

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5819078号  
(P5819078)

(45) 発行日 平成27年11月18日(2015.11.18)

(24) 登録日 平成27年10月9日(2015.10.9)

|                |              |                  |         |       |   |
|----------------|--------------|------------------|---------|-------|---|
| (51) Int.Cl.   |              | F 1              |         |       |   |
| <b>F 1 6 C</b> | <b>17/10</b> | <b>(2006.01)</b> | F 1 6 C | 17/10 | A |
| <b>F 1 6 C</b> | <b>33/14</b> | <b>(2006.01)</b> | F 1 6 C | 33/14 | A |
| <b>F 1 6 C</b> | <b>33/12</b> | <b>(2006.01)</b> | F 1 6 C | 33/12 | Z |

請求項の数 5 (全 12 頁)

|           |                               |           |   |
|-----------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2011-50950 (P2011-50950)    | (73) 特許権者 | 000102692<br>NTN株式会社                    |
| (22) 出願日  | 平成23年3月9日(2011.3.9)           |           | 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号                     |
| (65) 公開番号 | 特開2012-189090 (P2012-189090A) | (74) 代理人  | 100107423<br>弁理士 城村 邦彦                  |
| (43) 公開日  | 平成24年10月4日(2012.10.4)         | (74) 代理人  | 100120949<br>弁理士 熊野 剛                   |
| 審査請求日     | 平成25年9月12日(2013.9.12)         | (74) 代理人  | 100155457<br>弁理士 野口 祐輔                  |
|           |                               | (72) 発明者  | 栗村 哲弥<br>三重県桑名市大字東方字尾弓田3066<br>NTN株式会社内 |
|           |                               | (72) 発明者  | 堀 政治<br>三重県桑名市大字東方字尾弓田3066<br>NTN株式会社内  |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体動圧軸受装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸部及び前記軸部の外周面に固定されたフランジ部を有する軸部材と、内周に前記軸部が挿入された焼結金属製の軸受スリーブと、前記軸部の外周面と前記軸受スリーブの内周面との間に形成されるラジアル軸受隙間と、前記軸部の外周面に形成され、前記ラジアル軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部と、前記フランジ部の一端面とこれに対向する前記軸受スリーブの一端面との間に形成される第1のスラスト軸受隙間と、前記フランジ部の一端面に形成され、前記第1のスラスト軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させる第1のスラスト動圧発生部とを備え、前記ラジアル軸受隙間及び前記第1のスラスト軸受隙間に生じる潤滑流体の動圧作用により前記軸部材を相対回転自在に支持する流体動圧軸受装置であって、

前記軸受スリーブの内周面全面を平滑な円筒面で構成し、且つ、前記軸受スリーブの一端面全面を平坦面で構成し、

前記軸受スリーブを鉄系の焼結金属で形成し、前記フランジ部を銅系の焼結金属で形成し、

前記フランジ部の一部を前記軸部の外周面に設けられた環状溝に入り込ませたことを特徴とする流体動圧軸受装置。

【請求項2】

前記軸部の外周面のうち、軸方向に離隔した複数の領域に前記ラジアル動圧発生部を形成すると共に、これらの軸方向間の領域に、前記ラジアル動圧発生部よりも小径な逃げ部

を形成した請求項 1 記載の流体動圧軸受装置。

【請求項 3】

内周面に前記軸受スリーブが固定された筒状の側部、及び、前記側部の一端開口部を閉塞する底部を備えたハウジングと、前記ハウジングの底部の端面とこれに対向する前記フランジ部の他端面との間に形成される第 2 のスラスト軸受隙間と、前記フランジ部の他端面に形成され、前記第 2 のスラスト軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させる第 2 のスラスト動圧発生部とをさらに備え、前記ハウジングの底部の端面のうち、少なくとも前記第 2 のスラスト動圧発生部と対向する領域を平坦面で構成した請求項 1 又は 2 に記載の流体動圧軸受装置。

【請求項 4】

前記ラジアル動圧発生部の最外径面が研削加工面である請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の流体動圧軸受装置。

【請求項 5】

軸部及び前記軸部の外周面に固定された銅系の焼結金属からなるフランジ部を有する軸部材と、鉄系の焼結金属からなり、内周に前記軸部が挿入された焼結金属製の軸受スリーブと、前記軸部の外周面と前記軸受スリーブの内周面との間に形成されるラジアル軸受隙間と、前記軸部の外周面に形成され、前記ラジアル軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部と、前記フランジ部の一端面とこれに対向する前記軸受スリーブの一端面との間に形成される第 1 のスラスト軸受隙間と、前記フランジ部の一端面に形成され、前記第 1 のスラスト軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させる第 1 のスラスト動圧発生部とを備え、前記軸受スリーブの内周面全面を平滑な円筒面で構成し、且つ、前記軸受スリーブの一端面全面を平坦面で構成し、前記ラジアル軸受隙間及び前記第 1 のスラスト軸受隙間に生じる潤滑流体の動圧作用により前記軸部材を相対回転自在に支持する流体動圧軸受装置の製造方法であって、

