

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6455177号
(P6455177)

(45) 発行日 平成31年1月23日(2019. 1. 23)

(24) 登録日 平成30年12月28日(2018. 12. 28)

(51) Int.Cl.

F 1

F 1 6 C 32/06 (2006.01)

F 1 6 C 32/06 Z

B 2 3 B 19/02 (2006.01)

B 2 3 B 19/02 B

B 2 4 B 41/04 (2006.01)

B 2 4 B 41/04

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-11583 (P2015-11583)
 (22) 出願日 平成27年1月23日(2015. 1. 23)
 (65) 公開番号 特開2016-136047 (P2016-136047A)
 (43) 公開日 平成28年7月28日(2016. 7. 28)
 審査請求日 平成29年12月8日(2017. 12. 8)

(73) 特許権者 000001247
 株式会社ジェイテクト
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 (74) 代理人 110000394
 特許業務法人岡田国際特許事務所
 (72) 発明者 大和 宏樹
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
 株式会社ジェイテクト内

審査官 杉山 悟史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静圧流体軸受装置、静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静圧流体軸受装置であって、

回転軸を回転支持するための静圧部を有する軸受メタルを備え、

前記静圧部は、前記回転軸の表面との間に潤滑液剤が充填される軸受隙間と、前記回転軸の表面と並行する軸受面部と、該軸受面部の周方向に隣接して凹設される複数のポケットと、該ポケットの底部から前記回転軸の表面に向かって突出し前記回転軸の表面と並行する対向面と前記ポケットの縁部との間に溝部を有するランド部と、を有し、

前記溝部は、前記ランド部の両側部に円周方向に配設された側溝部と、前記回転軸の回転方向の上流側に位置する上流溝部と下流側に位置する下流溝部とを有し、

前記上流溝部に連通し前記静圧部に潤滑液剤を供給する供給路を有し、

前記軸受隙間は、前記回転軸の表面と前記軸受面部との間の第1軸受隙間と、前記回転軸の表面と前記対向面との間の第2軸受隙間と、を有し、

前記第2軸受隙間は、前記第1軸受隙間より大きい関係であり、

前記潤滑液剤の密度を ρ 、前記潤滑液剤の粘性係数を μ 、前記回転軸の周速を U 、前記第2軸受隙間を H である場合に、前記第2軸受隙間におけるレイノルズ数 Re は、 $Re = \rho U H / \mu$ で表され、前記回転軸が回転支持される状態の第2軸受隙間における潤滑液剤の流れは $Re < 20$

10

20

00である静圧流体軸受装置。

【請求項2】

請求項1に記載の静圧流体軸受装置であって、
前記第2軸受隙間は、前記ランド部における前記ポケットの底部から前記対向面の長さより小さい関係である静圧流体軸受装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載の静圧流体軸受装置であって、
前記潤滑液剤は、水または組成に占める水の割合が90%以上の水溶液または、低粘度鉱油である静圧流体軸受装置。

【請求項4】

請求項1から請求項3のいずれかに記載の静圧流体軸受装置であって、
前記回転軸が回転支持される状態の前記第2軸受隙間における前記潤滑液剤は前記回転軸の回転方向に沿って流れる層流であり、
前記層流の潤滑液剤の一部は前記側溝部を経由して前記供給路を有する前記上流溝部への流れとなる静圧流体軸受装置。

【請求項5】

請求項1から請求項4のいずれかに記載の静圧流体軸受装置を用いて工作機械における工作機械用主軸を回転支持する工作機械用主軸装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は静圧流体軸受装置、静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械の主軸などの高速回転する回転軸を潤滑液剤等の加圧流体の静圧によって支持する静圧流体軸受装置が知られている（特許文献1参照）。例えば、特許文献1には、回転軸を回転支持するための静圧部を有する軸受メタルを備える静圧流体軸受装置の技術が開示されている。係る静圧部は、回転軸の表面との間に軸受隙間を有する軸受面部と、軸受面部の周方向に隣接して凹設される複数のポケットとを有し、係るポケットに潤滑液剤などの流体を供給することで、回転軸を流体圧（静圧）によって支持する技術である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-304260号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、静圧流体軸受装置に使用される潤滑液剤は、図9、10に示すように回転軸の回転によってポケット内において所謂つれ回りによる流れを引き起こし、回転軸の回転方向の流れと、ポケットの底部における回転軸の回転と逆方向の流れと、が生じる。これに伴い静圧流体軸受装置は、回転軸の表面近傍に大きな速度勾配が発生し、大きな流体せん断抵抗による動力損失が懸念される。また、ポケット内部は、レイノルズ数が20000～30000の強い乱流となっており、回転軸の表面近傍の大きな速度勾配の発生、大きな流体せん断抵抗による動力損失が懸念される。この傾向は、回転軸が高速回転するにつれて一層顕著となる。

