(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3753886号
(P3753886)
(45)発行日　平成18年3月8日(2006.3.8)　(24)登録日　平成17年12月22日(2005.12.22)

(51)Int.Cl.　　F I
B23C 3/28 (2006.01)　　B23C 3/28
B24B 5/06 (2006.01)　　B24B 5/06

請求項の数 21　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平11-88669
(22)出願日　平成11年3月30日(1999.3.30)
(65)公開番号　特開2000-280112(P2000-280112A)
(43)公開日　平成12年10月10日(2000.10.10)
審査請求日　平成14年2月27日(2002.2.27)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100062144
弁理士　青山　葆
(74)代理人　100086405
弁理士　河宮　治
(72)発明者　中筋　智明
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　長谷川　正彦
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高精度加工装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
保持されたワークと、前記ワークに対向する位置でスピンドル主軸に保持されて所定の回転をする工具との間の相対運動により、ワークの加工を行う加工装置において、
ワーク内面壁の深さ方向のＺ軸と、そのＺ軸に直交する工具の送り方向であるＸ軸と、前記Ｚ軸及びＸ軸とに直交するＹ軸と、前記Ｚ軸に平行なワーク軸Ｃ軸との、計４つの軸に関し、
前記ワークと工具とが、前記Ｘ軸とＺ軸との少なくとも２軸に関して相対移動が可能であり、
前記相対移動が可能な少なくとも２軸に対して、そのワークと工具との相対移動の同時制御が可能であり、
加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークと前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転が可能であり、
前記相対回転の中心軸は、加工点との間で相対移動がなく、
前記相対回転量を制御するため、工具にかかる加工抵抗をインプロセスで検出した結果に基づいて前記ワークと前記スピンドル主軸回転軸のいずれか一方もしくは双方を相手側の軸に対して回転させる制御システムを備えていること、
を特徴とする加工装置。
【請求項２】
ワークスピンドルに保持されて所定の回転をするワークと、前記ワークに対向する位置

で少なくとも１つのスピンドル主軸に保持されて所定の回転をする少なくとも１つの工具との間の相対移動により、スクロール渦巻体を加工する加工装置において、
渦巻体の溝深さ方向のＺ軸と、そのＺ軸に直交する工具の送り方向であるＸ軸と、前記Ｚ軸およびＸ軸とに直交するＹ軸との、計3つの相互に直交する軸に関し、
前記ワークと工具とが、少なくとも前記Ｘ軸とＺ軸とに関して相対移動が可能であり、
前記Ｘ軸方向の相対移動と、Ｚ軸と平行な前記ワークの軸であるＣ軸の回転との、少なくとも２つの軸に関する動きが同時に制御可能であり、
加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間で、Ｙ軸に平行な軸であるＢ軸を中心とした相対回転が可能であり、
前記相対回転の中心である前記Ｂ軸は、ワークと工具間の相対移動時においても、加工点との間で相対移動がなく、
前記相対回転量を制御するため、工具にかかる加工抵抗をインプロセスで検出した結果に基づき、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸のいずれか一方もしくは双方を相手側の軸に対して回転させる制御システムを備えていること、
を特徴とする加工装置。

【請求項３】
ワークスピンドルに保持されて所定の回転をする円筒状のワークの内面を、前記ワークに対向する位置でスピンドル主軸に保持されて所定の回転をする研削工具を用いて、前記ワークの円筒の軸であるＺ軸方向へのトラバースと、前記Ｚ軸に直交する前記円筒半径方向のＸ軸方向への送りとにより内面研削を行う加工装置において、
加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間で、Ｙ軸に平行な軸であるＢ軸を中心とした相対回転が可能であり、
前記相対回転の中心である前記Ｂ軸は、ワークと工具間の相対移動時においても、加工点との間で相対移動がなく、
前記相対回転量を制御するため、工具にかかる加工抵抗をインプロセスで検出した結果に基づき、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸のいずれか一方もしくは双方を相手側の軸に対して回転させる制御システムを備えていること、
を特徴とする加工装置。

【請求項４】
前記制御システムが、
スピンドル主軸を固定する主軸台とその主軸台を支持する台板との間に設けられ、前記主軸台を前記Ｂ軸中心に回転可能に支持する回転ガイド部と、
前記回転ガイド部に支持された主軸台にＢ軸中心の回転駆動力を与えるアクチュエータと、
前記Ｂ軸中心の回転量を監視するセンサと、
前記回転量の基準値を含むデータバンクと、
前記データバンクに含まれるデータを基に前記回転量を制御するフィードバック回路と、
を有することを特徴とする、請求項２もしくは３にかかる加工装置。

【請求項５】
前記スピンドル主軸台に回転駆動力を与えるアクチュエータが、圧電素子もしくは磁歪素子であることを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。

【請求項６】
前記スピンドル主軸台に回転駆動力を与えるアクチュエータが、モータ回転駆動による送りねじ機構であることを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。

【請求項７】
前記スピンドル主軸台に回転駆動力を与えるアクチュエータが、モータ回転駆動を行うカム機構であることを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。

【請求項８】
前記回転量の基準値を含むデータバンクには、スピンドル主軸のモータ電流に対する工具変形量とそれに対応する加工誤差補正量即ちＢ軸中心の回転量が含まれ、インプロセスでのスピンドル主軸モータ電流のモニタ結果を上記データと比較演算することにより、前記ワークスピンドル回転軸とスピンドル主軸回転軸との相対回転量を制御することを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。
【請求項９】
前記回転量の基準値を含むデータバンクには、工具もしくはスピンドル主軸回転軸のねじれ角に対する工具変形量とそれに対応する加工誤差補正量即ちＢ軸中心の回転量が含まれ、インプロセスでの工具もしくはスピンドル主軸回転軸のねじれ角モニタ結果を上記データと比較演算することにより、前記ワークスピンドル回転軸とスピンドル主軸回転軸との相対回転量を制御することを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。
【請求項１０】
前記回転量の基準値を含むデータバンクには、
スピンドル主軸の動力に対する工具変形量とそれに対応する加工誤差補正量即ちＢ軸中心の回転量が含まれ、インプロセスでのスピンドル主軸動力モニタ結果を上記データと比較演算することにより、前記ワークスピンドル回転軸とスピンドル主軸回転軸との相対回転量を制御することを特徴とする、請求項４にかかる加工装置。
【請求項１１】
前記データバンクに含まれるデータとの比較演算に基づいて加工したワークを所定の頻度で測定し、その測定結果に基づき前記データバンクに含まれるデータを逐次更新して行くことを特徴とする、請求項８から１０のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１２】
前記加工抵抗による工具たわみを補正するに際し、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸とのＢ軸中心の相対回転に加え、そのＢ軸回転中心とスピンドル主軸とのずれによるＸ軸方向の誤差を補正する手段を更に有することを特徴とする、請求項４から１１のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１３】
前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転との相対回転におけるＢ軸回転の中心軸が、加工点群上もしくは加工点群から工具半径分以内にオフセットして配置されていることを特徴とする、請求項２～１１のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１４】
前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸とのＢ軸中心の相対回転における回転駆動力の伝達方向がＢ軸中心円の接線方向となることを特徴とする、請求項４～１１のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１５】
前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間のＢ軸中心の相対回転を駆動・制御する前記機構が、ワークスピンドルを取り付けたワーク台側に設けられ、前記スピンドル主軸回転軸に対してワークスピンドル回転軸の方をＢ軸中心に回転させることを特徴とする、請求項２～１４のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１６】
前記ワークもしくはワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転は、細かくは秒単位の角度に至るまでの分解能を持つことを特徴とする、請求項１から１５のいずれかにかかる加工装置。
【請求項１７】
スクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体であって、前記スクロール渦巻体の側面の内、渦巻の中心に向いた面である内向面、もしくは前記内向面の裏側の面となる外向面のいずれか一方もしくは双方が、請求項１から１６のいずれか一に記載の加工装置を用いて形成されていることを特徴とするスクロール渦巻体。
【請求項１８】

前記スクロール渦巻体の側面が、切削加工もしくは研削加工により形成されることを特徴とする、請求項１７に記載のスクロール渦巻体。

【請求項１９】

スクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体の側面を加工する方法であって、

加工位置が変化することによって生ずる工具の加工抵抗を検出するステップと、

前記検出結果を予め入力しておいたデータベースと照合するステップと、

前記照合結果に応じ、スクロール渦巻体を保持するワークスピンドル回転軸と工具を保持するスピンドル主軸回転軸との両軸間を相対的に回転させるステップと、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項２０】

前記加工抵抗を検出するステップが、前記スピンドル主軸のモータ電流を検出すること、前記工具もしくはスピンドル主軸回転軸のねじれ角を検出すること、前記スピンドル主軸動力を検出すること、のいずれかを含むことを特徴とする、請求項１９にかかる方法。