前記フランジ部を軸方向両側から圧迫することにより、前記フランジ部の一端面に前記第 1 のスラスト動圧発生部を型成形すると共に、前記フランジ部の内周面を縮径させて前記フランジ部の一部を前記軸部の外周面に設けられた環状溝に入り込ませることを特徴とする流体動圧軸受装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ラジアル軸受隙間及びスラスト軸受隙間に生じる潤滑流体の動圧作用により、軸部材を相対回転自在に支持する流体動圧軸受装置に関する。

【背景技術】

【0002】

流体動圧軸受装置は、優れた回転精度および静粛性を有するため、例えば、各種ディスク駆動装置（HDDの磁気ディスク駆動装置や、CD-ROM等の光ディスク駆動装置等）のスピンドルモータ用、レーザービームプリンタ（LBP）のポリゴンスキャナモータ用、あるいはプロジェクタのカラーホイールモータ用として好適に使用されている。

【0003】

例えば特許文献 1 に示されている流体動圧軸受装置は、軸部及びフランジ部を有する軸部材と、内周に軸部が挿入された焼結金属製の軸受スリーブとを有し、軸部材の回転に伴って、軸部の外周面と軸受スリーブの内周面との間にラジアル軸受隙間が形成されると共に、フランジ部の一端面とこれに対向する軸受スリーブの一端面との間にスラスト軸受隙間が形成される。軸受スリーブの内周面には、ラジアル軸受隙間の潤滑油に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部（動圧溝）が形成され、軸受スリーブの一端面には、スラスト軸受隙間の潤滑油に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部（動圧溝）が形成される。

【0004】

特許文献 2 には、焼結金属製の軸受スリーブの内周面に動圧溝を形成する方法が示され

10

20

30

40

50

ている。この方法では、金属粉の圧粉体を焼成して得られた円筒形状の焼結金属素材に対してサイジング及び回転サイジングを施した後、この焼結金属素材の内周面に動圧溝が成形される。具体的には、動圧溝を成形するための溝型を有する成形ピンを焼結金属素材の内周に挿入し、焼結金属素材を上パンチ及び下パンチで軸方向両側から拘束した状態で、焼結金属素材の外周面をダイに圧入して圧迫力を加え、その内周面を溝型に押し付けて塑性変形させることにより、焼結金属素材の内周面に動圧溝が形成される。また、上記の上パンチあるいは下パンチにも溝型を設け、この溝型に焼結金属素材の一端面を押し付ければ、軸受スリーブの内周面に動圧溝を成形すると同時に、軸受スリーブの一端面にも動圧溝を成形することができる。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-250095号公報

【特許文献2】特開平11-190344号公報

【特許文献3】特開2005-265180号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の溝成形工程では、焼結金属素材の内周に挿入される成形ピンや、上パンチあるいは下パンチに、極めて微細な形状からなる動圧溝と同形の溝型を設ける必要があるため、型費が高騰する。特に、成形ピンは、動圧溝を成形した後、軸受スリーブの内周に引き抜く必要があるが、このときに成形ピンの溝型と軸受スリーブの内周面の動圧溝とが軸方向で干渉することによって、溝型が摩耗しやすい。そのため、成形ピンを頻繁に交換する必要があるが生じて型費のさらなる高騰を招くおそれがある。

20

【0007】

また、サイジング工程で軸受スリーブに動圧溝を成形すると、特許文献3に示されているように、溝型の凹部に焼結金属素材の材料が満たされず、動圧溝間の丘部の高さ（動圧溝の溝底面との径差）が軸方向両端で低くなる、いわゆる「ダレ」を生じる恐れがある。丘部の高さが低いと、丘部とこれに対向する面との間に形成される軸受隙間が広がるため、軸受隙間の潤滑流体の圧力が十分に高まらず、軸受剛性の低下を招く。特許文献3には、動圧溝領域と対向する平滑面を、その長さが動圧溝領域の長さよりも短くなるように段差をもって区画することで、軸受剛性の低下の防止を図っているが、この方法でも、動圧溝間の丘部のダレを無くすことができるわけではなく、軸受剛性の幾分の低下は避けられない。

