

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6290012号
(P6290012)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int. Cl.	F I
G 0 1 B 21/24 (2006.01)	G O 1 B 21/24
B 2 3 Q 1/44 (2006.01)	B 2 3 Q 1/44 B
B 2 3 Q 17/00 (2006.01)	B 2 3 Q 17/00 A
B 2 3 B 41/00 (2006.01)	B 2 3 B 41/00 Z

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-125248 (P2014-125248)	(73) 特許権者 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日 平成26年6月18日 (2014.6.18)	(73) 特許権者 317015294 東芝エネルギーシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
(65) 公開番号 特開2016-3985 (P2016-3985A)	(74) 代理人 100091982 弁理士 永井 浩之
(43) 公開日 平成28年1月12日 (2016.1.12)	(74) 代理人 100091487 弁理士 中村 行孝
審査請求日 平成29年2月20日 (2017.2.20)	(74) 代理人 100082991 弁理士 佐藤 泰和
	(74) 代理人 100105153 弁理士 朝倉 悟
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークに所望の大きさの孔を加工するための工作機械であって、
本体部と、
前記本体部に支持され、ワークを保持するワーク保持部と、
工具を保持する主軸と、
前記主軸を回転軸の周りで回転可能に保持するスピンドル、及び、前記スピンドルの周りを覆うハウジングを有するスピンドルユニットと、
前記スピンドルユニットに保持された前記主軸の前記ワークに対する傾きを変更可能となるように当該スピンドルユニットを保持し、且つ、前記スピンドルユニットを前記本体部に対して相対移動させる軸傾け並進駆動手段と、
前記ハウジングに固定され、当該ハウジングから前記主軸の周りを取り囲むように延び出るセンサマウントと、
前記センサマウントに保持され各々が計測対象との距離を計測可能な複数のセンサからなるセンサ群と、
前記センサ群による計測結果に基づいて前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記主軸の前記ワークに対する傾きを補正する制御部と、
を備え、
前記制御部は、前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記センサ群と共に前記主軸を前記回転軸の軸方向に沿って送って、前記センサ群を、前記ワークに設けられた孔、又は、

10

20

前記ワークの前記主軸側を向く面に取り付けられる基準孔プレートに設けられた孔に挿入するようになっており、

前記センサ群は、前記ワークに設けられた孔に挿入された際に前記ワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するか、又は、前記基準孔プレートに設けられた孔に挿入された際に前記基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようになっている、工作機械。

【請求項 2】

前記センサ群は、前記回転軸の回転方向に並べられた複数の前記センサからなる小センサ群を複数含み、

前記複数の小センサ群が、前記回転軸の軸方向に並べて配置されている、請求項 1 に記載の工作機械。

10

【請求項 3】

前記制御部は、前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記センサ群と共に前記主軸を前記回転軸の軸方向に沿って少なくとも或る送り位置まで送り、

前記主軸が前記或る送り位置に位置するときに、前記センサ群は、前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、前記ワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようになっており、

前記制御部は、前記主軸が前記或る送り位置に位置するときに前記センサ群が前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて前記ワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測した計測結果から、前記主軸の前記ワークに対する傾きを特定することができるようになっている、請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

20

【請求項 4】

前記制御部は、前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記センサ群と共に前記主軸を前記回転軸の軸方向に沿って各送り位置を通過するように送り、

前記主軸が各送り位置に位置するときの各々において、前記センサ群は、前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、前記ワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようになっており、

前記制御部は、前記主軸が各送り位置に位置するときに前記センサ群が前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて前記ワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測した計測結果から、当該送り位置における前記主軸の前記ワークに対する傾きを他の送り位置における前記傾きと独立して特定することができるようになっている、請求項 1 または 2 に記載の工作機械。

30

【請求項 5】

前記制御部は、前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記センサ群と共に前記主軸を前記回転軸の軸方向に沿って少なくとも或る送り位置まで送り、

前記主軸が前記或る送り位置に位置するときに、前記センサ群は、前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、前記ワークの前記主軸側を向く面に取り付けられる基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようになっており、

前記制御部は、前記主軸が前記或る送り位置に位置するときに前記センサ群が前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて前記基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測した計測結果から、前記主軸の前記ワークに対する傾きを特定することができるようになっている、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の工作機械。

40

【請求項 6】

前記制御部は、前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記センサ群と共に前記主軸を前記回転軸の軸方向に沿って各送り位置を通過するように送り、

前記主軸が各送り位置に位置するときの各々において、前記センサ群は、前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、前記ワークの前記主軸側を向く面に取り付けられる基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようになっており、

前記制御部は、前記主軸が各送り位置に位置するときに前記センサ群が前記回転軸の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて前記基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面と

50

の距離を計測した計測結果から、当該送り位置における前記主軸の前記ワークに対する傾きを他の送り位置における前記傾きと独立して特定することができるようになっている、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の工作機械。

【請求項 7】

前記回転軸の軸方向に沿って前記主軸を送った各送り位置において、前記主軸の前記ワークに対する傾きを補正する量は、前記センサ群が当該送り位置にて前記基準孔プレートに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測した計測結果から特定された前記主軸の前記ワークに対する傾き量の大きさに相当する、請求項 6 に記載の工作機械。

【請求項 8】

前記制御部は、前記回転軸の軸方向に沿った前記主軸の送り量に応じて、前記主軸の前記ワークに対する傾きを補正するようになっている、請求項 3 乃至 7 のいずれか一項に記載の工作機械。

10

【請求項 9】

前記軸傾け並進駆動手段は、前記スピンドルユニットに保持された前記主軸の前記ワークに対する傾きを変更可能となるように当該スピンドルユニットを保持し、且つ、前記スピンドルユニットを前記ワークに対して接離させる軸傾け部と、前記軸傾け部を前記本体部に対して相対移動させる並進駆動部と、を有する請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の工作機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明の実施形態は、工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば長尺状に形成される蒸気タービン用のロータは、軸方向に分割された複数のロータ部品を組み付けることにより構成される。各ロータ部品には、隣り合うロータ部品と組み付けるためにフランジ部にカップリング孔が設けられる。カップリング孔を各ロータ部品に設けるためには、例えば、互いに直交する 3 軸 (XYZ) に並進移動可能な主軸をもつ横中ぐり盤が一般的に用いられる。

【0003】

30

カップリング孔の加工精度でロータ同士を直接結合するためには、孔の円筒度・位置度・直径等におおよそ 30 μm オーダの加工精度が求められる。そうでなければロータ組立時に一体で結合部の孔加工を行う必要が生じ、高コストとなってしまう。そこで、工作機械の各直線軸 (XYZ) 方向の並進誤差だけでなく、3 次元的な空間誤差を測定して校正する校正方法が開発されている (例えば、非特許文献 1 参照)。とりわけ、独エタロン社製の Laser Tracer は、サブ μm の測定精度を実現している。この技術によれば、各直線軸 (XYZ) 方向の並進誤差、回転誤差に加えて、重なり合った 3 軸の直角度の誤差も計測することができ、3 次元的な空間誤差を精度良く計測し校正することができる。しかしながら工具先端点の空間誤差を 3 次元的に補正できても、横中ぐり盤での深孔ボーリング加工で顕在化する主軸繰り出しに伴う軸の倒れに関しては、本手法では補正できない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2012 - 131010 号公報

