

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年8月31日(31.08.2017)

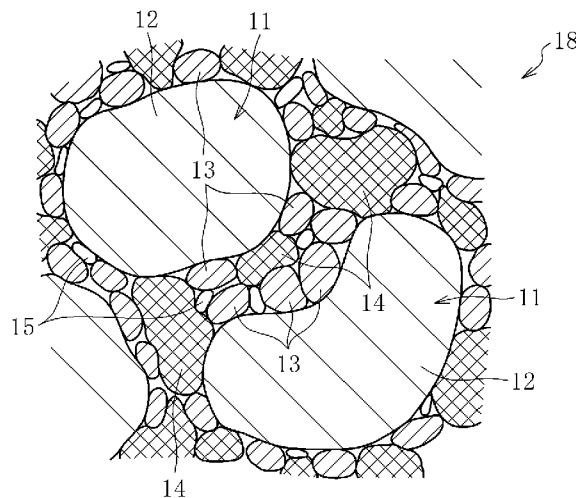


(10) 国際公開番号
WO 2017/145648 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/12 (2006.01) *C22C 38/00* (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01) *F16C 17/10* (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01) *F16C 33/10* (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01) *F16C 33/14* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/003072
- (22) 国際出願日: 2017年1月27日(27.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-034473 2016年2月25日(25.02.2016) JP
- (71) 出願人: N T N 株式会社 (NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小松原 慎治 (KOMATSUBARA Shinji); 〒5118678 三重県桑名市大字東方字尾弓田3066番地 N T N 株式会社内 Mie (JP). 伊藤 容敬 (ITO Yoshinori); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N アドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP). 内山 士広 (UCHIYAMA Tadahiro); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N アドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 城村 邦彦, 外 (SHIROMURA Kunihiko et al.); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町4丁目2番15号 江原特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: OIL-IMPREGNATED SINTERED BEARING AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 焼結含油軸受及びその製造方法



(57) Abstract: An oil-impregnated sintered bearing 8 has a sintered body of a copper-iron alloy containing 40 mass% or more of copper, and has inner pores impregnated with oil. The sintered body contains: copper derived from copper powder 13 contained in partial diffusion alloy powder 11 in which copper powder 13 having a particle size of 20 μm or less is diffusion-bonded beforehand to the surface of iron powder 12; and copper derived from elemental copper powder 14.

(57) 要約: 焼結含油軸受8は、銅を40質量%以上含む銅鉄系の焼結体を有し、内部気孔に油が含浸されている。焼結体は、鉄粉12の表面に粒径20 μm 以下の銅粉13が予め拡散接合された部分拡散合金粉11の銅粉13に由来する銅と、単体銅粉14に由来する銅とを含む。

WO 2017/145648 A1

明 細 書

発明の名称：焼結含油軸受及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、焼結含油軸受に関し、特に、流体動圧軸受装置に組み込まれる焼結含油軸受に関する。

背景技術

[0002] 流体動圧軸受装置は、軸受部材とその内周に挿入された軸部材との相対回転により、軸部材の外周面と軸受部材の内周面との間のラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油の圧力を高め、この圧力（動圧作用）で軸部材を相対回転自在に非接触支持するものである。流体動圧軸受装置は、回転精度及び静粛性に優れるという特性から、HDDのディスク駆動装置のスピンダルモータ等に好適に使用される。

[0003] 流体動圧軸受装置に組み込まれる軸受部材として、焼結体の内部気孔に油を含浸させてなる焼結含油軸受が用いられることがある。しかし、焼結含油軸受は、表面に無数の微小な開孔部を有するため、ラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油の圧力が高まると、焼結含油軸受の内周面の開孔部から内部気孔に潤滑油が浸入し、ラジアル軸受隙間の潤滑油の圧力（油膜強度）が低下する恐れがある。このような現象は「動圧抜け」と呼ばれ、焼結含油軸受を用いた流体動圧軸受装置において回避すべき課題とされる。

[0004] 動圧抜けを防止する手段として、焼結体の内周面に回転サイジングを施して表面開孔を減じる方法が知られている（例えば、下記の特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平10-306827号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 回転サイジングは、断面略多角形のサイジングピンを焼結体の内周面に圧入し、これを回転させることにより、内周面の表面開孔を押しつぶす加工方法である。この回転サイジングにより軸受面の表面開孔率を十分に小さくし、動圧軸受として必要な油膜強度を得るためには、焼結体の表層の材料を十分に圧延する必要がある。例えば、銅鉄系の焼結体により焼結含油動圧軸受を形成する場合、比較的柔らかく圧延されやすい銅の含有量を多くすることで、回転サイジングによる焼結体の表層の圧延性を高めることができる。

[0007] しかし、本発明者らの検証によると、銅粉の割合の高い（例えば50質量%以上）原料粉末を用いて焼結体を作製し、その内周面（軸受面）に回転サイジングを施した場合でも、軸受面に粗大気孔が残存することがあり、動圧抜けによる油膜強度の低下を確実に防止できるとは言えなかった。

[0008] 本発明は、焼結含油軸受の軸受面に粗大気孔が形成されることを防止し、動圧抜けによる油膜強度の低下を確実に防止することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するために、本発明は、銅を40質量%以上含む銅鉄系の焼結体を有する焼結含油軸受であって、前記焼結体が、鉄粉の表面に粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の銅粉が予め拡散接合された部分拡散合金粉の銅粉に由来する銅組織と、単体銅粉に由来する銅組織とを含むことを特徴とする焼結含油軸受を提供する。

[0010] 上記の焼結含油軸受は、鉄粉の表面に粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の銅粉が拡散接合された部分拡散合金粉と単体銅粉とを混合して原料粉末を作製する工程と、前記原料粉末を圧縮成形して圧粉体を得る工程と、前記圧粉体を焼結して焼結体を得る工程と、前記焼結体の内周面の表層の材料を圧延させることにより内周面に封孔処理を施す工程と、前記焼結体の内部気孔に油を含浸する工程とを経て製造することができる。

[0011] 本発明者らが従来の銅鉄系の焼結含油軸受の組織を検証したところ、粗大気孔が、主に歪な形状を有する鉄粉の周辺に発生していた。そこで、本発明では、鉄粉の表面に微細な銅粉（具体的には、粒径 $20\mu\text{m}$ 以下の銅粉）を

拡散接合した部分拡散合金粉を用いて焼結含油軸受を形成した。部分拡散合金粉は、鉄粉と銅粉とを混合した状態で加熱することにより製造されるが、このとき、歪な形状の鉄粉の凹部に微細な銅粉が入り込んだ状態で付着しやすいため、部分拡散合金粉全体として歪な形状が緩和され、歪な形状の鉄粉に起因する粗大気孔の形成が抑えられる。

