

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6274703号
(P6274703)

(45) 発行日 平成30年2月7日(2018.2.7)

(24) 登録日 平成30年1月19日(2018.1.19)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 4 B 5/04 (2006.01)

B 2 4 B 49/02 (2006.01)

B 2 3 G 1/38 (2006.01)

B 2 4 B 5/04

B 2 4 B 49/02 Z

B 2 3 G 1/38

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-15001 (P2014-15001)	(73) 特許権者	000174987
(22) 出願日	平成26年1月30日 (2014.1.30)		三井精機工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-139858 (P2015-139858A)		埼玉県比企郡川島町八幡6-13
(43) 公開日	平成27年8月3日 (2015.8.3)	(74) 代理人	100098279
審査請求日	平成29年1月23日 (2017.1.23)		弁理士 栗原 聖
		(72) 発明者	浅井 岳見
			埼玉県比企郡川島町八幡6-13 三井精機工業株式会社内
		審査官	稲葉 大紀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研削装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転駆動される砥石と、ワーク軸に軸承されつつ回転駆動され、前記回転駆動される砥石に接近され切り込まれることにより研削される円筒状のワークを互いに接近離間する方向に前記砥石と前記ワークを相対移動させる相対移動手段と、

前記ワークが回転駆動される時の回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の前記ワークの半径方向の振れ成分を測定する測定手段と、

前記測定手段により測定された前記回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の振れ成分と逆位相になる回転数を選定する回転数選定手段と、

前記相対移動手段により前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第1の研削動作を行わせた後、前記相対移動手段により前記ワークを加工位置から離間させ、前記回転数選定手段により選定された回転数に達するまで空回転させた後、前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第2の研削動作を行わせることで、前記第1の研削動作中に前記振れ成分により前記ワークの加工面に形成された凹凸を、前記第2の研削動作中にキャンセルするように制御する制御手段と、を有することを特徴とする研削装置。

【請求項 2】

前記第2の研削動作を前記ワークの研削の各1パスの間に実行することを特徴とする請求項1に記載の研削装置。

【請求項 3】

前記第 2 の研削動作を前記ワークの研削の複数パス毎に実行することを特徴とする請求項 1 に記載の研削装置。

【請求項 4】

回転駆動される砥石と、ワーク軸に軸承されつつ回転駆動され、前記回転駆動される砥石に接近され切り込まれることにより研削される円筒状のワークを互いに接近離間する方向に前記砥石と前記ワークを相対移動させつつ前記ワークを研削する方法において、

前記ワークが回転駆動される時の回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の前記ワークの半径方向の振れ成分を測定する工程と、

前記測定工程により測定された前記回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の振れ成分と逆位相になる回転数を選定する回転数選定工程と、

前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第 1 の研削動作を行わせる工程と、

前記ワークを加工位置から離間させ、前記回転数選定工程により選定された回転数に達するまで空回転させる空回転工程と、

前記空回転工程後、前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第 2 の研削動作を行わせる工程とを有し、

前記第 1 の研削工程中に前記振れ成分により前記ワークの加工面に形成された凹凸を、前記第 2 の研削工程中にキャンセルすることを特徴とする研削方法。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークを回転させつつ当該ワークを研削加工する研削装置及び方法に関し、特に、円筒状等のワークの外周面に螺旋状のねじを研削加工する研削装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、砥石軸の先端に設けられた砥石をワーク周面に押し当てて研削加工を行う場合には、その研削抵抗を受けることにより、前記砥石軸が撓んでその撓み角だけ前記砥石によるワークの加工面に勾配が生じたり、ワークに歪みが生じたりする。このような加工面の勾配やワークの歪みは加工精度の向上の大きな妨げとなるので、従来、仕上げ加工終了前に切込み送りを停止したまま研削を続けるスパークアウト研削が行われている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 275957 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、ワークを回転させつつ当該ワークを研削加工する研削装置においては、当該研削装置（機械）の特性（クセ）等に起因して、ワークの回転軸の回転周期若しくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じることがあり、この振れ成分により工具となる砥石とワークの間に相対運動が生じると、その相対運動に応じた形状がワークの加工した仕上げ面に残る。

【0005】

例えば、図 1 に示すように、ワークが一瞬砥石に近づけば、ワークの加工面が多く削られ凹面が残り、逆にワークが一瞬砥石から離れれば、ワークの加工面がその分少なく削ら

50

れ凸面が残る。ここで、ワークの変位が、図2に示すように、砥石に向かう方向だけであると仮定すると、その変位と回転角度に対する関係は、例えば図3のようになる。そして、振れ成分が、回転周期もしくはその整数倍と正確に一致しない場合、図4に示すように、回転を繰り返せば凹凸の位相はずれていく。従って、一回の研削で仕上げるのであれば、加工面には図5のような多角形様の形状が残ることになる。

