

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-84825

(P2010-84825A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 C 17/10 (2006.01)	F 1 6 C 17/10 A	3 J 0 1 1
B 2 9 C 45/14 (2006.01)	B 2 9 C 45/14	4 F 2 0 6
F 1 6 C 33/02 (2006.01)	F 1 6 C 33/02	4 K 0 1 8
B 2 2 F 3/02 (2006.01)	B 2 2 F 3/02 S	
B 2 2 F 7/00 (2006.01)	B 2 2 F 7/00 D	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2008-252965 (P2008-252965)
 (22) 出願日 平成20年9月30日 (2008. 9. 30)

(71) 出願人 000102692
 N T N株式会社
 大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
 504145342
 (71) 出願人 504145342
 国立大学法人九州大学
 福岡県福岡市東区箱崎六丁目 1 0 番 1 号
 (74) 代理人 100093997
 弁理士 田中 秀佳
 (74) 代理人 100107423
 弁理士 城村 邦彦
 (74) 代理人 100120949
 弁理士 熊野 剛
 (74) 代理人 100155457
 弁理士 野口 祐輔

最終頁に続く

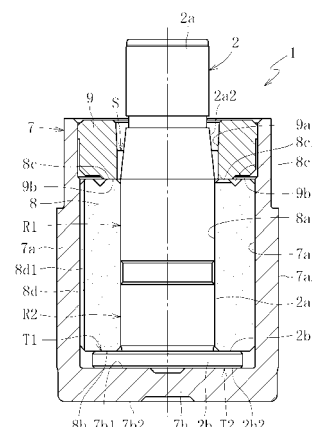
(54) 【発明の名称】 流体動圧軸受装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 M I M 成形したハウジングを備えた流体動圧軸受装置において、潤滑流体の外部への漏れ出しを防止する。また、 M I M 成形したハウジングにスラスト動圧発生部を高精度に加工する。

【解決手段】 ハウジングの相対密度を 9 5 ~ 9 8 % の範囲内に設定し、ハウジングの内面と外面とを連通する孔が形成されないようにした。これにより、ハウジングを介した外部への油漏れを防止できる。また、ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を 1 0 μ m 未満、あるいはスラスト動圧発生部の凹凸高さの 1 / 2 以下に設定した。これにより、ハウジングの M I M 成形と同時にスラスト動圧発生部を高精度に型成形することができる。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部とを備えた流体動圧軸受装置において、

ハウジングの相対密度が95～98%であることを特徴とする流体動圧軸受装置。

【請求項 2】

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部とを備えた流体動圧軸受装置において、

ハウジングが独立気孔のみを有することを特徴とする流体動圧軸受装置。

【請求項 3】

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、ハウジングが面するスラスト軸受隙間に生じる流体膜で軸部材をスラスト方向に支持するスラスト軸受部と、ハウジングに形成され、スラスト軸受隙間の流体膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部とを備えた流体動圧軸受装置において、

ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を10μm未満に設定したことを特徴とする流体動圧軸受装置。

【請求項 4】

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、ハウジングが面するスラスト軸受隙間に生じる流体膜で軸部材をスラスト方向に支持するスラスト軸受部と、ハウジングに形成され、スラスト軸受隙間の流体膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部とを備えた流体動圧軸受装置において、

ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を、スラスト動圧発生部の凹凸高さの1/2以下に設定したことを特徴とする流体動圧軸受装置。

【請求項 5】

ハウジングを形成する金属粉末としてステンレス系金属粉末を使用した請求項1～4の何れかに記載の流体動圧軸受装置。

【請求項 6】

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持するハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、ハウジングが面するスラスト軸受隙間に生じる流体膜で軸部材をスラスト方向に支持するスラスト軸受部と、スラスト軸受隙間の流体膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部とを備えた流体動圧軸受装置を製造するための方法であって、

平均粒径が10μm未満である金属粉末を用いてハウジングをMIM成形すると同時に、ハウジングの端面にスラスト動圧発生部を型成形したことを特徴とする流体動圧軸受装置の製造方法。

【請求項 7】

軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持するハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、ハウジングが面するスラスト軸受隙間に生じる流体膜で軸部材をスラスト方向に支持するスラスト軸受部と、スラスト軸受隙間の流体膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部とを備えた流体動圧軸受装置を製造

10

20

30

40

50

するための方法であって、

平均粒径がスラスト動圧発生部の凹凸高さの $1/2$ 以下である金属粉末を用いてハウジングを MIM 成形すると同時に、ハウジングにスラスト動圧発生部を型成形した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、軸部材の外周面と軸受スリーブの内周面との間のラジアル軸受隙間に生じる流体膜の動圧作用で軸部材を回転自在に支持する流体動圧軸受装置及びその製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