【0005】

そこで本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、本発明が解決しようとする課題は、静圧流体軸受装置のポケットにおける流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損

10

20

30

40

50

失の低減を図ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の静圧流体軸受装置は次の手段をとる。先ず、第1の発明に係る静圧流体軸受装置は、静圧流体軸受装置であって、回転軸を回転支持するための静圧部を有する軸受メタルを備え、前記静圧部は、前記回転軸の表面との間に潤滑液剤が充填される軸受隙間と、前記回転軸の表面と並行する軸受面部と、該軸受面部の周方向に隣接して凹設される複数のポケットと、該ポケットの底部から前記回転軸の表面に向かって突出し前記回転軸の表面と並行する対向面と前記ポケットの縁部との間に溝部を有するランド部と、を有し、前記溝部は、前記ランド部の両側部に円周方向に配設された側溝部と、前記回転軸の回転方向の上流側に位置する上流溝部と下流側に位置する下流溝部とを有し、前記上流溝部に連通し前記静圧部に潤滑液剤を供給する供給路を有し、前記軸受隙間は、前記回転軸の表面と前記軸受面部との間の第1軸受隙間と、前記回転軸の表面と前記対向面との間の第2軸受隙間と、を有し、前記第2軸受隙間は、前記第1軸受隙間より大きい関係であり、前記潤滑液剤の密度を ρ 、前記潤滑液剤の粘性係数を μ 、前記回転軸の周速を U 、前記第2軸受隙間を H である場合に、前記第2軸受隙間におけるレイノルズ数 Re は、 $Re = \rho U H / \mu$ で表され、前記回転軸が回転支持される状態の第2軸受隙間における潤滑液剤の流れは $Re < 2000$ である。

【0007】

この第1の発明によれば、静圧部には、ポケットの底部から回転軸の表面に向かって突出し回転軸の表面と並行する対向面とポケットの縁部との間に溝部を有するランド部を有している。溝部は、ランド部の両側部に円周方向に配設された側溝部と、回転軸の回転方向の上流側に位置する上流溝部と下流側に位置する下流溝部とを有し、上流溝部に連通し静圧部に潤滑液剤を供給する供給路を有する。これにより、潤滑液剤の流れは、対向面上が回転軸の回転方向の流れとなり、側溝部が回転軸の回転と逆方向の流れとなるため、相互の影響を及ぼし難くなる。これにより、静圧流体軸受装置のポケットにおける流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損失の低減を図ることができる。また、潤滑液剤の密度を ρ 、潤滑液剤の粘性係数を μ 、回転軸の周速を U 、第2軸受隙間を H である場合に、第2軸受隙間におけるレイノルズ数 Re は $Re = \rho U H / \mu$ で表される。そして、回転軸が回転支持される状態の第2軸受隙間における潤滑液剤の流れは $Re < 2000$ である。すなわち、第2軸受隙間における潤滑液剤の流れにともなう大きな流体せん断抵抗が生じ難くなり、動力損失が抑制され得る。

【0008】

次に、第2の発明に係る静圧流体軸受装置は、上述した第1の発明に係る静圧流体軸受装置であって、前記潤滑液剤は、水または組成に占める水の割合が90%以上の水溶液または、低粘度鉱油である。

【0009】

この第2の発明によれば、潤滑液剤は、水または組成に占める水の割合が90%以上の水溶液または、低粘度鉱油であると好適である。

【0010】

次に、第3の発明に係る静圧流体軸受装置は、上述した第1の発明または第2の発明に係る静圧流体軸受装置であって、前記回転軸が回転支持される状態の前記第2軸受隙間における前記潤滑液剤は前記回転軸の回転方向に沿って流れる層流であり、前記層流の潤滑液剤の一部は前記側溝部を経由して前記供給路を有する前記上流溝部への流れとなる。

【0011】

この第3の発明によれば、第2軸受隙間における潤滑液剤は回転軸の回転方向に沿って流れる層流であり、層流の潤滑液剤の一部は側溝部を経由して供給路を有する前記上流溝部への流れとなる。これにより、ランド部は、第2軸受隙間における層流と、側溝部における反回転方向の流れを分ける。そのため相互の影響を及ぼし難くなる。よってポケットにおける流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損失の低減をより一層図ることができ得る。

【 0 0 1 2 】

次に、第 4 の発明は、上述した第 1 の発明から第 3 の発明のいずれかに係る静圧流体軸受装置を用いて工作機械における工作機械用主軸を回転支持する工作機械用主軸装置とする。このように、工作機械用主軸装置に上記静圧流体軸受装置を用いると好適である。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明は上記各発明の手段をとることにより、静圧流体軸受装置のポケットにおける流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損失の低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】実施形態に係る静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置の一例として研削盤の全体構成を示す平面図である。

