

(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
2018年3月1日(01.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/037822 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 17/10 (2006.01) *B21D 53/10* (2006.01)
B21D 17/02 (2006.01) *F16C 17/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/027187

(22) 国際出願日: 2017年7月27日(27.07.2017)

(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 2016-165840 2016年8月26日(26.08.2016) 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: 新井 隆生(ARAI Takao); 〒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).

(74) 代理人: 城村 邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiro
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,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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.

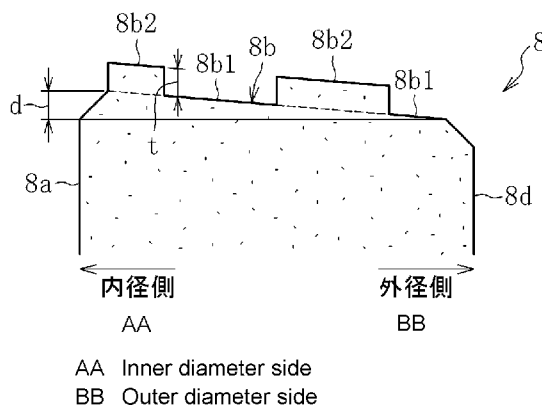
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, 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: DYNAMIC PRESSURE BEARING AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 動圧軸受およびその製造方法



(57) Abstract: A dynamic pressure bearing 8 comprises dynamic pressure grooves 8b1 formed on an upper-side end surface 8b. The bottom groove surfaces of the dynamic pressure grooves 8b1 slope downward toward the outer diameter side.

(57) 要約: 動圧軸受 8 は、上側端面 8 b に型成形された動圧溝 8 b 1 を有する。動圧溝 8 b 1 の溝底面が、外径側に向けて下方に傾斜している。



WO 2018/037822 A1

明 細 書

発明の名称： 動圧軸受およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、動圧軸受、特に、端面に動圧溝が型成形された動圧軸受、およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 動圧軸受は、相対回転する軸部材との間の軸受隙間に生じる流体圧力で、軸部材を非接触支持するものである。動圧軸受の内周面および端面には、軸受隙間に満たされた潤滑流体（例えば潤滑油）に動圧を発生させる動圧溝が形成されることがある。動圧溝は、周方向（軸部材の相対回転方向）と交差する方向に沿って延び、軸部材の相対回転に伴って周方向に流れる軸受隙間の潤滑流体の流れ方向が、動圧溝によって矯正されることにより、潤滑流体が集められて流体圧力が高められる。

[0003] 動圧溝は、軸受素材に金型を押し付けることにより型成形されることが多い。例えば特許文献1には、円筒状の焼結体の内周面および端面に動圧溝を型成形する方法が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3607661号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、通常、動圧溝と、その周方向間に形成される丘部との周方向寸法比は一定とされる（例えば1：1）。動圧軸受の端面（スラスト軸受面）に形成される動圧溝の場合、動圧溝と丘部との周方向寸法比を一定にすると、外径側に行くにつれて動圧溝および丘部の周方向幅が広がる（図4参照）。このような動圧溝を軸受素材の端面に型成形すると、成形型を押し付けたときに丘部に生じる歪み量（塑性変形量）が半径方向位置によって異なる

ため、図 15 に示すように、丘部 101 の高さが外径側に行くにつれて低くなる、いわゆる「ダレ」が生じやすい。この場合、動圧溝 102 の溝深さが外径側に行くにつれて浅くなるため、動圧溝 102 の外径端付近は、潤滑流体の流れ方向を矯正する能力（すなわち、潤滑流体を集める能力）が低くなり、動圧溝 102 による圧力向上効果が十分に発揮されないおそれがある。

[0006] そこで、本発明は、動圧軸受の端面に形成される動圧溝による圧力向上効果を高めることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記課題を解決するために、本発明に係る動圧軸受は、軸方向一方側の端面に動圧溝が型成形され、前記動圧溝の溝底面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする。

[0008] このように、本発明の動圧軸受では、軸方向一方側の端面に型成形された動圧溝の溝底面を、外径側に向けて軸方向他方側（溝深さを深くする側）に傾斜させた。これにより、丘部の頂面が外径側に向けて軸方向他方側に傾斜する、いわゆる「ダレ」が生じた場合でも、動圧溝の全域で所定以上の溝深さを確保することができる。この場合、動圧溝の全域において潤滑流体を集める能力が発揮されるため、軸受隙間の流体圧力を十分に高めることができる。

[0009] 上記の動圧軸受は、例えば焼結体で形成することができる。焼結体に動圧溝を型成形した場合、例えば溶製材に動圧溝を型成形する場合と比べてスプリングバック量が大きくなるため、丘部に「ダレ」が生じやすい。従って、上記のように動圧溝の溝底面を傾斜させることが特に有効となる。

[0010] 上記の動圧軸受が、軸方向他方側の端面に型成形された他の動圧溝をさらに有する場合、他の動圧溝の溝底面を、外径側に向けて軸方向一方側に傾斜させることが好ましい。これにより、他の動圧溝の全域において潤滑流体を集める能力が発揮されるため、動圧軸受の軸方向他方側の端面が面する他の軸受隙間の潤滑流体を十分に高めることができる。

[0011] 上記の動圧軸受は、流体動圧軸受装置に組み込むことができる。具体的に

、上記の動圧軸受と、前記動圧軸受の内周に挿入された軸部および前記軸部から外径側に突出したフランジ部を有し、前記動圧軸受に対して相対回転する軸部材と、前記動圧軸受の内周面と前記軸部の外周面との間のラジアル軸受隙間に生じる流体圧力で前記軸部材をラジアル方向に相対支持するラジアル軸受部と、前記動圧軸受の軸方向一方側の端面と前記フランジ部の端面との間のスラスト軸受隙間に生じる流体圧力で前記軸部材をスラスト方向に相対支持するスラスト軸受部とを備えた流体動圧軸受装置は、スラスト軸受隙間の流体圧力が高く、スラスト方向の軸受剛性が高い。

[0012] また、本発明に係る動圧軸受の製造方法は、軸受素材の端面に軸方向一方側から成形型を押しつけることにより、動圧溝を型成形するにあたり、前記成形型のうち、前記動圧溝の溝底面を成形する成形面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする。この製造方法は、軸受素材の端面に軸方向一方側から押し付けて動圧溝を成形するための成形型であって、前記動圧溝の溝底面を成形する成形面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする成形型を用いて行うことができる。

