

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4635143号
(P4635143)

(45) 発行日 平成23年2月16日(2011.2.16)

(24) 登録日 平成22年12月3日(2010.12.3)

(51) Int.CI.

B23F 19/00 (2006.01)

F 1

B 2 3 F 19/00

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-114679 (P2003-114679)
 (22) 出願日 平成15年4月18日 (2003.4.18)
 (65) 公開番号 特開2004-1206 (P2004-1206A)
 (43) 公開日 平成16年1月8日 (2004.1.8)
 審査請求日 平成17年12月8日 (2005.12.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-118351 (P2002-118351)
 (32) 優先日 平成14年4月19日 (2002.4.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000125853
 株式会社 神崎高級工機製作所
 兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号
 (74) 代理人 100065215
 弁理士 三枝 英二
 (74) 代理人 100076510
 弁理士 掛樋 悠路
 (74) 代理人 100086427
 弁理士 小原 健志
 (74) 代理人 100090066
 弁理士 中川 博司
 (74) 代理人 100094101
 弁理士 舘 泰光
 (74) 代理人 100099988
 弁理士 斎藤 健治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】同期駆動による歯車仕上げ加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークである歯車を成形仕上げ加工するにあたり、機台に支持されたワーク支持用の主軸及び仕上げ用成形工具の双方を同期回転するように駆動する歯車仕上げ加工方法であつて、

前記主軸及び成形工具の制御モータによる駆動を、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータによるCs制御により行なうものとし、

該歯車仕上げ加工方法は、

前記制御モータの回転方向原点への移動並びに前記主軸及び心押し軸に対するワークの取付けを、心押し軸の回転非クランプ状態で行なうステップと、

ワーク位置決め装置をワークと噛合させてワークの回転方向位置決めを行なうステップと、

ワークを前記ワーク位置決め装置と噛合させた状態で前記心押し軸を回転クランプ状態とするステップと、

前記主軸に結合された制御モータをフリーラン状態とするステップと、

フリーラン状態に伴って生じる前記主軸における制御モータ側の主軸側に対する位相ずれを読み取るステップと、

前記ワーク位置決め装置をワークから外すステップと、

前記位相ずれを解消するように、前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の駆動位相を修正し、前記主軸及び前記成形工具を各制御モ

10

20

ータにより同期させ且つ位相を合わせて回転させるステップと、

ワーク及び前記成形工具の歯先円が相互に交わる程度に前記主軸及び前記成形工具を接近させるステップと、

前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の制御モータの駆動トルクを前記成形工具による切削が生じない程度に低下させた状態で、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで前記主軸と前記成形工具とを接近させるステップと、

前記バックラッシュ零の位置において前記主軸及び成形工具の各制御モータ間の位相ずれを検出しこれを解消するようにした上で、前記各制御モータの駆動位相を固定するステップと、

各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し前記主軸及び前記成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて仕上げ切削を行なうステップと

を備えていることを特徴とする歯車仕上げ加工方法。

【請求項 2】

前記仕上げ切削を行なうステップを、前記一方の制御モータの駆動トルクを正常値まで漸増させつつ行なうことの特徴とする請求項1に記載の歯車仕上げ加工方法。

【請求項 3】

前記仕上げ切削を行なうステップを、前記成形工具又は主軸のサーボモータ又はACスピンドルモータの駆動負荷電流値を検出し切り込み速度を調整しつつ行なうことの特徴とする請求項1に記載の歯車仕上げ加工方法。

【請求項 4】

ワークである歯車を成形仕上げ加工するにあたり、機台に支持されたワーク支持用の主軸及び仕上げ用成形工具の双方を同期回転するように駆動する歯車仕上げ加工方法であって、

前記主軸及び成形工具の制御モータによる駆動を、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータによるCS制御により行なうものとし、

該歯車仕上げ加工方法は、

手動にてワークと前記成形工具とを僅かのバックラッシュを付けた状態で噛み合わせ、該ワークを前記主軸と心押し軸とによりクランプするステップと、

前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の駆動トルクを前記成形工具による切削が生じない程度に低下させた状態で、前記主軸及び成形工具を各制御モータの制御により同期回転させるステップと、

バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで前記主軸と前記成形工具とを接近させるステップと、

前記バックラッシュ零の位置における前記主軸と前記成形工具との各制御モータの同期誤差を検出し、該同期誤差を解消した上で、駆動位相を固定するステップと、

各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し前記主軸及び前記成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて仕上げ切削を行なうステップと
を備え、

前記仕上げ切削を行なうステップでは、切削が生じない程度に低下させた駆動トルクの制限を解除し、設定された最大値までトルクを戻した後、定トルクで切削を行い、当該定トルク切削においては、前記成形工具又は主軸のサーボモータ又はACスピンドルモータの駆動負荷電流値を検出し切り込み速度を調整しつつ行なう、歯車仕上げ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被研削歯車と仕上げ用成形工具とを駆動により同期回転させながら研削を行なう歯車仕上げ加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

歯車に対しシェーピング、ホーニング（ドレッシングを含む）等の仕上げ加工をする際には、内歯又は外歯の歯車状をした回転砥石又はカッター等の仕上げ用成形工具を使用し、被研削歯車と噛合させ、歯面同士のすべり接触を利用して研削を行なう。

【0003】

通常の場合、成形工具が駆動され被研削歯車は成形工具との噛合の下に、成形工具に伴われて回転する、いわゆる連れ回り状態で加工される。但し、連れ回り状態での研削では被研削歯車の偏心や累積ピッチ誤差を強制的に修正する機構を持たず、その結果、高い精度の加工が困難である。

【0004】

これに対し、成形工具と被研削歯車との双方を駆動させつつ加工することにより、高い精度を得ることが可能となる。但し、これには、バックラッシュが零の状態で歯同士を噛合させる必要上、成形工具と被研削歯車とを高精度で同期回転させることが不可欠である。

