

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4347395号
(P4347395)

(45) 発行日 平成21年10月21日(2009.10.21)

(24) 登録日 平成21年7月24日(2009.7.24)

(51) Int. Cl. F I
B 2 3 Q 5/06 (2006.01) B 2 3 Q 5/06

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-64216 (P2008-64216)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成20年3月13日 (2008.3.13)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2009-220189 (P2009-220189A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成21年10月1日 (2009.10.1)		〇番地
審査請求日	平成21年1月29日 (2009.1.29)	(74) 代理人	100082304
早期審査対象出願			弁理士 竹本 松司
		(74) 代理人	100088351
			弁理士 杉山 秀雄
		(74) 代理人	100093425
			弁理士 湯田 浩一
		(74) 代理人	100102495
			弁理士 魚住 高博
		(74) 代理人	100112302
			弁理士 手島 直彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

静圧流体軸受を介してロータがステータに支持されるスピンドルにおいて、
前記ステータは、静圧流体軸受用流路を備え、
該ステータは、ステータ側に設けられた少なくとも1つの供給口から前記ステータ表面と
対向するロータ表面に駆動用流体を供給する流路を内部に有し、
前記ステータの外部に延在するフランジ部を有するロータは、前記駆動用流体を流す流路
を内部に有し、
前記ステータに設けられる前記駆動用流体を供給する流路の流出口と前記ロータに設けら
れる前記駆動用流体を流す流路の流入口とは、前記ロータの回転軸の軸方向にずれて配置
して設けられ、前記流出口に面する前記ロータの表面は前記ロータの回転方向に対して平
滑な面であり、
前記フランジ部はその外側面側に前記駆動用流体を噴射する噴射口を有し、
駆動用流体を通す前記流路は前記供給口から前記噴射口まで連通して形成されており、
前記静圧流体軸受用流路を介して軸受用流体を供給し、
前記供給口から駆動用流体を供給し前記噴射口から前記駆動用流体を噴射しロータを回転
駆動することを特徴とするロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピ
ンドル。

【請求項2】

前記流出口と前記流入口との近傍に軸受用流体の排気空間を設け、前記排気空間と前記

流出口及び前記流入口との間に軸受隙間と同じ隙間となるシール面とを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル。

【請求項 3】

前記噴射口からの駆動用流体の噴射は、噴射口の傾斜角度をロータの回転軸の軸方向に対して角度をもつ方向または接線方向に角度をもつ方向に向けられていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル。

【請求項 4】

前記ロータは 2 つのフランジ部を有し、それぞれのフランジ部に駆動用流体の噴出口を設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル。

10

【請求項 5】

前記 2 つのフランジ部に設けられた噴出口はロータを時計回り方向か反時計回り方向に回転する向きに駆動用流体を噴射するように配置され、前記フランジへの駆動用流体の流路を独立した流路により供給できる手段と、回転方向に応じてフランジに駆動用流体を切り換えて供給する手段を有し、両フランジに設けられた前記噴出口からの駆動用流体を選択して噴射することを特徴とする請求項 4 に記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル。

20

【請求項 6】

前記噴射口が絞り部材を有していることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エアで回転駆動されるスピンドルに関し、特に、ロータ側から流体を噴射することにより駆動するスピンドルに関する。

【背景技術】

【0002】

孔加工や切削加工を実行する超精密機械では、高精度を要求することや発熱を抑制することを目的として、前記超精密機械の主軸には静圧気体軸受のエアタービンスピンドルが使用されている。エアタービンスピンドルは、スピンドルの非回転側に設けられたノズルから、回転体であるロータに設けられた多数のブレードに対して、圧縮流体が噴射されることで、回転する。

30

【0003】

このエアタービンスピンドルは、電動機を駆動源とするスピンドル装置に比較して、一般的に、主軸を高精度かつ低振動で高速回転できるとともに、発熱が少なく主軸の伸び(軸線方向熱膨張)を抑制できる。

【0004】

このエアタービンスピンドルのロータにワークを固定し、ワークに加工の負荷がかかるような旋盤加工を行う場合、駆動源であるロータに設けられた前記ブレードのパターンがワーク表面に現れることがある。例えば、平面や球面の旋盤加工においてブレードの枚数分である数十 nm 程度の放射状に形成された模様がワーク表面に現れることがある。

40

【0005】

ブレードのパターンがワークに現れる現象の原因は、超精密機械に使用されているエアタービンスピンドルのノズルとブレードへ流体が周期的に影響を及ぼすからである。この流体の周期的な影響を排除するため、特許文献 1 には、ステータ内部に配置されたロータ内部から空間に流体を噴射させてロータを回転駆動する技術が開示されている。

【0006】

【特許文献 1】特開 2003 - 191142 号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

背景技術で説明した従来技術では、ロータは、ロータ回転駆動用の流体をスピンドル内部で噴射させ、スピンドルに設けられた排気穴を通して流体をスピンドル外部に放出している。そのため、噴射口が排気穴を横切る時には、ロータから噴射される流体の流れが変動し、その流体の流れの変動による影響がロータに及ぶ。

