

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6492459号  
(P6492459)

(45) 発行日 平成31年4月10日 (2019. 4. 10)

(24) 登録日 平成31年3月15日 (2019. 3. 15)

(51) Int. Cl.

F 1

**B 2 3 B 19/02 (2006. 01)**

B 2 3 B 19/02 B

**F 1 6 C 35/077 (2006. 01)**

F 1 6 C 35/077

**F 1 6 C 37/00 (2006. 01)**

F 1 6 C 37/00 B

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-173221 (P2014-173221)  
 (22) 出願日 平成26年8月27日 (2014. 8. 27)  
 (65) 公開番号 特開2015-178165 (P2015-178165A)  
 (43) 公開日 平成27年10月8日 (2015. 10. 8)  
 審査請求日 平成29年8月24日 (2017. 8. 24)  
 (31) 優先権主張番号 特願2014-39261 (P2014-39261)  
 (32) 優先日 平成26年2月28日 (2014. 2. 28)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004204  
 日本精工株式会社  
 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号  
 (74) 代理人 110002000  
 特許業務法人栄光特許事務所  
 (74) 代理人 100090343  
 弁理士 濱田 百合子  
 (74) 代理人 100192474  
 弁理士 北島 健次  
 (74) 代理人 100105474  
 弁理士 本多 弘徳  
 (72) 発明者 小栗 翔一郎  
 神奈川県藤沢市桐原町 1 2 番地 日本精工  
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 主軸装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジングと、

該ハウジングに対して相対回転自在な回転軸と、

内輪が前記回転軸の一端側に外嵌され、外輪が前記ハウジングに固定される固定側軸受と、

前記回転軸の他端側で前記ハウジング内に配置され、前記回転軸の軸方向に移動可能なスリーブと、

内輪が前記回転軸の他端側に外嵌され、外輪が前記スリーブに内嵌される自由側軸受と、

を有する主軸装置であって、

互いに対向する前記スリーブの外周面と前記ハウジングの内周面との間には、冷却媒体が流動可能な冷却路が形成され、

前記冷却路は、前記スリーブの外周面又は前記ハウジングの内周面に形成され、軸方向にそれぞれ並ぶ複数の環状溝と、隣接する前記環状溝間に少なくとも 1 ヶ所形成されて、隣接する前記環状溝同士を連通させるスリットと、を備えることを特徴とする主軸装置。

【請求項 2】

前記冷却媒体を供給する供給口は、軸方向一端側に位置する前記環状溝に向けて開口し、前記冷却媒体を排出する排出口は、軸方向他端側に位置する前記環状溝に向けて開口することを特徴とする請求項 1 に記載の主軸装置。

## 【請求項 3】

前記冷却路の軸方向両側には、前記スリーブの外周面と前記ハウジングの内周面との間を液密に封止する環状の弾性部材が配設されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の主軸装置。

## 【請求項 4】

前記スリーブの外周面の両端縁部、又は前記ハウジングの内周面の両端縁部には、面取り部が形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の主軸装置。

## 【請求項 5】

前記環状溝の側壁面は、前記軸方向と直交する方向に対して傾斜して形成されることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の主軸装置。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、主軸装置に関し、より詳細には、工作機械主軸、高速モータ、遠心分離機、或いはターボ冷凍機などの高速回転する回転機械の主軸装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

工作機械主軸の高速化は著しく発展しており、主軸の高速化を可能にするための潤滑方法として、オイルエア潤滑やオイルミスト潤滑が採用されている。また、他の潤滑方法として、環境保護の観点から、潤滑油を外部に排出しないグリース潤滑も改めて見直されており、高速回転で耐焼付き性に優れた軽量のセラミック転動体（たとえば、窒化けい素など）を使用した転がり軸受と共に採用されている。

20

また、高速回転主軸における駆動方法としては、歯車駆動やベルト駆動、あるいは、カップリングによる直結駆動よりも、主軸内にモータを内蔵した、所謂、モータビルトイン主軸が大勢を占めている。

## 【0003】

このような構成の高速主軸では、主軸を支持する転がり軸受からの発熱以外にも、内蔵するモータ（ステータ及びロータ）からの発熱も大きい。工作機械主軸の場合、主軸の温度上昇が高いと、熱変形が生じ加工精度が低下する。このため、主軸の温度上昇を抑制するように、主軸外筒であるハウジングに外部から冷却油を流す手段が用いられている。熱膨張による主軸の変形は、固定側となる前側軸受を原点として、軸方向に発生するので、固定側である前側軸受及びモータのステータの外周部を冷却することが多い。

30

## 【0004】

例えば、前側軸受からの発熱を抑制する従来の冷却装置 100 としては、図 10 に示すように、主軸 101 の前側を支持する一对の前側軸受 102、103 が内嵌するフロントハウジング 104 の外周面に円周方向溝 105 を設ける。そして、フロントハウジング 104 の外周面と他のハウジング 106 の内周面との間に、冷却媒体を循環させて前側軸受 102、103 を冷却している。

## 【0005】

また、特許文献 1 には、前側軸受と後側軸受との間に配置した内輪間座に冷却媒体通路を設け、ポンプなどから圧送される冷却媒体によって内輪間座を冷却するようにした工作機械におけるスピンドル冷却装置が開示されている。