流体動圧軸受装置は、その高回転精度および静粛性から、情報機器（例えば HDD）の磁気ディスク駆動装置、CD・DVD・ブルーレイディスク等の光ディスク駆動装置、若しくは MD・MO 等の光磁気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、プロジェクタのカラーホイールモータ用、又は電気機器の冷却等に使用されるファンモータなどの小型モータ用として使用されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、フランジ部を有する軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受スリーブと、軸受スリーブを外周から保持したコップ状のハウジングとを有する流体動圧軸受装置が示されている。軸部の外周面と軸受スリーブの内周面との間にはラジアル軸受隙間が形成され、フランジ部の端面とハウジングの端面との間にはスラスト軸受隙間が形成される。ハウジングの底部の端面には、スラスト軸受隙間の油膜に動圧作用を発生させるためのスラスト動圧発生部（動圧溝）が形成されている。

20

【0004】

上記の流体動圧軸受装置では、ハウジングが MIM（メタル・インジェクション・モールドディング）法により成形される。MIM 法は、金属粉末を用いた射出成形法であり、具体的には、金属粉末と樹脂バインダとを混練し、金型に射出して成形した後、脱脂してバインダを除いた成形体を焼結して完成品とする成形法である。このようにハウジングを MIM 成形することにより、ステンレス鋼等の高硬度材料を使用した場合であっても精度良く成形することができる。

30

【0005】

【特許文献 1】特開 2003 - 239974 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記のようにハウジングを MIM 成形した場合、金属粉末間の空隙によりハウジングに内部空孔が形成される。この空孔がハウジングの内面と外面とを連通すると、軸受内部に満たされた潤滑油が外部に漏れ出す恐れがある。

40

【0007】

また、上記特許文献 1 の流体動圧軸受装置では、ハウジングのスラスト動圧発生部（動圧溝）を MIM 成形の金型で成形している。この場合、MIM 成形の金型にスラスト動圧発生部を成形するための成形部が形成されるが、この成形部の微細な形状の奥部まで金属粉末を行き渡らせることは困難であり、スラスト動圧発生部が精度良く形成されない恐れがある。

【0008】

本発明の課題は、MIM 成形したハウジングを備えた流体動圧軸受装置において、潤滑流体の外部への漏れ出しを防止することにある。

【0009】

50

本発明の他の課題は、MIM成形したハウジングにスラスト動圧発生部を高精度に設けることにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記課題を解決するために、本発明は、軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部とを備えた流体動圧軸受装置において、ハウジングの相対密度が95～98%であることを特徴とする。また、本発明は、上記の流体動圧軸受装置において、ハウジングが独立気孔のみを有することを特徴とする。

10

【0011】

本発明者らの検証によれば、ハウジングの相対密度を95%以上に設定することで、ハウジングに形成される気孔を全て独立気孔とすることができた。これにより、ハウジングに内面と外面とを連通する気孔（連通気孔）が形成されないため、潤滑流体の外部への漏れ出しを確実に回避できる。一方、ハウジングの相対密度が98%を超えると、MIM成形時の金属粉末の密度が大きくなりすぎて流動性が不足し、成形精度を低下させる恐れがある。以上より、ハウジングの相対密度は95～98%の範囲内に設定することが望ましい。尚、相対密度とは、MIM成形品の重量 W と、MIM成形品と同形状を成し、MIM成形品の金属粉末の材料で中実に形成した仮想部品の重量 W_0 との比（ W/W_0 ）を百分率で表したものを言い、真密度と称される場合もある。また、独立気孔とは、二つの面を

20

【0012】

また、前記課題を解決するために、本発明は、軸部材と、内周に軸部材を挿入した軸受部材と、軸受部材を外周から保持し、MIM成形されたハウジングと、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生じる流体膜で軸部材をラジアル方向に支持するラジアル軸受部と、ハウジングが面するスラスト軸受隙間に生じる流体膜で軸部材をスラスト方向に支持するスラスト軸受部と、ハウジングに形成され、スラスト軸受隙間の流体膜に動圧作用を発生させるスラスト動圧発生部とを備えた流体動圧軸受装置において、ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を10 μ m未満に設定したことを特徴とする。また、本発明は、上記の流体動圧軸受装置において、ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を、スラスト動圧発生部の凹凸高さの1/2以下に設定したことを特徴とする。