例えば、円筒研削等のワークの回転と送り軸の送りの同期がそれほど重要でない加工においては、ワークを回しながら削る過程において振れ成分の凸と凹の位相がずれていくため次々に回転していけば、最後の加工で残った凸部が多めに削られるため、最終的には、図6に示すように、円筒に近い形状が得られる。

しかし、図7に示すように、ねじ研削に代表されるワークの回転と送り軸による送りの同期が厳しく要求される加工においては、意図的に砥石からワークを離してワークを回転させない限り、加工点がある位置にあれば必ずワークと回転軸の振れ成分の凹凸の位相が一致してしまう。即ち、図6に示す円筒研削の場合と異なり、ボールねじのようなねじ研削では、螺旋状にねじの山と谷が形成され、山、谷それぞれの半径は一定に維持されなければならないので、ワークの軸（主軸）に半径方向の振れ成分が有る場合には、意図的に砥石からワークを離して回転させない限り、不規則な凹凸が不可避免的に生じてしまう。しかしながら、円筒状等のワークを螺旋状に研削していかなければならないので、一般的に言われる切り込み0（ゼロ）の研削を繰り返す上述したスパークアウト研削を繰り返しても研削面（谷）において最終的に円筒に近い輪郭が得られないことを意味する。即ち、円筒研削の場合は、砥石は研削の1パスの途中で同じ個所に留まり研削できるので、上述したスパークアウト研削で振れ成分による凹凸を無くすように研削できるのに対し、ボールねじのように螺旋状に連続する溝を研削する場合には、砥石は研削の1パスの途中で同じ個所を研削のために通過できないので、上述したスパークアウト研削が適用できない。

このような各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確に一致しない周期の振れ成分は、研削装置等の機械ごとの「クセ」に起因することが多い。例えば、対象の軸そのものを支える軸受、モータ軸の軸受およびモータからワーク回転軸への動力伝達を歯車で行うものにおいてはその伝達過程に入る各軸の軸受について、転がり軸受を用いている場合、各軸はその軸受内輪、外輪、転動体および転動体保持器の自転・公転に起因して各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確に一致しない周期の振れ成分を生じることがある。そして、各軸の振れが動力伝達系を通してワークにまで伝わることもある。

また、歯車のかみ合いについても同様に各軸の回転周期もしくはその整数倍に完全に一致しない周期の振れを生じることがある。

近年、工作機械の分野では、益々高い加工精度が求められており、例えば、工作機械の可動物の送りねじのように長尺の棒状ねじを研削する場合には、特に、高速化・静音化等の目的から滑らかで均一な真円度の高いねじ溝を研削することが求められる。

特に、螺旋状にワークを研削していくボールねじ用のねじ軸の研削等における以上の問題点は、上述したように、特許文献1記載のスパークアウト研削等の従来技術では解決できないことは明らかである。そこで、研削装置等において、このような各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じることによるワークの加工面の凹凸を可及的に少ないサイクルタイムで解消することが可能な技術の開発が待たれている。

【0006】

本発明は上述のような事情から為されたものであり、その目的は、研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じることによるワークの加工面の凹凸を比較的少ないサイクルタイムで解消することができる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者は、1パス毎もしくは数パスの削りの途中に、意図的に砥石をワークから離しワークを回転させるようにすることで、振れ成分の凹凸をずらすことが可能なことに着眼

10

20

30

40

50

し、そのような完全に凹凸を反転させ得る回転数を事前に判定し、その結果を加工プログラムに反映させることで、上述した振れ成分によるワークの加工面の凹凸を少ないサイクルタイムで解消することができる技術を見出した。また、そのような完全に凹凸を反転させ得る回転数について、事前に把握できない場合には、1回転ずつ回して最も良好な仕上げが得られる回転数を選択することができることも確認した。

【0008】

尚、確実に位相がずれる回転数を図るため、事前に、ダブル・ボール・バーなどで何回転すればどれくらい位相がずれるか確認し、その上で完全に凹凸を反転させる回転数を調べておくことが有効である。また、その研削装置の特性として、問題となる周期成分が複数ある場合にできるだけ多くの成分について確実な位相差を生じる回転数を例えば、ダブル・ボール・バーや、リングゲージ（もしくは円筒試験片）と変位計の組み合わせで事前測定することが可能である。

