

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4865371号
(P4865371)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011.11.18)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 3 Q 11/12 (2006.01) B 2 3 Q 11/12 C

請求項の数 9 (全 24 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-71775 (P2006-71775) (22) 出願日 平成18年3月15日 (2006.3.15) (65) 公開番号 特開2007-245286 (P2007-245286A) (43) 公開日 平成19年9月27日 (2007.9.27) 審査請求日 平成20年3月31日 (2008.3.31) 審判番号 不服2011-8768 (P2011-8768/J1) 審判請求日 平成23年4月25日 (2011.4.25)</p>	<p>(73) 特許権者 000005267 ブラザー工業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 (72) 発明者 谷川 修 名古屋市瑞穂区苗代町15番1号 ブラザ ー工業株式会社内 合議体 審判長 千葉 成就 審判官 菅澤 洋二 審判官 長屋 陽二郎</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械のスピンダル冷却装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジングの内部で軸受を介して回転自在に支持されたスピンドルと、前記スピンドルを冷却するための冷却媒体を供給する冷却媒体供給手段と、前記スピンドルの外周方向に設けられた前記冷却媒体の流路である複数の冷却路と、前記ハウジングの外部から前記冷却媒体を前記複数の冷却路の一端側に各々流入させる複数の冷却媒体流入部と、前記複数の冷却路の他端側から前記ハウジングの外部へ前記冷却媒体を各々流出させる複数の冷却媒体流出部とを備えた工作機械のスピンダル冷却装置であって、

前記冷却媒体流出部は、前記冷却媒体の流動面積が前記冷却媒体流入部より大きく形成され、

前記複数の冷却路は、前記スピンドルの一端側から他端側に向けて前記冷却媒体が流動する流路と、前記スピンドルの他端側から一端側に向けて前記冷却媒体が流動する流路とからなり、

前記複数の冷却路の各々は、該冷却路の前記冷却媒体流入部から該冷却路の前記冷却媒体流出部に向けて、その流路面積が徐々に大きくなるように形成されたことを特徴とする工作機械のスピンダル冷却装置。

【請求項 2】

前記複数の冷却路は、前記スピンドルの軸線方向に沿って多重螺旋状で形成されており、前記冷却路の各々が重複しないように間隔をあけて形成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の工作機械のスピンダル冷却装置。

【請求項 3】

前記ハウジングの内部には、前記スピンドルを内部に収容するスピンドル冷却部材が設けられており、

前記スピンドル冷却部材の外面には、その軸線方向に沿って多重螺旋状の溝部が複数形成されており、

前記複数の冷却路は、前記スピンドル冷却部材と前記ハウジングとの間に形成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

【請求項 4】

前記スピンドル冷却部材と前記ハウジングの間隙には、前記複数の冷却路を流動する前記冷却媒体の漏出を防ぐための複数のパッキング部材が、前記複数の冷却路に沿って各々設けられたことを特徴とする請求項 3 に記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

10

【請求項 5】

前記工作機械は、前記スピンドルの一端部に工具が着脱され、前記スピンドルの他端部にモータが接続されており、前記モータによって前記スピンドルに嵌着された工具を回転させてワークの加工を実行するものであって、

前記複数の冷却媒体流入部は、前記スピンドルの一端側又は他端側から前記冷却媒体を各々流入させるための前記冷却媒体の流路であり、

前記複数の冷却媒体流出部は、前記スピンドルの他端側又は一端側から前記冷却媒体を各々流出させるための前記冷却媒体の流路であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

20

【請求項 6】

前記スピンドルの一端部は、異物の侵入を防ぐリング状の蓋体の内周面に回転自在に支持されており、

前記複数の冷却媒体流出部の少なくとも一つは、前記スピンドルの一端部の外周面と前記蓋体の内周面との間に前記冷却媒体を供給し、前記スピンドルの一端部に形成された隙間を経由して前記冷却媒体を排出させることを特徴とする請求項 5 に記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

【請求項 7】

前記冷却媒体供給手段は、前記モータに供給される電流量に基づいて、前記冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

30

【請求項 8】

前記スピンドルに着脱される工具にクーラント液を噴射して該工具を洗浄する工具洗浄手段を備え、

前記冷却媒体供給手段は、前記工作機械の運転中及び運転停止後の所定時間と、前記工具洗浄手段によるクーラント液の噴射中及び噴射停止後の所定時間との少なくとも一方のみに、前記冷却媒体を供給することを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれかに記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

【請求項 9】

前記冷却媒体供給手段は、前記スピンドルの温度に基づいて、前記冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御することを特徴とする請求項 5 乃至 8 のいずれかに記載の工作機械のスピンドル冷却装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械の主軸内部に設けられたスピンドルを冷却する工作機械のスピンドル冷却装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、工作機械の一例であるマシニングセンタでは、主軸に取り付けられた工具によっ

50

て被加工物（ワーク）に機械加工（例えば、「中ぐり」、「フライス削り」、「穴空け」、「切削」等）を施している。そして、主軸に取り付けられた工具を主軸モータの動力によって回転させるために、主軸内部に設けられたスピンドルを主軸モータに連結して回転させる駆動方式が用いられている。

【0003】

このような工作機械では、その加工精度を維持するために、主軸の温度上昇を抑制して熱変位による誤差が発生しないようにすることが必要である。そのため、従来の工作機械では、主軸内部に水やエアなどの冷却媒体を供給し、その冷却媒体が主軸内部に設けられた螺旋状の冷却路を流動することで、スピンドルの発熱を冷却することが知られている（例えば、特許文献1参照）。

10

【0004】

さらに、主軸のハウジング内にスピンドルを回転自在に支持するとともに、そのスピンドルを内側から冷却するための冷却路を備えて、この冷却路を冷却剤がスピンドル軸方向に沿って往復するような多重螺旋溝とする。これにより、冷却路を流れる冷却剤がスピンドル軸方向に沿って往復するので、スピンドルを軸方向に均一に冷却することができるスピンドル冷却装置が知られている（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献1】実公昭64-50036号公報

【特許文献2】特開平8-71888号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

しかしながら、従来の工作機械においては、主軸内部に設けられた螺旋状の冷却路に冷却媒体を供給すると、冷却媒体がその冷却路内を流動するのに応じてスピンドルの発熱を吸収して徐々に温められていく。そうすると、冷却媒体が供給される冷却路の入口に近い部位ほど、冷却媒体による冷却効果が高くなる一方、冷却媒体が排出される冷却路の出口に近い部位ほど、冷却媒体による冷却効果が低くなる。そのため、従来の工作機械では、冷却路を流動する冷却媒体によってスピンドルは冷却されるものの、スピンドルの部位によって冷却される程度にムラが生じてしまい、スピンドル全体を均一に冷却することは困難であるという問題があった。

【0006】

30

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、工作機械の主軸内部に設けられたスピンドル全体を、より均一に冷却することができる工作機械のスピンドル冷却装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、請求項1に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置は、ハウジングの内部で軸受を介して回転自在に支持されたスピンドルと、前記スピンドルを冷却するための冷却媒体を供給する冷却媒体供給手段と、前記スピンドルの外周方向に設けられた前記冷却媒体の流路である複数の冷却路と、前記ハウジングの外部から前記冷却媒体を前記複数の冷却路の一端側に各々流入させる複数の冷却媒体流入部と、前記複数の冷却路の他端側から前記ハウジングの外部へ前記冷却媒体を各々流出させる複数の冷却媒体流出部とを備えた工作機械のスピンドル冷却装置であって、前記冷却媒体流出部は、前記冷却媒体の流動面積が前記冷却媒体流入部より大きく形成され、前記複数の冷却路は、前記スピンドルの一端側から他端側に向けて前記冷却媒体が流動する流路と、前記スピンドルの他端側から一端側に向けて前記冷却媒体が流動する流路とからなり、前記複数の冷却路の各々は、該冷却路の前記冷却媒体流入部から該冷却路の前記冷却媒体流出部に向けて、その流路面積が徐々に大きくなるように形成されたことを特徴とする。

40

【0008】

また、請求項2に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置は、請求項1に記載の発明の構成に加え、前記複数の冷却路は、前記スピンドルの軸線方向に沿って多重螺旋状で形

50

成されており、前記冷却路の各々が重複しないように間隔をあけて形成されたことを特徴とする。

【0009】

【0010】

また、請求項3に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項1又は2に記載の発明の構成に加え、前記ハウジングの内部には、前記ス핀ドルを内部に収容するス핀ドル冷却部材が設けられており、前記ス핀ドル冷却部材の外面には、その軸線方向に沿って多重螺旋状の溝部が複数形成されており、前記複数の冷却路は、前記ス핀ドル冷却部材と前記ハウジングとの間に形成されたことを特徴とする。

【0011】

また、請求項4に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項3に記載の発明の構成に加え、前記ス핀ドル冷却部材と前記ハウジングの間隙には、前記複数の冷却路を流動する前記冷却媒体の漏出を防ぐための複数のパッキング部材が、前記複数の冷却路に沿って各々設けられたことを特徴とする。

【0012】

また、請求項5に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項1乃至4のいずれかに記載の発明の構成に加え、前記工作機械は、前記ス핀ドルの一端部に工具が着脱され、前記ス핀ドルの他端部にモータが接続されており、前記モータによって前記ス핀ドルに嵌着された工具を回転させてワークの加工を実行するものであって、前記複数の冷却媒体流入部は、前記ス핀ドルの一端側又は他端側から前記冷却媒体を各々流入させるための前記冷却媒体の流路であり、前記複数の冷却媒体流出部は、前記ス핀ドルの他端側又は一端側から前記冷却媒体を各々流出させるための前記冷却媒体の流路であることを特徴とする。

【0013】

また、請求項6に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項5に記載の発明の構成に加え、前記ス핀ドルの一端部は、異物の侵入を防ぐリング状の蓋体の内周面に回転自在に支持されており、前記複数の冷却媒体流出部の少なくとも一つは、前記ス핀ドルの一端部の外周面と前記蓋体の内周面との間に前記冷却媒体を供給し、前記ス핀ドルの一端部に形成された隙間を経由して前記冷却媒体を排出させることを特徴とする。

【0014】

また、請求項7に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項5又は6に記載の発明の構成に加え、前記冷却媒体供給手段は、前記モータに供給される電流量に基づいて、前記冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御することを特徴とする。

【0015】

また、請求項8に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項5乃至7のいずれかに記載の発明の構成に加え、前記ス핀ドルに着脱される工具にクーラント液を噴射して該工具を洗浄する工具洗浄手段を備え、前記冷却媒体供給手段は、前記工作機械の運転中及び運転停止後の所定時間と、前記工具洗浄手段によるクーラント液の噴射中及び噴射停止後の所定時間との少なくとも一方のみに、前記冷却媒体を供給することを特徴とする。

