

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5401757号
(P5401757)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int. Cl. F I
B 2 4 B 5/42 (2006.01) B 2 4 B 5/42
B 2 4 B 5/01 (2006.01) B 2 4 B 5/01 Z
B 2 4 B 49/10 (2006.01) B 2 4 B 49/10

請求項の数 2 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2006-323262 (P2006-323262)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成18年11月30日(2006.11.30)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2008-137090 (P2008-137090A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成20年6月19日(2008.6.19)	(74) 代理人	110000394
審査請求日	平成21年11月16日(2009.11.16)		特許業務法人岡田国際特許事務所
		(72) 発明者	米津 寿宏
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	杉浦 浩昭
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	大崎 嘉太郎
			大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
			株式会社ジェイテクト内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

クランクシャフトを支持するとともに支持した前記クランクシャフトをC軸を中心に回転させるC軸駆動装置と、

前記クランクシャフトのクランクピンの外周輪郭を加工する略円柱形状の回転砥石と、
 前記回転砥石を前記C軸に直交するX軸の方向に、前記クランクシャフトに対して相対的に進退移動させるX軸駆動装置と、

前記回転砥石を前記C軸に平行なZ軸の方向に、前記クランクシャフトに対して相対的に移動させるZ軸駆動装置と、

前記C軸駆動装置とX軸駆動装置とZ軸駆動装置の動作を指示する数値制御装置とを備えた加工装置であって、

前記クランクピンの形状は円柱状であるとともに両端部には徐々に径が大きくなる円弧状の曲線部を有する形状であり、

前記回転砥石における前記Z軸に平行な方向の幅は、前記クランクピンにおける前記Z軸に平行な方向の長さよりも小さく、

前記数値制御装置からの指示に基づいて、

前記クランクシャフトの前記C軸回りの回転角度を制御しながら前記回転角度に対して、当該クランクシャフトの前記クランクピンに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な進退位置を制御するとともに、

前記クランクピンの両端の円弧状の曲線部の輪郭を前記Z軸方向にトレースするように

10

20

、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記Z軸方向の相対的な移動量に対する
 、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な移動量を制御し
 、

更に、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な移動量を制御することで、前記クランクシャフトを前記C軸回りに回転させながら前記円弧状の曲線部を有する輪郭に沿った形状に前記クランクピンを加工するとともに、加工時における前記回転砥石の負荷が徐々に大きくなるように加工し、

前記数値制御装置のプログラムが、

指定した軸の制御量を演算するための単数または複数のユーザ設定プログラムで構成されたユーザ設定プログラム群と、前記ユーザ設定プログラムに基づいて演算された制御量が入力されて実際の各軸の駆動装置を駆動するための軸駆動プログラムが軸毎に用意された軸駆動プログラム群と、で構成されており、

10

前記ユーザ設定プログラムが複数の場合、複数のユーザ設定プログラムがそれぞれ独立して並列的に処理が実行され、

各ユーザ設定プログラムには、各々のユーザ設定プログラム内で任意に指定した単数または複数の軸の制御量を演算するためのプログラムが記述されており、

ユーザ設定プログラム内で指定される各軸は、それぞれ1つのユーザ設定プログラムでのみ指定が可能であって、あるユーザ設定プログラムにて指定された軸は他のユーザ設定プログラムでは指定できないものであり、

20

前記軸駆動プログラムは、入力された制御量に基づいて、当該軸駆動プログラムに対応付けられた軸の駆動装置に駆動信号を出力させる、プログラムである場合において、

互いに関連した動作が必要となる、前記C軸回りの前記クランクシャフトの回転角度に対して、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な進退位置を指示するためのCX関連ユーザ設定プログラムと、

互いに関連した動作が必要となる、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記Z軸方向の相対的な移動量に対して、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向への相対的な移動量を指示するためのXZ関連ユーザ設定プログラムと、

前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な切込み量を徐々に大きくする指示をするためのX関連ユーザ設定プログラムと、
 の3つのユーザ設定プログラムにて、前記C軸駆動装置と前記X軸駆動装置と前記Z軸駆動装置との制御を可能とするために、

30

前記3つのユーザ設定プログラムの中のいずれか2つのユーザ設定プログラムでは、前記3つのユーザ設定プログラムから重複して制御されるX軸を、実際には制御対象の軸が存在せずに自身のユーザ設定プログラムのみから仮想的に制御される仮想軸に置き換えてプログラムが記述されており、

前記X軸に対応する軸駆動プログラムに、前記2つのユーザ設定プログラムに基づいて演算された前記仮想軸のそれぞれの制御量と、前記2つのユーザ設定プログラムを除いた残りのユーザ設定プログラムに基づいて演算された前記X軸の制御量とが加算されて入力されていることで、

40

ユーザ設定プログラム内で指定される各軸は、それぞれ1つのユーザ設定プログラムでのみ指定が可能であって、あるユーザ設定プログラムにて指定された軸は他のユーザ設定プログラムでは指定できない前記数値制御装置であるにもかかわらず、

前記CX関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記クランクシャフトの前記C軸回りの回転に同期させて前記回転砥石が前記クランクピンに接触するように前記回転砥石を前記X軸方向に相対的に進退移動させると同時に、

前記XZ関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記クランクピンの円弧状の形状に沿うように前記回転砥石を前記X軸方向及び前記Z軸方向に相対的に移動させると同時に、

前記X関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記X軸方向の相対的な切込み量が徐々に

50

に大きくなるように前記回転砥石を前記X軸方向に相対的に移動させる、
ことを特徴とする加工装置。

【請求項2】

請求項1に記載の加工装置であって、

前記ワークまたは前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向への相対的な切込み量が、時間に応じて徐々に大きくなるように、あるいは、前記フランジ部または前記クランクピンに対する前記Z軸方向の位置に応じて徐々に大きくなるように、前記ワークまたは前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な移動量を制御する、

ことを特徴とする加工装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、任意の軸の駆動に対して複数のプログラムからの制御量を合成することを實現する記述方法を用いたプログラムを備えた数値制御装置によってワークを加工する加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、主軸に支持したワークを回転させて当該ワークの被加工部を加工する種々の加工装置及び加工方法がある。この場合、回転させたワークの被加工部の外周輪郭が真円形の場合は、ワークの回転軸（以下、C軸という）に対して直交する方向（以下、X軸方向という）から被加工部に加工工具を接触させて徐々に切込む、という比較的単純な制御で加工を行うことができる。

20

しかし、非真円形のカムを備えたカムシャフトのカム面や、クランクシャフトのクランクピン等、回転角度に応じて被加工部の外周輪郭の位置が変化する場合、ワークを支持したC軸回りの回転角度に応じて、加工工具をX軸方向に進退移動させる、いわゆるプロフィール動作が必要になり、加工方法も複雑化する。以下、「プロフィール動作」とは、仕上げ形状に沿うように、ワークを支持したC軸回りの回転角度に応じて加工工具をX軸方向（C軸に直交する方向）に進退移動させる動作をいう。

【0003】

30

ここで、特許文献1に記載された従来技術では、円筒部、及び当該円筒部の軸に対して垂直方向に延長したショルダ部を有する工作物において、回転砥石を用い、回転砥石の回転軸に平行な方向からショルダ部を研削する、工作物の研削方法が提案されている。この方法では、ショルダ部を研削する際、工作物の軸線に近づくほど、軸線方向の研削幅が狭くなるように斜め方向に切込むように回転砥石を送る第1の研削工程と、第1の研削工程にて回転砥石が円筒部の側面まで到達した後、回転砥石をショルダ部に向かうように軸線方向に送ることで、斜め方向に切込んだ際に残した研削取代を研削する第2の研削工程とを有している。