10

【0009】

即ち、上記目的を達成するため、本発明の研削装置は、回転駆動される砥石と、ワーク軸に軸承されつつ回転駆動され、前記回転駆動される砥石に接近され切り込まれることにより研削される円筒状のワークを互いに接近離間する方向に前記砥石と前記ワークを相対移動させる相対移動手段と、前記ワークが回転駆動される時の回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の前記ワークの半径方向の振れ成分を測定する測定手段と、前記測定手段により測定された前記回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の振れ成分と逆位相になる回転数を選定する回転数選定手段と、前記相対移動手段により前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第1の研削動作を行わせた後、前記相対移動手段により前記ワークを加工位置から離間させ、前記回転数選定手段により選定された回転数に達するまで空回転させた後、前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第2の研削動作を行わせることで、前記第1の研削動作中に前記振れ成分により前記ワークの加工面に形成された凹凸を、前記第2の研削動作中にキャンセルするように制御する制御手段と、を有することを特徴とする。尚、「実回転」とは、砥石によりワークが切り込まれることにより研削されるワークの回転状態を意味し、「空回転」とは、ワークが砥石から完全に離間し、研削されないワークの回転状態を意味する。

20

【0010】

ここで、前記第2の研削動作を前記ワークの研削の1パス毎に実行するようにしても良いし、前記ワークの研削の複数パス毎に実行するようにしても良い。

30

【0011】

また、上記目的を達成するため、本発明の研削方法は、回転駆動される砥石と、ワーク軸に軸承されつつ回転駆動され、前記回転駆動される砥石に接近され切り込まれることにより研削される円筒状のワークを互いに接近離間する方向に前記砥石と前記ワークを相対移動させつつ前記ワークを研削する方法において、前記ワークが回転駆動される時の回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の前記ワークの半径方向の振れ成分を測定する工程と、前記測定工程により測定された前記回転周期もしくはその整数倍と一致しない周期の振れ成分と逆位相になる回転数を選定する回転数選定工程と、前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第1の研削動作を行わせる工程と、前記ワークを加工位置から離間させ、前記回転数選定工程により選定された回転数に達するまで空回転させる空回転工程と、前記空回転工程後、前記ワークを加工位置まで移動させて実回転させることにより前記ワークを研削する第2の研削動作を行わせる工程とを有し、前記第1の研削工程中に前記振れ成分により前記ワークの加工面に形成された凹凸を、前記第2の研削工程中にキャンセルすることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じることによるワークの加工面の凹凸を比較的少ないサイク

50

ルタイムで解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 1 の図である。

【図 2】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 2 の図である。

【図 3】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 3 の図である。

【図 4】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 4 の図である。

10

【図 5】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 5 の図である。

【図 6】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 6 の図である。

【図 7】研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じる原理を説明するための第 7 の図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態に係る研削装置の構成を示す図である。

【図 9】図 8 に示した研削装置におけるワークの加工部の拡大図である。

【図 10】図 8 に示した研削装置における機能構成を示す図であり、特に、回転数選定の機能ブロックを示す。

20

【図 11】本発明の第 1 の実施形態の研削装置における回転数選定のフローチャートである。

【図 12】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 1 の図である。

【図 13】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 2 の図である。

【図 14】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 3 の図である。

【図 15】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 4 の図である。

30

【図 16】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 5 の図である。

【図 17】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 6 の図である。

【図 18】本発明の第 1 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の作用効果を説明するための図である。

【図 19】本発明の第 2 の実施形態の研削装置における回転数選定のフローチャートである。

【図 20】本発明の第 2 の実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の空回転数選定を説明するための図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

本実施形態の研削装置 100 は、図 8 に示すように、各軸方向の駆動を司るモータドライバ 101、102、103、104、105 と、これらモータドライバ 101、102、103、104、105 をそれぞれ制御すると共に各軸の回転数、送り速度等を数値制御する CNC（コンピュータ数値制御）装置 107 を備えており、この CNC（コンピュータ数値制御）装置 107 には、その数値制御のためのデータ（加工物の諸元）を、例えば対話形式で入力することが可能な加工プログラムが内蔵されている。即ち、研削装置 1

50

00は、図8に示すように、X-Zの2軸方向と、A及びCの2(軸)方向から成る4(軸)方向の制御が可能であり、砥石台122をX軸方向に駆動するモータドライバ101、A軸方向に旋回駆動するモータドライバ102、ワークテーブル112をZ軸方向に駆動するモータドライバ103、砥石軸(図示せず)を回転駆動するモータドライバ104、及びワーク軸[主軸](図示せず)をC(軸)方向に回転駆動するモータドライバ105と、CNC(コンピュータ数値制御)装置107を備えており、CNC(コンピュータ数値制御)装置107が、所定の加工プログラムに従って、モータドライバ101~105を各軸方向に駆動制御すること等によって、ワークWが所望のねじ形状に加工(研削)される。

【0015】

10

図8に示すように、研削装置100のベッド110上に左右方向(Z方向)移動可能に案内支持されたワークテーブル112上には、ワーク軸[主軸](図示せず)を軸承する主軸台114と心押台116が左右方向に対向して同軸的に設けられ、ワークWは主軸台114と心押台116に設けた左側センタ118、右側センタ120により両端が支持されている。ワーク軸[主軸]は、主軸台114に設けた主軸モータ121により回転駆動され、ワークWは左端部が主軸から突設された回止め部材(図示せず)に係合されて主軸と共に回転される。このワークWが回転する軸(主軸)方向を、便宜上「C軸」と規定する。