30

【0013】

スラスト動圧発生部は、通常、非常に微細な形状（例えば数十 μ m程度の凹凸）であるため、上記のように粒径の小さい金属粉末を用いることで、スラスト動圧発生部を成形するための成形部に金属粉末を行き渡らせることができ、これによりスラスト動圧発生部を高精度に型成形できる。本発明者らの検証によれば、ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を10 μ m未満、あるいはスラスト動圧発生部の凹凸高さの1/2以下に設定することにより、ハウジングのMIM成形と同時にスラスト動圧発生部を高精度に型成形できることが明らかとなった。尚、金属粉末の粒径は、例えば光学顕微鏡や電子顕微鏡で粒径と個数を計測する方法（いわゆる顕微鏡法）や、レーザー粒度分布測定装置を用いた方法により計測することができる。また、金属粉末の平均粒径は、粒径 D 及び個数 y に基づいて、以下に示す算術平均寸法 D_{am} あるいは幾何平均寸法 D_{gm} により得ることができる。

40

$$D_{am} = (1/N) \sum y_i D_i$$

$$\log(D_{gm}) = (1/N) \sum y_i \log(D_i)$$

50

ここで、 y_i は直径 D_i の粒子の個数、 N は粒子の全個数である。

【 0 0 1 4 】

ハウジングを M I M 成形すれば、加工が困難なステンレス系金属粉末等の硬質材料を使用した場合であっても、高精度に成形することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

以上のように、本発明によれば、M I M 成形したハウジングを備えた流体動圧軸受装置において、潤滑流体の外部への漏れ出しを防止することができる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明によれば、M I M 成形したハウジングにスラスト動圧発生部を高精度に設けることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

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 8 】

図 1 は、流体動圧軸受装置を組み込んだ情報機器用スピンドルモータの一構成例を概念的に示している。このスピンドルモータは、H D D 等のディスク駆動装置に用いられるもので、軸部材 2 を回転自在に支持する流体動圧軸受装置 1 と、軸部材 2 の一端に設けられたディスクハブ 3 と、例えば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、流体動圧軸受装置 1 のハウジング 7 を内周に固定したブラケット 6 とを備えている。ステータコイル 4 はブラケット 6 の外周に取付けられ、ロータマグネット 5 はディスクハブ 3 の内周に取付けられる。ディスクハブ 3 には、磁気ディスク等のディスク D が複数枚（図示例は 3 枚）保持される。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、それによって、ディスクハブ 3 およびこれに保持されたディスク D が、軸部材 2 と一体に回転する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、本発明の実施形態に係る流体動圧軸受装置 1 を示している。この流体動圧軸受装置 1 は、軸部材 2 と、軸部材 2 を内周に挿入した軸受部材としての軸受スリーブ 8 と、軸受スリーブ 8 を外周から保持した有底筒状のハウジング 7 と、ハウジング 7 の開口部をシールするシール部材 9 とを主要な構成部材として備える。なお、以下の説明において、軸方向でハウジング 7 の開口側を上側、ハウジング 7 の閉口側を下側とする。

【 0 0 2 0 】

軸部材 2 は、軸部 2 a と、軸部 2 a の下端から外径側に張り出した平板状のフランジ部 2 b とを有し、高剛性の金属材料、例えばステンレス鋼で形成される。軸部 2 a の外周面 2 a 1 は、軸方向の略中央部のヌスミ部（環状の凹部）を除いて、凹凸のない平滑な円筒面とされ、フランジ部 2 b の両端面 2 b 1 ・ 2 b 2 は、それぞれ凹凸のない平滑な平坦面とされる。

【 0 0 2 1 】

軸受スリーブ 8 は、例えば、銅を主成分とする焼結金属の多孔質体で円筒状に形成される。軸受スリーブ 8 は、焼結金属以外にも、黄銅等の軟質金属材料や、焼結金属ではない他の多孔質体、例えば多孔質樹脂で形成することもできる。

【 0 0 2 2 】

軸受スリーブ 8 の内周面 8 a には、図 3 (a) に示すように、ヘリングボーン形状に配列した複数の動圧溝 8 a 1 ・ 8 a 2 が軸方向に離隔して形成される。このうち、上側の動圧溝 8 a 1 は軸方向非対称に形成されており、詳しくは、動圧溝 8 a 1 の軸方向中間部に形成された帯状の丘部に対して、上側の軸方向寸法 X 1 が下側の軸方向寸法 X 2 よりも大きくなっている。一方、下側の動圧溝 8 a 2 は軸方向対称に形成される。

【 0 0 2 3 】

軸受スリーブ 8 の下側端面 8 b には、図 3 (b) に示すように、スパイラル形状に配し

10

20

30

40

50

た複数の動圧溝 8 b 1 が形成される。軸受スリーブ 8 の外周面 8 d には、軸方向溝 8 d 1 が任意の本数（本実施形態では 3 本）形成される。また、軸受スリーブ 8 の上側端面 8 c には、円環溝 8 c 1、および円環溝 8 c 1 の内径側に接続された任意の本数の径方向溝 8 c 2 が形成される。