[0012] ところで、原料粉末に歪な形状の鉄粉が含まれる場合でも、この鉄粉と混合される単体銅粉を微細化すれば、歪な形状の鉄粉の凹部に微細な単体銅粉が入り込んで、粗大気孔の形成を防止できるとも考えられる。しかし、上記の焼結体には多くの銅（40質量%以上）が含まれているため、原料粉末に微細な単体銅粉が多量に含まれることとなり、原料粉末の流動性が低下し、圧縮成形（フォーミング）が困難となる恐れがある。これに対し、上記のように部分拡散合金粉を用いることで、微細な銅粉が予め鉄粉に付着した状態で原料粉末に配合されるため、原料粉末の流動性を低下させることがなく、圧縮成形に悪影響を及ぼすことはない。

[0013] 部分拡散合金粉を製造する際、鉄粉の表面に付着させることができる銅粉の量には限界があるため、通常、部分拡散合金粉中の銅粉の割合は15～30質量%程度となる。このため、焼結体中の銅の割合を40質量%以上まで高めるためには、単体銅粉を多めに（例えば焼結体全体の35質量%以上）配合することが好ましい。この場合、単体銅粉の粒径が大きすぎると、粗大気孔が形成されやすくなるため、粒径が小さめ（具体的には63 μm 以下）の単体銅粉を用いることが好ましく、45 μm 以下のものがより一層好ましい。

[0014] 単体銅粉としては、電解銅粉を用いることが好ましい。電解銅粉は、各粒子が樹枝形状を成しているため、圧縮成形したときに粉末同士が絡みやすくなる。この状態で焼結することで、焼結が進みやすくなるため、焼結体の強度が向上すると共に、焼結体の内部気孔を微細化することができる。

[0015] 上記の焼結体の内周面や端面に、軸受隙間に満たされた潤滑油に積極的に動圧作用を発生させる動圧発生部（例えば動圧溝）を形成してもよい。この

場合、軸受隙間の潤滑油の圧力がより一層高められるため、上記のように粗大気孔の形成を抑えて動圧抜けを防止することが特に有効となる。

[0016] 上記の焼結含油軸受と、焼結含油軸受の内周に挿入された軸部材と、焼結含油軸受の内周面と軸部材の外周面との間のラジアル軸受隙間に生じる油膜の圧力により軸部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部とを備えた流体動圧軸受装置は、油膜強度が高いため、優れた回転精度を有する。

発明の効果

[0017] 以上のように、本発明によれば、歪な形状の鉄粉に起因する粗大気孔が軸受面に形成されることを防止できるため、動圧抜けによる油膜強度の低下を確実に防止することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]スピンドルモータの断面図である。
[図2]流体動圧軸受装置の断面図である。
[図3]本発明の実施形態に係る焼結含油軸受の断面図である。
[図4]上記焼結含油軸受の下面図である。
[図5a]部分拡散合金粉を模式的に示す断面図である。
[図5b]部分拡散合金粉を模式的に示す断面図である。
[図6a]圧縮成形工程を示す断面図である。
[図6b]圧縮成形工程を示す断面図である。
[図7]圧粉体の組織を模式的に示す断面図である。
[図8a]溝成形工程（溝サイジング工程）を示す断面図である。
[図8b]溝成形工程（溝サイジング工程）を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 図1に、HDDのディスク駆動装置に用いられるスピンドルモータを示す。このスピンドルモータは、流体動圧軸受装置1と、流体動圧軸受装置1の軸部材2に固定されたディスクハブ3と、半径方向隙間を介して対向させたステータコイル4およびロータマグネット5と、ブラケット6とを備えている。ステータコイル4はブラケット6に固定され、ロータマグネット5はデ

ィスクハブ3に固定される。ブラケット6の内周面には、流体動圧軸受装置1のハウジング7が固定される。ディスクハブ3には、所定枚数（図示例では2枚）のディスクDが保持される。ステータコイル4に通電すると、ロータマグネット5が回転し、これに伴って、ディスクハブ3に保持されたディスクDが軸部材2と一体に回転する。

[0020] 流体動圧軸受装置1は、図2に示すように、本発明の一実施形態に係る焼結含油軸受8と、焼結含油軸受8の内周に挿入された軸部材2と、内周面に焼結含油軸受8が固定された有底筒状のハウジング7と、ハウジング7の開口部に配設されるシール部材9とを備える。尚、以下の流体動圧軸受装置1の説明では、便宜上、軸方向でハウジング7の開口側を上方、その反対側を下方という。

[0021] 軸部材2は、例えばステンレス鋼等の金属材料で形成され、軸部2aと、軸部2aの下端に設けられたフランジ部2bとを備えている。軸部2aの外周面2a1は円筒面状とされ、その軸方向中間部には、他の領域よりも小径な逃げ部2a2が形成される。軸部2aの外径は、例えば0.5～4mm程度とされる。

[0022] 焼結含油軸受8は、銅及び鉄を主成分として含む銅鉄系の焼結体からなる。焼結含油軸受8は円筒状を成し、その内周面8aにラジアル軸受面が形成される。本実施形態では、図3に示すように、焼結含油軸受8の内周面8aの軸方向に離隔した2箇所にはラジアル軸受面が形成され、各ラジアル軸受面に、動圧発生部としてヘリングボーン形状に配列された動圧溝8a1, 8a2が設けられる。図中クロスハッチングで示す領域は、内径側に盛り上がった丘部を示している。上側の動圧溝8a1は軸方向で非対称な形状を成し、下側の動圧溝8a2は軸方向で対称な形状を成している。軸部材2の回転時には、軸方向非対称形状の上側の動圧溝8a1によりラジアル軸受隙間の潤滑油が軸方向に押し込まれ、これによりハウジング7の内部で潤滑油が強制的に循環される。尚、上下の動圧溝8a1, 8a2の双方を軸方向対称形状としてもよい。また、上下の動圧溝8a1, 8a2を軸方向で連続させたり

