

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4183672号
(P4183672)

(45) 発行日 平成20年11月19日(2008.11.19)

(24) 登録日 平成20年9月12日(2008.9.12)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 4 B 7/04 (2006.01) B 2 4 B 7/04 A
B 2 4 B 49/16 (2006.01) B 2 4 B 49/16

請求項の数 2 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-290592 (P2004-290592) (22) 出願日 平成16年10月1日(2004.10.1) (65) 公開番号 特開2006-102842 (P2006-102842A) (43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20) 審査請求日 平成18年9月5日(2006.9.5)</p>	<p>(73) 特許権者 000004293 株式会社ノリタケカンパニーリミテド 愛知県名古屋市西区則武新町3丁目1番3 6号 (74) 代理人 100085361 弁理士 池田 治幸 (72) 発明者 野田 賢二 愛知県名古屋市西区則武新町三丁目1番3 6号 株式会社ノリタケカンパニーリミテ ド内 審査官 橋本 卓行</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータリ研削方法およびロータリ研削盤の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークの一面に該ワークの回転軸心と平行な軸心まわりに回転する回転研削工具を該軸心方向に押圧しつつ該ワークの一面を研磨するために、一定の切込み速度で前記回転研削工具を前記ワークに向かって送り込みつつ研削する定速研削工程と、続いて、一定の押圧力で前記回転研削工具を前記ワークに押圧しつつ研削する定圧研削工程とを含むロータリ研削方法であって、

前記定速研削工程における定速研削時の加工負荷を検出する定速研削時加工負荷検出工程と、

該定速研削時加工負荷検出工程により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて、前記定速研削工程から前記定圧研削工程へ切り換える切換工程と

を、含むことを特徴とするロータリ研削方法。

【請求項2】

ワークの一面を研磨するために該ワークを一軸心まわりに回転駆動するワーク回転駆動装置と、該ワークの一面を研削するための回転研削工具を該ワークの回転軸心と平行な回転軸心まわりに回転駆動する回転研削工具駆動装置と、該回転研削工具を前記ワークに向かって所定の切込み量で送り込むために、該回転研削工具を該ワークに向かって送り込む回転研削工具送り駆動装置とを備え、当初は一定の切込み速度で前記回転研削工具を前記ワークに向かって送り込みつつ研削させる定速研削を行い、次いで一定の押圧力で前記回

転研削工具を前記ワークに押圧しつつ研削させる定圧研削を行うロータリ研削盤の研削制御装置であって、

前記定速研削時の前記回転研削工具の加工負荷を検出する加工負荷検出装置と、

前記加工負荷検出装置により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて前記定速研削から前記定圧研削へ切り換える切換手段と

を、含むことを特徴とするロータリ研削盤の研削制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークの表面を高精度で平面研削するためのロータリ研削盤に関するものである。 10

【背景技術】

【0002】

例えば垂直方向の回転軸回りにワークを回転駆動するためのワーク回転駆動装置と、そのワークの一面を研削するためにその垂直方向の回転軸心まわりに研削砥石を回転駆動する砥石回転駆動装置と、その砥石回転駆動装置を該回転軸心と平行な方向に移動可能に支持する支持装置と、前記砥石を前記ワークに向かって前記回転軸心に平行な方向に送り込む砥石送り装置とを備え、上記ワークをサブミクロン或いはナノオーダーの送り制御が可能な縦型ロータリ研削盤が知られている。たとえば、特許文献1に記載された工具送り装置を備えた縦型ロータリ研削盤がそれである。 20

【0003】

このような従来の縦型ロータリ研削盤では、回転研削工具（研削ホイール）の位置が逐次検出され、検出された研削ホイールの位置は制御用コンピュータに出力され、その制御用コンピュータは、その研削ホイールの位置に基づいて油圧シリンダに操作信号を出力し、研削ホイールの送り量をフィードバック制御し、所要の切込み深さまでワークが研削されるようになっている（特許文献1の段落0017、0028参照）。

【特許文献1】特開平8-276349号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記の特許文献1に記載されたように、従来のロータリ研削盤における研削制御では、予め設定された切込み量が得られるまで回転研削工具が送り込まれる所謂定切込み加工或いは定速加工であり、ワークの寸法が制御されるものが一般的である。このような加工方法では、押圧力や駆動電流などで代表される回転研削工具の研削負荷に拘わらず切込みが行われるため、必ずしも研削加工における研削加工品質や研削加工能率が十分に得られなかった。たとえば、上記定切込み加工或いは定速加工では、目詰まり傾向となつて研削能率が低下しているにも拘わらず強制的に切れ込みが行われるときがあるため、研削焼けが発生して研削加工品質が得られない場合がある。反対に、そのような研削焼けを回避するように単位時間当たりの切込み量が低く設定されるときには、押圧（加圧）力不足の状態で行われることになって、研削加工能率が十分に得られない場合があつた。 40