また、従来では、図5の例に示すような、両端部（図5中の11A、11Cにて示す領域）では外周の径が徐々に大きくなり、中央部（図5中の11Bにて示す領域）では外周の径が一定となる、円弧状の曲線部を有する形状のクランクピン11を加工する場合、一般的な加工方法では、加工工具30（この場合、回転砥石）の形状を転写する方法が用いられている。この場合、加工工具30の幅30Wはクランクピン11の軸方向の長さ11Wとほぼ同一であり、加工工具30の領域30A、30B、30Cによる外周輪郭形状は、クランクピン11の加工後の領域11A、11B、11Cの外周輪郭形状（仕上げ形状）として転写される。このように、図5の例に示すような形状のクランクピン11を加工する場合、従来では予め加工工具30の形状を整形した後でワークの加工を行っている。

40

【特許文献1】特開2005-324313号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 4 】

図5の例に示すようなクランクピン11を加工する場合、従来では、特許文献1に記載された工作物の研削方法、あるいは加工工具30の形状を転写する方法、が一般的に行われていた。

しかし、特許文献1に記載された従来技術では、第1の研削工程において、研削初期の研削量が大きく、徐々に研削量を小さくしていくため、研削開始時において砥石に過大な研削負荷が発生し、工作物のたわみや研削精度の悪化を引き起こす可能性がある。また、第1の研削工程における砥石の研削負荷については、無負荷の状態から研削量が最大となる最大負荷の状態になり、その後、徐々に研削量が減少して負荷が低減されていくことになる。このため、研削開始時の急激な負荷の増加による砥石の磨耗が大きくなり、砥石の寿命が短くなる可能性がある。

10

また、図5の例に示す加工工具30の形状を転写する方法では、少量生産や、ワークのサイズが非常に大きい場合、クランクピンの形状及びサイズに合わせた加工工具30の整形と、加工工具30を交換する段取りに手間がかかり、作業効率が低下する。

そこで、本願の発明者は、図6の例に示すように、クランクピン11の長さ11Wよりも小さな幅30Wの加工工具30を用いて、プロフィール動作を行いながら加工工具30をクランクピンの円弧状の形状に沿うようにZ軸方向及びX軸方向に移動させることができれば、加工工具30の形状を転写する必要がなく、種々のクランクピンの形状及びサイズに対応できると考えた。且つ、加工工具30の研削負荷を無負荷の状態から徐々に増加させるようにすれば、加工工具30の寿命をより長くできるとともに、工作物のたわみや

20

研削精度の悪化を抑制できると考えた。しかし、従来の数値制御装置のプログラムの記述方法では、C軸回りの回転角度に対応させたX軸方向の移動を行わせるプロフィール動作に伴うX軸方向の移動と、クランクピンの径を目標値になるまで切込んで研削するX軸方向の移動と、クランクピンの形状に合わせたZ軸に沿った移動距離に対応するX軸方向の移動と、の1つの軸(この場合、X軸)に対して複数の移動を指示するプログラムを記述することができなかった。

本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、上記の問題の中から特に、数値制御装置による制御において1つの軸に対して複数の移動を指示し、被加工部における加工工具の研削量を徐々に増加させることで、加工工具の研削負荷の変動を抑制し、研削精度をより向上させるとともに、加工工具の寿命をより長くすることができる加工装置を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

上記課題を解決するための手段として、本実施の形態に記載の加工装置は、円筒状または円柱状のワークを支持するとともに支持した前記ワークをC軸を中心に回転させるC軸駆動装置と、前記ワークの外周輪郭を加工する略円柱形状の回転砥石と、前記回転砥石を前記C軸に直交するX軸の方向に、前記ワークに対して相対的に進退移動させるX軸駆動装置と、前記回転砥石を前記C軸に平行なZ軸の方向に、前記ワークに対して相対的に移動させるZ軸駆動装置と、前記C軸駆動装置とX軸駆動装置とZ軸駆動装置の動作を指示する数値制御装置とを備えた加工装置である。

40

前記ワークは、前記C軸に直交する方向に張り出したフランジ部を有しており、当該フランジ部における前記C軸に直交する面は、前記フランジ部からの距離が遠くなるにつれて徐々に径が小さくなる円弧状の曲線部を有している。

そして、前記数値制御装置からの指示に基づいて、前記ワークの前記C軸回りの回転を制御するとともに、前記フランジ部における円弧状の曲線部の輪郭を前記Z軸方向にトレースするように、前記ワークに対する前記回転砥石の前記Z軸方向の相対的な移動量に対する、前記ワークに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な移動量を制御し、更に、前記ワークに対する前記回転砥石の前記X軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように、前記ワークに対する前記回転砥石の前記X軸方向の相対的な移動量を制御することで、前記ワークを前記C軸回りに回転させながら前記円弧状の曲線部を有する輪郭

50

に沿った形状に前記ワークの前記フランジ部を加工するとともに、加工時における前記回転砥石の負荷が徐々に大きくなるように加工する。

【 0 0 0 6 】

また、本発明の第 1 発明は、請求項 1 に記載されたとおりの加工装置である。

請求項 1 に記載の加工装置は、クランクシャフトを支持するとともに支持した前記クランクシャフトを C 軸を中心に回転させる C 軸駆動装置と、前記クランクシャフトのクランクピンの外周輪郭を加工する略円柱形状の回転砥石と、前記回転砥石を前記 C 軸に直交する X 軸の方向に、前記クランクシャフトに対して相対的に進退移動させる X 軸駆動装置と、前記回転砥石を前記 C 軸に平行な Z 軸の方向に、前記クランクシャフトに対して相対的に移動させる Z 軸駆動装置と、前記 C 軸駆動装置と X 軸駆動装置と Z 軸駆動装置の動作を指示する数値制御装置とを備えた加工装置である。

10

前記クランクピンの形状は円柱状であるとともに両端部には徐々に径が大きくなる円弧状の曲線部を有する形状であり、前記回転砥石における前記 Z 軸に平行な方向の幅は、前記クランクピンにおける前記 Z 軸に平行な方向の長さよりも小さい。

そして、前記数値制御装置からの指示に基づいて、前記クランクシャフトの前記 C 軸回りの回転角度を制御しながら前記回転角度に対して、当該クランクシャフトの前記クランクピンに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向の相対的な進退位置を制御するとともに、前記クランクピンの両端の円弧状の曲線部の輪郭を前記 Z 軸方向にトレースするように、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 Z 軸方向の相対的な移動量に対する、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向の相対的な移動量を制御し、更に、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向の相対的な移動量を制御することで、前記クランクシャフトを前記 C 軸回りに回転させながら前記円弧状の曲線部を有する輪郭に沿った形状に前記クランクピンを加工するとともに、加工時における前記回転砥石の負荷が徐々に大きくなるように加工する。

