属層が裏金に接合一体化されているので、この接合部からの圧縮気体の漏洩もなく、給気圧による焼結層の変形を極めて小さくすることができる、という効果を奏するものである。

40

【 0 0 1 2 】

この先行技術に開示された軸受素材の多孔質焼結金属層は、成分中のニッケル（Ni）及び燐（P）が焼結過程において液相の Ni_3P を発生し、焼結温度の上昇とともに次第に活発となる固相 - 液相間での相互拡散でもって焼結層の合金化が行われ、また裏金（鋼材）への液相の Ni_3P の良好なぬれ性でもって多孔質焼結金属層と裏金との接合一体化が行われて作製されるものである。

50

【 0 0 1 3 】

しかしながら、裏金として耐腐食性、特に耐錆性に優れたステンレス鋼を使用した場合には、該裏金と多孔質焼結金属層との接合一体化にあたり、いくつかの問題点が提起された。すなわち、(1) ステンレス鋼からなる裏金の少なくとも一方の面に多孔質焼結金属層を焼結時に接合する場合には、裏金の表面、換言すれば裏金と多孔質焼結金属層との接合界面に酸化クロム (Cr_2O_3) 等のクロム酸化物が生成され、接合界面にクロム酸化物が介在することにより多孔質焼結金属層の裏金表面への接合一体化が阻害されること、(2) 焼結時において液相の Ni_3P の発生量が多いと斯かる液相の Ni_3P が焼結中に流れ出し、多孔質焼結金属層を裏金の表面に接合するに必要な Ni_3P の液相量が減少して該多孔質焼結金属層と裏金との接合力が弱められ、焼結後の冷却 (放冷) 時の温度の下降に伴う多孔質焼結金属層と裏金との間の接合面での該多孔質焼結金属層の収縮によって当該接合面で剥離を生じること、などの問題である。とくに上記 (2) の問題は、多孔質静圧気体軸受においては、当該接合面からの圧縮気体の漏洩等の欠点を惹起することになる。

10

【 0 0 1 4 】

本発明者は上記問題に鑑み鋭意研究を重ねた結果、上記 (1) の問題点に対しては、ステンレス鋼からなる裏金の表面にメッキ層を施し、斯かるメッキ層からなる接合層を裏金と多孔質焼結金属層との間に介在させることにより、裏金と多孔質焼結金属層との接合界面にクロム酸化物の生成を防止し、ステンレス鋼からなる裏金の表面に接合層を介して多孔質焼結金属層を接合一体化させることができることを見出し、また上記 (2) の問題点に対しては、液相の Ni_3P の発生量を少なくすることにより焼結後の冷却時の多孔質焼結金属層の収縮量を少なくし、多孔質焼結金属層と裏金との間の接合面で剥離を生じることなく接合一体化させ得るとともに多孔質焼結金属層の気孔率を高めることができ、当該多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体による浮上量を高めることを見出した。

20

【 0 0 1 5 】

本発明は上記知見に基づきなされたものであり、その目的とするところは、多孔質焼結金属層とステンレス鋼からなる裏金との間に剥離等を生じることなく強固な接合一体化を行わしめることができると共に多孔質焼結金属層の気孔率を高めて当該多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体による浮上量を高めることができる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体軸受を提供することにある。

30

【 0 0 1 6 】

また斯かる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材において、その裏金には多孔質焼結金属層に圧縮気体を供給する供給手段が設けられるのであるが、この供給手段は圧縮気体を多孔質焼結金属層の表面から満遍なく均等に噴出させるように構成されているのが好ましく、しかも、特に、多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材に用いられる裏金であって円筒状の内面に斯かる圧縮気体の供給手段を設けるものの場合には、容易にそれを形成できて製造性に優れていることが要求される。

【 0 0 1 7 】

本発明の他の目的とするところは、多孔質焼結金属層の表面からの圧縮気体の噴出の偏倚をできるだけ少なくすることができる上に、製造性にも優れた多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体ラジアル軸受を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 8 】

本発明の第一の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材は、ステンレス鋼からなる裏金と、この裏金の少なくとも一方の面に接合層を介して一体にされた多孔質焼結金属層とを具備しており、多孔質焼結金属層の粒界に無機物質粒子が分散含有されており、ここで、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、4重量%以上10重量%以下の錫と、10重量%以上40重量%以下のニッケルと、0.1重量%以上0.5重量%未満の燐と、残部が銅からなる。

【 0 0 1 9 】

50

第一の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材によれば、焼結過程において液相の Ni_3P を発生する燐成分が0.1重量%以上0.5重量%未満の含有量であることから、液相の Ni_3P の発生量が少なくなり、焼結時に液相の Ni_3P が流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層を接合層に接合するに必要な量の液相の Ni_3P となり、接合層を介する該多孔質焼結金属層と裏金との接合力が高められ、しかも、液相の Ni_3P の発生量が少ないことにより焼結後の冷却（放冷）時の多孔質焼結金属層の収縮量が少ないので、該多孔質焼結金属層の収縮に起因する裏金と多孔質焼結金属層との接合層を介する各接合面で該多孔質焼結金属層の剥離を生じることがない。

【0020】

また、液相の Ni_3P の生成量が少ない上に、接合層が介在しているので、裏金と一体化された多孔質焼結金属層の気孔率が高められる結果、多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体の圧力損失が低下し、該多孔質焼結金属層の表面（軸受面）に噴出す給気圧力が相対的に高まることにより浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層と裏金とが接合層を介して強固に一体化され、多孔質焼結金属層の気孔率が高められることに起因する浮上量を高めることができる多孔質静圧気体軸受用の軸受素材とすることができる。

10

【0021】

本発明の第二の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材では、第一の態様の軸受素材において、無機物質粒子は多孔質焼結金属層に2重量%以上10重量%以下の割合で含有されており、無機物質粒子は、本発明の第三の態様の軸受素材のように、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうちの少なくとも一つからなる。

20

【0022】

多孔質焼結金属層の粒界に分散含有された無機物質粒子は、このものの自体が機械加工によって塑性変形することがなく、加えて多孔質焼結金属層の素地の金属部分の塑性変形を分断して軽減する働きにより、機械加工における多孔質焼結金属層の目詰まりを抑えることができる。

【0023】

裏金は、本発明の第四の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、円筒状に形成されていても、これに代えて、本発明の第五の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、平板状に形成されていてもよく、前者の場合には、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、裏金の円筒状の一方の面に接合層を介して一体にされており、後者の場合には、無機物質粒子を含有する多孔質焼結金属層は、裏金の平板状の一方の面に接合層を介して一体にされている。

30

【0024】

接合層は、本発明の第六の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、少なくともニッケルメッキ層を含んでいても、また本発明の第七の態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材のように、ニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいてもよく、ニッケルメッキ層は、いずれの場合にも、裏金の少なくとも一方の面に接合されるとよく、接合層がニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいる場合には、多孔質焼結金属層は、銅メッキ層に接合されているとよい。このニッケルメッキ層及び銅メッキ層は、それぞれ電気メッキによって形成される。