【0005】

本発明は、以上の事情を背景として為されたものであり、その目的とするところは、研削加工品質と研削加工能率とが十分に得られるロータリ研削盤を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

斯かる目的を達成するための請求項1に係る方法発明の要旨とするところは、ワークの一面に該ワークの回転軸心と平行な軸心まわりに回転する回転研削工具を該軸心方向に押圧しつつ該ワークの一面を研磨するために、一定の切込み速度で前記回転研削工具を前記ワークに向かって送り込みつつ研削する定速研削工程と、続いて、一定の押圧力で前記 50

回転研削工具を前記ワークに押圧しつつ研削する定圧研削工程とを含むロータリ研削方法であって、(a)前記定速研削工程における定速研削時の加工負荷を検出する定速研削時加工負荷検出工程と、(b)該定速研削時加工負荷検出工程により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて、前記定速研削工程から前記定圧研削工程へ切り換える切換工程とを、含むことを特徴とする。

【0009】

また、請求項2に係る発明は、請求項1に係る方法発明を好適に実施するための発明であって、その要旨とするところは、ワークの一面を研磨するために該ワークを一軸心まわりに回転駆動するワーク回転駆動装置と、該ワークの一面を研削するための回転研削工具を該ワークの回転軸心と平行な回転軸心まわりに回転駆動する回転研削工具駆動装置と、該回転研削工具を前記ワークに向かって所定の切込み量で送り込むために、該回転研削工具を該ワークに向かって送り込む回転研削工具送り駆動装置とを備え、当初は一定の切込み速度で前記回転研削工具を前記ワークに向かって送り込みつつ研削させる定速研削を行い、次いで一定の押圧力で前記回転研削工具を前記ワークに押圧しつつ研削させる定圧研削を行うロータリ研削盤の研削制御装置であって、(a)前記定速研削時の前記回転研削工具の加工負荷を検出する加工負荷検出装置と、(b)前記加工負荷検出装置により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて前記定速研削から前記定圧研削へ切り換える切換手段とを、含むことにある。

10

【発明の効果】

【0013】

また、請求項1に係る発明によれば、(a)前記定速研削工程における定速研削時の加工負荷を検出する定速研削時加工負荷検出工程と、(b)その定速研削時加工負荷検出工程により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて、前記定速研削工程から前記定圧研削工程へ切り換える切換工程とが実行されるので、定速研削時の加工負荷に基づき最適なタイミングで前記定速研削工程から前記定圧研削工程へ切り換えられる。

20

【0016】

また、請求項2に係る発明によれば、(a)前記定速研削時の前記回転研削工具の加工負荷を検出する加工負荷検出装置と、(b)その加工負荷検出装置により検出された定速研削時の加工負荷が予め設定された切換判定値を越えたことに基づいて前記定速研削から前記定圧研削へ切り換える切換手段とを、含むものであるので、定速研削時の加工負荷に基づき最適なタイミングで前記定速研削から前記定圧研削へ切り換えられる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

ここで、好適には、前記ワークの回転軸心と回転研削工具の回転軸心とは互いに平行であるが、僅かに微小な角度だけ傾斜した相互に略平行な軸心であってもよく、本発明ではそれを含む意味で用いられている。

【0019】

また、好適には、前記定速研削工程における一定の切込み速度、或いは前記研削制御装置による定速研削の一定の切込み速度は、予め定められた一段階の切込み速度が用いられてもよいが、予め多段階に定められた切込み速度が順次用いられてもよい。切込状態において一定の速度で切り込まれる定速研削であればよいのである。

40

【0020】

また、好適には、前記定速研削時加工負荷検出工程或いは加工負荷検出装置により検出される定速研削時の加工負荷は、ワークに対する前記回転研削工具の押圧力、そのワークに対して押圧されつつ回転駆動される回転研削工具の駆動電力或いは駆動トルクなどにより表される。

【0021】

また、好適には、前記切換工程或いは切換手段において、前記定速研削から前記定圧研削へ切り換えのために用いられる量は、前記定速研削工程或いは前記研削制御装置による

50

定速研削時の加工負荷（絶対値）のみならず、加工負荷から導き出される加工負荷変化量、たとえば定速研削開始時の値に対する相対的な変化量や一定時間間隔内での加工負荷の変化量であってもよい。それら加工負荷或いはその変化量が予め設定された判定値に到達したことに基づいて切換が判定される。上記加工負荷は定速研削加工の経過時間とともに増加する性質があることから、その経過時間が加工負荷として用いられてもよい。この場合には、経過時間が予め上記判定値に対応づけされた判定時間に到達すると切換が判定される。