【特許文献 2】特許第 5058270 号明細書

【特許文献 3】特開 2007 - 268682 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】Schwenke H, Franke M, Hannaford J (

50

2005) Error Mapping of CMMs and Machine Tools by a Single Tracking Interferometer. Annals of the CIRP 54(1): 475 - 478

【非特許文献2】特許庁総務部技術調査課（2003）、次世代工作機械（高精度・高効率，環境対応，超精密機械加工技術）に関する特許出願技術動向調査

【非特許文献3】L. Uriarte, M. Zatarain, D. Axintec, J. Yague-Fabrad, S. Ihlenfeldt, J. Eguiaa, A. Olarraa (2013) Machine tools for large parts. Annals of the CIRP 62(2): 731-750

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このようにして校正された工作機械のワーク保持部にワークが取り付けられる。このとき、ワークが工具を保持する主軸に対して傾いていると、ワークの主軸に対する傾きが小さくなるように、ワーク保持部を調整する必要がある。しかしながら、大型のワークの重量は典型的には数十トン以上になるため、ワーク保持部を調整するのに多大な労力及び時間を必要とした。

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、ワークと主軸との傾きを容易に調整することが可能な工作機械を提供することである。

20

【0008】

なお、ワーク保持部を調整する労力及び時間を抑えるべく、ワークの主軸に対する傾きがある程度許容する代わりに、主軸の送り範囲を制限し前記傾きの影響の大きい送り範囲を利用しない手法も考えられる。しかしながら、主軸の送り範囲を制限してしまうと、ワークの大きさによってはワークを加工することができなくなってしまう。

【課題を解決するための手段】

【0009】

実施の形態に係る工作機械は、ワークに所望の大きさの孔を加工するための工作機械である、工作機械は、本体部と、前記本体部に支持され、ワークを保持するワーク保持部と、工具を保持する主軸と、前記主軸を回転軸の周りで回転可能に保持するスピンドル、及び、前記スピンドルの周りを覆うハウジングを有するスピンドルユニットと、前記スピンドルユニットに保持された前記主軸の前記ワークに対する傾きを変更可能となるように当該スピンドルユニットを保持し、且つ、前記スピンドルユニットを前記本体部に対して相対移動させる軸傾け並進駆動手段と、前記ハウジングに固定され、当該ハウジングから前記主軸の周りを取り囲むように延び出るセンサマウントと、前記センサマウントに保持され各々が計測対象との距離を計測可能な複数のセンサからなるセンサ群と、前記センサ群による計測結果に基づいて前記軸傾け並進駆動手段を制御して、前記主軸の前記ワークに対する傾きを補正する制御部と、を備える。

30

【発明の効果】

【0010】

40

本発明の実施の形態による工作機械によれば、軸傾け並進駆動手段によって主軸と共にセンサ群を回転軸の軸方向に沿って送り、センサ群によってワークと主軸との傾きを把握することができる。この結果、ワークと主軸との傾きが小さくなるように軸傾け並進駆動手段を調整することで、ワークと主軸との傾きを容易に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】一実施の形態による工作機械の構成の一例を示す概略斜視図。

【図2】ワークに基準孔プレートを取り付けた状態を示す概略断面図。

【図3】図1に示す工作機械の要部を示す概略断面図。

【図4】図1に示す工作機械の軸傾け並進駆動手段の軸傾け部を示す斜視図。

50

【図 5】図 3 に示す線 V - V に沿った工作機械の断面を示す概略断面図。

【図 6】図 1 に示す工作機械の作用を説明するための図であって、主軸を回転軸の軸方向に沿って或る位置まで送り、各センサがワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようすを示した断面図である。

【図 7】図 1 に示す工作機械の作用を説明するための図であって、図 6 に示す状態から主軸をさらに送り、各センサがワークに設けられた孔を規定する壁面との距離を計測するようすを示した断面図である。

【図 8】図 1 に示す工作機械の作用を説明するための図であって、図 6 に示す位置まで主軸を送ったときのワークを加工するようすを示した断面図である。

【図 9】図 1 に示す工作機械の作用を説明するための図であって、図 7 に示す位置まで主軸を送ったときのワークを加工するようすを示した断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図 1 乃至図 9 を参照して、一実施の形態による工作機械 1 について説明する。図 1 は、一実施の形態による工作機械 1 の構成の一例を示す概略斜視図である。図 1 に示す工作機械 1 は、ワーク 3 に所望の大きさの孔 3 a (図 2 参照) を加工するための工作機械である。このような工作機械 1 として、例えば、横中ぐり盤、門型加工機及びガントリー型加工機が挙げられる。このうち、横中ぐり盤は、水平方向に平行な回転軸 r の周りで工具 2 と共に主軸 3 0 を回転させることにより、ワーク 3 に所望の孔 3 a を形成する。門型加工機及びガントリー型加工機は、鉛直方向に沿った回転軸の周りで工具と共に主軸を回

【0013】

とりわけ、図 1 に示す工作機械 1 は、大型のワーク 3 を加工するよう構成されている。大型のワーク 3 を加工する場合、種々の誤差要因が顕在化し、 μm オーダの加工精度を確保することが容易ではない。このため、大型のワーク 3 を加工する工作機械 1 において、加工精度を高めることが所望されている。大型のワーク 3 を加工する工作機械 1 においては、一例として、各軸方向の位置決め精度は、 $0.005 \sim 0.010\text{ mm}$ 程度で管理される。

【0014】

図 1 に示すように、工作機械 1 は、建物の床面に設置される本体部 1 0 と、当該本体部 1 0 に支持され、ワーク 3 を保持するワーク保持部 2 0 と、を備えている。このうち、本体部 1 0 は、建物の床面に設置されるベッド 1 1 を有している。ベッド 1 1 は、水平面に沿った平板状の形状を有している。

【0015】

ワーク保持部 2 0 は、加工対象となるワーク 3 を本体部 1 0 に対して精度良く位置決める。ワーク保持部 2 0 は、支持台とも呼ばれる。ワーク保持部 2 0 としては、本工作機械 1 の分野においてそれ自体既知のワーク保持部を使用することができるため、ここでは詳細な説明を省略する。