40

## 【0006】

一方、自由側軸受となる後側軸受は、前側軸受と比較して、サイズが若干小さい軸受（例えば、軸受内径寸法で、固定側軸受より 10 ～ 30 mm 前後小さいサイズ）が使用されることが多い。このため、軸受の  $dmn$  値が小さくなって、その分、温度上昇が少なくなる。また、後側軸受は、自由側であること、及び、主軸後部の熱変形は加工精度に及ぼす影響度が前側軸受に比べて小さいこと（例えば、仮に、回転軸が非回転部品に対して軸方向に相対膨張しても主軸後側は後方にスライド移動して、刃物が装着される主軸前側の変位には現れ難い）などの理由により、後側軸受には、構造が複雑となる冷却構造を付

50

加しないことが多い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】実開平4-133555号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、最近の高速主軸は、使用する軸受の $d\cdot m\cdot n$ 値が100万以上、あるいは、150万を越える、更には200万以上のタイプが増加しており、これに伴って後側軸受の $d\cdot m\cdot n$ 値も増加し、発熱が大きくなっている。後側軸受の発熱が大きいと、軸受の内部温度の上昇により、潤滑油粘度が低下し、転がり接触部などでの油膜形成不良による焼付きが発生する虞がある。

10

【0009】

このため、図11に示す冷却装置110では、周辺構造を簡素化しつつ、後側軸受を冷却することが考えられる。この場合、主軸101の後側を支持する一対の自由側軸受112, 113が内嵌するスリーブ114をリアハウジング115に内嵌し、このリアハウジング115の外周面に円周方向溝116を設ける。そして、リアハウジング115の外周面と他のハウジング117の内周面との間に冷却媒体を循環させて、自由側軸受112, 113を冷却する。

20

【0010】

しかしながら、図11に示す構造では、冷却部は、発熱部（軸受112, 113）から径方向に離れた位置に配置されており、また、すきま嵌めで嵌合するスリーブ114とリアハウジング115との間の熱伝達効率が低いため、冷却効率が低いという問題がある。したがって、リアハウジングは冷却されるが、スリーブが効果的に冷却されず、リアハウジングとスリーブとの間のすきまが小さくなってスライド不良が発生する虞がある。このため、前側軸受（固定側軸受）と後側軸受（自由側軸受）間で熱膨張による突っ張り荷重が発生し、軸受に過大荷重が負荷されて軸受が損傷する可能性がある。或いは、予圧抜けが発生して異音や異常振動が発生する要因となる。

【0011】

30

本発明は、前述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、後側軸受からの発熱による温度上昇を効果的に抑制して、後側軸受の寿命延長、即ち、主軸装置の寿命延長を図ると共に、加工精度を向上させることができる主軸装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の上記目的は、下記の構成により達成される。

(1) ハウジングと、

該ハウジングに対して相対回転自在な回転軸と、

内輪が前記回転軸の一端側に外嵌され、外輪が前記ハウジングに固定される固定側軸受と、

40

回転軸の他端側でハウジング内に配置され、回転軸の軸方向に移動可能なスリーブと、

内輪が回転軸の他端側に外嵌され、外輪がスリーブに内嵌される自由側軸受と、

を有する主軸装置であって、

互いに対向するスリーブの外周面とハウジングの内周面との間には、冷却媒体が流動可能な冷却路が形成され、

冷却路は、スリーブの外周面又はハウジングの内周面に形成され、軸方向にそれぞれ並ぶ複数の環状溝と、隣接する環状溝間に少なくとも1ヶ所形成されて、隣接する環状溝同士を連通させるスリットと、を備えることを特徴とする主軸装置。

(2) 冷却媒体を供給する供給口は、軸方向一端側に位置する環状溝に向けて開口し、冷却媒体を排出する排出口は、軸方向他端側に位置する環状溝に向けて開口することを特

50

徴とする(1)に記載の主軸装置。

(3) 冷却路の軸方向両側には、スリーブの外周面とハウジングの内周面との間を液密に封止する環状の弾性部材が配設されることを特徴とする(1)又は(2)に記載の主軸装置。

(4) スリーブの外周面の両端縁部、又は前記ハウジングの内周面の両端縁部には、面取り部が形成されることを特徴とする(1)～(3)のいずれかに記載の主軸装置。

(5) 環状溝の側壁面は、軸方向と直交する方向に対して傾斜して形成されることを特徴とする(1)～(4)のいずれかに記載の主軸装置。

【発明の効果】

【0013】

本発明の主軸装置によれば、互いに対向するスリーブの外周面とハウジングの内周面との間には、冷却媒体が流動可能な冷却路が形成され、冷却路は、スリーブの外周面又はハウジングの内周面に形成され、軸方向にそれぞれ並ぶ複数の環状溝と、隣接する環状溝間に少なくとも1ヶ所形成されて、隣接する環状溝同士を連通させるスリットと、を備えるようにしたため、軸受が内嵌するスリーブを直接冷却可能となり、自由側軸受を効率的に冷却できる。これにより、軸受の内部温度が下がり、回転中の転がり接触部や保持器案内面などでの粘度低下による潤滑油膜切れが生じ難く、潤滑不良による寿命低下や軸受の焼付きが防止される。また、ハウジングとスリーブとの両部材を同時に冷却するので、両部材の半径方向収縮量が均一となり、スライド部の隙間(ハウジングとスリーブとの隙間)が詰まらず、隙間不足によるスライド不具合の発生を防止することができる。更に、環状溝内における冷却媒体の流れがスムーズとなり、スリーブ全体を均一に冷却することで、冷却による変形歪が生じない。その結果、内嵌する軸受の歪も発生せず、主軸の回転精度が高い精度で維持され、主軸の加工精度が良好となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係る主軸装置の第1実施形態の断面図である。