[0013] このように、動圧溝の溝底面を成形する成形面を、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜させることで、上記と同様に、丘部に「ダレ」が生じた場合でも、動圧溝の溝深さを確保することができる。

[0014] このとき、成形型のうち、動圧溝の周方向間に設けられた丘部を成形する凹部の深さを、外径側に行くにつれて深くすることが好ましい。具体的には、凹部の底面が、軸方向と直交する平坦面であることが好ましい。この凹部で成形された丘部は、外径側に行くにつれて高くなるため、その後の離型時にスプリングバックが生じた場合でも、外径端付近における動圧溝の溝深さ（すなわち丘部高さ）を確保することができる。

発明の効果

[0015] 以上のように、本発明によれば、動圧軸受の端面に型成形される動圧溝の溝深さが全域で確保されるため、動圧溝による圧力向上効果を高めることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]HDDのディスク駆動装置のスピンダルモータの断面図である。
- [図2]上記スピンダルモータに組み込まれる流体動圧軸受装置の断面図である。
- [図3]本発明の一実施形態に係る動圧軸受の断面図である。
- [図4]上記動圧軸受の上面図である。
- [図5]上記動圧軸受の上側端面付近の拡大断面図である。
- [図6]上記動圧軸受の下面図である。
- [図7]他の実施形態に係る動圧軸受の上面図である。
- [図8]焼結体の端面に動圧溝を型成形する動圧溝形成工程において、動圧溝成形前の状態を示す断面図である。
- [図9]図8の動圧軸受の端面付近を拡大して示す断面図である。
- [図10]上記動圧溝形成工程において、動圧溝成形時の状態を示す断面図である。
- [図11]図10の動圧軸受の端面付近を拡大して示す断面図である。
- [図12]上記動圧溝形成工程において、金型から焼結体を排出する様子を示す断面図である。
- [図13]図12の動圧軸受の端面付近を拡大して示す断面図である。
- [図14]他の実施形態に係る流体動圧軸受装置の断面図である。
- [図15]従来の動圧軸受の端面付近を拡大して示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。
- [0018] 図1に、HDDのディスク駆動装置に用いられるスピンダルモータを示す。このスピンダルモータは、本発明の一実施形態に係る動圧軸受8を有する流体動圧軸受装置1と、流体動圧軸受装置1が取り付けられたブラケット6と、半径方向のギャップ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とを備えている。ステータコイル4はブラケット6に取り付けられ、ロータマグネット5は流体動圧軸受装置1のハブ3に取り付けられる。

。ハブ3には、所定枚数のディスク（図示省略）が搭載される。ステータコイル4に通電すると、ステータコイル4とロータマグネット5との間の電磁力でロータマグネット5が回転し、これによりハブ3およびディスクが一体となって回転する。

[0019] 流体動圧軸受装置1は、図2に示すように、動圧軸受8と、内周に動圧軸受8を保持する有底筒状のハウジング7と、動圧軸受8で回転自在に支持される軸部材とを備える。本実施形態では、軸部材が、動圧軸受8の内周に挿入された軸部2と、軸部2の一端に設けられたフランジ部9と、軸部2の他端に設けられた他のフランジ部としてのハブ3とで構成される。尚、以下では、説明の便宜上、軸方向でハウジング7の開口側を上側、閉塞側を下側とする。

[0020] 軸部2は、例えば金属で形成され、凹凸の無いストレートな円筒面状の外周面2aを有する。フランジ部9は、例えば金属で形成され、軸部2の下端から外径側に突出している。フランジ部9の軸方向両側の端面9a、9bは、何れも凹凸の無い平坦面である。

[0021] ハブ3は、例えば金属で形成され、軸部2の上端から外径側に突出した円盤部3aと、円盤部3aの外径端から軸方向下方に延びた円筒部3bと、円筒部3bの下端部からさらに外径に延びた鏝部3cと、円盤部3aの半径方向略中央部から下方に延びた円筒状の環状突出部3dとで構成される。鏝部3cの上側端面に、図示しないディスクが搭載される。尚、図示例ではハブ3が一体に形成されているが、ハブ3を複数の部材で構成してもよく、例えば、環状突出部3dを別部材で形成してもよい。

[0022] 動圧軸受8は、金属や樹脂で円筒状に形成される。本実施形態では、動圧軸受8が焼結金属、例えば銅を比較的多く（例えば20質量%以上）含む焼結金属、具体的には銅を主成分とする銅系焼結金属、あるいは銅及び鉄を主成分とする銅鉄系焼結金属で形成される。

[0023] 動圧軸受8の内周面8aには、動圧溝が形成される。本実施形態では、図3に示すように、動圧軸受8の内周面8aの軸方向に離隔した2つの領域に

、ヘリングボーン形状の動圧溝 8 a 1, 8 a 2 がそれぞれ形成される（クロスハッチングは丘部）。図示例では、上側の動圧溝 8 a 1 が軸方向非対称に形成されており、具体的には、軸方向略中央の環状の丘部より上側の領域の軸方向寸法が、環状の丘部より下側の領域の軸方向寸法よりも大きくなっている。下側の動圧溝 8 a 2 は軸方向対称に形成されている。

[0024] 図 4 に示すように、動圧軸受 8 の上側端面 8 b には動圧溝 8 b 1 が形成される。具体的には、動圧軸受 8 の上側端面 8 b に、動圧溝 8 b 1 と丘部 8 b 2（クロスハッチングで示す）とが周方向で交互に設けられる。動圧溝 8 b 1 は、周方向に対して交差する方向に延び、例えばスパイラル形状を成している。動圧溝 8 b 1 は、軸部材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。図示例では、動圧溝 8 b 1 が、軸部材の回転時の流体流れ方向（図中矢印方向）の下流側に向けて内径側に傾斜したポンプインタイプのスパイラル形状を成している。動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2 は、何れも動圧軸受 8 の上側端面 8 b の内径端および外径端（詳しくは、上側端面 8 b と、内周面 8 a および外周面 8 d との境界に設けられた面取り部）に達している。動圧溝 8 b 1 と丘部 8 b 2 とは、半径方向全域において周方向寸法比が一定とされ、図示例では 1 : 1 とされる。このため、動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2 は、それぞれ外径側に行くにつれて徐々に周方向幅が広がっている。