【0016】

図 2 に、ワーク保持部 2 0 に保持されたワーク 3 の一例を示す。図 2 に示すワーク 3 は、蒸気タービン用のロータの一部を構成するロータ部品である。複数のロータ部品 3 を組み付けることにより蒸気タービン用のロータが構成される。各ロータ部品 3 は円筒状の形状を有し、各ロータ部品 3 には、隣り合うロータ部品 3 と組み付けるための複数のカップリング用の孔 3 a が設けられる。複数のカップリング用の孔 3 a は、各ロータ部品の周縁となる領域に周方向に沿って並べて配置されている。図 2 に示す状態において、ロータ部

品 3 に設けられたカップリング用の孔 3 a は、下孔として形成されている。本実施の形態の工作機械 1 では、この下孔に仕上げ加工を施すようになっている。

【 0 0 1 7 】

さらに、ワーク 3 の主軸 3 0 側を向く面に基準孔プレート 5 が取り付けられている。基準孔プレート 5 は、後述するようにして、回転軸 r の軸方向に沿った主軸 3 0 の送り量に応じて変化し得る、ワーク 3 と主軸 3 0 との傾き（図 7 参照）を効率よく把握するために利用される。本実施の形態の基準孔プレート 5 は、ワーク 3 にスペーサ 4 を介して取り付けられている。スペーサ 4 は、ワーク 3 と基準孔プレート 5 との間に間隔を形成するために設けられている。一例として、基準孔プレート 5 の Z 軸方向の長さは、ワーク 3 の長さと同程度に形成され、且つ、スペーサ 4 の Z 軸方向の長さよりも長く設定され得る。

10

【 0 0 1 8 】

図 2 に示すように、スペーサ 4 及び基準孔プレート 5 には、ワーク 3 の複数のカップリング用の孔 3 a に対応して複数の孔 4 a 及び複数の孔 5 a がそれぞれ設けられている。したがって、ワーク 3 の孔 3 a、スペーサ 4 の孔 4 a 及び基準孔プレート 5 の孔 5 a は、Z 軸方向からみたときに重なっている。また、ワーク 3 の孔 3 a の中心線 C 3、スペーサ 4 の孔 4 a の中心線 C 4 及び基準孔プレート 5 の孔 5 a の中心線 C 5 は、Z 軸方向からみたときに一致するように、例えば高精度接触式タッチプローブ（例えばレニショー製 R M P 6 0 0）や接触式ダイヤルゲージ等を用いて、基準孔プレート 5 の位置精度を保証している。

【 0 0 1 9 】

20

図 3 は、図 1 に示す工作機械 1 の要部を示す概略縦断面図である。図 3 に示すように、工作機械 1 は、工具 2 を保持する主軸 3 0 と、主軸 3 0 を回転軸 r の周りで回転可能に保持するスピンドルユニット 4 0 と、スピンドルユニット 4 0 に保持された主軸 3 0 のワーク 3 に対する傾き を変更可能となるように当該スピンドルユニット 4 0 を保持し、且つ、スピンドルユニット 4 0 を本体部 1 0 に対して相対移動させる軸傾け並進駆動手段 5 0 と、をさらに備えている。

【 0 0 2 0 】

工具 2 を保持する主軸 3 0 は、スピンドルユニット 4 0 から回転軸 r の延びる方向に沿って軸状に延び出している。軸状の主軸 3 0 は、その先端部において工具 2 を所定の角度で保持し、スピンドルユニット 4 0 の回転駆動により工具 2 と共に回転する。工具 2 は、主軸 3 0 の先端から回転軸 r に直交する方向に突出している。本実施の形態において、工具 2 が主軸 3 0 の先端から突出する量を調整可能になっている。工具 2 の突出量を調整することにより、加工される孔 3 a の大きさを調整することができる。

30

【 0 0 2 1 】

一方、スピンドルユニット 4 0 は、主軸 3 0 を回転軸 r の周りで回転可能に保持するスピンドル 4 1 と、スピンドル 4 1 の周りを覆うハウジング 4 2 と、スピンドル 4 1 及びハウジング 4 2 が取り付けられたベースプレート 4 3 と、を有している。スピンドル 4 1 には、主軸 3 0 の基端部が回転軸 r の延びる方向に沿って挿入されている。スピンドル 4 1 はモータを内蔵しており、スピンドル 4 1 は回転軸 r を中心として自転可能になっている。したがって、スピンドル 4 1 が自転すると、スピンドル 4 1 に保持された主軸 3 0 も回転軸 r を中心として自転するようになっている。

40

【 0 0 2 2 】

図 3 に示す例では、スピンドル 4 1 は、ベースプレート 4 3 に回転可能に支持されている。ベースプレート 4 3 は、円盤状の部材からなる。そして、ベースプレート 4 3 の周縁からスピンドル 4 1 の周りを覆うようにハウジング 4 2 が延び出している。ハウジング 4 2 は、ベースプレート 4 3 に固定され、スピンドル 4 1 と離間している。このため、スピンドル 4 1 が回転軸 r を中心として自転してもハウジング 4 2 は回転軸 r の周りを回転しないようになっている。なお、このハウジング 4 2 には、後述するセンサマウント 7 0 が固定されている。

【 0 0 2 3 】

50

上述したスピンドルユニット40のベースプレート43をワーク3に対して傾けることが可能となるように、ベースプレート43に軸傾け並進駆動手段50が接続されている。図1に示すように、軸傾け並進駆動手段50は、スピンドルユニット40に保持された主軸30のワーク3に対する傾きを変更可能となるように当該スピンドルユニット40を保持する軸傾け部51と、軸傾け部51を本体部10に対して相対移動させる並進駆動部61と、を有している。軸傾け部51は、スピンドルユニット40をワーク3に対して接離させることも可能に構成されている。

【0024】

先ず、軸傾け部51について図4を参照して説明する。図4は、軸傾け部51を示す斜視図である。図4に示すように、軸傾け部51は、Z軸方向に沿って延びる3本の直線ガイドレール52と、各々に対応する直線ガイドレール52上に摺動可能に配置された3つの駆動スライダ53と、各々に対応する駆動スライダ53とベースプレート43との間を延び、駆動スライダ53及びベースプレート43に対して旋回自在なリンクロッド54と、を有している。

【0025】

図4に示すように、3本の直線ガイドレール52は、ベースプレート43の周りを取り囲むように配置されている。3本の直線ガイドレール52は、回転軸rの回転方向d1に沿って120°ずつずれて配置されている。

【0026】

各直線ガイドレール52には駆動スライダ53が摺動自在に配置されている。各駆動スライダ53は、不図示のアクチュエータに連結され、Z軸方向に直線ガイドレール52に沿って移動可能になっている。各駆動スライダ53は、リンクロッド54を介してベースプレート43に連結されている。本実施の形態では、駆動スライダ53とリンクロッド54とは3自由度を有する球面ジョイント55aにより連結され、リンクロッド54とベースプレート43とは2自由度を有するユニバーサルジョイント55bにより連結されている。