30

【0008】

本発明が解決すべき課題は、製造コストが低く、且つ、軸受剛性の高い流体動圧軸受装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するためになされた本発明は、軸部及び前記軸部の外周面に固定されたフランジ部を有する軸部材と、内周に前記軸部が挿入された焼結金属製の軸受スリーブと、前記軸部の外周面と前記軸受スリーブの内周面との間に形成されるラジアル軸受隙間と、前記軸部の外周面に形成され、前記ラジアル軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させるラジアル動圧発生部と、前記フランジ部の一端面とこれに対向する前記軸受スリーブの一端面との間に形成される第1のスラスト軸受隙間と、前記フランジ部の一端面に形成され、前記第1のスラスト軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させる第1のスラスト動圧発生部とを備え、前記ラジアル軸受隙間及び前記第1のスラスト軸受隙間に生じる潤滑流体の動圧作用により前記軸部材を相対回転自在に支持する流体動圧軸受装置であって、前記軸受スリーブの内周面全面を平滑な円筒面で構成し、且つ、前記軸受スリーブの一端面全面を平坦面で構成し、前記軸受スリーブを鉄系の焼結金属で形成し、前記フランジ部を

40

50

銅系の焼結金属で形成し、前記フランジ部の一部を前記軸部の外周面に設けられた環状溝に入り込ませたことを特徴とする。

【0010】

このように、焼結金属製の軸受スリーブの内周面及び一端面を、動圧発生部の無い平滑な円筒面あるいは平坦面とすることで、軸受スリーブの製造工程において動圧発生部の成形工程（溝成形工程）を省略することができる。これにより、溝型を有する成形ピンやパンチ等の高価な金型が不要となると共に、焼結金属素材の動圧発生部と成形ピンの溝型との干渉による型の摩耗も生じないため、型費を大幅に低減することができる。また、軸受スリーブの内周面を円筒面とすることで、ラジアル動圧発生部は軸部の外周面に形成されるが、軸部の外周面へは成形型等の工具がアクセスしやすいため、簡易且つ精度良くラジアル動圧発生部を形成することができる。これにより、ラジアル軸受隙間の精度が向上し、軸受剛性が高められる。

10

【0011】

上記の流体動圧軸受装置では、軸部の外周面のうち、軸方向に離隔した複数の領域にラジアル動圧発生部を形成すると共に、これらの軸方向間の領域に、ラジアル動圧発生部よりも小径な逃げ部を形成することができる。このように、軸部の外周面に逃げ部を形成することで、軸受スリーブの内周面を、逃げ部と対向する領域を含めて平滑な円筒面とすることができる。

【0012】

フランジ部を焼結金属で形成すれば、第1のスラスト軸受隙間を介して対向するフランジ部と軸受スリーブとが何れも焼結金属で形成されるため、これらの面の表面開口から第1のスラスト軸受隙間に潤滑流体が供給されることにより潤滑性が高められる。このとき、軸受スリーブ及びフランジ部を同種の（すなわち主成分が同じ）焼結金属で形成すると、両者が凝着する恐れがあるため、これらの部材は主成分の異なる焼結金属で形成することが好ましい。例えば、軸受スリーブは動圧発生部が形成されない単純な形状であるため、耐摩耗性に優れた鉄系の焼結金属（鉄が50mass%以上含まれた焼結金属）で形成し、フランジ部はスラスト動圧発生部を有するため、加工性に優れた銅系の焼結金属（銅が50mass%以上含まれた焼結金属）で形成することが好ましい。

20

【0013】

上記の流体動圧軸受装置は、例えば、内周面に軸受スリーブが固定された筒状の側部、及び、側部の一端開口部を閉塞する底部を備えたハウジングと、ハウジングの底部の端面とこれに対向するフランジ部の他端面との間に形成される第2のスラスト軸受隙間と、フランジ部の他端面に形成され、第2のスラスト軸受隙間の潤滑流体に動圧作用を発生させる第2のスラスト動圧発生部とをさらに備え、ハウジングの底部の端面のうち、少なくとも第2のスラスト動圧発生部と対向する領域を平坦面とした構成とすることができる。これにより、ハウジングを動圧発生部の無い単純な形状とすることができ、例えば金属製のハウジングの場合、ハウジングの底部を成形するプレス金型に溝型を設ける必要がなくなるため、型費が低減できる。また、樹脂製のハウジングの場合、金型に溝型が設けられないことにより、キャビティ内における熔融樹脂の流動性が高められる。これにより、ハウジング成形用の樹脂材料の選択の幅が広がり、例えば流動性よりも強度を重視した樹脂材料を選択することができる。

30

40

【0014】

ラジアル動圧発生部は、例えば転造加工で形成することができる。このとき、熱処理を施した後の高硬度の軸素材の外周面に転造加工を施せば、転造加工による軸素材の外周面の肉盛りがほとんど生じないため、精度の良いラジアル動圧発生部を得ることができる。

【0015】

ラジアル動圧発生部の最外径面を研削加工面とすれば、この面の精度を高めることができるため、軸受スリーブの円筒面状内周面との間に形成されるラジアル軸受隙間が高精度に設定されて軸受剛性をさらに高めることができる。

【発明の効果】

50

## 【 0 0 1 6 】

以上のように、本発明によれば、製造コストが低く、且つ、軸受剛性の高い流体動圧軸受装置が得られる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 HDD用スピンドルモータの断面図である。