[0025] 図 5 に示すように、丘部 8 b 2 の上面は、外径側（図中右側）に向けて下方に傾斜している。また、動圧溝 8 b 1 の溝底面は、外径側に向けて下方に傾斜している。その結果、動圧溝 8 b 1 の溝深さ t （丘部 8 b 2 の上面と動圧溝 8 b 1 の溝底面との軸方向距離）は、全域で所定値以上とされ、例えば $10\ \mu\text{m}$ 以上とされる。尚、図 5 では、動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2 の傾斜角度を誇張して示しており、実際には、動圧溝 8 b 1 の内径端と外径端との軸方向距離 d は、 $1 \sim 5\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0026] 動圧軸受 8 の上側端面 8 b は、動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2 を含めて、全域が型成形された面である。また、動圧軸受 8 の上側端面 8 b には、焼結

前の型成形（フォーミング）だけでなく、焼結後の型成形（サイジング）が施されている。一方、動圧軸受 8 の上側端面 8 b と、内周面 8 a および外周面 8 d との境界に設けられた面取り部は、焼結前の型成形のみが施され、焼結後の型成形は施されていない。このため、動圧軸受 8 の上側端面 8 b（動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2）は、面取り部よりも表面開口率が小さくなっている。

[0027] 動圧軸受 8 の下側端面 8 c には、図 6 に示すように、スラスト動圧発生部としての動圧溝 8 c 1 が形成される。下側端面 8 c の動圧溝 8 c 1 および丘部 8 c 2 の具体的な形状等は、上側端面 8 b の動圧溝 8 b 1 および丘部 8 b 2 と同様であるため、説明を省略する。

[0028] 尚、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の形状は上記に限られない。例えば、図 7 に示す例では、動圧軸受 8 の上側端面 8 b の丘部 8 b 2 が、スパイラル形状の動圧溝 8 b 1 の周方向間に設けられた傾斜丘部 8 b 2 1 と、傾斜丘部 8 b 2 1 の内径端を連結する環状のランド部 8 b 2 2 とを備える。このように、丘部 8 b 2 の内径端にランド部 8 b 2 2 を設けることで、流体圧力のさらなる向上が期待できる。

[0029] また、動圧溝 8 b 1、8 c 1 は、ポンプインタイプに限らず、軸部材の回転に伴って潤滑流体を外径側に押し出すポンプアウトタイプであってもよい。また、動圧溝 8 b 1、8 c 1 は、スパイラル形状に限らず、ヘリングボーン形状や、ステップ形状（放射状）であってもよい。

[0030] 動圧軸受 8 の外周面には、軸方向溝 8 d 1 が形成される。軸方向溝 8 d 1 の本数は任意であり、図示例では 3 本の軸方向溝 8 d 1 が円周方向等間隔に配される（図 4 および図 6 参照）。

[0031] ハウジング 7 は、図 2 に示すように、側部 7 a 及び底部 7 b を一体に有する有底円筒状に形成される。側部 7 a の内周面 7 a 1 は、ストレートな円筒面状に形成され、動圧軸受 8 の外周面 8 d が隙間接着、圧入、接着剤介在下の圧入等により固定される。側部 7 a の外周面の上端には、図 2 に示すように、上方に向かって漸次拡径するテーパ面 7 a 3 が形成される。このテーパ

面 7 a 3 と、ハブ 3 の環状突出部 3 d の円筒面状内周面 3 d 1 との間には、上方に向けて半径方向寸法が漸次縮小した環状のシール空間 S が形成される。このシール空間 S の毛細管力により、ハウジング 7 の内部に充満された潤滑油の漏れ出しを防止する。

[0032] 上記構成を組み立てた後、動圧軸受 8 の内部気孔を含めたハウジング 7 の内部の空間に潤滑油を充満させることにより、図 2 に示す流体動圧軸受装置 1 が完成する。流体動圧軸受装置 1 の想定使用温度の範囲内では、油面は常にシール空間 S の内部に保持される。

[0033] 軸部材が回転すると、動圧軸受 8 の内周面 8 a と軸部 2 の外周面 2 a との間にラジアル軸受隙間が形成されると共に、動圧溝 8 a 1, 8 a 2 により上記ラジアル軸受隙間に生じる油膜の圧力が高められる。この油膜の圧力（動圧作用）により、軸部 2 及びハブ 3 をラジアル方向に回転自在に非接触支持するラジアル軸受部 R 1, R 2 が構成される。

[0034] これと同時に、ハブ 3 の円盤部 3 a の下側端面 3 a 1 と動圧軸受 8 の上側端面 8 b との間、及び、フランジ部 9 の上側端面 9 a と動圧軸受 8 の下側端面 8 c との間にそれぞれスラスト軸受隙間が形成されると共に、動圧軸受 8 の両端面の動圧溝 8 b 1, 8 c 1 により各スラスト軸受隙間に生じる油膜の圧力が高められる。これらの油膜の圧力（動圧作用）により、軸部 2 及びハブ 3 を両スラスト方向に回転自在に非接触支持する第 1 および第 2 のスラスト軸受部 T 1, T 2 が構成される。

[0035] このとき、動圧軸受 8 の外周面 8 d に形成された軸方向溝 8 d 1 により、潤滑油が流通可能な連通路が形成される。この連通路により、ハウジング 7 の内部に満たされた潤滑油に局所的な負圧が発生する事態を防止できる。特に本実施形態では、図 3 に示すように、動圧軸受 8 の内周面 8 a に形成された上側の動圧溝 8 a 1 が軸方向非対称な形状に形成されているため、軸部 2 の回転に伴ってラジアル軸受隙間の潤滑油が下方に押し込まれ、上記の連通路を介して潤滑油が循環し、これにより局所的な負圧の発生を確実に防止できる。