【0016】

また、ベッド110上には、Z方向と直交する水平なX方向に移動可能に砥石台122が案内支持され、この砥石台122には砥石頭132が備えられ、砥石頭132は、砥石台122に対して、X軸を軸として、図8の一点鎖線で示すように、旋回可能に構成されている。この旋回動作のための図示しないモータが備わっている。旋回可能角度は、砥石134の方向がY軸と一致している場合を便宜上0度とし、反時計回りを正方向とすると、例えば、- 度 ~ 度(例えば = 25)である。但し、これに限られることはなく、ねじ研削に必要な角度が含まれていればよい。この砥石頭132が旋回する方向を、便宜上A方向と規定する。

20

【0017】

砥石頭132には、砥石134が主軸と平行な砥石軸(図示せず)により軸承され、砥石軸モータ138により回転駆動される。ベッド110に設けた砥石台駆動(サーボ)モータ140は、CNC(コンピュータ数値制御)装置107内のパルス分配回路(図示せず)から分配される制御パルスに基づいて作動するモータドライバ105により制御駆動され、送りねじ装置(図示せず)を介して砥石台122にX方向の送りと与えるものである。エンコーダ等の位置検出器(図示せず)が砥石台駆動モータ140の回転角度を介して砥石台122の移動位置を検出し、この検出値はセンサコントローラ(図示せず)を介して、CNC(コンピュータ数値制御)装置107に入力される。尚、139は、砥石台122をA軸方向に旋回させるモータである。

30

【0018】

CNC(コンピュータ数値制御)装置107は、その各々は図示しないが、研削装置100全体を制御し管理する中央処理装置(CPU)、メモリ、外部とのデータの授受を行うインタフェース、及びCPUからの指令に応じて駆動パルスを分配送出するパルス分配回路を備えている。CPUには、A-Dコンバータを介してセンサコントローラが接続され、このセンサコントローラはCPUにより制御されている。更に、インタフェースには、制御データ等を入力する入力装置(図示せず)が接続され、またパルス分配回路には、モータドライバ101~105を介して前述の主軸モータ121、砥石軸モータ138、砥石台駆動モータ140及び後述するテーブル駆動モータ152等のモータ群が接続されている。メモリには、ワークWを加工するための加工プログラム及びその他のデータ等が格納されている。

40

【0019】

次に、研削加工動作について説明する。主軸モータ121による駆動で砥石134を高

50

速回転させる。同時に、砥石台駆動モータ１４０により砥石台１２２をＸ軸方向に摺動させることにより、砥石１３４がワークＷに対して接近／離反する。また、砥石頭１３２をＡ方向にねじ溝の角度に合わせた所望の角度だけ回転させた状態に設定する。更に、テーブル駆動モータ１５２によりワークテーブル１１２をＺ軸方向に摺動させる（テーブル送り）ことにより、砥石１３４のワークＷに対するＺ方向の位置を変えることができる。以上から、Ａ方向に所望の角度だけ回転させた（傾かせた）砥石１３４の回転と、そのＸ軸方向及びＺ軸方向の移動により、ワークＷに対して所望のねじ加工を行うことができる。

【００２０】

図９は、研削装置１００の加工部の拡大図である。図９に示すように、本実施形態では、長尺の円筒状のワークＷにねじを研削加工する例であり、このようなねじ研削加工では、ワークＷの回転Ｒ１とＺ軸送り（テーブル送り）Ｓの同期が厳しく要求される。尚、Ｌは砥石１３４のリード角、Ｒ２は砥石１３４の回転を示す。このようなねじ研削加工では、前述したように、意図的に砥石１３４からワークＷを離してワークＷを回転させない限り加工点がワークＷのある位置にあれば必ずワークＷの回転軸（主軸）の振れ成分の凹凸の位相が一致してしまう。これは、一般的に言われる切り込み０（ゼロ）の研削を繰り返す上述したスパークアウト研削を繰り返しても最終的に真円に近い断面の輪郭が得られないことを意味する。

そこで、本実施形態では、１パス毎もしくは数パスの削り毎に、意図的に砥石１３４をワークＷから離しワークＷを空回転させることで、振れ成分の凹凸をずらすようにしている。また、そのような完全に凹凸を反転させ得る回転数を事前に判定し、その結果をＣＮＣ（コンピュータ数値制御）装置１０７内の加工プログラムに反映させることで、上述した振れ成分によるワークＷの加工面の凹凸を少ないサイクルタイムで解消するようにしている。