【0027】

また、各々に対応する直線ガイドレール52上に、駆動スライダ53よりも主軸30に近接して3つの従動スライダ56が摺動自在に配置されている。3つの従動スライダ56に囲まれる領域内に、当該3つの従動スライダ56に固定された環状の第1リング部材57が固定されている。3つの従動スライダ56が直線ガイドレール52に沿って移動することにより、第1リング部材57がZ軸方向に並進移動することができる。

【0028】

さらに、図4に示すように、第1リング部材57に、X軸方向に延びる第1連結軸57aを介して環状の第2リング部材58が支持されている。したがって、第2リング部材58は、X軸方向の周りを第1リング部材57に対して回転可能になっている。本実施の形態では、第2リング部材58は、ベースプレート43の周りを取り囲んでいる。第2リング部材58とベースプレート43とに、Y軸方向に沿って延びる第2連結軸58aが連結されている。第2連結軸58aは、第2リング部材58にロータリージョイントを介して回転可能に支持され、ベースプレート43に固定されている。したがって、ベースプレート43は、Y軸方向の周りを第2リング部材58に対して回転可能になっている。

【0029】

このような軸傾け部51によれば、各駆動スライダ53を対応する直線ガイドレール52上で他の駆動スライダ53と独立して移動させることにより、スピンドルユニット40及び主軸30のワーク3に対する傾きを調整することができる。また、各駆動スライダ53をZ軸方向に沿って他の駆動スライダ53と同じ量だけ移動させることにより、スピンドルユニット40をZ軸方向に移動させること、すなわちワーク3に対して接離させることもできる。

【0030】

このような軸傾け部51は、図1に示すように、本体部10に対して相対移動可能とな

10

20

30

40

50

るよう、並進駆動部 6 1 によって支持されている。軸傾け部 5 1 を支持する並進駆動部 6 1 は、ベッド 1 1 から鉛直方向 Y 上方に延び出し、ワーク保持部 2 0 と Z 軸方向に対向している。図 1 に示す並進駆動部 6 1 は、軸傾け部 5 1 を Y 軸方向及び X 軸方向の 2 方向に並進移動可能に支持している。本実施の形態において、並進駆動部 6 1 は、軸傾け部 5 1 と共にスピンドルユニット 4 0 を X 軸方向に移動させる X 稼働要素 6 3 と、軸傾け部 5 1 と共にスピンドルユニット 4 0 を Y 軸方向に移動させる Y 稼働要素 6 2 と、を含んでいる。なお、上述のように、本実施の形態では、スピンドルユニット 4 0 の Z 軸方向への移動は、軸傾け部 5 1 によりなされる。

【 0 0 3 1 】

ところで、大型のワーク 3 を加工する工作機械 1 において、ワーク 3 が主軸 3 0 に対して相対的に傾くと、 μm オーダの加工精度を確保することが困難となり得る。そこで、本実施の形態の工作機械 1 は、ワーク 3 と主軸 3 0 との傾きを把握し容易に調整することができるよう、スピンドルユニット 4 0 のハウジング 4 2 から主軸 3 0 の周りを取り囲むように延びるセンサマウント 7 0 と、センサマウント 7 0 に保持された複数のセンサ 8 2 からなるセンサ群 8 0 と、センサ群 8 0 による計測結果に基づいて軸傾け並進駆動手段 5 0 を制御して、主軸 3 0 のワーク 3 に対する傾きを補正する制御部 9 0 と、をさらに備えている。このような工作機械 1 によれば、センサ 8 2 を用いてワーク 3 と主軸 3 0 との傾きを把握することで、ワーク 3 と主軸 3 0 との傾きが小さくなるように軸傾け並進駆動手段 5 0 を制御することができる。

【 0 0 3 2 】

先ず、センサマウント 7 0 について説明し、その後センサマウント 7 0 に保持された複数のセンサ 8 2 について説明する。図 3 に示すように、センサマウント 7 0 は、中空の筒状の形状を有しており、この中空の部分の主軸 3 0 が回転軸 r の軸方向に通って抜けている。センサマウント 7 0 は、ハウジング 4 2 の周縁から延び出し、主軸 3 0 との間に間隔を空けている。図 3 に示すセンサマウント 7 0 は、主軸 3 0 のうち、スピンドル 4 1 に取り付けられた基端部から、基端部と先端部との間となる中間位置までを取り囲んでいる。

【 0 0 3 3 】

また、センサマウント 7 0 は、スピンドルユニット 4 0 のハウジング 4 2 に固定されている。したがって、スピンドル 4 1 と共に主軸 3 0 が回転軸 r を中心として自転しても、センサマウント 7 0 は回転軸 r の周りを回転しない。

【 0 0 3 4 】

センサマウント 7 0 に複数のセンサ 8 2 からなるセンサ群 8 0 が保持されている。各センサ 8 2 は、計測対象との距離を計測可能となっている。ここでいう計測対象とは、ワーク 3 と主軸 3 0 との傾きを把握するために、センサ 8 2 によって距離を計測される対象物上の位置をいう。本実施の形態では、センサ 8 2 の計測対象として、ワーク 3 の孔 3 a を規定する壁面 3 b 上の位置あるいは基準孔プレート 5 の孔 5 a を規定する壁面 5 b 上の位置が挙げられる。複数のセンサ 8 2 によって計測対象との距離を計測することにより、後述するようにして主軸 3 0 とワーク 5 との傾きを把握することが可能となる。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、回転軸 r に直交する断面において、主軸 3 0 及びセンサ 8 2 を示した断面図である。図 5 に示すように、センサ群 8 0 は、回転軸 r の回転方向 $d 1$ に並べられた複数のセンサ 8 2 からなる小センサ群 8 1 を複数含んでいる。本実施の形態では、各小センサ群 8 1 に含まれる複数のセンサ 8 2 は、回転軸 r の回転方向 $d 1$ に沿って等間隔に並べられている。言い換えると、各小センサ群 8 1 に含まれる複数のセンサ 8 2 は、回転軸 r を中心として回転対称となるような位置に配置されている。図 5 に示す例では、各小センサ群 8 1 は、回転軸 r の回転方向 $d 1$ に沿って 120° ずれた位置に 1 つずつ配置されたセンサ 8 2 を合計で 3 つ含んでいる。

【 0 0 3 6 】

さらに、図 3 に示すように、複数の小センサ群 8 1 は、回転軸 r の軸方向に沿って並べて配置されている。本実施の形態では、3 つの小センサ群 8 1 が、回転軸 r の軸方向に沿

10

20

30

40

50

って等間隔に並んでいる。なお、本実施の形態におけるセンサ群 80 に含まれる複数のセンサ 82 の配列は、一例であって、仕様に応じて適宜決定される。例えば、小センサ群 81 に含まれる複数のセンサ 82 は、回転軸 r の回転方向 d1 に沿って互いに異なる間隔に並べられていてもよいし、隣り合う小センサ群 81 の間隔が、互いに異なってもよい。