【図2】図1に示す自由側軸受近傍の拡大断面図である。

【図3】環状溝を説明するため、スリーブの外周面を示す図2に対応する部分断面図である。

【図4】環状溝の断面図である。

【図5】各種変形例の環状溝の断面図である。

【図6】外周面両端縁部に面取り部が形成されたスリーブの部分破断側面図である。

【図7】環状溝の肩部に面取り部が形成されたスリーブの部分破断側面図である。

【図8】本発明に係る第2実施形態の自由側軸受近傍の拡大断面図である。

【図9】環状溝を説明するため、スリーブの外周面を示す図8に対応する部分断面図である。

【図10】従来の固定側軸受の構造を示す断面図である。

【図11】従来の自由側軸受の構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明に係る主軸装置の各実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。

【0016】

(第1実施形態)

まず、図1を参照して、本発明に係る第1実施形態の主軸装置の全体構成について説明する。

主軸装置10は、ハウジング11と、一端(図中左側)に不図示の工具が取り付けられ、ハウジング11に対して相対回転自在な回転軸12と、回転軸12の前端側(図中左側)に配設された一対の固定側軸受(本実施形態では、アンギュラ玉軸受)13, 13と、回転軸12の後端側(図中右側)に配設された一対の自由側軸受(本実施形態では、アンギュラ玉軸受)14, 14と、ハウジング11に内挿されて軸方向にスライド移動可能な

スリーブ１５と、を備える。

【００１７】

ハウジング１１は、略円筒形状のハウジング本体３１と、ハウジング本体３１の前端側に嵌合固定されるフロントハウジング３２と、ハウジング本体３１の後端側に嵌合固定されるリアハウジング３３とを有している。フロントハウジング３２の前端には、前蓋３４が締結固定され、リアハウジング３３の後端には、後蓋３６が締結固定されている。

【００１８】

ハウジング本体３１の内周面３１ａに内嵌するスリーブ２９には、ビルトインモータ３７のステータ３８が固定されている。また、回転軸１２の軸方向中間部には、ステータ３８と対向してロータ３９が固定されており、ステータ３８が発生する回転磁界によって回転力が与えられて回転軸１２を回転駆動する。スリーブ２９の外周面には、円環状の複数の溝２９ａが形成されており、ハウジング本体３１に内嵌することで内周面３１ａとの間に冷却路２８が形成される。

【００１９】

固定側軸受１３，１３は、外輪１８，１８がフロントハウジング３２に内嵌され、内輪１９，１９が回転軸１２に外嵌して、回転軸１２の前端側を回転自在に支承する。固定側軸受１３，１３の外輪１８，１８は、外輪間座２０を介してフロントハウジング３２の段部３２ａと前蓋３４とによって挟持されてフロントハウジング３２に対して軸方向に位置決めされる。内輪１９，１９は、内輪間座２１を介して回転軸１２の前側段部１２ａと、回転軸１２に螺合するナット２２とによって挟持されて回転軸１２に対して軸方向に位置決めされる。フロントハウジング３２の外周面には、円環状の複数の溝３２ｂが形成されており、ハウジング本体３１に内嵌することでハウジング本体３１の内周面３１ｂとの間に冷却路３０が形成される。

【００２０】

リアハウジング３３の内周面３３ａには、軸方向に移動可能な略円筒形状の軸受スリーブ１６が嵌合している。また、軸受スリーブ１６の反工具側端面には、軸受スリーブ１６の外周面から径方向外方に延出する外輪押え１７が不図示のネジによって取り付けられている。なお、軸受スリーブ１６と外輪押え１７は、本発明のスリーブ１５を構成している。

【００２１】

リアハウジング３３には、その反工具側端面（図中右側面）に開口する複数のばね室５５が形成されており、軸受スリーブ１６から径方向外方に延出する外輪押え１７のフランジ部分の工具側端面と対向する。コイルスプリング５６は、ばね室５５に収容されて外輪押え１７のフランジ部分とばね室５５との間に介装される。コイルスプリング５６は、スリーブ１５に軸方向（図中右方向）の弾性力を付与し、これにより固定側軸受１３，１３及び自由側軸受１４，１４に定圧予圧を付与している。

【００２２】

自由側軸受１４，１４は、外輪２３，２３が軸受スリーブ１６に内嵌され、内輪２４，２４が回転軸１２に外嵌して、回転軸１２の後端側を回転自在に支承する。自由側軸受１４，１４の外輪２３，２３は、外輪間座２５を介して軸受スリーブ１６の段部１６ａと外輪押え１７の円環状凸部１７ａとによって挟持されて軸受スリーブ１６に対して軸方向に位置決めされる。内輪２４，２４は、内輪間座２６を介して回転軸１２の後側段部１２ｂと、回転軸１２に螺合するナット２７とによって挟持されて回転軸１２に対して軸方向に位置決めされる。