【 0 0 2 2 】

また、好適には、前記定圧研削終了判定工程或いは定圧研削判定手段において、前記定圧研削の終了判定のために用いられる量は、定圧研削時の研削速度（絶対値）のみならず、研削速度から導き出される研削速度変化量、たとえば定圧研削開始時の値に対する相対的な変化量や一定時間間隔内での研削速度の変化量であってもよい。

10

【実施例】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明の好適な実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の説明に用いる図面に関して、各部の寸法比等は必ずしも正確には描かれていない。

【 0 0 2 4 】

図 1 は、本発明の高平面度加工装置の一実施例である縦型ロータリ研削盤 10 の正面図であり、図 2 はその側面図である。これらの図において、縦型ロータリ研削盤 10 は、下部フレーム 12 と、その下部フレーム 12 の上面のうち定盤 14 が載置された残りの部分において、水平軸心方向のピン 16 まわりの回動が微調節可能に第 1 傾動装置 18 により固設された上部フレーム 20 とを備えている。この第 1 傾動装置 18 は、例えば上部フレーム 20 の下端部において側方に突設された支持部 22 と、その支持部 22 を鉛直方向に貫通し或いは螺合して設けられたねじ軸 24 と、これを軸心回りに回転させる駆動装置 26 等から成り、そのねじ軸 24 の一端が下部フレーム 12 の上端部において側方に突設された受け部 28 にねじ込まれた或いは先端が突き当てられた状態で取り付けられたものである。

20

【 0 0 2 5 】

上記の駆動装置 26 は、例えばインバータ・モータやステッピング・モータ、或いはサーボ・モータ等の高精度で回転を制御できるモータから成るものであって、例えば上記の支持部 22 に取り付けられている。上部フレーム 20 は、この駆動装置 26 でねじ軸 24 を軸心回りに回転させることにより、そのねじ軸 24 のねじ込み量に応じた角度だけ、図 2 における紙面に垂直な回動軸（ピン 16）回りに傾斜させられる。図 1 および図 2 においては、傾斜させていない状態を示している。本実施例においては、上記の第 1 傾動装置 18、ピン 16、および下部フレーム 12 等が第 2 回動支持装置を構成する。

30

【 0 0 2 6 】

また、上部フレーム 20 には、鉛直方向に長手状を成す角柱状の一对の支柱 30 と、鉛直方向案内部材として機能するその支柱 30 にそれぞれ嵌装されて鉛直方向に案内される一对の鉛直方向静圧気体軸受装置 32 とが設けられている。それら一对の鉛直方向静圧気体軸受装置 32 は、連結板 34 などを介して互いに連結されている。図 3 は、上記支柱 30 の断面を示している。

40

【 0 0 2 7 】

また、鉛直方向静圧気体軸受装置 32 は、たとえば図 4 にその要部を示すように、支柱 30 の 4 つの案内面を取り囲むハウジング 36 と、そのハウジング 36 内において上記案内面と対向し且つわずかな隙間を隔てて位置するように設けられた多孔質部材 38 と、その多孔質部材 38 の上記案内面側とは反対側に圧縮気体たとえば圧縮空気を供給するための気体供給通路 40 とを備え、上記支柱 30 の案内面との間の隙間に多孔質部材 38 から噴出させた高圧流体圧（静圧）を介在させることにより被接触でハウジング 36 が支柱 30 に支持或いは拘束されるようにする。

【 0 0 2 8 】

50

上記鉛直方向静圧気体軸受装置 3 2 には、ガラス板、半導体ウエハなどの被研磨体である板状のワーク W の一面(上面)を研削するために略鉛直方向(後述するように方向可変)の回転軸まわりに研削砥石 G を回転駆動する砥石駆動装置 4 2 が連結され固定されている。この砥石駆動装置 4 2 は、たとえばカップ砥石のような回転研削工具である研削砥石 G を回転駆動するための研磨工具回転駆動装置として機能している。従って、支柱 3 0 およびそれにより案内される鉛直方向静圧気体軸受装置 3 2 は、砥石駆動装置 4 2 を鉛直方向に移動可能に支持するための砥石回転駆動装置の支持装置として機能している。上記砥石駆動装置 4 2 は、鉛直方向静圧気体軸受装置 3 2 により鉛直方向への移動可能に支持されている。砥石駆動装置 4 2 は、軸(下)端に研削砥石 G が固定された回転軸 4 4 と、その回転軸 4 4 を回転駆動するモータ 4 6 が固定された固定板 4 8 と、そのモータ 4 6 に固定され、上記回転軸 4 4 を静圧気体を介して回転可能に支持する静圧気体回転軸受装置 5 0 とを備えている。この静圧気体回転軸受装置 5 0 は、回転軸 4 4 の外周面に対向する多孔質部材から吹き出させた高圧流体圧(静圧)を介在させた状態でその回転軸 4 4 を無接触で支持するものである。