【0008】

また、流体軸受に供給される流体が駆動力を得るための流体と同一の経路で供給されるため、スピンドルの回転数が変化すると、軸受圧力が変動してしまう。これらの理由により、背景技術で説明したスピンドルは高精度の回転を実現することは困難である。

そこで、本発明は、高精度の回転を実現可能であるとともに、静粛性の優れたスピンドルを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本願の請求項1に係る発明は、静圧流体軸受を介してロータがステータに支持されるスピンドルにおいて、前記ステータは、静圧流体軸受用流路を備え、該ステータは、ステータ側に設けられた少なくとも1つの供給口から前記ステータ表面と対向するロータ表面に駆動用流体を供給する流路を内部に有し、前記ステータの外部に延在するフランジ部を有するロータは、前記駆動用流体を流す流路を内部に有し、前記ステータに設けられる前記駆動用流体を供給する流路の流出口と前記ロータに設けられる前記駆動用流体を流す流路の流入口とは、前記ロータの回転軸の軸方向にずれて配置して設けられ、前記流出口に面する前記ロータの表面は前記ロータの回転方向に対して平滑な面であり、前記フランジ部はその外側面側に前記駆動用流体を噴射する噴射口を有し、駆動用流体を通す前記流路は前記供給口から前記噴射口まで連通して形成されており、前記静圧流体軸受用流路を介して軸受用流体を供給し、前記供給口から駆動用流体を供給し前記噴射口から前記駆動用流体を噴射しロータを回転駆動することを特徴とするロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【0010】

請求項2に係る発明は、前記流出口と前記流入口との近傍に軸受用流体の排気空間を設け、前記排気空間と前記流出口及び前記流入口との間に軸受隙間と同じ隙間となるシール面とを設けたことを特徴とする請求項1に記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【0011】

請求項3に係る発明は、前記噴射口からの駆動用流体の噴射は、噴射口の傾斜角度をロータの回転軸の軸方向に対して角度をもつ方向または接線方向に角度をもつ方向に向けられていることを特徴とする請求項1または請求項2のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【0012】

請求項4に係る発明は、前記ロータは2つのフランジ部を有し、それぞれのフランジ部に駆動用流体の噴出口を設けたことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【0013】

請求項5に係る発明は、前記2つのフランジ部に設けられた噴出口はロータを時計回り方向か反時計回り方向に回転する向きに駆動用流体を噴射するように配置され、前記フランジ部への駆動用流体の流路を独立した流路により供給できる手段と、回転方向に応じてフランジに駆動用流体を切り換えて供給する手段を有し、両フランジに設けられた前記噴出口からの駆動用流体を選択して噴射することを特徴とする請求項4に記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【0014】

10

20

30

40

50

請求項 6 に係る発明は、前記噴射口が絞り部材を有していることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載のロータ側から駆動用流体を噴射することにより駆動するスピンドルである。

【発明の効果】

【0015】

本発明により、ロータの回転による周期的な影響を排除することができ、高精度の回転が可能であるとともに静粛性に優れたスピンドルを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、図面と共に本発明の実施形態について説明する。

10

図 1 は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 の内部構造を示す図である。

スピンドル 1 は、ロータ 2、ステータ 3、ロータ 2 をラジアル方向に支持するラジアル軸受 4 とスラスト方向に支持するスラスト軸受 5 を備えている。ラジアル軸受 4 及びスラスト軸受 5 は静圧流体軸受である。静圧流体軸受を使用することにより、ロータ 2 とステータ 3 とは非接触な状態となっている。

【0017】

ステータ 3 には貫通孔が設けられており、ロータ 2 はステータ 3 の前記貫通孔を貫通する中心軸部 2 a と、中心軸部 2 a の両端部に設けられたステータ 3 の外側に延在するフランジ部 2 b、2 c とを有する。そして、ロータ 2 の中心軸部 2 a は、静圧流体軸受を介してステータの貫通孔に回転自在に支持されている。ベース 6 はスピンドル 1 を工作機械などに据え付ける台である。ラジアル軸受 4 はロータ 2 の中心軸部 2 a の外周面を支持し、スラスト軸受 5 はロータ 2 のフランジ部 2 b、2 c の一側面を支持する。

20

【0018】

ステータ 3 の内部に駆動用流体を通すステータ内流路 7 を設け、ステータ 3 の外側面に駆動用流体を供給するための駆動用流体供給口 8 を設ける。また、ステータ 3 の内部に、ラジアル軸受 4 とスラスト軸受 5 に流体を供給するための軸受用流体流路 9 を設ける。さらに、ステータ 3 の外側面に、ラジアル軸受 4 とスラスト軸受 5 の静圧流体軸受用流体供給口 10 を設ける。

【0019】

ロータ 2 の中心軸部 2 a の内部に、ロータ 2 の回転軸方向に伸びる中心流路 12 を設ける。図 1 では、この中心流路 12 は、中心軸部 2 a を貫通する流路として形成されている。また、ロータ 2 の中心軸部 2 a の内部に、ロータ 2 の回転軸と直交する平面内ロータ内流路 11 を設ける。図 1 では、このロータ内流路 11 は、前記直交する平面内であってロータ 2 の回転軸を中心として放射状に複数本配置されている。