、上下の動圧溝 8 a 1, 8 a 2 の一方あるいは双方を省略したりしてもよい。

[0023] 焼結含油軸受 8 の下側端面 8 b にはスラスト軸受面が形成され、このスラスト軸受面に、動圧発生部として、図 4 に示すようなスパイラル形状の動圧溝 8 b 1 が形成される。図示例の動圧溝 8 b 1 は、軸部材 2 の回転に伴って潤滑油を内径側に押し込むポンプインタイプである。焼結含油軸受 8 の上側端面 8 d には、図 3 に示すように、環状溝 8 d 1 と、環状溝 8 d 1 の内径側に設けられた複数の半径方向溝 8 d 2 とが形成される。焼結含油軸受 8 の外周面 8 c には、複数の軸方向溝 8 c 1 が円周方向等間隔に設けられる。これらの軸方向溝 8 c 1、環状溝 8 d 1、及び半径方向溝 8 d 2 等を介して、軸部材 2 のフランジ部 2 b の外径側の空間がシール空間 S と連通することで、この空間における負圧の発生が防止される。

[0024] ハウジング 7 は、円筒状の側部 7 a と、側部 7 a の下方の開口部を閉塞する円盤状の底部 7 b とを有する（図 2 参照）。ハウジング 7 は樹脂あるいは金属で形成され、図示例では、側部 7 a と底部 7 b とが樹脂で一体に射出成形される。底部 7 b の上側端面 7 b 1 には、スラスト動圧発生部として、ポンプインタイプのスパイラル形状の動圧溝が形成される（図示省略）。この動圧溝は、例えばハウジング 7 の射出成形と同時に成形することができる。尚、ハウジング 7 の側部 7 a と底部 7 b を別体に形成してもよい。

[0025] シール部材 9 は、樹脂あるいは金属で環状に形成され、ハウジング 7 の側部 7 a の内周面 7 a 1 の上端部に固定される（図 2 参照）。シール部材 9 の下側端面 9 b は、焼結含油軸受 8 の上側端面 8 d に当接している。シール部材 9 の内周面 9 a は、下方に向けて漸次縮径したテーパ形状を成している。シール部材 9 の内周面 9 a は、軸部 2 a の外周面 2 a 1 と半径方向で対向し、これらの間に下方へ向けて半径方向寸法を漸次縮小させた楔状のシール空間 S が形成される。軸部材 2 の回転時には、シール空間 S が毛細管力シールとして機能し、ハウジング 7 の内部に満たされた潤滑油の外部への漏れ出しを防止する。

[0026] 上記の構成部品からなる流体動圧軸受装置 1 の内部に、潤滑油が注入される。これにより、焼結含油軸受 8 の内部気孔を含む流体動圧軸受装置 1 の内部空間が潤滑油で満たされ、油面は常にシール空間 S の範囲内に維持される。

[0027] 軸部材 2 が回転すると、焼結含油軸受 8 の内周面 8 a と軸部 2 a の外周面 2 a 1 との間にラジアル軸受隙間が形成される。そして、焼結含油軸受 8 の内周面 8 a に形成された動圧溝 8 a 1, 8 a 2 によりラジアル軸受隙間の油膜の圧力が高められ、この動圧作用によって、軸部材 2 を回転自在に非接触支持する第 1 ラジアル軸受部 R 1 及び第 2 ラジアル軸受部 R 2 が構成される。

[0028] これと同時に、フランジ部 2 b の上側端面 2 b 1 と焼結含油軸受 8 の下側端面 8 b との間、及び、フランジ部 2 b の下側端面 2 b 2 とハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 との間にそれぞれスラスト軸受隙間が形成される。そして、焼結含油軸受 8 の下側端面 8 b に形成された動圧溝 8 b 1、及びハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 に形成された動圧溝により、各スラスト軸受隙間の油膜の圧力が高められ、軸部材 2 を両スラスト方向に回転自在に非接触支持する第 1 スラスト軸受部 T 1 及び第 2 スラスト軸受部 T 2 が構成される。

[0029] 以下、上記の焼結含油軸受 8 の製造方法を説明する。焼結含油軸受 8 は、主に (A) 原料粉末混合工程、(B) 成形工程、(C) 焼結工程、(D) 封孔処理工程、及び (E) 動圧溝形成工程を順に経て製造される。以下、各工程について詳細に説明する。

[0030] (A) 原料粉末混合工程

この工程では、後述する複数種の粉末を混合することにより、焼結含油軸受 8 の原料粉末を作製する。本実施形態で使用する原料粉末は、部分拡散合金粉と、単体銅粉と、低融点金属粉とからなる。この原料粉末には、必要に応じて、各種成形潤滑剤（例えば、離型性向上のための潤滑剤）や固体潤滑剤（例えば黒鉛粉）等を添加しても良い。以下、上記の各粉末について詳細

に述べる。

[0031] 〔部分拡散合金粉〕

部分拡散合金粉 1 1 としては、鉄粉 1 2 の表面に銅粉 1 3 を拡散接合した Fe-Cu 部分拡散合金粉が使用される。特に、本実施形態では、図 5 a、図 5 b に模式的に示すように、鉄粉 1 2 の表面に、鉄粉 1 2 よりも平均粒径が小さい多数の銅粉 1 3 を拡散接合した Fe-Cu 部分拡散合金粉が使用される。部分拡散合金粉 1 1 の鉄粉 1 2 と銅粉 1 3 との境界付近では、鉄に銅が拡散して Fe-Cu 合金が形成されている。部分拡散合金粉 1 1 は、鉄粉 1 2 と銅粉 1 3 の混合粉を加熱してこれらを拡散接合させた後、粉砕することにより形成される。このとき、例えば図 5 b に示すような歪な形状を有する鉄粉 1 2 には、その凹部 1 2 a に微細な銅粉 1 3 が嵌まり込みやすく、この状態で両者が拡散接合される。これにより、鉄粉 1 2 の凹部 1 2 a が微細な銅粉 1 3 で埋められた状態となり、歪な形状がある程度解消される。

[0032] 部分拡散合金粉 1 1 の粒径が大きすぎると、部分拡散合金粉 1 1 の粒子間に粗大気孔が形成される恐れがある。このため、部分拡散合金粉 1 1 としては、粒径 106 μm 以下のものを使用することが好ましい。また、原料粉末の流動性を確保する観点から、部分拡散合金粉 1 1 は、粒径 45 μm 以下の粒子を 25 質量%以上含まないものを使用するのが望ましい。

[0033] 上記の部分拡散合金粉 1 1 を構成する鉄粉 1 2 としては、還元鉄粉、アトマイズ鉄粉等、公知の鉄粉を使用することができるが、本実施形態では還元鉄粉を使用する。還元鉄粉は、球形に近似した不規則形状で、かつ内部気孔を有する海綿状（多孔質状）であるから、海綿鉄粉とも称される。使用する鉄粉 1 2 は、粒径 20 μm ~ 106 μm のものが好ましく、粒径 38 μm ~ 75 μm のものが一層好ましい。