40

【0025】

本発明の第六の態様の軸受素材のように、ステンレス鋼からなる裏金の表面にニッケルメッキ層を含んだ接合層が形成されていて、当該ニッケルメッキ層が裏金の少なくとも一方の面に接合されていると、両者間に強固な接合一体化が行われる。また、本発明の第七の態様の軸受素材のように、裏金の表面に形成される接合層がニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層を含んで、ニッケルメッキ層が裏金の少なくとも一方の面に接合され、多孔質焼結金属層が銅メッキ層に接合されていても、同様に両者間に強固な接合一体化が行われる。したがって、いずれにしてもステンレス鋼からなる裏金、多孔質焼結金

50

属層及び接合層における接合部に剥離等を生じることはない。更に、第七の態様の軸受素材における銅メッキ層が本発明の第八の態様の軸受素材のようにニッケルメッキ層の表面に形成されていると、二層のメッキ層の強固な接合一体化を得ることができる上に、上述の通りの裏金と多孔質焼結金属層との両者間の強固な一体化を確保できる。

【0026】

銅メッキ層は、好ましくは本発明の第九の態様の軸受素材のように、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、より好ましくは本発明の第十の態様の軸受素材のように、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、ニッケルメッキ層は、好ましくは本発明の第十一の態様の軸受素材のように、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有しており、より好ましくは本発明の第十二の態様の軸受素材のように、 $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している。

10

【0027】

本発明の多孔質静圧気体軸受は、第一から第十二のいずれかの態様の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材を用いたものであって、裏金に設けられていると共に、無機物質粒子を分散含有する多孔質焼結金属層に圧縮気体を供給する手段を具備している。

【0028】

本発明の多孔質静圧気体軸受によれば、第四の態様のような軸受素材を用いることにより多孔質静圧気体ラジアル軸受として適用でき、または第五の態様のような軸受素材を用いることにより、多孔質静圧気体スラスト軸受として適用できる。

【0029】

20

本発明の第一の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材は、ステンレス鋼からなると共に円筒状の内面を有した裏金と、軸方向に並んで裏金の内面に当該内面側で開口して設けられている複数個の環状溝と、この複数個の環状溝を相互に連通させるべく、裏金の一方の環状の端面から他方の環状の端面に向けて軸方向に延びて裏金の内部に設けられた相互連通用の行き止り孔と、裏金の内面側における各環状溝の開口を覆蓋すると共に裏金の円筒状の内面に接合層を介して一体にされた円筒状の多孔質焼結金属層とを具備している。

【0030】

第一の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材によれば、複数個の環状溝を相互に連通させる相互連通用の行き止り孔が裏金の内面側で開口しないように裏金の内部に設けられているために、行き止り孔から直接的に裏金の内面を介する多孔質焼結金属層への圧縮気体の供給を回避でき、この相互連通用の行き止り孔に供給された圧縮気体を環状溝の夫々を介して多孔質焼結金属層へ供給できる結果、多孔質焼結金属層の表面から圧縮気体を略均等に噴出でき、しかも、相互連通用の行き止り孔が裏金の内部に設けられているために、斯かる行き止り孔を裏金の一方の環状の端面からドリル等を用いて容易に形成できるために、円筒状の内面への相互連通用の溝の形成と比較して極めて製造性に優れたものとなる。

30

【0031】

相互連通用の行き止り孔の両端は、対応の環状の端面で開口していてもよいが、好ましくは、本発明の第二の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のように、相互連通用の行き止り孔の一端は裏金の環状の端面で開口しており、相互連通用の行き止り孔の他端は、裏金の他方の環状の端面の手前で裏金自体で閉塞されており、この場合、多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材は、本発明の第三の態様のそのように、相互連通用の行き止り孔の一端を閉塞する栓を嵌合するための嵌合手段を更に具備しているとよく、嵌合手段は、本発明の第四の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のように、ねじ溝を具備していてもよい。相互連通用の行き止り孔の両端が開口されている場合にも、本発明の軸受素材は、これら両端を閉塞する栓を嵌合するためのねじ溝等からなる嵌合手段を具備しているとよい。

40

【0032】

本発明では、相互連通用の行き止り孔を圧縮気体供給用の行き止り孔としても用いても

50

よいのであるが、本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材は、好ましくは、その第五の態様のそのように、裏金の外面で開口していると共に裏金の外面から相互連通用の行き止り孔に向けて径方向に延びて裏金の内部に設けられた圧縮気体供給用の行き止り孔を更に具備している。

【0033】

多孔質静圧気体軸受用の軸受素材と同様に、本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材において、その第六の態様のそのように、多孔質焼結金属層は、錫、ニッケル、燐及び銅を含んだ焼結金属の粒界と、焼結金属の粒界に分散された無機物質粒子とを含有しており、この場合、その第七の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のそのように、焼結金属の粒界は、4重量%以上10重量%以下の錫と、10重量%以上40重量%以下のニッケルと、0.1重量%以上0.5重量%未満の燐と、残部が銅を含んでおり、その第八の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のそのように、無機物質粒子は、2重量%以上10重量%以下の割合で含有されており、その第九の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のそのように、無機物質粒子は、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうち少なくとも一つからなるとよい。また、多孔質静圧気体軸受用の軸受素材と同様に、接合層は、本発明の第十の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のそのように、少なくともニッケルメッキ層を含んでいてもよく、この場合、ニッケルメッキ層は、裏金の円筒状の内面に接合されている。接合層はまた、本発明の第十一の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材のそのように、ニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に形成された銅メッキ層との二層のメッキ層からなってもよく、この場合、ニッケルメッキ層は、裏金の円筒状の内面に接合されており、多孔質焼結金属層は、銅メッキ層に接合されているとよい。

【0034】

本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材では、銅メッキ層は、好ましくは、その第十二の態様のそのように、10 μ m以上25 μ m以下の厚みを有しており、より好ましくは、その第十三の態様のそのように、10 μ m以上20 μ m以下の厚みを有しており、ニッケルメッキ層は、好ましくは、その第十三の態様のそのように、2 μ m以上20 μ m以下の厚みを有しており、より好ましくは、その第十四の態様のそのように、3 μ m以上15 μ m以下の厚みを有している。

【0035】

第六の態様から第十四の態様の多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材の夫々によれば、上述の多孔質静圧気体軸受用の軸受素材の場合と同様の効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、多孔質焼結金属層は焼結後の収縮量が少ないため、ステンレス鋼からなる裏金に接合層を介して強固に一体にすることができるものである。また、多孔質焼結金属層の気孔率が高められているので多孔質焼結金属層を流通する圧縮気体の圧力損失が低下し、結果として該多孔質焼結金属層の表面（軸受面）に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。

【0037】

また本発明によれば、多孔質焼結金属層の表面からの圧縮気体の噴出の偏倚をできるだけ少なくすることができる上に、製造性にも優れた多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材及びこれを用いた多孔質静圧気体ラジアル軸受を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】図1は本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受を示す断面図である。