【請求項２１】

前記加工が、ミリング加工または研削加工のいずれかであることを特徴とする、請求項１９にかかる方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、短時間で高精度な直角度、真直度、円筒度、平面度等の形状精度を得る高精度加工装置に関するものであり、特にスクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体の側面加工において、切削抵抗もしくは研削抵抗に起因する工具たわみ等を補正する手段を備えた加工装置に関するものである。

【０００２】

更に、高精度な円筒度及び真直度が要求される特に長孔の内面研削加工において、同様に発生する工具たわみ等を補正する手段を備えた内面研削加工装置に関するものである。

【０００３】

【従来の技術】

スクロール圧縮機に用いられる図２に概観を示すようなスクロール渦巻体は、マシニングセンタを利用した製作法から、ワーク回転とインボリュート基礎円接線上を工具が直線運動する同時２軸制御によって加工する方式へと主流が移ってきており、例えば特許公告公報平６－０２８８１２号や特許公開公報平２－４１８４７号等にその内容が開示されている。

【０００４】

一方、長孔ワークの内面を研削加工する場合には、研削盤のワーク回転軸でワークを回転させると共に、砥石軸、スピンドルロータを介して高速回転させた砥石を、前記ワーク内径の半径方向に切り込むと共に、砥石回転軸方向にトラバース移動させることにより内面研削を行っている。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

スクロール圧縮機に用いられるスクロール渦巻体の側面（壁面）加工を行うときには、マシニングセンタを利用した加工方式もしくはワーク回転と工具直線移動の同時２軸制御による加工方式のいずれにおいても、工具は片持ち梁状態となるため半径方向の切削抵抗もしくは研削抵抗を受け、たわむことになる。この結果、切削もしくは研削された前記加工側面は予定のインボリュート形状からずれ、かつスクロール渦巻体の台板部に対する直角度が劣化する。また工具だけでなく、ワークのスクロール渦巻体自身も切削あるいは研削抵抗でたわむため、その加工精度を劣化させるという問題点がある。

【０００６】

このような問題点を解決するために、本出願人は先に特許公開公報平５－５７５１８号において、切削ポイントでの変形量をあらかじめ求め、切れ刃の包絡線がこの工具変形量を

キャンセルするように工具切れ刃形状を整形することを開示している。

【０００７】

しかし、スクロール渦巻体の形状は各点でのワーク曲率半径が異なるため、前記渦巻体の側面の加工を行う際の工具のたわみ及びワークのたわみは、各加工点で異なってくる。ワークの変形について言えば、中心部では曲率半径が小さくワーク剛性が高いため変形しにくいが、外周部では曲率半径が大きくワーク剛性が低下するため変形しやすくなる。一方工具の変形をみると、前記渦巻体の内向面（渦巻の中心に向いた面）を加工する場合と、外向面（その逆の面）を加工する場合によっても状況が異なる。

【０００８】

すなわち、スクロール渦巻体中心部の内向面においては曲率半径が小さく、したがって工具との接触長さが長く加工抵抗が大きくなるため工具は大きくたわみ、外周部の内向面に行くほど曲率半径が大きく接触長さが短くなるためたわみ量は減少する。渦巻体外向面加工になるとさらに接触長さが短くなるため、加工抵抗はより小さく工具変形はより少なくなる。以上より、理想の工具形状は、スクロール渦巻体の加工点により変化することになる。

【０００９】

加工精度の向上のみを目的とするならば、加工の送り速度を低速にしたり、あるいは特許公開公報平２－４１８４６号に記載されているように接触長さが長くなるほどワーク回転速度を遅く制御する、等の対策が考えられる。しかしこれらの対応では高速化は望めず、作業能率の低下を招く。

【００１０】

また、特許公開公報平８－３１８４１８号に記載されているように、カムとカム従動子とを備え、サーボモータの駆動力によって前記カムを動作させフレキシブル・トラニオンを変形させることでスピンドルケージを回転させる方式もあるが、前記トラニオン部の剛性が低く高速加工には不向きと考えられる。

【００１１】

一方、長孔の内面研削の場合、砥石軸が非常に長いため、長孔内面形状は奥に行くほど径が小さいテーパ状となり、円筒度・真直度が低下するという問題点がある。この問題点を解決するために、砥石軸もしくはワーク軸を工具たわみ分だけ故意に傾けたりする方式（例えば、特許公開公報昭６１－２５２０６４号、特許公開公報昭６２－１６６９５５号に開示）があるが、トラバース中にスピンドル主軸の角度を振る応答性と分解能が悪い。また、特許公開公報平１－２４０２６７号に開示されている磁気軸受けを利用してスピンドルロータ軸を傾ける方式もあるが、コストが非常に高くなるというデメリットがある。

【００１２】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、その解決手段は以下のような内容である。すなわち、本発明の１つ態様は、ワーク内面の加工を行う加工装置において、ワーク内面壁の深さ方向のＺ軸と、そのＺ軸に直交する前記工具の送り方向のＸ軸と、前記Ｚ軸及びＸ軸とに直交するＹ軸と、前記Ｚ軸に平行なワーク軸Ｃ軸との、計４軸に関し、前記ワークと工具とが、少なくとも前記Ｘ軸とＺ軸との２軸方向に関して相対移動が可能であり、その少なくとも２軸に対してその相対移動の同時制御が可能であり、加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークと前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転が可能であり、その相対回転の中心軸は、加工時のワークと工具間の相対移動に際しても、加工点との間では相対移動がないこと、を特徴としている。

【００１３】

前記加工誤差を補正するためのワークとスピンドル主軸回転軸との相対回転は、Ｘ軸に平行なＡ軸と、Ｙ軸に平行なＢ軸との２つの軸を中心とした相対回転とすることができる。

【００１４】

前記Ａ軸とＢ軸との２つの軸を中心とした相対回転の内、一方の軸の相対回転はワーク側が駆動され、他方の軸の相対回転はスピンドル主軸側が駆動されてもよい。

【００１５】
本発明にかかる他の態様は、スクロール渦巻体を加工する加工装置において、渦巻体の溝深さ方向のＺ軸と、そのＺ軸に直交する工具の送り方向であるＸ軸と、前記Ｚ軸およびＸ軸とに直交するＹ軸との計3軸に関し、前記ワークと工具とが少なくとも前記Ｘ軸とＺ軸とに関して相対移動が可能であり、前記Ｘ軸方向の相対移動と前記ワークの軸であるＣ軸（Ｚ軸と平行な軸）の回転との少なくとも２軸に関する動きが同時に制御可能であり、加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転が可能であり、その相対回転の中心であるＢ軸（Ｙ軸と平行な軸）は、加工時のワークと工具間の相対移動に際しても、加工点との間では相対移動がないことを特徴としている。
【００１６】
本発明にかかるさらに他の態様は、ワークの円筒の軸であるＺ軸方向へのトラバースと、その軸と直交し前記円筒の半径方向であるＸ軸方向への送りとによりワークの内面研削を行う加工装置において、加工条件の変化に伴う加工誤差を補正するため、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転が可能であり、その相対回転の中心であるＢ軸は、加工時のワークと工具間の相対移動に際しても、加工点との間では相対移動がないことを特徴としている。
【００１７】
本発明にかかるさらに他の態様は、前記加工装置が、スピンドル主軸を固定する主軸台とその主軸台を支持する台板との間に設けられた、前記主軸台を前記Ｂ軸中心に回転可能に支持する回転ガイド部と、前記回転ガイド部に支持された主軸台に回転駆動力を与えるアクチュエータと、前記Ｂ軸中心の回転量を監視するセンサと、前記回転量の基準値を含むデータバンクと、前記データバンクに含まれるデータを基に前記回転量を制御するフィードバック回路と、を有することを特徴としている。
【００１８】
本発明にかかるさらに他の態様において、前記加工装置は、前記スピンドル主軸台に回転駆動力を与えるアクチュエータが、圧電素子、磁歪素子、モータ回転駆動による送りねじ機構、もしくはモータ回転駆動を行うカム機構であることをそれぞれ特徴としている。
【００１９】
本発明にかかるさらに他の態様において、前記加工装置は、前記回転量の基準値を含むデータバンクが、各加工位置における加工誤差補正量即ちＢ軸中心の回転量、各加工開始後の経過時間におけるＢ軸中心の回転量、スピンドル主軸のモータ電流に対する工具変形量とそれに対応するＢ軸中心の回転量、工具もしくはスピンドル主軸回転軸のねじれ角に対する工具変形量とそれに対応するＢ軸中心の回転量、もしくはスピンドル主軸の動力に対する工具変形量とそれに対応するＢ軸中心の回転量のいずれかが含まれ、これらデータとそれに対応してインプロセスで入力するデータとを比較演算することにより、前記ワークスピンドル回転軸とスピンドル主軸回転軸との相対回転量を制御することを特徴としている。
【００２０】
前記加工装置は、前記データバンクに含まれるデータとの比較演算に基づいて加工したワークを所定の頻度で測定し、その測定結果に基づき前記データバンクに含まれるデータを逐次更新して行くことができる。
【００２１】
前記加工装置は、前記加工抵抗による工具たわみを補正するに際し、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸とのＢ軸中心の相対回転に加え、そのＢ軸回転中心とスピンドル主軸とのずれによるＸ軸方向の誤差を補正する手段を更に有することができる。
【００２２】
前記加工装置は、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転との相対回転におけるＢ軸回転の中心軸が、加工点群上もしくは加工点群から工具半径分以内にオフセ