【0016】

また、請求項9に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置は、請求項5乃至8のいずれかに記載の発明の構成に加え、前記冷却媒体供給手段は、前記ス핀ドルの温度に基づいて、前記冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御することを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

請求項1に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置では、ハウジングの内周面に軸受を介して回転自在に支持されたス핀ドルを冷却するための冷却媒体を、ス핀ドルの外周方向に設けられた複数の冷却路内に流動させるものであって、複数の冷却路は、ス핀ドルの一端側から他端側に向けて冷却媒体が流動する流路と、複数の冷却路の残りはスピ

10

20

30

40

50

ンドルの他端側から一端側に向けて冷却媒体が流動する流路とからなる。よって、複数の冷却路内を流動する冷却媒体の温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、複数の冷却路内を流動する冷却媒体は各々対向する方向に流動するため、工作機械の主軸内部に設けられたスピンドル全体を、より均一に冷却することができる。

さらに、複数の冷却路の各々は冷却媒体流入部から冷却媒体流出部に向けて、その流路面積が徐々に大きくなるように形成された。よって、複数の冷却路内を流動する冷却媒体の温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、冷却媒体の接触面積がその流動方向に向けて徐々に大きくなるので、スピンドル全体を均一に冷却することができる。

【0018】

また、請求項2に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項1に記載の発明の効果に加え、複数の冷却路は、スピンドルの軸線方向に沿って多重螺旋状で形成されており、冷却路の各々が重複しないように間隔をあけて形成された。よって、スピンドルの全周に流動方向の異なる複数の冷却路を形成して、スピンドル全体をその外周方向から均一に冷却することができる。

10

【0019】

【0020】

また、請求項3に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項1又は2に記載の発明の効果に加え、ハウジングの内部には、その軸線方向に沿って多重螺旋状の溝が複数形成され、スピンドルを内部に収容するスピンドル冷却部材が設けられており、複数の冷却路は、スピンドル冷却部材とハウジングとの間隙に形成された。よって、ハウジングの内部にスピンドル冷却部材を設ければ、スピンドルを冷却するための複数の冷却路を形成することができる。

20

【0021】

また、請求項4に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項3に記載の発明の効果に加え、スピンドル冷却部材とハウジングの間隙には、複数の冷却路を流動する冷却媒体の漏出を防ぐための複数のパッキング部材が複数の冷却路に沿って各々設けられた。よって、複数の冷却路を流動する冷却媒体の漏出を確実に防止でき、冷却媒体によるスピンドルの冷却効果を向上させることができる。

【0022】

また、請求項5に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項1乃至4のいずれかに記載の発明の効果に加え、工作機械は、スピンドルの他端部に接続されたモータによって、スピンドルの一端部に嵌着された工具を回転させてワークの加工を実行するものであって、複数の冷却媒体流入部はスピンドルの一端側又は他端側から前記冷却媒体を各々流入させるための冷却媒体の流路であり、複数の冷却媒体流出部はスピンドルの他端側又は一端側から冷却媒体を各々流出させるための冷却媒体の流路である。よって、スピンドルを冷却するための冷却媒体を、ハウジングの外部からスピンドルの他端側から適切に流入させ、かつスピンドルの一端側からハウジングの外部に適切に流出させることができる。

30

【0023】

また、請求項6に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項5に記載の発明の効果に加え、スピンドルの一端部は蓋体の内周面に回転自在に支持されており、複数の冷却媒体流出部の少なくとも一つはスピンドルの一端部の外周面と蓋体の内周面との間隙に冷却媒体を供給し、スピンドルの一端部に形成された隙間を経由して前記冷却媒体を排出させる。よって、冷却路を流動した冷却媒体をスピンドルの一端部に形成された隙間から排出できるので、スピンドルの一端部から異物をパージすることができる。

40

【0024】

また、請求項7に係る発明の工作機械のスピンドル冷却装置では、請求項5又は6に記載の発明の効果に加え、モータに供給される電流量に基づいて、冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御する。よって、モータの駆動量で増減するスピンドルの発熱量に応じて、冷却媒体の供給量及び供給圧を適切に調整することができる。

50

【 0 0 2 5 】

また、請求項 8 に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置では、請求項 5 乃至 7 のいずれかに記載の発明の効果に加え、工作機械の運転中及び運転停止後の所定時間と、クーラント液の噴射中及び噴射停止後の所定時間との少なくとも一方のみに冷却媒体を供給する。よって、ス핀ドルが発熱しやすい工作機械の運転動作及び工具の洗浄動作の実行時に対応して、冷却媒体の供給時期を適切に調整することができる。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 9 に係る発明の工作機械のス핀ドル冷却装置では、請求項 5 乃至 8 のいずれかに記載の発明の効果に加え、ス핀ドルの温度に基づいて冷却媒体の供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御する。よって、ス핀ドルの温度に基づいて、冷却媒体の供給量及び供給圧を適切に調整することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の第 1 の実施の形態であるマシニングセンタ 1 について、図面に基づいて説明する。図 1 は、マシニングセンタ 1 の正面図である。図 2 は、スブラッシュカバー 3 を除いた、マシニングセンタ 1 の全体斜視図である。図 3 は、マシニングセンタ 1 における、工具交換機構 2 0 及び主軸ヘッド 7 を中心とした正面図である。

【 0 0 2 8 】

はじめに、マシニングセンタ 1 の全体構成について説明する。図 1 に示すように、マシニングセンタ 1 は、図示外のワーク（図示外）と工具 6（図 3 参照）とを相対移動させて、ワークに所望の機械加工（例えば、「中ぐり」、「フライス削り」、「穴空け」、「切削」等）を施すことができる工作機械である。そして、マシニングセンタ 1 は、ワークを加工する機械本体と、機械本体の土台となるベッド 2 と、ベッド 2 の上部に設けられて機械本体の周囲を囲繞する略直方体状のボックス型のスブラッシュカバー 3 とを主体に構成されている。

20

【 0 0 2 9 】

図 2 に示すように、ベッド 2 は、鉄製の土台であり、その下部の四隅には、脚部 2 a が各々設けられ、これら 4 本の脚部 2 a が工場などの床面に設置されることにより、マシニングセンタ 1 が所定場所に設置される。さらに、ベッド 2 の芯部は、軽量化および高強度化のため、いわゆる肉抜き成形（リブによる骨組構造）されている。

30

【 0 0 3 0 】

また、図 1 に示すように、スブラッシュカバー 3 は、略直方体状のボックス型に形成され、その内側には機械本体によりワーク加工がおこなわれる加工領域が設けられている。スブラッシュカバー 3 の前面には、開口部を開閉するスライド式の開閉扉 4 , 5 が各々設けられている。そして、開閉扉 4 , 5 の略中央には、ガラス窓部 4 a , 5 a が各々設けられ、開閉扉 4 の右側端部近傍には取っ手部 4 b が設けられ、開閉扉 5 の左側端部近傍には取っ手部 5 b が設けられている。よって、これら取っ手部 4 b , 5 b を互いに離れる方向に開くことにより開口部が開口される。そして、作業者はこの開口部を介して、スブラッシュカバー 3 の内側に配設されたテーブル 1 0 に対して、ワークの着脱を行う。

【 0 0 3 1 】

なお、図示しないが、スブラッシュカバー 3 の左右の各側壁部には、メンテナンス用の点検ハッチが着脱可能に各々設けられている。そして、上記構成からなるスブラッシュカバー 3 は、機械本体の周囲を囲繞して外部より保護するとともに、機械本体から排出される切り屑及び切削液の飛沫等が外部へ飛散するのを遮断して、外部環境が汚染されるのを防止している。

40

【 0 0 3 2 】

一方、スブラッシュカバー 3 の正面右側には、マシニングセンタ 1 の操作をおこなう正面視略長形状の操作パネル 1 1 が設けられている。操作パネル 1 1 の前面には、各種キーを備えたキーボード 1 1 a が設けられ、その上部には設定画面又は実行動作を表示するための CRT（ディスプレイ）1 1 b が設けられている。

50

【 0 0 3 3 】

次に、マシニングセンタ 1 の機械本体について説明する。図 2 に示すように、マシニングセンタ 1 の機械本体は、スブラッシュカバー 3 の内側に収納されており、ベッド 2 のコラム座部 1 7 a の上面に載置して固定され、垂直上方に延設された略角柱状のコラム 1 7 b と、コラム 1 7 b の前面に沿って昇降可能に設けられた主軸ヘッド 7 と、主軸ヘッド 7 の下部前側から鉛直下方に突出する主軸 9 と、主軸ヘッド 7 の右側に設けられ、主軸 9 の先端に装着された後述の工具 6 を、他の工具 6 に交換する工具交換機構 (A T C) 2 0 と、ベッド 2 の上部に設けられてワークを着脱可能に保持するテーブル 1 0 と、コラム 1 7 b の背面側に設けられ、電源装置や制御基板などの各装置を内蔵する制御盤 1 9 とを主体に構成されている。なお、制御盤 1 9 の内部には、マシニングセンタ 1 の制御を司る制御装置 (図示外) が配設されている。

10

【 0 0 3 4 】

そして、コラム 1 7 b の前面には、上下方向に延設され、主軸ヘッド 7 を案内する一对のガイドレール (図示外) が上下方向に固定されている。コラム 1 7 b の上面には、サーボモータである Z モータ (図示外) が設けられており、この Z モータによりその下方に延設された送りねじ (図示外) が正逆方向へ選択的に回転駆動されて、主軸ヘッド 7 が上下方向に移動するようになっている。

【 0 0 3 5 】

また、主軸ヘッド 7 には、加工軸に相当する主軸 9 が回転可能に装着され、主軸 9 を回転駆動させるための主軸モータ 8 を上部に備える。そして、主軸 9 の先端には後述の工具 6 が着脱可能に装着され、主軸 9 が主軸モータ 8 により回転駆動されることによって工具 6 が回転され、テーブル 1 0 上に固定されたワークを加工するようになっている。

20

【 0 0 3 6 】

一方、主軸 9 の下方には、テーブル 1 0 が配設されている。テーブル 1 0 は、ワークが着脱自在に固定され、サーボモータからなる X モータ及び Y モータ (図示外) により、X 軸方向 (左右方向) 及び Y 軸方向 (奥行き方向) へ移動制御されるものである。テーブル 1 0 の下側には略直方体状の支持台 1 2 が設けられており、支持台 1 2 の上部には X 軸方向に沿って延設された一对の X 軸送りガイド (図示外) が設けられて、X 軸送りガイド上にテーブル 1 0 が移動可能に支持されている。さらに、支持台 1 2 は、ベッド 2 の長手方向に沿って延設された一对の Y 軸送りガイド上に移動可能に支持されている。このような状態で、テーブル 1 0 は、ベッド 2 上に設けられた X モータにより、X 軸送りガイドに沿って X 軸方向に移動し、同じくベッド 2 上に設けられた Y モータにより、Y 軸送りガイドに沿って Y 軸方向に移動するようになっている。