【００２３】

図２及び図３に示すように、軸受スリーブ１６の外周面１６ｂには、複数の環状溝４１が軸方向に並んで形成されている。隣接する環状溝４１間には、スリット４２が軸方向に沿って形成されて隣接する環状溝４１同士を連通している。スリット４２の位相は、１８０°異なる位相で交互に配置することが望ましい。環状溝４１及びスリット４２は、軸受スリーブ１６をリアハウジング３３の内周面３３ａに嵌合することで、互いに対向する軸

10

20

30

40

50

受スリーブ 16 の外周面とリアハウジング 33 の内周面 33a との間に冷却路 40 が形成される。この冷却路 40 には、冷却油等の冷却媒体が流動する。スリット 42 の位相を 180° ずつ異ならせることで、環状溝 41 内での冷却媒体の澱みが少なくなり、冷却媒体の流れが均一になる。なお、スリット 42 の位相は、180° に限定されず、冷却媒体がスムーズに流れる任意の位相で設けることができる。

#### 【0024】

また、冷却路 40 の冷却媒体を供給する供給路 57 の供給口 51 は、最もビルトインモータ 37 側に位置する環状溝 41 に向けて開口するように形成され、冷却媒体を排出する排出路 58 の排出口 52 は、ビルトインモータ 37 から最も離間する環状溝 41 に向けて開口し、供給口 51 と 180° 異なる位相で設けられる。そして、不図示のポンプから圧送される冷却媒体は、供給口 51 から供給されて冷却路 40 内を流動して冷却した後、排出口 52 から排出される。冷却媒体をビルトインモータ 37 に近い環状溝 41 から供給することにより、発生熱量の大きな、即ち、温度が高くなり易い部分を、より低温の冷却媒体で冷却することができ、効率的な冷却が可能となる。また、供給口 51 と排出口 52 とを 180° 位相に配置することで、冷却路 40 がシンメトリック配置となり、均一に冷却することができる。なお、供給口 51 と排出口 52 との位相差は、周辺部品の配置に応じて任意に変更することができ、例えば、同位相であってもよい。

また、本実施形態では、供給口 51 と排出口 52 は、スリット 42 の位相と 90° 異なる位相に設けているが、スリット 42 との位相差も任意に変更することができ、スリット 42 の位相と同位相であってもよい。

#### 【0025】

また、軸受スリーブ 16 の外周面 16b には、冷却路 40 より軸方向外側に一对の環状凹溝 44 が形成されている。環状凹溝 44 には、弾性部材である O リング 45 が装着されて、リアハウジング 33 の内周面 33a と軸受スリーブ 16 との嵌合部を封止している。O リング 45 のつぶし代は 0.1 mm ~ 2.0 mm の範囲にすることが好ましく、軸受スリーブ 16 の摺動不具合をより解消しやすくするには、0.2 mm ~ 0.5 mm の範囲にすることが望ましい。また、軸受スリーブ 16 とリアハウジング 33 との嵌め合い隙間は、直径寸法の差、即ち、リアハウジング 33 の内径 - 軸受スリーブ 16 の外径で示される寸法を、5 μm ~ 100 μm の範囲にすることが好ましく、隙間不足や軸受スリーブ 16 の傾きにより摺動不具合を解消しやすくするには、15 μm ~ 50 μm の範囲にすることが望ましい。

#### 【0026】

O リング 45 の材料としては、一般的なニトリルゴムやアクリルゴムなどに加え、モータビルトインスピンドルの発熱に対応した耐熱性のあるシリコンゴムや各種エラストマー、或いは、冷却媒体に対応した耐膨潤性・耐油性のあるフッ素ゴムなどが、必要に応じて選定される。なお、本実施形態における軸受スリーブ 16 とリアハウジング 33 とのスライド量は、加工荷重による変形やスピンドルの熱的な軸方向の膨張を逃げる程度の変位であるので、せいぜい ± 0.5 mm 以下、多くとも ± 1 mm 以下である。従って、可動シリンダ部に装着されるピストンリングに見られるような大きく、且つ、早いストロークによる摺動摩耗によるシール性低下の問題は小さく、経年変化（熱や初期のしめしろ嵌合）による耐クリープ特性に優れた材料を選定するのが望ましい。

#### 【0027】

図 1 に示すように、主軸装置 10 が、固定側軸受 13, 13 を冷却する冷却路 30、ビルトインモータ 37 のステータ 38 を冷却する冷却路 28、及び自由側軸受 14, 14 を冷却する冷却路 40 の複数の冷却路を備える場合、自由側軸受 14, 14 の最適な冷却としては、冷却装置（図示せず）も他の冷却路 28, 30 とは別系統で設け、冷却路 40 用に独立させて配設することが好ましい。これにより、冷却媒体の温度調整が、他の冷却路 28, 30 の状況に影響されることなく行うことができる。

#### 【0028】

しかし、実用上困難な場合には、冷却装置は独立させず、冷却路 40 を独立させるだけ

10

20

30

40

50

でもよい。この場合、冷却路 40 への供給側配管のどこかに絞りを設け、冷却媒体の供給量を制御することで、最適な冷却条件を調整することができる。

【0029】

なお、1 経路冷却構成とした場合には、先に発熱量が大きい傾向があるステータ 38 を冷却する冷却路 28 に冷却媒体を通過させた後、自由側軸受 14, 14 を冷却する冷却路 40 に循環させるような経路構成とすれば、主軸装置 10 全体の温度をより効率的に下げられる。また、自由側軸受 14, 14 の温度をより効率的に冷却したい場合には、上記と逆の経路構成として、より低温の冷却媒体を冷却路 40 に先に循環させればよく、必要に応じて選択することができる。