【 図 2 】 上記スピンドルモータに組み込まれた本発明の一実施形態に係る流体動圧軸受装置の断面図である。

【 図 3 】 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 4 】 他の実施形態に係る流体動圧軸受装置の断面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

## 【 0 0 1 9 】

図 1 に、本発明の一実施形態に係る流体動圧軸受装置 1 が組み込まれたスピンドルモータを示す。このスピンドルモータは、例えば 2 . 5 インチ HDD のディスク駆動装置に用いられ、軸部材 2 を回転自在に支持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 はディスクハブ 3 に取り付けられる。ディスクハブ 3 には、ディスク D が所定の枚数（図示例では 2 枚）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、これにより軸部材 2、ディスクハブ 3、及びディスク D が一体となって回転する。

## 【 0 0 2 0 】

流体動圧軸受装置 1 は、図 2 に示すように、軸部材 2 と、内周に軸部材 2 が挿入された軸受スリーブ 8 と、内周面に軸受スリーブ 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 の開口部に設けられたシール部 9 とを備える。本実施形態では、ハウジング 7 の側部 7 a と底部 7 b とが別体に形成されると共に、ハウジング 7 の側部 7 a とシール部 9 とが一体に設けられる。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。

## 【 0 0 2 1 】

軸部材 2 は、軸部 2 a と、軸部 2 a の下端に設けられたフランジ部 2 b とを備える。図示例では、軸部 2 a とフランジ部 2 b とが別体に形成される。軸部 2 a は、金属材料、例えばステンレス鋼等の溶製材で略ストレートな軸状に形成される。軸部 2 a の外周面 2 a 1 にはラジアル軸受面が形成され、図示例では、外周面 2 a 1 の軸方向に離隔した 2 箇所にラジアル軸受面 A 1 , A 2 が形成される。ラジアル軸受面 A 1 , A 2 には、ラジアル動圧発生部としてヘリングボーン形状に配列された複数の動圧溝 G 1 , G 2 が形成される（図中クロスハッチングで示す）。上側のラジアル軸受面 A 1 の動圧溝 G 1 は軸方向非対称に形成され、具体的には、軸方向中間部に形成された折り返し部よりも上側の領域の軸方向寸法が下側の領域の軸方向寸法よりも大きくなっている。下側のラジアル軸受面 A 2 の動圧溝 G 2 は軸方向対称に形成される。

## 【 0 0 2 2 】

ラジアル軸受面 A 1 , A 2 の軸方向間には、動圧溝 G 1 , G 2 よりも小径な逃げ部 2 a 2 が形成される。上側のラジアル軸受面 A 1 の上方には円筒面 2 a 3 が設けられる。図示例では、円筒面 2 a 3 と、動圧溝 G 1 の円周方向間に設けられた複数の丘部 G 1 ' とが面一に連続している。円筒面 2 a 3 は、シール部 9 の内周面 9 a と径方向で対向し、シール空間 S を形成するシール面として機能する。下側のラジアル軸受面 A 2 の下方には円筒面 2 a 4 が設けられる。図示例では、円筒面 2 a 4 と、動圧溝 G 2 の円周方向間に設けられた複数の丘部 G 2 ' とが面一に連続している。円筒面 2 a 4 は、フランジ部 2 b の内周面 2 b 3 が固定される固定面として機能する。円筒面 2 a 4 には凹部が形成され、図示例で

10

20

30

40

50

は円筒面 2 a 4 の全周にわたって連続した環状溝 2 a 5 が形成される。環状溝 2 a 5 には、フランジ部 2 b の一部が入り込んでいる。

【 0 0 2 3 】

軸部 2 a は、( 1 ) 旋削又は鍛造により軸素材を形成する工程、( 2 ) 軸素材に熱処理(焼入れ)を施す工程、( 3 ) 熱処理後の軸素材の外周面を粗研削する工程、( 4 ) 粗研削された軸素材の外周面に転造加工により動圧溝 G 1 , G 2 を成形する工程とを順に経て製作される。このように、熱処理により硬度を高くした(例えば H v 4 5 0 以上とした)軸素材に対して転造加工で動圧溝 G 1 , G 2 を成形することで、転造による軸素材外周面の肉盛がほとんど生じず、精度の良い動圧溝 G 1 , G 2 ( 丘部 G 1 ' , G 2 ' ) を成形することができる。また、ラジアル軸受面 A 1 , A 2 の最外径面となる丘部 G 1 ' , G 2 ' の外径面が粗研削により高精度に仕上げられた研削加工面となるため、精度の良いラジアル軸受隙間を形成することができる。尚、必要に応じて、動圧溝 G 1 , G 2 を成形した後、軸部 2 a の外周面 2 a 1 ( 特に丘部 G 1 ' , G 2 ' の外径面 ) に仕上げ研削を施しても良い。