【図2】図2は図1に示すII-II線断面図である。

【図3】図3は本発明の多孔質静圧気体スラスト軸受を示す平面図である。

【図4】図4は図3に示すIV-IV線断面図である。

【図5】図5は本発明の多孔質静圧気体軸受の接合層の厚みとせん断強さとの関係のグラ

10

20

30

40

50

フである。

【図 6】図 6 は多孔質焼結金属層の気孔率を示すグラフである。

【図 7】図 7 は多孔質静圧気体ラジアル軸受及び軸受素材の開放流量及びその流量比を示したグラフである。

【図 8】図 8 は多孔質静圧気体ラジアル軸受における負荷荷重 (k g f) と浮上量 (μ m) との関係を示すグラフである。

【図 9】図 9 は本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受の他の例を示し、図 10 の I X - I X 線断面図である。

【図 10】図 10 は図 9 に示す X - X 線断面図である。

【図 11】図 11 は図 9 の例のラジアル軸受素材を示し、図 12 の X I - X I 線断面図である。

【図 12】図 12 は図 11 に示す X I I - X I I 線断面図である。

【図 13】図 13 は本発明の多孔質静圧気体ラジアル軸受の更に他の例を示し、図 14 の X I I I - X I I I 線断面図である。

【図 14】図 14 は図 13 に示す例の左側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、本発明及び本発明の実施の形態を、図面を参照してその好ましい例に基づいて説明する。なお、本発明はこれらの例に限定されないものである。

【0040】

多孔質静圧気体軸受において図 1 及び図 2 に示す本例の多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 は、ステンレス鋼からなって円筒状に形成された裏金 2 と、裏金 2 の円筒状の一方の面である内面 9 に接合層 3 を介して一体にされた多孔質焼結金属層 4 と、裏金 2 に設けられた圧縮気体供給用の孔 5 と、軸方向に並んで裏金 2 の内面 9 に当該内面 9 側で開口して形成されて設けられていると共に当該内面 9 側の開口が多孔質焼結金属層 4 によって覆われて蓋されている、即ち覆蓋されている複数個の環状溝 6 と、裏金 2 の内面 9 に当該内面 9 側で開口して形成され環状溝 6 を相互に連通するように軸方向に伸びた相互連通用の溝 7 とを具備しており、多孔質焼結金属層 4 の円筒状の内面を軸受面 8 としており、裏金 2 に設けられた孔 5、環状溝 6 及び溝 7 によって多孔質焼結金属層 4 に圧縮気体を供給する供給手段が構成されている。

【0041】

多孔質静圧気体軸受において図 3 及び図 4 に示す本例の多孔質静圧気体スラスト軸受 11 は、ステンレス鋼からなって平板状に形成された裏金 2 と、裏金 2 の平板状の一方の面である平坦表面に接合層 3 を介して一体にされた多孔質焼結金属層 4 と、裏金 2 に設けられた圧縮気体供給用の孔 5 と、裏金 2 の一方の平坦表面に形成された複数個の環状溝 6 と、裏金 2 の一方の平坦表面に形成され環状溝 6 を相互に連通する相互連通用の溝 7 とを具備しており、多孔質焼結金属層 4 の平坦外面を軸受面 8 としており、裏金 2 に設けられた孔 5、環状溝 6 及び溝 7 によって多孔質焼結金属層 4 に圧縮気体を供給する供給手段が構成されている。

【0042】

多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 及び多孔質静圧気体スラスト軸受 11 において、裏金 2 を形成するステンレス鋼としては、オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼が使用される。とくに、クロム (C r) 含有量の少ないマルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼は好ましいものである。

【0043】

接合層 3 は、裏金 2 の一方の面に接合されたニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に接合されていると共に多孔質焼結金属層 4 が表面に接合されている銅メッキ層との二層のメッキ層を含んでいる。接合層 3 を介する裏金 2 と多孔質焼結金属層 4 との各接合部に剥離等を生じさせないためには、多孔質焼結金属層 4 の形成時の加圧の程度にもよる

10

20

30

40

50

が、ニッケルメッキ層は、 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $3\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚さを有しており、銅メッキ層は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みを有している。

【0044】

多孔質焼結金属層4は、4重量%以上10重量%以下の錫と、10重量%以上40重量%以下のニッケルと、0.1重量%以上0.5重量%未満の燐と、2重量%以上10重量%以下の無機物質と、残部が銅からなる。成分中の燐成分は、焼結過程において液相の Ni_3P を生成し、焼結を進行させるとともに裏金2の一方の面に形成された接合層3へのニッケル成分の拡散を助長し、多孔質焼結金属層4を強固に一体にさせる役割を果たす。

【0045】

また、燐成分の配合量を0.1重量%以上0.5重量%未満とすることにより、多孔質焼結金属層4の焼結後冷却時の収縮量を低く抑えることができ、多孔質焼結金属層4の収縮に起因する多孔質焼結金属層4の裏金2の一方の面からの剥離等を生じることはない。さらに、燐成分の配合量を少なくして液相の Ni_3P の生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層4の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層4を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層4の軸受面8に噴出す給気圧力が相対的に高まり浮上量を高めることができる。

【0046】

多孔質焼結金属層4に分散含有される無機物質粒子は、黒鉛、窒化ホウ素、フッ化黒鉛、フッ化カルシウム、酸化アルミニウム、酸化ケイ素及び炭化ケイ素のうちの少なくとも一つからなる。これらは、多くの金属材料のように塑性変形することではなく、無機物質である。このような無機物質が多孔質焼結金属層4の錫、ニッケル、燐及び銅からなる素地(粒界)中に分散含有されていると、このもの自体が機械加工によって塑性変形することがなく、加えて、多孔質焼結金属層4の素地の金属部分の塑性変形を分断し軽減する働きがあるため、機械加工における多孔質焼結金属層の目詰まりを抑えることができる。そして、これら無機物質粒子の配合量は、2重量%以上10重量%以下の割合が適当である。配合量が2重量%未満では多孔質焼結金属層4の素地の金属部分の塑性変形を分断し軽減する働きが充分発揮されず、また配合量が10重量%を超えて配合すると、多孔質焼結金属層4の焼結性を阻害する。

【0047】

つぎに、多孔質静圧気体軸受用の軸受素材及びこの軸受素材を使用した多孔質静圧気体軸受の製造方法について説明する。

【0048】

〔多孔質静圧気体スラスト軸受11の製造方法〕

オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼からなる円板状の裏金2を用意し、この裏金2の一方の面に同心円状の複数個の環状溝6と該環状溝6を相互に連通する溝7とを夫々形成するとともに、裏金2の他方の面から溝7に開口する圧縮気体供給用の孔5を形成する。

【0049】

環状溝6、溝7及び孔5が形成された裏金2のこれら溝6、7及び孔5を除く一方の面である平坦表面に厚さ $2\text{ }\mu\text{m}$ ~ $20\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは $3\text{ }\mu\text{m}$ ~ $15\text{ }\mu\text{m}$ のニッケルメッキ層を形成して、該ニッケルメッキ層の表面に厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ ~ $25\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは $10\text{ }\mu\text{m}$ ~ $20\text{ }\mu\text{m}$ の銅メッキ層を形成して、裏金2の溝6、7及び孔5を除く一方の平坦表面にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層を形成する。この二層のメッキ層が裏金2と多孔質焼結金属層4との接合層3となる。