【0030】

以上説明したように、本実施形態の主軸装置 10 によれば、軸受スリーブ 16 の外周面 16b とリアハウジング 33 の内周面 33a との間には、冷却媒体が流動可能な冷却路 40 が形成され、冷却路 40 は、軸受スリーブ 16 の外周面 16b に形成され、軸方向にそれぞれ並ぶ複数の環状溝 41 と、隣接する環状溝 41 間に少なくとも 1ヶ所形成されて、隣接する環状溝 41 同士を連通させるスリット 42 と、を備えるようにしたため、自由側軸受 14, 14 が内嵌する軸受スリーブ 16 を直接冷却可能となり、自由側軸受 14, 14 を効率的に冷却できる。これにより、自由側軸受 14, 14 の内部温度が下がり、回転中の転がり接触部や保持器案内面などでの粘度低下による潤滑油膜切れが生じ難く、潤滑不良による寿命低下や自由側軸受 14, 14 の焼付きが防止される。

【0031】

また、リアハウジング 33 と軸受スリーブ 16 との両部材を同時に冷却するので、両部材の半径方向収縮量が均一となり、スライド部の隙間（リアハウジング 33 と軸受スリーブ 16 との隙間）が詰まらず、隙間不足によるスライド不具合の発生を防止することができる。更に、環状溝 41 内における冷却媒体の流れがスムーズとなり、軸受スリーブ 16 全体を均一に冷却することで、冷却による変形歪が生じない。その結果、内嵌する自由側軸受 14, 14 の歪も発生せず、回転軸 12 の回転精度が高い精度で維持され、主軸装置 10 の加工精度が良好となる。

【0032】

また、スライド部は、常時冷却油が循環しているので、摩擦係数も小さく、よりスライド性が向上される効果もある。スライド部に、ボールガイド（ボールブッシュ）等を配置させ、転がり作用によってスライド性を良くする方法もあるが、剛性低下により、振動の発生や、スピンドルの固有振動数の低下などの不具合が生じる。一方、剛性を上げるために、予圧すきま（即ち、ハウジング内径、ボール、スリーブ外径間のラジアルすきま）を大きくすると、かえって逆に、滑りによるスライドよりもスライド性が悪くなるという問題が生じる。

【0033】

また、重切削加工中などに発生することがあるびびり振動などにより、リアハウジング 33 と軸受スリーブ 16 間に初期のフレッチング摩耗粉が発生した場合でも、冷却媒体が微摩耗粉を外部に運び去ってくれるので、摩耗粉が助剤となって更にフレッチングが進行してしまうのを抑制することができる。

【0034】

また、冷却媒体を供給する供給口 51 は、軸方向一端側に位置する環状溝 41 に向けて開口し、冷却媒体を排出する排出口 52 は、軸方向他端側に位置する環状溝 41 に向けて開口するため、環状溝 41 内における冷却媒体の流れがスムーズとなり、軸受スリーブ 16 全体を均一に冷却することができる。これにより、高い回転精度が維持される。

【0035】

更に、冷却路 40 の軸方向両側には、軸受スリーブ 16 の外周面 16b とリアハウジング 33 の内周面 33a との間を液密に封止するリング 45 が配設されるため、冷却媒体のリークが防止されると共に、リング 45 の弾性により主軸装置 10 における減衰特性が向上して、特に難削材の加工特性に影響を与える動剛性向上にも寄与する。また、スラ

10

20

30

40

50

イド部を流れる冷却媒体のダンパー効果による減衰作用も加わる。

【0036】

なお、上記実施形態においては、環状溝41は、図4に示すように、底面41aと側壁面41bとによって矩形の断面形状に形成されている。この矩形断面形状の環状溝41の溝幅B及び深さTの大きさは、適宜選択可能である。

B > Tとすると、環状溝41の半径方向深さが浅いので、軸受スリーブ16の径方向厚みが確保されるので、スリーブ剛性を大きくすることができる。このような形状は、スリーブの加工精度向上を重視する場合や、主軸の剛性を向上する場合などに適用される。また、B < Tとすると、環状溝41の半径方向深さが深いので、環状溝41が軸受に近くに形成され、軸受近傍をより効果的に冷却することができ、冷却効率を向上することができる。このような形状は、主軸の冷却特性向上を重視する場合に適用される。B = Tとすると、上記の効果をバランスよく両立させることができる。

10

【0037】

また、環状溝41の断面形状は、矩形以外にも図5に示すような各種形状が可能である。例えば、図5(a)及び図5(b)に示すように、環状溝41の側壁面41bは、軸方向と直交する方向、即ち、半径方向に対して傾斜して形成されてもよい。

【0038】

具体的に、図5(a)に示す軸受スリーブ16の環状溝41は、溝幅Bが軸受スリーブ16の外周面16bに向かって次第に大きくなる台形溝となっている。即ち、台形状の環状溝41では、環状溝41の断面形状は、底面41aと側壁面41bのなす角度が鈍角(θ<sub>1</sub>)であるので、リアハウジング33の内周面33aとの干渉がなく、スライド性が向上する。また、図5(b)に示す軸受スリーブ16の環状溝41は、溝幅Bが軸受スリーブ16の外周面16bに向かって次第に小さくなる、所謂、アリ溝となっている。即ち、アリ溝の環状溝41では、環状溝41の断面形状は、底面41aと側壁面41bのなす角度が鋭角(θ<sub>2</sub>)であるので、発熱源である自由側軸受14、14に近い部分の表面積が大きく、自由側軸受14、14の熱を効率的に冷却媒体に伝達することができ、冷却性能が向上する。