10

【 0 0 2 4 】

フランジ部 2 b は、金属材料、例えば焼結金属、特に銅系の焼結金属でリング状に形成される。本実施形態では、例えば銅 6 0 m a s s % 、及び鉄又はステンレス鋼 4 0 m a s s % からなり、密度が 7 . 3 ~ 8 . 0 g / c m <sup>3</sup> の範囲内に設定された焼結金属でフランジ部 2 b が構成される。フランジ部 2 b の上側端面 2 b 1 には、第 1 のスラスト動圧発生部として、例えばポンプインタイプのスパイラル形状に配列された複数の動圧溝が形成される(図示省略)。また、フランジ部 2 b の下側端面 2 b 2 には、第 2 のスラスト動圧発生部として、例えばポンプインタイプのスパイラル形状に配列された複数の動圧溝が形成される(図示省略)。

20

【 0 0 2 5 】

フランジ部 2 b の内周面 2 b 3 は、軸部 2 a の下端の円筒面 2 a 4 に固定される。本実施形態では、金属粉末の圧粉体を焼成して得られる環状の焼結金属素材にサイジングを施した後、この焼結金属素材を軸部 2 a の円筒面 2 a 4 に嵌合(好ましくは軽圧入)した状態で、動圧溝を成形するための溝型が設けられた上パンチ及び下パンチ(図示省略)で焼結金属素材を上下から圧迫する。これにより、焼結金属素材の両端面に上下パンチの溝型が押し付けられて動圧溝が成形されると同時に、焼結金属素材の内周面が縮径して軸部 2 a の円筒面 2 a 4 に押し付けられ、フランジ部 2 b が軸部 2 a の外周面 2 a 4 に固定される。このとき、フランジ部 2 b の一部を軸部 2 a の環状溝 2 a 5 に入り込ませることにより、フランジ部 2 b と軸部 2 a との固定力、特に軸方向の抜き耐力を高めることができる。尚、フランジ部 2 b と軸部 2 a との固定方法は上記に限らず、例えば圧入、接着、溶接、溶着などを採用してもよい。また、フランジ部 2 b の両端面 2 b 1 , 2 b 2 に動圧溝を成形した後に、軸部 2 a に固定してもよい。

30

【 0 0 2 6 】

軸受スリーブ 8 は、焼結金属、例えば鉄系の焼結金属で略円筒状に形成される。本実施形態では、鉄 7 0 ~ 9 0 m a s s % 及び銅 3 0 ~ 1 0 m a s s % からなり、密度が 7 . 0 ~ 7 . 6 g / c m <sup>3</sup> の範囲内に設定された焼結金属で軸受スリーブ 8 が構成される。軸受スリーブ 8 の内周面 8 a の全面(すなわち軸受スリーブ 8 の上端の内周チャンファ 8 e と下端の内周チャンファ 8 f との軸方向間の全領域)は、平滑な円筒面で構成される。すなわち、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a には、ラジアル動圧発生部や逃げ部が形成されておらず、同一径の円筒面となっている。この円筒面状の内周面 8 a が、軸部 2 a の外周面 2 a 1 のラジアル軸受面 A 1 , A 2 及び逃げ部 2 a 2 と径方向に対向する。

40

【 0 0 2 7 】

軸受スリーブ 8 の下側端面 8 b の全面(すなわち軸受スリーブ 8 の下端の内周チャンファ 8 f と外周チャンファ 8 g との径方向間の全領域)は、スラスト動圧発生部などの凹凸の無い平坦面で構成される。この下側端面 8 b が、フランジ部 2 b の上側端面 2 b 1 と軸方向に対向する。尚、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a はラジアル軸受隙間に面するラジアル

50

軸受面として機能し、軸受スリーブ8の下側端面8bは第1のスラスト軸受隙間に面するスラスト軸受面として機能する。このため、軸受スリーブ8の内周面8a及び下側端面8bは、それぞれの面精度を高めるだけでなく、これらの面の間の直角度を高める必要があり、具体的には、例えば内周面8aと下側端面8bとの間の直角度を3 $\mu$ m以下に設定することが好ましい。また、軸受スリーブ8の内周面8a及び下側端面8bの表面開孔率が大きいと、ラジアル軸受隙間及び第1のスラスト軸受隙間の潤滑油が表面開孔から軸受スリーブ8の内部に抜けて油膜の圧力が十分に高まらない恐れがあるため、内周面8a及び下側端面8bの表面開孔率は例えば10%以下に設定することが好ましい。

**【0028】**

軸受スリーブ8の上側端面8cには、径方向中間部に環状溝8c1が設けられると共に、この環状溝8c1と内周チャンファ8eとを連通する径方向溝8c2が設けられる。径方向溝8c2の本数は任意であり、例えば3本の径方向溝8c2が円周方向等間隔に配される。軸受スリーブ8の外周面8dには、軸方向全長にわたって軸方向溝8d1が形成される。軸方向溝8d1の本数は任意であり、例えば3本の軸方向溝8d1が円周方向等間隔に配される。