[0034] また、部分拡散合金粉 1 1 を構成する銅粉 1 3 としては、汎用されている不規則形状や樹枝状の銅粉が広く使用可能であり、例えば、電解銅粉、アトマイズ銅粉等が用いられる。本実施形態では、表面に多数の凹凸を有すると共に、粒子全体として球形に近似した不規則形状をなし、成形性に優れたア

トマイズ銅粉を使用している。一方、電解銅粉は焼結性に優れているため、電解銅粉を使用すれば鉄粉 1 2 との結合をより高めることができる。使用する銅粉 1 3 は、鉄粉 1 2 よりも小粒径のものが使用され、具体的には粒径 $20\ \mu\text{m}$ 以下のものが使用される。また、鉄粉 1 2 への付着量を確保するためには、銅粉 1 3 はある程度の大きさを有することが望ましく、例えば粒径 $5\ \mu\text{m}$ 以上のものが使用される。なお、部分拡散合金粉 1 1 における Cu の割合は 10～30 質量%（好ましくは 22～26 質量%）である。

[0035] [単体銅粉]

単体銅粉としては、電解銅粉およびアトマイズ銅粉のどちらも使用可能であるが、特に、電解銅粉を使用することが好ましい。電解銅粉は、各粒子が樹枝形状を成しているため、粒子同士が絡みやすく、内部気孔を微細化することができるからである。また、単体銅粉は、粒径が $63\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $45\ \mu\text{m}$ 以下のものがより一層好ましい。これにより、粒子間に形成される気孔がさらに微細化されるからである。また、原料粉末の流動性を確保する観点から、単体銅粉は、粒径 $20\ \mu\text{m}$ 以下の粒子を 60 質量%以上含まないものを使用するのが望ましい。

[0036] [低融点金属粉]

低融点金属粉としては、融点が 700°C 以下の金属粉、例えば錫、亜鉛、リン等を含む粉末が使用される。本実施形態では、これらの中でも銅と鉄に拡散し易く、単独粉で使用できる錫粉、特にアトマイズ錫粉を使用する。錫粉（アトマイズ錫粉）としては、粒径 $63\ \mu\text{m}$ 以下のものが好ましく使用され、粒径 $45\ \mu\text{m}$ 以下の粒子が 90 質量%以上含むものが一層好ましく使用される。

[0037] 以上で述べた各粉末を、所定の割合で混合する。原料粉末における銅の割合が少なすぎると、焼結含油軸受 8 の軸受面における銅の割合が不足し、後述する封孔処理時の表層の圧延性が不足する恐れがある。従って、原料粉末に含まれる銅（部分拡散合金粉の銅粉と単体銅粉との合計）は、40 質量%以上（好ましくは 50 質量%以上）とされる。一方、コストの観点から、原

料粉末中の銅の割合は 75 質量%以下（好ましくは 65 質量%以下）とされる。また、原料粉末中の鉄の割合は、少なすぎると焼結含油軸受 8 の強度不足を招き、多すぎると銅の割合が低下して上記の不具合を招く。従って、原料粉末中の鉄（部分拡散合金粉の鉄粉）の配合割合は、25 質量%以上（好ましくは 38 質量%以上）、50 質量%以下（好ましくは 42 質量%以下）とされる。本実施形態において、部分拡散合金粉の配合割合は、原料粉末全体に対する鉄粉 12 の割合が 25～50 質量%となるように設定される。一方、単体銅粉の配合割合は 35～60 質量%とされる。

[0038] 低融点金属粉は、少なすぎると液相焼結の進行が不十分となるために強度低下を招き、多すぎると粗大気孔が増える問題があるため、原料粉末中の配合割合は 1～3 質量%とされる。

[0039] 尚、粉末の粒径は、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、さらには粒径を求めるレーザ回折散乱法（例えば株式会社島津製作所製の S A L D 3 1 0 0 0 を用いる）や、画像解析（例えば株式会社セイシン企業の P I T A - 3）により測定することができる。また、本明細書で言う「粒径 $X \mu m$ 以下」とは、粒径が $X \mu m$ を超える粒子を実質的に含まない（3 質量%以上含まない）ことを意味し、例えば目開き $X \mu m$ の篩を通過可能な粉末を意味する。同様に、「粒径 $Y \mu m$ 以上」とは、粒径が $Y \mu m$ 未満の粒子を実質的に含まない（3 質量%以上含まない）ことを意味し、例えば目開き $Y \mu m$ の篩を通過せず、その篩の上に残る粉末を意味する。

[0040] （B）成形工程

成形工程では、図 6 a、図 6 b に示すような成形金型 20 を使用して上記の原料粉末 10 を圧縮することにより、図 3 に示す焼結含油軸受 8 に近似した形状（略完成品形状）の圧粉体 18 を得る。成形金型 20 は、主要な構成として、同軸配置されたコア 21、上下パンチ 22、23 およびダイ 24 を有する。成形金型 20 は、例えばカム式成形プレス機のダイセットにセットされる。

[0041] まず、コア 21、下パンチ 23 およびダイ 24 で画成されるキャビティ内に原料粉末 10 を充填する（図 6 a 参照）。その後、上パンチ 22 を降下させ、原料粉末 10 を圧縮することにより、圧粉体 18 が成形される（図 6 b 参照）。そして、上パンチ 22 及び下パンチ 23 を上昇させ、圧粉体 18 をキャビティ外に抜き出す。

[0042] こうして形成された圧粉体 18 の組織を図 7 に示す。この組織では、部分拡散合金粉 11 を構成する鉄粉 12 及び銅粉 13、単体銅粉 14、及び錫粉 15 が均一に分散している。本実施形態で使用される部分拡散合金粉 11 は、歪な形状の鉄粉 12 を含んでいるが、その鉄粉 12 の凹部 12 a に、予め微細な銅粉 13 が入り込んで接合されているため、全体として歪な形状がある程度解消されている（図 6 b 参照）。従って、歪な形状の鉄粉 12 に起因した粗大気孔の形成を抑制することができる。また、粒径 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下の微細な銅粉 13 が、鉄粉 12 に接合された状態で原料粉末に混合されるため、微細な銅粉 13 が原料粉末の流動性を低下させたり、原料粉末中で偏析したりすることはない。

[0043] また、本実施形態では、原料粉末に、鉄粉 12 と比べて柔らかい銅粉 13、14 が比較的多く（40 質量%以上）含まれていることで、圧縮成形時の銅粉 13、14 の塑性流動により粒子間の気孔を埋めることができる。また、本実施形態では、単体銅粉として、粒径が小さめ（ $63\text{ }\mu\text{m}$ 以下）の電解銅粉を使用しているため、粒子間の気孔を微細化することができる。