- [0036] 次に、動圧軸受 8 の製造方法を説明する。動圧軸受 8 は、混合工程、圧縮成形（フォーミング）工程、焼結工程、寸法矯正（サイジング）工程、および動圧溝形成（溝サイジング）工程を経て行われる。
- [0037] 混合工程では、各種金属粉末を混合して、動圧軸受 8 の原料粉を作成する。原料粉を構成する金属粉末としては、例えば、鉄粉、銅粉、錫粉等を使用することができ、本実施形態では鉄粉および銅粉が使用される。この他、原料粉に黒鉛等の固体潤滑剤や、金属セッケン等の成形用潤滑剤を配合してもよい。
- [0038] 圧縮成形工程では、上記の原料粉をフォーミング金型に供給した後、圧縮することにより、円筒状の圧粉体を成形する。
- [0039] 焼結工程では、圧粉体を所定の焼結温度で焼結することで、焼結体を得る。焼結温度は、銅の融点（1085℃）未満に設定され、例えば850～900℃とされる。
- [0040] 寸法矯正工程では、焼結体をサイジング金型で再圧縮することにより、焼結体の寸法（内径寸法、外径寸法、軸方向寸法）を矯正する。尚、寸法矯正工程では、焼結体の両端面と、外周面および内周面との間に設けられる面取り部は成形されない（サイジング金型と接触しない）。
- [0041] 動圧溝形成工程では、溝サイジング金型により、焼結体の内周面に、図 3 に示す動圧溝 8 a 1、8 a 2 を型成形すると共に、焼結体の両端面に、それぞれ図 4 および図 6 に示す動圧溝 8 b 1、8 c 1 を型成形する。尚、動圧溝形成工程では、上記の寸法矯正工程と同様に、焼結体の面取り部は成形されない（溝サイジング金型と接触しない）。
- [0042] 以下、動圧溝形成工程を詳しく説明する。溝サイジング金型は、図 8 に示すように、焼結体 1 8 の各面を成形する成形型として、コアロッド 1 1、上パンチ 1 2、下パンチ 1 3、およびダイ 1 4 を備える。
- [0043] コアロッド 1 1 の外周面には、動圧溝 8 a 1、8 a 2 に対応する形状の成形部 1 1 a、1 1 b が設けられる。
- [0044] 上パンチ 1 2 の成形面（下面）には、動圧溝 8 b 1 に対応する形状の成形

部 1 2 a が設けられる。成形部 1 2 a は、図 9 に示すように、動圧溝 8 b 1 の溝底面を成形する溝底成形面 1 2 a 1 と、丘部 8 b 2 を成形する凹部 1 2 a 2 とを備える。溝底成形面 1 2 a 1 は、外径側に向けて下方に傾斜している。凹部 1 2 a 2 の底面（すなわち、丘部 8 b 2 の頂面を成形する成形面）は、軸方向と直交する面と略平行とされる。その結果、凹部 1 2 a 2 の深さ（溝底成形面 1 2 a 1 と凹部 1 2 a 2 の底面との軸方向距離）は、外径側に行くにつれて深くなっている。

[0045] 下パンチ 1 3 の成形面（上面）には、動圧溝 8 c 1 に対応する形状の成形部 1 3 a が設けられる。成形部 1 3 a は、図 9 に示すように、動圧溝 8 c 1 の溝底面を成形する溝底成形面 1 3 a 1 と、丘部 8 c 2 を成形する凹部 1 3 a 2 とを備える。溝底成形面 1 3 a 1 は、外径側に向けて上方に傾斜している。凹部 1 3 a 2 の底面（すなわち、丘部 8 c 2 の頂面を成形する成形面）は、軸方向と直交する面と略平行とされる。その結果、凹部 1 3 a 2 の深さ（溝底成形面 1 3 a 1 と凹部 1 3 a 2 の底面との軸方向距離）は、外径側に行くにつれて深くなっている。尚、図 8 ～ 1 3 では、成形部 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 3 a の深さを誇張して示している。また、図 9、1 1、1 3 では、溝底成形面 1 2 a 1、1 3 a 1 の傾斜角度を誇張して示している。

[0046] 動圧溝形成工程では、まず、図 8 に示すように、下パンチ 1 3 で下方から支持された焼結体 1 8 の内周に、コアロッド 1 1 を挿入し、焼結体 1 8 の内周面の動圧溝形成予定領域にコアロッド 1 1 の成形部 1 1 a、1 1 b を対向させる。この焼結体 1 8 とコアロッド 1 1 との軸方向の位置関係を維持した状態で、図 1 0 に示すように、上パンチ 1 2 で焼結体 1 8 をダイ 1 4 の内周に圧入することにより、焼結体 1 8 の内周面を、コアロッド 1 1 の成形部 1 1 a、1 1 b に押し付ける。これにより、焼結体の内周面に成形部 1 1 a、1 1 b の形状が転写され、動圧溝 8 a 1、8 a 2 が成形される。

[0047] これと同時に、上パンチ 1 2 及び下パンチ 1 3 で焼結体 1 8 を軸方向両側から圧迫することにより、各パンチ 1 2、1 3 の成形部 1 2 a、1 3 a を焼結体 1 8 の両端面に押し付ける。これにより、焼結体 1 8 の両端面に成形部

12a、13aの形状が転写され、動圧溝8b1、8c1が成形される。詳しくは、図11に示すように、各パンチ12、13の成形部12a、13aの溝底成形面12a1、13a1で、焼結体18の端面が圧迫されて動圧溝8b1、8c1が成形されると共に、焼結体18の端面付近の肉が塑性流動し、各成形部12a、13aの凹部12a2、13a2に入り込んで、丘部8b2、8c2が成形される。このとき、凹部12a2、13a2の深さが、外径側に行くにつれて深くなっていることで、凹部12a2、13a2内に満たされた丘部8b2、8c2の高さが、外径側に行くにつれて高くなっている。

[0048] その後、図12に示すように、ダイ14の内周から焼結体18を排出する。これにより、焼結体18を外径向きにスプリングバックさせ、焼結体18の内周面をコアロッド11の外周面の成形部11a、11bから剥離し、焼結体の内周からコアロッドを引き抜く。そして、上下パンチ12、13を離反させ、各パンチ12、13の成形部12a、13aを焼結体18の両端面から剥離する。

[0049] このとき、各パンチ12、13による軸方向の圧迫力を解放すると、焼結体18に軸方向のスプリングバックが生じるため、図13に示すように、丘部8b2、8c2の高さがスプリングバック前の状態（点線参照）よりも低くなる。丘部8b2、8c2は、外径側に行くにつれて幅広になっているため、上下パンチ12、13の成形部12a、13aで成形したときの歪み量（塑性変形量）は、外径側に行くほど小さい。このため、丘部8b2、8c2のスプリングバック量（すなわち丘部8b2、8c2の高さの減少幅）は、外径側に行くほど大きくなる。

[0050] 一方、焼結体18の端面に形成される動圧溝8b1、8c1は、上下パンチ12、13の成形部12a、13aによる圧縮量が比較的大きいため、丘部8b2、8c2と比べて歪み量（塑性変形量）が大きい。このため、上下パンチ12、13による圧迫力を解放したときに、動圧溝8b1、8c1に生じるスプリングバック量は非常に小さい。従って、動圧溝8b1、8c1