ットして配置されることができる。
【００２３】
前記加工装置は、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸とのＢ軸中心の相対回転における回転駆動力の伝達方向が、Ｂ軸中心円の接線方向とすることができる。
【００２４】
前記加工装置は、前記ワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間のＢ軸中心の相対回転を駆動・制御する前記機構を、ワークスピンドルを取り付けたワーク台側に設け、前記スピンドル主軸回転軸に対してワークスピンドル回転軸の方をＢ軸中心に回転させることができる。
前記ワークもしくはワークスピンドル回転軸と前記スピンドル主軸回転軸との間の相対回転は、細かくは秒単位の角度に至るまでの分解能を持つことを特徴としている。
本発明にかかる他の態様は、スクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体であって、前記スクロール渦巻体の側面の内、渦巻の中心に向いた面である内向面、もしくは前記内向面の裏側の面となる外向面のいずれか一方もしくは双方が、前記スクロール渦巻体中心部から外周部に至る前記側面の加工の間に前記スクロール渦巻体と加工工具の回転軸とが相対回転して形成されていることを特徴とするスクロール渦巻体に関する。
前記スクロール渦巻体は、スクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体であって、前記スクロール渦巻体の側面の内、渦巻の中心に向いた面である内向面、もしくは前記内向面の裏側の面となる外向面のいずれか一方もしくは双方が、上述したいずれか一に記載の加工装置を用いて形成されることができる。
前記スクロール渦巻体の側面は、切削加工もしくは研削加工により形成されることができる。
本発明にかかるさらに他の態様は、スクロール圧縮機に使用されるスクロール渦巻体であって、前記スクロール渦巻体の側面の内、渦巻の中心に向いた面である内向面、もしくは前記内向面の裏側の面となる外向面のいずれか一方もしくは双方が、研削加工により形成されていることを特徴とするスクロール渦巻体に関する。
【００２５】
【発明の実施の形態】
まず、スクロール加工機及びスクロール渦巻体の概略につき、図面を参照に説明する。図１は、スクロール渦巻体を加工する一般的なスクロール加工機を示す斜視図である。１はワークで、２のワークスピンドルにより図のＣ軸を中心として回転可能に保持されている。ワークスピンドル２はワークスピンドル台３に設けられ、図のＹ軸方向にスクロール・インボリュート形状の基礎円分の移動が可能である。
前記ワーク１の正面には工具５が対向しており、その工具５を保持するスピンドル主軸６は、スライドテーブル７に固定されている。この図では３軸の加工装置を示している。スライドテーブル７は、台座に取り付けられた、スクロール溝深さ方向すなわち図のＺ軸方向への移動を可能にするＺ軸テーブル８と、更にその上に載置された図のＸ軸方向への移動を可能にするＸ軸テーブル９の上に載置されている。したがって先のワークスピンドル２のＹ軸方向の動きと合わせ、ワーク１と工具５との間では、相互に直交するＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸方向への相対移動がそれぞれ可能となっている。加工時には工具５及びスピンドル主軸６が回転とともにＺ軸方向にスクロール溝深さまで前進し、ワークスピンドル２のＣ軸回転に同期させたＸ軸方向の送り移動により、スクロール渦巻体の側面を加工する。
【００２６】
次に、第２図には、スクロール渦巻体１０のモデル図を示す。スクロール渦巻体１０は、一般的にインボリュート形状をしており、内向面１２と外向面１４とを有する。このインボリュート形状の成形は、インボリュート曲線の基礎円の接線上を矢印１５の方向へ直線運動しながら切削もしくは研削加工する工具５と、その直線運動に同期させたワーク１０の矢印１６方向の回転によって行われる。
【００２７】

第２図に示すスクロール形状からわかるように、工具５がワーク１０の回転に同期してその内周部から外周部に移動する間に、各点における曲率半径が徐々に大きくなって行く。これをグラフに表したものが第３図で、その関係がグラフ中の直線で示されている。このグラフにおいて、点線で表されているのは、ワーク１０と工具５との接触長さである。これからも明らかな通り、スクロールの内周部に近く、曲率半径が小さい位置ほど接触長さが長くなり、それだけ加工抵抗も大きくなる。図１で示したように、工具を片持ち方式で支持する加工法のため、従来の加工方法ではこの加工抵抗の変動が加工精度を大きく左右することとなる。

【００２８】

これを、モデル的に図示したものが第４図であり、ワーク１０とスピンドル主軸６及び工具５の状況をＹ軸方向から見たものである。図の（Ａ）が従来方式での加工状態であり、スピンドル６がワーク１０の回転軸Ｃと平行であるため、工具５は加工抵抗によりたわんでいる。しかもそのたわみはスクロールの曲率半径が小さいワークの中心部（図の下側）の方が大きい。この結果スクロール渦巻体１０の側面は直角度、インボリュート形状が低下し、図に示すように渦巻体の壁の肉厚が不均一となる。これに対し本発明では（Ｂ）に示すように、加工負荷の変動にあわせて、スピンドル主軸６とワーク１０との相対角度を制御することで、工具の変形量を補正し、結果としてスクロールの渦巻部両側面の直角度、インボリュート形状を所望の形状に成形することができるようにするものである。

【００２９】

以下，本発明にかかる加工装置の実施の形態について，図面を用いて説明する。図５から図７は、本発明にかかる加工装置の第１の実施の形態を示したもので、前記のようなスクロール加工装置に適用したものである。図５おいて、１はワークで、図示しないワークスピンドルに固定され、図の軸Ｃを中心に回転可能である。５は工具で、その工具５を回転させる６のスピンドル主軸がスピンドル主軸台１７に取り付けられている。加工時にはスピンドル主軸６の駆動で回転する工具５が図のＺ軸方向に前進してワーク１と接触、スクロール溝深さに達した後にＣ軸回転と同期した図のＸ軸方向のワーク１と工具５との相対移動によりスクロール渦巻体の側面を加工する。

【００３０】

このような加工機において、前記の工具５の加工抵抗に対応する補正を付与する手段は、スピンドル主軸６を装備するスピンドル主軸台１７を、更にそれを支える台板１８に対して図のＢ軸を中心に所定の角度だけ回転させ、加工抵抗による工具５のたわみを補正するよう工具５をワーク１に送り込むものである。その機構は、Ｂ軸を中心とする円上に形成されたレール状の回転ガイド部２０により回転方向を規定し、スピンドル主軸台１７に取り付けられた圧電素子、もしくは磁歪素子２２によって回転駆動させるものである。そのＢ軸中心の回転量は変位センサ２４で監視され、Ａ／Ｄ変換回路２５を経て、パソコン２６で予め入力された目標位置との差を演算して駆動信号を出力し、Ｄ／Ａ変換回路２７を経て圧電素子もしくは磁歪素子駆動用アンプ２８で増幅して、圧電素子もしくは磁歪素子２２に電圧が印可される。

【００３１】

この際変位センサ２４の出力と圧電素子もしくは磁歪素子２２の駆動量とが閉ループ回路となっているため、変位センサ２４の分解能でＢ軸の回転精度をコントロールすることができる。また、圧電素子もしくは磁歪素子２２を用いて駆動しているため、高速応答が可能であり、高剛性を確保できる。この機構による補正は、細かくは秒（角度の秒）単位に至るまでの分解能を持つ。なお、加工中にワーク１と工具５とが相対移動をするが、その間においても加工点とＢ軸回転中心との間には相対移動が起きないよう構成されている。具体的には、本実施の形態では工具５の移動に同期してＢ軸も移動するように配備されている。

【００３２】

図５に示すように、本実施の形態では圧電素子もしくは磁歪素子２２を２つ配備し、駆動方向に関係なく高い応答性を得るものとしている。本実施の形態の側面図を図６に、背面

図を７図に示す。なお図６において、回転方向を規定する方式として回転ガイド部２０と共に回転中心ピン２１を併用した場合を表示しているが、回転ガイド部２０でＢ軸中心の回転が規制されている限り、この回転中心ピン２１は必ずしも必要ではない。逆に回転中心ピン２１が設けられていれば、前記回転ガイド部２０には必ずしも回転を規制する機構は必要なく、単にスピンドル主軸台６を回転移動可能に支持するものであればよい。本明細書において回転ガイド部２０は、このいずれのケースをも含むものとする。本実施の形態によれば、例えば第１図に示すような加工機をベースマシンとして、前述のＢ軸中心の回転を可能にする機構をスライドテーブルに取り付けることにより、高精度な直角度、真直度、真円度、平面度などの形状精度を実現する加工機を得ることができる。