30

【0020】

ロータ 2 の中心軸部 2 a の一端部に配置されたフランジ部 2 b に、中心流路 12 に同軸に凹部 13 を中心流路 12 側の面に設ける。そして、ロータ 2 のフランジ部 2 b 内部に、ロータ 2 の回転軸と直行する平面内でこの回転軸を中心として放射状に伸びるフランジ内流路 14 を設ける。

【0021】

40

フランジ内流路 14 の一端部は凹部 13 に、他端部はフランジ部 2 b の外側面に配置する。フランジ部 2 b の外側面に配置した流路の端部には、駆動用流体噴射口ノズル 15 を設ける。なお、第一の実施形態では、ロータ 2 の中心軸部 2 a の他端部に配置されたフランジ部 2 c は、バランス調整用の重りとしての機能とともにスラスト方向（ロータ 2 の回転軸方向）の支持部材としての機能を有する。

【0022】

ステータ 3 に設けられた駆動用流体供給口 8 から供給された駆動用流体は、ステータ内流路 7、ロータ内流路 11、中心流路 12、フランジ内流路 14 を経由し、駆動用流体噴射口ノズル 15 からスピンドル 1 の外部に噴射される。なお、ステータ内流路 7 からロータ内流路 11 の連通部 16 の構成については後述（図 5 ~ 図 7 の説明を参照）する。なお

50

中心軸部 2 a、フランジ部 2 b、2 c はロータ 2 の構成要素であるから、中心流路 1 2、フランジ内流路 1 4 及びロータ内流路 1 1 でロータ 2 内の流路を構成している。

【 0 0 2 3 】

軸受用流体排気口 2 6 は、後述する（図 6（a）参照）軸受用流体排気流路 2 7 に流入する軸受用流体をスピンドル 1 から外部に放出する排気口である。この軸受用流体排気口 2 6 は、図 6（a）に示される軸受用流体排気流路の配置に合わせてフランジ部 2 c に設けられている。

【 0 0 2 4 】

ステータ 3 に設けられた駆動用流体供給口 8 及び静圧流体軸受用流体供給口 1 0 から供給される流体は、例えば、加圧された空気、窒素ガス、ヘリウムガス、アルゴンガス、炭酸ガス等が使用される。

10

【 0 0 2 5 】

図 2 は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 で、ロータ 2 の内部の構造と駆動用流体の流れ 1 7 を示す図である。図 2（a）はロータ 2 の内部の構造を示す断面図であり、図 2（b）はフランジ部 2 b のロータ 2 の回転軸に直交する面での断面図である。図 2（a）に示されるように、駆動用流体供給口 8（図 1 参照）から供給された駆動用流体は、ロータ 2 の中心軸部 2 a に形成されたロータ内流路 1 1、中心流路 1 2、フランジ内流路 1 4 を経由し、駆動用流体噴射口ノズル 1 5 からスピンドル外部に噴射される。駆動用流体噴射口ノズル 1 5 から噴射された駆動用流体は、ロータ 2 の回転軸の周方向に噴出する。このように駆動用流体をフランジ部 2 b の周方向に噴射し、駆動用流体からの反力によりロータ 2 は回転力を獲得する。

20

【 0 0 2 6 】

なお、駆動用流体噴射口ノズル 1 5 のフランジ部 2 b への取り付け方向を変更できるようにし、ロータ 2 の回転方向を時計回り方向回転（時計の針の進む方向の回転）と反時計回り方向回転（時計の針の進む方向と反対方向の回転）とを適宜に選択して設定するようにしてもよい。図 2（b）で、駆動用流体噴射口ノズル 1 5 の方向を右向きに設定すると、ロータ 2 は反時計回り方向回転し、駆動用流体噴射口ノズル 1 5 の方向を左向きに設定すると、ロータ 2 は時計回り方向回転する（但し、回転方向は紙面上側から見た方向を基準としている）。

【 0 0 2 7 】

30

図 3 を用いて、駆動用流体の噴射方向 1 8 とロータ 2 の回転方向 1 9 について再度説明する。図 3 は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 で、流体の噴射方向 1 8 とロータ 2 の回転方向 1 9 とを示す図である。図 3（a）はスピンドル 1 の側面図であり、図 3（b）はフランジ部 2 b を図 3（a）の破線部の切断線で示す箇所を切断した断面図である。図 3（a）のフランジ部 2 b とステータ 3 との境界領域はより詳細に図 5 に示される。

図 3（b）に示されるように、駆動用流体はフランジ部 2 b の外側面に配置した複数の駆動用流体噴射口ノズル 1 5 からロータの回転軸回りに均一に駆動用流体を噴射し（噴射方向 1 8、白矢印方向参照）、この駆動用流体からの反作用によりロータ 2 は図面上では反時計回り方向（回転方向 1 9、黒矢印方向参照）に回転する。