20

そして、前記数値制御装置のプログラムが、指定した軸の制御量を演算するための単数または複数のユーザ設定プログラムで構成されたユーザ設定プログラム群と、前記ユーザ設定プログラムに基づいて演算された制御量が入力されて実際の各軸の駆動装置を駆動するための軸駆動プログラムが軸毎に用意された軸駆動プログラム群と、で構成されており、前記ユーザ設定プログラムが複数の場合、複数のユーザ設定プログラムがそれぞれ独立して並列的に処理が実行され、各ユーザ設定プログラムには、各々のユーザ設定プログラム内で任意に指定した単数または複数の軸の制御量を演算するためのプログラムが記述されており、ユーザ設定プログラム内で指定される各軸は、それぞれ 1 つのユーザ設定プログラムでのみ指定が可能であって、あるユーザ設定プログラムにて指定された軸は他のユーザ設定プログラムでは指定できないものであり、前記軸駆動プログラムは、入力された制御量に基づいて、当該軸駆動プログラムに対応付けられた軸の駆動装置に駆動信号を出力させる、プログラムである。

30

この場合、互いに関連した動作が必要となる、前記 C 軸回りの前記クランクシャフトの回転角度に対して、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向の相対的な進退位置を指示するための C X 関連ユーザ設定プログラムと、互いに関連した動作が必要となる、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 Z 軸方向の相対的な移動量に対して、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向への相対的な移動量を指示するための X Z 関連ユーザ設定プログラムと、前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記 X 軸方向の相対的な切込み量を徐々に大きくする指示をするための X 関連ユーザ設定プログラムと、の 3 つのユーザ設定プログラムにて、前記 C 軸駆動装置と前記 X 軸駆動装置と前記 Z 軸駆動装置との制御を可能とするために、前記 3 つのユーザ設定プログラムの中のいずれか 2 つのユーザ設定プログラムでは、前記 3 つのユーザ設定プログラムから重複して制御される X 軸を、実際には制御対象の軸が存在せずに自身のユーザ設定プログラムのみから仮想的に制御される仮想軸に置き換えてプログラムが記述されており、前記 X 軸に対応する軸駆動プログラムに、前記 2 つのユーザ設定プログラムに基づ

40

50

いて演算された前記仮想軸のそれぞれの制御量と、前記2つのユーザ設定プログラムを除いた残りのユーザ設定プログラムに基づいて演算された前記X軸の制御量とが加算されて入力されていることで、ユーザ設定プログラム内で指定される各軸は、それぞれ1つのユーザ設定プログラムでのみ指定が可能であって、あるユーザ設定プログラムにて指定された軸は他のユーザ設定プログラムでは指定できない前記数値制御装置であるにもかかわらず、前記C X関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記クランクシャフトの前記C軸回りの回転に同期させて前記回転砥石が前記クランクピンに接触するように前記回転砥石を前記X軸方向に相対的に進退移動させると同時に、前記X Z関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記クランクピンの円弧状の形状に沿うように前記回転砥石を前記X軸方向及び前記Z軸方向に相対的に移動させると同時に、前記X関連ユーザ設定プログラムに基づいて、前記X軸方向の相対的な切込み量が徐々に大きくなるように前記回転砥石を前記X軸方向に相対的に移動させる。

10

【0007】

【0008】

また、本発明の第2発明は、請求項2に記載されたとおりの加工装置である。

請求項2に記載の加工装置は、請求項1に記載の加工装置であって、前記ワークまたは前記クランクシャフトに対する前記回転砥石の前記X軸方向への相対的な切込み量が、時間に応じて徐々に大きくなるように、あるいは、前記フランジ部または前記クランクピン

20

【発明の効果】

【0009】

本実施の形態に記載の加工装置によれば、フランジ部を有するワークをC軸回りに回転させながら、回転砥石をZ軸方向及びX軸方向へと、フランジ部の円弧状の曲線部をトレースするように制御し、且つ、当該回転砥石のX軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように制御する。これにより、フランジ部の円弧状の曲線部の外周輪郭を適切に研削加工することができる。

また、切込み量を徐々に増加させることで、回転砥石の負荷変動を抑制することができるので、研削精度をより向上させることができるとともに、回転砥石の寿命をより長くすることができる。

30

【0010】

請求項1に記載の加工装置によれば、クランクシャフトのC軸回りの回転角度に応じて回転砥石のX軸方向の相対的な進退位置を制御するとともに当該回転砥石をZ軸方向及びX軸方向に円弧状の曲線部をトレースするように制御し、且つ、当該回転砥石のX軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように制御する。これにより、図6の例に示すようなクランクピンの外周輪郭を適切に研削加工することができる。

また、切込み量を徐々に増加させることで、回転砥石の負荷変動を抑制することができるので、研削精度をより向上させることができるとともに、回転砥石の寿命をより長く

40

【0011】

また、請求項1に記載の加工装置では、3つのユーザ設定プログラムから重複して制御されるX軸については、いずれか2つのユーザ設定プログラムではX軸（重複制御軸）を仮想軸に置き換えてプログラムが記述されている。これにより、ユーザ設定プログラムにおける記述そのものを可能とする。

そして、仮想軸に置き換えた2つのユーザ設定プログラムにて求めたそれぞれの制御量を、仮想軸に置き換える前の軸（この場合、X軸）の軸駆動プログラムへ入力する制御量に加算することで、3つのユーザ設定プログラムから重複して制御されるX軸であっても、2つのユーザ設定プログラムで求めた制御量を合成することができる。

50

これにより、数値制御装置による制御において1つの軸に対して複数の移動を指示し、被加工部における回転砥石の研削量を徐々に増加させることで、回転砥石の研削負荷を徐々に増加させて、負荷変動を抑制することができるので、研削精度をより向上させるとともに、回転砥石の寿命をより長くすることができる。

【0012】

また、請求項2に記載の加工装置では、回転砥石のX軸方向への相対的な切込み量を徐々に大きくする制御を適切に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に本発明を実施するための最良の形態を図面を用いて説明する。図1は、本発明の加工装置1の一実施の形態における構成の例を示している。なお、構成そのものは従来の加工装置と同じであるが、以下に説明する数値制御装置のプログラムの記述方法を用いることで、従来では実現できなかった加工方法を実現するものである。

本実施の形態では、数値制御装置における少なくとも1つの軸の制御において、従来では記述ができなかった複数のユーザ設定プログラムからの、それぞれ独立した動作の指示を行う記述方法と、各指示による制御量を合成する方法について説明する。なお、ユーザ設定プログラムについては後述する。

【0014】

[加工装置1と数値制御装置40の構成(図1)]

加工装置1は、ベース2と主軸テーブルTB1と、砥石テーブルTB2と、数値制御装置40とを備えている。

砥石テーブルTB2には、略円柱状の砥石30(加工工具に相当)を備えている。砥石30は、砥石テーブルTB2に載置された砥石回転駆動モータ24により、Z軸に平行な回転軸を中心に回転する。また、砥石30におけるZ軸に平行な方向の幅30Wは、クランクピン11のZ軸方向の長さ11Wよりも小さい(図6参照)。なお、Z軸は、クランクシャフト10(ワークに相当)を支持して回転させる主軸モータ21によって回転する軸であるC軸に平行な軸であり、後述する送りネジ23BがZ軸である。

また、砥石テーブルTB2は、ベース2に設けられた砥石テーブル駆動モータ22(X軸駆動装置に相当)と送りネジ22B、及び砥石テーブルTB2に設けられたナット(図示省略)により、ベース2に対してX軸方向に移動可能である。なお、X軸は、前記C軸に直交する方向の軸であり、送りネジ22BがX軸である。