【0037】

本実施の形態のセンサ 82 は、いわゆる非接触型の絶対距離計にて構成されている。非接触型の変位計の一例として、静電容量変位計(Lion Precision)や渦電流式変位計等の小型ヘッドの高精度センサが挙げられる。非接触型の変位計の他の例として、マルチチャンネルファイバ距離計(Etalon Multiline、ドイツEtalon社製)が挙げられる。絶対距離計は、サブ μm ~数 μm オーダの絶対距離計測精度を実現することができる。

10

【0038】

次に、各センサ 82 の計測結果に基づいて軸傾け並進駆動手段 50 を制御する制御部 90 について説明する。制御部 90 は、センサ群 80 に含まれるセンサ 82 の計測結果に基づいて軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、主軸 30 のワーク 3 に対する傾きを補正するようになっている。

【0039】

以下、図 6 乃至図 9 を参照して、制御部 90 による制御の一例について説明する。図 6 乃至図 9 は、制御部 90 による制御の各状態を示す断面図である。先ず事前に、ワーク 3 の主軸 30 側を向く面に、基準孔プレート 5 をスペーサ 4 を介して取り付ける。一例として、ワーク 3 に設けられた複数の孔 3a のうちの一部と基準孔プレート 5 に設けられた複数の孔 5a のうちの一部とに不図示のボルトを挿入することによって、ワーク 3 に基準孔プレート 5 を固定する。ワーク 3 に基準孔プレート 5 を取り付けした後、例えば高精度接触式タッチプローブや接触式ダイヤルゲージ等を用いて、基準孔プレート 5 の位置精度を保証する。

20

【0040】

このような段取りが終了した後、図 6 に示すように、制御部 90 は、軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、センサ群 80 と共に主軸 30 を基準孔プレート 5 の孔 5a 内に送る。本実施の形態の工作機械 1 では、少なくとも図 6 に示す主軸 30 の送り位置において、基準孔プレート 5 の孔 5a 内にある小センサ群 81 の各センサ 82 が、基準孔プレート 5 の孔 5a を規定する壁面 5b 上の位置との距離を計測するようになっている。

30

【0041】

とりわけ、本実施の形態では、センサ群 80 は、回転軸 r の回転方向 d1 に並べられた複数のセンサ 82 からなる小センサ群 81 を複数含んでいる(図 5 参照)。これにより、各小センサ群 81 が位置する回転軸 r に直交する平面内における、基準孔プレート 5 の孔 5a の中心線 C5 と回転軸 r とのずれを把握することができる。言い換えると、各小センサ群 81 が位置する回転軸 r の軸方向の位置での、基準孔プレート 5 の孔 5a の中心線 C5 と回転軸 r とのずれを把握することができる。なお、基準孔プレート 5 の孔 5a の中心線 C5 と回転軸 r とのずれを精度よく把握する観点から、各小センサ群 81 は、回転軸 r の回転方向 d1 に並べられた少なくとも 3 つのセンサ 82 を含むのが好ましい。さらに、複数の小センサ群 81 が回転軸 r の軸方向に沿って並べて配置されていることから、各小センサ群 81 が位置する回転軸 r に直交する平面内における、基準孔プレート 5 の孔 5a の中心線 C5 と回転軸 r とのずれを対比することにより、回転軸 r とワーク 3 の孔 3a の中心線 C3 との傾きつまり主軸 30 とワーク 3 との傾きを把握することができる。なお、制御部 90 がセンサ群 80 による計測結果を用いて主軸 30 とワーク 3 との傾きを演算する方法は、それ自体既知の方法を採用することができる。例えば、センサ群 80 からのアナログ信号を A/D 変換器でデジタル信号として制御部 90 に取り込み、主軸 30 とワーク 3 との傾きを最適化するような信号を制御部 90 から軸傾け部 51 へ送るような手法が採用され得る。

40

50

【 0 0 4 2 】

このように、主軸 3 0 が或る送り位置に位置するときにセンサ群 8 0 が計測した計測結果から特定された主軸 3 0 のワーク 3 に対する傾き を用いて、主軸 3 0 の繰り出し位置を考慮せずに、主軸 3 0 とワーク 3 との傾きを補正して加工することも可能である。この場合、ワーク保持部 2 0 にワーク 3 を取り付けたときのワーク 3 の位置決め誤差つまり据付誤差に起因する主軸 3 0 とワーク 3 との傾きを少なくとも修正してワーク 3 の孔 3 a を加工することができる。ただし、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き は、主軸 3 0 の回転軸 r の軸方向に沿った送り量に応じて変動するような工作機械 1 の仕様もあり得る。とりわけ、軸傾け並進駆動手段 5 0 による Z 軸方向における移動範囲が広い場合に、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き が主軸 3 0 の回転軸 r の軸方向に沿った送り量に応じて変動する。そこで、本実施の形態の制御部 9 0 は、図 7 から理解されるように、主軸 3 0 と共にセンサ群 8 0 を回転軸 r の軸方向に沿って各送り位置を通過するように送り続ける。そして、主軸 3 0 が各送り位置に位置するときの各々において（例えば図 6、図 7 に示す位置）、各センサ群 8 0 は、回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、基準孔プレート 5 に設けられた孔 5 a を規定する壁面 5 b との距離を計測する。これにより、制御部 9 0 は、主軸 3 0 が図 6 に示す送り位置に位置するときにセンサ群 8 0 が計測した計測結果から、図 6 に示す送り位置における主軸 3 0 とワーク 3 との傾き を、図 7 に示す送り位置における主軸 3 0 とワーク 3 との傾き と独立して特定することができる。さらにいえば、本実施の形態の制御部 9 0 は、回転軸 r の軸方向に沿った主軸 3 0 の送り量に応じて、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き を把握することができる。

10

20

【 0 0 4 3 】

次に、制御部 9 0 は、センサ群 8 0 に含まれるセンサ 8 2 の計測結果に基づいて軸傾け並進駆動手段 5 0 を制御して、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き を補正して加工する。具体的には、図 8 に示すように、制御部 9 0 は、主軸 3 0 を回転軸 r の軸方向に沿って移動させ、主軸 3 0 に保持された工具 2 を基準孔プレート 5 内に挿入する。次に、制御部 9 0 は、仕上げ加工される孔 3 a の大きさに合わせて、工具 2 が主軸 3 0 の先端からの突出量を調整する。次に、制御部 9 0 は、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き が小さくなるように軸傾け部 5 1 を制御しながら、ボーリング加工によりスペーサ孔 4 a 及びワーク 3 の孔 3 a の仕上げ加工を行う。これにより、回転軸 r を中心として回転する工具 2 がワーク 3 の孔 3 a を規定する壁面 3 b を円筒状に加工していく。