【 0 0 2 9 】

また、上記の固定板 4 8 の上端部近傍には、一对の第 2 傾動装置 5 2 , 5 2 が鉛直方向静圧気体軸受装置 3 2 に固定されることにより設けられている。これら第 2 傾動装置 5 2 , 5 2 は、何れも、例えばハウジング 3 6 の一面に固定された支持部材 5 4 , 5 4 に螺合されたねじ軸 5 6 , 5 6 と、それらねじ軸 5 6 , 5 6 を水平方向に伸びるその軸心回りにそれぞれ回転させるための駆動装置 5 8 , 5 8 等から成り、それらねじ軸 5 6 , 5 6 が固定板 4 8 の側端面に突き当たられ或いはねじ込まれた状態で取り付けられたものである。この駆動装置 5 8 も、例えばインバータ・モータやステッピング・モータ、或いはサーボ・モータ等の高精度で回転を制御できるモータから成るものであって、例えば支持部材 5 4 , 5 4 に取り付けられており、図示しない制御装置によってそれらの駆動方向が相互に反対と成り且つ駆動量が相互に一致するように制御されている。本実施例においては、上記の第 2 傾動装置 5 2 , 5 2、上部フレーム 2 0、鉛直方向静圧気体軸受装置 3 2 等が第 1 回動支持装置を構成している。

【 0 0 3 0 】

これら駆動装置 5 8 , 5 8 でねじ軸 5 6 , 5 6 が軸心回りに回転させられると、それらねじ軸 5 6 , 5 6 の一方が固定板 4 8 に向かって接近させられると共に他方が後退させられるので、接近側においては固定板 4 8 の上端部が押圧され、後退側においてはねじ軸 5 6 がねじ込まれている場合には引張られ、突き当てられている場合には押圧力が低下させられる。図 5 に拡大して示すように、固定板 4 8 にはその裏面側(すなわちハウジング 3 6 側)に開口する有底穴 6 0 が設けられており、ハウジング 3 6 にはその有底穴 6 0 に先端部が挿入させられたピン 6 2 が突設されている。これら有底穴 6 0 およびピン 6 2 は、図 1 における紙面に垂直な方向が軸心方向となるように相互に略同一の直径に形成されたものであって、軸心回りの相対回転が許容される程度の僅かな隙間を以て嵌め合わされている。そのため、駆動装置 5 8 , 5 8 で回転駆動してねじ軸 5 6 , 5 6 の一方を前進させ他方を後退させると、固定板 4 8 は、それらのねじ込み量の変化に応じた角度だけピン 6 2 回りに回動させられ、鉛直方向に対して傾斜させられる。図 1 および図 2 においては、傾斜させていない状態を示している。

【 0 0 3 1 】

このように固定板 4 8 が回動させられると、これに固定されたモータ 4 6 の回転軸 4 4 は、図 1 における紙面に垂直な回動軸回りにその固定板 4 8 の回動角度だけ回動させられ、鉛直軸に対して傾斜させられる。また、前記の第 1 傾動装置 1 8 によって上部フレーム 2 0 が回動させられた場合には、図 2 に示される構成から明らかなように固定板 4 8 が共にピン 1 6 回りに回動させられるので、これに取り付けられているモータ 4 6 も同時に図 2 における紙面に垂直な回動軸回りに回動させられる。そのため、モータ 4 6 の回転軸 4 4 すなわち研削砥石 G の回転軸心 C g は、図 1 における紙面に垂直な回動軸および図 2 における紙面に垂直な回動軸、すなわち砥石回転軸心 C g に非平行且つ相互に非平行の 2 つ