【0015】

主軸テーブルTB1は、ベース2に設けられた主軸テーブル駆動モータ23(Z軸駆動装置に相当)と送りネジ23B、及び主軸テーブルTB1に設けられたナット(図示省略)により、ベース2に対してZ軸方向に移動可能である。

主軸テーブルTB1の上には、心押し台21Tが固定され、主軸台21Dが、種々の長さのワークに対応可能とするように、心押し台21Tに近接または離間可能となるように、心押し台21Tに対向する位置に載置されている。主軸台21D及び心押し台21Tには、それぞれ支持部21C、21S(チャック等)が設けられており、これら支持部21C、21Sの間にワークであるクランクシャフト10が保持(支持)される。この支持部21C、21Sを結ぶ軸がC軸である。

【0016】

クランクシャフト10は、主軸台21Dに設けられた主軸モータ21により、支持部21C、21Sを結ぶC軸を中心として回転する。また、クランクシャフト10は、図1に示すように、C軸に対して偏心した位置に中心を持つクランクピン11、12、13、14等を複数有する形状である。

また、砥石テーブル駆動モータ22には砥石テーブルTB2のX軸方向の位置を検出する位置検出器22Eが設けられており、主軸テーブル駆動モータ23には主軸テーブルTB1のZ軸方向の位置を検出する位置検出器23Eが設けられており、主軸モータ21には、クランクシャフト10の回転角度を検出する位置検出器21Eが設けられている。こ

10

20

30

40

50

これらの位置検出器としては種々のものを用いることができるが、本実施の形態ではエンコーダを用いている。

【 0 0 1 7 】

数値制御装置 4 0 は、CPU 4 1 と、記憶装置 4 2 と、入出力装置 4 3 (キーボード、モニタ等) とインターフェース 4 4 と、ドライブユニット 5 1 ~ 5 4 等にて構成されている。そして、数値制御装置 4 0 は、記憶装置 4 2 に記憶された加工データ及び加工プログラム等に基づいて、主軸モータ 2 1、砥石テーブル駆動モータ 2 2、主軸テーブル駆動モータ 2 3、砥石回転駆動モータ 2 4 を制御する。

CPU 4 1 は、入出力装置 4 3 から入力されるデータと、記憶装置 4 2 に記憶されているプログラムやデータと、インターフェース 4 4 を介して入力される外部入力信号に基づいて出力指令値を計算し、インターフェース 4 4 を介して出力する。

外部入力信号としては、クランクシャフト 1 0 の回転角度を検出する位置検出器 2 1 E からの信号、砥石テーブル T B 2 の X 軸方向の位置を検出する位置検出器 2 2 E からの信号、主軸テーブル T B 1 の Z 軸方向の位置を検出する位置検出器 2 3 E からの信号等が用いられる。

【 0 0 1 8 】

出力指令値は、クランクシャフト 1 0 を加工するための、クランクシャフト 1 0 の回転角度、砥石テーブル T B 2 の X 軸方向の位置、主軸テーブル T B 1 の Z 軸方向の位置、砥石回転駆動モータ 2 4 の回転数を制御する制御量であり、インターフェース 4 4 を介してドライブユニット 5 1 ~ 5 4 に出力される。

ドライブユニット 5 1 は主軸モータ 2 1 を制御し、C 軸を回転中心としたクランクシャフト 1 0 の回転速度を制御する。ドライブユニット 5 2 は砥石テーブル駆動モータ 2 2 を制御し、砥石テーブル T B 2 の X 軸方向の位置を制御する。ドライブユニット 5 3 は主軸テーブル駆動モータ 2 3 を制御し、主軸テーブル T B 1 の Z 軸方向の位置を制御する。また、ドライブユニット 5 4 は砥石回転駆動モータ 2 4 を制御し、砥石 3 0 の回転速度を制御する。

【 0 0 1 9 】

ドライブユニット 5 1、5 2、5 3 は、位置検出器 2 1 E、2 2 E、2 3 E からの検出信号を取り込み、取り込んだ位置検出器からの検出信号と、CPU 4 1 からの出力指令値との差を補正するようにフィードバック制御を行い、主軸モータ 2 1、砥石テーブル駆動モータ 2 2、主軸テーブル駆動モータ 2 3、を各々制御する。

なお、図 1 の例では、砥石回転駆動モータ 2 4 には検出器を設けていないが、砥石回転駆動モータ 2 4 にも速度検出器等を設け、砥石回転駆動モータ 2 4 の回転速度をフィードバック制御することも可能である。

なお、図示省略するが、C 軸回りに回転する被加工部の動きに追従してリアルタイムに被加工部の径の寸法を検出して検出信号を出力し、被加工部の寸法を連続的に検出可能な定寸装置も備えている。数値制御装置は、当該定寸装置からの検出信号に基づいて、被加工部の径がどれだけであるか、リアルタイムに連続的に認識することができる。

【 0 0 2 0 】

[数値制御装置 4 0 におけるプログラムの構成 (図 2)]

図 2 の例に示すように、CPU 4 1 からインターフェース 4 4 を介してドライブユニット 5 1 ~ 5 4 に出力される出力指令値 (以下、出力指令値を制御量と記載する) を演算するプログラムは、単数または複数のユーザ設定プログラムで構成されたユーザ設定プログラム群と、このユーザ設定プログラムが演算した制御量が入力されて対応付けられたドライブユニットに制御量を出力する軸駆動プログラムが軸毎に用意された軸駆動プログラム群にて構成されている。

ユーザ設定プログラムは、ユーザが任意に指定した単数または複数の軸の制御量を演算するためのプログラムを記述することが可能であり、ユーザが自由に記述することができる。

軸駆動プログラムは、対応付けられた実際の軸の駆動装置 (この場合、駆動モータ) を

10

20

30

40

50

駆動するためのプログラムであり、ドライブユニットに対して1対1に対応付けられている。なお、軸出力プログラムは、ユーザが自由に記述できるものではない。

各ドライブユニットは、対応付けられた軸駆動プログラムから制御量（出力指令値）が入力されると、対応付けられた位置検出器からの検出信号に基づいた位置あるいは回転角度等と、入力された出力指令値との差を補正するようにフィードバック制御する。

【0021】

また、ユーザ設定プログラムが複数の場合、CPU41によって、複数のユーザ設定プログラムがそれぞれ独立して並列的に処理が実行される。そして、各ユーザ設定プログラムにて演算された制御量の軸出力プログラムへの入力も並列的に処理される。これにより、複数のユーザ設定プログラムが同時に処理され、各軸を同時に制御することができる。

なお、ユーザ設定プログラム内で指定される各軸は、それぞれ1つのユーザ設定プログラムでのみ指定が可能である。例えば、ユーザ設定プログラムPU1、PU2の2つがある場合、ユーザ設定プログラムPU1でX軸とC軸を指定してX軸とC軸の制御量を演算するプログラムを記述した場合、ユーザ設定プログラムPU2ではX軸またはC軸を指定して制御量を演算するプログラムを記述することはできない。

【0022】

[クランクシャフト10と砥石30とのプロフィール動作(図4)]

ここで、図4(A)及び(B)を用いて、C軸回りの回転角度に応じてX軸方向に進退移動するプロフィール動作について説明する。

図4(A)に示すように、クランクシャフト10をC軸を中心として回転させると、被加工部であるクランクピン11の外周輪郭の位置(X軸方向の位置)は、回転角度に応じて変化する。