30

【 0 0 3 7 】

そして、図 3 に示すように、工具交換機構 2 0 は、工具 6 が取り付けられた工具ホルダ 1 3 を複数格納する側面視略小判形状の工具マガジン 3 0 と、主軸 9 に装着されている工具ホルダ 1 3 と他の工具ホルダ 1 3 とを把持及び搬送するための工具交換アーム 4 0 とを備えている。

【 0 0 3 8 】

工具交換アーム 4 0 は、回転可能および上下動可能に装着された円筒状のアーム旋回軸 4 3 の下端部において、その両端部に工具ホルダ 1 3 を各々把持可能な把持部 4 1 , 4 1 が設けられたアーム部 4 2 が固定されて構成されている。そして、アーム旋回軸 4 3 は Z 軸方向と平行をなし、アーム部 4 2 はアーム旋回軸 4 3 を軸として回動可能である。なお、工具交換アーム 4 0 の上部には工具交換モータ 2 4 が設けられており、この工具交換モータ 2 4 の回転駆動によって、工具交換アーム 4 0 の旋回及び上下動が行われる。

40

【 0 0 3 9 】

また、工具マガジン 3 0 は、その内側に複数の工具 6 を各々収納可能な複数の工具ポット 3 1 が配設された移送機構 (図示外) が装着されており、各工具ポット 3 1 では工具ホルダ 1 3 に取り付けられた工具 6 が横方向に向けた状態 (格納状態) に維持されている。なお、工具マガジン 3 0 の上部にはマガジンモータ 2 6 が設けられており、このマガジン

50

モータ 26 の回転駆動によって、複数の工具ポット 31 が移送機構により搬送される。

【 0 0 4 0 】

さらに、工具マガジン 30 の下端側には割出口 32 が形成され、この割出口 32 が形成された位置に限り、工具ポット 31 が格納状態から工具 6 を下方に向けた状態（交換可能状態）まで回動可能となっている。この工具交換位置には、エアシリンダ（図示外）により駆動されて、工具ポット 31 を格納状態又は交換可能状態へと回動させるポット昇降機構（図示外）が配設されている。

【 0 0 4 1 】

そして、主軸 9 に装着される工具 6 の交換時には、工具交換アーム 40 が原点に上昇されている状態において、まず、工具交換アーム 40 が旋回し、工具マガジン 30 側の工具ホルダ 13 と主軸 9 に装着された工具ホルダ 13 とが、把持部 41, 41 でそれぞれ把持される。次いで、工具交換アーム 40 が下降して、工具抜脱動作が行われる。その後、工具交換アーム 40 が旋回して主軸 9 側の工具ホルダ 13 と工具マガジン 30 側の工具ホルダ 13 とが入れ替わる。このとき、工具交換アーム 40 は 180 度回転することになる。その後、工具交換アーム 40 が上昇し、工具交換アーム 40 に把持された工具 6 は、工具マガジン 30 側の工具ポット 31 あるいは主軸 9 に装着される。そして、工具交換アーム 40 が所定角度旋回して、把持部 41, 41 から工具ホルダ 13 がそれぞれ開放されて、工具交換アーム 40 のアーム旋回動作の 1 サイクルが終了する。

【 0 0 4 2 】

次に、主軸ヘッド 7 の構成について説明する。図 4 は、主軸ヘッド 7 の右方向から見た側面断面拡大図である。図 5 は、主軸 9 の右方向から見た側面断面拡大図である。なお、図 4 は、理解を容易にするために、主軸ヘッド 7 の軸線上に配置された各部材を中心に表すために、ハウジング 25 のみを断面図として表している。また、図 5 では、理解を容易にするために、スピンドル冷却筒 60 に形成される溝部 63（すなわち、冷却路 51）の上端を正面視右端に位置させ、その下端を正面視左端に位置させたものを表している。

【 0 0 4 3 】

図 4 に示すように、主軸ヘッド 7 の上部には、主軸 9 が備えるスピンドル 27 を回転駆動させるための主軸モータ 8 を備えている。主軸モータ 8 の下面から下方方向に突出する出力軸であるモータ軸 8a は、主軸 9 の内部に設けられたスピンドル 27 から上方方向に突出する入力軸であるスピンドル軸 27a に、カップリング 50 を介して連結されている。かかる構成により、主軸モータ 8 の駆動によりモータ軸 8a が軸線回りに回転すると、カップリング 50 を介してスピンドル軸 27a も回転するため、主軸 9 のスピンドル 27 は軸線回りに回転駆動する。

【 0 0 4 4 】

この主軸モータ 8 は、図示しないが、円筒状のモータフレーム内に制動部と駆動部を収納した構成をなす。主軸モータ 8 の駆動部は、インナーロータ形の誘導モータであり、モータ軸 8a はロータの内周面に固定されている。また、主軸モータ 8 の制動部は、モータ軸 8a に制動力を加える機械式のディスクブレーキである。

【 0 0 4 5 】

また、図 4 及び図 5 に示すように、主軸ヘッド 7 の下部には、先述の主軸 9 が設けられている。主軸 9 は、上下方向に長い略円筒状のハウジング 25 を備えている。そして、そのハウジング 25 の内側に、正面視縦長筒状のスピンドル冷却筒 60 が密接に固定されている。スピンドル冷却筒 60 は、スピンドル 27 をその内部に収容するとともに、スピンドル 27 の発熱を冷却するための円筒部材であるが、詳細は後述する。

【 0 0 4 6 】

そして、スピンドル冷却筒 60 の内部に、スピンドル 27 が設けられている。詳細には、スピンドル 27 の軸線方向前端側（下端側）の外周面に、スピンドル 27 を回転自在に支持するベアリング軸受け 30, 31 が各々設けられている。同様に、スピンドル 27 の軸線方向後端側（上端側）の外周面に、スピンドル 27 を回転自在に支持するベアリング軸受け 32, 33 が各々設けられている。また、下端側のベアリング軸受け 30, 31 と

10

20

30

40

50

上端側のベアリング軸受け 32, 33 に挟持される位置に、スピンドル 27 の外周を保持する縦長筒状の外筒 36 が設けられている。そして、これらのベアリング軸受け 30 ~ 33 や外筒 36 が設けられたスピンドル 27 の外周を密接に取り囲むように、スピンドル冷却筒 60 がその内側に同軸状態でスピンドル 27 を収容している。そのため、スピンドル 27 は、スピンドル冷却筒 60 の内周面に沿ってベアリング軸受け 30 ~ 33 を介して回転自在に支持される。

【0047】

また、スピンドル 27 の先端部の中心には、テーパ状の内周面を有するホルダ取付穴 29 が、スピンドル 27 の軸線に沿って穿設されている。そして、ホルダ取付穴 29 の内周面に対し、工具ホルダ 13 のシャンク部 14 のテーパ状の外周面が密着して嵌まるようになっている。さらに、ホルダ取付穴 29 の縮径する上部には、このホルダ取付穴 29 の内周面に連続するとともに、径がやや広がった広径部 34 が設けられている。そして、その広径部 34 の上部には、その広径部 34 の内周面に連続するとともに、工具ホルダ 13 側に向かってオイルミスト（高圧空気に微量のクーラントを混入して霧状にしたもの）を供給するための流路 35 が設けられている。流路 35 は軸方向に摺動可能な軸芯 28 の内部に設けられており、軸芯 28 はその外周に巻回された皿バネ 38 によって上方向に付勢されている。

【0048】

さらに、流路 35 の下部内周面には、複数の鋼球（図示外）を介して工具ホルダ 13 の上端部に形成されたプルスタッド部 15 を把持するチャック機構部 37 が配置されている。なお、ハウジング 25 の先端側（下端側）には、スピンドル 27 の先端部を保持するとともに、切削時の切粉等がベアリング軸受け 30, 31 に侵入するのを防止する平面視略リング状の蓋体 39 が、図示外のボルトによってスピンドル冷却筒 60 に固定されている。

【0049】

さらに、ハウジング 25 の軸線方向後端側（上端側）の側面には、その外周方向から軸線に向けて垂直に形成された貫通孔であるエアー流入孔 25a が設けられている。一方、ハウジング 25 の軸線方向前端側（下端側）の側面には、その外周方向から軸線に向けて垂直に形成された貫通孔であるエアー流出孔 25b が設けられている。エアー流入孔 25a 及びエアー流出孔 25b は、ハウジング 25 の内周面とスピンドル冷却筒 60 の外周面との間に形成された螺旋溝状の密閉空間（図 7 の冷却路 51）の上端及び下端に各々連通する位置に形成されているが、詳細は後述する。なお、ハウジング 25 の外周面におけるエアー流入孔 25a の形成部位には、エアー流入孔 25a の内部に圧縮空気（冷却エアー）を送るための送風ファン（図示外）などを備えたエアー供給部 100 が設けられている。エアー供給部 100 は、制御盤 19 内に設けられた制御装置（図示外）によって、冷却エアーの供給量や供給圧が制御される。

【0050】

次に、スピンドル冷却筒 60 について説明する。図 6 は、スピンドル冷却筒 60 の正面図である。図 6 に示すように、スピンドル冷却筒 60 は正面視縦長筒状の円筒本体 61 を有する。円筒本体 61 の内部には、ベアリング軸受け 30 ~ 33 が取り付けられたスピンドル 27 を収容可能な貫通孔（図示外）が、その軸線方向（すなわち、上下方向）に形成されている。また、正面視、円筒本体 61 の下端部には、その開口縁部全周から外周方向に突出したフランジ部 62 が形成されている。フランジ部 62 の上面側はハウジング 25 の下端が接合される部位であり、フランジ部 62 の下面側は蓋体 39 の上面が接合される部位である。

【0051】

また、円筒本体 61 の外周面には、その軸線方向に沿って多重螺旋状に形成された、略半円形の断面形状を有する溝部 63 が形成されている。本実施形態では、溝部 63 は軸線方向に沿って約 5 周回分が連通して形成されており、各周回ごとの溝部を正面視上側から溝部 63a, 63b, 63c, 63d, 63e とする。そして、溝部 63 の上端（すなわ

10

20

30

40

50

ち、溝部 6 3 a の上端) が、後述する冷却エアーが流入されるエアー流入部 6 4 であり、溝部 6 3 の下端(すなわち、溝部 6 3 e の下端) が、後述する冷却エアーが流出されるエアー流出部 6 5 である。