10

【0005】

高精度の同期回転を実現するため、種々の提案がなされてきたが、成形工具及び被研削歯車を停止した状態で噛合させ、正逆回転を僅かずつ繰り返すなどして、切り込み方向への移動を行ない位相が合った状態を得てから、双方を駆動して同期回転させる形態が一般的である。例えば、特許第3000668号に係る加工方法においては、被研削歯車を微量ずつ正回転及び逆回転させ、各回転方向において成形工具が連れ回りを始める回転変位量を検出し、位相ずれを零にするのに必要な成形工具の位置補正量を求め、その位置補正量に基づいて送りモータにより成形工具に送りを与えて位相の合った同期回転が得られる。

20

【0006】

しかしながら、これらの方法では、センサによる成形工具との相対位置の検出を行なうために被研削歯車の微小回転を繰り返さねばならず、手間と時間を必要とするという欠点があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、同期回転による歯車の仕上げ加工を行なう際に、手間の掛かる成形工具の微小回転の繰り返しを必要とすることなく被研削歯車及び成形工具の回転を開始することができる歯車仕上げ加工方法を提供することを目的とする。

30

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記目的を達成するため、ワークである歯車を成形仕上げ加工するにあたり、機台に支持されたワーク支持用の主軸及び仕上げ用成形工具の双方を同期回転するように駆動する歯車仕上げ加工方法であって、前記主軸及び成形工具の制御モータによる駆動を、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータによるCs制御により行なうものとし、該歯車仕上げ加工方法は、前記制御モータの回転方向原点への移動並びに前記主軸及び心押し軸に対するワークの取付けを、心押し軸の回転非クランプ状態で行なうステップと、ワーク位置決め装置をワークと噛合させてワークの回転方向位置決めを行なうステップと、ワークを前記ワーク位置決め装置と噛合させた状態で前記心押し軸を回転クランプ状態とするステップと、前記主軸に結合された制御モータをフリーラン状態とするステップと、フリーラン状態に伴って生じる前記主軸における制御モータ側の主軸側に対する位相ずれを読み取るステップと、前記ワーク位置決め装置をワークから外すステップと、前記位相ずれを解消するよう、前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の駆動位相を修正し、前記主軸及び前記成形工具を各制御モータにより同期させ且つ位相を合わせて回転させるステップと、ワーク及び前記成形工具の歯先円が相互に交わる程度に前記主軸及び前記成形工具を接近させるステップと、前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の制御モータの駆動トルクを前記成形工具による切削が生じない程度に低下させた状態で、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで前記主軸と前記成形工具と

40

50

を接近させるステップと、前記バックラッシュ零の位置において前記主軸及び成形工具の各制御モータ間の位相ずれを検出しこれを解消するように駆動位相を修正し、前記各制御モータの駆動位相を固定するステップと、各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し前記主軸及び前記成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて仕上げ切削を行なうステップとを備えていることを特徴とする歯車仕上げ加工方法を提供するものである（第1発明）。

【0009】

本発明はまた、前記目的を達成するため、ワークである歯車を成形仕上げ加工するにあたり、機台に支持されたワーク支持用の主軸及び仕上げ用成形工具の双方を同期回転するよう駆動する歯車仕上げ加工方法であって、前記主軸及び成形工具の制御モータによる駆動を、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータによるCs制御により行なうものとし、該歯車仕上げ加工方法は、手動にてワークと前記成形工具とを僅かのバックラッシュを付けた状態で噛み合わせ、該ワークを前記主軸と心押し軸とによりクランプするステップと、前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータの一方の駆動トルクを前記成形工具による切削が生じない程度に低下させた状態で、前記主軸及び成形工具を各制御モータの制御により同期回転させるステップと、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで前記主軸と前記成形工具とを接近させるステップと、前記バックラッシュ零の位置における前記主軸と前記成形工具との各制御モータの同期誤差を検出し、修正後、駆動位相を固定するステップと、各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し前記主軸及び前記成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて仕上げ切削を行なうステップとを備えていることを特徴とする歯車仕上げ加工方法を提供するものである（第2発明）。

10

20

【0010】

【作用】

本発明中、第1発明においては、ワークである歯車を研削仕上げ加工するにあたり、主軸及び成形工具の駆動は、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータをCs制御（c軸制御すなわちz軸回りの回転角制御）により行なうものとし、先ず、制御モータの回転方向原点への移動並びに前記主軸及び心押し軸に対するワークの取付けを行なう（一次位相決め）。

【0011】

30

そして、ワーク位置決め装置を主軸上のワークと噛合させて回転方向の位置決めを行ない且つ主軸と心押し軸とによりワークをクランプする。ワーク位置決め装置は、主軸（制御モータ回転軸）の回転方向原点に対応するワークの位相を位置出しするようにワークと噛合する。制御モータが原点に設定されていても、実際にはワークの位相は、取付け誤差等によるずれを生じている。したがって、この状態において主軸は、ワーク位置決め装置により拘束されたワーク側と、制御モータにより拘束された制御モータ側との間ににおいて僅かなねじれを生じている。この状態で制御モータをフリーラン状態とすると、主軸における制御モータ側が、そのねじれ分だけ僅かに回転する。この回転による位相ずれを読み取り、その位相ずれを解消するように基準位置を調整する等して、駆動位相を修正すれば、主軸及び成形工具を各制御モータの制御により同期させ且つ位相を合わせて回転させることができる（二次位相決め）。なお、この駆動位相の修正は、前記主軸に結合された制御モータ及び前記成形工具に結合された制御モータのいずれか一方において行なうことができる。