の溝底面は、上下パンチ 1 2、1 3 の成形部 1 2 a、1 3 a の溝底成形面 1 2 a 1、1 3 a 1 の形状がほぼそのまま転写される。本実施形態では、溝底成形面 1 2 a 1、1 3 a 1 が、それぞれ外径側に向けて軸方向内側（焼結体 1 8 側）に傾斜しているため、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の溝底面が、外径側に向けて焼結体 1 8 の軸方向中央側に傾斜した面となる。

[0051] 以上のように、丘部 8 b 2、8 c 2 の頂面がスプリングバックにより外径側に向けて軸方向中央側に傾斜した場合でも、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の溝底面を外径側に向けて軸方向中央側に傾斜させることにより、丘部 8 b 2、8 c 2 の高さ、すなわち、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の溝深さを所定以上確保することができる。これにより、軸部材の回転時に、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の外径端付近においても油を集める能力が十分に発揮され、スラスト軸受隙間の油膜圧力を高めて軸受剛性を向上させることができる。

[0052] また、丘部 8 b 2、8 c 2 のスプリングバック量は、製品ごとに厳密に一定ではないため、丘部 8 b 2、8 c 2 の高さ（特に外径端付近における高さ）は製品ごとに多少バラつく。このとき、丘部 8 b 2、8 c 2 の高さが高すぎると、この領域が、スラスト軸受隙間を介して対向する部材（フランジ部 9、ハブ 3）と接触するおそれがある。本実施形態では、上記のように動圧溝 8 b 1、8 c 1 の溝底面を傾斜させることで、動圧溝 8 b 1、8 c 1 の溝深さを所定以上確保しながら、丘部 8 b 2、8 c 2 の頂面の外径端付近を焼結体 1 8 の軸方向中央側に後退させることができるため、丘部 8 b 2、8 c 2 とこれに対向する部材との接触を確実に防止することができる。

[0053] その後、溝サイジング金型から焼結体 1 8 を取り出すことにより、動圧軸受 8 が完成する。

[0054] 本発明は上記の実施形態に限られない。以下、本発明の他の実施形態を説明するが、上記の実施形態と同様の点については、説明を省略する。

[0055] 例えば、上記の実施形態では、動圧軸受 8 の軸方向両側の端面に、型成形された動圧溝を設けた場合を示したが、これに限らず、動圧軸受 8 の軸方向一方の端面のみに、型成形された動圧溝を設けてもよい。例えば、図 1 4 に

示す流体動圧軸受装置 2 1 では、動圧軸受 8 の下側端面 8 c に、図 6 に示す動圧溝 8 c 1 が形成され、動圧軸受 8 の上側端面 8 b には、動圧溝が形成されておらず、環状溝 8 b 3 や半径方向溝 8 b 4 が形成されている。ハウジング 7 の上端には、内径向きに突出したシール部 7 c が設けられる。シール部 7 c のテーパ状の内周面 7 c 1 と軸部 2 の外周面 2 a との間に、楔状のシール空間 S が形成される。ハウジング 7 の側部 7 a と底部 7 b とは別体に形成される。ハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 には、動圧溝が形成される。フランジ部 9 の下側端面 9 b とハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 との間に、第 1 のスラスト軸受部 T 1 のスラスト軸受隙間が形成される。

[0056] また、上記の実施形態では、動圧軸受 8 の内周面 8 a に動圧溝 8 a 1、8 a 2 が型成形された場合を示したが、動圧軸受 8 の内周面 8 a を円筒面としてもよい。あるいは、図 14 のハウジング 7 の底部 7 b を、本発明に係る動圧軸受としてもよい。この場合、底部 7 b の上側端面 7 b 1 に動圧溝が型成形され、この動圧溝の溝底面が、外径側に向けて下方に傾斜している。

[0057] また、上記の実施形態では、動圧軸受 8 が固定され、軸部 2 を有する軸部材が回転する場合を示したが、これとは逆に、軸部材を固定し、動圧軸受 8 側を回転させてもよい。

[0058] また、上記の実施形態では、潤滑流体が油である場合を示したが、この他、グリースや磁性流体、空気等を潤滑流体として使用してもよい。

[0059] また、本発明に係る動圧軸受およびこれを備えた流体動圧軸受装置は、HDD等のディスク駆動装置用のスピンドルモータのみならず、冷却ファン用のファンモータやレーザビームプリンタ用のポリゴンスキャナモータなどに組み込んで使用することもできる。

符号の説明

- [0060] 1 流体動圧軸受装置
2 軸部
3 ハブ
7 ハウジング

8 動圧軸受

8 a 1、8 a 2 (ラジアル) 動圧溝

8 b 1、8 c 1 (スラスト) 動圧溝

8 b 2、8 c 2 丘部

9 フランジ部

1 1 コアロッド

1 2、1 3 パンチ

1 2 a、1 3 a 成形部

1 2 a 1、1 3 a 1 溝底成形面

1 2 a 2、1 3 a 2 凹部

1 4 ダイ

1 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] 軸方向一方側の端面に動圧溝が型成形された動圧軸受において、
前記動圧溝の溝底面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする動圧軸受。
- [請求項2] 焼結体からなる請求項1に記載の動圧軸受。
- [請求項3] 軸方向他方側の端面に他の動圧溝が型成形され、
前記他の動圧溝の溝底面が、外径側に向けて軸方向一方側に傾斜した請求項1又は2に記載の動圧軸受。
- [請求項4] 請求項1～3の何れか1項に記載の動圧軸受と、前記動圧軸受の内周に挿入された軸部および前記軸部から外径側に突出したフランジ部を有し、前記動圧軸受に対して相対回転する軸部材と、前記動圧軸受の内周面と前記軸部の外周面との間のラジアル軸受隙間に生じる流体圧力で前記軸部材をラジアル方向に相対支持するラジアル軸受部と、前記動圧軸受の軸方向一方側の端面と前記フランジ部の端面との間のスラスト軸受隙間に生じる流体圧力で前記軸部材をスラスト方向に相対支持するスラスト軸受部とを備えた流体動圧軸受装置。
- [請求項5] 請求項4に記載の流体動圧軸受を有するモータ。
- [請求項6] 軸受素材の端面に軸方向一方側から成形型を押しつけることにより、
動圧溝を型成形するにあたり、
前記成形型のうち、前記動圧溝の溝底面を成形する成形面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする動圧軸受の製造方法。
- [請求項7] 前記成形型のうち、前記動圧溝の周方向間に設けられた丘部を成形する凹部の深さが、外径側に行くにつれて深くなっている請求項6に記載の動圧軸受の製造方法。
- [請求項8] 前記凹部の底面が、軸方向と直交する平坦面である請求項7に記載の動圧軸受の製造方法。
- [請求項9] 軸受素材の端面に軸方向一方側から押し付けて動圧溝を成形するた