【００３３】

図８から図１０は、本発明にかかる加工装置の第２の実施の形態を示している。図８において、１はワーク、５は工具で、その工具５を回転させるスピンドル主軸６はスピンドル主軸台１７に装着されている。そのスピンドル主軸台１７を台板１８に対しＢ軸中心に回転させる構造として、回転ガイド部２０により回転方向を規定し、送りねじ３１とモーター３２が回転駆動力を付与する。回転量が微小であるため、直線駆動の送りねじ３１を使用することができる。そのＢ軸中心の回転量を変位センサ２４で監視し、Ａ／Ｄ変換回路２５を経て、パソコン２６でデータベース３０に保存された目標変位量との差を演算し駆動信号を出力し、Ｄ／Ａ変換回路２７を経て、アンプ２８で増幅して、モーター３２に送りねじ３１の回転量信号を印可する。

【００３４】

変位センサ２４の出力とモーター３２の回転量とが閉ループ回路となっているため、変位センサ２４の分解能でＢ軸の回転精度をコントロールできる。また、ＤＣサーボモータ３２で送りねじ３１の回転量を制御すれば、高速応答が可能であり、高剛性となる。この機構による補正は、細かくは秒（角度）単位に至るまでの分解能を持っている。加工中にワーク１と工具５とが相対移動をするが、その間においても加工点とＢ軸回転中心との間では相対移動がないよう構成されている。

【００３５】

これにより、加工負荷の変動にあわせて、スピンドル主軸３の回転位置を制御することで、工具の変形量を補正することができるため、スクロールのように加工点で加工抵抗が異なる形状を、高精度に加工することが可能になる。このようなＢ軸中心の回転を可能にする機構を例えば第１図に示す一般的なスクロール加工機をベースマシンとしてそのスライドテーブルに取り付けることにより、高精度な直角度、真直度、真円度、平面度などの形状精度を実現する加工機を得ることができる。本実施の形態の側面図を第９図に、背面図を第１０図に示す。

なお、本実施の形態は第１の実施の形態と比較して、駆動する制御速度は遅いが、補正制御する回転角度の範囲を大きくとることができる。

【００３６】

図１１から図１３は、本発明にかかる加工装置の第３の実施の形態を示している。先の実施の形態と同一のものには同一符号を付してあり、これらの説明は省略する。本実施の形態では、図１１において、Ｂ軸を中心に回転させる構造として、回転ガイド部２０により回転方向を規定し、モーター３２による回転駆動でカム３６が作用子３７に力を伝達することでＢ軸中心の回転を行うものである。この際バネなどの反力子３８がカム３６の反対側に配置され、この反力子３８と力を伝達する側のカム３６を適度に調整することにより、作用子３７にプリロードを与えることができ、Ｂ軸中心の回転がスムースになる。

【００３７】

センサによる監視と、パソコンによる演算に基づく精度コントロールを同様に行い、ＤＣサーボモータでカム３６の回転位置を制御すれば、高速応答が可能であり、反力子３８を使用することにより高剛性となる。この機構による補正も同様に、細かくは秒（角度）単位に至るまでの分解能を持っている。加工中にワーク１と工具５とが相対移動をするが、その間においても加工点とＢ軸回転中心との間では相対移動がないよう構成されている。

このような機構をスクロール加工機に取り付け、高精度な直角度、真直度、真円度、平面度などの形状精度を実現する加工機が得られることも同様である。本実施の形態の側面図を第１２図に、背面図を第１３図に示す。
この実施例は実施例１と比較して、駆動する制御速度は遅いが、補正制御する機構がコンパクトにでき安価に実現できる点でメリットがある。

【００３８】
次に、本発明にかかる第４の実施の形態につき、図１４を参照に説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸中心の回転を可能にする機構を搭載した加工装置において、そのＢ軸中心の回転量を加工機本体からのＸ座標値信号を基準に演算する方法である。

【００３９】
パソコン内部の比較演算部には、機械本体からのＸ座標信号４１と変位センサからの信号４２が入力される。比較演算部では、まずスクロール渦巻体のインボリュート曲線加工位置によるＢ軸中心の回転量を、あらかじめ保存してあるデータバンク４４とＸ座標４３から、ステップ４５で現在のＢ軸中心の回転位置を算出する。次に、Ｂ軸回転中心と変位センサの設置位置から決まる変換係数を用いて、ステップ４６で現在の変位センサでの変位量を算出する。

【００４０】
次に、ステップ４７でこの算出された変位量と変位センサからの出力信号４２とを比較し、ステップ４８でその偏差分に基づく駆動出力を算出し、圧電素子または磁歪素子、もしくは送りねじやカムを駆動するモータ等のアクチュエータ４９に入力する。この入力信号によりアクチュエータ４９が駆動し、スピンドル主軸がＢ軸中心に回転し、その回転により変位センサの出力信号４２が変化する。その変化後の変位センサの出力信号４２とＸ座標信号４１で再計算し、駆動出力４８を補正する。これを、加工終了までリアルタイムで制御するものである。

【００４１】
次に、本発明にかかる第５の実施の形態を、図１５を参照に説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸中心の回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置において、そのＢ軸中心の回転量を、加工機本体からのスタート信号を起点に演算する方式である。

【００４２】
パソコン内部の比較演算部には機械本体からのスタート信号５１と変位センサからの信号４２が入力される。比較演算部では、まず、時間を変数としたスクロール渦巻体のインボリュート曲線加工位置によるＢ軸中心の回転量をあらかじめデータバンク５３に保存しておき、この保存してあるデータバンク５３と機械本体のスタート信号５１を起点とした内部タイマー５２に加工条件パラメータ５４を加え、ステップ５５で現在のＢ軸回転位置を算出する。次に、Ｂ軸回転中心と変位センサの設置位置から決まる変換係数を用いて、ステップ５６で現在の変位センサでの変位量を算出する。

【００４３】
次に、ステップ５７でこの算出された変位量と変位センサからの出力信号４２とを比較し、ステップ５８でその偏差分に基づく駆動出力を算出し、圧電素子等のアクチュエータ４９に入力する。この入力信号によりアクチュエータ４９が駆動し、スピンドル主軸がＢ軸中心に回転し、その回転により変位センサの出力信号４２が変化する。その変化後の変位センサの出力信号４２と内部タイマ５２の経過時間で再計算し、駆動出力５８を補正する。これを、加工終了までリアルタイムで制御するものである。

【００４４】
次に、本発明にかかる第６の実施の形態につき、図１６を参照に説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置において、そのＢ軸中心の回転量を、スピンドル主軸６のモータ電流から演算する方式である。

【００４５】

スピンドル主軸のモータ６１に流れる電流を電流計等でモニタし、その電流値６２をリアルタイムでパソコン内部に取り込む。パソコン内部の比較演算部にはこのモータ電流値６２と変位センサからの信号４２が入力される。比較演算部では、まず、モータ電流値に対する加工負荷をデータバンクとして保存しておき、この加工負荷から演算される工具変形量をさらにＢ軸回転量としてデータバンクに保存しておく。この保存してあるデータバンク６３と電流計等で測定されるモータ電流６２から、ステップ６５で現在のＢ軸回転位置を算出する。次に、Ｂ軸回転中心と変位センサの設置位置から決まる変換係数を用いて、ステップ６６で現在の変位センサでの変位量を算出する。

【００４６】

次に、ステップ６７でこの算出された変位量と変位センサからの出力信号４２と比較し、ステップ６８でその偏差分に基づき駆動出力を算出して、圧電素子等のアクチュエータ４９に入力する。この入力信号によりアクチュエータ４９が駆動し、スピンドル主軸がＢ軸中心に回転し、その回転により変位センサの出力信号４２が変化する。その変化後の変位センサの出力信号４２とモニタ電流で再計算し、駆動出力を補正する。これを、加工終了までリアルタイムで制御するするものである。

【００４７】

次に、本発明にかかる第７の実施の形態につき、図１７を参照に説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置において、そのＢ軸中心の回転量を、工具５もしくはスピンドル主軸６の回転軸のねじれ角から演算する方式である。

【００４８】

工具もしくはスピンドル主軸の回転軸のねじれ角をレーザ光を用いた光弾性測定法等のトルクセンサ７１でモニタし、そのねじれ角７２をリアルタイムでパソコン内部に取り込む。パソコン内部の比較演算部には、このねじれ角７２と変位センサからの信号４２が入力される。比較演算部では、まず、ねじれ角に対する加工負荷をデータバンクとして保存しておき、この加工負荷から演算される工具変形量をさらにＢ軸回転量としてデータバンクに保存しておく。この保存してあるデータバンク７３とトルクセンサ７１等で測定されるねじれ角７２から、ステップ７５で現在のＢ軸中心の回転位置を算出する。次に、Ｂ軸回転中心と変位センサの設置位置から決まる変換係数を用いて、ステップ７６で現在の変位センサでの変位量を算出する。