20

【0039】

また、図5(c)に示す軸受スリーブ16の環状溝41は、曲率半径Rの断面半円形であるので、丸形状のバイトで加工することができ、加工する際にバイトの摩滅が少なく、加工性を向上することができる。

30

【0040】

また、軸受スリーブ16の外周面16bの両端縁部には、図6に示すように、面取り部43が形成されてもよい。面取り部43の外周面16bに対する角度θ<sub>3</sub>は、3~45°、より好ましくは、3~30°とするのがよい。これにより、軸受スリーブ16がリアハウジング33内で傾いても、リアハウジング33の内周面33aとの干渉が防止され、スライド性が確保される。

【0041】

また、図7に示すように、軸受スリーブ16の両端縁部の面取り部43に加えて、環状溝41の肩部に面取り部46を形成すれば、リアハウジング33の内周面33aとの干渉が更に防止されて、スライド性が維持される。環状溝41の肩部の面取り角度θ<sub>4</sub>は、3~45°、より好ましくは、3~30°である。

40

【0042】

(第2実施形態)

次に、図8及び図9を参照して、本発明に係る主軸装置の第2実施形態について説明する。なお、本実施形態の主軸装置は、環状溝がリアハウジングの内周面に設けられている以外は、第1実施形態と同様であるので、第1実施形態と同一又は同等部分については、図面に同一符号を付してその説明を省略或いは簡略化する。また、自由側軸受近傍のみを図示して説明する。

【0043】

50



図 8 及び図 9 に示すように、リアハウジング 33 の内周面 33 a には、複数の環状溝 47 が軸方向に並んで形成されている。隣接する環状溝 47 間には、スリット 48 が軸方向に形成されて隣接する環状溝 47 同士を連通している。スリット 48 の位相は、180°異なる位相で交互に配置することが望ましい。環状溝 47 及びスリット 48 は、軸受スリーブ 16 をリアハウジング 33 の内周面 33 a に嵌合することで、軸受スリーブ 16 の外周面 16 b との間に冷却媒体が流動する冷却路 49 を形成する。

なお、供給口 51 と排出口 52 は、いずれかのスリット 42 と同位相となるように設けているが、本実施形態においても、スリット 42 との位相差を任意に設定することができる。

#### 【0044】

10

また、リアハウジング 33 の内周面 33 a には、冷却路 49 より軸方向外側に一对の環状凹溝 50 が形成されている。環状凹溝 50 には、弾性部材である Oリング 45 が装着されて、リアハウジング 33 の内周面 33 a と軸受スリーブ 16 との嵌合部を封止している。

#### 【0045】

従って、本実施形態の主軸装置 10 においても、軸受スリーブ 16 の外周面 16 b とリアハウジング 33 の内周面 33 a との間には、冷却媒体が流動可能な冷却路 49 が形成される。冷却路 49 は、リアハウジング 33 の内周面 33 a に形成され、軸方向にそれぞれ並ぶ複数の環状溝 47 と、隣接する環状溝 47 間に少なくとも 1ヶ所形成されて、隣接する環状溝 47 同士を連通させるスリット 48 と、を備えるようにした。このため、上記第 1 実施形態と同様の効果を奏することができる。

20

その他の構成及び作用効果についても、上記第 1 実施形態と同様である。

#### 【0046】

なお、本実施形態においても、環状溝 47 の断面形状や、リアハウジング 33 の内周面 33 a の両端縁部の形状は、第 1 実施形態の環状溝 41 の断面形状や、軸受スリーブ 16 の外周面 16 b の両端縁部の形状と同様に適用することができる。

#### 【0047】

即ち、リアハウジング 33 の内周面 33 a の両端縁部には、面取り部が形成されてもよく、また、複数の環状溝 47 の側壁面は、軸方向と直交する方向に対して傾斜して形成されてもよい。

30

#### 【0048】

尚、本発明は、前述した各実施形態に限定されるものではなく、適宜、変形、改良、等が可能である。

例えば、上記実施形態では、固定側軸受と自由側軸受間に定圧予圧により予圧が付与された主軸装置について説明したが、これに限定されず、固定側軸受と自由側軸受にそれぞれ定位置予圧された主軸装置にも適用することができ、同様の効果が得られる。このため、自由側軸受としては、アンギュラ玉軸受に限定されず、円筒ころ軸受など他の転がり軸受が適用されてもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0054】