【 0 0 2 4 】

ハウジング 7 は、MIM 法により成形され、軸受スリーブ 8 を外周から保持する筒状の側部 7 a と、側部 7 a の下端開口部を閉塞する底部 7 b とを有する。底部 7 b の上側端面 7 b 1 にはスラスト動圧発生部が形成され、本実施形態では図 4 に示すように、スパイラル形状に配した複数の動圧溝 7 b 1 0 が形成される。

【 0 0 2 5 】

ハウジング 7 の相対密度は 95 % ~ 98 % の範囲内に設定される。相対密度を 95 % 以上に設定することで、MIM 成形によりハウジング 7 に形成される気孔を全て独立気孔とすることができる。すなわち、ハウジング 7 の内面（側部 7 a の内周面 7 a 1 及び底部 7 b の上側端面 7 b 1）と外面（側部 7 a の外周面 7 a 2 および底部 7 b の下側端面 7 b 2）とを連通する気孔が形成されないため、ハウジング 7 を介した外部への油漏れを確実に防止できる。一方、相対密度を 98 % 以下に設定することで、MIM 成形時の金属粉末の流動性を確保し、ハウジング 7 を精度良く成形することができる。

【 0 0 2 6 】

ハウジング 7 は、図 5 のブロック図に示すように、（A）射出成形工程 1 1、（B）脱脂工程 1 2、（C）焼結工程 1 3、および（D）サイジング工程 1 4 を順に経て製造される。以下、各工程の詳細について説明を行う。

【 0 0 2 7 】

（A）射出成形工程

射出成形工程 1 1 では、金属粉末を主成分とし、これに流動性をもたせるためのバインダを所定量混練した混合材料を用いて、射出成形体が形成される。上記金属粉末としては、ステンレス系、鉄系、チタン系、銅系等の金属粉末が使用可能であり、本実施形態ではステンレス系金属粉末を用いている。一方、バインダとしては、例えば、パラフィンワックス、カルナバワックス、脂肪酸エステル等の有機化合物と、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、エチレン酢酸ビニル共重合体（EVA）等の比較的低融点の熱可塑性樹脂とを混合したものが用いられる。

【 0 0 2 8 】

この射出成形工程で使用される金型（図示省略）の成形面のうち、ハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 を成形する部分には、スラスト動圧発生部（動圧溝 7 b 1 0）を成形するための成形部が設けられる。これにより、ハウジング 7 の射出成形と同時にスラスト動圧発生部が型成形されるため、工程数を削減して生産効率を高めることができる。

【 0 0 2 9 】

上記金属粉末には、平均粒径が 10 μm 未満、好ましくは 8 μm 以下、より好ましくは 5 μm 以下であるもの、また、平均粒径がスラスト動圧発生部の凹凸高さの 1 / 2 以下、好ましくは 1 / 3 以下であるものを使用することが望ましい。例えば、スラスト動圧発生部の凹凸高さ（本実施形態では、動圧溝 7 b 1 0 と丘部 7 b 1 1（図 4 にクロスハッチングで示す）との軸方向距離）が 10 μm である場合、平均粒径が 3 μm の金属粉末を使用すればよい。このように粒径の小さい金属粉末を用いて MIM 成形することで、金型に設けられたスラスト動圧発生部の成形部の奥部まで金属粉末を行き渡らせることができるため、スラスト動圧発生部が高精度に成形される。尚、ハウジングの MIM 材料の粒径が小さすぎると、金型内における MIM 材料の流動性が不足して成形に支承を来す恐れがあるため、金属粉末の平均粒径は 1 μm 以上、好ましくは 2 μm 以上に設定することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

また、平均粒径が 3 μm の金属粉末には、平均粒径が 3 μm 以外（例えば 2 μm や 5 μm ）の金属粉末が含まれる。このように、粒径の異なる金属粉末を混合して使用することで

10

20

30

40

50

、ハウジング7における金属粉末の密度バランスを均一化することができると共に、ハウジング7の成形性を高めることができる。

【0031】

(B) 脱脂工程

脱脂工程12では、上記射出成形工程11で成形された射出成形体中に分散されたバインダを除去することにより、多数の内部気孔を有する多孔質の中間成形体が形成される。脱脂方法としては、光線の照射によって脱脂する光脱脂、加熱によって脱脂する加熱脱脂、あるいは水や有機溶媒等の溶媒中への浸漬によって脱脂する溶媒脱脂等、公知の脱脂方法の何れを採用しても良く、使用したバインダ種等に応じて選択すれば良い。