【 0 0 5 2 】

そして、溝部 6 3 では、互いに隣り合う溝部 6 3 a ~ 6 3 e が形成される間隔(いわゆる、ピッチ)が、エアー流入部 6 4 からエアー流出部 6 5 に向けて徐々に狭くなるように形成されている。すなわち、正面視、円筒本体 6 1 の上側から下側に向けて、互いに隣り合う溝部 6 3 a ~ 6 3 e の間隔(ピッチ)が徐々に小さくなっている。そのため、本実施の形態では、溝部 6 3 e と溝部 6 3 d との間隔は溝部 6 3 d と溝部 6 3 c との間隔よりも狭く、溝部 6 3 d と溝部 6 3 c との間隔は溝部 6 3 c と溝部 6 3 b との間隔よりも狭く、溝部 6 3 c と溝部 6 3 b との間隔は溝部 6 3 b と溝部 6 3 a との間隔よりも狭い。

10

【 0 0 5 3 】

さらに、溝部 6 3 では、周回毎の溝部 6 3 a ~ 6 3 e における略半円形の溝形状の断面積が、エアー流入部 6 4 からエアー流出部 6 5 に向けて徐々に大きくなるように形成されている。すなわち、正面視、円筒本体 6 1 の上側から下側に向けて、周回毎の溝部 6 3 a ~ 6 3 e における略半円形の断面形状が徐々に大きくなっている。そのため、本実施の形態では、溝部 6 3 e の断面積は溝部 6 3 d の断面積よりも大きく、溝部 6 3 d の断面積は溝部 6 3 c の断面積よりも大きく、溝部 6 3 c の断面積は溝部 6 3 b の断面積よりも大きく、溝部 6 3 b の断面積は溝部 6 3 a の断面積よりも大きい。

【 0 0 5 4 】

20

ここで、スピンドル冷却筒 6 0 を用いたスピンドル 2 7 の冷却構造について説明する。図 7 は、第 1 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。なお、図 7 は、ハウジング 2 5 のみを断面図として表しており、冷却エアーの流れを矢印で示している。また、図 7 では、理解を容易にするために、スピンドル冷却筒 6 0 に形成される溝部 6 3 (すなわち、冷却路 5 1) の上端を正面視右端に位置させ、その下端を正面視左端に位置させたものを図示している。

【 0 0 5 5 】

図 7 に示すように、スピンドル冷却筒 6 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、溝部 6 3 はその開口部がハウジング 2 5 の内周面によって閉じられるため、スピンドル冷却筒 6 0 とハウジング 2 5 との間隙に螺旋溝状の密閉空間が形成される。そして、この螺旋溝状の密閉空間が、冷却エアーの流路(冷却路 5 1)として機能する。なお、本実施形態では、溝部 6 3 は約 5 周回分(溝部 6 3 a ~ 6 3 e)が連通して形成されているため、スピンドル冷却筒 6 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、各溝部 6 3 a ~ 6 3 e において形成される密閉空間はそれぞれ冷却路 5 1 a, 5 1 b, 5 1 c, 5 1 d, 5 1 e として機能する。

30

【 0 0 5 6 】

そして、先述した溝部 6 3 (溝部 6 3 a ~ 6 3 e) の形状により、冷却路 5 1 (冷却路 5 1 a ~ 5 1 e) は以下の特徴を有する。すなわち、冷却路 5 1 では、互いに隣り合う冷却路 5 1 a ~ 5 1 e が形成される間隔が、その上端(すなわち、エアー流入部 6 4) からその下端(すなわち、エアー流出部 6 5) に向けて徐々に狭くなっている。また、周回毎の冷却路 5 1 a ~ 5 1 e における流路面積(各冷却路の断面積)が、エアー流入部 6 4 からエアー流出部 6 5 に向けて徐々に大きくなっている。なお、エアー流入部 6 4 はエアー流入孔 2 5 a と連通しており、かつエアー流出部 6 5 はエアー流出孔 2 5 b と連通している。

40

【 0 0 5 7 】

かかる構造により、エアー供給部 1 0 0 がハウジング 2 5 の外部からエアー流入孔 2 5 a の内部に冷却エアーを供給すると、その冷却エアーは冷却路 5 1 内でエアー流入部 6 4 からエアー流出部 6 5 まで流動して、エアー流出孔 2 5 b からハウジング 2 5 の外部に排出される。つまり、冷却路 5 1 内を流動する冷却エアーは、スピンドル 2 7 を中心としてその外周を回転するように、冷却路 5 1 a ~ 5 1 e を上側から下側に向けて流動するため

50

、その流動時にスピンドル 27 からの発熱が冷却エアに吸収される。

【0058】

本実施形態のマシニングセンタ 1 では、上記のようなスピンドル 27 の冷却機構を有するため、以下の作用を有する。すなわち、冷却路 51 では、互いに隣り合う冷却路 51 a ~ 51 e が形成される間隔が冷却エアの流動方向に向けて徐々に狭くなっているため、スピンドル 27 の上側に比べて下側の方が冷却エアの流動距離（流動時間）が長い。よって、冷却エアが冷却路 51 内を移動するにつれて、冷却エアがスピンドル 27 からの発熱を徐々に吸収する一方、冷却エアの流動距離（流動時間）が徐々に長くなるので、冷却エアの冷却効果の低下が流動距離（流動時間）の増加で補われる。

【0059】

さらに、冷却路 51 では、周回毎の冷却路 51 a ~ 51 e における流路面積が冷却エアの流動方向に向けて徐々に大きくなっているため、スピンドル 27 の上側に比べて下側の方が冷却エアの流動面積（スピンドル 27 の発熱との接触面積）が大きい。よって、冷却エアが冷却路 51 内を移動するにつれて、冷却エアがスピンドル 27 からの発熱を徐々に吸収する一方、冷却エアの流動面積（接触面積）が徐々に大きくなるので、冷却エアの冷却効果の低下が流動面積（接触面積）の増加で補われる。

【0060】

以上、第 1 の実施の形態に係るマシニングセンタ 1 によれば、スピンドル 27 を冷却するための冷却エアを冷却路 51 内に流動させるものであって、冷却路 51 はスピンドル 27 の軸線方向に沿って多重螺旋状に形成された。そして、冷却路 51 はエア流入部 64 からエア流出部 65 に向けて、互いに隣り合う冷却路 51 a ~ 51 e の形成される間隔が徐々に狭くなり、また冷却路 51 a ~ 51 e における流路面積が徐々に大きくなるように形成された。よって、冷却路 51 内を流動する冷却エアの温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、冷却エアの流動距離（流動時間）や流動面積（接触面積）がその流動方向に向けて徐々に大きくなるので、スピンドル 27 全体を均一に冷却することができる。

【0061】

また、ハウジング 25 の内部に、スピンドル 27 を内部に収容する略円筒状をなし、その外周面に軸線方向に沿って多重螺旋状の溝部 63（溝部 63 a ~ 63 e）が形成されたスピンドル冷却筒 60 を設けた。そして、冷却路 51（冷却路 51 a ~ 51 e）はスピンドル冷却筒 60 の外周面とハウジング 25 の内周面との間に形成された。よって、ハウジング 25 の内部にスピンドル冷却筒 60 を設ければ、スピンドル 27 を冷却するための冷却路 51 を形成することができる。

【0062】

さらに、マシニングセンタ 1 は、主軸モータ 8 によって工具 6 を回転させてワーク加工を実行するものであって、スピンドル 27 の後端側から冷却エアを流入させるためにエア流入孔 25 a と、スピンドル 27 の下端側（前端側）から冷却エアを流出させるためのエア流出孔 25 b とを、ハウジング 25 の側面に形成した。よって、スピンドル 27 を冷却するための冷却エアを、ハウジング 25 の外部からスピンドル 27 の上端側（後端側）から適切に流入させ、かつスピンドル 27 の下端側（前端側）からハウジング 25 の外部に適切に流出させることができる。

【0063】

次に、本発明の第 2 の実施の形態であるマシニングセンタ 1 について、図面に基づいて説明する。本実施形態に係るマシニングセンタ 1 は、基本的に第 1 の実施の形態と同様であるが、スピンドル冷却筒 70 の構造及び冷却エアの排出部位が異なる。以下、第 1 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0064】

まず、スピンドル冷却筒 70 について説明する。図 8 は、スピンドル冷却筒 70 の正面図である。図 8 に示すように、スピンドル冷却筒 70 は、スピンドル冷却筒 60（図 6）と同様に、円筒本体 71、フランジ部 72、溝部 73 を有する。ただし、本実施形態では

10

20

30

40

50

、溝部 7 3 は軸線方向に沿って約 6 周回分が連通して形成されており、各周回ごとの溝部を正面視上側から溝部 7 3 a , 7 3 b , 7 3 c , 7 3 d , 7 3 e , 7 3 f とする。そして、溝部 6 3 の上端（すなわち、溝部 7 3 a の上端）が、後述する冷却エアーが流入されるエアー流入部 7 4 であり、溝部 7 3 の下端（すなわち、溝部 7 3 f の下端）が、後述する冷却エアーが流出されるエアー流出部 7 5 である。

【 0 0 6 5 】

そして、溝部 7 3 では、スピンドル冷却筒 6 0（図 6）と同様にして、互いに隣り合う溝部 7 3 a ~ 7 3 f が形成される間隔が、エアー流入部 7 4 からエアー流出部 7 5 に向けて徐々に狭くなるように形成されている。また、溝部 7 3 では、周回毎の溝部 7 3 a ~ 7 3 f における略半円形の溝形状の断面積が、エアー流入部 7 4 からエアー流出部 7 5 に向けて徐々に大きくなるように形成されている。さらに、円筒本体 7 1 には、その下面から垂直に形成された貫通孔であって、エアー流出部 7 5 と連通するエアー流出孔 7 6 が形成されている。

10

【 0 0 6 6 】

次に、スピンドル冷却筒 7 0 を用いたスピンドル 2 7 の冷却構造について説明する。図 9 及び図 1 0 は、第 2 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。なお、図 9 はハウジング 2 5 のみを断面図として表し、図 1 0 はハウジング 2 5 及びスピンドル冷却筒 7 0 を断面図として表し、冷却エアーの流れを矢印で表している。また、図 9 及び図 1 0 では、理解を容易にするために、スピンドル冷却筒 7 0 に形成される溝部 7 3（すなわち、冷却路 5 2）の上端を正面視右