[0044] （C）焼結工程

焼結工程では、圧粉体 18 を焼結し、焼結体を得る。具体的に、圧粉体 18 を 800°C 以上 900°C 以下で加熱する（低温焼結）。原料粉末に流体潤滑剤等の各種成形潤滑剤を含めていた場合、成形潤滑剤は、焼結に伴って揮散する。尚、本実施形態の焼結体の密度は、 $6.3\sim 7.6\text{ g/cm}^3$ （相対密度 74～90%）とされる。

[0045] 上記の工程を経て製造された焼結体は、鉄組織及び銅組織を主体として構成される。銅組織は、部分拡散合金粉 11 の銅粉 13 に由来する銅組織と、

単体銅粉 1 4 に由来する銅組織とからなる。これらの銅組織を構成する銅の合計量が、焼結体全体の 4 0 質量%以上となっている。このうち、単体銅粉 1 4 に由来する銅組織は、焼結体全体の 3 5 質量%以上含まれる。

[0046] 尚、焼結体の鉄組織の周辺を囲む銅組織に粗大気孔が形成されていなければ、原料粉末が F e - C u 部分拡散合金粉を含んでいると推定できる。また、比較的離れた鉄組織の間に銅組織が存在していれば、原料粉末が単体銅粉を含んでいると推定できる。従って、焼結体の断面を観察して、鉄組織の周囲の銅組織に粗大気孔が形成されておらず、且つ、比較的離れた鉄組織の間に銅組織が存在していれば、その焼結体の銅組織が、部分拡散合金粉 1 1 の銅粉 1 3 に由来するもの、及び単体銅粉 1 4 に由来するものの双方を含んでいると判断することができる。

[0047] (D) 封孔処理工程（回転サイジング工程）

この工程では、断面略多角形のサイジングピンを焼結体の内周面に圧入し、この状態でサイジングピンを回転させる（図示省略）。サイジングピンのうち、焼結体の内周面と接触する角部は、断面略円弧状に丸められている。この回転サイジングにより、焼結体の内周面の表層の材料がサイジングピンで圧延され、内周面の開孔部が押しつぶされ、内周面の表面開孔率が低減される。特に、焼結体が比較的多くの銅を含むため、焼結体の内周面の表層の圧延性が高く、内周面の開孔部が押しつぶされやすい。これにより、焼結体の内周面の開孔率を 1 2 % 以下、好ましくは 1 0 % 以下まで抑えることができる。一方、焼結体の内周面の開孔率は 0 . 1 % 以上とすることが望ましい。

[0048] 上記のような回転サイジング等の封孔処理により、焼結体の内周面の開孔率は、内部の気孔率（ $\equiv$ 焼結体全体の気孔率 $= 100\% - \text{相対密度}$ ）よりも小さくなっている。換言すると、焼結体の内周面の開孔率が内部の気孔率以下となっていれば、内周面に封孔処理が施されたと推定することができる。尚、焼結体の内周面の開孔率は、例えば焼結体の内周面の撮影画像を解析して開孔部の面積比率を算出することにより求めることができる。

[0049] (E) 動圧溝形成工程（溝サイジング工程）

この工程では、図 8 に示すサイジング金型 30 により焼結体 28 を所定の寸法精度に矯正すると共に、焼結体 28 の内周面 28 a に動圧溝を型成形する。具体的には、図 8 a に示すように、焼結体 28 の内周にコアロッド 31 を隙間を介して挿入すると共に、焼結体 28 の軸方向幅を上下パンチ 32, 33 で拘束する。この状態を維持しながら、図 8 b に示すように、焼結体 28 をダイ 34 の内周に圧入する。これにより、焼結体 28 が外周から圧迫され、焼結体 28 の内周面 28 a が、コアロッド 31 の外周面に形成された成形型 31 a に押し付けられ、焼結体 28 の内周面 28 a に成形型 31 a の形状が転写されて動圧溝 8 a 1, 8 a 2 が成形される。その後、焼結体 28、コアロッド 31、及び上下パンチ 32, 33 を上昇させ、ダイ 34 の内周から焼結体 28 及びコアロッド 31 を取り出す。このとき、焼結体 28 の内周面 28 a がスプリングバックにより拡径し、コアロッド 31 の外周面の成形型 31 a から剥離する。そして、焼結体 28 の内周からコアロッド 31 を引き抜く。

[0050] こうして形成された焼結体 28 の内部気孔に真空含浸等の手法で潤滑油を含浸させると、図 1 に示す焼結含油軸受 8 が完成する。

[0051] 以上、本発明の一実施形態に係る焼結含油軸受について説明を行ったが、本発明の実施の形態は上述のものに限られない。

[0052] 例えば、圧縮成形工程において、成形金型 20 および原料粉末 10 の少なくとも一方を加熱した状態で圧粉体 18 を圧縮成形する、いわゆる温間成形法や、成形金型 20 の成形面（キャビティの画成面）に潤滑剤を塗布した状態で圧粉体 18 を圧縮成形する金型潤滑成形法を採用しても良い。このような方法を採用すれば、圧粉体 18 を一層精度良く成形することができる。

[0053] また、封孔処理工程は、焼結体の表層を圧延（塑性変形）させて表面開孔を減じる方法であればよく、回転サイジングの他、ショットブラスト、サンドブラスト、バレル研磨、タンブラー処理等を採用することもできる。

[0054] また、焼結含油軸受 8 の内周面 8 a に、ヘリングボーン形状以外の形状の

動圧溝を形成してもよい。また、焼結含油軸受 8 の内周面 8 a を円筒面とする一方で、軸部材 2 の外周面 2 a 1 に動圧溝を形成してもよい。また、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a と軸部材 2 の外周面 2 a 1 の双方を円筒面とし、軸部材 2 の振れ回りで動圧を発生させる、いわゆる真円軸受を構成してもよい。

[0055] また、軸部材 2 のスラスト方向の支持は、上記のような動圧軸受（スラスト軸受部 T 1, T 2）による非接触支持に限らず、ピボット軸受等の接触支持で行ってもよい。この場合、焼結含油軸受 8 の端面にはスラスト軸受面は形成されない。

[0056] また、上記の実施形態では、焼結含油軸受 8 が固定され、軸部材 2 が回転する場合を示したが、これに限らず、軸部材 2 を固定して焼結含油軸受 8 を回転させる構成、あるいは、軸部材 2 及び焼結含油軸受 8 の双方を回転させる構成を採用することもできる。