40

【0012】

したがって、この状態で、研削に必要な駆動力でワークを回転させながら成形工具に噛合させることもできるが、より正確な位相合わせを得るためにさらに、以下の操作を行なう。先ず、ワーク及び前記成形工具の歯先円が相互に交わる程度に主軸及び成形工具を接近させる。次に、前記一方の制御モータの駆動トルクを成形工具による切削を受けない程度に低下させた状態で、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで主軸と成形工具とを接近させ、その状態において前記主軸及び成形工具の各制御モータ

50

間の位相ずれを検出しこれを解消するように駆動位相を修正し、各制御モータの駆動位相を固定する。これにより、位置決め装置と成形工具との間に不可避的に生じる位相誤差をも解消し、ワークと成形工具との位相が正確に一致させることができる（三次位相決め）。

【0013】

この状態で、各制御モータを切削に必要なトルクに戻し、切り込み量を漸増させて切削を行なえば、同期駆動による極めて高い精度の仕上げ切削を行なうことができる。

【0014】

なお、成形工具の位相は、成形工具の歯又は溝の位置を読み取るエンコーダにより検知される。したがって、成形工具をヘッドに新たに取り付けたときは、成形工具を停止させ、手動モードで主軸上のワークと噛合させ、ワーク全周での噛合が均一化された状態で、成形工具の位相の原点を設定する。

10

【0015】

本発明中、第2発明においては、手動にてワークと前記成形工具とを僅かのバックラッシュを付けた状態で噛み合わせ、該ワークを前記主軸と心押し軸とによりクランプする。これにより、ワークは、成形工具に対してほぼ位相が一致した状態に置かれ、且つ主軸と心押し軸とによるクランプ状態で保持される。ここでは、成形工具及び主軸を停止させた状態で作業を行なうので、後の駆動回転を妨げないように、僅かのバックラッシュを付けた状態の噛合に留める。

20

【0016】

次に、主軸に結合された制御モータ及び成形工具に結合された制御モータの一方の駆動トルクを成形工具による切削が生じない程度に低下させた状態で、主軸及び成形工具を各制御モータの制御により同期回転させる。このように一方の制御モータをトルク低下させた状態で、同期回転させるので、主軸及び成形工具の一方は、他方に伴われて回転（連れ回り）する。この状態で、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで前記主軸と前記成形工具とを接近させる。この状態において、一方の制御モータは、トルクは低いが駆動されているので、両制御モータは、目的とする同期駆動に近い状態で、位相が正確に一致する。ここで、バックラッシュ零の位置における主軸及び成形工具の各制御モータの同期誤差を検出し、修正後、駆動位相を固定する。これにより、正確に一致した位相での同期駆動が可能となる。

30

【0017】

この状態で、各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し前記主軸及び前記成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて切削を行なえば、同期駆動による極めて高い精度の仕上げ切削を行なうことができる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例につき、添付図面を参照しつつ説明する。図1、図2、図3は、各々本発明の一実施形態に掛かる歯車仕上装置の正面図、側面図、平面図である。

【0019】

図示の歯車仕上装置は、機台Bに支持されたテーブル10上で、保持装置により被研削歯車（ワーク）Wを保持するようになっている。保持装置は、テーブル上で相互に接近離反するように摺動可能でありワークを支持するための主軸及び心押し軸を各々有するヘッドストック30、心押し台40を備えている。機台Bにはさらに、砥石保持装置50が装着されている。

40

【0020】

図4は、この歯車仕上装置の動作部分を中心に示す正面図である。図示のように、一方（図において左）のヘッドストック30は、テーブル10に支持された主軸台本体31と、該主軸台本体により回転可能に支持された主軸32と、主軸台本体31に結合され該主軸32を回転させる駆動モータ33とを備えている。他方（図において右）の心押し台40は、テーブル10に支持された心押し台本体41と、該心押し台本体により回転可能に支

50

持された心押し軸 42 とを備えている。

【0021】

図5に示すように、心押し軸42は、心押し台本体41に装着された図外の駆動装置により軸方向に進退動するクランプ軸を軸内部に備えている。したがって、クランプ軸を後退させた状態で主軸32及び心押し軸42によりワークWを支持し、その後クランプ軸を前進させることにより、これらの軸上でワークWを回転方向にクランプすることができる。ワーク駆動モータ33は、以下に述べる制御を可能にするように、この例ではビルトインACスピンドルモータとされている。

【0022】

砥石保持装置50は、図に示すように、ヘッドストック30と心押し台40との間に位置し回転砥石51を支持するリング状のヘッド52と、該ヘッド52を主軸32に垂直な水平軸線回りに回動可能に支持する保持部53とを備えている。このように、この実施形態においては、成形工具として回転砥石51が使用されている。図2及び図3に示すように、保持部53は、ヘッド52を主軸の回りに回転させるためのヘッド駆動モータ531、及びヘッド52を主軸32に垂直な水平軸線回りに回動するためのヘッド傾動モータ532を備えている。ヘッド駆動モータ531の出力軸に固定された歯車533には、中間歯車534, 535が噛合し、これらの中間歯車は、ヘッド52の外周に設けられた歯に噛合してヘッド52を駆動する。このように、駆動歯車に噛合する2個の中間歯車を介してヘッド52の外周ギアを駆動することにより、簡単な構造でローバックラッシュを実現し、高精度、高速での同期噛合を確実にする。ヘッド駆動モータ531は、以下に述べる制御を可能にするように、この例ではACスピンドルモータとされている。砥石保持装置50には、機台上の切り込み駆動部60が結合されている。切り込み駆動部60は、水平駆動モータ61の駆動により主軸32, 心押し軸42に垂直な水平軸線に沿って移動可能であり、その移動によりヘッド52及び回転砥石51を主軸上のワークに接近離反させ、研削の際には切り込みを行なわせる。

【0023】

なお、上記ヘッドストック30, 心押し台40、ワーク駆動モータ33、ヘッド駆動モータ531等の移動や回転の制御は、操作盤71を備えた制御装置70により行なわれる。