【0050】

$250\text{ }\mu\text{m}$ メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末4重量%以上10重量%以下と、 $250\text{ }\mu\text{m}$ メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末10重量%以上40重量%以下と、 $120\text{ }\mu\text{m}$ メッシュの篩を通過する銅燐(燐14.5%)粉末0.7重量%以上3.4重量%未満の燐と、 $150\text{ }\mu\text{m}$ メッシュの篩を通過する無機物質粒子3重量%以上10重量%以下と、 150

10

20

30

40

50

メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をミキサーにて混合して混合粉末を作製する。

【0051】

ヒドロキシプロピルセルロース（HPC）、ポリビニールアルコール（PVA）、カルボキシメチルセルロース（CMC）、ヒドロキシエチルセルロース（HEC）、メチルセルロース（MC）、ゼラチン、アラビアゴム及びスターチから選択される粉末結合剤の1～15重量％水溶液を該混合粉末に対して0.1～5.0重量％添加し、均一に混合して湿潤性を有する原料粉末を得る。ここで、粉末結合剤水溶液の添加量は金属混合粉末に対して、0.1～5.0重量％が好ましい。とくに、5.0重量％を超えて添加すると焼結体組織中に制御できないポア（孔）が増加し、多孔質焼結金属層4の強度を低下させる原因となる。また、粉末結合剤の溶媒としては、水以外に、エチルアルコール等の親水性化合物の5～20重量％の水溶液を使用することができる。

10

【0052】

湿潤性を有する原料粉末は、コンベア及びホッパーによって圧延ロールに供給される。原料粉末の圧延は、双ロールを有する通常の横型圧延機を使用することができる。この横型圧延機を使用しておよそ厚さ2～2.5mmの圧粉体シートを作製する。

【0053】

この圧粉体シートを、環状溝6、溝7及び孔5を除く一方の面にメッキ層を有する裏金2上に重ね合わせ、これを還元性雰囲気もしくは真空中で800～1150、好ましくは850～1000の温度で0.1～5.0kgf/cm²、好ましくは0.5～3.0kgf/cm²の圧力をかけて20～120分間、好ましくは30～90分間焼結する。

20

【0054】

この焼結過程において、成分中のニッケル（Ni）及び燐（P）が液相のNi₃Pを発生するが、液相のNi₃Pを発生する燐成分が0.1重量％以上0.5重量％未満の含有量であることから、液相のNi₃Pの発生量が少なくなり、焼結時に流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層4を接合層3に接合するに必要な量の液相のNi₃Pとなり、焼結後の冷却（放冷）時の温度の下降に伴って、裏金2、多孔質焼結金属層4及び接合層3における各接合面で該多孔質焼結金属層4の収縮に起因する当該接合面で剥離を生じることがない。

【0055】

30

また、裏金2の一方の面にはニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層からなる接合層3が形成されているので、焼結過程において、多孔質焼結金属層4と裏金2との両者間に接合層3を介する強固な一体化が行われる。さらに、液相のNi₃Pの生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層4の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層4を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層4の軸受面8に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層4と裏金2とが接合層3を介して強固に一体化された多孔質静圧気体スラスト軸受11用の軸受素材とすることができる。

【0056】

図5は、上記成分組成からなる圧粉体シートを、表面に（1）厚さ3μmのニッケルメッキ層と厚さ10μmの銅メッキ層、（2）厚さ3μmのニッケルメッキ層と厚さ15μmの銅メッキ層、（3）厚さ3μmのニッケルメッキ層と厚さ20μmの銅メッキ層の三種類の接合層3を形成した裏金2上に重ね合わせ、これを還元性雰囲気中で930の温度で、1.0kgf/cm²の圧力をかけて85分間焼結して得た軸受素材について、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ：N/mm²）を示すグラフである。

40

【0057】

図5からわかるように、（1）のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）が6.5～7.2N/mm²を示し、（2）のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ（せん断強さ）が7.1～7.7N/m

50

m^2 を示し、(3)のメッキ層においては、裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さ(せん断強さ)が $6.8 \sim 7.4 \text{ N/mm}^2$ を示している。このように(1)~(3)のメッキ層においては、いずれも裏金2と多孔質焼結金属層4との接合強さは、 6.5 N/mm^2 以上を示しており、最終の多孔質焼結金属層4の平坦面に研削やラッピング等の機械加工を施しても、裏金2と多孔質焼結金属層4との間に剥離等を生じることがない。

【0058】

このようにして円板状の裏金2の一方の面に接合層3を介して焼結された多孔質焼結金属層4を具備したスラスト軸受素材を得る。得られた軸受素材の多孔質焼結金属層4の平坦表面をその粗さが 10^{-3} mm 以下となるように研削やラッピングにより機械加工を施して、軸受面8を有した所望の多孔質静圧気体スラスト軸受11を得る。

10

【0059】

〔多孔質静圧気体ラジアル軸受1の製造方法〕

オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼あるいはフェライト系ステンレス鋼からなる円筒状の裏金2を用意し、この裏金2の内面9にその軸方向に沿って等間隔に複数個の環状溝6と、該環状溝6を相互に連通する軸方向に沿う溝7とを夫々形成するとともに、裏金2の外周面25から溝7に開口する圧縮気体供給用の孔5を形成する。

【0060】

環状溝6、溝7及び孔5が形成された裏金2のこれら溝6、7及び孔5を除く内面9に厚さ $2 \sim 20 \mu\text{m}$ 、好ましくは $3 \sim 15 \mu\text{m}$ のニッケルメッキ層を形成して、該ニッケルメッキ層の表面に厚さ $10 \sim 25 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 20 \mu\text{m}$ の銅メッキ層を形成して、裏金2の溝6、7及び孔5を除く内面9にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層を形成する。この二層のメッキ層が裏金2と多孔質焼結金属層4との接合層3となる。

20

【0061】

250メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末4重量%以上10重量%以下と、250メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末10重量%以上40重量%以下と、120メッシュの篩を通過する銅燐(燐14.5%)粉末0.7重量%以上3.4重量%未満と、150メッシュの篩を通過する無機物質粒子2重量%以上10重量%以下と、150メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部をミキサーにて混合して混合粉末を作製する。

30

【0062】

この混合粉末を金型中に装填し、成形圧力 $3 \text{ トン/cm}^2 \sim 7 \text{ トン/cm}^2$ の範囲で圧縮成形し、円筒状の圧粉体を作製する。

【0063】

この円筒状の圧粉体を、内面9に環状溝6、溝7及び孔5が形成され、かつこれら溝6、7及び孔5を除く内面9にニッケルメッキ層と銅メッキ層とからなる二層のメッキ層が形成された円筒状の裏金2の内面9に圧入嵌合する。内面9に円筒状の圧粉体を圧入嵌合した円筒状の裏金2の該圧粉体の内面に金属製中子を挿入するとともに該圧粉体の内面と該金属製中子の外面との隙間にセラミック粉末を充填する。