【００４９】

次に、ステップ７７でこの算出された変位量と変位センサからの出力信号４２と比較し、ステップ７８でその偏差分に基づく駆動出力を算出し、圧電素子等のアクチュエータ４９に入力する。この入力信号によりアクチュエータ４９が駆動し、スピンドル主軸がＢ軸中心に回転し、その回転により変位センサの出力信号４２が変化する。その変化後の変位センサの出力信号４２とねじれ角で再計算し、駆動出力を補正する。これを、加工終了までリアルタイムで制御するものである。

【００５０】

次に、本発明にかかる第８の実施の形態につき、図１８を参照にその内容を説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置において、そのＢ軸中心の回転量を、加工中の切削・研削動力から演算する方式である。

【００５１】

加工中の切削・研削動力をスピンドル主軸台下部に設けた圧電素子内蔵の動力計８１でモニタし、その加工動力すなわち加工抵抗８２をリアルタイムでパソコン内部に取り込む。パソコン内部の比較演算部にはこの加工抵抗８２と変位センサからの信号４２が入力される。比較演算部では、まず、加工抵抗に対する工具変形量、さらにはＢ軸中心の回転量をデータバンクに保存しておく。この保存してあるデータバンク８３と動力計８１等で測定される加工抵抗８２から、ステップ８５で現在のＢ軸中心の回転位置を算出する。次に、Ｂ軸回転中心と変位センサの設置位置から決まる変換係数を用いて、ステップ８６で現在

の変位センサでの変位量を算出する。

【００５２】

次に、ステップ８７でこの算出された変位量と変位センサからの出力信号４２と比較し、ステップ８８でその偏差分に基づき駆動出力を算出し、圧電素子等のアクチュエータ４９に入力する。この入力信号によりアクチュエータ４９が駆動し、スピンドル主軸がＢ軸中心に回転し、その回転により変位センサの出力信号４２が変化する。その変化後の変位センサの出力信号４２と加工抵抗で再計算し、駆動出力を補正する。これを、加工終了までリアルタイムで制御するものである。

【００５３】

本発明にかかる第９の実施の形態に付いて、図１９を参照に説明する。この実施の形態は、図１４から図１８（第５の実施の形態から第８の実施の形態）に示すＢ軸中心の回転量を演算する方式において、工具の摩耗や工具の加工性能バラツキ等に起因する加工精度の不安定性要因の影響を少なくするため、図に示すようなフローでデータバンクを更新して行くものである。

【００５４】

図において、スピンドル主軸のＢ軸中心の回転量を制御された状態でステップ９１のスクロール形状加工を行った後、ステップ９２でスクロール側壁の決められた箇所の真直度を測定する。次のステップ９３では、その測定結果と前回に行った測定結果とを比較し、両者の間に規定値以上の変化がある場合には、ステップ９４で比較演算部に登録してあるデータバンクを更新する。変化が規定値以下であれは、ステップ９１に戻って従来のデータバンクに基づく加工を継続する。

【００５５】

更新する場合の方法としては、例えば、加工直後の測定データを用いて各種基準信号に対するスピンドル主軸のＢ軸中心の回転量に補正係数を掛け、Ｂ軸の回転量を補正する。更新した場合には更新後のデータバンクを用いてステップ９１に戻り再度加工を行う。このフィードバックによるデータバンクの更新は、加工の安定性が乏しい場合には連続的に行う必要があり、加工の安定性が良好な場合は抜き取りで行えばよい。

【００５６】

以上、第４から第９の実施の形態で説明した、ワークスピンドル回転軸と工具スピンドル主軸回転軸との間のＢ軸を中心とする相対回転は、インプロセスでその制御を行うことが可能であるが、ポストプロセスによる制御も同様に可能である。

【００５７】

次に、本発明にかかる第１０の実施の形態に付き、図２０を参照に説明する。第１の実施の形態から第９の実施の形態に示すＢ軸中心の回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置において、そのＢ軸回転中心のずれによってインボリュート形状の形状精度が劣化する。これを防ぐためには、Ｂ軸回転中心を適切に配置する必要がある。

【００５８】

図２０は、スピンドル主軸６に駆動された工具５が、加工点群Ａ－Ａ線上でＸ軸方向への送りを受けながら、ワーク１を加工する状況をＹ軸方向から見たものである。図において、回転中心ピン２１で回転中心２３を決定する場合、その回転中心２３は、（ａ）の加工点群上（図のＡ－Ａ線上）にある場合、（ｂ）の工具外にある場合、（ｃ）の工具内にある場合、の３通りが存在する。直角度を劣化させる加工抵抗によるたわみが、原理的に工具５だけである場合、すなわち他の剛性が工具５の剛性に比べ十分大きい場合には、（ａ）の加工点群Ａ－Ａ上に回転中心２５を配置すれば、インボリュート曲線の形状精度の劣化は起こらない。しかし、スピンドル主軸６の剛性やワーク１の剛性が工具５の剛性に比べて十分大きくない場合には、理想的な回転中心２３の位置は、加工点群Ａ－Ａ上から若干ずれる。そのずれ量は、得ようとしている加工精度から考慮して、最大でも工具半径分と考れば十分である。

【００５９】

また、理想的な回転中心位置が既知の場合でも、実際の回転中心ピン２１の設置にはずれ

が生じる時もある。そこで、Ｂ軸中心の回転では、回転中心ピン２１とスピンドル台１７との間の直角度のみを高精度にし、その時の回転中心ずれによるＸ軸方向のずれは、ＮＣ加工機の加工プログラムにそのＸ軸方向のずれ分の補正をあらかじめ折り込むことでキャンセルすることが可能である。これにより、高精度なインボリュート形状が得られるとともに、高精度な直角度も得られることになる。

【００６０】

Ｘ軸方向のずれを加工プログラムなどで補正することを前提とすれば、原理的にはＢ軸の回転中心２３は、前記のような工具半径分の最大ずれ量内であればどこに存在しても補正可能であり、課題である高精度化を達成することができるものとなる。

【００６１】

次に、本発明にかかる第１１の実施の形態につき、図２１を参照に説明する。本実施の形態は、図５から図１３に示すＢ軸回転を可能にする機構を搭載したスクロール加工装置におけるそのＢ軸回転を与える駆動伝達手段に関するものである。図において、スピンドル主軸６をＢ軸中心に回転させるためには、その回転方向に駆動力を与える必要がある。その駆動力を効率よく伝達するには、スピンドル主軸台１７に取り付けられた作用板９５をラジアル軸９６上に配置し、圧電素子等の直動アクチュエータ９７をラジアル軸９６に垂直で回転円孤９８の接線方向に配置する。このように配置することにより、駆動力がＢ軸回転の接線方向に働くため、効率良くＢ軸の回転が行える。その他の回転構造やフィードバック方法は他の実施例と同じである。このように回転の範囲がピボット運動の場合、回転アクチュエータを使用する場合に比べ、安価でコンパクトに構成できる。

【００６２】

次に、本発明にかかる加工軸角度補正機構を内面研削盤に適用する場合の、第１２の実施の形態につき説明する。図２２は、一般的な内面研削盤の斜視図である。ワーク１０１を回転させるワークスピンドル１０２と、ワーク内径の半径方向に切り込むＸ軸方向に移動可能なＸ軸テーブル１０３と、工具１０５を回転させるスピンドル主軸１０６と、ワーク内径の軸方向すなわちＺ軸方向にトラバースするＺ軸テーブル１０７とを備えている。その動作は、ワーク１０１と工具１０５を回転させ、Ｘ軸テーブル１０３によりワーク１０１を半径方向（Ｘ軸方向）に切り込み送りを与えながら、Ｚ軸テーブルにより工具１０５を内径の軸方向（Ｚ軸方向）にトラバースして加工を行うものである。

【００６３】

このような加工装置を用いて、第２３図に示すような長孔のワーク１０１を加工する場合、Ｚ軸方向のトラバースにより工具１０５が奥に行くほど内径が小さくなり、円筒度が劣化して加工後のワーク内径がテーパ状になるという現象が見られる。これに対処するため、図２２に示す研削盤をベースマシンとし、先の図５から図１３に示すようなＢ軸回転を可能にする機構をＺテーブル１０７の上に取り付け、図１４から図１９に示すＢ軸中心の回転量をインプロセスもしくはポストプロセスで補正制御する方式を搭載することで、高精度な直角度、真直度、真円度、円筒度などの形状精度を実現する研削加工装置を得ることができる。