図4(B)に示すように、クランクシャフト10の軸の中心を点J、クランクピン11の軸の中心を点P、砥石30の回転中心を点T、クランクピン11の直径を p 、点Jと点Pを結んだ直線の長さ(ピンストローク)を R_w 、砥石30の半径を R_t とする。なお、点Jと点Tは、X軸に平行な直線上に設定されている。

点Jと点Pを結んだ直線と、点Jと点Tを通る直線とが成す角を回転角度(ワークの回転角度)、点Jと点TとのX軸方向の距離を X (ワークの回転角度に対応するX軸方向の進退位置) とすると、距離 X は、回転角度の関数となる。

【0023】

[従来の記述方法によるユーザ設定プログラムの記述例(図3)と加工方法(図5)]

次に図3を用いて、従来の記述方法によるユーザ設定プログラムの記述例について説明する。ユーザ設定プログラムは、「G」から始まる各モードを指定するコードと、動作内容を示すコード等が1行ずつ記述されている。

例えば、図3に示す例では、CPU41は、ステップN010を読み込むと、「G51」より、プロフィール動作開始モードの指定であることを認識する(この場合、「G51」がプロフィール動作開始モードであることが予め登録されている)。そして、「S60」より、クランクシャフト10(C軸)を60回転/minで回転させ、「P2345」ファイルに記憶されているC軸回りの回転角度とX軸方向の位置に従ってC軸回りの回転角度に応じたX軸方向の位置となるように、砥石テーブル駆動モータ22を制御する指示であることを認識し、当該指示に基づいたC軸の制御量とX軸の制御量を求める。上記の「P2345」ファイルには、例えば、図4に示す回転角度に応じた距離 X が、所定回転角度毎に記憶されている。

【0024】

次に、CPU41は、図3に示すステップN020を読み込むと、「G01」より、切込みモードであることを認識し(この場合、「G01」が切込みモードであることが予め登録されている)、「G31」より、定寸装置(被加工部の寸法を計測する装置)によって測定した寸法に応じた外部位置決めモードであることを認識する(この場合、「G31」が外部位置決めモードであることが予め登録されている)。そして、「G91 X-0.2 F1.」より、相対位置指令モード(この場合、「G91」が相対位置決めモード

10

20

30

40

50

であることが予め登録されている)であることを認識し、切込み速度 1 mm/min にて、X軸を 0.2 mm 切込む方向に駆動する指示であることを認識し(- 0.2 は、図4(B)において砥石30をクランクシャフト10に近づく方向に 0.2 mm 移動させることを示している)、当該指示に基づいたX軸の制御量を求める。そして、CPU41は、ステップN010で求めたX軸の制御量とステップN020で求めたX軸の制御量を加算してX軸用の軸駆動プログラムP_{Jx}に入力する。また、ステップN010で求めたC軸の制御量は、C軸用の軸駆動プログラムP_{Jc}に入力される。

そして、CPU41は、定寸装置からの検出信号(アドレス98765の信号)が出力されると、次のステップN030を読み込む。

【0025】

次に、CPU41は、ステップN030を読み込むと、「G01」及び「G31」より、切込みモード、且つ外部位置決めモードであることを認識する。そして、「G91 X - 0.02 F 0.5 」より、相対位置指令モード(「G91」より)であることを認識し、切込み速度 0.5 mm/min にて、X軸を 0.02 mm 切込む方向に駆動する指示であることを認識し、当該指示に基づいたX軸の制御量を求める。そして、CPU41は、ステップN010で求めたX軸の制御量とステップN030で求めたX軸の制御量を加算してX軸用の軸駆動プログラムP_{Jx}に入力する。また、ステップN010で求めたC軸の制御量は、C軸用の軸駆動プログラムP_{Jc}に入力される。

そして、CPU41は、定寸装置からの検出信号(アドレス98764の信号)が出力されると、次のステップN040に進む。

【0026】

次に、CPU41は、ステップN040を読み込むと、「G04」より、スパークアウトモードであることを認識する(この場合、「G04」がスパークアウトモードであることが予め登録されている)。そして、「P1」より、スパークアウト処理をC軸1回転分実施する指示であることを認識する。なお、「スパークアウト」とは、砥石を切込んでも加工装置や砥石の剛性不足等により設定値とおりの切込み量を得られない場合があり、加工の最終段階で砥石の切込みを停止してワークを回転等させて設定した切込み値に近づけるとともに、表面を滑らかに仕上げる作業をいう。

そして、CPU41は、スパークアウト処理を1回転行った後、ステップN050を読み込み、「G50」より、プロフィール動作終了モードの指示であることを認識し(この場合、「G50」がプロフィール動作終了モードであることが予め登録されている)、C軸とX軸のプロフィール動作を停止する。

【0027】

以上に説明した、図3に示す従来のユーザ設定プログラムの記述方法では、図5に示す従来の「砥石形状を転写する加工方法」でクランクピン11を加工することができる。これについては既に説明しているので、説明を省略する。

【0028】

[本実施の形態における加工方法(図6)とユーザ設定プログラムの記述例(図7)と軸駆動プログラムへの反映(図8)]

上記に説明した従来の「砥石形状を転写する加工方法(プロフィール動作を行いながらX軸方向に切込む加工方法)」では、図6に示すような「プロフィール動作を行いながらX軸方向に切込み、且つZ軸方向に移動しながら被加工部の形状に沿ってX軸方向に移動する加工方法」を行うことができない。図3に示すユーザ設定プログラムにて、既にX軸を指定してX軸の制御量を演算するプログラムを記述しているので、他のユーザ設定プログラムでX軸を指定して制御量を演算するプログラムを記述することができないからである。かといって、図3に示したユーザ設定プログラム中に、「被加工部の形状(この場合、円弧状の曲線部を有する形状)に沿うようにZ軸方向に移動しながらX軸方向にも移動」する動作をプロフィール動作と同時に行わせるように記述することもできない。

また、P2345ファイル(回転角度 に応じた距離Xが所定回転毎に記憶されているデータ)に、Z軸方向の距離Zを追加する方法も考えられるが、回転角度 に応じてX軸

10

20

30

40

50

方向の位置及びZ軸方向の位置が固定されることになる。この場合、例えば、Z軸方向の移動距離が長いと、間隔の大きならせんを描き、研削されない部分が発生する可能性がある。なので好ましくない。

【 0 0 2 9 】

そこで、制御対象の軸（この場合、C軸、X軸、Z軸）における少なくとも1つの軸に対して複数のユーザ設定プログラムからの制御を可能とするために、複数のユーザ設定プログラムから制御される軸を示す重複制御軸を制御する2つ目以降のユーザ設定プログラムでは、実際には制御対象の軸が存在せずに自身のユーザ設定プログラムのみから仮想的に制御される仮想軸を指定し、重複制御軸を、この仮想軸に置き換えたプログラムを記述する。そして、仮想軸を指定したユーザ設定プログラムにて求めた制御量を、仮想軸に置き換える前の実際の制御対象の軸（重複制御軸）の制御量として、当該軸に対応付けられた軸駆動プログラムに入力する制御量として加算する。

10

この場合、図7の例のようにユーザ設定プログラムを記述することができる。図7に、ユーザ設定プログラムPU1、PU2、PU3の例を示し、各ステップの記述内容とCPU41の処理について説明する。