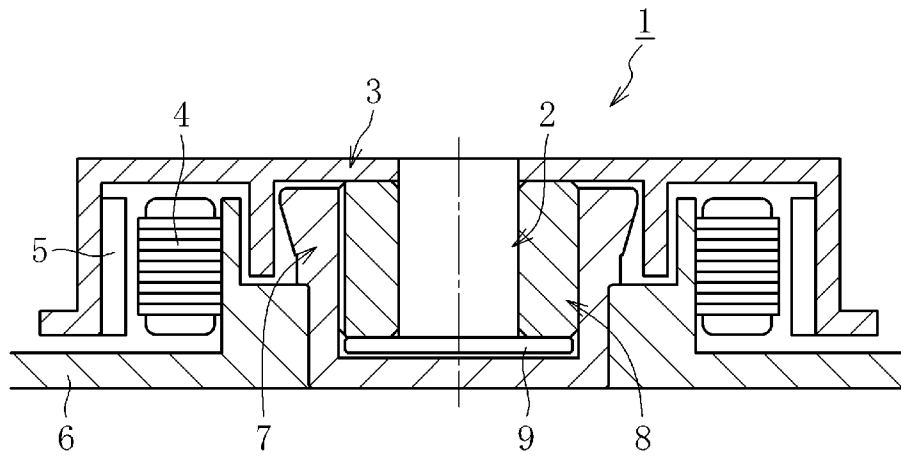
めの成型型において、

前記動圧溝の溝底面を成形する成形面が、外径側に向けて軸方向他方側に傾斜したことを特徴とする成型型。

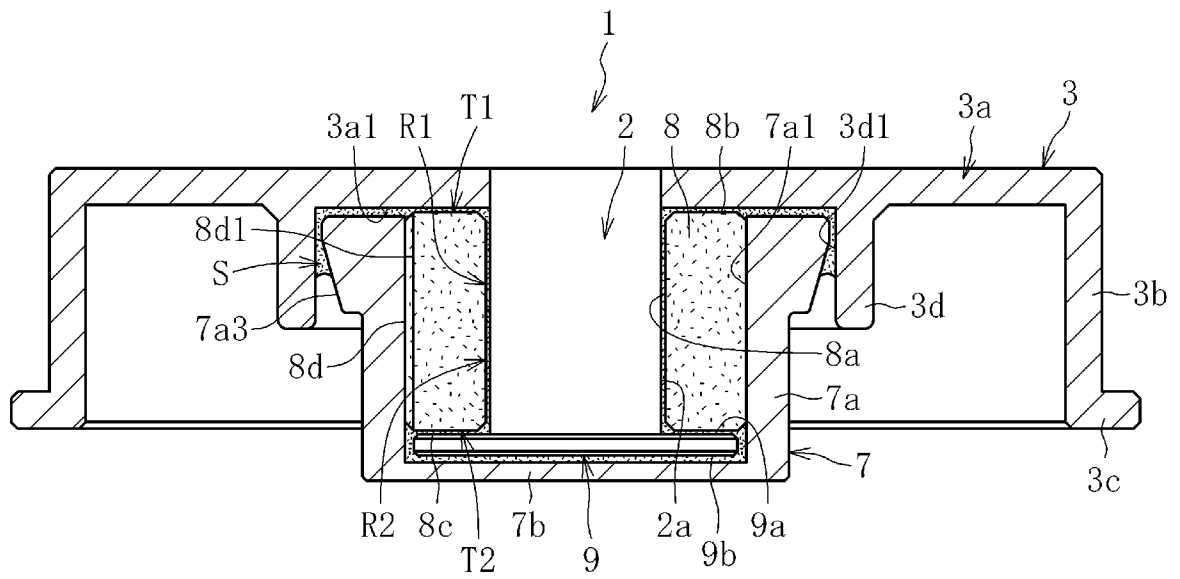
[請求項10] 前記動圧溝の周方向間に設けられた丘部を成形する凹部の深さが、外径側に行くにつれて深くなっている請求項9に記載の成型型。

[請求項11] 前記凹部の底面が、軸方向と直交する平坦面である請求項10に記載の成型型。

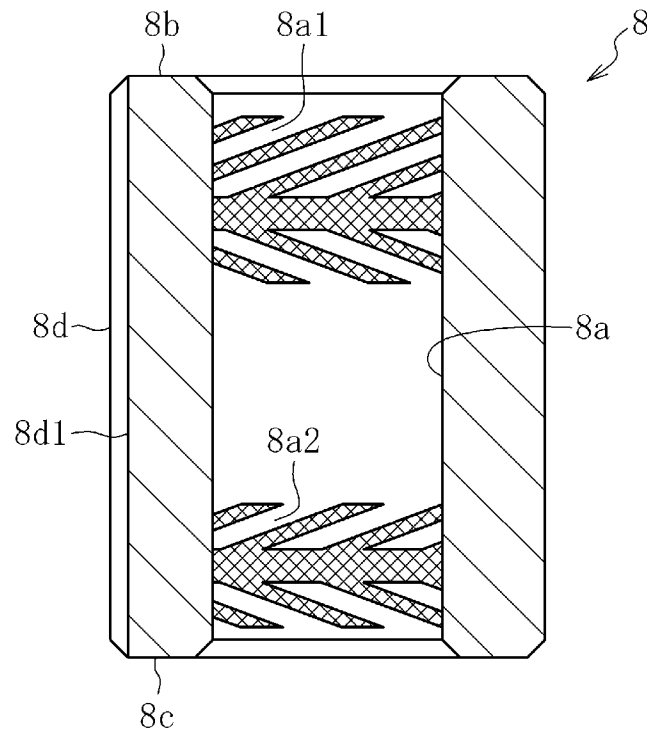
[図1]