[0057] また、本発明に係る焼結含油軸受 8 が組み込まれた流体動圧軸受装置は、HDDのディスク駆動装置に用いられるスピンドルモータに限らず、他の情報機器に組み込まれるスピンドルモータ、レーザビームプリンタのポリゴンスキャナモータ、プロジェクタのカラーホイール、あるいは冷却用のファンモータ等、他の小型モータにも広く使用することができる。

符号の説明

- [0058]
- | | |
|----|----------|
| 1 | 流体動圧軸受装置 |
| 2 | 軸部材 |
| 7 | ハウジング |
| 8 | 焼結含油軸受 |
| 9 | シール部材 |
| 10 | 原料粉末 |
| 11 | 部分拡散合金粉 |
| 12 | 鉄粉 |
| 13 | 銅粉 |

1 4 単体銅粉

1 5 錫粉

1 8 圧粉体

2 8 焼結体

R 1, R 2 ラジアル軸受部

T 1, T 2 スラスト軸受部

S シール空間

請求の範囲

- [請求項1] 銅を40質量%以上含む銅鉄系の焼結体を有する焼結含油軸受であって、
前記焼結体が、鉄粉の表面に粒径20 μ m以下の銅粉が予め拡散接合された部分拡散合金粉の銅粉に由来する銅組織と、単体銅粉に由来する銅組織とを含むことを特徴とする焼結含油軸受。
- [請求項2] 前記焼結体が、前記単体銅粉に由来する銅組織を35質量%以上含む請求項1記載の焼結含油軸受。
- [請求項3] 前記単体銅粉の粒径が63 μ m以下である請求項1又は2記載の焼結含油軸受。
- [請求項4] 前記単体銅粉が電解銅粉である請求項1～3の何れか1項に記載の焼結含油軸受。
- [請求項5] 前記焼結体の内周面に動圧発生部が形成された請求項1～4の何れか1項に記載の焼結含油軸受。
- [請求項6] 前記焼結体の端面に動圧発生部が形成された請求項1～5の何れか1項に記載の焼結含油軸受。
- [請求項7] 請求項1～6の何れか1項に記載の焼結含油軸受と、前記焼結含油軸受の内周に挿入された軸部材と、前記焼結含油軸受の内周面と前記軸部材の外周面との間のラジアル軸受隙間に生じる油膜の圧力により前記軸部材をラジアル方向に非接触支持するラジアル軸受部とを備えた流体動圧軸受装置。
- [請求項8] 請求項7に記載の流体動圧軸受装置と、ステータコイルと、ロータマグネットとを有するモータ。
- [請求項9] 銅を40質量%以上含む銅鉄系の焼結体を有する焼結含油軸受の製造方法であって、
鉄粉の表面に粒径20 μ m以下の銅粉が拡散接合された部分拡散合金粉と単体銅粉とを混合して原料粉末を作製する工程と、前記原料粉末を圧縮成形して圧粉体を得る工程と、前記圧粉体を焼結して焼結体

を得る工程と、前記焼結体の内周面の表層の材料を圧延させることにより内周面に封孔処理を施す工程と、前記焼結体の内部気孔に油を含ま浸する工程とを有する焼結含油軸受の製造方法。

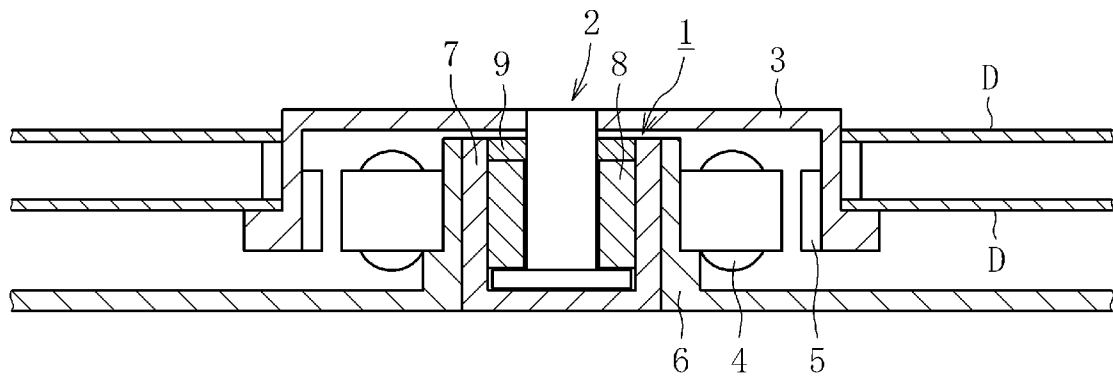
[請求項10] 前記封孔処理が回転サイジングである請求項9記載の焼結含油軸受の製造方法。

[請求項11] 前記原料粉末が、前記単体銅粉を35質量%以上含む請求項9又は10に記載の焼結含油軸受の製造方法。

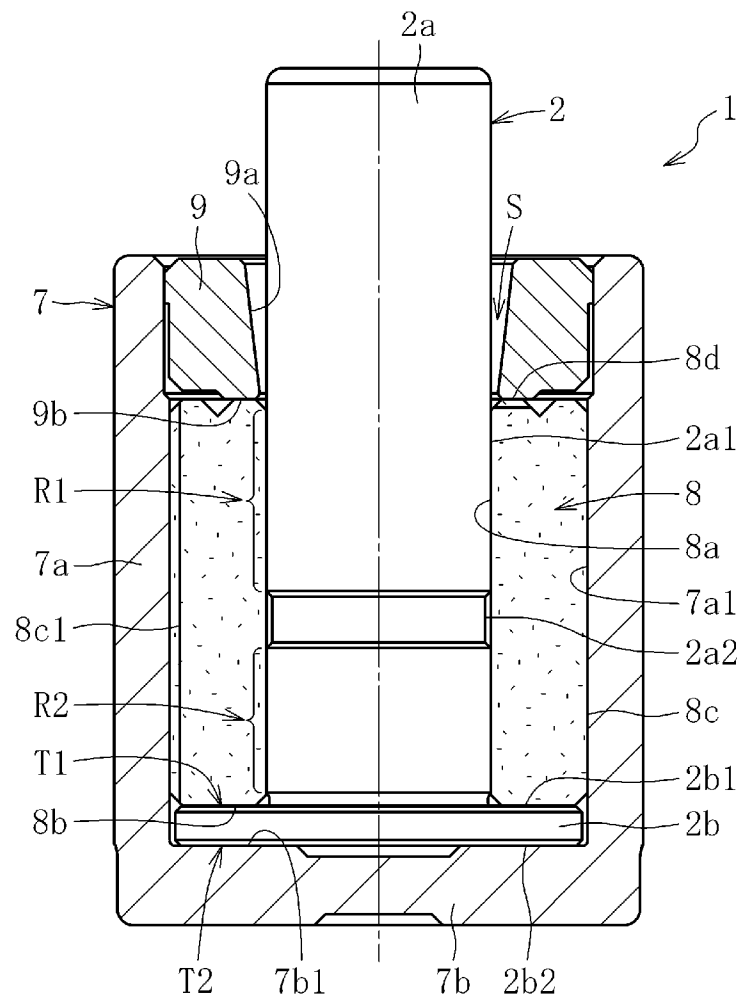
[請求項12] 前記単体銅粉の粒径が $6.3\mu\text{m}$ 以下である請求項9～11の何れか1項に記載の焼結含油軸受の製造方法。