【００６４】

さらに、Ｂ軸回転中心のずれによって長孔の円筒度や真直度が劣化する。これを防ぐためには、Ｂ軸回転中心を適切に配置する必要がある。これは、第１０の実施の形態と同様に回転中心位置を加工点群上もしくはそれ近傍に配置すればよい。また、回転中心位置がずれていても、Ｘ軸とＺ軸の２軸制御で加工できるベースマシンであれば、Ｘ軸方向のずれを加工プログラムで補正することができる。これにより、高精度な真円度、真直度、円筒度が得られる。

【００６５】

また、Ｂ軸回転を可能にする機構を搭載した研削加工装置において、そのＢ軸回転を与える駆動伝達方向を第１１の実施の形態と同様にＢ軸回転の接線方向とすることで、その駆動力を効率よく伝達することができる。

【００６６】

次に、本発明にかかる第１３の実施の形態につき、図２４を参照に説明する。これまでの実施の形態においてはＢ軸を中心とする相対回転は、ワークスピンドル回転軸に対してスピンドル主軸回転軸を回転させるものとしている。本実施の形態では、逆にワークスピンドル回転軸側を回転させるものである。

【００６７】

前述のように、相対回転のＢ軸の中心は、加工点群上、もしくは加工点群から最大でも工具半径分だけオフセットした位置にあり、加工中にＢ軸と加工点との間で相対移動があってはならない。スクロール渦巻体加工におけるこれまでの実施の形態では、Ｘ軸方向の送りを、工具を備えたスピンドル主軸側の移動により行っているため、Ｂ軸回転の機構を同じスピンドル主軸台に設けて、前記相対移動を回避していた。

【００６８】

本実施の形態では、ワーク台側に前記Ｘ軸方向の送り移動をさせる機構を設け、これによりワーク側をＢ軸中心に回転させても、前記Ｂ軸と加工点との相対移動を回避できるものとしている。図２４はその機構を示したもので、図のワーク台３は、ワーク台座１２１に取り付けられ、この際ワーク台３は、ワーク台座１２１上でＸ軸方向（図面に垂直な方向）に移動可能に支持されている。この移動により、加工の際必要なＸ軸方向の送りを行うものである。このワーク台座１２１にはその下でワーク台座１２１を支える台板１２３との間に、先の実施の形態で説明したものと同様なＢ軸中心に回転可能に支持する回転ガイド部２０が設けられ、このワーク台座１２１を補正に必要な量だけ回転可能にしている。このように構成することで、ワークと工具とは加工の進展によりＸ軸方向に相対移動しても、相対回転の中心のＢ軸と加工点との相対移動をなくすることができる。この際の駆動機構と制御機構とは、スピンドル主軸側を回転する先の実施の形態のものと全く同様なものでよい。

【００６９】

本実施の形態のような構成にすることの利点は、特に多軸スピンドル主軸を装備した加工装置などにおいては、スピンドル主軸台に比べてより軽量なワーク台を回転させればよく、回転機構を小型化できること、及びスクロール加工を行う際には、前述のＣ軸（ワーク回転軸）回転とＸ軸方向への送りの２軸制御を同一ベッドであるワーク台３側で行うことができ、精度管理が容易になる点にある。

【００７０】

なお、内面研削加工装置においてこの原理を適用するには、円筒の軸方向であるＺ軸方向への加工点の移動があり、この加工点とＢ軸との相対移動を回避する必要がある。このため、例えば図２２に示すような研削加工装置であれば、Ｚ軸方向の送り機構をスピンドル主軸台１０７側からワーク台１０３側へ更に移すことで、前記相対移動を回避することが可能になる。

【００７１】

次に本発明にかかる第１４の実施の形態について説明する。スクロール加工においては、これまでワーク１を回転させるとともに、これに合せて工具５をＸ軸方向へ移動させ、スクロール溝を加工する方式について述べてきた。このようにすることで工具５及びワーク１のたわみ方向が一方向（Ｘ軸方向）に定まるため、この方向の補正をＢ軸（Ｙ軸に平行な軸）中心に行えばよかった。他のスクロール加工方法として、ワーク１を回転させず、代りにワーク１を工具５との間でＸ軸及びＹ軸方向に相対移動させながらスクロール溝を形成する方法がある。この場合には工具５及びワーク１のたわみ方向もＸ軸の他にＹ軸方向も加わるため、このたわみを補正するためにはワーク１と工具５との間でＢ軸（Ｙ軸に平行な軸）中心の相対回転に加えてＡ軸（Ｘ軸に平行な軸）中心の相対回転が必要となる。

【００７２】

これへの対応としては、これまで述べてきたＢ軸中心の回転機構、駆動機構、制御機構と同様な機構を、Ａ軸中心の回転用に追加して設けることで解決することができる。この場合には可動部分の機構全体の重量を支えることが必要となるが、回転軸と加工点の相対移

動がないよう回転ガイド部２０で回転を規制し、圧電素子２２その他のアクチュエータ４９により駆動するなど、上述の考え方をそのまま適用することが可能である。又、Ｂ軸中心の回転に加えてこのＡ軸中心の回転機構が加わることで構造が複雑となるが、例えば先の実施の形態のように、スピンドル主軸台側の他にワーク台側にも可動機構を設け、ワーク台側とスピンドル主軸台側の双方でそれぞれＡ軸、Ｂ軸中心の回転のいずれかを分担することにより、これを緩和することができる。

【００７３】

上記実施の形態ではスクロール加工を対象としているが、２つの軸を中心に相対回転する考え方は、そのまま他の加工にも適用可能である。先の実施の形態にあった長孔の切削、研削加工への適用はその一例であり、これ以外にも工具及び／又はワークのたわみ方向が一方向に定まらない場合には、この２軸相対回転による補正方法の適用により精度向上を図ることができる。すなわち２つの軸を中心とした相対回転機構を備えていれば、全ての方向への工具及び／又はワークたわみに対する補正に対応することが可能となる。なお、この場合の制御機構は、上記のように各相対回転軸毎に設けることもできるが、これを統合した２軸同時制御方式とすることがより効率的である。

【００７４】

本発明にかかる高精度加工装置につき、これまで添付図面を参照に各種の実施の形態を説明してきたが、本発明は、これらの実施の形態に限定されるものではない。例えば、実施の形態における説明記載の工具は、切削、研削だけでなく、反力が発生する加工法に用いられるその他の工具一般においても同様の効果を得ることができる。また、加工軸の角度補正は、加工抵抗などの反力による変形を補正するだけでなく、再現性ある熱変形など、その他の要因に対する補正にも適用できることはいうまでもない。

【００７５】

【発明の効果】

本発明にかかる加工装置に置いては、工具の一方向から加工抵抗が働き、工具たわみ方向及びワークたわみ方向が一方向に定まる構成とすることにより、スピンドル主軸の補正方向が一軸方向と簡単な構造になり、工具たわみ量及びワークたわみ量が補正可能となる。本発明にかかる加工装置では、これをワークスピンドル回転軸と工具スピンドル主軸回転軸との間の相対回転により補正するものとしている。本発明にかかるこのような機構を備えた加工装置を用いることにより、例えばスクロール渦巻体加工においては直角度の良い加工を、長孔の内面加工においては円筒度もしくは真直度の良い加工を行うことができる。

【００７６】

又、工具及びワークたわみ方向が２方向に亘るときには、スピンドル主軸の補正も２軸方向に行う構成とすることにより、同様な効果を得ることができ、しかも２軸での補正を行うことは、全ての方向への工具及びワークのたわみに対処できることとなる。２軸補正の内の一方の軸の補正をワーク側の駆動により、他方の軸の補正をスピンドル主軸側の駆動によりそれぞれ行うことで、装置の複雑化を緩和することができる。

【００７７】

また、スクロール形状に起因する加工負荷変動を、インプロセスもしくはポストプロセスでＢ軸回転を制御するため、工具軸方向のワーク形状角度を任意に制御可能であり、長孔の加工においては、工具軸方向のワーク形状を任意に制御できる。

【００７８】

また、Ｂ軸中心の回転にともなうＸ軸方向のずれを、Ｂ軸回転中心の位置で最適化したり、加工プログラムで補正するように構成したことにより、スクロール渦巻体加工においては、インボリュート形状の劣化を防ぐことができ、長孔加工においては、さらに高精度な円筒度もしくは真直度が得られる。

【００７９】

また、Ｂ軸中心の回転の駆動方向を回転の接線方向に配置することにより、その駆動力を効率よく伝達でき、スムースな動きが可能となって、より高精度で高速の加工が安価に行

える。

【００８０】

Ｂ軸中心の回転は、スピンドル主軸側の回転のみでなく、ワークスピンドル側でも行うことができ、回転機構の小型化、スクロール加工精度維持・向上、もしくは装置レイアウト選択性などの柔軟性を増すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　従来技術による一般的なスクロール加工機の斜視図である。