40

【0064】

セラミック粉末は、焼結温度範囲内で溶融しないものであり、圧粉体の配合組成各成分に対して中性または還元性雰囲気中で非反応のものであれば任意のものでよい。例えば、黒鉛、炭素、アルミナ(Al_2O_3)、酸化ケイ素(SiO_2)、酸化ジルコニウム(ZrO_2)及び酸化マグネシウム(MgO)並びにこれらの複合酸化物が挙げられる。これらセラミック粉末はその粒度があまり細かいものであると、取扱い上難点が生じ、充填性にも劣るので、 $35 \sim 200$ メッシュの範囲のものが好ましい。

【0065】

金属製中子としては、熱膨張係数が大きく、耐用性のあるもの、例えば、オーステナイト系ステンレス鋼(熱膨張係数約 $1.5 \times 10^{-5} /$)が好適なものとして例示される。この中子は丸棒または中空の形態を取り得る。なお、金属製中子の外径は圧粉体の内径

50

よりも10～30mm程度小さいものが好ましい。

【0066】

ついで、還元性雰囲気もしくは真空中で800～1150、好ましくは850～1000の温度で20～120分間、好ましくは30～90分間焼結する。この焼結過程において、該セラミック粉末により該圧粉体の焼結時における内径側への膨張量及び焼結後の冷却時における内径側への収縮量を拘束し、さらに該中子の焼結時の膨張を利用することにより、接合層3への圧粉体の高い接触圧力を生じせしめる。

【0067】

この焼結過程において、成分中のニッケル(Ni)及び燐(P)が液相のNi₃Pを発生するが、液相のNi₃Pを発生する燐成分が0.1重量%以上0.5重量%未満の含有量であることから、液相のNi₃Pの発生量が少なくなり、焼結時に流れ出すことがなく、多孔質焼結金属層4を接合層3に接合するに必要な量の液相のNi₃Pとなり、焼結後の冷却(放冷)時の温度の下降に伴って、裏金2、多孔質焼結金属層4及び接合層3における各接合面で該多孔質焼結金属層4の収縮に起因する剥離を生じることがない。

【0068】

また、裏金2の円筒状の内面9にはニッケルメッキ層と銅メッキ層との二層のメッキ層からなる接合層3が形成されているので、焼結過程において、裏金2と多孔質焼結金属層4との両者間に接合層3を介する強固な一体化がなされる。さらに、燐成分の配合量を少なくして液相のNi₃Pの生成量を少なくすることにより、多孔質焼結金属層4の気孔率が高められ、多孔質焼結金属層4を流通する圧縮気体の圧力損失が低下することによって、該多孔質焼結金属層4の軸受面8に噴出す給気圧力が相対的に高まり、浮上量を高めることができる。したがって、多孔質焼結金属層4と裏金2とが接合層3を介して強固に一体化された多孔質静圧気体ラジアル軸受1用の軸受素材とすることができる。

【0069】

このようにして円筒状の裏金2の内面9に接合層3を介して焼結された多孔質焼結金属層4を具備したラジアル軸受素材を得る。このラジアル軸受素材において、円筒状の裏金2と裏金2の内面9に接合層3を介して焼結された多孔質焼結金属層4との接合強さ(せん断強さ)は、6.5N/mm²以上を示し、最終の多孔質焼結金属層4の円筒状の内面に研削やラッピング等の機械加工を施しても、裏金2と多孔質焼結金属層4との間に剥離等を生じることがない。得られた軸受素材の多孔質焼結金属層4の円筒状の内面をその粗さが10⁻³mm以下となるように研削やラッピングにより機械加工を施して、軸受面8を有した所望の多孔質静圧気体ラジアル軸受1を得る。

【0070】

以下、本発明の実施例について詳細に説明する。なお、以下の実施例及び比較例において、比較例の多孔質焼結金属層4はステンレス鋼からなる裏金2に接合できないため、比較例においては裏金2に機械構造用炭素鋼(S45C)を使用した。

【0071】

実施例1

内径30mm、外径45mm、長さ30mmのマルテンサイト系ステンレス鋼〔SUS420J2(B)〕からなる円筒状の裏金2を準備し、この円筒状の裏金2の内面9に、該裏金2の軸方向に沿って等間隔に幅2mm、深さ2mmの3個の環状溝6と、該環状溝6を相互に連通する該裏金2の軸方向に沿う1個の溝7とを夫々形成するとともに、該裏金2の外面25から該溝7に開口する1個の孔5を形成した。

【0072】

環状溝6、溝7及び孔5が形成された円筒状の裏金2のこれら溝6、7及び孔5を除く内面9に厚さ3μmのニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に厚さ10μmの銅メッキ層との二層のメッキ層を形成した。

【0073】

250メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末8重量%と、250メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末28重量%と、120メッシュの篩を通過する銅燐(燐14.5

10

20

30

40

50

%) 粉末 1 . 0 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 (無機物質粒子) 5 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅 : 5 8 . 8 5 重量 %、錫 : 8 重量 %、ニッケル : 2 8 重量 %、燐 : 0 . 1 5 重量 %、黒鉛 : 5 重量 %) を作製した。

【 0 0 7 4 】

この混合粉末を金型内に装填し、成形圧力 3 トン / cm^2 で内径 2 6 mm、外径 3 0 mm、長さ 3 0 mm の円筒状の圧粉体を作製した。

【 0 0 7 5 】

円筒状の圧粉体を前記円筒状の裏金 2 の内面 9 に圧入嵌合した。裏金 2 の内面 9 に圧入嵌合された圧粉体の内面に、外径 1 6 mm、長さ 3 0 mm のオーステナイト系ステンレス鋼からなる丸棒 (中子) を挿入するとともに該円筒状の圧粉体の内面と該丸棒の外面との隙間にセラミック粉末 (Al_2O_3 : 8 3 重量 % と SiO_2 : 1 7 重量 % の混合物、3 5 ~ 1 5 0 メッシュ) を充填したのち、アンモニア分解ガス雰囲気中で 9 3 0 の温度で 6 0 分間焼結し、円筒状の裏金 2 の内面 9 に接合層 3 を介して多孔質焼結金属層 4 を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金 2 と裏金 2 の内面 9 に一体に接合された多孔質焼結金属層 4 との接合強さ (せん断強さ) は、6 . 7 N/mm^2 であった。この軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の気孔率を図 6 に示す。

【 0 0 7 6 】

ついで、多孔質焼結金属層 4 の内面に研削加工を施し、軸受面 8 を有した厚さ 1 . 7 mm の多孔質焼結金属層 4 を円筒状の裏金 2 の内面 9 に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 を得た。

【 0 0 7 7 】

実施例 2

前記実施例 1 と同様、環状溝 6、溝 7 及び孔 5 を具備し、これら溝 6、7 及び孔 5 を除く内面 9 に厚さ 3 μm のニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に厚さ 1 5 μm の銅メッキ層との二層のメッキ層を具備した円筒状の裏金 2 を準備した。