10

20

30

40

50

の回転軸回りにそれぞれ回転させられ得るようになっている。

【0032】

また、固定板48は、図1および図2に示されるように例えば6本の六角穴付ボルト64を用いてハウジング36に固定されている。また、上記の図5に示されるように、ハウジング36には雌ねじ穴66が設けられると共に、固定板48には貫通穴68が設けられており、6本のボルト64はそれぞれ座金70を介してそのハウジング36に締め付けられることにより、固定板48をそのハウジング36に固定している。図6に示されるように、上記の貫通穴68は、図1における左右方向に伸びる長穴であって、短径方向においてもボルト64のねじ部直径よりも十分に大径に構成されたものである。そのため、ボルト64は、固定板48の長穴68に比較的大きな遊びを以て嵌め入れられている。

10

【0033】

また、上記の座金70は、ボルト64を僅かに緩めた状態を図7に示すように、皿バネ座金等から成るものである。そのため、ボルト64が締め付けられることによって弾性的に変形させられる(すなわち平坦化される)ので、図示の状態においても、座金70は固定板48をハウジング36に向かって押圧している。

【0034】

図1および図2に戻って、上部フレーム20には、ワークWの研磨に際して砥石GをワークWに向かって所定の切込み量で送り込むために、その砥石GをワークWに向かってその回転軸に平行な方向すなわち略鉛直方向へ送り込む砥石送り駆動装置72が設けられている。砥石送り駆動装置72は、位置固定の上部フレーム20に設けられた送りねじ装置74と、その送りねじ装置74により送られる可動部材76と前記鉛直方向静圧気体軸受装置32に連結された連結板34との間に設けられ、その鉛直方向静圧気体軸受装置32をその可動部材76の移動方向と平行な方向に移動させる圧電アクチュエータ78とを備えたものである。送りねじ装置74は、鉛直方向の回転軸まわりに回転可能に上部フレーム20に設けられた送りねじ80と、その送りねじ80に連結されて上部フレーム20に設けられたモータ82とを備え、モータ82により回転駆動される送りねじ80の回転に伴ってそれに螺合した可動部材76が鉛直方向に位置決めする。また、上記圧電アクチュエータ78は、たとえば板状の圧電セラミックスが積層されたものであり、印加されたるされた駆動電圧に応じてその全長がたとえば200(μm)ストローク内で高精度で変化させられ、たとえば6(kN)の出力が得られるものである。

20

30

【0035】

また、上記上部フレーム20には、鉛直方向静圧気体軸受装置32により片持ち状に支持された砥石駆動装置42の荷重に起因して前記支柱30の案内面における面圧分布の偏在を緩和するための荷重平衡装置84が設けられている。荷重平衡装置84は、上記砥石駆動装置42と略同等の荷重を備えて上部フレーム20内に上下方向の移動が可能に配置された平衡錘86と、その平衡錘86と砥石駆動装置42との間を連結し、且つローラ88により逆U字状に案内されたケーブル90とを備え、上記砥石駆動装置42にそれを引上げる方向の推力を付与することによりその荷重をその上下位置に拘わらず軽減する。

【0036】

また、前記下部フレーム12上には、ワークWの上面を研磨するためにそのワークWを鉛直方向の回転軸心Cwまわりに回転駆動するワーク回転駆動装置92が、定盤14、三分力動力計94、およびワーク回転駆動装置支持装置96を介して設けられている。ワーク回転駆動装置支持装置96は、上記ワーク回転駆動装置92を水平方向に移動可能に支持するためのものであって、その水平方向に延びる水平方向案内材98と、上記ワーク回転駆動装置92が連結され、その水平方向案内材98の案内面との間に静圧気体を介在させた状態でその水平方向案内材98により一水平方向に案内される水平方向静圧気体軸受装置100とを備えている。図5に位置関係を示すように、上記ワーク回転駆動装置92に固定されたワークWは、前記研削砥石Gと鉛直方向において、ワークWの半径程度重複するように設定されている。

40

【0037】

50

上記ワーク回転駆動装置 92 は、前記ワーク W が着脱可能に取り付けられる吸着盤 102 が固定された図示しない回転軸と、その回転軸を回転駆動するモータ 104 と、そのモータ 104 に固定され、その回転軸を静圧気体を介して支持する静圧気体回転軸受装置 106 とを備えたものである。この静圧気体回転軸受装置 106 は、上記図示しない回転軸の外周面に対向する多孔質部材から吹き出させた高圧流体圧(静圧)を介在させた状態でその回転軸を無接触で支持するものである。また、上記水平方向静圧気体軸受装置 100 は、前記鉛直方向静圧気体軸受装置 32 と同様に、水平方向案内部材 98 の案内面を取り囲むハウジング 108 と、そのハウジング 108 内において上記案内面と対向し且つわずかな隙間を隔てて位置するように設けられた図示しない多孔質部材と、その多孔質部材の上記案内面側とは反対側に圧縮気体たとえば圧縮空気を供給するための気体通路とを備え、上記水平方向案内部材 98 の案内面との間の隙間に多孔質部材から噴出させた高圧流体圧(静圧)を介在させることにより被接触でハウジング 108 が水平方向案内部材 98 の案内方向以外の移動が拘束されるようにする。ハウジング 108 は、たとえばリニヤモータのような水平方向駆動装置 110 或いは手動操作によって水平方向すなわち図 1 における左右方向に往復移動させられる。