20

【 0 0 6 7 】

図 9 及び図 1 0 に示すように、スピンドル冷却筒 7 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、溝部 7 3 はその開口部がハウジング 2 5 の内周面によって閉じられるため、スピンドル冷却筒 7 0 とハウジング 2 5 との間隙に螺旋溝状の密閉空間が形成される。そして、この螺旋溝状の密閉空間が、冷却エアーの流路（冷却路 5 2）として機能する。なお、本実施形態では、溝部 7 3 は約 6 周回分（溝部 7 3 a ~ 7 3 f）が連通して形成されているため、スピンドル冷却筒 7 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、各溝部 7 3 a ~ 7 3 f において形成される密閉空間はそれぞれ冷却路 5 2 a ~ 5 2 f として機能する。

30

【 0 0 6 8 】

そして、第 1 の実施の形態と同様に、冷却路 5 2 では、互いに隣り合う冷却路 5 2 a ~ 5 2 f が形成される間隔が、その上端（すなわち、エアー流入部 7 4）からその下端（すなわち、エアー流出部 7 5）に向けて徐々に狭くなっている。また、周回毎の冷却路 5 2 a ~ 5 2 f における流路面積が、エアー流入部 7 4 からエアー流出部 7 5 に向けて徐々に大きくなっている。

【 0 0 6 9 】

なお、本実施の形態では、ハウジング 2 5 にはエアー流入孔 2 5 a のみが設けられている（エアー流出孔 2 5 b は設けられていない）。そして、エアー流入部 7 4 はエアー流入孔 2 5 a と連通している一方、エアー流出部 7 5 は先述のエアー流出孔 7 6 と連通している。このエアー流出孔 7 6 は蓋体 3 9 の上面に形成された貫通孔であるエアー導出路 3 9 a の一端部と連通し、このエアー導出路 3 9 a の他端部は蓋体 3 9 の内周面に連通している。つまり、エアー流出部 7 5 はエアー流出孔 7 6 及びエアー導出路 3 9 a を介して、スピンドル 2 7 の軸線方向前端側（下端側）の外周面と蓋体 3 9 の内周面との間隙に連通している。

40

【 0 0 7 0 】

かかる構造により、エアー供給部 1 0 0 がハウジング 2 5 の外部からエアー流入孔 2 5 a の内部に冷却エアーを供給すると、その冷却エアーは冷却路 5 2 内でエアー流入部 7 4 からエアー流出部 7 5 まで流動して、エアー流出孔 7 6 及びエアー導出路 3 9 a を介して、スピンドル 2 7 の下端側の外周面と蓋体 3 9 の内周面との間隙に導出される。そして、

50

導出された冷却エアは、スピンドル 27 及び蓋体 39 の間隙からスピンドル 27 の下方向に排出される。つまり、冷却路 52 内を流動する冷却エアは、スピンドル 27 を中心としてその外周を回転するように、冷却路 52 a ~ 52 f を上側から下側に向けて流動するため、その流動時にスピンドル 27 からの発熱が冷却エアに吸収される。

【0071】

本実施形態のマシニングセンタ 1 では、上記のようなスピンドル 27 の冷却機構を有するため、以下の作用を有する。すなわち、第 1 の実施の形態と同様に、冷却路 52 内を冷却エアが流動するにつれて、冷却エアがスピンドル 27 からの発熱を徐々に吸収する一方、冷却エアの流動距離（流動時間）が徐々に長くなり、かつ冷却エアの流動面積（接触面積）が徐々に大きくなる。

10

【0072】

さらに、冷却路 52 内を流動する冷却エアは、エア流出孔 76 及びエア導出路 39 a を介して、スピンドル 27 の下端側の外周面と蓋体 39 の内周面との間隙から排出される。つまり、冷却エアがスピンドル 27 の下端部に形成された隙間から排出されるので、スピンドル 27 と蓋体 39 との隙間に対するゴミやほこりなどの侵入が防止される。

【0073】

以上、第 2 の実施の形態に係るマシニングセンタ 1 によれば、スピンドル 27 とスピンドル冷却筒 70 との間隙に形成される冷却路 52 は、スピンドル冷却筒 70 に形成された溝部 73 に応じて、その周回数、形成幅、流路面積などを任意に変更することができる。そして、第 1 の実施の形態と同様に、冷却路 52 内を流動する冷却エアの温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、冷却エアの流動距離（流動時間）や流動面積（接触面積）がその流動方向に向けて徐々に大きくなるので、スピンドル 27 全体を均一に冷却することができる。

20

【0074】

さらに、マシニングセンタ 1 は、スピンドル 27 の下端部（前端部）は蓋体 39 の内周面に回転自在に支持されており、エア流出孔 76 及びエア導出路 39 a はスピンドル 27 の下端部（前端部）の外周面と蓋体 39 の内周面との間隙に冷却エアを供給する。よって、冷却路 52 を流動した冷却エアをスピンドル 27 の下端部（前端部）に形成された隙間から排出できるので、スピンドル 27 から異物をエアパージすることができる。

【0075】

次に、本発明の第 3 の実施の形態であるマシニングセンタ 1 について、図面に基づいて説明する。本実施形態に係るマシニングセンタ 1 は、基本的に第 1 及び第 2 の実施の形態と同様であるが、スピンドル冷却筒 80 の構造及び冷却エアの排出部位が異なる。以下、第 1 及び第 2 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

30

【0076】

まず、スピンドル冷却筒 80 について説明する。図 11 は、スピンドル冷却筒 80 の正面図である。図 8 に示すように、スピンドル冷却筒 80 は、スピンドル冷却筒 60（図 6）と同様に、円筒本体 81、フランジ部 82 を有する。そして、本実施形態では、円筒本体 81 の外周面には、その軸線方向に沿って多重螺旋状に形成された、略半円形の断面形状を有する 2 つの第 1 溝部 83 及び第 2 溝部 86 が形成されている。第 1 溝部 83 は軸線方向に沿って約 5 周回分が連通して形成されており、第 2 溝部 86 は軸線方向に沿って約 4 周回分が連通して形成されている。そして、円筒本体 81 の外周面において、第 1 溝部 83 の各周回と第 2 溝部 86 の各周回とは上下方向に交互に形成されている。

40

【0077】

なお、第 1 溝部 83 における各周回ごとの溝部を正面視上側から第 1 溝部 83 a、83 b、83 c、83 d、83 e とする。そして、第 1 溝部 83 の上端（すなわち、第 1 溝部 83 a の上端）が、冷却エアが流入される第 1 エア流入部 84 であり、第 1 溝部 83 の下端（すなわち、第 1 溝部 83 e の下端）が、冷却エアが流出される第 1 エア流出部 85 である。一方、第 2 溝部 86 における各周回ごとの溝部を正面視下側から第 2 溝部 86 a、86 b、86 c、86 d とする。そして、第 2 溝部 86 の下端（すなわち、第 2

50

溝部 8 6 a の下端) が、冷却エアーが流入される第 2 エアー流入部 8 7 であり、第 2 溝部 8 6 の上端 (すなわち、第 2 溝部 8 6 d の上端) が、冷却エアーが流出される第 2 エアー流出部 8 8 である。

【 0 0 7 8 】

そして、第 1 溝部 8 3 では、スピンドル冷却筒 6 0 (図 6) と同様にして、第 1 エアー流入部 8 4 から第 1 エアー流出部 8 5 に向けて、互いに隣り合う第 1 溝部 8 3 a ~ 8 3 e が形成される間隔が徐々に狭くなっており、また周回毎の第 1 溝部 8 3 a ~ 8 3 e における略半円形の溝形状の断面積が徐々に大きくなっている。同様に、第 2 溝部 8 6 では、第 2 エアー流入部 8 7 から第 2 エアー流出部 8 8 に向けて、互いに隣り合う第 2 溝部 8 6 a ~ 8 6 d が形成される間隔が徐々に狭くなっており、また周回毎の第 2 溝部 8 6 a ~ 8 6 d における略半円形の溝形状の断面積が徐々に大きくなっている。つまり、第 1 溝部 8 3 と第 2 溝部 8 6 とは、各々が対向する方向に向けて交互に重複なく形成されつつ、各々の形成間隔が徐々に小さくなっており、かつ各々の断面積が徐々に大きくなっている。なお、円筒本体 8 1 には、その上面から垂直に形成された貫通孔であって、第 2 エアー流出部 8 8 と連通するエアー流出孔 8 9 が形成されている。

【 0 0 7 9 】

次に、スピンドル冷却筒 8 0 を用いたスピンドル 2 7 の冷却構造について説明する。図 1 2 及び図 1 3 は、第 3 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。なお、図 1 2 はハウジング 2 5 のみを断面図として表し、図 1 3 はハウジング 2 5 及びスピンドル冷却筒 8 0 を断面図として表し、冷却エアーの流れを矢印で表している。また、図 1 2 及び図 1 3 では、理解を容易にするために、スピンドル冷却筒 8 0 に形成される第 1 溝部 8 3 (すなわち、第 1 冷却路 5 3) の上端を正面視右端に位置させ、その下端を正面視左端に位置させており、また第 2 溝部 8 6 (すなわち、第 2 冷却路 5 4) の上端を正面視左端に位置させたものを図示している。

【 0 0 8 0 】

図 1 2 及び図 1 3 に示すように、スピンドル冷却筒 8 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、第 1 溝部 8 3 及び第 2 溝部 8 6 は各々の開口部がハウジング 2 5 の内周面によって閉じられるため、スピンドル冷却筒 8 0 とハウジング 2 5 との間隙に 2 つの独立した螺旋溝状の密閉空間を形成する。そして、この 2 つの螺旋溝状の密閉空間が、冷却エアーの流路 (第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4) として機能する。なお、本実施形態では、第 1 溝部 8 3 は約 5 周回分 (溝部 8 3 a ~ 8 3 e) が連通して形成されているため、スピンドル冷却筒 8 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、各第 1 溝部 8 3 a ~ 8 3 e において形成される密閉空間はそれぞれ第 1 冷却路 5 3 a ~ 5 3 e として機能する。また、第 2 溝部 8 6 は約 4 周回分 (第 2 溝部 8 6 a ~ 8 6 d) が連通して形成されているため、スピンドル冷却筒 8 0 がハウジング 2 5 の内部に密接固定されると、各第 2 溝部 8 6 a ~ 8 6 d において形成される密閉空間はそれぞれ第 2 冷却路 5 4 a ~ 5 4 d として機能する。

【 0 0 8 1 】

このように第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 は、スピンドル 2 7 の軸線方向に沿って多重螺旋状で形成されており、また第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 の各々が重複しないように間隔をあけて交互に形成されている。つまり、ハウジング 2 5 の外周面では、その軸線方向後端側 (上端側) から軸線方向前端側 (下端側) に向けて第 1 冷却路 5 3 a ~ 5 3 e が順に形成され、その逆方向に向けて第 2 冷却路 5 4 a ~ 5 4 d が順に形成され、かつ第 1 冷却路 5 3 a ~ 5 3 e と第 2 冷却路 5 4 a ~ 5 4 d が間隔をあけて並列に形成されている。よって、ハウジング 2 5 の外周面に形成された第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 は、各々が接触 (交差) することなく独立した冷却エアーの流路を形成している。