30

【 0 0 4 4 】

本実施の形態において、制御部 9 0 は、回転軸 r の軸方向に沿った主軸 3 0 の送り量に応じて、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き を補正するようになっている。これにより、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き が、主軸 3 0 の回転軸 r の軸方向に沿った送り量に応じて変動しても、主軸 3 0 とワーク 3 との傾き が常に小さくなるように軸傾け部 5 1 を制御しながら、ワーク 3 の孔 3 a の仕上げ加工を行うことができる。

【 0 0 4 5 】

図示する例では、図 6 に示す主軸 3 0 の送り位置と、図 8 に示す主軸 3 0 の送り位置とが、同一になっており、図 7 に示す主軸 3 0 の送り位置と、図 9 に示す主軸 3 0 の送り位置とが、同一になっている。そして、図 8 に示す主軸 3 0 の送り位置では、図 6 に示す主軸 3 0 の送り位置にて特定された主軸 3 0 とワーク 3 との傾き量 に相当する量だけ、主軸 3 0 とワーク 3 との傾きを調整している。同様に、図 9 に示す主軸 3 0 の送り位置では、図 7 に示す主軸 3 0 の送り位置にて特定された主軸 3 0 とワーク 3 との傾き量 に相当する量だけ、主軸 3 0 とワーク 3 との傾きを調整している。したがって、本実施の形態の制御部 9 0 は、回転軸 r の軸方向に沿って主軸 3 0 を送った各送り位置（図 8、図 9 に示す位置）において、主軸 3 0 とワーク 3 との傾きを補正する量は、各センサ 8 2 が、当該送り位置（図 6、図 7 に示す位置）にて基準孔プレート 5 に設けられた孔 5 a を規定する壁面 5 b との距離を計測した計測結果から特定された主軸 3 0 とワーク 3 との傾き量 に相当、より詳細には一致している。

40

【 0 0 4 6 】

50

以上のように、本実施の形態による工作機械 1 は、本体部 10 と、本体部 10 に支持され、ワーク 3 を保持するワーク保持部 20 と、工具 2 を保持する主軸 30 と、主軸 30 を回転軸 r の周りで回転可能に保持するスピンドル 41、及び、スピンドル 41 の周りを覆うハウジング 42 を有するスピンドルユニット 40 と、スピンドルユニット 40 をワーク 3 に対して傾け可能に保持し、且つ、スピンドルユニット 40 を本体部 10 に対して相対移動させる軸傾け並進駆動手段 50 と、ハウジング 42 に固定され、当該ハウジング 42 から主軸 30 の周りを取り囲むように延びるセンサマウント 70 と、センサマウント 70 に保持され各々が計測対象との距離を計測可能な複数のセンサ 82 からなるセンサ群 80 と、センサ群 80 による計測結果に基づいて軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を補正する制御部 90 と、を備える。このような工作機械 1 によれば、軸傾け並進駆動手段 50 によって主軸 30 と共に複数のセンサ 82 を回転軸 r の軸方向に沿って送り、センサ 82 がワーク 3 に設けられた孔 3a を規定する壁面 3b または基準孔プレート 5 に設けられた孔 5a を規定する壁面 5b との距離に関する情報を取得することができる。これにより、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を把握することができ、この結果、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が小さくなるように軸傾け並進駆動手段 50 を調整することで、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を容易に調整することができる。

10

【0047】

また、本実施の形態によれば、センサ群 80 は、回転軸 r の回転方向 d1 に並べられた複数のセンサ 82 からなる小センサ群 81 を複数含んでいる。この場合、各小センサ群 81 が位置する回転軸 r に直交する平面内における、基準孔プレート 5 の孔 5a と回転軸 r とのずれを把握することができる。さらに、本実施の形態によれば、複数の小センサ群 81 が回転軸 r の軸方向に沿って並べて配置されている。この場合、各小センサ群 81 が位置する回転軸 r に直交する平面内における、基準孔プレート 5 の孔 5a と回転軸 r とのずれを互いに対比することにより、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を把握することができる。

20

【0048】

また、本実施の形態によれば、制御部 90 は、軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、センサ群 80 と共に主軸 30 を回転軸 r の軸方向に沿って少なくとも或る送り位置（例えば図 6 に示す位置）まで送り、主軸 30 が前記或る送り位置に位置するときに、センサ群 80 は、回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、基準孔プレート 5 に設けられた孔 5a を規定する壁面 5b との距離を計測するようになっており、制御部 90 は、主軸 30 が前記或る送り位置に位置するときにセンサ群 80 が回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて基準孔プレート 5 に設けられた孔 5a を規定する壁面 5b との距離を計測した計測結果から、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を特定することができるようになっている。このような形態によれば、ワーク保持部 20 にワーク 3 を取り付けたときのワーク 3 の位置決め誤差に起因する主軸 30 とワーク 3 との傾きを少なくとも修正してワーク 3 の孔 3a を加工することができる。

30

【0049】

また、本実施の形態によれば、制御部 90 は、軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、センサ群 80 と共に主軸 30 を回転軸 r の軸方向に沿って各送り位置を通過するように送り、主軸 30 が各送り位置に位置するときの各々において（例えば図 6、図 7 に示す位置）、センサ群 80 は、回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、基準孔プレート 5 に設けられた孔 5a を規定する壁面 5b との距離を計測するようになっており、制御部 90 は、主軸 30 が各送り位置に位置するときにセンサ群 80 が回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて基準孔プレート 5 に設けられた孔 5a を規定する壁面 5b との距離を計測した計測結果から、各送り位置（例えば図 6 に示す位置）における主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を他の送り位置（例えば図 7 に示す位置）における前記傾き と独立して特定することができるようになっている。このような形態によれば、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が、回転軸 r の軸方向に沿って主軸 30 を送った各位置において変動

40

50

しても、当該各位置において主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が小さくなるように軸傾け並進駆動手段 50 を制御しながら、ワーク 3 の孔 3 a を加工することができる。

【 0 0 5 0 】

また、本実施の形態によれば、制御部 90 は、回転軸 r の軸方向に沿って主軸 30 を送った各送り位置（例えば図 8、図 9 に示す位置）において、主軸 30 とワーク 3 との傾きを補正する量は、各センサ 82 が、当該送り位置（例えば図 6、図 7 に示す位置）にて基準孔プレート 5 に設けられた孔 5 a を規定する壁面 5 b との距離を計測した計測結果から特定された主軸 30 とワーク 3 との傾き量に相当、より詳細には一致している。このような形態によれば、各送り位置にて、基準孔プレート 5 を用いてセンサ 82 にて実測した計測結果から特定された主軸 30 とワーク 3 との傾き量 を利用して、当該送り位置における、主軸 30 とワーク 3 との傾き を補正することができるため、主軸 30 とワーク 3 との傾き を極めて小さくすることができる。

10

【 0 0 5 1 】

また、本実施の形態によれば、制御部 90 は、回転軸 r の軸方向に沿った主軸 30 の送り量に応じて、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を補正するようになっている。このような形態によれば、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が、主軸 30 の回転軸 r の軸方向に沿った送り量に応じて変動しても、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が常に小さくなるように軸傾け並進駆動手段 50 を制御しながら、ワーク 3 の孔 3 a を加工することができる。