【0038】

以上のように構成された縦型ロータリ研削盤 10 でシリコン・ウェハ等のワーク W の表面を研削するに際しては、先ず、第 1 傾動装置 18 および第 2 傾動装置 52 を駆動して、上部フレーム 20 をピン 16 回りに回動させると共に、固定板 48 をピン 62 回りに回動させることにより、砥石回転軸心 Cg を鉛直方向に対して予め定められた角度だけ傾斜させる。傾斜角度は、例えば、図 1 における右回り方向に 0.03° 程度、図 2 における左回り方向に 0.03° 程度である。この結果、研削砥石 G は、図 8(a) に示されるように、正面視において上面が僅かに手前側を向き且つ全体として左端側が低くなるように傾斜させられた状態になっている。また、図 8(b) に平面視における位置関係を示すように、研削砥石 G は、その外周縁がワーク W の回転軸心 Cw 上を通り且つその下面(すなわち研削面)の最下点 P がワーク W の回転中心と外周縁との間の位置、例えばその回転中心から半径の 1/2 の長さだけ離隔した位置にある。本実施例においては、このような傾斜状態を実現する目的で互いに直交する 2 平面内でそれぞれ砥石回転軸心 Cg を傾斜させるための第 1 傾動装置 18 および第 2 傾動装置 52 が備えられている。なお、研削砥石 G の下面において、この最下点 P と図示しない最上点との高さの差は、例えば 20(μm) 程度である。また、研削砥石 G は、例えば円筒状の下端面にその周方向に沿って多数の砥石部材が固着されたものであるが、図においては全体を円板状に簡略化して描いている。

【0039】

上記のようにピン 16, 62 回りに回動させるに際して、前者においては、上部フレーム 20 およびこれに直接或いは間接的に取り付けられた各部材の重量の総和である大荷重が回動角度を小さくする方向(すなわち図 2 における右回り方向)に作用するので、その回動角度は、第 1 傾動装置 18 のねじ軸 24 のねじ込み量の設定値に応じた値で安定し、外乱による変動が生じ難い。これに対して後者では、砥石駆動装置 42、静圧気体回転軸受装置 50、および研削砥石 G が取り付けられている固定板 48 は、回動角度を小さくする方向に作用する荷重が比較的小さいので、研削砥石 G にワーク W から作用する負荷で回動角度の変動が生じ易くなる。すなわち、ねじ軸 56 のねじ込み量の設定値に応じた回動角度で安定し難い。

【0040】

そこで、本実施例では、第 2 傾動装置 52 で固定板 48 を設定角度だけ傾動させた後、その傾動状態を維持するためにボルト 64 を締め付けてハウジング 36 に固定板 48 を固定する必要がある。このとき、固定板 48 の傾動動作は、前記の図 7 に示されるように、ボルト 64 が完全には締め付けられていないが、座金 70 が弾性的に変形させられた状態、すなわち固定板 48 が復元しようとする座金 70 から作用する押圧力でハウジング 36 に押し付けられた状態(すなわち半固定状態)で行われる。そのため、ボルト 64 を締め付けた際に固定板 48 がその締め付けトルクの作用でピン 62 回りに回動することが、そ

10

20

30

40

50

の座金 70 の押圧力によって好適に抑制される。これにより、高精度で固定板 48 を回動させる駆動装置 58 の制御精度が回動角度に好適に反映されるので、何れの方向においても所望の回動角度を実現することができ、砥石回転軸心 Cg を所望の傾斜角度に設定することができる。したがって、本実施例においては、ボルト 64 が締結部材に、座金 70 が介挿部材にそれぞれ相当し、ボルト 64 および座金 70 によって抵抗付与装置が構成されている。

【0041】

なお、上記のように第 2 傾動装置 52 による傾動は座金 70 による押圧力が作用した状態で行われるため、駆動装置 58 の駆動能力は、その押圧力に基づいて固定板 48 とハウジング 36 との間に生ずる回動抵抗よりも十分に大きいことが必要になる。本実施例においては、上記駆動能力が例えば上記半固定状態における負荷の 20 倍程度に設定されており、上記押圧力に拘わらず固定板 48 を回動させることが可能となっている。