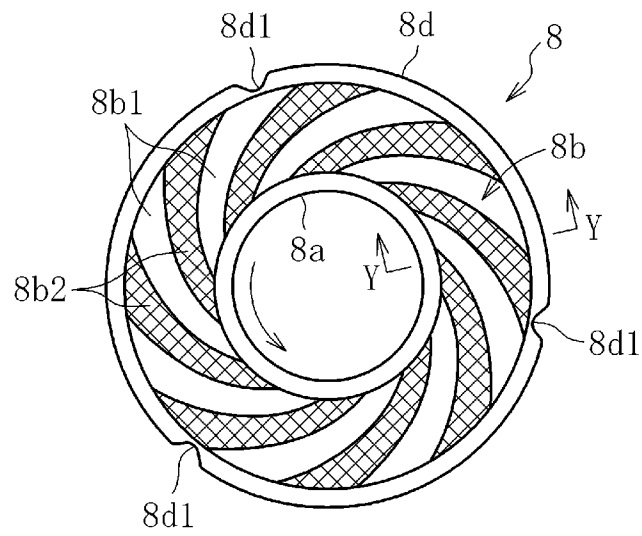
[図2]



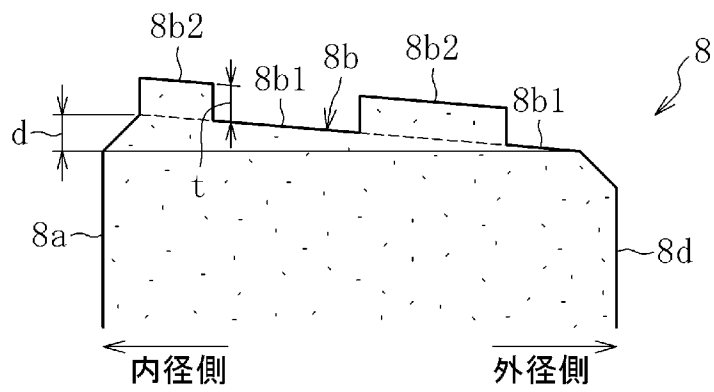
[図3]



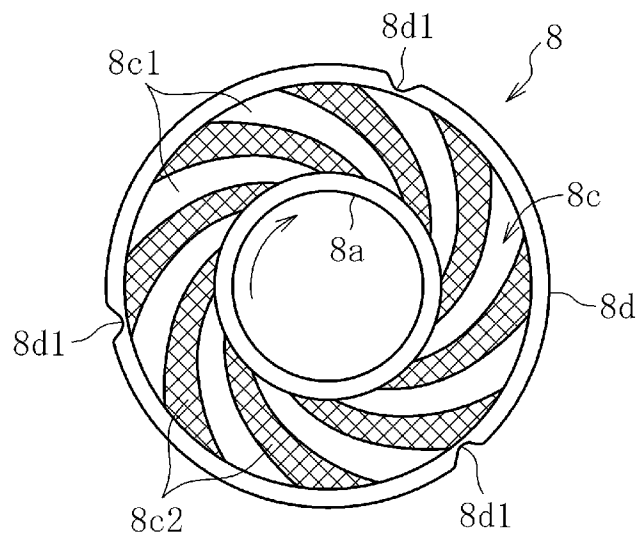
[図4]



[図5]

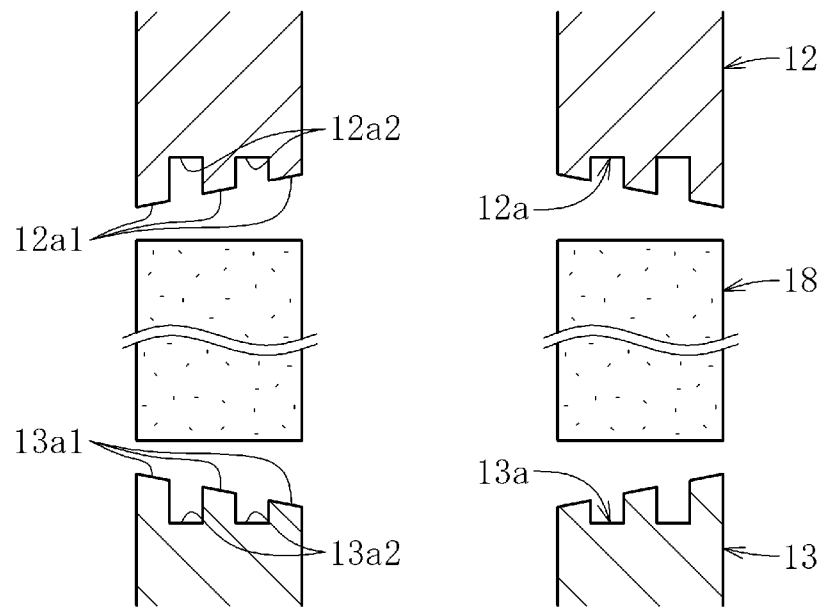


[図6]

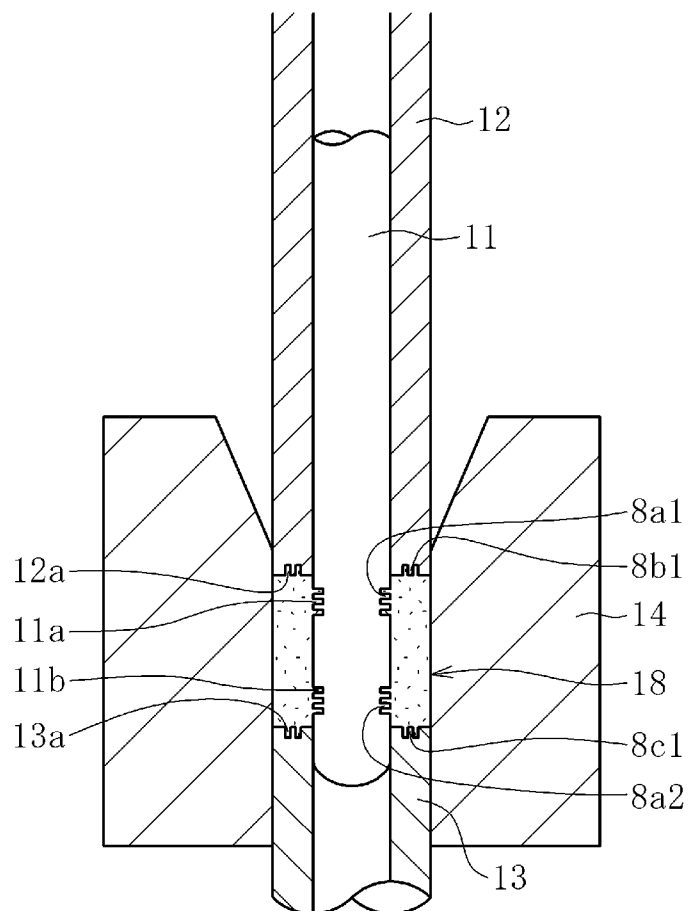


[illegible]