40

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明の第一の実施形態のスピンドル 1 で、駆動用流体である噴出流体が回転角度によって流れの変化が起こらない構造を示す図である。図 3 について説明したように、駆動用流体は駆動用流体噴射口ノズル 1 5 から白抜き矢印で示される方向に噴射される。この噴射された駆動用流体からの反力により、ロータ 2 は図面上では反時計回り方向に回転する。

【 0 0 2 9 】

本発明の第一の実施形態において図 4 に示されるように、十分に開放された空間に駆動用流体を噴射するようにしている。これは、駆動用流体噴射口ノズル 1 5 の噴射口付近に突起物や穴などがあると、それらが周期的な影響をロータ 2 に対して及ぼす。このため、

50

各駆動用流体噴射口ノズル 15 から噴射される流体の影響がなくなるのに十分離れた場所に位置する空間ないし平滑な面に対して噴射する。

【0030】

図4に示されるように、駆動用流体噴射口ノズル 15 から噴射した駆動用流体の噴射方向 18 は、フランジ部 2b の回転軸回りに一様に噴射されており、駆動用流体の噴射はフランジ部 2b (ロータ 2) の回転角度依存性がなく、また、駆動用流体の噴射に影響を及ぼす要素が存在しないことを示している。図4では駆動用流体を噴射方向 18 (白矢印方向) に噴射することによりロータ 2 は黒矢印で示される回転方向 19 に回転する。

【0031】

図4に示されるように、噴出した駆動用流体の影響がフランジ部 2b を含めてスピンドル 1 本体に及ばなくなり、駆動用流体の噴射による推力が減衰しないことから、ロータ 2 の回転が高精度に一様となるとともに高速回転が可能となる。したがって、本発明は、駆動用流体の影響で従来技術であるエアスピンドルで生ずることがあった放射状の模様が、ワークに現れることを防止することができる。

【0032】

図5は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 で、ステータ 3 とロータ 2 に設けられる駆動用流体の流路の構造の一部を示す図である。ステータ内流路 7 とロータ内流路 11 とを連通する連通部 16 (図面破線円の内側箇所) は、空間 1 (符号 20) と空間 2 (符号 21) とを有する。空間 1 及び空間 2 はロータ 2 の中心軸部 2a の周側面に一周する凹部である溝として形成される。

【0033】

駆動用流体はステータ内流路 7 を通ってまず空間 1 (符号 20) に流入する。そして、駆動用流体は次に空間 1 (符号 20) と連通している空間 2 (符号 21) に流入する。空間 2 (符号 21) に流入した駆動用流体はロータ内流路 11 に流れていく。空間 1 (符号 20) 及び空間 2 (符号 21) の構造及び機能について図6に対する説明で詳細に説明する。

【0034】

図6は、本発明の第一実施形態におけるスピンドル 1 で、駆動用流体のステータ 3 からの流出口 23 とロータ 2 の内部に設けられたロータ内流路 11 との位置関係を示す図である。図6(a)は図6(b)のステータ内流路 7 (符号 20 の空間 1) の部分の一点破線位置で切断した断面図である。図6(c)は図6(b)の排気空間 25 の部分の一点破線位置で切断した断面図である。そして、図6(d)は図6(b)のロータ内流路 11 (符号 21 の空間 2) の部分の一点破線位置で切断した断面図である。なお、図6(b)、図6(c)、及び、図6(d)は、図6(a)の破線部分での紙面と垂直な面での断面図である。

【0035】

前述の図5で説明したように、空間 1 (符号 20) 及び空間 2 (符号 21) はロータ 2 の中心軸部 2a の周側面に一周する凹部である溝として形成される。図6(b)に示されるように、空間 1 (符号 20) と空間 2 (符号 21) はロータ 2 の回転軸方向に並んで配置して形成される。そして、両空間 1, 2 (符号 20, 21) は隙間 22 を介して連通していることから、図示されるようにステータ内流路 7 とロータ内流路 11 とは直接には連通していない。

【0036】

このように駆動用流体の流路を構成することにより、本発明の第一の実施形態であるスピンドル 1 は、ステータ 3 に設けられるステータ内流路 7 の流出口とロータ 2 に設けられるロータ内流路 11 の流入口とを、ロータ 2 の回転軸の軸方向にずらした位置関係に配置して設けている。そして、空間 1 (符号 20) の底面(前記流出口に面するロータ 2 の表面に相当)はロータ 2 の回転方向に対して段差や孔などが無い平滑な面として形成されている。

【0037】

10

20

30

40

50

従って、空間 1 (符号 2 0) に流入した駆動用流体はラジアル軸受 4 とロータの中心軸部 2 a の表面とで形成される狭い隙間 2 2 を経由して流れる。このような構成により、ロータ内流路 1 1 に流入する際に駆動用流体に脈動が発生することを抑止できる。脈動発生が抑止できることから、ロータ 2 の高精度な回転が実現できる。