[請求項13] 前記単体銅粉が電解銅粉である請求項9～12の何れか1項に記載の焼結含油軸受の製造方法。

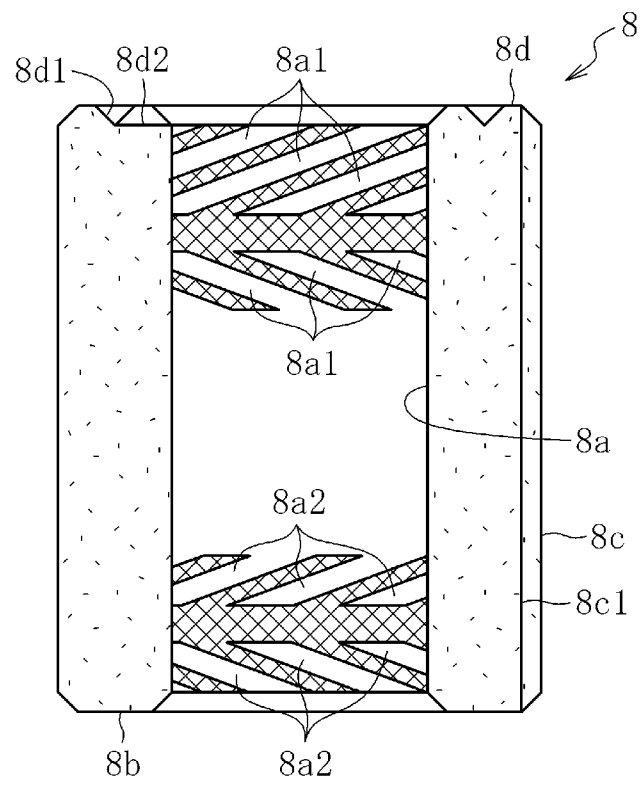
[図1]



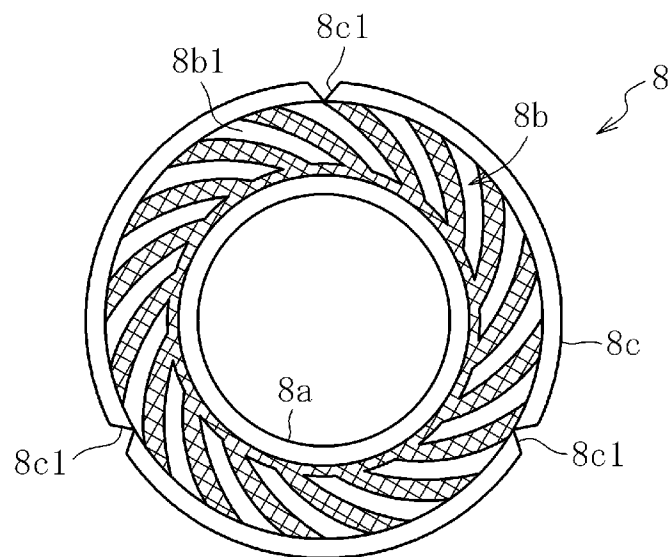
[図2]



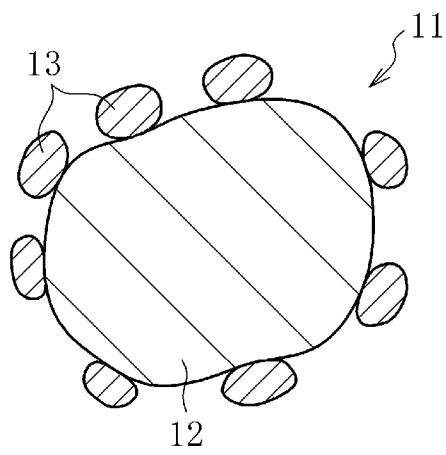
[図3]



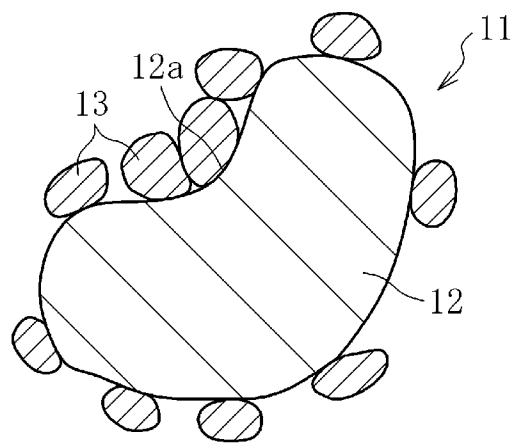
[図4]



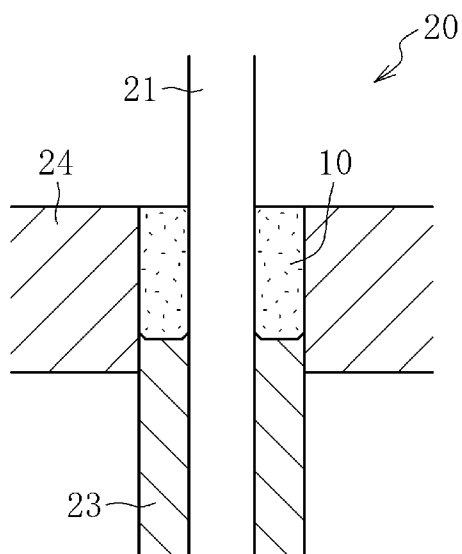
[図5a]



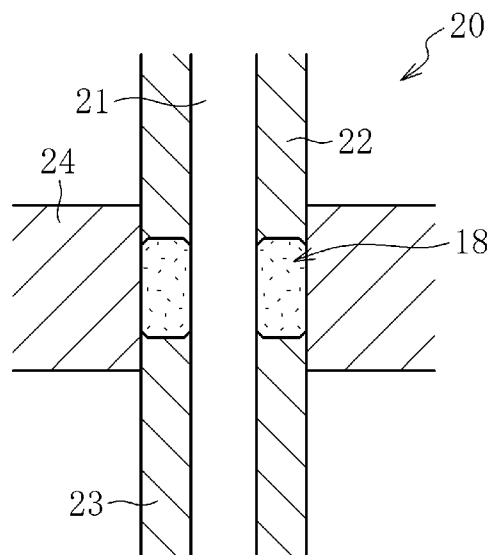
[図5b]