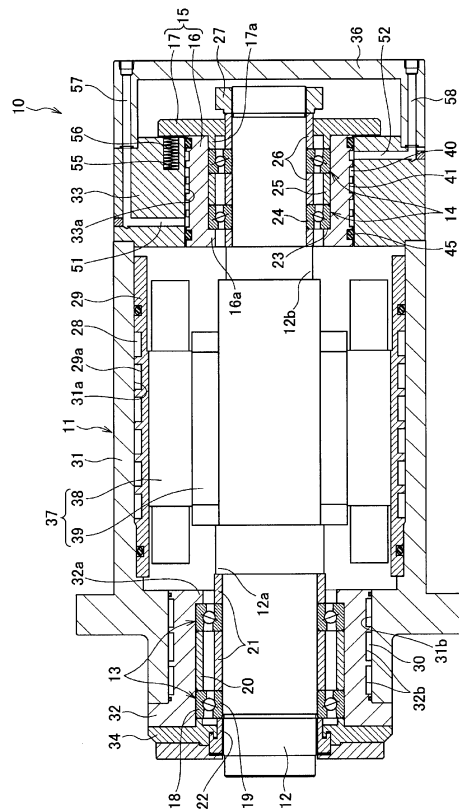
40

10	主軸装置
11	ハウジング
12	回転軸
13	固定側軸受
14	自由側軸受
16	軸受スリーブ(スリーブ)
16b	スリーブの外周面
18, 23	外輪
19, 24	内輪
28, 30, 40, 49	冷却路

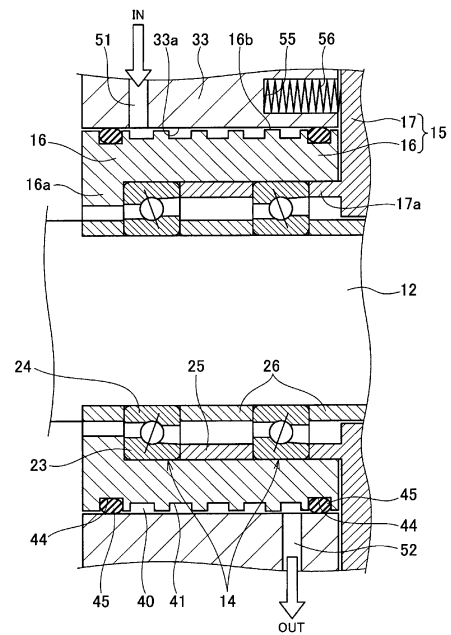
50

- 3 1      ハウジング本体
- 3 2      フロントハウジング
- 3 3      リアハウジング (ハウジング)
- 3 3 a    ハウジングの内周面
- 4 1 , 4 7      環状溝
- 4 2      スリット
- 4 3      面取り部
- 4 5      Oリング (弾性部材)
- 5 1      供給口
- 5 2      排出口