【0032】

(C) 焼結工程

焼結工程13では、脱脂された射出成形体を所定温度の加熱炉内に投入して加熱処理(焼結処理)を施し、これにより射出成形体の金属粉末が相互にネック結合した焼結体を得られる。射出成形体に対する焼結処理は、均一温度で行っても良いし、加熱温度を徐々に、あるいは段階的に上昇させるようにして行っても良い。後者は、焼結体に割れや変形等の不具合が生じ易い場合に好適である。なお、この焼結工程における焼結温度や焼結時間は、ハウジング7の相対密度が95~98%の範囲内となるように設定される。

【0033】

(D) サイジング工程

サイジング工程14では、上記焼結工程13で得られた焼結体が、ダイ及び上下のパンチを有するサイジング金型(図示省略)により矯正される。具体的には、焼結体(ハウジング7)の側部7aの内周面7a1及び底部7bの上側端面7b1が上パンチで矯正されると共に、焼結体の下側端面7b2が下パンチで矯正され、さらに焼結体の外周面7a2がダイで矯正される。詳しくは、底部7bの上側端面7b1に型成形したスラスト動圧発生部の丘部7b11の平面度や、底部7bの上側端面7b1の丘部7b11に対する側部7aの内周面7a1の直角度が矯正される。なお、このサイジング工程14は必ずしも設ける必要はなく、必要に応じて設ければよい。

【0034】

以上に示すように、スラスト動圧発生部を有するハウジング7をMIM成形品、特にステンレス系金属粉末を主体とするMIM成形品とすれば、スラスト動圧発生部の耐摩耗性を高めることができる。また、本実施形態のハウジング7は側部7aと底部7bとが一体成形されるため、底部7bの抜け強度(側部7aと底部7bとの結合強度)が高められる。さらに、ハウジング7を金属材料で形成することで、例えば樹脂材料で形成する場合と比べて、導電性の向上、金属製のブラケット6との接着強度の向上、及び線膨張係数の低減による寸法安定性の向上を図ることができる。

【0035】

シール部材9は、例えば、黄銅等の軟質金属材料やその他の金属材料、あるいは樹脂材料でリング状に形成される。このシール部材9の内周面9aと、軸部2aのテーパ面2a2との間には所定のシール空間Sが形成される。本実施形態において、シール部材9の内周面9aは径一定の円筒面とされる一方、軸部2aのテーパ面2a2は上方に向かって外径寸法を漸次縮小させた面とされる。従ってシール空間Sは、ハウジング7の内部側に向かって漸次縮小したテーパ形状を呈する。シール部材9の下側端面9bのうち、半径方向略中央部よりも外径側の領域には、内径側の領域よりも上方に後退した段差面9b1が形成される。

【0036】

上記構成の流体動圧軸受装置1において、スラスト軸受隙間の幅設定は例えば以下のように行われる。まず、内周に軸部材2を挿入した軸受スリーブ8をハウジング7の内周に挿入し、軸部材2のフランジ部2bの両端面2b1・2b2と軸受スリーブ8の下側端面8b及びハウジング7の底部7bの上側端面7b1とを当接させる(すなわち、スラスト軸受隙間が0の状態とする)。この状態から、スラスト軸受隙間の設定幅の分だけ軸

10

20

30

40

50

部材 2 をハウジング 7 に対して相対的に引き上げ、その状態で軸受スリーブ 8 の外周面 8 d をハウジング 7 の内周面 7 a 1 に固定する。このように、スラスト軸受隙間の幅設定を、軸部材 2 の相対的な引き上げ量で管理することにより、各部材の加工精度に関わらずスラスト軸受隙間を高精度に設定することができる。

【 0 0 3 7 】

流体動圧軸受装置 1 は以上の構成からなり、シール部材 9 でシールされたハウジング 7 の内部空間には、軸受スリーブ 8 の内部気孔も含め流体としての潤滑油が充満される。

【 0 0 3 8 】

以上の構成からなる流体動圧軸受装置 1 において、軸部材 2 が回転すると、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a の動圧溝 8 a 1 ・ 8 a 2 形成領域と軸部 2 a の外周面 2 a 1 との間にはそれぞれラジアル軸受隙間が形成される。ラジアル軸受隙間に生じる油膜は、動圧溝 8 a 1 ・ 8 a 2 の動圧作用によってその圧力が高められ、この圧力によって軸部材 2 がラジアル方向に回転自在に非接触支持される。これにより、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 R 1 ・ R 2 が軸方向に離隔して形成される。