【 0 0 7 8 】

2 5 0 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量 % と、2 5 0 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 2 8 重量 % と、1 2 0 メッシュの篩を通過する銅燐 (燐 1 4 . 5 %) 粉末 2 . 0 重量 % と、1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 (無機物質粒子) 5 重量 % と、1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅 : 5 8 . 7 1 重量 %、錫 : 8 重量 %、ニッケル : 2 8 重量 %、燐 : 0 . 2 9 重量 %、黒鉛 : 5 重量 %) を作製した。

【 0 0 7 9 】

以下、前記実施例 1 と同様の方法で、円筒状の裏金 2 の内面 9 に接合層 3 を介して多孔質焼結金属層 4 を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金 2 と裏金 2 の内面 9 に一体に接合された多孔質焼結金属層 4 との接合強さ (せん断強さ) は、7 . 2 N/mm^2 であった。この軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層 4 の内面に研削加工を施し、軸受面 8 を有した厚さ 1 . 7 mm の多孔質焼結金属層 4 を円筒状の裏金 2 の内面 9 に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 を得た。

【 0 0 8 0 】

実施例 3

前記実施例 1 と同様、環状溝 6、溝 7 及び孔 5 を具備し、これら溝 6、7 及び孔 5 を除く内面 9 に厚さ 1 0 μm のニッケルメッキ層と該ニッケルメッキ層の表面に厚さ 2 0 μm の銅メッキ層との二層のメッキ層を具備した円筒状の裏金 2 を準備した。

【 0 0 8 1 】

2 5 0 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量 % と、2 5 0 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 2 8 重量 % と、1 2 0 メッシュの篩を通過する銅燐 (燐 1 4 . 5

10

20

30

40

50

%) 粉末 3 . 0 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 (無機物質粒子) 5 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅 : 5 8 . 5 8 重量 %、 錫 : 8 重量 %、 ニッケル : 2 8 重量 %、 燐 : 0 . 4 2 重量 %、 黒鉛 : 5 重量 %) を作製した。

【 0 0 8 2 】

以下、前記実施例 1 と同様の方法で、円筒状の裏金 2 の内面 9 に接合層 3 を介して多孔質焼結金属層 4 を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用の軸受素材を得た。この軸受素材における裏金 2 と裏金 2 の内面 9 に一体に接合された多孔質焼結金属層 4 との接合強さ (せん断強さ) は、 $7 . 0 \text{ N / mm}^2$ であった。この軸受素材の多孔質焼結金属層 4 の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層 4 の内面に研削加工を施し、軸受面 8 を有した厚さ 1 . 7 mm の多孔質焼結金属層 4 を円筒状の裏金 2 の内面 9 に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 を得た。

10

【 0 0 8 3 】

比較例 1

内径 3 0 mm、外径 4 5 mm、長さ 3 0 mm の機械構造用炭素鋼 (S 4 5 C) からなる円筒状の裏金を準備し、この円筒状の裏金の内面に、該裏金の軸方向に沿って等間隔に幅 2 mm、深さ 2 mm の 3 個の環状溝と、該環状溝を相互に連通する該裏金の軸方向に沿う 1 個の連通溝とを夫々形成するとともに、該裏金の外面から該連通溝に開口する 1 個の供給孔を形成した。

【 0 0 8 4 】

20

2 5 0 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量 % と、 2 5 0 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 2 8 重量 % と、 1 2 0 メッシュの篩を通過する銅燐 (燐 1 4 . 5 %) 粉末 4 . 0 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 (無機物質粒子) 5 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅 : 5 8 . 4 2 重量 %、 錫 : 8 重量 %、 ニッケル : 2 8 重量 %、 燐 : 0 . 5 8 重量 %、 黒鉛 : 5 重量 %) を作製した。

【 0 0 8 5 】

以下、前記実施例 1 と同様の方法で、円筒状の裏金の内面に多孔質焼結金属層を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材を得た。この軸受素材の多孔質焼結金属層の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層の内面に研削加工を施し、軸受面を有した厚さ 1 . 7 mm の多孔質焼結金属層を円筒状の裏金の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受を得た。

30

【 0 0 8 6 】

比較例 2

前記比較例 1 と同様の円筒状の裏金を準備した。

【 0 0 8 7 】

2 5 0 メッシュの篩を通過するアトマイズ錫粉末 8 重量 % と、 2 5 0 メッシュの篩を通過する電解ニッケル粉末 2 8 重量 % と、 1 2 0 メッシュの篩を通過する銅燐 (燐 1 4 . 5 %) 粉末 7 . 0 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する黒鉛粉末 (無機物質粒子) 5 重量 % と、 1 5 0 メッシュの篩を通過する電解銅粉末残部を V 型ミキサーにて 5 分間混合して混合粉末 (銅 : 5 7 . 9 8 重量 %、 錫 : 8 重量 %、 ニッケル : 2 8 重量 %、 燐 : 1 . 0 2 重量 %、 黒鉛 : 5 重量 %) を作製した。

40

【 0 0 8 8 】

以下、前記実施例 1 と同様の方法で、円筒状の裏金の内面に多孔質焼結金属層を一体に接合した多孔質静圧気体ラジアル軸受用の軸受素材を得た。この軸受素材の多孔質焼結金属層の気孔率を図 6 に示す。ついで、多孔質焼結金属層の内面に研削加工を施し、軸受面を有した厚さ 1 . 7 mm の多孔質焼結金属層を円筒状の裏金の内面に備えた多孔質静圧気体ラジアル軸受を得た。

【 0 0 8 9 】

上記実施例 1 ないし実施例 3 及び比較例 1 及び比較例 2 で得た軸受素材の開放流量 (N

50

1 / hr) と多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量をそれぞれ測定して流量比 (多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量 / 軸受素材の開放流量) について調べた。開放流量の測定方法は、各軸受素材及び多孔質静圧気体ラジアル軸受の供給孔から給気圧力 5 kg / cm^2 の圧縮空気を導入し、多孔質焼結金属層を流通する圧縮空気の 1 時間当たりの流量 (Nl / hr) を測定した。

【0090】

図 7 は、実施例 1 ないし実施例 3 並びに比較例 1 及び比較例 2 で得た多孔質静圧気体ラジアル軸受と軸受素材との開放流量及びこれらの比 (多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量 / 軸受素材の開放流量) を示したグラフである。この図から多孔質焼結金属層を形成する成分中の燐成分の配合量が 0.5 重量 % を境に流量比が増加していることが判る。

10

【0091】

つぎに、上記流量比を示した実施例 1 ないし実施例 3 並びに比較例 1 及び比較例 2 の多孔質静圧気体ラジアル軸受について、供給孔から給気圧力 5 kg / cm^2 の圧縮空気を導入し、多孔質焼結金属層を流通する圧縮空気によって該ラジアル軸受の軸受面に挿入された軸の浮上量 (μm) について調べた。

【0092】

図 8 は、実施例 1 ないし実施例 3 並びに比較例 1 及び比較例 2 の多孔質静圧気体ラジアル軸受における負荷荷重 (kgf) と浮上量との関係を示すグラフである。このグラフから実施例 1 ないし実施例 3 の多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 は、いずれの負荷荷重においても比較例 1 及び比較例 2 の多孔質静圧気体ラジアル軸受よりも浮上量が大きいが判る。