【図 2】図 1 に示す研削盤の右側面図である。

【図 3】図 1 の I I I 部の拡大断面図である。

【図 4】図 3 の I V - I V 線断面図である。

【図 5】軸受メタルを一部割断して内部形状を示した斜視図である。

【図 6】図 3 の I V - I V 線の拡大断面図でありポケット内の潤滑液剤の流れを示した図である。

【図 7】ポケット内の潤滑液剤の流れの速度分布図である。

【図 8】静圧流体軸受装置の消費電力を示した図である。

【図 9】従来のポケット内の潤滑液剤の流れの速度分布図である。

【図 1 0】従来のポケット内の潤滑液剤の流れを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下に本発明を実施するための一形態として静圧流体軸受装置、静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置を図面を用いて説明する。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、実施形態に係る静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置の一例として研削盤 1 0 の全体構成を示す平面図である。図 2 は、研削盤 1 0 の右側面図である。なお、図 2 では保持台 1 5 1 を備えたワーク保持装置 1 5 0 の図示を省略している。ここで、X 軸、Y 軸、Z 軸が記載されているすべての図面において、X 軸と Y 軸と Z 軸は互いに直交しており、Y 軸は鉛直上向きを示しており、Z 軸と X 軸は水平方向を示している。そして、Z 軸方向は砥石回転軸 L 1 と平行な方向（換言すれば、ワーク回転軸方向）を示しており、X 軸方向は砥石回転軸 L 1 に直交する方向であり、砥石 1 3 2 がワーク W に切り込む方向を示している。また、砥石回転軸 L 1 とワーク回転軸 L 2 とツルア回転軸 L 3 は、いずれも Z 軸方向と平行である。

【 0 0 1 7 】

図 1、2 に示される研削盤 1 0 は、ワーク W に対して砥石 1 3 2 を X 軸方向及び Z 軸方向へ相対的に移動制御してワーク W を研削するようになっている。平面形状で矩形に形成された基台 1 1 0 上の略中央部には、Z 軸方向に延びる一対の Z 軸方向ガイドレール 1 1 1 にスライド案内される Z 軸方向スライドテーブル 1 1 2 が配設されている。Z 軸方向スライドテーブル 1 1 2 は、制御手段 1 8 0（NC 制御装置等）によって作動制御される Z 軸方向駆動モータ 1 1 4 を駆動源とする Z 軸方向送りねじ 1 1 3 の回転動作によって Z 軸方向へスライドされる。また、Z 軸方向駆動モータ 1 1 4 には、Z 軸方向スライドテーブル 1 1 2 の Z 軸方向の位置を確認するために、Z 軸駆動モータ 1 1 4 の出力軸の回転角度を検出してその検出信号を制御手段 1 8 0 に送るエンコーダ等の Z 軸方向位置検出手段 1 1 5 が設けられている。制御手段 1 8 0 は、Z 軸方向駆動モータ 1 1 4 を用いて、ツルア 1 7 7 又はワーク W に対して砥石 1 3 2 を相対的に Z 軸方向へ移動させ、Z 軸方向位置検出手段 1 1 5 からの検出信号に基づいて、ツルア 1 7 7 又はワーク W に対する砥石 1 3 2 の Z 軸方向への相対的な移動量を検出可能である。

【 0 0 1 8 】

Z 軸方向スライドテーブル 1 1 2 上には、X 軸方向に延びる一対の X 軸方向ガイドレール 1 2 1 にスライド案内される X 軸方向スライドテーブル 1 2 2 が配設されている。X 軸方向スライドテーブル 1 2 2 は、制御手段 1 8 0 によって作動制御される X 軸方向駆動モータ 1 2 4 を駆動源とする X 軸方向送りねじ 1 2 3 の回転動作によって X 軸方向へスライドされる。また、X 軸方向駆動モータ 1 2 4 には、X 軸方向スライドテーブル 1 2 2 の X 軸方向の位置を確認するために、X 軸方向駆動モータ 1 2 4 の出力軸の回転角度を検出してその検出信号を制御手段 1 8 0 に送るエンコード等の X 軸方向位置検出手段 1 2 5 が設けられている。制御手段 1 8 0 は、X 軸方向駆動モータ 1 2 4 を用いて、ツルア 1 7 7 又はワーク W に対して砥石 1 3 2 を相対的に X 軸方向へ移動させ、X 軸方向位置検出手段 1 2 5 からの検出信号に基づいて、ツルア 1 7 7 又はワーク W に対する砥石 1 3 2 の X 軸方向への相対的な移動量を検出可能である。

10

【 0 0 1 9 】

X 軸方向スライドテーブル 1 2 2 上には、砥石駆動モータ 1 2 6 と砥石軸ホルダ 1 3 0 とがそれぞれ配設されており、砥石駆動モータ 1 2 6 の出力軸には駆動プーリ 1 2 7 が設けられる。一方、砥石軸ホルダ 1 3 0 に回転可能に支持されかつ一端部に略円筒状の砥石 1 3 2 が設けられる砥石軸 1 3 1 (Z 軸方向に平行な砥石回転軸 L 1 回りに回転する砥石軸) の他端には、従動プーリ 1 2 8 が設けられている。そして、駆動プーリ 1 2 7 と従動プーリ 1 2 8 との間にはベルト 1 2 9 が張設され、これによって、砥石駆動モータ 1 2 6 の出力軸のトルクがベルト 1 2 9 を介して砥石軸 1 3 1 に伝達される。