【 0 0 3 9 】

これと同時に、軸受スリーブ 8 の下側端面 8 b の動圧溝 8 b 1 形成領域とフランジ部 2 b の上側端面 2 b 1 との間にスラスト軸受隙間が形成されると共に、ハウジング 7 の底部 7 b の上側端面 7 b 1 の動圧溝 7 b 1 0 形成領域とフランジ部 2 b の下側端面 2 b 2 との間にスラスト軸受隙間が形成される。両スラスト軸受隙間に生じる油膜は、動圧溝 8 b 1 ・ 7 b 1 0 の動圧作用によってその圧力が高められ、この圧力によって軸部材 2 が両スラスト方向に回転自在に非接触支持される。これにより、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第 1 スラスト軸受部 T 1 と第 2 スラスト軸受部 T 2 とが形成される。

【 0 0 4 0 】

また、シール空間 S がハウジング 7 の内部側に向かって漸次縮小したテーパ形状を呈しているため、シール空間 S 内の潤滑油は毛細管力による引き込み作用によりハウジング 7 の内部方向に引き込まれる。さらに、本実施形態では、シール空間 S を形成する軸部 2 a のテーパ面 2 a 2 が上方に向かって外径寸法を漸次縮小させているため、軸部材 2 の回転時には遠心力シールとしての機能も付加され、ハウジング 7 の内部からの潤滑油の漏れ出しがより効果的に防止される。シール空間 S は、ハウジング 7 の内部空間に充填された潤滑油の温度変化に伴う容積変化量を吸収するバッファ機能を有し、想定される温度変化の範囲内で潤滑油の油面は常にシール空間 S 内にあるように、その容積が設定される。

【 0 0 4 1 】

また、ラジアル軸受部 R 1 を形成する上側の動圧溝 8 a 1 は、軸方向非対称に形成されており、上側領域の軸方向寸法 X 1 が下側領域の軸方向寸法 X 2 よりも大きくなっている（図 3（a）参照）。このため、軸部材 2 の回転時、動圧溝 8 a 1 による潤滑油の引き込み力（ポンピング力）は上側領域が下側領域に比べて相対的に大きくなる。この引き込み力の差圧によって、軸受スリーブ 8 の内周面 8 a と軸部 2 a の外周面 2 a 1 との間の隙間に満たされた潤滑油は下方に流動し、第 1 スラスト軸受部 T 1 のスラスト軸受隙間→軸受スリーブ 8 の外周面 8 d の軸方向溝 8 d 1 →シール部材 9 の下側端面 9 b と軸受スリーブ 8 の上側端面 8 c との間の隙間という経路を循環して、第 1 ラジアル軸受部 R 1 のラジアル軸受隙間に再び引き込まれる。

【 0 0 4 2 】

このように、潤滑油がハウジング 7 の内部空間を流動循環するようにすることで、潤滑油の圧力バランスが保たれると同時に、局部的な負圧の発生に伴う気泡の生成、気泡の生成に起因する潤滑油の漏れや振動の発生等の問題を解消することができる。上記の循環経路はシール空間 S に連通しているので、何らかの理由で潤滑油中に気泡が混入した場合でも、気泡が潤滑油に伴って循環する際にシール空間 S 内の潤滑油の油面（気液界面）から外気に排出される。従って、気泡による悪影響はより一層効果的に防止される。

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

本発明は上記の構成に限られない。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構成・機能を有する箇所には同一の符号を付して説明を省略する。

【0044】

図6に示す流体動圧軸受装置1は、シール空間の構成が上記実施形態と異なる。具体的には、シール部材19が、平板状の第1シール部19aと、第1シール部19aの外径側端部から下方に張り出した円筒状の第2シール部19bとを一体に備える断面逆L字形状を成し、このシール部材19を軸受スリーブ8の上端部に固定している。第1シール部19aの内周面19a2と軸部2aの外周面2a1との間に第1のシール空間S1を形成すると共に、第2シール部19bの外周面19b2とハウジング7の内周面との間に第2のシール空間S2を形成している。かかる構成であれば、第2のシール空間S2をシール部材19の外周側に設けている分、第1のシール空間S1の軸方向寸法を図2に示すシール空間Sよりも小さくすることが可能である。従って、流体動圧軸受装置1の軸方向寸法を縮小することができ、あるいは、流体動圧軸受装置1の軸方向寸法を維持したままラジアル軸受部R1・R2間の軸方向間隔(軸受スパン)を拡大してモーメント剛性を高めることができる。