【 0 0 3 8 】

なお、図 6 (a) に図示されるロータ 2 の中心軸部 2 a に設けられた軸受用流体排気流路 2 7 は、後述 (図 7 に関する説明) する排気空間 2 5 に流入する軸受用流体を軸受用流体排気口 2 6 (図 1、図 2 を参照) からスピンドル 1 の外部に放出するための流路である。軸受用流体排気流路 2 7 は、ロータ 2 の中心軸部 2 a の外周面に沿って均等に配設する。配設する軸受用流体排気流路 2 7 の数は適宜選択できるが、ロータの慣性モーメントの観点から、偶数個の軸受用流体排気流路 2 7 をロータ 2 の回転軸周りにロータ 2 の中心軸部 2 a に均等に配置するのが望ましい。

10

【 0 0 3 9 】

図 7 は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 で、シール面 2 4 と排気空間 2 5 とにより、静圧流体軸受に供給される軸受用流体がロータの回転駆動系へ流出することを抑制し、静圧流体軸受と駆動用流体による駆動系とが独立した流体圧を保つ構造を示す図である。この図では、静圧流体軸受はラジアル軸受 4 である。

【 0 0 4 0 】

この第一の実施形態では、ロータ 2 の中心軸部 2 a の空間 1 (符号 2 0) や空間 2 (符号 2 1) が形成されている近傍部表面に排気空間 2 5 を形成する。排気空間 2 5 は、静圧流体軸受に供給される軸受用流体を流出させるための排気手段である。この排気空間 2 5 も空間 1 (符号 2 0) や空間 2 (符号 2 1) と同様に、ロータ 2 の中心軸部 2 a の周側面に一周する凹部である溝として形成される。そして、排気空間 2 5 と空間 1 (符号 2 0) や空間 2 (符号 2 1) との間にはシール面を形成する。このシール面は、静圧流体軸受の隙間と同じ隙間間隔を有する。排気空間 2 5 を空間 1 (符号 2 0) や空間 2 (符号 2 1) の近傍部に配置することにより、静圧流体軸受に供給される軸受用流体がロータ 2 の回転駆動系へ流出することを抑制できる。

20

【 0 0 4 1 】

このように、静圧流体軸受の軸受用流体の駆動系への流出を抑制することで、静圧流体軸受と駆動用流体による回転駆動系とが独立した流体圧を保つことができる。空間 1 (符号 2 0) に流入した駆動用流体は隙間 2 2 を通り空間 2 (符号 2 1) に流れ込む。隙間 2 2 の隙間間隔はシール面 2 4 の隙間間隔より幅広に形成されていることから、駆動用流体は排気空間 2 5 に流入することはなく空間 2 (符号 2 1) に流れ、そして、ロータ内流路 1 1 に流れ込む。なお、通常、静圧流体軸受に供給される軸受用流体の圧力が駆動用流体の圧力より高い。従って、静圧流体軸受からの軸受用流体の排気を排気空間 2 5 で集めることで、軸受用流体がロータ 2 の駆動系に影響を及ぼすことを防止できる。

30

【 0 0 4 2 】

このように構成することにより、本発明の第一の実施形態では、静圧流体軸受からロータ駆動用流体への影響を排除することができ、ロータ 2 を高精度に回転駆動することができる。

40

【 0 0 4 3 】

図 8 は、本発明の第一の実施形態であるスピンドル 1 で、ノズルの絞りにより駆動用流体の噴射径を絞り、駆動用流体の噴出流速を増大する構造を示す図である。フランジ部 2 b の周側面に配設された駆動用流体噴射口ノズル 1 5 に絞り 1 5 a を設ける。フランジ内流路 1 4 からの駆動用流体は駆動用流体噴射口ノズル 1 5 に達し、ノズル 1 5 の先端に取り付けられている絞り 1 5 a により流出径が絞られる。これにより、駆動用流体を噴射した際に流体の噴出径を絞り、流速を増大することが可能である。

【 0 0 4 4 】

図 9 は、本発明の第一の実施形態におけるスピンドル 1 で、駆動用流体噴射口ノズルに角度をつけることにより、高速回転時における排気の干渉を防止することを示す図である

50

。後述する本発明の他の実施形態におけるスピンドル 1 に用いられる駆動用流体噴射口ノズル 15 も同様に角度をつけることができる。

【0045】

駆動用流体噴射口ノズル 15 から噴射される駆動用流体の流速が大きくなると、隣接する駆動用流体噴射口ノズル 15 から噴射された駆動用流体同士が干渉を起し、ロータ 2 の高精度な回転に対して影響を及ぼす。また、ロータ 2 の回転速度を増加することが困難になる。そこで、駆動用流体噴射口ノズル 15 の噴射方向 18 を、図 9 (a) に示すように接線方向に対して角度を持たせる (図 9 (a) では接線方向に対して外向き)、図 9 (b) に示すように軸方向に角度を持たせる (図 9 (b) ではスピンドル 1 本体から離れる方向)、または、この両者を組み合わせることにより設定する。このように噴射方向 18 を調整することで、各々の駆動用流体噴射口ノズル 15 から噴出した駆動用流体同士が干渉しあうことを抑制することができる。