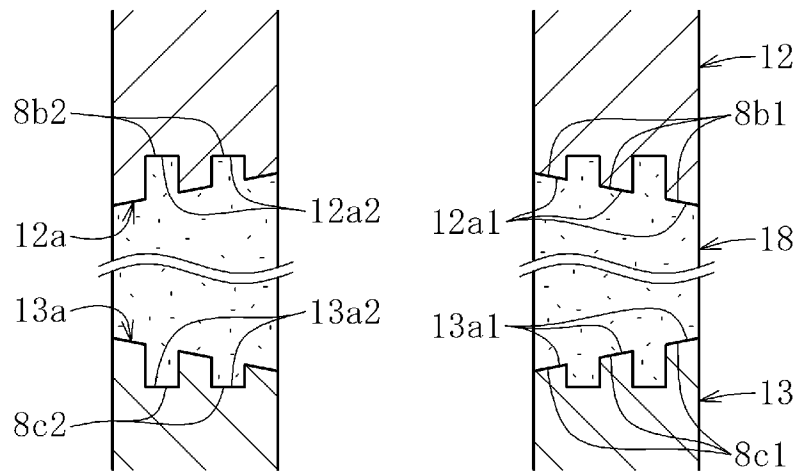
[図9]



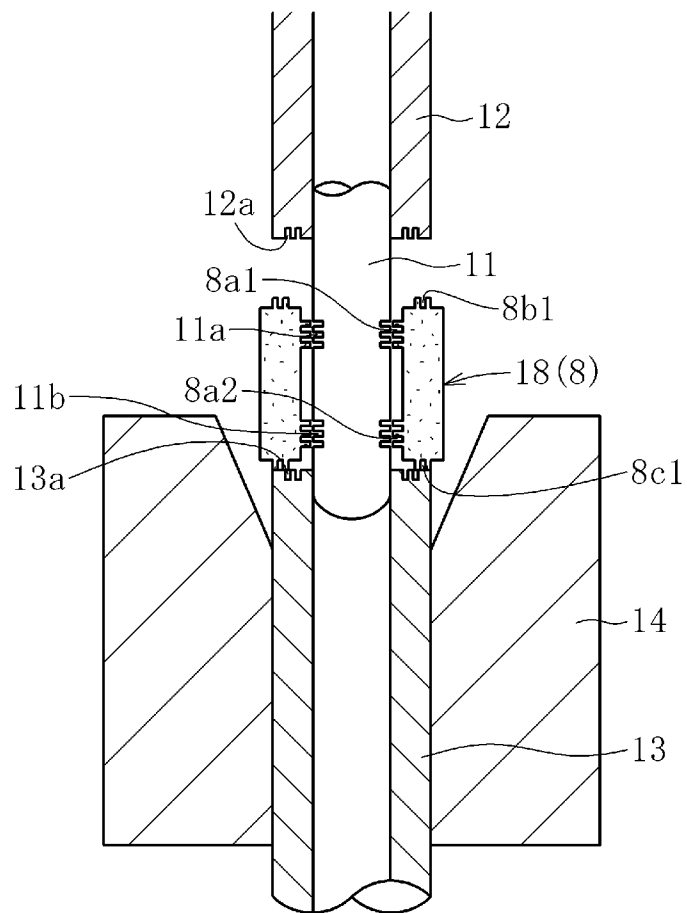
[図10]



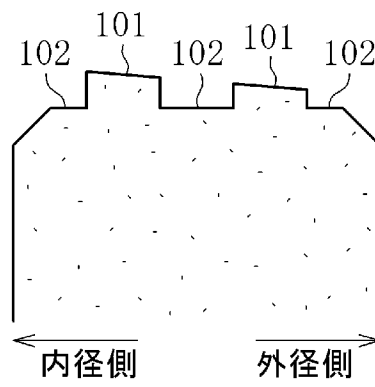
[図11]



[図12]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/027187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C17/10(2006.01)i, B21D17/02(2006.01)i, B21D53/10(2006.01)i, F16C17/04(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)

F16C17/10, B21D17/02, B21D53/10, F16C17/04

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 2008-039064 A (NIDEC Corp.), 21 February 2008 (21.02.2008), paragraphs [0026], [0037] to [0040], [0068] to [0076]; fig. 1, 3.A to 3.C, 11 to 13.C & US 2008/0029212 A1 paragraphs [0044], [0060] to [0063], [0091] to [0099]; fig. 1, 3A to 3C, 11 to 13C	1-11
Y	JP 2013-185658 A (Samsung Electro-Mechanics Japan Advanced Technology Co., Ltd.), 19 September 2013 (19.09.2013), paragraphs [0051] to [0052]; fig. 16 to 17 & US 2013/0235489 A1 paragraphs [0081] to [0082]; fig. 16 to 17	1-11

☒ 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
27 September 2017 (27.09.17)

Date of mailing of the international search report
10 October 2017 (10.10.17)

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/JP2017/027187

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 11-082487 A (Hitachi Powdered Metals Co., Ltd.), 26 March 1999 (26.03.1999), paragraphs [0024], [0032]; fig. 6 to 7, 13 (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C17/10(2006.01)i, B21D17/02(2006.01)i, B21D53/10(2006.01)i, F16C17/04(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. F16C17/10, B21D17/02, B21D53/10, F16C17/04

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 2008-039064 A（日本電産株式会社）2008.02.21, 段落 [0026]、 [0037] - [0040]、[0068] - [0076]、[図 1]、[図 3.A] - [図 3.C]、 [図 11] - [図 13.C] & US 2008/0029212 A1, [0044], [0060]-[0063], [0091]-[0099], FIG. 1, 3A-3C, 11-13C	1-11
Y	JP 2013-185658 A（サムスン電機ジャパンアドバンスドテクノロジー 株式会社）2013.09.19, 段落 [0051] - [0052]、[図 16] - [図 17] & US 2013/0235489 A1, [0081]-[0082], FIG. 16-17	1-11

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

27.09.2017

国際調査報告の発送日

10.10.2017

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）

尾形 元

3 J

4 6 5 4

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 11-082487 A (日立粉末冶金株式会社) 1999.03.26, 段落 [0024]、 [0032]、[図 6] - [図 7]、[図 13] (ファミリーなし)	1-11