【0045】

図7に示す流体動圧軸受装置1は、第2スラスト軸受部T2及びシール空間Sの形成箇所が上記実施形態と異なる。具体的には、ハウジング7の側部7aの上側端面7a3とディスクハブ3の下側端面3aとの間に第2スラスト軸受部T2のスラスト軸受隙間が形成され、ハウジング7の上側端面7a2にスラスト動圧発生部が形成される。シール空間Sは、ハウジング7の上部外周面に形成されたテーパ面7a4とディスクハブ3の内周面3bとの間に形成される。

【0046】

以上の実施形態では、ハウジング7に形成されるスラスト動圧発生部をハウジング7のMIM成形と同時に形成しているが、これに限らず、例えばハウジング7をMIM成形した後、プレス加工や機械加工でスラスト動圧発生部を形成してもよい。

【0047】

また、以上の実施形態では、ラジアル軸受部R1・R2及びスラスト軸受部T1・T2の動圧発生部がそれぞれ軸受スリーブ8の内周面8a、下側端面8b、及びハウジング7の底部7bの上側端面7b1に形成されているが、これらの面と軸受隙間を介して対向する面、すなわち軸部2aの外周面、フランジ部2bの上側端面2b1、あるいは下側端面2b2に形成してもよい。

【0048】

また、以上の実施形態では、ラジアル軸受部R1・R2のラジアル動圧発生部として、ヘリングボーン形状の動圧溝を形成する場合を例示したが、これに限らず、例えば、いわゆるステップ軸受や波型軸受、あるいは多円弧軸受を採用することもできる。また、軸受スリーブ8の内周面8a及び軸部材2の外周面2a1の双方を円筒面とした、いわゆる真円軸受を、ラジアル軸受部R1・R2として採用することもできる。この場合、ラジアル軸受隙間の流体膜に積極的に動圧作用を発生させる動圧発生部は有さないが、軸部材の回転時には、潤滑流体の粘性により流体膜に動圧作用が発生し、ラジアル軸受部R1・R2が構成される。

【0049】

また、以上の実施形態では、スラスト軸受部T1・T2のスラスト動圧発生部として、動圧溝を使用する場合を例示したが、これに限らず、例えばステップ軸受や波型軸受の構成を採用することもできる。あるいは、動圧軸受からなるスラスト軸受部T1・T2に代えて、軸部材2の端部をハウジング7の底部7bの上側端面7b1で接触支持するピボット軸受でスラスト軸受部を構成することもできる。

【0050】

また、以上の実施形態では、ラジアル軸受部R1・R2が軸方向に離隔して設けられているが、これらを軸方向で連続的に設けても良い。あるいは、これらの何れか一方のみを

10

20

30

40

50

設けてもよい。

【実施例】

【0051】

本発明者らによる検証結果を図8及び図9に示す。これらの図は、MIM成形により形成したハウジングの動圧発生部（動圧溝）の凹凸状態を示すチャートであり、図8は平均粒径10 μ mの金属粉末を用いた場合、図9は平均粒径3 μ mの金属粉末を用いた場合を示している。何れのハウジングの動圧発生部も、深さ約10 μ mを狙って成形した。これらの図から、10 μ mの金属粉末を用いた場合（図8）は、動圧溝の凹凸は不明りょうで高さにもバラつきがあり、凹凸高さの最大値は30 μ mに達していることがわかる。このように凹凸高さが30 μ mにも達する理由は、平均粒径が10 μ mの金属粉末には、10 μ mを超えるもの（例えば20 μ m程度）や10 μ mを下回るもの（例えば5 μ m程度）の粒子が含まれているためである。本検証で用いた平均粒径10 μ mの金属粉末は、最大粒径が22 μ m、最小粒径が6 μ mであった。これに対し、3 μ mの金属粉末を用いた場合（図9）は動圧溝の凹凸が明りょうであり高さもほぼ一定である。この結果より、ハウジングを形成する金属粉末の平均粒径を10 μ m未満（好ましくは5 μ m以下）、あるいはスラスト動圧発生部の凹凸高さの1/2以下（好ましくは1/3以下）に設定することにより、ハウジングのMIM成形と同時にスラスト動圧発生部を高精度に型成形できることが明らかとなった。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【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】軸受スリーブの（a）断面図、及び（b）下面図である。

【図4】ハウジングの上面図である。

【図5】ハウジングのMIM成形のブロック図である。

【図6】本発明の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7】本発明の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8】ハウジングの動圧発生部（動圧溝）の凹凸状態を示すチャートである（粒径10 μ m）。

【図9】ハウジングの動圧発生部（動圧溝）の凹凸状態を示すチャートである（粒径3 μ m）。

【符号の説明】

【0053】

- 1 流体動圧軸受装置
- 2 軸部材
- 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
- 8 軸受スリーブ
- 9 シール部材
- 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