10

【0046】

図 10 は、本発明の第二の実施形態におけるスピンドル 1 で、駆動用流体のロータ 2 への供給がスラスト軸受 5 側になされる場合を示す図である。図 10 (a) は、駆動用流体をロータ 2 のフランジ部 2 b に供給する機構をスラスト軸受 5 側に設けた、スピンドル 1 の断面図である。図 10 (b) は、駆動用流体をロータ 2 のフランジ部 2 b に供給する機構の要部 (図 10 (a) の破線部分) を説明した図である。

【0047】

図 10 では、図示省略した駆動用流体供給口 8 から供給された駆動用流体は、ステータ 3 の内部に設けられたステータ内流路 7 a を経由してロータ 2 のフランジ部 2 b に設けられたフランジ内流路 14 a に流入する。そして、駆動用流体は、フランジ部 2 b の周側面に設けられた駆動用流体噴出口ノズル 15 からフランジ部 2 b を含むスピンドル 1 の外部に噴出する。

20

【0048】

この第二の実施形態のスピンドル 1 の構成では、ロータ 2 の中心軸部 2 a に中心流路 12 である空間を形成する必要がない。このため、ロータ 2 の径を小径化することが可能である。また、本実施形態においても、ステータ内流路 7 a とフランジ内流路 14 a とを直接には連通させるのではなく、第 1 の実施形態について説明したように、空間 1 (符号 20)、空間 2 (符号 21)、隙間 22 に相当する機構をロータ 2 のフランジ部 2 b に設ける。このようにすることにより、フランジ部 2 b に設けられたフランジ内流路 14 a に流れこむ駆動用流体に脈動が発生することを抑制することができる。

30

【0049】

図 11 は、本発明の第三の実施形態におけるスピンドル 1 が、駆動用流体噴射口ノズル 15 を備えたフランジ部 2 b , 2 c をロータ 2 の中心軸部 2 a の両端部であってステータ 3 の外部に備えた構造を示す図である。本発明の第一の実施形態では、フランジ部 2 b のみ駆動用流体の流路などを形成し、フランジ部 2 c はバランス調整用のウェイトとして機能させていた。図 11 に示される本発明の第三の実施形態では、フランジ部 2 c に対しても駆動用流体噴射口ノズル 15 を配置する等、フランジ部 2 b と同様の構成を施す。この構成により、ロータ 2 の両端部で駆動トルクを得ることができる。このため、より高速回転が可能なスピンドルを提供することが可能である。

40

【0050】

以上説明したように、本発明のスピンドルは、ブレードを持たない構造であるため、背景技術で説明したエアタービンスピンドルで発生していたブレードとノズルとに起因する振動を抑制することが可能である。振動を抑制できることから、本発明のスピンドルは滑らかに回転可能である。

これにより、スピンドルの振動や機械への振動の影響が抑制できるため、加工物の形状精度や面粗さを向上させることができる。また、ブレードが必要ないため、ブレードの加工工数を削減できる。さらに、静圧空気軸受をラジアル軸受及びスラスト軸受に用いているので、ロータとステータとは非接触となっている。これにより、ステータに振動が伝わ

50

りにくくなっている。

【0051】

図12は、本発明の第四の実施形態におけるスピンドル1が、ベース側のフランジ部2cに取り付けられるノズルの噴射方向を前側のフランジ部2bに取り付けられるノズルと反対方向とし、駆動用流体の流路を切り換えることでロータ2を時計方向と反時計方向の両方向に回転することができる構図を示す図である。

【0052】

図12に示されるように、時計回り方向（反対回転）用と反時計回り方向（正回転）用の駆動用流体の供給路をロータ2、ステータ3に設け、中心軸部2aの中央部に前記流路を独立した流路とするための隔壁を設ける。なお、隔壁は中央部に限定されるわけではなく、時計回り方向用の流路と反時計回り方向用の流路を中心軸部2aのどの位置に配置するかによって、適宜配置位置を変更して両流路を独立した流路とする。

【0053】

この構成により、両フランジ部2b, 2cに設けられたノズルからの駆動流体の噴射を選択して噴射することができ、フランジ部2bとフランジ部2cに設けられた駆動用流体噴射口ノズル15から、時計回り方向（反対回転）と反時計回り方向（正回転）用の駆動用流体をそれぞれ独立して噴出させることができる。

【0054】

通常、流体回転によるスピンドルは制動手段を有しないが、本実施形態によれば、正回転から反対回転（または、反対回転から正回転）に駆動方向を切り換えることにより、非接触でロータの回転を減速や停止させることができる。また、ワークや治具の種類によっては加工空間が制限され加工時の姿勢が限定されてしまうことがあり、このような場合に、時計回り方向回転と反時計回り方向回転の両方向の回転が可能であることにより、加工空間を有効に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1の内部構造を示す図である。

【図2】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、ロータ2の内部の構造と駆動用流体の流れ17を示す図である。

【図3】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、流体の噴射方向18とロータ2の回転方向19とを示す図である。

【図4】本発明の第一の実施形態のスピンドル1で、駆動用流体である噴出流体が回転角度によって流れの変化が起こらない構造を示す図である。

【図5】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、ステータ3とロータ2に設けられる駆動用流体の流路の構造の一部を示す図である。

【図6】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、駆動用流体のステータ3からの流出口23とロータ2内部に貫通するロータ内流路11との位置関係を示す図である。