【0024】

ワークの交換から主軸及び成形工具の同期駆動の開始までを自動で行なう歯車仕上装置の場合、ヘッドストック30には、ワーク位置決め装置80が取り付けられている。ワーク位置決め装置は、成形工具との正確な噛合を得るためにワークの回転方向の正確な位置決めを行なうものであり、例えば以下のよう構成とすることができます。ワーク位置決め装置80は、図6に示すように、ヘッドストック30におけるワーク取付側端部にボルトにより締結された固定部81を備え、該固定部上のスライドガイド82に摺動可能にアーム取付台83が装着されている。アーム84は、基端部をアーム取付台83に固定され、先端部には、ワークWの歯の間に進入し得る大きさの円錐状突起85が取り付けられている。さらに、固定部81には、駆動シリンダ86が取り付けられ、これと協働するピストンロッド87がアーム基端部に結合されている。したがって、アーム84は、駆動シリンダ86により駆動され、スライドガイド82により案内されて、主軸32の径方向に摺動する。固定部81にはドックプレート88が固定され、該ドックプレートにアームの前進後退端検出用の近接スイッチ89が取り付けられている。これにより、アーム84は、ワークWに噛合する前進位置とその噛合を解く後退位置との間を進退動する。前進時にアーム先端の突起85は、図6のa部詳細図に示すように、ワークWの歯と噛合し、ワークの回転方向の位置決めを行なう。

【0025】

なお、ワークの交換から主軸及び成形工具の同期駆動の開始までを手動操作を交えて行なう歯車仕上装置の場合には、ワーク位置決め装置80を省略することができる。

【0026】

ワーク駆動モータ33及びヘッド駆動モータ521としては、前述のように回転方向の同

10

20

30

40

50

期及び位相の正確な制御ができる制御モータが使用され、具体的にはサーボモータ又はACスピンドルモータとされる。

【0027】

次に、この歯車仕上装置のより詳細な構成、及びこれに基づく加工方法の手順を、自動化を基本とする形態と、手動操作を交えて行なう形態とについて説明する。

【0028】

1. ワークの交換から主軸及び成形工具の同期駆動の開始までを自動化を基本として行なう場合

以下、図7の要部説明図及び図8のフローチャートを参照しつつ説明する。なお、この形態は、操作の自動化に有利であるが、必要に応じて手動操作を取り入れることも可能である。回転砥石51の位相は、回転砥石の歯又は溝の位置を読み取るエンコーダにより検知される。なお、回転砥石51をヘッド52に新たに取り付けたときは、回転砥石を停止させ、手動モードで主軸上のワークと噛合させ、ワーク全周での噛合が均一化された状態で、回転砥石の位相の原点を設定する。同じ回転砥石51を続けて使用する場合は、回転砥石を停止することなく原点の設定はそのまま使用することができる。

10

【0029】

この準備ができた後、ヘッドストック30のワーク駆動モータ33をエンコーダにおける原点に復帰した状態にすることにより、ワーク駆動モータ33をサーボロック状態になる(ステップ1)。

【0030】

この後、ヘッド駆動モータ532を作動させてヘッド52を駆動する。ヘッド52の回転速度は、ワークWの切削速度に適合したものとされる。ヘッドは、以後において停止指令が出るまで回転を続ける。その状態で、心押し台40をヘッドストック30に接近させ、主軸32及び心押し軸42によりワークWを保持する。ここでは、心押し軸42のクランプ軸は後退位置とされ、回転に対して非クランプ状態となっている(ステップ2)。

20

【0031】

次にワーク位置決め装置80のアーム82を移動し、突起85をワークWの歯の間に進入させることにより、ワークWの回転方向の位置決めをする。主軸32上のワークWは、ワークWの機械加工精度のバラツキ、熱処理による歪み、治具への取付誤差等から、ワークW自身の位相と駆動モータの位相とが必ずしも一致しない。そこで、ワーク位置決め装置80により、ワークW自身の位相を正確に決めるのである(図7A)(ステップ3)。

30

【0032】

この突起85との噛合状態を保ったまま、心押し軸42のクランプ軸を前進させ、主軸32及び心押し軸42上でワークWを回転方向に固定する(ステップ4)。

【0033】

ワークWとワーク位置決め装置80との噛合状態を保ったまま、駆動モータ33をサーボオフとする。これにより、主軸32は、回転方向に拘束のないフリーラン状態となる。前述のように、ワーク駆動モータ33が原点復帰状態とされていても、主軸32上のワークWの回転方向の位相は、種々の要因から駆動モータの位相とが必ずしも一致しない。したがって、ワーク位置決め装置80との噛合により、ワークWの位相が正確に決められる。したがって、通常は、ワーク位置決め装置80により位置決めされたワークWと原点復帰状態とされたワーク駆動モータ33との間に僅かな回転方向のずれが生じる。このずれは、主軸32におけるワーク駆動モータ33による支持箇所とワークWの支持箇所との間ににおいて弾性ねじれ変形を生じる。したがって、ワークWとワーク位置決め装置80との噛合状態を保ったまま、ワーク駆動モータ33をフリーラン状態とすることにより、主軸32はワーク駆動モータ33による支持箇所において、ねじれ変形を戻すように僅かに回転する(ステップ5)。

40

【0034】

ワーク駆動モータ33をフリーラン状態とすることにより生じた主軸32の僅かな修正回転量をエンコーダから読み取る。この場合、修正回転量が過大であると、異常信号を発す

50

る等して、初期の設定への戻りを促すよう設定しておくのが望ましい。読み取った修正回転量は、プログラマブルコントローラ又はマクロプログラムにより新たに原点位置として記憶される（図7B）（ステップ6）。

【0035】

この状態から、ワーク位置決め装置80をワークWから遠ざけるように後退させる（図7C）（ステップ7）。

【0036】

ワーク位置決め装置80が後退した後、ワーク駆動モータ33を作動させて、主軸32，42を回転させる。これと平行して、テーブル10を移動させ、ワークWを回転砥石51の中心に近づける（図7D）（ステップ8）。 10