20

【 0 0 2 0 】

基台 1 1 0 上には、軸状のワーク W を Z 軸方向のワーク回転軸 L 2 回りに回転させながら設定位置に保持するワーク保持装置 1 4 0 とワーク保持装置 1 5 0 とが、Z 軸方向に平行なワーク回転軸 L 2 上に配設されている。ワーク保持装置 1 4 0 は、基台 1 1 0 上に固定された保持台 1 4 1 と、保持台 1 4 1 に対しワーク回転軸 L 2 上に往復動可能な保持軸ハウジング 1 4 2 と、この保持軸ハウジング 1 4 2 内でワーク回転軸 L 2 回りに回転可能に支持された保持軸部材 1 4 3 とを備え、保持軸部材 1 4 3 の先端にはワーク W の一方の端面の中心部を支持するセンタ部材 1 4 4 が設けられている。また、保持軸部材 1 4 3 は、制御手段 1 8 0 によって作動制御される保持軸モータ (図示省略) を駆動源として任意の角速度で任意の角度まで回転制御される。また、ワーク保持装置 1 5 0 においても、ワーク保持装置 1 4 0 と同様にして保持台 1 5 1、保持軸ハウジング 1 5 2、保持軸部材 1 5 3 及びセンタ部材 1 5 4 を備えて構成されている。また、保持軸ハウジング 1 4 2 にはツルア回転軸 L 3 回りに回転可能に支持されたツルア 1 7 7 を備えたツルーイング装置 1 6 0 が設けられている。なお、図 2 に示すように、砥石回転軸 L 1 と、ワーク回転軸 L 2 と、ツルア回転軸 L 3 は、いずれも X 軸方向及び Z 軸方向に平行な平面である仮想平面 V M 上にある。

30

【 0 0 2 1 】

このように、研削盤 1 0 は、ワーク W またはツルア 1 7 7 に対して砥石 1 3 2 を Z 軸方向及び X 軸方向に相対移動させることで、ワーク W の研削を施し、またはツルア 1 7 7 によって砥石 1 3 2 の外形形状を適宜型直しを施す。

40

【 0 0 2 2 】

図 3 は、砥石軸ホルダ 1 3 0 の拡大断面図 (図 1 の I I I 部の箇所) である。図 4 は、図 3 の I V - I V 線断面図である。図 5 は、軸受メタルを一部割断して内部形状を示した斜視図である。図 6 は、図 3 の I V - I V 線の拡大断面図でありポケット内の潤滑液剤の流れを示した図である。砥石軸ホルダ 1 3 0 は、図 3 に示すように砥石軸ハウジング 1 2 と、砥石軸ハウジング 1 2 内に固定される軸受メタル 1 4 を有する。砥石軸 1 3 1 (回転軸) は軸受メタル 1 4 に回転支持されている。図 4 に示すように、軸受メタル 1 4 は、軸受メタル 1 4 内にポンプ P (図 4 参照) 等から流路 1 6 を介して潤滑液剤 R などの流体を供給することで砥石軸 1 3 1 を流体圧 (静圧) によって回転支持するための静圧部 1 8 を有する。軸受メタル 1 4 は、図 5 に示すように鉄鋼製の筒状に構成されている。静圧部 1

50

8は、図6に示すように軸受メタル14の内周面において、軸受隙間20と、軸受面部22と、複数のポケット24と、ランド部30と、が構成される。なお、潤滑液剤Rは、水または組成に占める水の割合が90%以上の水溶液または、低粘度鉱油であることが望ましい。

【0023】

軸受面部22は、図5、6に示すように砥石軸131の表面と並行する面である。ポケット24は、ポンプP等から流路16（供給路）を介して供給される潤滑液剤Rを溜める部位である。ポケット24は、軸受メタル14の軸受面部22に凹設され、周方向に複数個が分割されて隣接している。本実施形態では、4個のポケット24にそれぞれ潤滑液剤Rが流路16を介して供給される。なお、ポケット24の個数は、4個に限定されるものではない。なお、ポケット24、軸方向ポケット（図示省略）にて砥石軸131の静圧支持に使用されて流出した流体は、ドレイン（図示省略）を経由して回収され、オイルクーラ等にて冷却されてタンクT（図4参照）に戻される。