10

**【0029】**

軸受スリーブ8は、金属粉末の圧粉体を焼成して得られた焼結金属素材にサイジングを施すことにより製造される。上記のように、軸受スリーブ8には動圧発生部が形成されないため、動圧発生部の成形工程を省略でき、型費の大幅な低減が図られる。また、軸受スリーブ8の内周面8a及び下側端面8bを平滑な円筒面及び平坦面という単純な形状とすることで、これらの面の寸法精度を高めることができる。特に、サイジング工程で動圧発生部を成形するためには焼結金属素材に高い圧力を加える必要があるため、加工代が大きくなり、サイジング後の軸受スリーブ8の寸法精度のばらつきが大きくなるが、上記のように軸受スリーブ8に動圧発生部を形成しないことにより、サイジング工程で焼結金属素材に加わる圧力を低減し、軸受スリーブ8の寸法精度のばらつきを小さくすることができる。

20

**【0030】**

ハウジング7は、内周面に軸受スリーブ8が固定された筒状の側部7aと、側部7aの下端を閉塞する底部7bとを有する。本実施形態では、側部7aは金属材料の切削加工により形成され、底部7bは金属材料のプレス成形により形成される。

30

**【0031】**

ハウジング7の側部7aの内周面7a1には、軸受スリーブ8の外周面8dが接着や圧入により固定される。側部7aの内周面7a1の下端には、他の領域よりも大径な固定面7a2が設けられる。側部7aの上端には、内径に突出したシール部9が一体に設けられる。シール部9の内周面9aは、下方に向けて漸次縮径したテーパ面状に形成され、軸部2aの円筒面2a3との間に下方へ向けて径方向寸法を漸次縮小したシール空間Sが形成される。このシール空間Sの毛細管力により潤滑油が下方に引き込まれ、潤滑油の外部への漏れ出しが防止される。ハウジング7の内部空間に充満した潤滑油の油面は、常にシール空間Sの範囲内に維持される。すなわち、シール空間Sは、潤滑油の温度変化に伴う体積変化を吸収できる容積を有する。

40

**【0032】**

ハウジング7の底部7bは、側部7aの固定面7a2に圧入、接着、あるいはこれらの併用により固定される。底部7bの上側端面7b1は、軸部材2のフランジ部2bの下側端面2b2に形成された第2のスラスト動圧発生部と軸方向に対向し、少なくとも第2のスラスト動圧発生部と対向する領域(スラスト軸受面)が平坦面で構成される。図示例では、底部7bの上側端面7b1に、環状の平坦面で構成されたスラスト軸受面7b11と、その内径側に設けられ、スラスト軸受面7b11よりも一段下がった平坦な逃げ部7b12とが設けられる。

**【0033】**

上記の部材を組み立てた後、軸受スリーブ8及びフランジ部2bの内部気孔を含めたハ

50

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。このとき、油面はシール空間Sの内部に保持される。尚、ハウジング7の内部に満たされる油量が多いと温度変化に伴う潤滑油の体積変化が大きくなるため、シール空間Sを大きくする必要があり、流体動圧軸受装置1の大型化を招く。従って、ハウジング7の内部に満たされる油量は少ない方が好ましい。本発明に係る流体動圧軸受装置1では、上記のように軸受スリーブ8に動圧発生部が形成されないため、動圧発生部の成形性を考慮して焼結金属の密度を低くする必要はなく、軸受スリーブ8の焼結金属を、従来の動圧溝付きの軸受スリーブよりも高密度（例えば $7.0 \text{ g/cm}^3$ 以上、好ましくは $7.2 \text{ g/cm}^3$ 以上）まで高めることができる。これにより、軸受スリーブ8の内部に含まれる油量の低減によるシール空間Sの縮小、軸受スリーブ8の耐摩耗性の向上、及び軸受スリーブ8自体の剛性の向上を図ることができる。一方、フランジ部2bには、第1及び第2のスラスト動圧発生部としての動圧溝が設けられるため、動圧溝を成形可能な範囲内で焼結金属の密度をできるだけ高くすることが好ましい。

10

**【0034】**

軸部材2が回転すると、軸受スリーブ8の内周面8aと軸部2aのラジアル軸受面A1、A2との間にラジアル軸受隙間が形成され、動圧溝G1、G2によりラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油の圧力が高められる。この圧力（動圧作用）により軸部材2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R1、R2が構成される。

**【0035】**

これと同時に、フランジ部2bの上側端面2b1と軸受スリーブ8の下側端面8bとの間に第1のスラスト軸受隙間が形成されると共に、フランジ部2bの下側端面2b2とハウジング7の底部7bの上側端面7b1との間に第2のスラスト軸受隙間が形成され、フランジ部2bの上側端面2b1及び下側端面2b2の動圧溝により各スラスト軸受隙間に満たされた潤滑油の圧力が高められる。この圧力（動圧作用）により軸部材2を両スラスト方向に回転自在に非接触支持するスラスト軸受部T1、T2が構成される。