【0037】

ワークWが回転砥石51の中心に接近する間に、主軸32の同期及び位相合わせを行なう。すなわち、主軸32が回転砥石51に対して同期速度となったことを主軸32及びヘッド52に結合されたエンコーダによって感知し、その後、前述のステップ5で修正された原点に基づいて位相合わせを行なう。これと平行して、切り込み駆動部60を作動させ回転砥石51をワークW側（z軸方向）へ前進させる（図7E）（ステップ9）。

【0038】

同期位相合わせ完了の後、回転砥石51とワークWの両歯先円が相互に交わる程度に主軸32及び回転砥石51を接近させる。先ず、両歯先端が僅かに噛み合う位置まで回転砥石51を更に前進させる。このとき、衝突による歯の破損防止のため、早送りではなく切削送りとするのが望ましい（図7F）（ステップ10）。 20

【0039】

回転砥石51とワークWの両歯先端が互いに十分に噛み合う位置に到達した後、ワーク駆動モータ33の出力トルクを切削不能な程度まで下げる（ステップ11）。

【0040】

さらに、切り込み駆動部60により回転砥石51及びワークW間のバックラッシュが零になるまで、回転砥石51の前進を続ける。バックラッシュ零の検出は、トルクコントロール機能に基づいて行なうことができる。バックラッシュの状態は、回転砥石51及びワークWの加工精度、熱処理による歪み、治具への取付誤差等により各歯の並び方向に均一ではない。これに対し、例えば以下の手段を適用することができる。水平駆動モータ61によるz軸方向の送りトルクを一定にし、プログラマブルコントローラにより1スキャン（プログラマブルコントローラにおける送り制御プログラムの先頭からエンドまでの1巡の処理）毎に、前回と今回のz軸座標値を比較する。その差が零又は実質上零とみなせる小さい値になったときに、バックラッシュ零とする。或いは、予め手動モードでワークと回転砥石とを噛合させてバックラッシュ零となるz軸方向の回転砥石の位置を検出し、その検出データにより設定された位置まで回転砥石51を前進させるようにしてもよい（図7G）（ステップ12）。 30

【0041】

バックラッシュ零の位置となれば、回転砥石51の前進を直ぐに停止する。この時、主軸32はトルク制限しているので、ワークWは回転砥石51に対し連れ廻りしている状態となっている。したがって、ステップ6で設定された電気的同期及び位相一致位置に対しづれが生じている。この位相ずれを検出し、これを解消するように駆動位相を修正し、各制御モータの駆動位相を固定する。このようにして、回転砥石51及びワークW間のバックラッシュが零となった位置を正式にマスタ（回転砥石）とスレーブ（ワーク軸）の同期及び位相一致位置としてプログラマブルコントローラ等に認識させる（ステップ13）。上記位相ずれに対しては、前述の如く位相ずれを解消するように駆動位相を修正するのに代えて、駆動位相を解消するように新たに駆動位相を決定することもできる。 40

【0042】

以下、研削加工を開始することになるが、この方法には、以下に記述するように複数の選択可能な形態がある。 50

【 0 0 4 3 】

回転砥石 5 1 をプランジ送りで前進させる（テーブルを固定したままヘッドを前進させる）と同時にワーク駆動モータ 3 3 の出力トルクの制限を除々に解除していく。このとき電気的位相ズレが発生しないようワーク駆動モータ 3 3 のトルク及び回転砥石 5 1 の送り速度を制御する（ステップ 1 4 ）。

【 0 0 4 4 】

上記ステップ 1 4 に代えて、ワーク駆動モータ 3 3 の出力トルク制限を解除して設定した最大値まで戻し定トルク切削を行なうこともできる（ステップ 1 4 A ）。

【 0 0 4 5 】

その後、テーブル 1 0 を主軸方向（図 4 の左右方向）に往復動させて研削を行なう。これには、テーブルが移動方向を切り換える毎に切り込み（Z 軸）を行なう。ワーク W が、ヘリカルギアの場合は、ヘリカル補正を行ないながら、研削を行なう（ステップ 1 5 ）。 10

【 0 0 4 6 】

上記ステップ 1 4 A を採用する場合は、上記ステップ 1 5 に代えて、一定のトルクで研削出来るよう、ワーク駆動モータ 3 3 の電流等を検出して、水平駆動モータ 6 1 による回転砥石 5 1 の送り速度を自動調整しながらパラレル送りを行う（ステップ 1 5 A ）。

【 0 0 4 7 】

パラレル送り中にクラウニング軸（B 軸）を駆動してクラウニングを行なう。パラレル送りは、テーブル（X 軸）の往復動中心からの移動距離を除々に広げながら行なう。またテーブル（X 軸）が方向を切り換わる毎に水平駆動モータ 6 1 による前進動作を行なう（Z 軸）。そして、ワークの最終形状に対応する切り込み軸（z 軸）の設定位置に至るまで加工する（ステップ 1 6 ）。 20

【 0 0 4 8 】

設定位置に至った時、ワーク W の歯の反対側のフランクを研削するため、今までの方向と逆方向に同期位相をシフトする。位相シフトの量はプログラムで決定する（ステップ 1 7 ）。

【 0 0 4 9 】

両側のフランクの加工が終了したら、最終仕上げ加工を行なうのが望ましい。これは、再びワーク駆動モータ 3 3 をトルク制限し、主軸を連れ廻り状態にして、切り込みを掛けず、テーブル送りとクラウニング加工をすることにより行なうことができる（ステップ 1 8 ）。 30