10

【0024】

ランド部30は、ポケット24の底部26から砥石軸131の表面に向かって突出し砥石軸131の表面と並行する対向面32とポケット24の縁部28との間に溝部40を有する。溝部40は、ランド部30の両側部に円周方向に配設された側溝部42と、回転軸の回転方向の上流側に位置する上流溝部44と下流側に位置する下流溝部46とを有する。また、上流溝部44に連通し静圧部18に潤滑液剤Rを供給する流路16（供給路）を有する。

20

【0025】

軸受隙間20は、砥石軸131の表面との間に潤滑液剤Rが充填される空間である。軸受隙間20は、砥石軸131の表面と軸受面部22との間の第1軸受隙間Cと、砥石軸131の表面と対向面32との間の第2軸受隙間Hを有する。第2軸受隙間Hは、第1軸受隙間Cより大きい関係で設定される。軸受メタル14は、内周面を切削加工を施して複数のポケット24と、ポケット24内にランド部30とを形成する。これにより、軸受メタル14は、砥石軸131の表面との間に潤滑液剤Rが充填される軸受隙間20と、砥石軸131の表面と並行する軸受面部22と、軸受面部22の周方向に隣接して凹設される複数のポケット24と、ポケット24の底部26から砥石軸131の表面に向かって突出し砥石軸131の表面と並行する対向面32とポケット24の縁部28との間に溝部40を有するランド部30と、を有する静圧部18となる。

30

【0026】

砥石軸131は、係るポケット24に潤滑液剤Rなどの流体を供給することで流体圧（静圧）によって支持される。ここで、潤滑液剤Rの密度 ρ 、潤滑液剤Rの粘性係数 μ 、砥石軸131の周速 U 、第2軸受隙間Hである場合に、第2軸受隙間Hにおけるレイノルズ数 Re は $Re = \rho U H / \mu$ で表される。ここで、砥石軸131の周速 U の設定は、砥石軸131の設計標準仕様速度、想定する使用頻度の高い回転速度や平均速度、などをもとに適宜設定することが例示される。砥石軸131が回転支持される状態の潤滑液剤Rの流れは $Re < 2000$ で設定されるように第2軸受隙間Hの間隔を設定する。砥石軸131が回転支持される状態の第2軸受隙間Hにおける潤滑液剤Rは砥石軸131の回転方向に沿って流れる層流となり、層流の潤滑液剤Rの一部は、ポケット24の縁部28に遮られ下流溝部46、側溝部42を経由して流路16を有する上流溝部44への流れとなる。そのため側溝部42を流れる潤滑液剤Rは砥石軸131の反回転方向の流れとなる。

40

【0027】

ここで、従来におけるランド部30を有さないポケット224内の潤滑液剤Rは、図9、10に示すように砥石軸231の回転によってポケット224内において所謂つれ回りによる流れを引き起こし、砥石軸231回転方向の流れと、ポケット224の底部226における砥石軸231の回転と逆方向の流れと、が生じる。これに伴い静圧流体軸受装置は、砥石軸231の表面近傍に大きな速度勾配が発生し、大きな流体せん断抵抗による動力損失が懸念される。軸受内の潤滑液剤Rの流れがレイノルズ数 $20000 \sim 30000$

50

の強い乱流の状況下では、ポケット深さ K 、砥石軸 231 の周速 S としたときの潤滑液剤 R の流れの速度勾配が $\partial S / \partial K$ と表される。ここで、潤滑液剤 R の粘性係数 μ の場合、砥石軸 231 に係るせん断力 $\tau 1$ は、 $\tau 1 = \mu \times (\partial S / \partial K)$ と表される。そして、ポケット 224 内の潤滑液剤 R が砥石軸 231 に及ぼす動力損失 $P 1$ は、ポケット 224 の開口面積 A とすると、 $P 1 = S \times \tau 1 \times A$ と表される。してみると、砥石軸 231 の周速 S 及びポケット 224 の開口面積 A が固定の値であると仮定した場合、動力損失 $P 1$ に影響を及ぼすのは、せん断力 $\tau 1$ となる。さらには、潤滑液剤 R の温度変化が一定であれば粘性係数 μ は一定である。そのため、 $\tau 1$ における速度勾配の $\partial S / \partial K$ が動力損失 $P 1$ に影響を及ぼす要因となる。

【0028】

10

一方、図6に示すように軸受内の潤滑液剤 R の流れが層流状況下においては、速度勾配を U / H と近似することができる。砥石軸 131 に係るせん断力 $\tau 2$ は、 $\tau 2 = \mu \times (U / H)$ と表される。そして、ポケット 24 内の潤滑液剤 R が砥石軸 131 に及ぼす動力損失 $P 2$ は、ポケット 24 の開口面積 A とすると、 $P 2 = U \times \tau 2 \times A$ と表される。してみると、砥石軸 131 の周速 U 及びポケット 24 の開口面積 A が固定の値であると仮定した場合、動力損失 $P 2$ に影響を及ぼすのは、せん断力 $\tau 2$ となる。さらには、潤滑液剤 R の温度変化が一定であれば粘性係数 μ は一定である。そのため、 $\tau 2$ は、速度勾配の U / H の内、 H が動力損失 $P 2$ に影響を及ぼす要因となる。