20

【0093】

図 8 の結果から、実施例 1 ないし実施例 3 の多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 と比較例 1 及び比較例 2 の多孔質静圧気体ラジアル軸受の開放流量はほぼ同じ (図 7 参照) であるにも拘わらず、各実施例の多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 が各比較例の多孔質静圧気体ラジアル軸受よりも浮上量が大きいののは、各実施例及び比較例の軸受素材の気孔率の多寡 (図 6 参照) に起因するものと推察される。すなわち、各実施例の軸受素材における多孔質焼結金属層 4 の気孔率は 30 % を超えており、孔 5 から導入された圧縮気体は多孔質焼結金属層 4 の内部を流通する際の圧力損失が小さいので、軸受面 8 に噴出した給気の圧力が相対的に高まり、軸受面 8 への給気の噴出しが多孔質焼結金属層 4 の全面にわたっており、それによって浮上量を大きくするものと推察される。これに対し、各比較例の軸受素材における多孔質焼結金属層の多孔率は 21 ないし 22 % であり、軸受面への給気の噴出しが連通溝部分に多く発生し、その他の多孔質焼結金属層からの給気の噴出しが極めて少ないため、軸受面への給気がアンバランスとなるためであると推察される。

30

【0094】

図 1 及び図 2 に示す多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 では、相互連通用の溝 7 を内面 9 側で開口して裏金 2 に設けたが、これに代えて、図 9 から図 12 に示すように、行き止り孔 21 を裏金 2 の軸方向の一方の環状の端面 22 から他方の環状の端面 23 に向けて軸方向に延びて裏金 2 の内部に設けて環状溝 6 を相互に連通させてもよく、斯かる相互連通用の行き止り孔 21 を具備した多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 でも、多孔質焼結金属層 4 は、裏金 2 の内面 9 側における各環状溝 6 の開口を覆蓋すると共に裏金 2 の円筒状の内面 9 に接合層 3 を介して一体にされており、多孔質焼結金属層 4 の円筒状の内面が軸受面 8 となっている。

40

【0095】

図 9 から図 12 に示す多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 はまた、行き止り孔 21 及び環状溝 6 と共に圧縮気体の供給手段を構成するように、裏金 2 の径方向の円筒状の外表面 25 で開口していると共に裏金 2 の外表面 25 から相互連通用の行き止り孔 21 に向けて径方向に延びて裏金 2 の内部に設けられた圧縮気体供給用の行き止り孔 26 を更に具備している。

【0096】

裏金 2 の端面 22 で開口した行き止り孔 21 の軸方向の一端 27 は、栓 28 を嵌合する

50

ための嵌合手段としてのねじ溝 2 9 を具備しており、行き止り孔 2 1 の軸方向の他端 3 0 は、裏金 2 の端面 2 3 の手前で裏金 2 自体で閉塞されている一方、行き止り孔 2 6 に連通されており、ねじ溝 2 9 に螺着して一端 2 7 に嵌合した栓 2 8 は一端 2 7 を閉塞しており、行き止り孔 2 6 は、行き止り孔 2 1 及び環状溝 6 に連通している。

【 0 0 9 7 】

図 9 から図 1 2 に示す多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用のラジアル軸受素材によれば、上記のラジアル軸受素材と同等の効果を得ることができる上に、裏金 2 の内面 9 側で開口しないように、環状溝 6 を相互に連通させる相互連通用の行き止り孔 2 1 が裏金 2 の内部に設けられているために、行き止り孔 2 1 から直接的に裏金 2 の内面 9 を介する多孔質焼結金属層 4 への圧縮気体の供給を回避できて、行き止り孔 2 1 に供給された圧縮気体を環状溝 6 の夫々を介して多孔質焼結金属層 4 へ圧縮気体を供給できる結果、多孔質焼結金属層 4 の表面、即ち軸受面 8 から圧縮気体を略均等に噴出でき、しかも、相互連通用の行き止り孔 2 1 が裏金 2 の内部に設けられているために、斯かる行き止り孔 2 1 を裏金 2 の端面 2 2 からドリル等を用いて容易に形成できるために、内面 9 への相互連通用の溝 7 の形成と比較して極めて製造性に優れている。

【 0 0 9 8 】

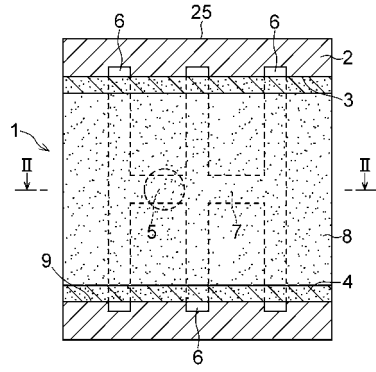
また、図 9 から図 1 2 に示す多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用のラジアル軸受素材において、裏金 2 を図 1 3 及び図 1 4 に示すように円筒部 3 1 と円筒部 3 1 に一体に形成された鍔部 3 2 とでもって構成し、鍔部 3 2 に圧縮気体供給用の行き止り孔 2 6 を設けて鍔付ラジアル軸受素材を構成してもよい。図 1 3 及び図 1 4 に示す多孔質静圧気体ラジアル軸受 1 用のラジアル軸受素材もまた、図 9 から図 1 2 に示すそれと同様に、多孔質焼結金属層 4 の表面、即ち軸受面 8 から圧縮気体を略均等に噴出でき、しかも、行き止り孔 2 1 を裏金 2 の円筒部 3 1 の端面 2 2 からドリル等を用いて容易に形成できて極めて製造性に優れている上に、多孔質焼結金属層 4 とステンレス鋼からなる裏金 2 との間に剥離等を生じることなく強固な接合一体化を行わしめることができると共に多孔質焼結金属層 4 の気孔率を高めて当該多孔質焼結金属層 4 を流通する圧縮気体による浮上量を高めることができる。