【 0 0 5 0 】

次に、回転砥石 5 1 を後退させてワーク W から遠ざけ、その後、同期を解除することによりワーク駆動モータ 3 3 を停止させる。さらに、テーブル 1 0 、回転砥石 5 1 、クラウニング軸の各軸（X 軸、Z 軸、B 軸）及びワーク駆動モータ 3 3 を原点復帰させる。これにより、1 個のワーク W の加工が終了し、次のワークの加工準備が整った状態となる（ステップ 1 9 ）。

【 0 0 5 1 】

なお、上記ステップ 9 では、主軸 3 2 の制御モータを調整して位相合わせをするとしているが、これに代えて、回転砥石 5 1 の制御モータにより位相合わせを行なうこともできる。 40

【 0 0 5 2 】

また、上記ステップ 1 1 ~ 1 3 において主軸 3 2 の制御モータをトルク制限し、ステップ 1 4 , 1 4 A においてその制限を解除するとしているが、これらに代えて、回転砥石 5 1 の制御モータについてトルク制限及びその解除を行なうようにすることもできる。

【 0 0 5 3 】

II. ワークの交換から主軸及び成形工具の同期駆動の開始までを手動操作を交えて行なう場合

以下、図 9 の要部説明図及び図 1 0 のフローチャートを参照しつつ説明する。この場合には、手動にてワーク W と回転砥石 5 1 とを僅かのバックラッシュを付けた状態で噛み合わ 50

せる。このバックラッシュの量は、手動による噛合後に駆動回転を開始する際に、食い込みが生じない程度に僅かな隙間とされ、例えば、0.01mm又はこれよりやや小さい程度とされる（図9 A'～C'）（ステップ1B）。

【0054】

この状態で、ワークWを主軸32と心押し軸42とによりクランプする。これにより、ワークWは、回転砥石51に対してほぼ位相が一致した状態に置かれ、且つ主軸32と心押し軸42とによるクランプ状態で保持される。ここでは、回転砥石51及び主軸32を停止させた状態で作業を行なうので、後の駆動回転を妨げないように、僅かのバックラッシュを付けた状態の噛合に留める（ステップ2B）。

【0055】

次に、主軸32に結合された制御モータ33の駆動トルクを回転砥石51による切削が生じない程度に低下させる。この状態で、主軸及び成形工具を各制御モータの制御により同期回転させる。これにより、主軸32は、回転砥石51に伴われて連れ回りする（ステップ3B）。

【0056】

この状態で、バックラッシュ零として予め設定された位置又は検知される位置まで主軸32と回転砥石51とを接近させる。この状態において、主軸32の制御モータ33のトルクは、低くはあるが駆動されているので、両制御モータは、目的とする同期駆動に近い状態で、位相が正確に一致する（図9D'）（ステップ4B）。上記同期誤差に対しては、前述の如くその誤差を修正するのに代えて、同期誤差を解消するよう新たな駆動位相を設定することもできる。

【0057】

ここで、バックラッシュ零の位置における主軸32及び回転砥石51の各制御モータの同期誤差を検出し、修正後、駆動位相を固定する。これにより、正確に一致した位相での同期駆動が可能となる（ステップ5B）。なお、修正前の駆動位相は、制御モータの回転方向原点への復帰が、各ワークの仕上げ加工終了後又は加工開始前に行なわれることにより、決められる。上記同期誤差に対しては、前述の如くその誤差を修正するのに代えて、同期誤差を解消するよう新たな駆動位相を設定することもできる。

【0058】

以後は、前記1.の場合と同様に、主軸の制御モータ33のトルク制限を解除し、切り込み量を漸増させて切削を行なう。その工程は、前記1.のステップ14、14A～19に相当する。

【0059】

なお、上記ステップ3Bでは、主軸32の制御モータ33をトルク制限し、ステップ14, 14Aにおいてその制限を解除するとしているが、これらに代えて、回転砥石51の制御モータについてトルク制限及びその解除を行なうようにすることもできる。

【0060】

【発明の効果】

本発明中、第1発明においては、ワーク支持用の主軸及び成形工具の駆動を、サーボモータによるサーボ制御又はACスピンドルモータによるCS制御により行なうものとし、その制御による位相決めをする（一次位相決め）。さらにワーク位置決め装置による位相修正を行ない、制御モータをフリーラン状態とすることにより位相ずれを読み取って基準位置を調整する（二次位相決め）。そしてさらに、主軸の駆動トルクを低下させた状態で、バックラッシュ零の状態として、主軸及び成形工具の各制御モータ間の位相ずれを検出しこれを解消するようにした上で、駆動位相を固定する（三次位相決め）。このようにして、ワークと成形工具との位相を正確に一致させることができる。この状態で、切り込み量を漸増させて切削を行なえば、同期駆動による極めて高い精度の仕上げ切削を行なうことができる。また、以上の操作は、一旦成形工具の位相合わせを行なった後は、成形工具の回転を止めることなく行なうことができる。この方法によると、ワークWを主軸に取り付けた後の位相調整をワーク位置決め装置により行なうことができるので、操作を自動化す

10

20

30

40

50

るのに有利である。

【0061】

本発明中、第2発明においては、手動にてワークと成形工具とをバックラッシュを付けた状態で噛み合わせ、該ワークを主軸と心押し軸とによりクランプする。これにより、ワークは、成形工具に対してほぼ位相が一致した状態に置かれる。さらに、主軸又は成形工具に結合された制御モータの駆動トルクを低下させた状態で、主軸及び成形工具を各制御モータにより同期回転させ、バックラッシュ零の位置まで主軸と成形工具とを接近させる。これにより、連れ回り状態が形成され、しかも一方の制御モータは、トルクは低いが駆動されているので、両制御モータは、目的とする同期駆動に近い状態で、位相が正確に一致する。そして、主軸及び成形工具の各制御モータ間の位相ずれを検出しこれを解消するようとした上で、駆動位相を固定する。この状態で、各制御モータを切削に必要なトルクで駆動し主軸及び成形工具を同期回転させつつ切り込み量を漸増させて切削を行なえば、同期駆動による極めて高い精度の仕上げ切削を行なうことができる。この方法は、ワークと成形工具とをバックラッシュを付けた状態で噛み合わせる工程が手動ではあるが、最初の位相決めを短時間で行なうことができ、同期駆動のための操作時間全体も短縮できるという利点が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一次実施形態に係る歯車仕上装置の正面図である。