【図２】　スクロール渦巻体の概況を示す正面図である。

【図３】　スクロール形状の位置と、曲率半径及び接触長さとの関係を示すグラフである。

【図４】　従来技術による加工と本発明に基づく加工とを比較した説明図である。

【図５】　本発明にかかる実施の形態の加工装置を示す平面図である。

【図６】　図５に表示した加工装置の側面図である。

【図７】　図５に表示した加工装置の背面図である。

【図８】　本発明にかかる他の実施の形態の加工装置を示す平面図である。

【図９】　図８に表示した加工装置の側面図である。

【図１０】　図８に表示した加工装置の背面図である。

【図１１】　本発明にかかる他の実施の形態の加工装置を示す平面図である。

【図１２】　図１１に表示した加工装置の側面図である。

【図１３】　図１１に表示した加工装置の背面図である。

【図１４】　Ｘ座標値信号を基準にＢ軸回転量を演算する方式を示すブロック図である。

【図１５】　スタート信号を起点にＢ軸回転量を演算する方式を示すブロック図である。

【図１６】　モータ電流からＢ軸回転量を演算する方式を示すブロック図である。

【図１７】　ねじれ角からＢ軸回転量を演算する方式を示すブロック図である。

【図１８】　切削・研削動力からＢ軸回転量を演算する方式を示すブロック図である。

【図１９】　データバンク更新方法のフローチャートである。

【図２０】　Ｂ軸回転中心位置の違いを示す平面図である。

【図２１】　駆動力伝達方向を接線方向とする本発明にかかる装置の実施の形態を示す平面図である。

【図２２】　従来技術による内面研削盤を示す斜視図である。

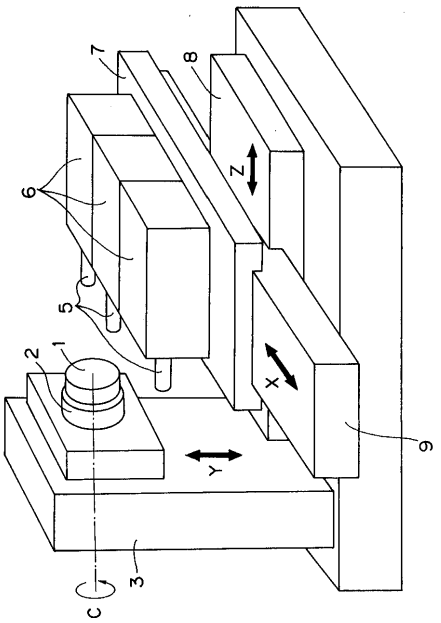
【図２３】　内面研削盤における長孔ワークと砥石との関係を示す説明図である。

【図２４】　本発明にかかる他の実施の形態の加工装置を示す側面図である。

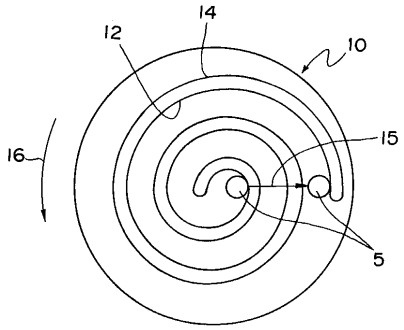
【符号の説明】

１　ワーク、　２　ワークスピンドル、　３　ワーク台、　５　工具、　６　スピンドル主軸、　１０　スクロール渦巻体、　１７　スピンドル主軸台、　２０回転ガイド部、　２１　Ｂ軸回転中心ピン、　２２　圧電素子／磁歪素子、　２３　Ｂ軸回転中心、　２４　変位センサ、　３０　データベース、　３１　送りねじ、　３２　モータ、　３６　カム、　４９　アクチュエータ、　１０１　長孔ワーク、　１０２　ワークスピンドル、　１０５　工具、　１０６　スピンドル主軸。

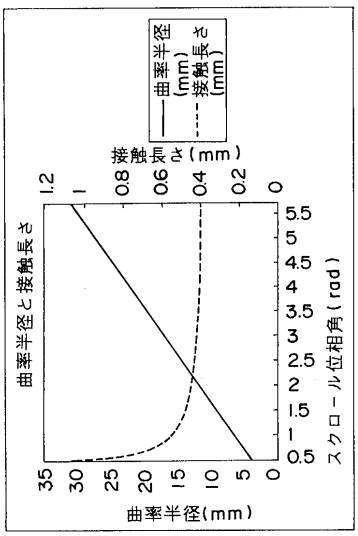
【図１】


7
8
6
Z
5
2
1
X
9
Y
3
C

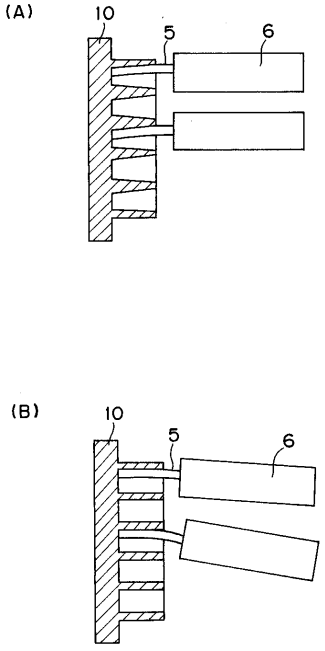
【図２】


14
12
10
16
15
5

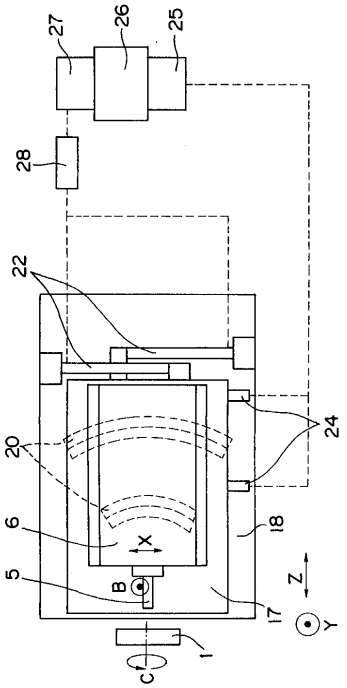
【図３】


曲率半径 (mm)
接触長さ (mm)
接触長さ (mm)
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
曲率半径と接触長さ
5.5
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
スクロール位相角 (rad)
35
30
25
20
15
10
5
0
曲率半径(mm)