20

**【0036】**

このとき、軸受スリーブ8の外周面8dの軸方向溝8d1及び上側端面8cの径方向溝8c2等により、フランジ部2bの外側側の空間とシール空間Sとが連通され、フランジ部2bの外側側の空間における負圧の発生を防止できる。特に本実施形態では、図2に示すように、軸部2aの外周面2a1に形成された上側のラジアル軸受面A1の動圧溝G1が軸方向非対称な形状に形成されているため、軸部材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る。これにより、潤滑油が、ラジアル軸受隙間（R1、R2）第1のスラスト軸受隙間（T1）軸方向溝8d1径方向溝8c2という経路を介して循環するため、局所的な負圧の発生を確実に防止できる。

30

**【0037】**

上記のように、軸受スリーブ8の内周面8a全面を平滑な円筒面で構成することで、内周面8aの成形精度が高められる。また、軸部2aの外周面2a1のラジアル軸受面A1、A2に形成される動圧溝G1、G2は焼入れ後の軸素材への転造加工により精度良く成形される。以上により、軸受スリーブ8の内周面8aと軸部2aの外周面2a1のラジアル軸受面A1、A2との間に形成されるラジアル軸受隙間を精度良く設定することが可能となるため、軸受剛性を高めることができる。また、上側のラジアル軸受部R1におけるラジアル軸受隙間の大きさと下側のラジアル軸受部R2におけるラジアル軸受隙間の大きさを均一にすることができるため、潤滑油に望まない方向の循環（図示例では、ラジアル軸受隙間を上向きに流動する循環）が生じにくくなる。従って、潤滑油を強制的に循環させるための動圧溝G1のアンバランス量を小さくすることができ、具体的には、動圧溝G1の上側の傾斜溝を短くすることができる。これにより、動圧溝G1の上側の傾斜溝を短くした分だけ動圧溝G1を上方に移動させることができ、ラジアル軸受面A1、A2の軸方向間隔（軸受スパン）を拡大して軸受剛性をさらに高めることができる。あるいは、動圧溝G1の上側の傾斜溝を短くした分だけ、流体動圧軸受装置1の軸方向寸法を縮小して小型化を図ることができる。

40

50



## 【 0 0 3 8 】

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機能を有する箇所には同一の符号を付して重複説明を省略する。

## 【 0 0 3 9 】

図 3 に示す流体動圧軸受装置 10 は、ハウジング 7 の側部 7 a とシール部 9 とが別体に形成されると共に、ハウジング 7 の側部 7 a と底部 7 b とが樹脂で一体成形されている点で、上記実施形態の流体動圧軸受装置 1 と異なる。シール部 9 は、金属材料又は樹脂材料で環状に形成され、ハウジング 7 の側部 7 a の内周面 7 a 1 に接着や圧入等により固定される。ハウジング 7 には、上記実施形態と同様に動圧溝は形成されないため、ハウジング 7 を成形する金型には溝型が形成されない。従って、ハウジング 7 の樹脂材料には、超微細な形状を有する溝型の細部まで行き渡らせるような高い流動性は要求されないため、例えば流動性よりも強度を重視したものを選択することができる。

10

## 【 0 0 4 0 】

図 4 に示す流体動圧軸受装置 20 は、フランジ部 2 b の下側端面 2 b 2 が動圧発生部の無い平坦面で構成されると共に、ディスクハブ 3 の下側端面 3 a にスラスト動圧発生部（図氏省略）が形成される。軸部材 2 が回転すると、ディスクハブ 3 の下側端面 3 a と軸受スリーブ 8 の上側端面 8 c との間に第 2 のスラスト軸受隙間が形成され、ディスクハブ 3 に形成されたスラスト動圧発生部により第 2 のスラスト軸受隙間の潤滑油の圧力が高められ、これによりスラスト軸受部 T 2 が形成される。また、ハウジング 7 の外周面には、下方に向けて漸次縮径したテーパ面 7 a 3 が形成され、このテーパ面 7 a 3 とディスクハブ 3 の円筒面状内周面 3 b との間にシール空間 S が形成される。

20

## 【 0 0 4 1 】

また、上記の実施形態では、軸部 2 a の外周面 2 a 1 に形成されるラジアル動圧発生部としてヘリングボーン形状に配列した動圧溝 G 1 , G 2 を示したが、これに限らず、例えばスパイラル形状に配列した動圧溝や、軸方向溝、あるいは多円弧面で、ラジアル動圧発生部を構成してもよい。

## 【 0 0 4 2 】

また、上記の実施形態では、上側のラジアル軸受面 A 1 の動圧溝領域を軸方向非対称な形状とし、ラジアル軸受隙間の潤滑油を強制的に循環させる場合を示したが、このような強制的な循環が必要なければ、上側のラジアル軸受面 A 1 の動圧溝領域を軸方向対称な形状としてもよい。