【 0 0 5 2 】

20

なお、上述した実施の形態では、センサ 82 によって基準孔プレート 5 の孔 5 a を規定する壁面 5 b との距離を計測してワーク 3 と主軸 30 との傾き を調整する例を示したが、このような例に限定されない。基準孔プレート 5 を用いずに、センサ 82 によってワーク 3 の孔 3 a を規定する壁面 3 b との距離を計測してワーク 3 と主軸 30 との傾き を調整してもよい。

【 0 0 5 3 】

具体的には、制御部 90 は、軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、センサ群 80 と共に主軸 30 を回転軸 r の軸方向に沿って少なくとも或る送り位置まで送り、主軸 30 が前記或る送り位置に位置するときに、センサ群 80 は、回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、ワーク 3 に設けられた孔 3 a を規定する壁面 3 b との距離を計測するようになり、制御部 90 は、主軸 30 が前記或る送り位置に位置するときにセンサ群 80 が回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にてワーク 3 に設けられた孔 3 a を規定する壁面 3 b との距離を計測した計測結果から、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を特定することができるようになっていてもよい。この場合、ワーク保持部 20 にワーク 3 を取り付けたときのワーク 3 の位置決め誤差に起因する主軸 30 とワーク 3 との傾きを少なくとも修正してワーク 3 の孔 3 a を加工することができる。

30

【 0 0 5 4 】

さらに、制御部 90 は、軸傾け並進駆動手段 50 を制御して、センサ群 80 と共に主軸 30 を回転軸 r の軸方向に沿って各送り位置を通過するように送り、主軸 30 が各送り位置に位置するときの各々において、センサ群 80 は、回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にて、ワーク 3 に設けられた孔 3 a を規定する壁面 3 b との距離を計測するようになり、制御部 90 は、主軸 30 が各送り位置に位置するときにセンサ群 80 が回転軸 r の軸方向に沿ってずれた複数の位置にてワーク 3 に設けられた孔 3 a を規定する壁面 3 b との距離を計測した計測結果から、各送り位置における主軸 30 のワーク 3 に対する傾き を他の送り位置における前記傾き と独立して特定することができるようになっていてもよい。このような形態によれば、主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が、回転軸 r の軸方向に沿って主軸 30 を送った各位置において変動しても、当該各位置において主軸 30 のワーク 3 に対する傾き が小さくなるように軸傾け並進駆動手段 50 を制御しながら、ワーク 3 の孔 3 a を加工することができる。

40

【 0 0 5 5 】

50

また、上述した実施の形態では、並進駆動部 6 1 による X 軸方向の移動範囲が 1 0 . 5 m、Y 軸方向の移動範囲が 2 . 5 m、Z 軸方向の移動範囲が 1 . 0 m であり、比較的大ストロークをもつ工作機械 1 の例を示したが、このような例に限定されない。工作機械 1 は、例えば直径 1 . 5 m 程度の大型のワーク 3 の周縁領域に配置された孔 3 a を高精度に加工できればよく、必ずしも大ストロークを必要としない。例えば、横中ぐり盤からなる工作機械が、主軸とは別個に大型ワークの粗動回転機構を備えてもよい。この場合、工作機械は、ストロークを極端に小さくしたポータブル機械を構成し得る。並進駆動部による各軸方向の移動範囲が 5 0 0 mm 以下の工作機械では、様々な高精度機械要素(リニアモータ駆動、油静圧案内)を柔軟に組み合わせ、0 . 1 μ m オーダの位置決め精度を達成することも可能である。このような小ストロークの機械では、加工点付近を恒温チャンバで遮蔽し、環境変動を最小限に抑える構成とすることもでき、高精度化にさらに有利となり得る。

10

【0056】

以上において上述した実施の形態に対するいくつかの変形例を説明してきたが、当然に、複数の変形例を適宜組み合わせて適用することも可能である。

【0057】

なお、実施の形態は例示であり、発明の範囲はそれに限定されない。

【符号の説明】

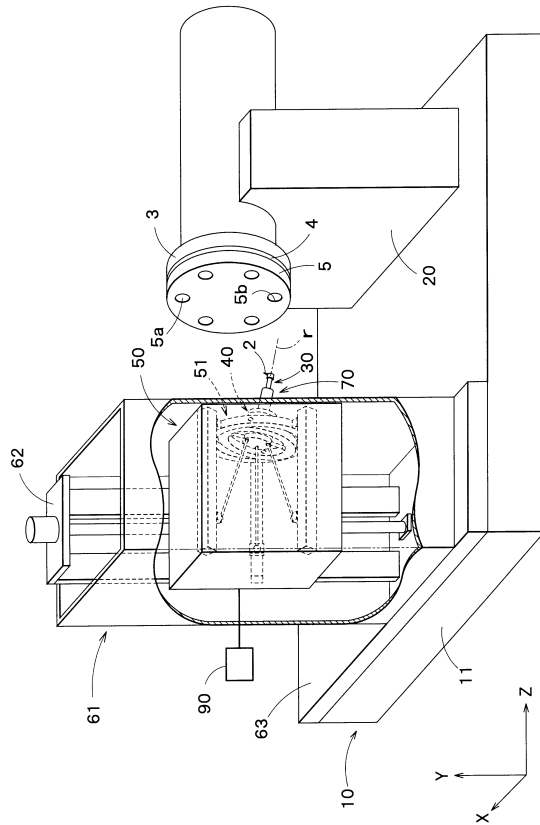
【0058】

1 ... 工作機械、 2 ... 工具、 3 ... ワーク、 3 a ... 孔、 3 b ... 壁面、
4 ... スペーサ、 4 a ... 孔、 5 ... 基準孔プレート、 5 a ... 孔、 5 b ... 壁面、
1 0 ... 本体部、 1 1 ... ベッド、 2 0 ... ワーク保持部、 3 0 ... 主軸、
4 0 ... スピンドルユニット、 4 1 ... スピンドル、 4 2 ... ハウジング、 4 3 ...
ベースプレート、 5 0 ... 軸傾け並進駆動手段、 5 1 ... 軸傾け部、 5 2 ... 直線ガイドレール、
5 3 ... 駆動スライダ、 5 4 ... リンクロッド、 5 5 a ... 球面ジョイント、 5 5 b ... ユニバーサルジョイント、 5 6 ... 従動スライダ、 5 7 ...
第 1 リング部材、 5 7 a ... 第 1 連結軸、 5 8 ... 第 2 リング部材、 5 8 a ...
第 2 連結軸、 6 1 ... 並進駆動部、 6 2 ... Y 軸駆動要素、 7 0 ... センサマウント、
8 0 ... センサ群、 8 1 ... 小センサ群、 8 2 ... センサ、 9 0 ... 制御部、
r ... 回転軸、 d 1 ... 回転方向