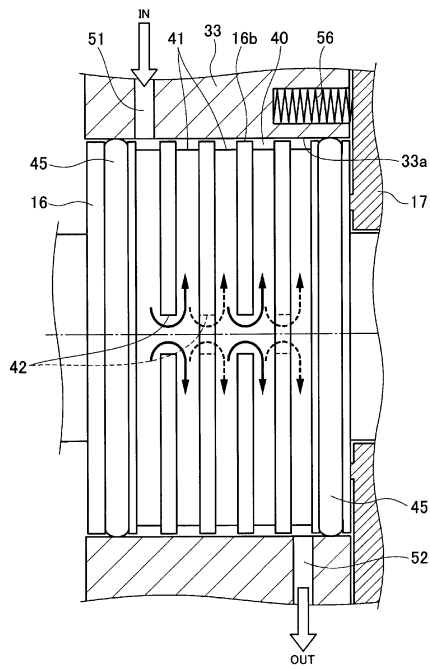
【図 1】



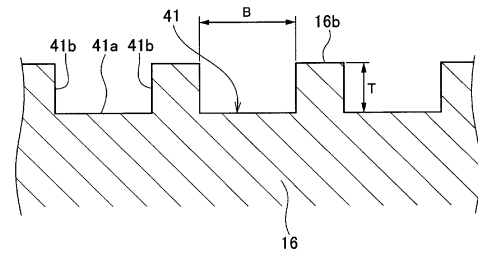
【図 2】



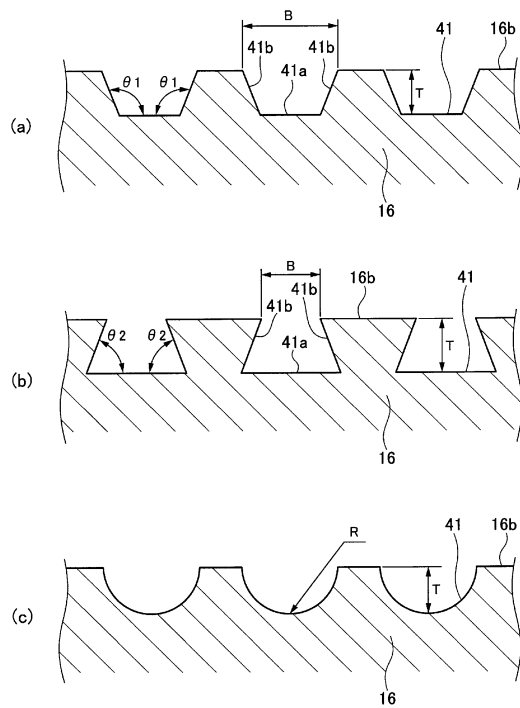
【図 3】



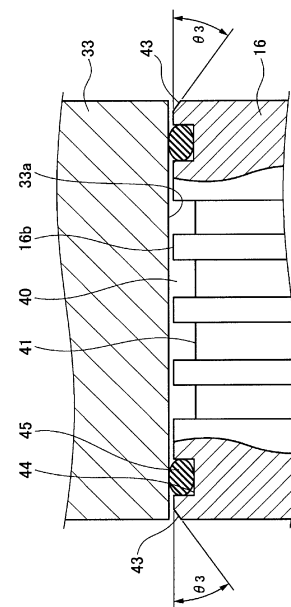
【図 4】



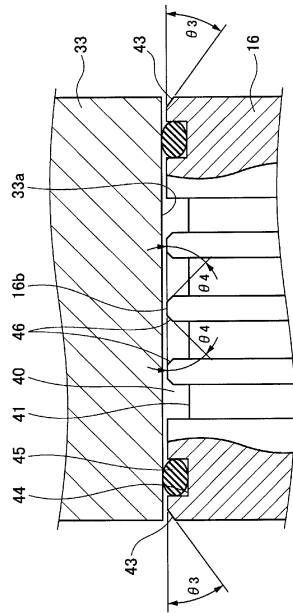
【図 5】



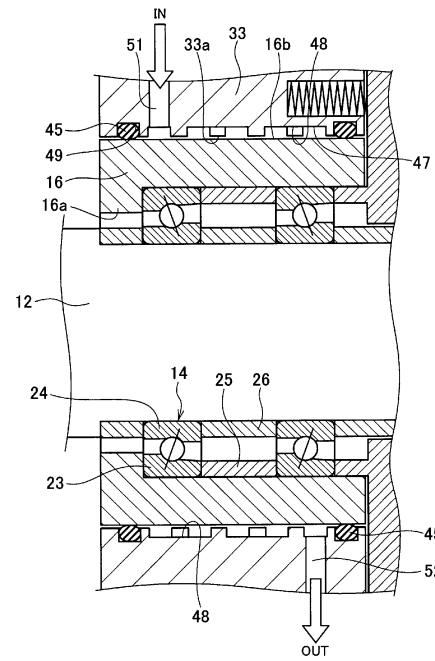
【図 6】



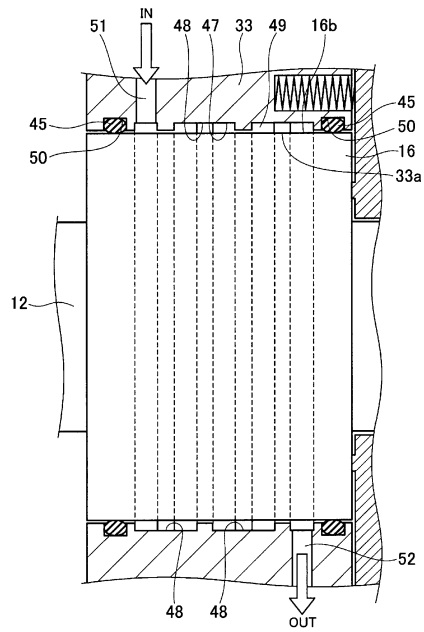
【図 7】



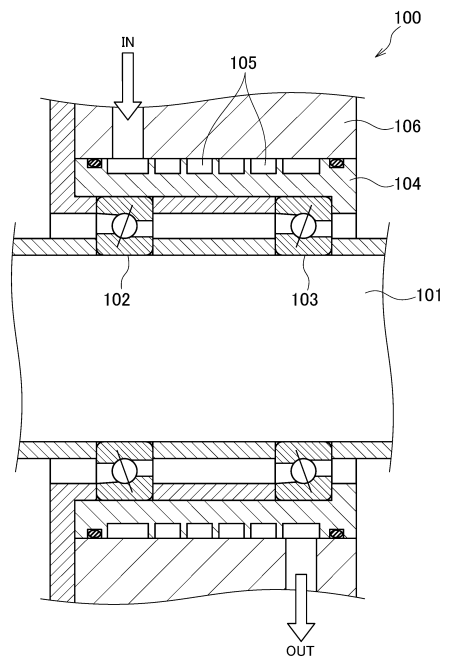
【図 8】



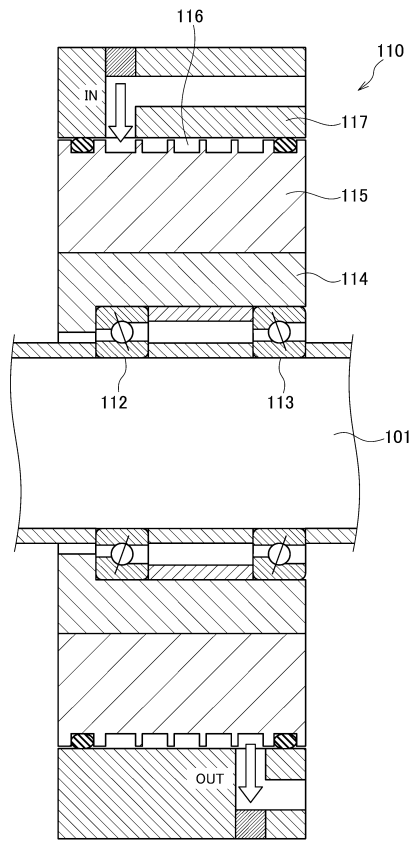
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 勝野 美昭

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

審査官 日下部 由泰

(56)参考文献 特開平10-225802(JP,A)

特開平10-58277(JP,A)

実開昭61-52725(JP,U)

特開2000-317754(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 37/00, 35/077

B23B 19/02

B23Q 11/12