【図7】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、シール面24と排気空間25とにより、静圧流体軸受に供給される軸受用流体がロータの回転駆動系へ流出することを抑制し、静圧流体軸受と駆動用流体による駆動系とが独立した流体圧を保つ構造を示す図である。

【図8】本発明の第一の実施形態であるスピンドル1で、ノズルの絞りにより駆動用流体の噴射径を絞り、駆動用流体の噴出流速を増大する構造を示す図である。

【図9】本発明の第一の実施形態におけるスピンドル1で、駆動用流体噴射口ノズルに角度をつけることにより、高回転時における排気の干渉を防止することを示す図である。

【図10】本発明の第二の実施形態におけるスピンドル1で、駆動用流体のロータ2への供給がスラスト軸受5側になされる場合を示す図である。

【図11】本発明の第三の実施形態におけるスピンドル1が、駆動用流体噴射口ノズル15を備えたフランジ部2b, 2cをロータ2の中心軸部2aの両端部であってステータ3の外部に備えた構造を示す図である。

10

20

30

40

50

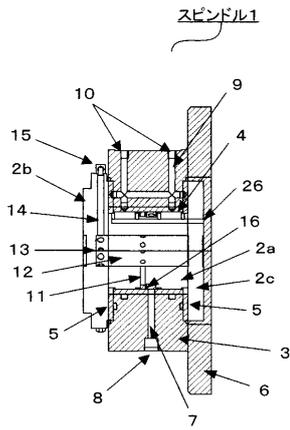
【図 1 2】本発明の第四の実施形態におけるスピンドル 1 が、ベース側のフランジ部 2 c に取り付けられるノズルの噴射方向を前側のフランジ部 2 b に取り付けられるノズルと反対方向とし、駆動用流体の流路を切り換えることでロータ 2 を時計方向と反時計方向の両方向に回転することができる構図を示す図である。

【符号の説明】

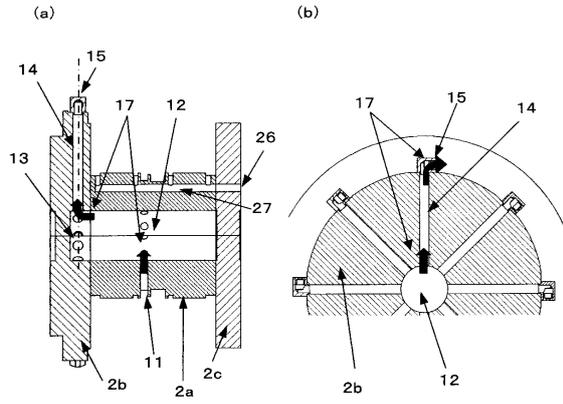
【 0 0 5 6 】

1	スピンドル	
2	ロータ	
2 a	中心軸部	
2 b , 2 c	フランジ部	10
3	ステータ	
4	ラジアル軸受	
5	スラスト軸受	
6	ベース	
7	ステータ内流路	
8	駆動用流体供給口	
9	軸受用流体流路	
1 0	静圧流体軸受用流体供給口	
1 1	ロータ内流路	
1 2	中心流路	20
1 3	凹部	
1 4	フランジ内流路	
1 5	駆動用流体噴射口ノズル	
1 5 a	絞り	
1 6	連通部	
1 7	駆動用流体の流れ	
1 8	噴射方向	
1 9	ロータの回転方向	
2 0	空間 1	
2 1	空間 2	30
2 2	隙間	
2 3	流出口	
2 4	シール面	
2 5	排気空間	
2 6	軸受用流体排気口	
2 7	軸受用流体排気流路	