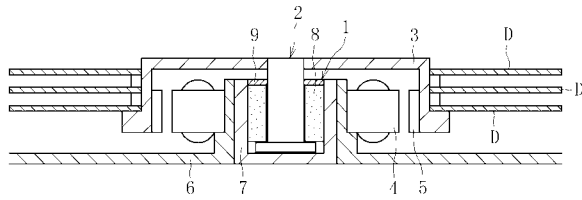
10

20

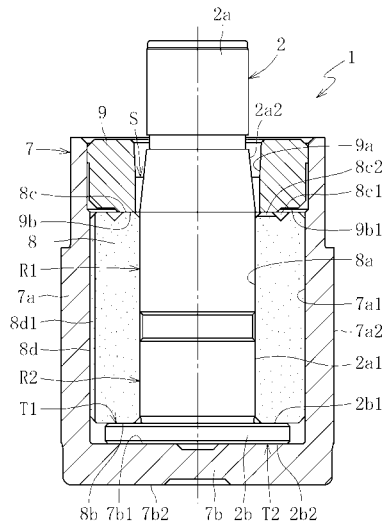
30

40

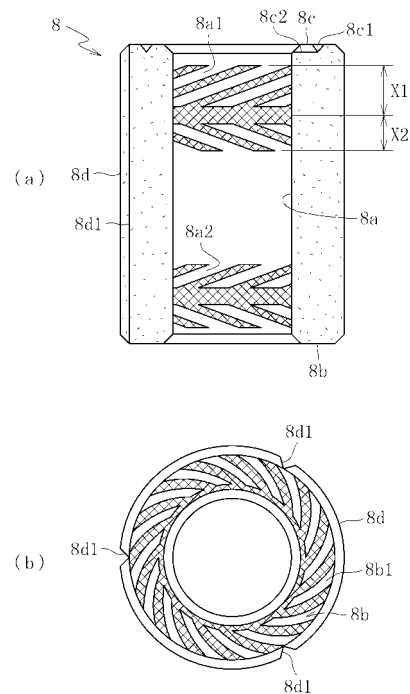
【図 1】



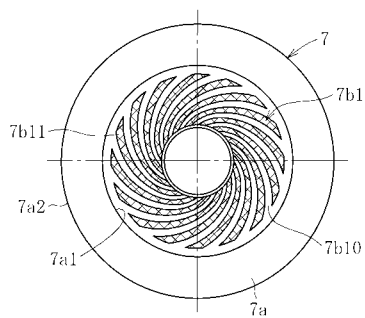
【図 2】



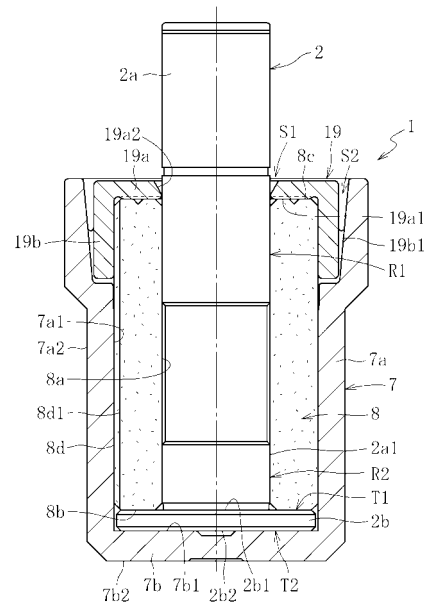
【図 3】



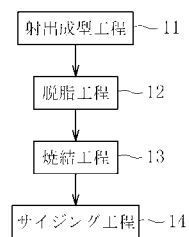
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
F 1 6 C 33/14	(2006.01)	F 1 6 C 33/14	A	
B 2 9 L 31/04	(2006.01)	B 2 9 L 31:04		

(72)発明者 稲塚 貴開
三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 N T N株式会社内

(72)発明者 山本 哲也
三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 N T N株式会社内

(72)発明者 三浦 秀士
福岡県福岡市東区箱崎 6 丁目 1 0 番 1 号 国立大学法人九州大学内

F ターム(参考) 3J011 AA01 BA05 BA06 BA08 CA02 DA01 DA02 JA02 KA02 KA03
LA01 MA02 MA12 MA22 PA03 RA03 SB02 SB03 SB04 SB05
SC02 SC12
4F206 AA04 AA10 AA11 AA49 AD03 AD18 AH14 AR15 JA07 JB12
JB17 JB20 JF05 JF21
4K018 AA03 AA06 AA24 AA33 BB04 CA02 CA09 CA29 DA03 DA11
JA21 KA03