【 符号の説明 】

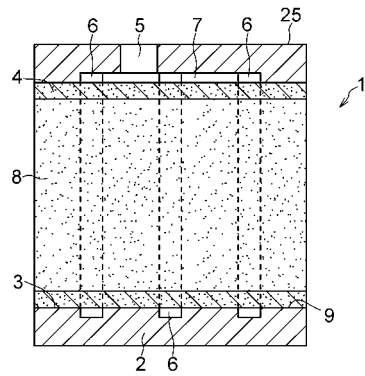
【 0 0 9 9 】

- 1 多孔質静圧気体ラジアル軸受
- 2 裏金
- 3 接合層
- 4 多孔質焼結金属層

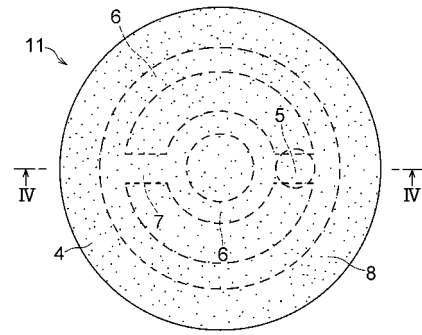
【図 1】



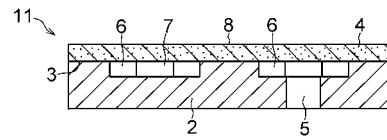
【図 2】



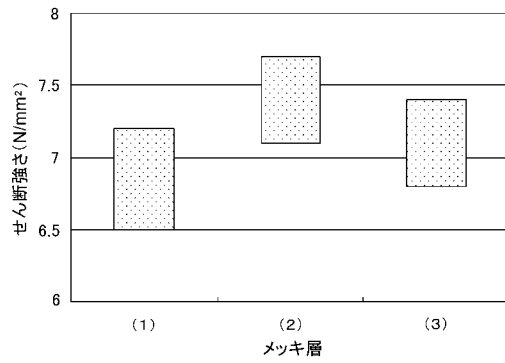
【図 3】



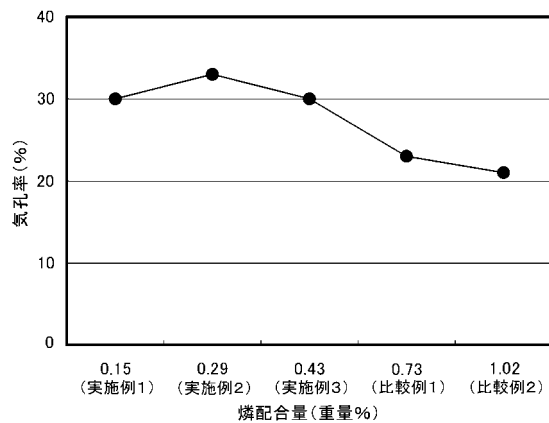
【図 4】



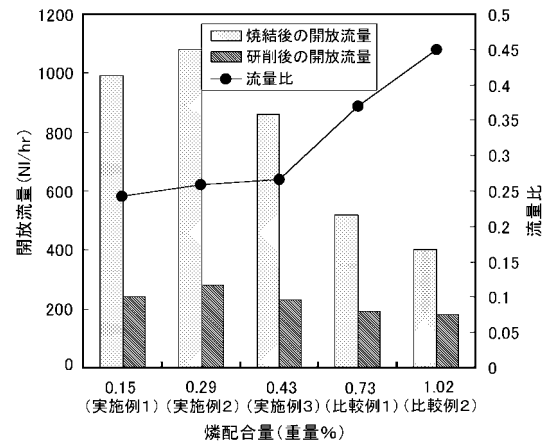
【図 5】



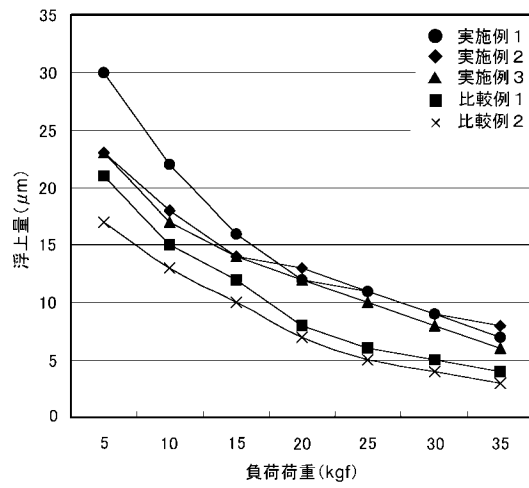
【図 6】



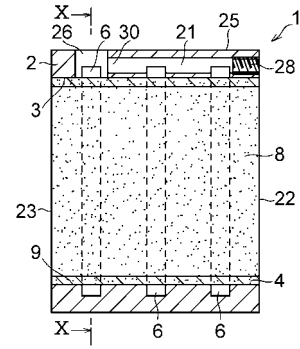
【図 7】



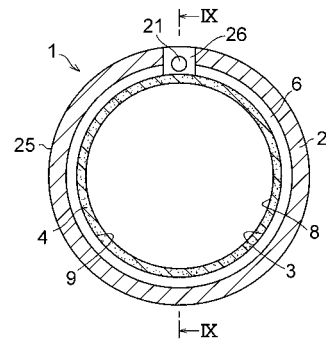
【図 8】



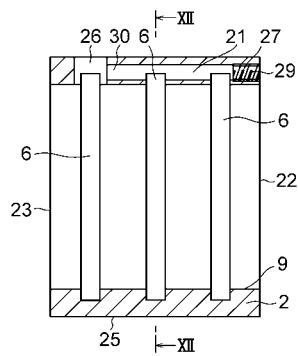
【図 9】



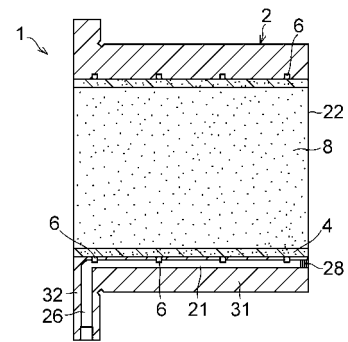
【図 10】



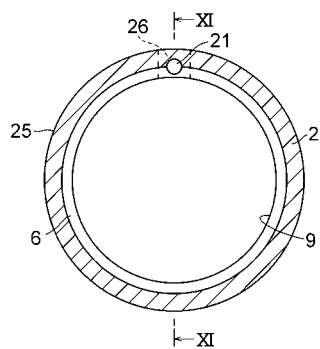
【図 11】



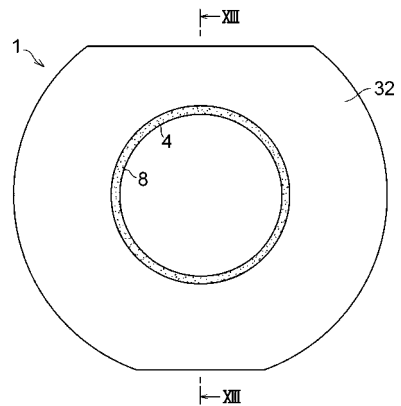
【図 13】



【図 12】



【図 14】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
B 2 2 F	7/00	(2006.01)	B 2 2 F	7/00	E
C 2 2 C	1/10	(2006.01)	C 2 2 C	1/10	J
B 2 2 F	3/14	(2006.01)	B 2 2 F	3/14	R
F 1 6 C	32/06	(2006.01)	F 1 6 C	32/06	B

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 5 8 5 1 1 (J P , A)
 特開平 0 5 - 1 8 6 7 8 5 (J P , A)
 特開平 0 6 - 0 2 5 8 7 0 (J P , A)
 特開平 1 1 - 1 1 7 9 4 0 (J P , A)
 特開平 0 7 - 1 2 7 6 4 1 (J P , A)
 特開平 1 1 - 3 0 3 8 7 0 (J P , A)
 特開平 0 6 - 1 7 3 9 5 2 (J P , A)
 特開平 0 1 - 1 0 8 3 0 4 (J P , A)
 特開平 0 7 - 1 7 9 9 6 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 1 - 1 0 7 1 6 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 2 F 1 / 0 0 - 8 / 0 0
 C 2 2 C 1 / 0 4 , 1 / 0 5
 C 2 2 C 3 3 / 0 2
 C 2 2 C 9 / 0 0
 F 1 6 C 3 2 / 0 6