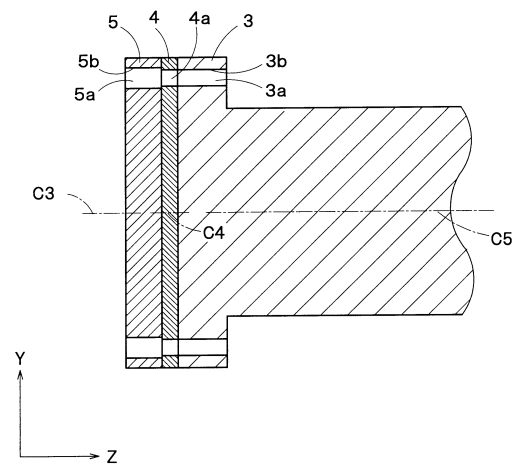
20

30

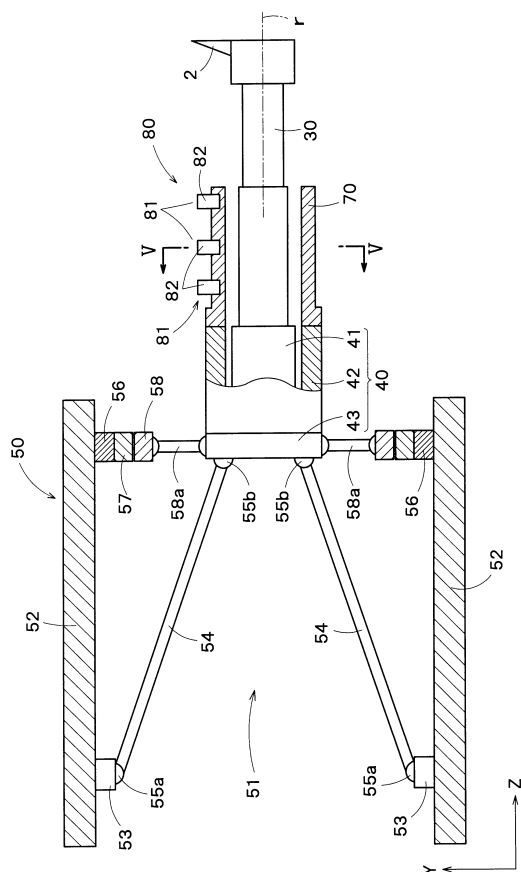
【図 1】



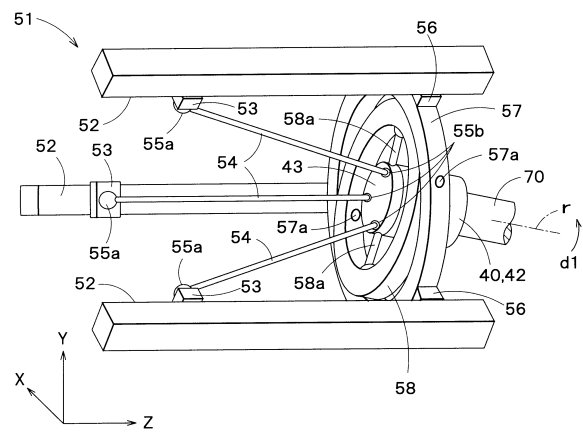
【図 2】



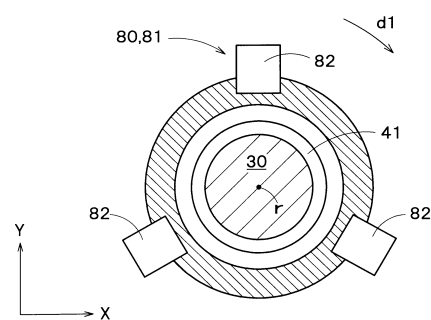
【図 3】



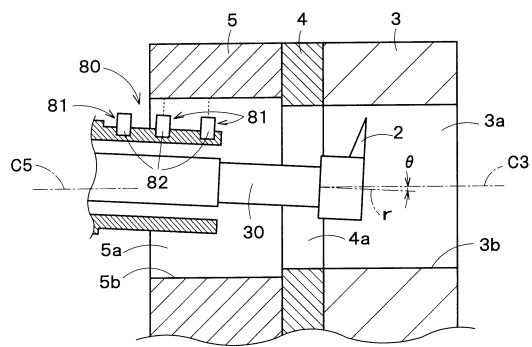
【図 4】



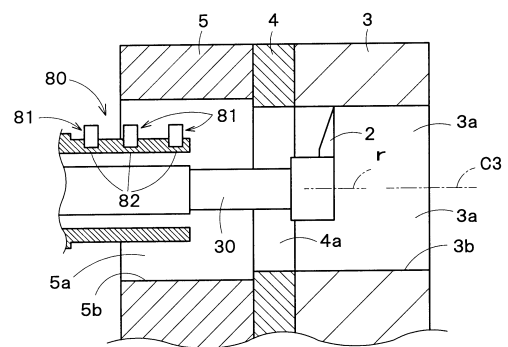
【図 5】



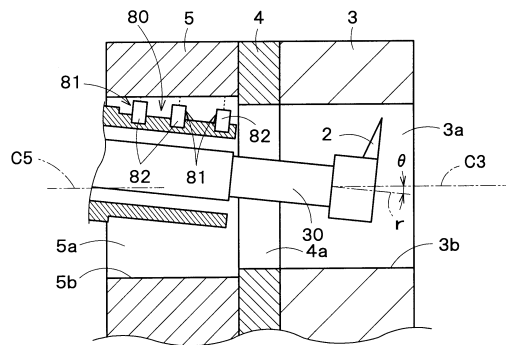
【図 6】



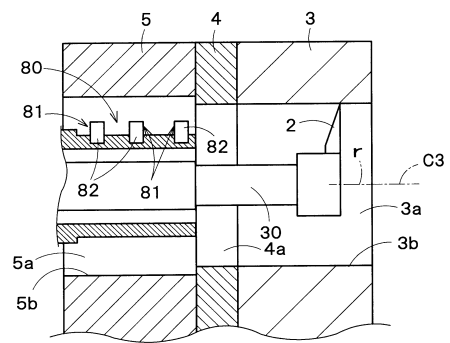
【図 8】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

- (74)代理人 100107582
弁理士 関根 毅
- (74)代理人 100150717
弁理士 山下 和也
- (74)代理人 100164688
弁理士 金川 良樹
- (72)発明者 上北 将広
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 池田 剛志

- (56)参考文献 特開2011-121157(JP, A)
特開平06-218652(JP, A)
特開昭57-156512(JP, A)
米国特許出願公開第2004/0011149(US, A1)
米国特許出願公開第2003/0123945(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23B35/00 - 49/06
B23Q 1/00 - 1/76
9/00 - 9/02
17/00 - 23/00
G01B11/00 - 11/30
21/00 - 21/32