【 0 0 8 2 】

そして、第 1 の実施の形態と同様に、第 1 冷却路 5 3 では第 1 エアー流入部 8 4 から第 1 エアー流出部 8 5 に向けて、互いに隣り合う第 1 冷却路 5 3 a ~ 5 3 e の形成間隔が徐

10

20

30

40

50

々に狭くなっており、周回毎の第1冷却路53a～53eにおける流路面積が徐々に大きくなっている。また、第2冷却路54では第2エア-流入部87から第2エア-流出部88に向けて、互いに隣り合う第2冷却路54a～54dの形成間隔が徐々に狭くなっており、周回毎の第2冷却路54a～54dにおける流路面積が徐々に大きくなっている。

【0083】

なお、本実施の形態では、ハウジング25の側面には、エア-流入孔25a及びエア-流出孔25bに加えて、その軸線方向前端側(下端側)にその外周方向から軸線に向けて垂直に形成された貫通孔であるエア-流入孔25cが設けられている。そして、ハウジング25の外周面におけるエア-流入孔25cの形成部位には、エア-流入孔25aに設けられたエア-供給部100と同様に、エア-供給部110が設けられている。そして、第1エア-流入部84はエア-流入孔25aと連通している一方、第1エア-流出部85はエア-流出孔25bと連通している。また、第2エア-流入部87はエア-流入孔25cと連通している一方、第2エア-流出部88は先述のエア-流出孔89と連通している。このエア-流出孔89は、スピンドル冷却筒80の軸線方向後端面(上面)とハウジング25の内周面との間隙に連通している。

10

【0084】

かかる構造により、エア-供給部100がハウジング25の外部からエア-流入孔25aの内部に冷却エア-を供給すると、その冷却エア-は第1冷却路53内で第1エア-流入部84から第1エア-流出部85まで流動して、エア-流出孔25bからハウジング25の外部に排出される。つまり、第1冷却路53内を流動する冷却エア-は、スピンドル27を中心としてその外周を回転するように第1冷却路53a～53eを上側から下側に向けて流動するため、その流動時にスピンドル27からの発熱が冷却エア-に吸収される。

20

【0085】

さらに、エア-供給部110がハウジング25の外部からエア-流入孔25cの内部に冷却エア-を供給すると、その冷却エア-は第2冷却路54内で第2エア-流入部87から第2エア-流出部88まで流動して、エア-流出孔89を介してスピンドル27の上面とハウジング25の内周面との間隙に導出される。そして、導出された冷却エア-は、スピンドル27及びハウジング25の間隙からスピンドル27の上方向に排出される。つまり、第2冷却路54内を流動する冷却エア-は、スピンドル27を中心としてその外周を回転するように第2冷却路54a～54dを下側から上側に向けて流動するため、その流動時にスピンドル27からの発熱が冷却エア-に吸収される。

30

【0086】

本実施形態のマシニングセンタ1では、上記のようなスピンドル27の冷却機構を有するため、以下の作用を有する。すなわち、スピンドル27の軸線方向に沿って、2つの多重螺旋状のエア-流路である第1冷却路53及び第2冷却路54が、各々が重複しないように間隔をあけて形成された。そして、第1冷却路53では第1エア-流入部84から第1エア-流出部85に向けて冷却エア-が流動し、第2冷却路54では第2エア-流入部87から第2エア-流出部88に向けて冷却媒体が流動する。よって、スピンドル27の軸線方向(すなわち、上下方向)の両側から、その外周を冷却エア-が各々対向する方向に向けて螺旋状に流動する。

40

【0087】

さらに、第1の実施の形態と同様に、第1冷却路53内及び第2冷却路54内を冷却エア-が流動するにつれて、冷却エア-がスピンドル27からの発熱を徐々に吸収する一方、冷却エア-の流動距離(流動時間)が徐々に長くなり、かつ冷却エア-の流動面積(接触面積)が徐々に大きくなる。

【0088】

また、第2冷却路54内を流動する冷却エア-は、エア-流出孔89を介して、スピンドル27の上面とハウジング25の内周面との間隙から排出される。つまり、冷却エア-がスピンドル27の上端部に形成された隙間から排出されるので、スピンドル27とハウ

50

ジング 2 5 との間隙に対するゴミやほこりなどの侵入が防止され、またスピンドル 2 7 の後端部から排出された冷却エアーはハウジング 2 5 の開口部 2 5 d から外部に導出される。

【 0 0 8 9 】

以上、第 3 の実施の形態に係るマシニングセンタ 1 によれば、スピンドル 2 7 を冷却するための冷却エアーを第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 内に流動させるものであって、第 1 冷却路 5 3 ではスピンドル 2 7 の後端側から前端側に向けて冷却エアーが流動し、第 2 冷却路 5 4 ではスピンドル 2 7 の前端側から後端側に向けて冷却媒体が流動する。さらに、第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 は、スピンドル 2 7 の軸線方向に沿って多重螺旋状で形成され、かつ各々が重複しないように間隔をあけて形成された。よって、第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 内を流動する冷却エアーの温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、スピンドル 2 7 の全周に形成された流動方向の異なる第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 を冷却エアーは各々対向する方向に流動するため、スピンドル 2 7 の全体を均一に冷却することができる。

10

【 0 0 9 0 】

また、スピンドル 2 7 とスピンドル冷却筒 8 0 との間隙に形成される複数の冷却路（第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4）は、スピンドル冷却筒 8 0 に形成された第 1 溝部 8 3 及び第 2 溝部 8 6 に応じて、その周回数，形成幅，流路面積などを任意に変更することができる。またその形成数（ここでは、2 つ）を任意に変更することができる。そして、第 1 及び第 2 の実施の形態と同様に、第 1 冷却路 5 3 及び第 2 冷却路 5 4 内を流動する冷却エアーの温度がその流動方向に向けて徐々に上昇しても、冷却エアーの流動距離（流動時間）や流動面積（接触面積）がその流動方向に向けて徐々に大きくなるので、スピンドル 2 7 全体を均一に冷却することができる。

20

【 0 0 9 1 】

また、マシニングセンタ 1 は、スピンドル 2 7 の上端部（後端部）はハウジング 2 5 の内周面に取り付けられて、エアー流出孔 8 9 はスピンドル 2 7 の上面（後端面）とハウジング 2 5 の内周面との間隙に冷却エアーを供給する。よって、第 2 冷却路 5 4 内を流動した冷却エアーをスピンドル 2 7 の上端部（後端部）に形成された隙間から排出できるので、主軸 9 から異物をエアパージすることができる。

30

【 0 0 9 2 】

ところで、上記第 1 乃至第 3 の実施の形態において、マシニングセンタ 1 が本発明の「工作機械のスピンドル冷却装置」に相当し、冷却エアーが本発明の「冷却媒体」に相当する。スピンドル冷却筒 6 0，7 0，8 0 が、本発明の「スピンドル冷却部材」に相当する。エアー供給部 1 0 0，1 1 0 が、本発明の「冷却媒体供給手段」に相当する。エアー流入孔 2 5 a，2 5 c が本発明の「冷却媒体流入部」に相当し、エアー流出孔 2 5 b，エアー流出孔 7 6 及びエアー導出路 3 9 a が本発明の「冷却媒体流出部」に相当する。

【 0 0 9 3 】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されることはなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能であることは勿論である。図 1 4 は、スピンドル冷却筒 6 0 の変形例の正面図である。図 1 5 は、環状ホルダ 9 0 を備えた主軸 9 のホルダ取付穴 2 9 を中心とした側面断面拡大図である。

40

【 0 0 9 4 】

例えば、図 1 4 に示すように、スピンドル冷却筒 6 0 の円筒本体 6 1 の外周面に、溝部 6 3 の縁部に沿ってゴム製パッキンであるパッキング部材（パッキン 6 9）を設けるようにしてもよい。このスピンドル冷却筒 6 0 をハウジング 2 5 の内部に取り付けると、パッキン 6 9 によってスピンドル冷却筒 6 0 の外周面とハウジング 2 5 の内周面とがより密接に固定されるため、冷却路 5 1 を流動する冷却エアーが、スピンドル冷却筒 6 0 とハウジング 2 5 の隙間に漏れ出すことが防止される。よって、冷却路 5 1 を流動する冷却エアーの漏出を確実に防止でき、冷却エアーによるスピンドル 2 7 の冷却効果を向上させることができる。なお、スピンドル冷却筒 7 0，8 0 についても、同様の「パッキング部材」を

50

設けることができる。

【0095】

また、図15に示すように、主軸9の軸線方向前端部(下端部)に、蓋体39の下部に環状ホルダ90を設けるようにしてもよい。この環状ホルダ90は、平面視略リング状をなし、複数の一体型ノズル91及びノズル孔92が形成されている。そして、主軸9に取り付けられる工具6の交換時に、図示外のクーラントホースから各一体型ノズル91に供給されたクーラント液が、各ノズル孔92からホルダ取付穴29の直下に向けて噴射されて、工具ホルダ13(工具6)が洗浄される。そして、制御盤19内の制御装置(図示外)は、マシニングセンタ1の運転中及び運転停止後の所定時間と、環状ホルダ90におけるクーラント液の噴射中及び噴射停止後の所定時間との少なくとも一方のみに、エア供給部100が冷却エアを供給するように制御してもよい。これにより、スピンドル27が発熱しやすいマシニングセンタ1の運転動作及び工具6の洗浄動作の実行時に対応して、冷却エアの供給時期を適切に調整することができる。

10

【0096】

なお、制御装置(図示外)による冷却エアの供給制御は、上記のものに限定されず、様々な方式を適用できる。例えば、制御盤19内の制御装置(図示外)は、主軸モータ8に供給される電流量に基づいて、エア供給部100が供給する冷却エアの供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御するようにしてもよい。さらに、制御盤19内の制御装置(図示外)は、スピンドル27の温度に基づいて、エア供給部100が供給する冷却エアの供給量及び供給圧の少なくとも一つを制御するようにしてもよい。これにより、主軸モータ8の駆動やスピンドル27の温度などに基づいて、冷却エアの供給量及び供給圧を適切に調整することができる。なお、エア供給部110についても同様にして冷却エアの供給制御を実行することができる。

20

【0097】

また、上記第1乃至第3の実施の形態に係るマシニングセンタ1を、任意に組み合わせても実装してもよい。例えば、第3の実施の形態に係るマシニングセンタ1において、第1エア流出部85から流出する冷却エアを、第2の実施の形態のようにスピンドル27の前端側(下端側)から排出するようにしてもよいし、第2エア流出部88から流出する冷却エアを、第1の実施の形態のようにハウジング25の側面から外部に排出するようにしてもよい。