10

【0042】

また、固定板 48 に設けられている前記の長穴 68 は、予め設定された回動角度だけ固定板 48 の回動を許容し得るようにその形状が定められたものである。前述したように、ボルト 64 と長穴 68 との間に遊びが設けられていることから、ボルト 64 が上記のように半固定状態まで締め付けられていても固定板 48 を傾動させる際の妨げとなることは無く、また、その長穴 68 の水平方向の長さに応じた角度だけ固定板 48 の傾動が可能となっている。

【0043】

上記のようにして砥石回転軸心 Cg を傾斜させた後、ワーク W が吸着盤 102 に固定されると、研削砥石 G およびワーク W が各々の回転軸心 Cg、Cw 回りの所定の方向に回転駆動されるとともに図示しない研削液が供給されつつ、その研削砥石 G がワーク W に接触する直前まで送りねじ装置 74 により下降させられる。すなわち、研削砥石 G は、その回転軸心 Cg がワーク回転軸心 Cw に対して傾斜させられた状態で回転させられる。前記の図 8(a) は、この段階における位置関係を表している。次いで、圧電アクチュエータ 78 により研削砥石 G がワーク W に切り込まれることにより、ワーク W の上面の全面に研削加工が行われる。このとき、研削砥石 G は、上述したように傾斜させられ且つ最下点 P がワーク W の半径の中央に位置させられていることから、実際に研削に寄与するのは図 8(b) において太線で表された範囲のみとなる。すなわち、研削砥石 G はワーク W の半径部分のみに接触させられる。しかしながら、ワーク W はその回転軸心 Cw 回りに回転させられ、研削砥石 G もその回転軸心 Cg 回りに回転させられるので、ワーク W の全面が研削砥石 G の全周を用いて研削されることになる。

20

30

【0044】

上記のようにして予め定められた厚さ寸法まで研削した後、研削砥石 G およびワーク W を継続的に回転させつつ、例えば定盤 14 をワーク W の回転軸心 Cw 回りの左回り方向に予め定められた角度だけ回動させる。すなわち、水平方向静圧気体軸受装置 100 によるワーク W の移動方向を傾斜させる。この後、水平方向駆動装置 110 によってハウジング 108 が水平方向案内部材 98 上で前後に往復移動させられると、最下点 P が回転軸心 Cw とワーク W の外周縁とを通る範囲で、その回転軸心 Cw に垂直な水平方向に移動させられる。これにより、水平方向の相対位置が固定されていた段階では研削量が小さくされていたワーク W の回転中心近傍と外周縁近傍とが最下点 P で研削され、ワーク W の被研削面が平坦化される。この往復移動を適当な回数例えば 1 回行った後、研削砥石 G がワーク W から上方に向かって離隔させられ、更に、定盤 14 が初期の位置に復帰させられると共に、ワーク W が吸着盤 102 から取り外されることにより、1 枚のワーク W の研削加工が終了する。このようにして研削されたワーク W の表面は、例えば $1(\mu\text{m})$ 程度以下の高い平面度になる。

40

【0045】

図 9 は、以上のようにして構成された縦型ロータリ研削盤 10 の制御系統を概略説明するブロック図である。図 9 において、切込位置検出装置 120 は、研削砥石 G のワーク W

50

に対する砥石回転軸心 C g 方向の移動位置すなわち切れ込み位置を検出するものであり、たとえば固定板 4 8 に対するモータ 4 6 の砥石回転軸心 C g 方向の移動位置を検出する光学式リニヤスケールにより構成される。研削負荷検出装置 1 2 2 は、研削砥石 G からワーク W に対して加えられる研削負荷を検出するためのものであり、たとえばモータ 4 6 の出力トルク或いはそれに密接して変化するモータ 4 6 の駆動電流を検出する電流検知コイルにより構成される。上記切込位置検出装置 1 2 0 により検出された研削砥石 G のワーク W に対する切れ込み位置を表す信号、研削負荷検出装置 1 2 2 により検出された研削砥石 G からワーク W に対して加えられる研削負荷を表す信号は、電子制御装置 1 2 6 に供給される。