【００２１】

図１０に、本実施形態の研削装置１００におけるダブル・ボール・バーによる振れ測定例を示す。図１０に示すように、本実施形態の研削装置１００において、ダブル・ボール・バーによる振れ測定を行うには、ワークＷの加工面に相当する位置に球形のプロープ４００ａが位置するように（ダブル）ボール・バー４００を固定して、このボール・バー４００による計測データをコンピュータ１２００により解析することで行う。コンピュータ１２００には、（ダブル）ボール・バーシステム１２０２がインストールされており、このシステムプログラムに従って、計測データを取得し、特に、周期解析１２０４を行い、この周期解析データの加工プログラムへの適用１２０６が行われる。

【００２２】

次に、上記のように構成された本実施形態の研削装置１００における回転数選定動作を、図１１に示すフローチャートを用いて説明する。オペレータ（図示せず）が入力装置（図示せず）をＯＮにすると、入力装置（図示せず）からの指令により研削装置１００が作動を開始すると共に事前測定が開始される（ステップ８０１）。この事前測定では、複数回転分、振れ測定（振れ及び位相の測定）が実行される（ステップ８０２）。これにより得られた測定結果を周期解析部１２０４が解析し（ステップ８０３）、問題になりそうな大きな成分があるか否か判断する（ステップ８０４）。問題になりそうな大きな成分が無いと判断されれば（ステップ８０４でNo）、当初の加工プログラムで問題なく研削を行えるので、事前測定を終了する（ステップ８０５）。問題になりそうな大きな成分があると判断されれば（ステップ８０４でYes）、問題になりそうな成分について周期が整数倍で無いか否か判断する（ステップ８０６）。周期が整数倍であると判断されれば（ステップ８０６でNo）、対処不能のため、事前測定を終了する（ステップ８０７）。周期が整数倍でないと判断されれば（ステップ８０６でYes）、複数回転分の測定結果から周期解析もしくは、ある回転数同士を比較して位相が確実に変わる回転数を選定する（問題の周期成分が複数あれば、その全てに対して確実に位相が変わる回転数を選定する（ステップ８０８）。このステップ８０８により選定された回転数をＣＮＣ（コンピュータ数値制御）装置１０７内の加工プログラムに適用し（ステップ８０９）、事前測定を終了する（ステッ

10

20

30

40

50

プ 8 1 0)。

【 0 0 2 3 】

さて、図 1 1 のフローチャートにおけるステップ 8 0 9 により、選定された回転数が CNC (コンピュータ数値制御) 装置 1 0 7 内の加工プログラムに適用された場合の加工制御動作について説明する。まず、上述したように 1 パス毎とするか複数パス毎とするかの設定に応じたパス数に達するまでは、砥石 1 3 4 を加工位置まで移動させ、ワーク W に対して実回転によるねじ研削をおこなう。上述したパス数に達すると、砥石 1 3 4 を加工位置から撤退させ、選定回転数分の空回転を行う。その後、砥石 1 3 4 を再び加工位置まで移動させ、ワーク W に対して次の実回転による研削加工を行う。この動作を 1 パスの途中又は複数パスの途中に実行する。尚、以上のような 1 パス毎とするか複数パス毎とするかの設定も、CNC (コンピュータ数値制御) 装置 1 0 7 に内蔵された加工プログラムにデータを入力することにより選択可能なことは言うまでもない。

10

以下、1 パス毎に選定回転数分の空回転を行う場合について、本実施形態の研削装置の制御動作及び作用効果の機序を、図 1 2 乃至図 1 8 を参照して具体的に説明する。図 1 2 乃至図 1 7 は、本実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の制御動作を説明するための第 1 乃至第 6 の図である。図 1 2 乃至図 1 7 の各図において、(a) は、ワーク W の長さ方向における砥石 1 3 4 との位置関係を示す図であり、(b) は、その時の矢指方向 (ワーク W の軸方向) の投影図を示す。

まず、図 1 2 (a)、(b) に示すように、ワーク W の長さ方向一端側の研削予定位置 L から砥石 1 3 4 をワーク W に接近させ切り込むことにより研削の 1 パスを開始する。この状態で、砥石 1 3 4 を回転・揺動させながらワーク W も回転させることで、図 1 3 (a)、(b) に示すように、1 パスの間、即ち、ワーク W の長さ方向他端側の研削予定位置 R まで、ネジ溝を研削していく。研削予定位置 R までネジ溝を研削し 1 パスを終了すると、図 1 4 (a)、(b) に示すように、砥石 1 3 4 をワーク W から退避させる。この状態、即ち、砥石 1 3 4 をワーク W から退避させた状態で、図 1 5 (a)、(b) に示すように、ワーク W を図 1 3 (a)、(b) と同じ回転方向に空回転させる。次に、図 1 6 (a)、(b) に示すように、砥石 1 3 4 をワーク W の加工位置に復帰させる、即ち、上述した 1 パスの反対側から (ワーク W の長さ方向他端側の研削予定位置 R から) 砥石 1 3 4 をワーク W に切り込み復路のパスを開始する。この状態で、砥石 1 3 4 を回転・揺動させながら、ワーク W を図 1 3 (a)、(b) とは逆回転させることで、図 1 7 (a)、(b) に示すように、復路の 1 パスの間、即ち、ワーク W の長さ方向一端側の研削予定位置 L まで、ネジ溝を研削していく。以上により往路 1 パスと復路 1 パスの往復加工が終了する。この往復加工を、例えば、2 往復することにより、合計 4 パスの研削を完了する。