30

【0098】

また、第3の実施の形態で例示したように、マシニングセンタ1に複数の冷却路を設ける場合は、冷却路の数量、形成方向、形状などを任意とすることができる。例えば、スピンドル冷却筒80にあらかじめ各冷却路に対応する各溝部を形成することで、マシニングセンタ1に3以上の冷却路を設けてもよいし、各冷却路の形状を波型や直線状となるようにしてもよい。

【0099】

また、上記実施の形態では、「冷却媒体」として圧縮空気(冷却エア)を例示したが、スピンドル27を有効に冷却できるものであれば、各種媒体を利用することができる。例えば、「冷却媒体」として、窒素やヘリウムなどの他の気体を利用してもよいし、水やオイルなどの液体を利用してもよい。

40

【産業上の利用可能性】

【0100】

本発明の工作機械のスピンドル冷却装置は、冷却媒体によってスピンドルを冷却する工作機械に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】マシニングセンタ1の正面図である。

【図2】スプラッシュカバー3を除いた、マシニングセンタ1の全体斜視図である。

【図3】マシニングセンタ1における、工具交換機構20及び主軸ヘッド7を中心とした

50

正面図である。

【図 4】主軸ヘッド 7 の右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 5】主軸 9 の右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 6】スピンドル冷却筒 60 の正面図である。

【図 7】第 1 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 8】スピンドル冷却筒 70 の正面図である。

【図 9】第 2 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 10】第 2 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。 10

【図 11】スピンドル冷却筒 80 の正面図である。

【図 12】第 3 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 13】第 3 の実施の形態における冷却エアーの流れを説明するための、主軸 9 を右方向から見た側面断面拡大図である。

【図 14】スピンドル冷却筒 60 の変形例の正面図である。

【図 15】環状ホルダ 90 を備えた主軸 9 のホルダ取付穴 29 を中心とした側面断面拡大図である。

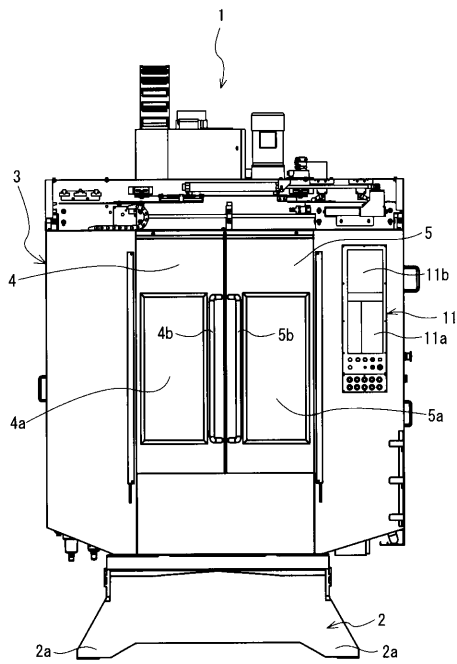
【符号の説明】 20

【 0 1 0 2 】

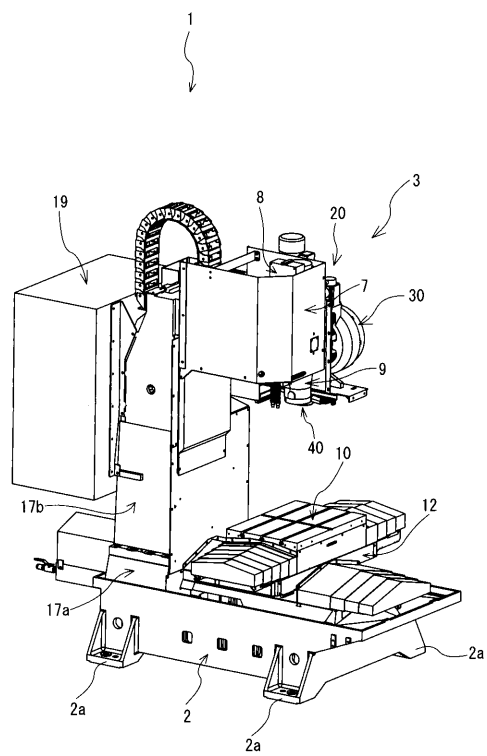
1	マシニングセンタ	
7	主軸ヘッド	
8	主軸モータ	
9	主軸	
19	制御盤	
25	ハウジング	
25 a	エアー流入孔	
25 b	エアー流出孔	
25 c	エアー流入孔	30
25 d	開口部	
27	スピンドル	
39	蓋体	
39 a	エアー導出路	
51 a , 51 b , 51 c , 51 d , 51 e	冷却路	
52 a , 52 b , 52 c , 52 d , 52 e , 52 f	冷却路	
53 a , 53 b , 53 c , 53 d , 53 e	第 1 冷却路	
54 a , 54 b , 54 c , 54 d	第 2 冷却路	
60	スピンドル冷却筒	
63 a , 63 b , 63 c , 63 d , 63 e	溝部	40
64	エアー流入部	
65	エアー流出部	
69	パッキン	
70	スピンドル冷却筒	
73 a , 73 b , 73 c , 73 d , 73 e , 73 f	溝部	
73 a	溝部	
74	エアー流入部	
75	エアー流出部	
76	エアー流出孔	
80	スピンドル冷却筒	50

- 8 3 a , 8 3 b , 8 3 c , 8 3 d , 8 3 e 第 1 溝 部
- 8 4 第 1 エア-流入部
- 8 5 第 1 エア-流出部
- 8 6 a , 8 6 b , 8 6 c , 8 3 d 第 2 溝 部
- 8 7 第 2 エア-流入部
- 8 8 第 2 エア-流出部
- 8 9 エア-流出孔
- 9 0 環 状 ホ ル ダ
- 1 0 0 , 1 1 0 エア-供給部