【 0 0 3 0 】

まず、図7に示すユーザ設定プログラムPU1（CX関連ユーザ設定プログラムに相当）の記述内容とCPU41の処理について説明する。

CPU41は、ステップN010を読み込み、「G51」より、プロフィール動作モードの指定であることを認識する。そして、「S60」より、クランクシャフト10（C軸）を60回転/minで回転させ、「P2345」ファイルに記憶されているC軸回りの回転角度とX軸方向の位置に従ってC軸回りの回転角度に応じたX軸方向の位置となるように、砥石テーブル駆動モータ22を制御する指示であることを認識し、当該指示に基づいたC軸の制御量とX軸の制御量を求める。これは図3に示した従来のステップN010と同様である。

20

次に、CPU41は、ステップN021を読み込み、「G04」より、スパークアウトモードであることを認識し、「P100」より、スパークアウト処理をC軸100回転分実施する指示であることを認識する。

そして、CPU41は、スパークアウト処理100回転を行った後、ステップN031を読み込み、「G50」より、プロフィール動作終了モードの指示であることを認識し、C軸とX軸のプロフィール動作を停止する。

30

【 0 0 3 1 】

次に、図7に示すユーザ設定プログラムPU2（X関連ユーザ設定プログラムに相当）の記述内容とCPU41の処理について説明する。ユーザ設定プログラムPU2では、X軸の切込みに関する指示のプログラムを記述したいのであるが、既にユーザ設定プログラムPU1にてX軸を指定しているため、X軸を指定したプログラムを記述することができない。そこで、X軸（重複制御軸）を仮想軸であるY軸（第1仮想軸に相当）に置き換えて記述している。

CPU41は、ステップN110を読み込み、「G01」及び「G31」より、切込みモード、且つ外部位置決めモードであることを認識する。そして、「G91 Y-0.2

40

F1.」より、相対位置指令モード（「G91」より）であることを認識し、切込み速度1mm/minにて、Y軸を0.2mm切込む方向に駆動する指示であることを認識し、当該指示に基づいたY軸の制御量を求める。この場合、時間の経過に応じて、X軸方向の相対的な切込み量を徐々に大きくしていくことができる。

そして、CPU41は、定寸装置からの検出信号（アドレス98765の信号）が出力されると、次のステップN120を読み込む。なお、近年の定寸装置は、クランクピン11がどのような回転角度であっても、当該クランクピン11の径の寸法を計測可能となるように、クランクピン11の運動する軌跡に追従可能である。

ステップN120を読み込むと、「G01」及び「G31」より、切込みモード、且つ寸法測定モードであることを認識する。そして、「G91 Y-0.02 F0.5」よ

50

り、相対位置指令モード（「G91」より）であることを認識し、切込み速度0.5 mm/minにて、Y軸を0.02 mm切込む方向に駆動する指示であることを認識し、当該指示に基づいたY軸の制御量を求める。この場合、時間の経過に応じて、X軸方向の相対的な切込み量を徐々に大きくしていくことができる。

なお、ステップN130における処理も、上記のステップN120における処理と同様であるので説明を省略する。

【0032】

次に、図7に示すユーザ設定プログラムPU3（XZ関連ユーザ設定プログラムに相当）の記述内容とCPUの処理について説明する。ユーザ設定プログラムPU3では、Z軸方向への移動に伴うX軸方向の移動に関する指示（クランクピン11の円弧状の曲線部に沿う指示）のプログラムを記述したいのであるが、既にユーザ設定プログラムPU1にてX軸を指定しているため、X軸（重複制御軸）を仮想軸であるA軸（第2仮想軸に相当）に置き換えて記述している。

CPU41は、ステップN210を読み込み、「G03」より、円弧動作モード（凹円弧の動作）であることを認識する（この場合、「G03」が円弧動作モードであることが予め登録されている）。そして、「A-1. Z1. R2.0 F10.0」より、速度（F）10 mm/minにて、現在の位置に対してA軸方向に-1 mm（図6において上方向に1 mm移動した位置）、Z軸方向に1 mm（図6において左方向に1 mm移動した位置）に、半径（R）2.0 mmの円弧に沿った移動であることを認識する。そして当該指示に基づいたA軸の制御量とZ軸の制御量を求める。このA軸方向（実際にはX軸方向）とZ軸方向の円弧移動により、図6におけるクランクピン11の領域11Cの輪郭に沿って砥石30を移動させることができる。

【0033】

ステップN210の処理が終わると（指示した位置まで到達すると）、CPU41は、ステップN220を読み込み、「G01」より、切込みモード（ただし、この場合はX軸方向への切込みなし）であることを認識する。そして、「Z3. F10.0」より、速度（F）10.0 mm/minにて、現在の位置からZ軸方向に3 mm移動する指示であることを認識する。そして、当該指示に基づいたZ軸の制御量を求める。このZ軸方向の移動により、図6におけるクランクピン11の領域11Bの輪郭に沿って砥石30を移動させることができる。

ステップN220の処理が終わると（指示した位置まで到達すると）、CPU41は、ステップN230を読み込み、「G03」より、円弧動作モード（凹円弧の動作）であることを認識する（この場合、「G03」が円弧動作モードであることが予め登録されている）。そして、「A1. Z1. R2.0 F10.0」より、速度（F）10 mm/minにて、現在の位置に対してA軸方向に1 mm（図6において下方向に1 mm移動した位置）、Z軸方向に1 mm（図6において左方向に1 mm移動した位置）に、半径（R）2.0 mmの円弧に沿った移動であることを認識する。そして当該指示に基づいたA軸の制御量とZ軸の制御量を求める。このA軸方向（実際にはX軸方向）とZ軸方向の円弧移動により、図6におけるクランクピン11の領域11Aの輪郭に沿って砥石30を移動させることができる。

【0034】

以上に説明したユーザ設定プログラムPU1、PU2、PU3では、PU2にてX軸（重複制御軸）の代わりに仮想軸（Y軸）、PU3にてX軸（重複制御軸）の代わりに仮想軸（A軸）の制御として制御量を求めているので、これらの制御量をX軸の制御量として、X軸に対応付けられた軸駆動プログラムPJxに加算する。

図8に示すように、C軸に対応付けられた軸駆動プログラムPJcには、ユーザ設定プログラムPU1にて求めたC軸の制御量を入力する。また、X軸に対応付けられた軸駆動プログラムPJxには、ユーザ設定プログラムPU1にて求めたX軸の制御量と、ユーザ設定プログラムPU2にて求めたY軸の制御量と、ユーザ設定プログラムPU3にて求めたA軸の制御量とを加算して入力する。また、Z軸に対応付けられた軸駆動プログラムP

10

20

30

40

50

Jzには、ユーザ設定プログラムPU3にて求めたZ軸の制御量を入力する。これにより、プロフィール動作をさせながら、図6に示す動作を行わせ、且つクランクピン11の外周輪郭の全域に渡って所定量切込んだ研削を行うことができる。

【0035】

以上に説明した本実施の形態では、ユーザ設定プログラムPU1にてC軸とX軸のプロフィール動作を指示するとともに、ユーザ設定プログラムPU3にてX軸とZ軸の円弧状の動作を指示し、更に、ユーザ設定プログラムPU2にてX軸の切込み動作を指示した。これにより、クランクシャフト10をC軸回りに回転させながら砥石30をプロフィール動作させ、且つ砥石30をクランクピン11のZ軸方向の外周輪郭に沿うようにZ軸方向及びX軸方向に移動させ、且つ砥石30におけるX軸方向への切込み量が徐々に大きくなるように動作させることができる。なお、切込み量は、所定の大きさになった段階で一定の値に固定する。