20

30

図 1 8 は、本実施形態の研削装置が 1 パス毎に空回転を行う場合の作用効果を説明するための図であり、本願発明が抑制を目指す凹凸成分をモデルとして示すものである。図 1 8 において、(a) (b) (c) (d) は、それぞれ 1 パス、2 パス、3 パス、4 パス研削後のワーク W の加工面の凹凸の位相を示す。

まず、図 1 8 (a) に示すように、研削の 1 パスを終了後には、ワーク W の加工面に振れ成分に応じた凹凸が残留するものとする。この場合、上述したように砥石 1 3 4 をワーク W から退避させた状態でワーク W を所定の回転数だけ空回転させた上で 2 パス目を研削する場合、前加工の凹凸残留量と、新たな切込量が 1 対 1 で残る加工となるならば、図 1 8 (b) に示すように、2 パス目の凹凸は逆位相になる結果、理論的には 2 パス終了後には、残留凹凸量はゼロになる。しかしながら、現実には、前加工の凹凸残留量と新たな切込量が 1 対 1 で残らないことが多いので、図 1 8 (c)、(d) に示すように、切り込みを減らしながら 3 パス目の研削、4 パス目の研削を実行することで、凹凸をパス毎に更に減少 (抑制) していくことが可能である。

40

【 0 0 2 4 】

このように、本実施形態の研削装置においては、確実に位相がずれる回転数を計測するため、事前に、ダブル・ボール・バーで何回転すればどれくらい位相がずれるか確認し、その上で完全に凹凸を反転させる回転数を調べておく。またこの研削装置 1 0 0 の特性と

50

して、問題となる周期成分が複数ある場合にできるだけ多くの成分について確実な位相差を生じる回転数をダブル・ボール・パーで事前測定する。この事前測定した回転数のデータ（周期解析データ）がCNC（コンピュータ数値制御）装置107の加工プログラムへ適用されることにより、加工プログラムの制御データが修正され、その結果、1パス毎もしくは数パスの削り毎に、意図的に砥石134をワークWから離しワークWを空回転させることで、振れ成分の凹凸をずらすことが可能になる。

その結果、本実施形態の研削装置においては、加工サイクルタイムを増加させることなく、被研削面の真円度、面精度及び径精度を向上させることが可能である。

以上のように、本実施形態の研削装置は、振れ成分の凹凸を完全に反転させ得る回転数を事前に判定し、その結果を加工プログラムに反映させることで、上述した振れ成分によるワークの加工面の凹凸を極めて少ないサイクルタイムで解消することができる。

10

【0025】

次に、本発明の第2の実施形態の研削装置について説明する。本実施形態の研削装置のハードウェア構成は、図8及び図9に示した第1の実施形態のものと同様であるので、その説明を省略する。本実施形態は、上述した第1の実施形態における確実に位相が変わる回転数が事前に分かなければ、1回転ずつ回して最も良好な仕上げが得られる回転数を選択する形態である。

本実施形態の研削装置における回転数選定動作を、図19に示すフローチャートを用いて説明する。オペレータ（図示せず）が入力装置（図示せず）をONにすると、入力装置（図示せず）からの指令により研削装置が作動を開始すると共に事前測定が開始される（ステップ901）。この事前測定では、回転数*i*が*n*回転以下であるか否かを判断し（ステップ902）、*n*回転以下でなければ（ステップ902でNo）、対処不能のため、事前測定を終了する（ステップ903）。*n*回転以下であれば（ステップ902でYes）、間の回転数*i*回として加工（送り0で加工）する（ステップ904）。そして、この加工により得られた加工結果を測定する（ステップ905）。加工結果が良好であるか否か判断し（ステップ906）、良好であれば（ステップ906でYes）、選定回転数をCNC（コンピュータ数値制御）装置107内の加工プログラムに適用し（ステップ907）、事前測定を終了する（ステップ908）。良好でなければ（ステップ906でNo）、 $i=i+1$ として（ステップ909）ステップ902に戻る。このように、本実施形態の研削装置は、確実に位相が変わる回転数が事前に分からなくても、1回転ずつ回して最も良好な仕上げが得られる回転数を選択することが可能である。