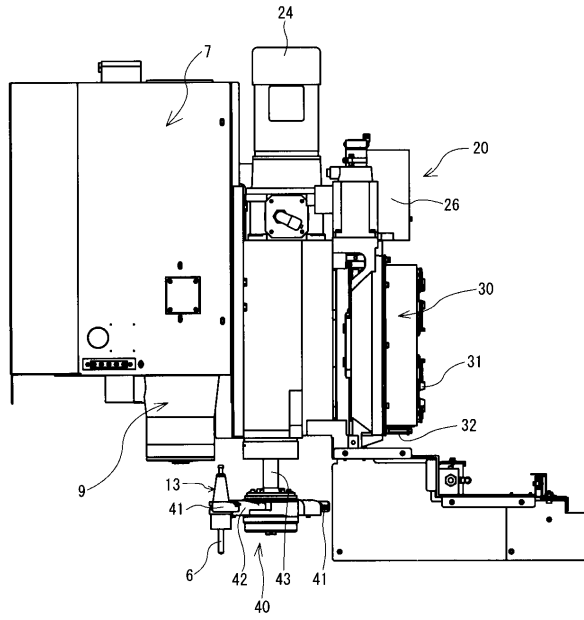
【 図 1 】



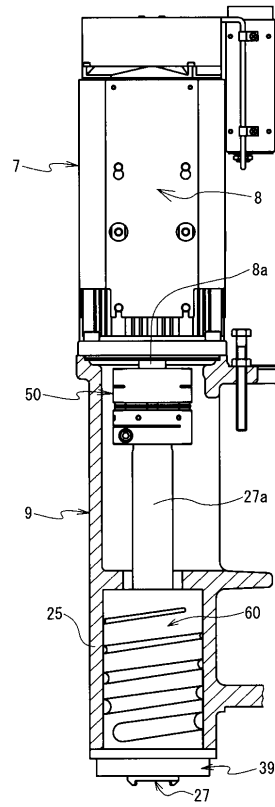
【 図 2 】



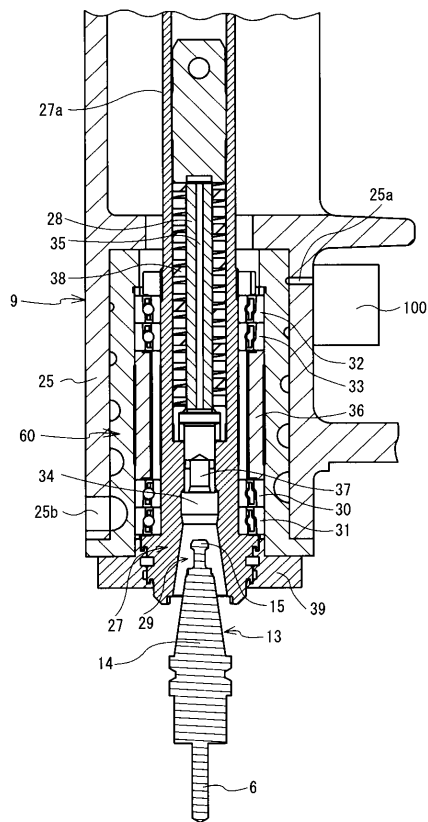
【図3】



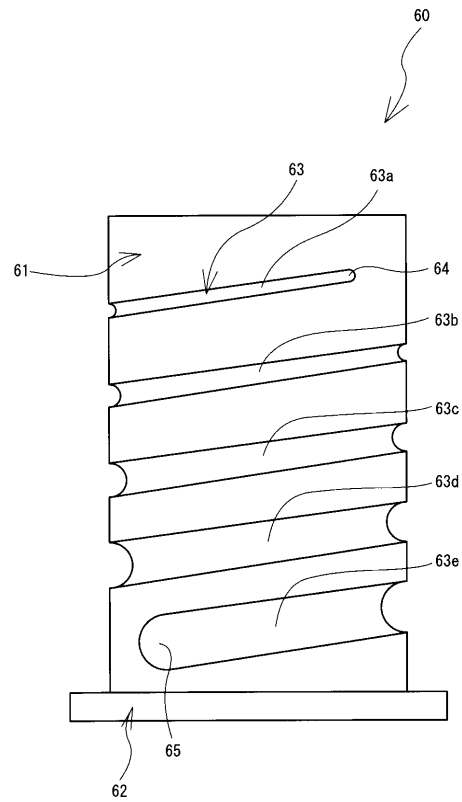
【図4】



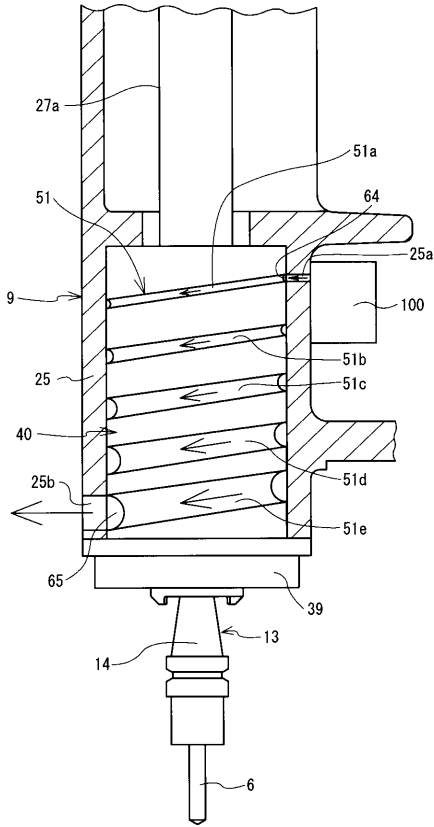
【図5】



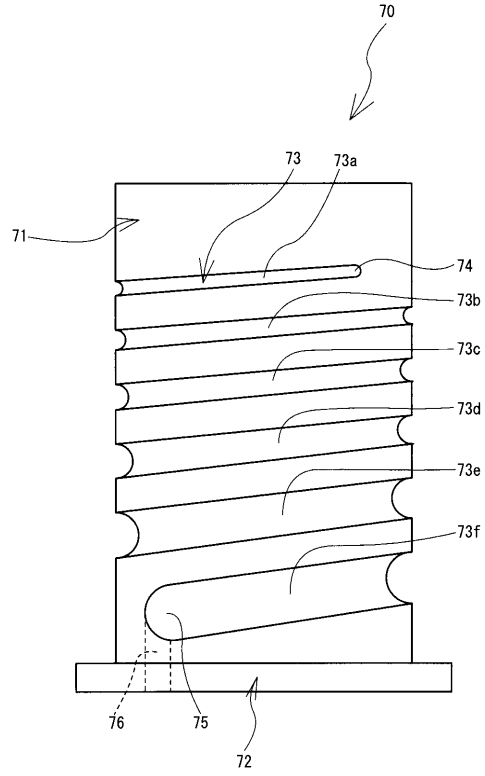
【図6】



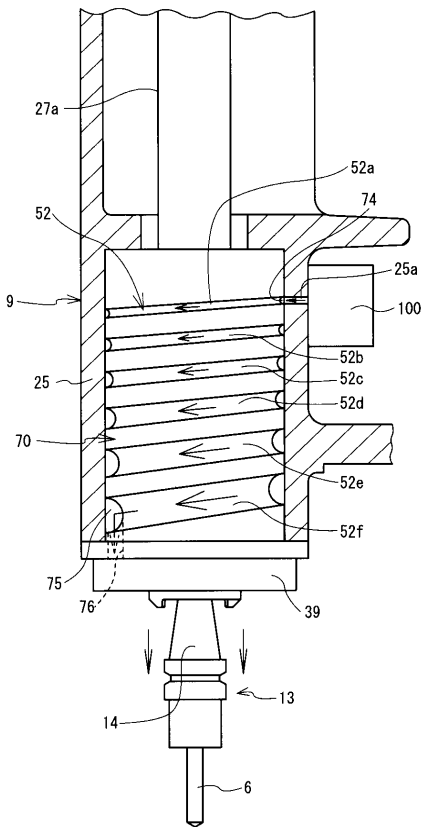
【図 7】



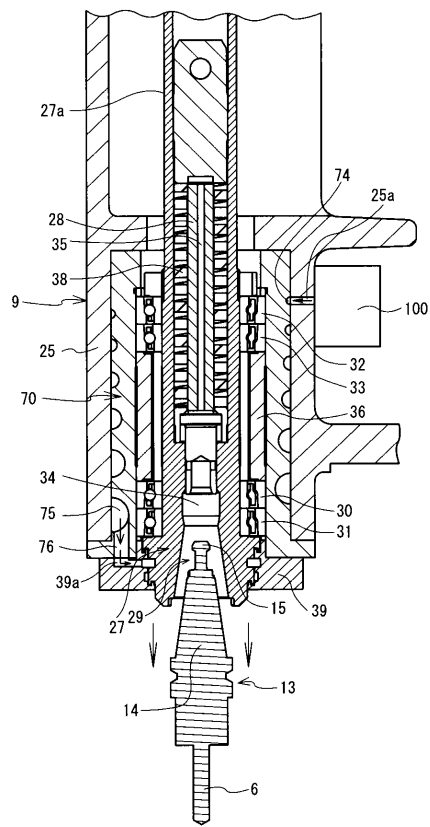
【図 8】



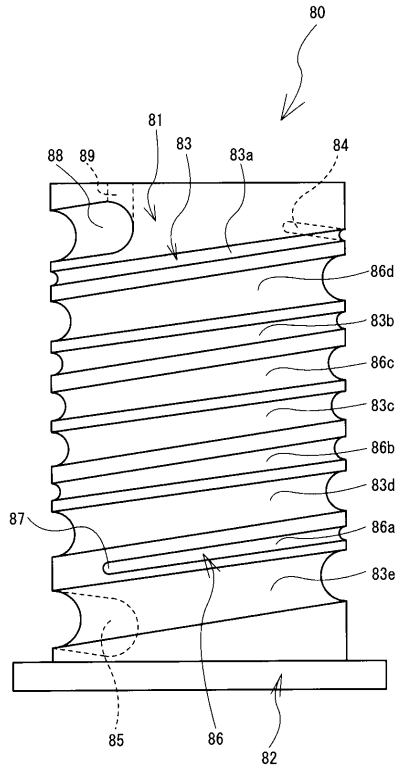
【図 9】



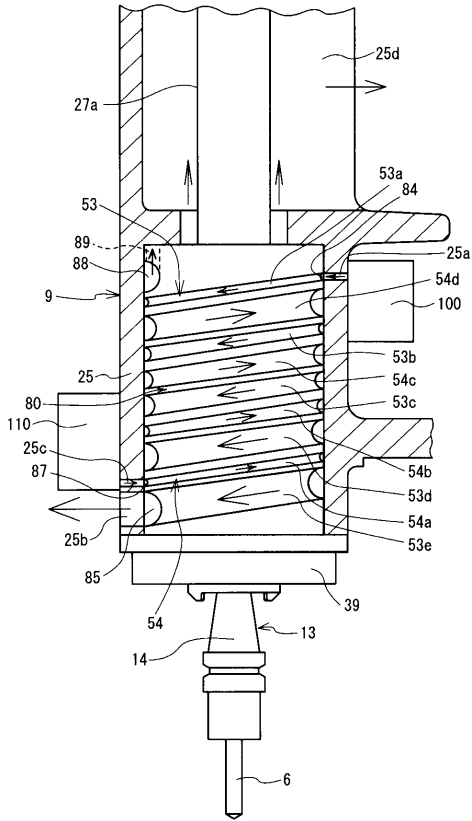
【図 10】



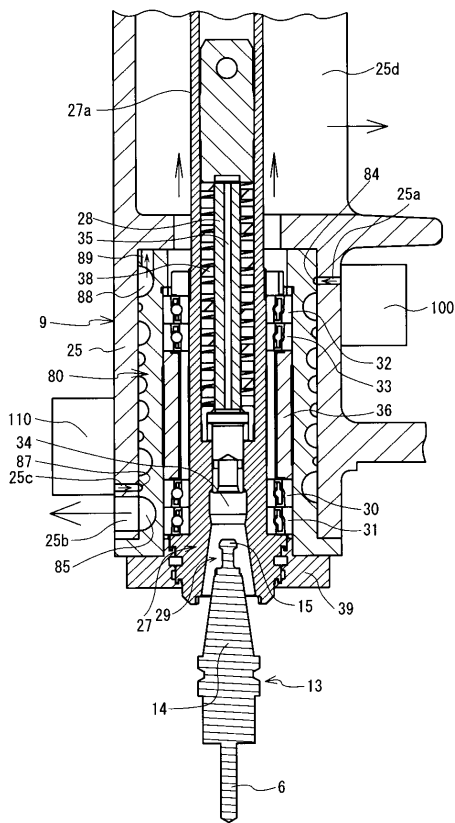
【図11】



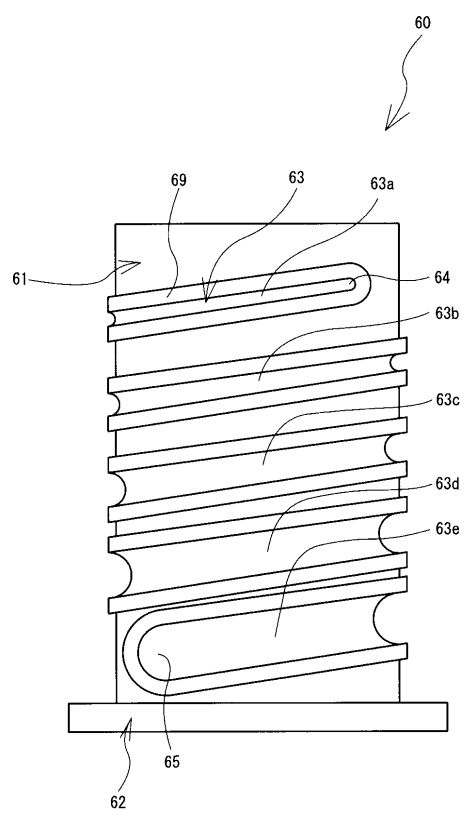
【図12】



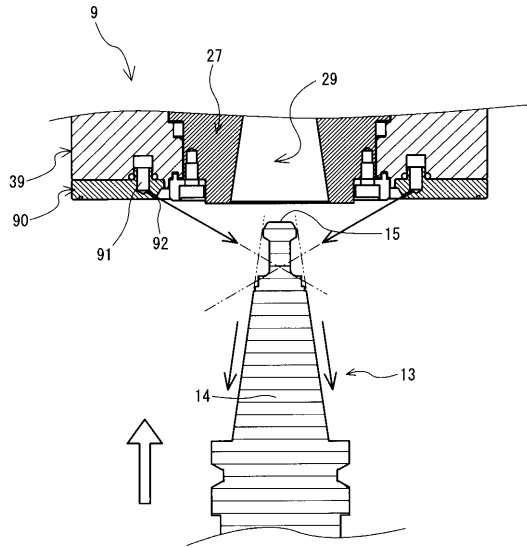
【図13】



【図14】



【 15 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開平1 - 50036 (JP, U)
特開平8 - 71888 (JP, A)
特開平8 - 197375 (JP, A)
実開平5 - 342 (JP, U)
特開2000 - 354937 (JP, A)
特開平5208339 - (JP, A)
実開平4 - 128146 (JP, U)
特開平11 - 90762 (JP, A)
特開2001 - 74055 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q11/00

F16C37/00