上記の説明では、X軸方向への(相対的な)切込み量を、時間に応じて徐々に大きくする場合の説明をしたが、例えば、Z軸方向の相対的な位置に応じて徐々に大きくする(例えば、クランクピン11における、最も径が大きい位置から最も径が小さい位置に向かって、切込み量を徐々に大きくする)ことも可能である。

【0036】

[本実施の形態の動作(図9、図10)]

近年では、ワークの形状をリアルタイムに検出できる定寸装置(例えば、設定値に達したか否かのみを検出していた従来の定寸装置に対して、どれだけの寸法であるかを検出可能)が利用できるようになり、被加工部の形状が把握できるようになった。この定寸装置と、以下に説明するプログラムを用いることで、連続的な切込みにより、安定した負荷を与えて切込みができる加工装置について説明する。

例えば、図7に示したユーザ設定プログラムPU1、PU2、PU3のように記述する。

この場合、3つのユーザ設定プログラムからX軸の制御が重複しているので、いずれか2つのユーザ設定プログラムでは(図7の例では、ユーザ設定プログラムPU2、PU3)、X軸(重複制御軸)を仮想軸(この場合、Y軸、A軸)に置き換えてプログラムが記述されている。

なお、X軸に対応付けられた軸駆動プログラムPJxに、上記の2つのユーザ設定プログラム(この場合、PU2、PU3)に基づいて演算された仮想軸のそれぞれの制御量(この場合、Y軸の制御量とA軸の制御量)と、残りのユーザ設定プログラム(この場合、PU1)に基づいて演算されたX軸の制御量とが加算されて入力されている。

これにより、クランクシャフト10のC軸回りの回転角度にかかわることなく、定寸装置によって検出される被加工部に関する寸法が第1所定寸法になるまで、第1切込み速度にて連続的に、クランクピン11の全周にわたって均一に、砥石30をX軸方向に切込ませて加工することができる。

【0037】

なお、図7のユーザ設定プログラムPU2では、ステップN110にて被加工部に関する寸法が第1所定寸法になるまでは第1切込み速度となるようにプログラムが記述されており、第1所定寸法に到達した後は、第1所定寸法よりも小さな第2所定寸法になるまで第1切込み速度よりも小さな第2切込み速度となるようにプログラムが記述されている。また、第2所定寸法に到達した後は、第2所定寸法よりも更に小さな第3所定寸法になるまで第2切込み速度よりも更に小さな第3切込み速度となるようにプログラムが記述されている。これにより、粗研削、精研削、微研削と、徐々に仕上げ精度を向上させている。

【0038】

以上の動作における砥石30の位置をグラフに示すと、図9の例に示すものとなる。砥石30の中心点Tの位置を示すPf()は、切込み量を示すX1に沿うように、ワークの回転角度()にかかわらず、連続的に、均一に切込みを行うことができる。これにより、真円度の悪化や加工面に発生するスジ等を抑制し、より高精度に被加工部を仕上げ

10

20

30

40

50

ることができる。また、連続的に、均一に切込みを行うことで、研削負荷を低減できるので、砥石 30 の消耗も低減することができる。

更に、図 9 に示す動作を行いながら、砥石 30 を、クランクピン 11 の Z 軸方向の外周輪郭に沿うように Z 軸方向及び X 軸方向に移動させることで、図 10 に示すように、砥石 30 の研削量（すなわち研削負荷）を徐々に大きくしていくことができる。

図 10 (A) 及び (B) に示すように、本実施の形態では、ユーザ設定プログラム P U 3 における円弧指令にて、クランクピン 11 の外周輪郭における研削前の工作物形状に沿って砥石 30 がクランクピン 11 の外周に接するように制御するとともに、ユーザ設定プログラム P U 2 における切込み指令にて、砥石 30 の X 軸方向への切込み量が徐々に大きくなるように制御する。もちろん、ユーザ設定プログラム P U 1 におけるプロフィール動作指令にて、C 軸回りの回転角度に応じた X 軸方向の位置も同時に制御する。

【 0 0 3 9 】

これにより、図 10 (A) 及び (B) に示すように、砥石 30 の切込み開始時に、研削負荷ゼロの状態（またはゼロに近く、非常に小さい状態）から、研削負荷を徐々に大きくしていくことが可能となり、より短時間で仕上げ形状に加工可能となる。

従来は、図 10 (C) に示すように、まず研削開始時に比較的大きく X 軸方向に切込みしてから円弧の動作で研削しており、研削初期の研削量が非常に大きい。このため、砥石 30 の研削負荷については、無負荷の状態から短時間で最大負荷の状態となるため、切込み開始時の研削初期における砥石 30 の負荷変動が非常に大きかった。

本実施の形態の加工装置では、クランクピン 11 の曲線部 (R 部) の研削において、曲線部 (R 部) の形状に合わせた円弧指令と、X 軸方向への切込み指令とを合成した指令で砥石 30 を制御することにより、工作物形状に合わせた切込み量を制御することが可能であり、研削負荷変動を抑制した R 部の研削が可能となる。

以上に説明したように、本実施の形態の加工装置は、単一形状の砥石 30 による、多種形状のクランクピン部の研削加工が可能となり、砥石 30 の整形や交換等の手間が不要になり、機械のフレキシビリティが向上する。

また、砥石 30 のプロフィール動作 + 円弧動作に加えて切込み量を制御することで、研削負荷変動を抑制できるので、研削精度をより向上させることができる。

また、砥石 30 の研削負荷が徐々に大きくなるように制御することで、砥石 30 の負荷変動を抑制することができるので、砥石 30 の偏摩耗を抑制し、砥石 30 の寿命を延ばすことができる。

【 0 0 4 0 】

以上の説明では、略円柱状の砥石 30 (回転砥石) を加工工具とし、クランクシャフト 10 をワークとし、クランクピン 11 を被加工部として説明したが、加工工具、ワーク及び被加工部は、これらに限定されるものではなく、種々の加工工具、ワーク、被加工部に適用できる。

例えば、図 11 (A) (斜視図) 及び (B) (平面図) に示すような、C 軸に直交する方向に張り出したフランジ部 F を有する円筒状または円柱状のワーク W の加工において、フランジ部 F における C 軸と直交する面 M 部の加工にも適用できる。また、面 M にはフランジ部 F からの距離が遠くなるにつれて徐々に径が小さくなる円弧状の曲線部 U を有している。

この場合、プロフィール動作は不要であり、数値制御装置からの指示に基づいて、ワーク W の C 軸回りの回転速度を制御する。かつ、フランジ部 F における円弧状の曲線部 U の輪郭を Z 軸方向にトレースするように、ワーク W に対する回転砥石 30 の Z 軸方向の相対的な移動量に対する、ワーク W に対する回転砥石 30 の X 軸方向の相対的な移動量を制御する。更に、ワーク W に対する回転砥石 30 の X 軸方向への相対的な切込み量が徐々に大きくなるように、ワーク W に対する回転砥石 30 の X 軸方向の相対的な移動量を制御する。

これにより、ワーク W を C 軸回りに回転させながら円弧状の曲線部 U を有する輪郭に沿った形状にワーク W のフランジ部 F を加工するとともに、加工時における回転砥石 30 の

負荷が徐々に大きくなるように加工する。

なお、上述した実施例では、フランジ部 F の断面形状として真円形状のワークについて説明したが、フランジ部 F の断面形状は、非真円形状、例えばカム形状であっても構わない。