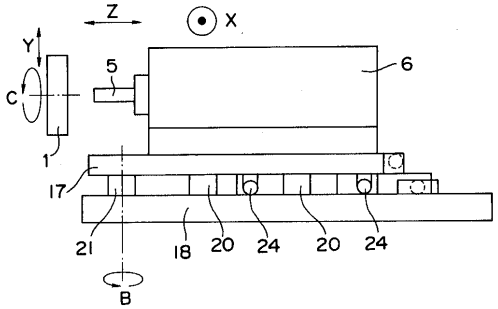
【図４】


(A)
10
5
6
(B)
10
5
6

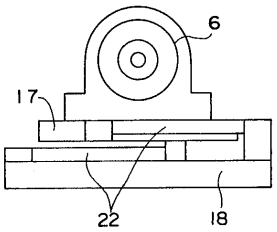
【図５】



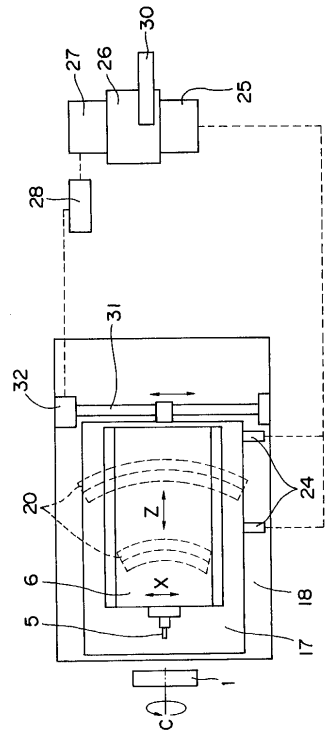
【図６】



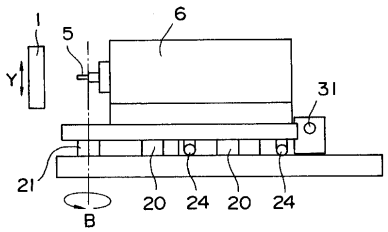
【図７】



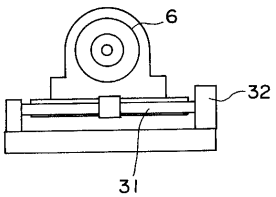
【図８】



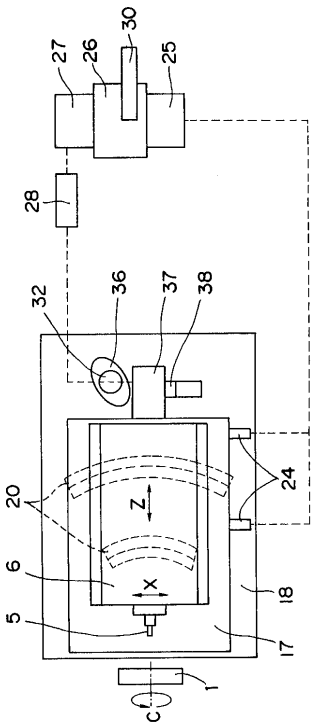
【図９】



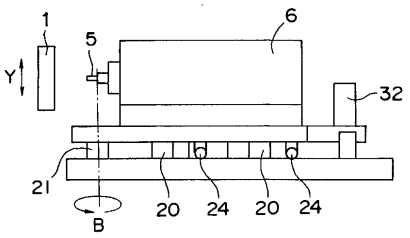
【図１０】



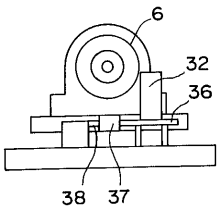
【図１１】



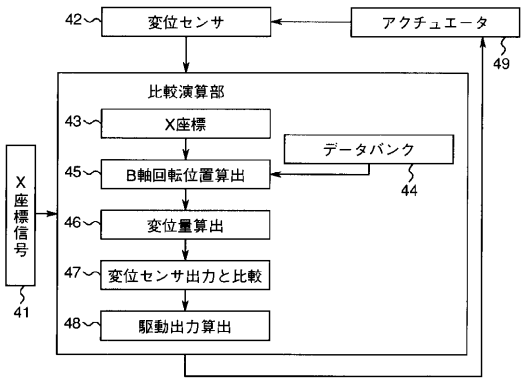
【図１２】



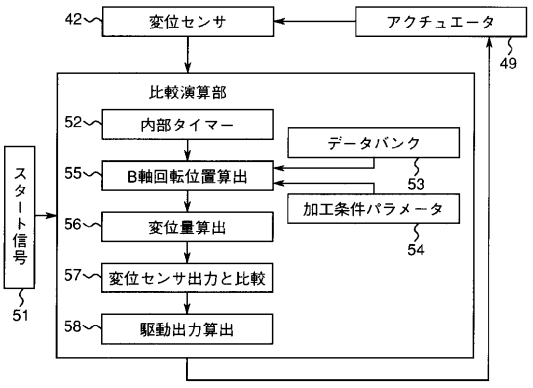
【図１３】



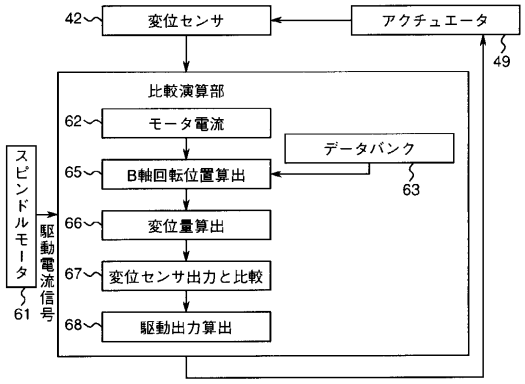
【図１４】



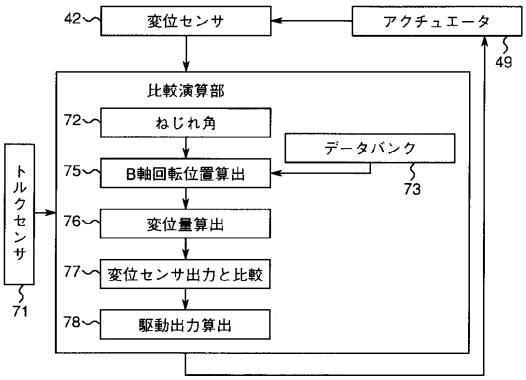
【図１５】



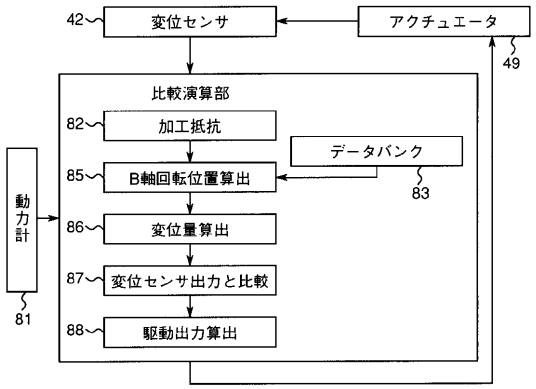
【図１６】



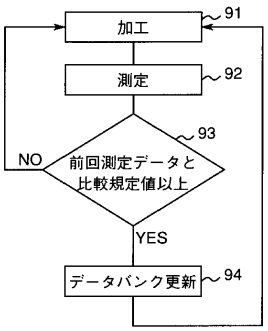
【図１７】



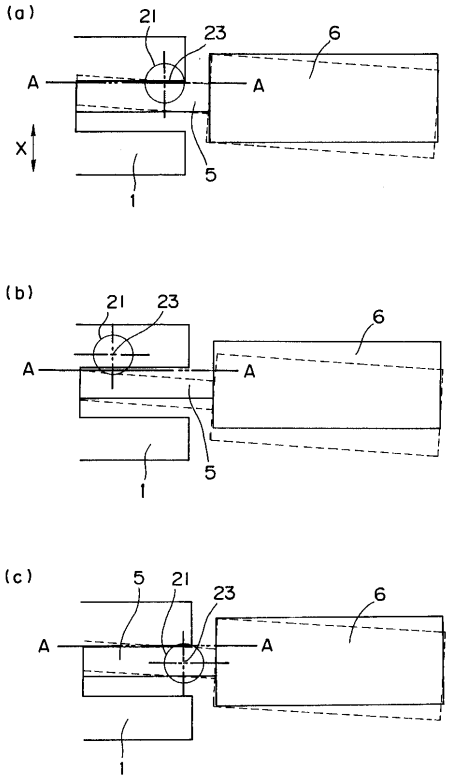
【図１８】



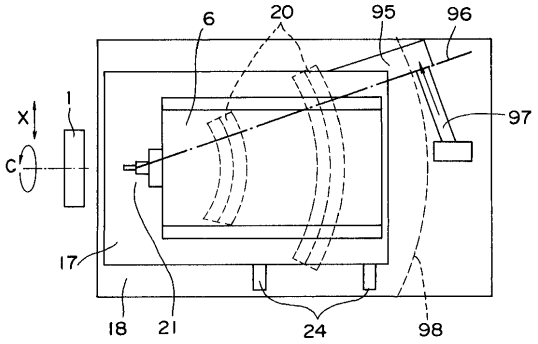
【図１９】



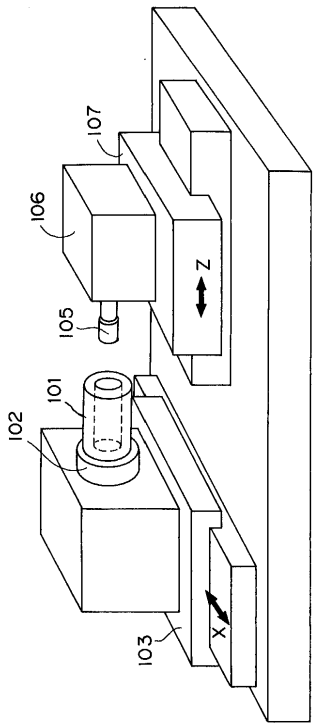
【図２０】



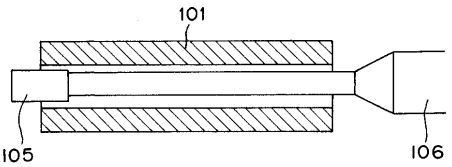
【図２１】



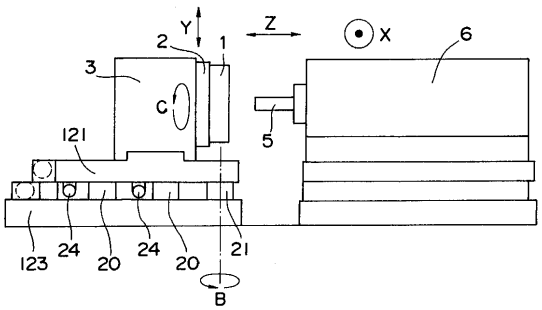
【図２２】



【図２３】



【図２４】



フロントページの続き

(72)発明者　平井　義典
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内

審査官　田村　嘉章

(56)参考文献　特開平０８－０８５０４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３１８４１８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０９４９１３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０５１９１６（ＪＰ，Ａ）
実開平０２－１２２７３８（ＪＰ，Ｕ）
特開平０１－１６３４０１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０８５６２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B23C 3/28-3/35
B23Q 15/18
B24B 5/06
F04C 18/02