30

## 【 0 0 4 3 】

また、上記の実施形態では、軸部 2 a の外周面 2 a 1 の軸方向に離隔した 2 箇所にラジアル軸受面 A 1 , A 2 を形成した場合を示したが、これに限らず、ラジアル軸受面を 1 箇所のみ形成したり、2 箇所のラジアル軸受面 A 1 , A 2 を軸方向で隣接させたりしてもよい。

## 【 0 0 4 4 】

また、上記の実施形態では、フランジ部 2 b に形成されるスラスト動圧発生部としてスパイラル形状に配列した動圧溝を示したが、これに限らず、例えばヘリングボーン形状に配列した動圧溝を採用してもよい。

40

## 【 0 0 4 5 】

また、上記の実施形態では、潤滑流体が潤滑油である場合を示しているが、これに限らず、例えば磁性流体や空気等の流体を使用することも可能である。

## 【 0 0 4 6 】

また、上記の実施形態では軸部材 2 を回転させているが、これに限らず、軸部材 2 を固定し、軸受スリーブ 8 側を回転させる軸固定タイプとしてもよい。

## 【 符号の説明 】

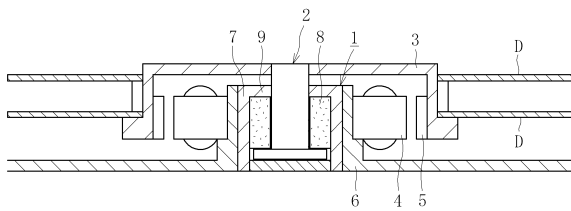
## 【 0 0 4 7 】

- 1 流体動圧軸受装置
- 2 軸部材

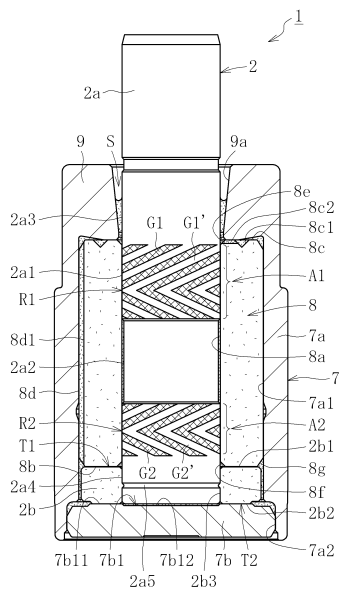
50

- 2 a 軸部
- 2 b フランジ部
- 3 ディスクハブ
- 4 ステータコイル
- 5 ロータマグネット
- 6 ブラケット
- 7ハウジング
- 7 a 側部
- 7 b 底部
- 8 軸受スリーブ
- 9 シール部
- A 1 , A 2 ラジアル軸受面
- D ディスク
- G 1 , G 2 動圧溝
- G 1 ' , G 2 ' 丘部
- 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

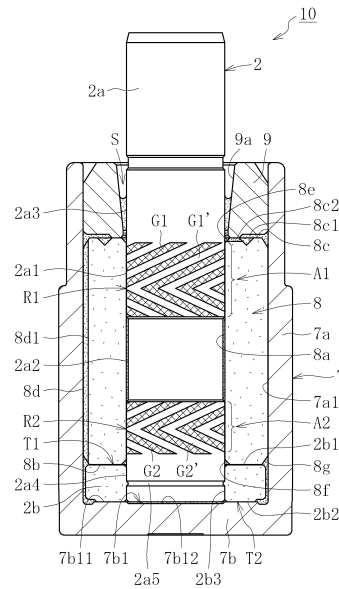
【 図 1 】



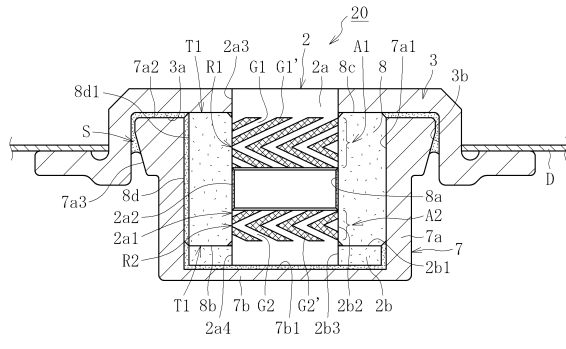
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 尾藤 仁彦  
三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 NTN株式会社内
- (72)発明者 水谷 敏幸  
三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 NTN株式会社内

審査官 上谷 公治

- (56)参考文献 特開2009-281464(JP,A)  
特開2002-161912(JP,A)  
特開2010-223246(JP,A)  
特開2003-307213(JP,A)  
特開2004-084864(JP,A)  
特開2006-077863(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| F16C | 17/10 |
| F16C | 33/12 |
| F16C | 33/14 |