【図2】 図1に示す歯車仕上装置の側面図である。

【図3】 図1に示す歯車仕上装置の平面図である。

【図4】 図1に示す歯車仕上装置の動作部分を中心に示す正面図である。

【図5】 図1に示す歯車仕上装置のワーク支持状態を中心に示す正面図である。

【図6】 図1に示す歯車仕上装置におけるワーク位置決め装置の使用状態を示す斜視図である。

【図7】 図1に示す歯車仕上装置による第1発明に従った操作状態を示す説明図である。

【図8A】 図7に示す操作の操作手順を示すフローチャートである。

【図8B】 図8Aに続くフローチャートである。

【図9】 図1に示す歯車仕上装置による第2発明に従った操作状態を示す説明図である。

【図10】 図9に示す操作の操作手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

| | | | |
|-----|----------|-------|------------|
| 1 0 | テーブル、 | 2 0 | 保持装置、 |
| 3 0 | ヘッドストック、 | 3 1 | 主軸台本体、 |
| 3 2 | 主軸、 | 3 3 | ワーク駆動モータ、 |
| 4 1 | 心押し台本体、 | 4 2 | ワーク支持軸、 |
| 5 0 | 砥石保持装置、 | 5 1 | 回転砥石、 |
| 5 3 | 保持部、 | 5 3 1 | ヘッド駆動モータ、 |
| 6 0 | 切り込み駆動部、 | 8 0 | ワーク位置決め装置、 |
| W | ワーク | | |