【0029】

20

そのため、本実施形態の静圧部 18 は、図6、7に示すように砥石軸 131 の表面近傍を層流状況下としつつ、砥石軸 131 の回転方向の流れと、ポケット 24 の側溝部 42 における砥石軸 131 の回転と逆方向の流れを分けて相互に影響を及ぼさないようにするために、ランド部 30 を採用した。このランド部 30 の対向面 32 と砥石軸 131 の表面との間の第2軸受隙間 H を層流が維持できる範囲内で最大に設定する。このランド部 30 の構成により、静圧部 18 の軸受隙間 20 は、砥石軸 131 の表面と軸受面部 22 との間の第1軸受隙間 C と、砥石軸 131 の表面とランド部 30 との間の第2軸受隙間 H を有する。ここで、第2軸受隙間 H は、第1軸受隙間 C より大きい関係で設定される。以上より、砥石軸 131 が回転支持される状態の第2軸受隙間 H における潤滑液剤 R は砥石軸 131 の回転方向に沿って流れる層流となる。また、ポケット 24 の側溝部 42 における潤滑液剤 R は、上記第2軸受隙間 H の層流の流れへの影響を抑制しつつ砥石軸 131 の反回転方向の流れとなって流路 16 に戻る。これにより、図8に示すように、潤滑液剤 R を水、水溶液、低粘度鉱油いずれを用いても、消費電力を低減する結果が得られた。

30

【0030】

このように、実施形態の静圧流体軸受装置によれば、静圧部 18 には、ポケット 24 の底部から砥石軸 131 の表面に向かって突出し砥石軸 131 の表面と並行する対向面 32 とポケット 24 の縁部 28 との間に溝部 40 を有するランド部 30 を有している。溝部 40 は、ランド部 30 の両側部に円周方向に配設された側溝部 42 と、砥石軸 131 の回転方向の上流側に位置する上流溝部 44 と下流側に位置する下流溝部 46 とを有し、上流溝部 44 に連通し静圧部 18 に潤滑液剤 R を供給する流路 16 （供給路）を有する。これにより、潤滑液剤 R の流れは、対向面 32 上が砥石軸 131 の回転方向の流れとなり、側溝部 42 が砥石軸 131 の回転と逆方向の流れとなるため、相互の影響を及ぼし難くなる。これにより、静圧流体軸受装置のポケット 24 における流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損失の低減を図ることができる。また、潤滑液剤 R の密度を ρ 、潤滑液剤 R の粘性係数を μ 、砥石軸 131 の周速を U 、第2軸受隙間 H である場合に、第2軸受隙間 H におけるレイノルズ数 Re は $Re = \rho U H / \mu$ で表される。そして、砥石軸 131 が回転支持される状態の第2軸受隙間 H における潤滑液剤 R の流れは $Re < 2000$ である。すなわち、第2軸受隙間 H における潤滑液剤 R の流れにともなう大きな流体せん断抵抗が生じ難くなり、動力損失が抑制され得る。

40

【0031】

また、潤滑液剤 R は、水または組成に占める水の割合が90%以上の水溶液または、低

50

粘度鉱油であると好適である。

【 0 0 3 2 】

また、第 2 軸受隙間 H における潤滑液剤 R は砥石軸 1 3 1 の回転方向に沿って流れる層流であり、層流の潤滑液剤 R の一部は上流溝部 4 4、側溝部 4 2 を経由して供給路を有する上流溝部 4 4 への流れとなる。これにより、ランド部 3 0 は、第 2 軸受隙間 H における層流と、側溝部 4 2 における反回転方向の流れを分ける。そのため相互の影響を及ぼし難くなる。よって、ポケット 2 4 における流体の速度勾配の上昇を抑制し動力損失の低減をより一層図ることができ得る。

【 0 0 3 3 】

また、上記構成の静圧流体軸受装置を用いて工作機械における工作機械用主軸を回転支持する工作機械用主軸装置とすると好適である。

10

【 0 0 3 4 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明の静圧流体軸受装置、静圧流体軸受装置を用いた工作機械用主軸装置及び静圧流体軸受装置の製造方法は、実施形態に限定されず、その他各種の形態で実施することができるものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