20

30

図20は、本実施形態の研削装置が1パス毎に空回転回数を選定する過程を説明するための図であり、本願発明が抑制を目指す凹凸成分をモデルとして示すものである。図20において、(a)(b)(c)(d)(e)(f)(g)(h)(i)は、それぞれ1パス、2パス、3パス、4パス、5パス、6パス、7パス、8パス、9パス研削後のワークWの加工面の凹凸を示す。各パスの間に1ずつ異なる回数の空回転を挿入する。

まず、図20(a)に示すように、研削の1パスを終了した時点では、ワークWの加工面に振れ成分に応じた凹凸が残留するものとする。この場合、上述したように最適の回転数が分からないので、図20(b)に示すように、2パス目を研削すると、対象とする凹凸の位相と大きさが変わる。3パス、4パスと繰り返していき各パス毎に測定を実施していると対象の凹凸を所定の空回転数内で最も小さくする空回転数が見つかる。そこで、1回転ずつ回して最も良好な仕上げが得られる回転数を選択することが可能となる。実際には、対象の成分をフーリエ変換などの周期分析手法により他の凹凸成分と分解し、1つ前のパスの測定結果との差を効果として評価する。

40

【0026】

以上のように、本発明によれば、研削装置において、各軸の回転周期もしくはその整数倍と正確には一致しない周期の振れ成分を生じることによるワークの加工面の凹凸を比較的少ないサイクルタイムで解消することができる。

【0027】

以上の説明では、確実に位相がずれる回転数を図るため、事前に、何回転すればどれく

50

らい位相がずれるか、或いは、その工作機械の特性として、問題となる周期成分が複数ある場合にできるだけ多くの成分について確実な位相差を生じる回転数を調べるには、ダブル・ボール・バーを用いたが、ワークを回転する軸が回転する場合の半径方向の変位を精密測定できれば良いので、精密測定手段としては、ダブル・ボール・バーの代わりに、リングゲージ（もしくは円筒試験片）と変位計の組み合わせを用いて事前測定するようにしても良い。

【産業上の利用可能性】

【0028】

以上に述べた実施形態では、本発明をボールねじの研削を行う例に適用したが、三角ねじ、台形ねじ、ねじゲージ、ウォーム等あらゆるねじの研削を行う例に適用できるのは勿論である。また、本発明は、ねじに限られず、例えば、はす歯の歯車やプロペラの研削を行う場合等に広く適用することができる。

10

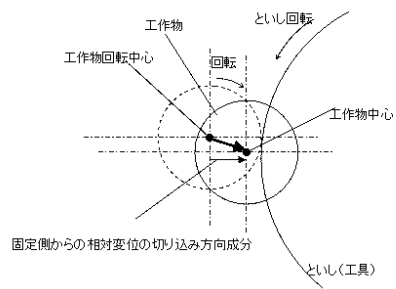
【符号の説明】

【0029】

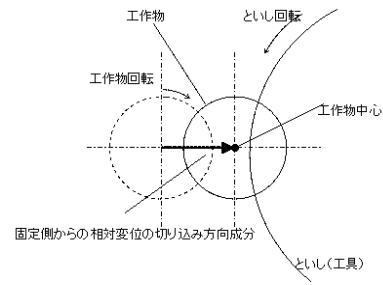
100 研削装置、101, 102, 103, 104, 105 モータドライバ、
107 CNC（コンピュータ数値制御）装置、110 ベッド、
112 ワークテーブル、W ワーク、114 主軸台、
116 心押台、118 左側センタ、120 右側センタ、121 主軸モータ、
122 砥石台、132 砥石頭、134 砥石、138 砥石軸モータ、
139 モータ、140 砥石台駆動（サーボ）モータ、152 テーブル駆動モータ、
400 （ダブル）ボール・バー、400a プロープ、1200 コンピュータ、
1202 （ダブル）ボール・バーシステム、1204 周期解析、
1206 加工プログラムへの適用