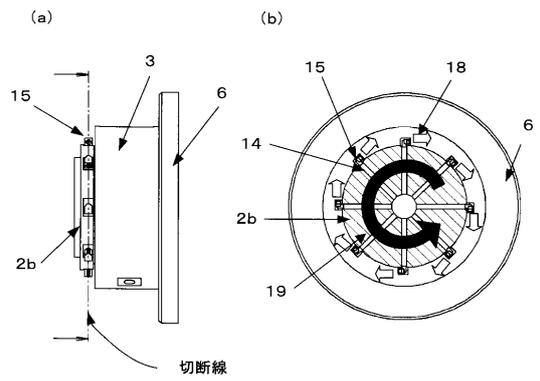
【図1】



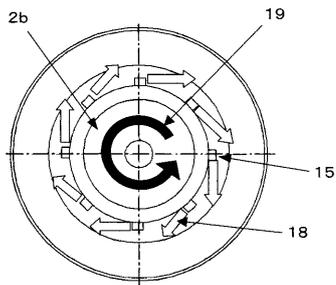
【図2】



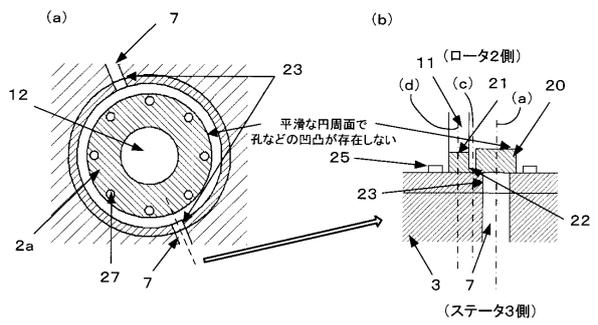
【図3】



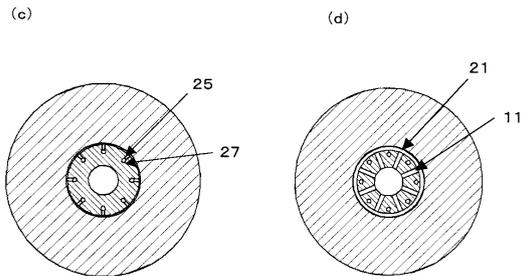
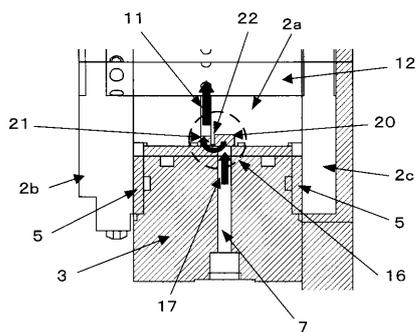
【図4】



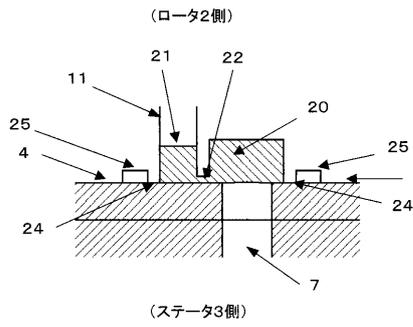
【図6】



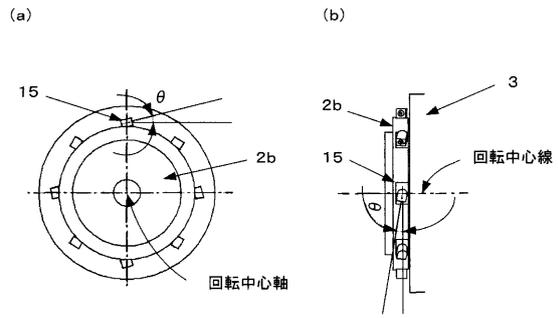
【図5】



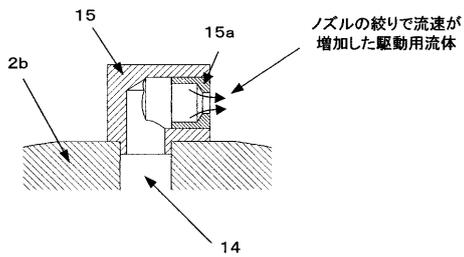
【図7】



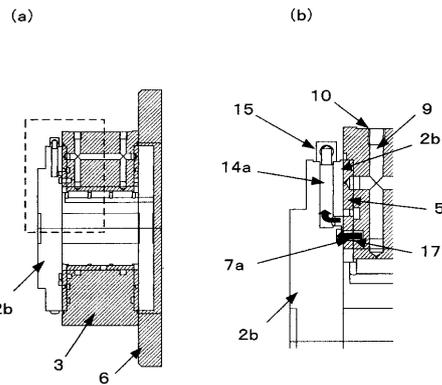
【図9】



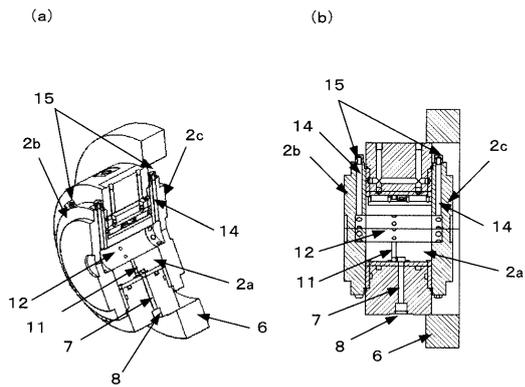
【図8】



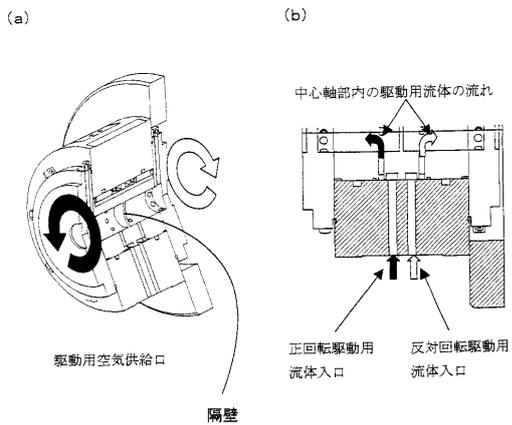
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(74)代理人 100152124

弁理士 白石 光男

(72)発明者 河合 知彦

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 蛭原 建三

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 大木 武

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 大川 登志男

(56)参考文献 特開2003-191142(JP,A)

特開2001-225240(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q 5/06