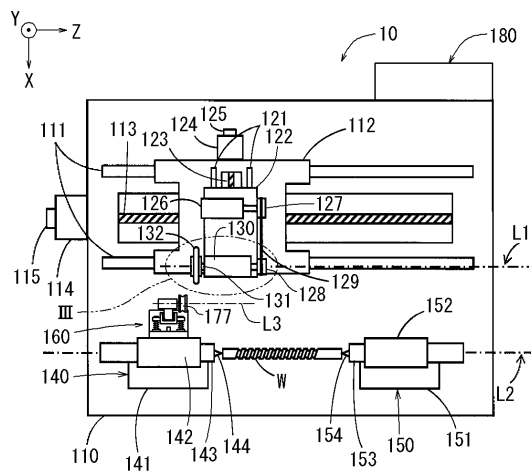
1 0	研削盤	
1 2	砥石軸ハウジング	
1 4	軸受メタル	20
1 6	流路（供給路）	
1 8	静圧部	
2 0	軸受隙間	
2 2	軸受面部	
2 4	ポケット	
2 6	ポケットの底部	
2 8	ポケットの縁部	
3 0	ランド部	
3 2	対向面	
4 0	溝部	30
4 2	側溝部	
4 4	上流溝部	
4 6	下流溝部	
1 1 0	基台	
1 1 1	Z 軸方向ガイドレール	
1 1 2	Z 軸方向スライドテーブル	
1 1 3	Z 軸方向送りねじ	
1 1 4	Z 軸方向駆動モータ	
1 1 5	Z 軸方向位置検出手段	
1 2 1	X 軸方向ガイドレール	40
1 2 2	X 軸方向スライドテーブル	
1 2 3	X 軸方向送りねじ	
1 2 4	X 軸方向駆動モータ	
1 2 5	X 軸方向位置検出手段	
1 2 6	砥石駆動モータ	
1 2 7	駆動プーリ	
1 2 8	従動プーリ	
1 2 9	ベルト	
1 3 0	砥石軸ホルダ	
1 3 1	砥石軸（回転軸）	50

1 3 2	砥石
1 4 0	ワーク保持装置
1 4 1	保持台
1 4 2	保持軸ハウジング
1 4 3	保持軸部材
1 4 4	センタ部材
1 5 0	ワーク保持装置
1 5 1	保持台
1 5 2	保持軸ハウジング
1 5 3	保持軸部材
1 5 4	センタ部材
1 6 0	ツルージング装置
1 7 7	ツルア
1 8 0	制御手段
C	第 1 軸受隙間
H	第 2 軸受隙間
L 1	砥石回転軸
L 2	ワーク回転軸
L 3	ツルア回転軸
P	ポンプ
R	潤滑液剤
U	砥石軸の周速
V M	仮想平面
W	ワーク