【 0 0 4 1 】

また、以上の説明では、図 1 の例に示した加工装置 1 により、ワークに対して砥石 3 0 を X 軸方向に移動させたが、砥石 3 0 に対してワークを X 軸方向に移動させる構成にすることもできる。従って、X 軸駆動装置は、ワークに対して砥石 3 0 を相対的に X 軸方向に移動させることができるものである。

同様に、Z 軸方向については、砥石 3 0 に対してワークを Z 軸方向に移動させたが、ワークに対して砥石 3 0 を Z 軸方向に移動させる構成にすることもできる。従って、Z 軸駆動装置は、ワークに対して砥石 3 0 を相対的に Z 軸方向に移動させることができるものである。

【 0 0 4 2 】

本発明の加工装置 1 は、本実施の形態で説明した外観、構成、処理等に限定されず、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更、追加、削除が可能である。

また、本実施の形態の説明に用いた数値は一例であり、この数値に限定されるものではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 3 】

【 図 1 】 数値制御装置 4 0、及び加工装置 1 の一実施の形態を説明する図である。

【 図 2 】 数値制御装置 4 0 におけるプログラムの構成を説明する図である。

【 図 3 】 従来の記述方法による、ユーザ設定プログラムの記述例を説明する図である。

【 図 4 】 C 軸回りの回転角度に応じて X 軸方向に進退移動するプロフィール動作について説明する図である。

【 図 5 】 従来の加工方法（加工工具の形状を転写する方法）を説明する図である。

【 図 6 】 本実施の形態における加工方法を説明する図である。

【 図 7 】 本実施の形態におけるユーザ設定プログラムの記述例を説明する図である。

【 図 8 】 各ユーザ設定プログラムにて演算した制御量を、対応する軸駆動プログラムに入力する様子を説明する図である。

【 図 9 】 本実施の形態における、プロフィール動作を行いながら X 軸方向に切込む動作を説明する図である。

【 図 1 0 】 X 軸方向への切込み量が徐々に大きくなるように研削する動作を説明する図である。

【 図 1 1 】 円弧状の曲線部 U を有するフランジ部 F を備えた、円筒状または円柱状のワーク W の加工の例を説明する図である。

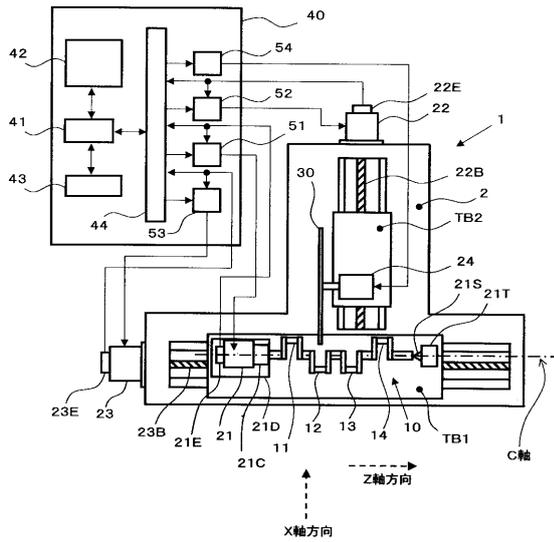
【 符号の説明 】

【 0 0 4 4 】

- | | | |
|-------------------|---------------|----|
| 1 | 加工装置 | |
| 2 | ベース | 40 |
| 1 0 | クランクシャフト（ワーク） | |
| 1 1 ~ 1 4 | クランクピン（被加工部） | |
| 2 1 | 主軸モータ | |
| 2 2 | 砥石テーブル駆動モータ | |
| 2 3 | 主軸テーブル駆動モータ | |
| 2 4 | 砥石回転駆動モータ | |
| 2 1 E、2 2 E、2 3 E | 位置検出器 | |
| T B 1 | 主軸テーブル | |
| T B 2 | 砥石テーブル | |
| 2 2 B、2 3 B | 送りネジ | 50 |

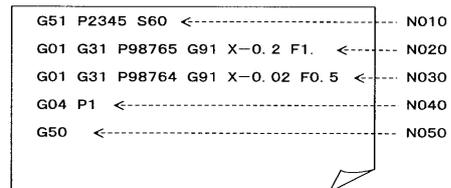
- 3 0 砥石 (加工工具)
- 4 0 数値制御装置
- 4 1 C P U
- 4 2 記憶装置
- 4 3 入出力装置
- 4 4 インターフェース
- 5 1 ~ 5 4 ドライブユニット

【図 1】

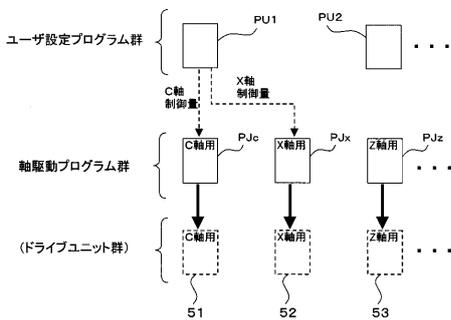


【図 3】

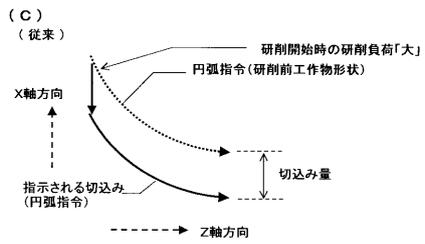
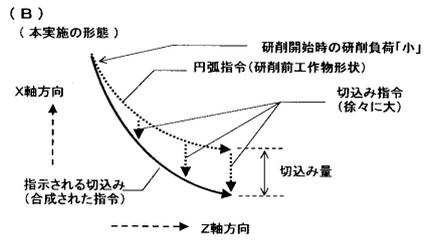
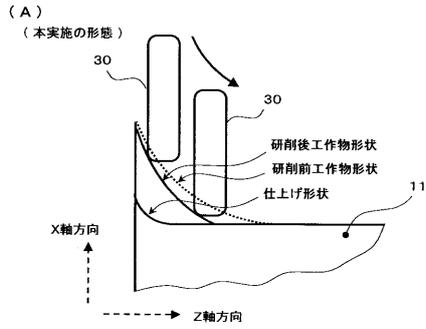
(従来)



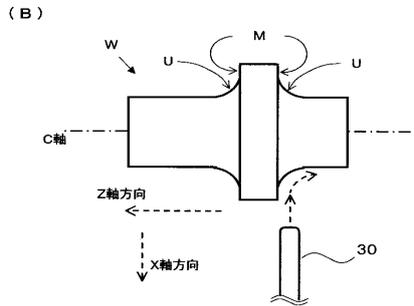
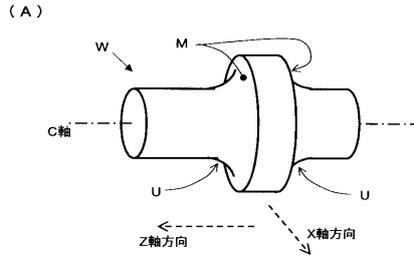
【図 2】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

審査官 五十嵐 康弘

- (56)参考文献 特開平08 - 090408 (JP, A)
特開昭63 - 232962 (JP, A)
特開2006 - 159314 (JP, A)
特開平06 - 278020 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 5/00 - 5/50
B23Q 15/00 - 15/28
G05B 19/18 - 19/46