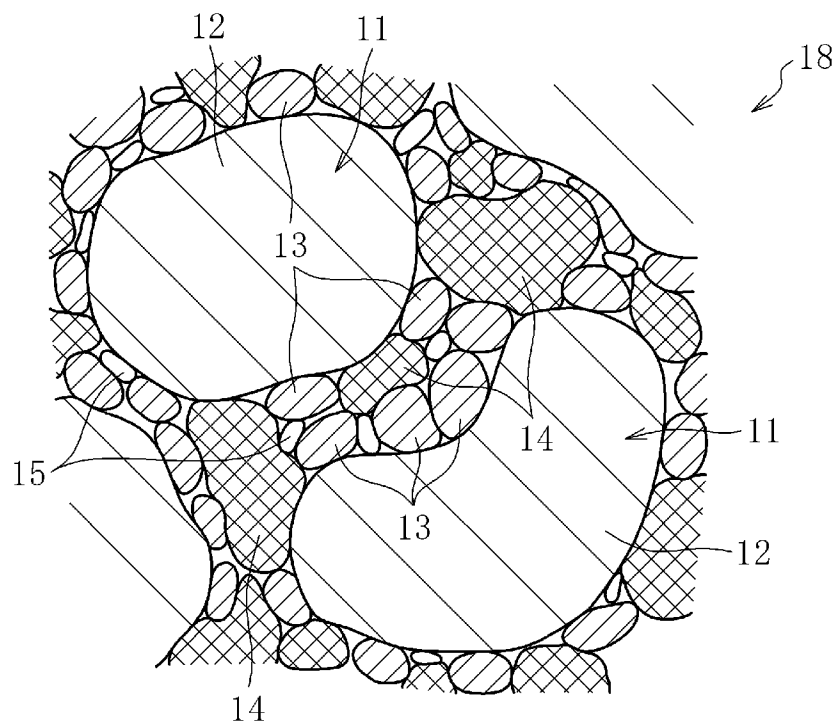
[図6a]



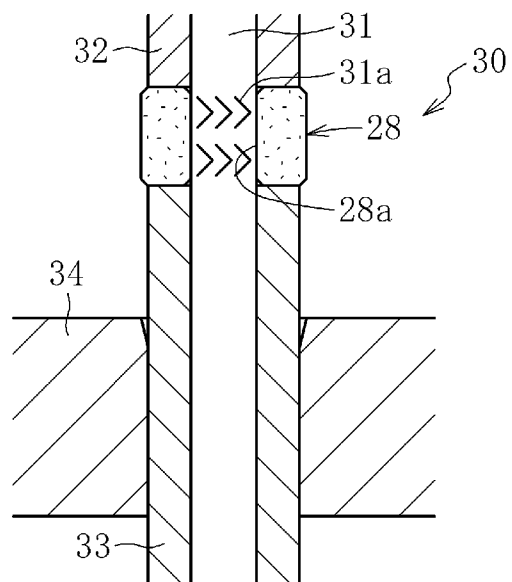
[図6b]



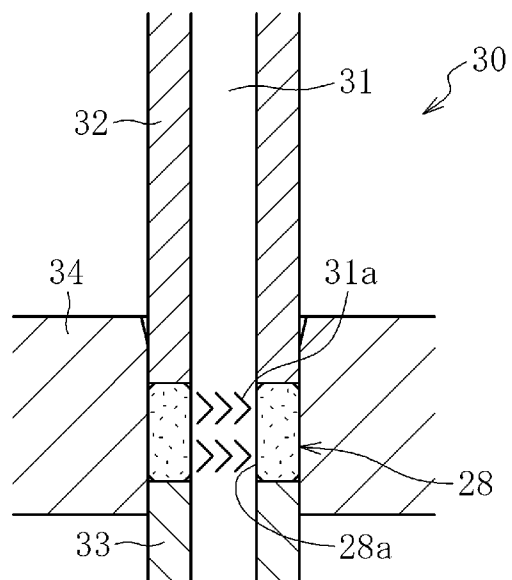
[図7]



[図8a]



[図8b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/003072

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C33/12(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)i, C22C9/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, F16C17/10(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, F16C33/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16C33/12, B22F1/00, B22F5/00, C22C9/00, C22C38/00, F16C17/10, F16C33/10, F16C33/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-279349 A (NTN Corp.), 10 October 2001 (10.10.2001), paragraphs [0009], [0016] to [0027], [0031]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-13
Y	JP 2015-137660 A (NTN Corp.), 30 July 2015 (30.07.2015), paragraphs [0034] to [0037], [0040] to [0041] & US 2016/0223016 A1 paragraphs [0046] to [0050], [0059] to [0061] & WO 2015/050200 A1 & EP 3054185 A1 & CN 105593543 A	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 April 2017 (14.04.17)

Date of mailing of the international search report
25 April 2017 (25.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/003072

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-204072 A (NTN Corp.), 07 October 2013 (07.10.2013), paragraphs [0033], [0038] to [0039]; fig. 3 to 4 & US 2015/0043844 A1 paragraphs [0072], [0077] to [0078]; fig. 3 to 4 & WO 2013/141205 A1 & CN 104204574 A	5-8, 10-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16C33/12(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)i, C22C9/00(2006.01)i, C22C38/00(2006.01)i, F16C17/10(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, F16C33/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16C33/12, B22F1/00, B22F5/00, C22C9/00, C22C38/00, F16C17/10, F16C33/10, F16C33/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2001-279349 A (エヌティエヌ株式会社) 2001.10.10, 段落【0009】、【0016】－【0027】、【0031】、 図1－3 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2015-137660 A (NTN株式会社) 2015.07.30, 段落【0034】－【0037】、【0040】－【0041】 & US 2016/0223016 A1, 段落【0046】－【0050】、 【0059】－【0061】 & WO 2015/050200 A1 & EP 3054185 A1 & CN 105593543 A	1-13

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.04.2017

国際調査報告の発送日

25.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中村 大輔

3 J

3625

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2013-204072 A (NTN株式会社) 2013.10.07, 段落【0033】、【0038】－【0039】、図3－4 & US 2015/0043844 A1, 段落[0072], [0077]－[0078], F i g . 3－4 & WO 2013/141205 A1 & CN 104204574 A	5-8, 10-13