20

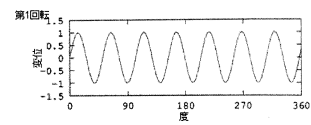
【図 1】



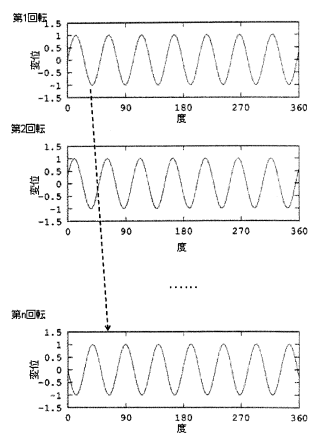
【図 2】



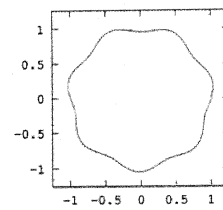
【図 3】



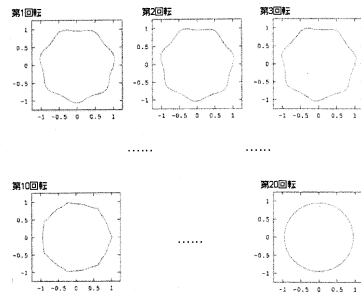
【図 4】



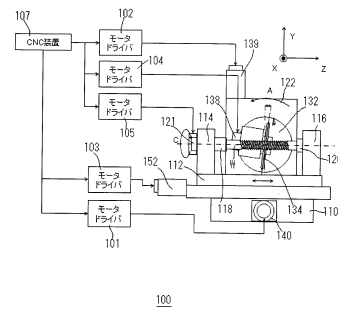
【図 5】



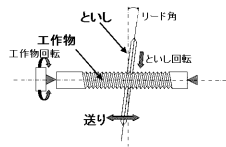
【図 6】



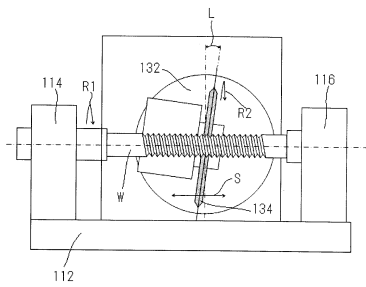
【図 8】



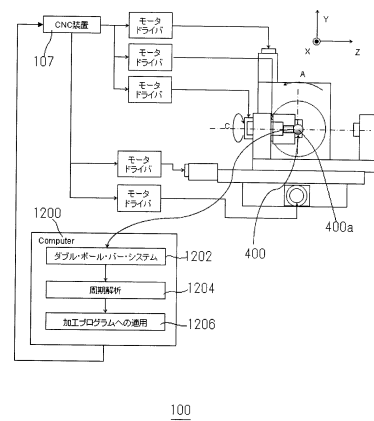
【図 7】



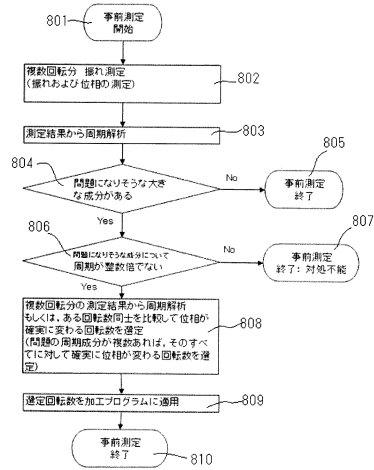
【図 9】



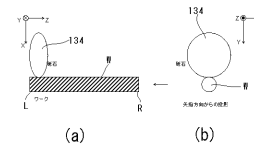
【図 10】



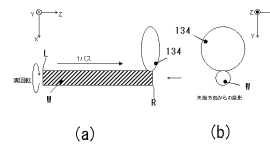
【図 1 1】



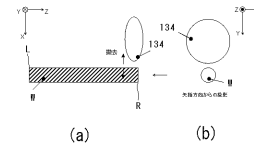
【図 1 2】



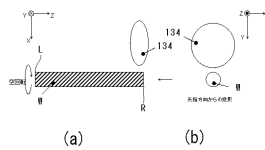
【図 1 3】



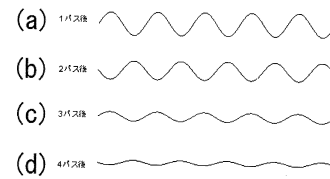
【図 1 4】



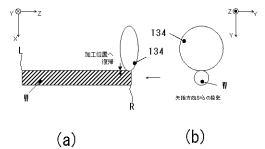
【図 1 5】



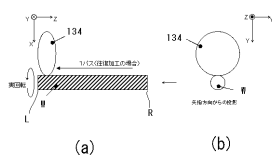
【図 1 8】



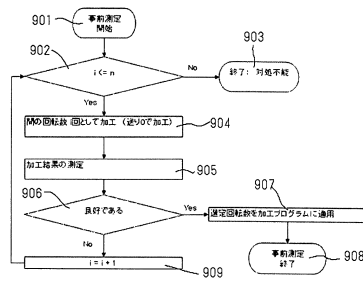
【図 1 6】



【図 1 7】

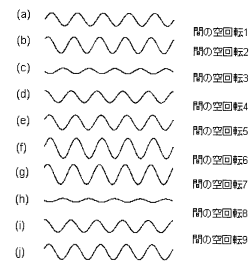


【図 19】



【図 20】

假定: 前加工の凹凸残留量と、新たな切込量が0.5時1で残る加工



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-236736(JP,A)
特開2011-143503(JP,A)
特開2004-098229(JP,A)
米国特許第03337996(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23G 1/00 - 11/00
B23Q15/00 - 15/28
B24B 5/00 - 7/30
41/00 - 51/00