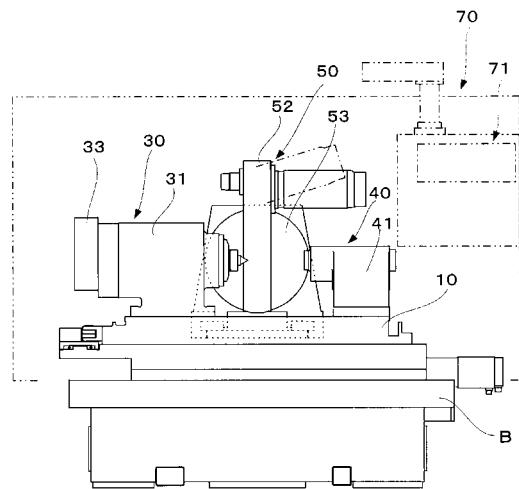
10

20

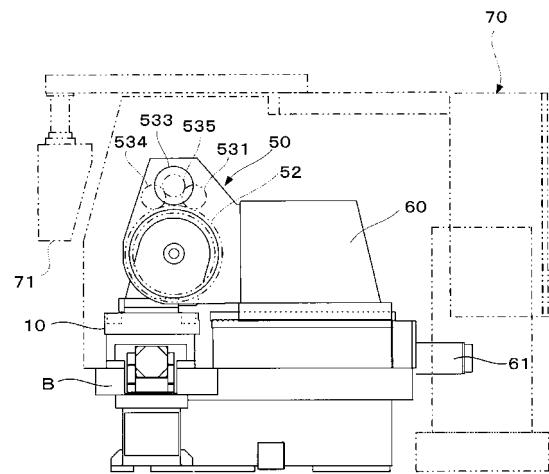
30

40

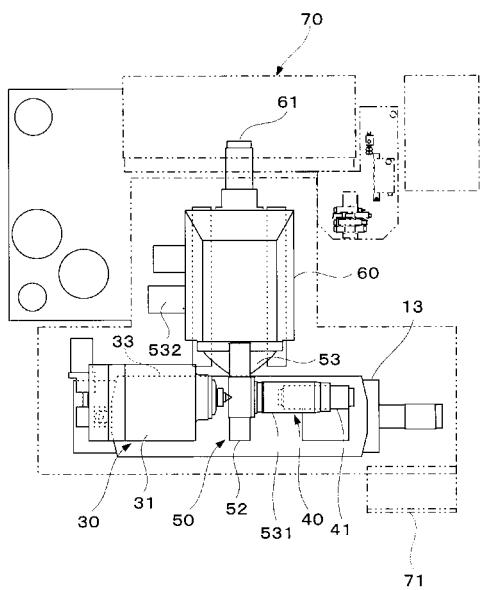
【図1】



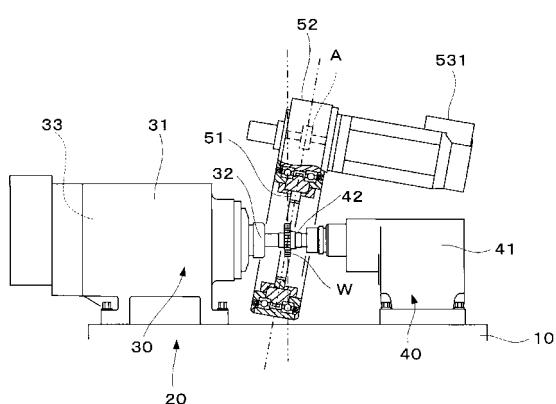
【図2】



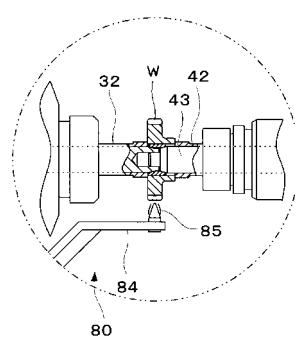
【図3】



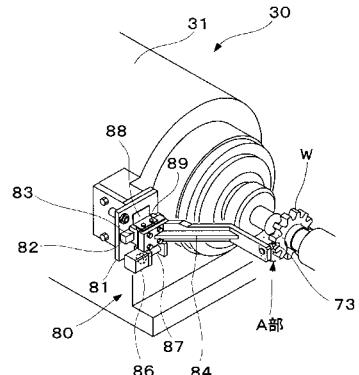
【図4】



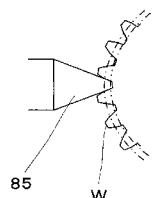
【図5】



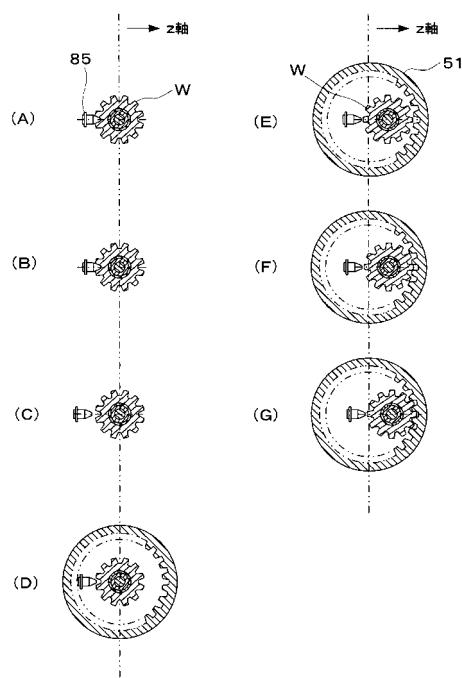
【図6】



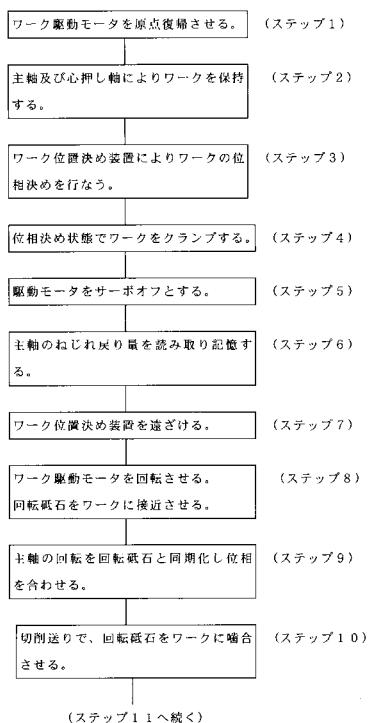
A部詳細図



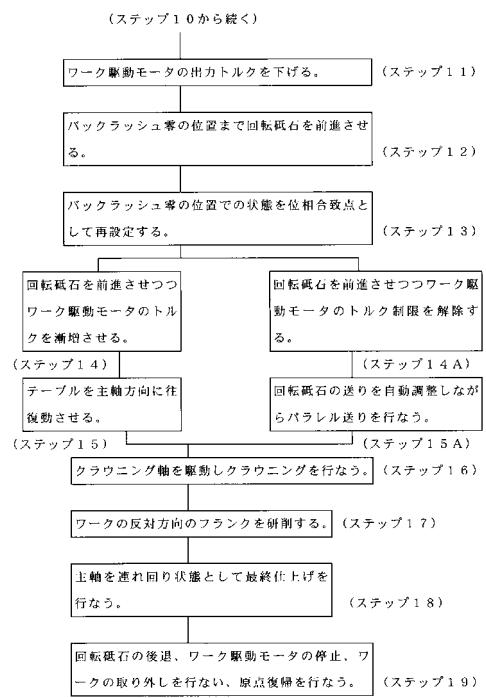
【図7】



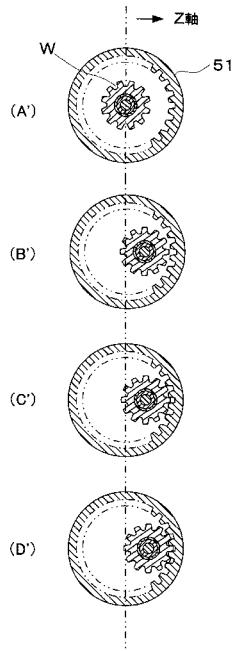
【図8A】



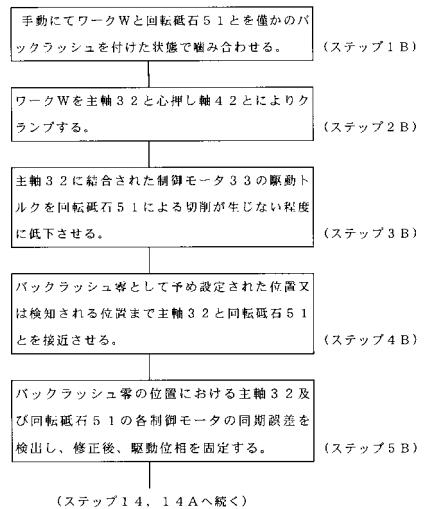
【図8B】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(74)代理人 100105821
弁理士 藤井 淳
(74)代理人 100099911
弁理士 関 仁士
(74)代理人 100108084
弁理士 中野 瞳子
(72)発明者 吉田 良二
兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号 株式会社神崎高級工機製作所内
(72)発明者 若林 節
兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号 株式会社神崎高級工機製作所内
(72)発明者 川本 洋司
兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号 株式会社神崎高級工機製作所内
(72)発明者 永射 淳一
兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号 株式会社神崎高級工機製作所内
(72)発明者 黒川 泰浩
兵庫県尼崎市猪名寺2丁目18番1号 株式会社神崎高級工機製作所内

審査官 中村 泰二郎

(56)参考文献 特開平07-051936(JP,A)
特開平05-301113(JP,A)
特開平06-226534(JP,A)
特開平11-000821(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23F 1/00-23/12