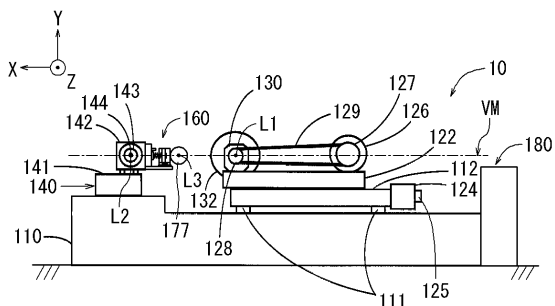
10

20

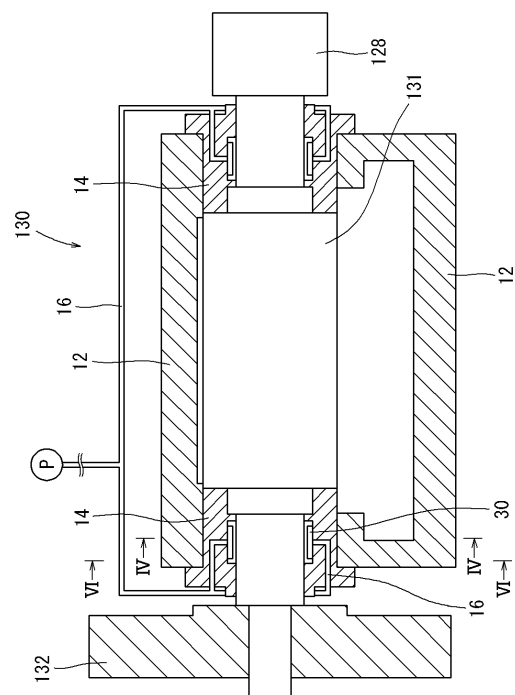
【図 1】



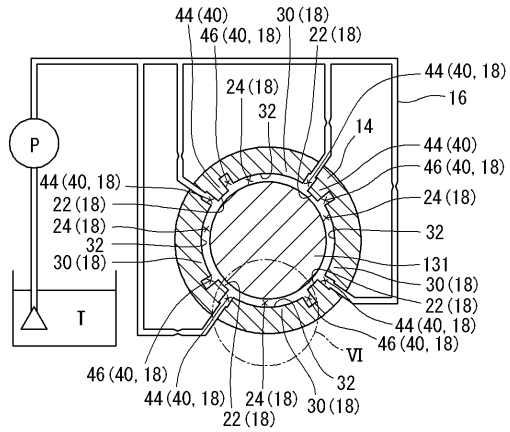
【図 2】



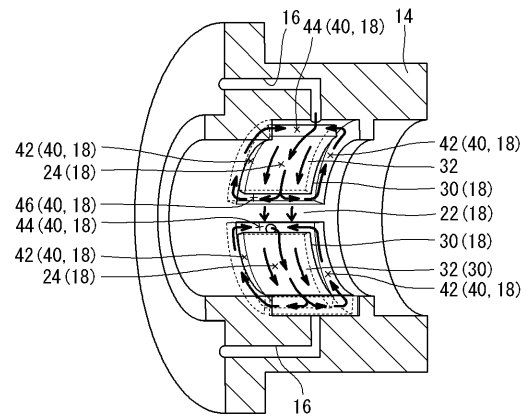
【図 3】



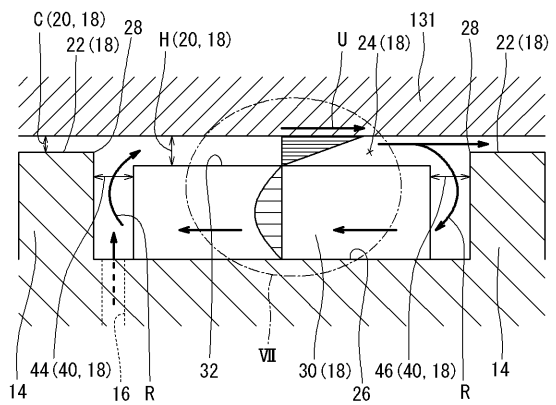
【図 4】



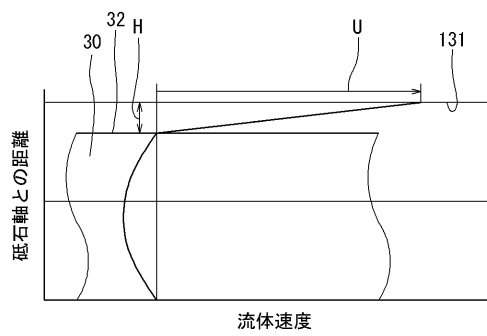
【図 5】



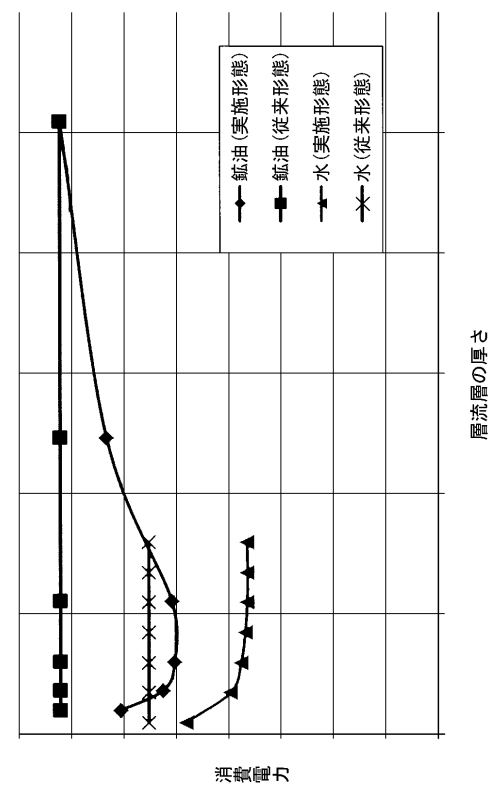
【図 6】



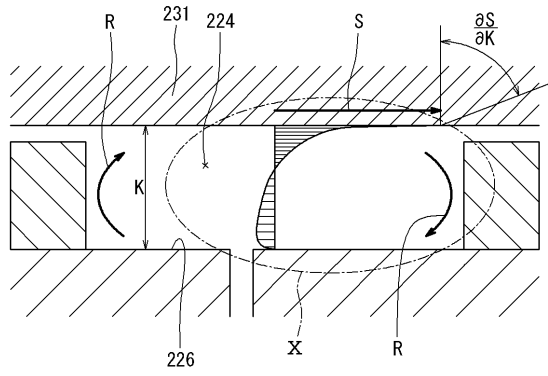
【図 7】



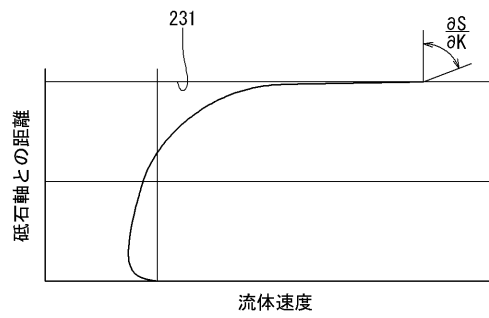
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-304260(JP,A)
特開平04-249614(JP,A)
特表平10-500194(JP,A)
特開2011-149500(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F16C 32/06
B23B 19/02
B24B 41/04