【 0 0 4 6 】

上記電子制御装置 1 2 6 は、CPU 1 2 8、ROM 1 3 0、RAM 1 3 2、図示しないインターフェース等から構成された所謂マイクロコンピュータであり、CPU 1 2 8 は RAM 1 3 2 の記憶機能を利用しつつ予め ROM 1 3 0 に記憶されたプログラムにしたがって入力信号を処理し、砥石駆動装置（回転研削工具駆動装置）4 2、砥石送り駆動装置（回転研削工具送り駆動装置）7 2、ワーク回転駆動装置 9 2 を制御し、研削の進行状態を制御する。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 は、上記電子制御装置 1 2 6 による平面研削制御機能の要部を説明する機能ブロック線図である。図 1 0 において、定速研削手段 1 3 0 は、一定の切込み速度たとえば $5 \mu\text{m}/\text{min}$ で研削砥石（回転研削工具）G をワーク W に向かって砥石回転軸心 C g 方向に送り込みつつ研削する定速研削を実行する。この送り制御は、切込位置検出装置 1 2 0 により検出された実際の研削砥石（回転研削工具）G の位置が $5 \mu\text{m}/\text{min}$ で移動する値を用いて砥石送り駆動装置 7 2 を駆動するオープンループ制御であってもよいし、切込位置検出装置 1 2 0 により検出された研削砥石 G の位置の変化速度が目標値に一致するようにクローズドループ制御であってもよい。定圧研削手段 1 3 2 は、上記定速研削に続いて、一定の押圧力たとえば $100 \text{g}/\text{cm}^2$ で研削砥石（回転研削工具）G を砥石回転軸心 C g 方向にワーク W に押圧しつつ研削する定圧研削を実行する。この押圧制御も、研削負荷検出装置 1 2 2 により検出された実際の砥石駆動装置 4 2 の駆動電流が $100 \text{g}/\text{cm}^2$ の押圧力に対応する値を用いて砥石送り駆動装置 7 2 を駆動するオープンループ制御であってもよいし、砥石駆動装置 4 2 の駆動電流が $100 \text{g}/\text{cm}^2$ の押圧力に対応する目標値となるようにクローズドループ制御であってもよい。

【 0 0 4 8 】

図 1 1 は、上記定速研削の特性を説明する図であって、一定の切込速度すなわち加工速度での研削時間の経過に伴って、研削砥石（回転研削工具）G のワーク W に対する加工圧力（押圧力）すなわち研削負荷が略直線的に増加した後、その増加率が減少して飽和する。研削砥石（回転研削工具）G のワーク W に対する接触（研削）面積が増加して研削抵抗が増大するとともに切れ味（切削能率）が低下し、最終的に飽和する。図 1 2 の(a)乃至(b)は、この定速研削期間のワーク W の表面状態の変化を模式的に示している。これに対し、図 1 3 は、上記定圧研削を説明する図であって、一定の加工圧力（押圧力）P すなわち一定の研削負荷での研削時間の経過に伴って、研削砥石（回転研削工具）G のワーク W に対する加工速度すなわち切込速度が直線的に加工した後、その増加率が減少して飽和する。研削抵抗が一定である条件下で研削砥石（回転研削工具）G のワーク W に対する接触（研削）面積が更に増加することにより、加工速度（切削能率）が順次低下して最終的に飽和する。図 1 2 の(b)乃至(d)は、この定圧研削期間のワーク W の表面状態の変化を模式的に示している。

【 0 0 4 9 】

研削負荷判定手段 1 3 4 は、定速研削下において、研削負荷検出装置 1 2 2 により検出された実際の砥石駆動装置 4 2 の駆動電流で表される加工圧力 P（押圧力すなわち研削負荷）が予め設定された切替判定値 P 1 を超えたか否か、或いは加工圧力 P の単位時間当たりの変化量 P/t が予め設定された切替判定値 P 1 を超えたか否かを判定する。切

10

20

30

40

50

換手段 136 は、上記研削負荷判定手段 134 によって研削負荷が予め設定された切換判定値 T_1 を超えたと判定されると、前記定速研削手段 130 による定速研削に代えて、前記定圧研削手段 132 による定圧研削を実行させるように自動的に切り換える。上記切換判定値 P_1 或いは P_1 は、たとえば図 11 の位置 A に示すように、定速研削において加工圧力 P が飽和する所定値前であって、目詰まりによる研削焼けを発生する直前の状態を検出するために設定される。

【0050】

定圧研削終了判定手段 138 は、定圧研削下において、切込位置検出装置 120 により検出された実際の研削砥石 G の位置の移動速度 V が予めその飽和値付近の値に設定された判定値 V_1 を下まわったか否か、或いは移動速度 V の単位時間当たりの変化量 V/t が予め設定された判定値 V_1 を下回ったか否かに基づいて、定圧研削手段 132 による定圧研削の終了を判定する。定圧研削終了手段 140 は、上記定圧研削終了判定手段 138 により定圧研削手段 132 による定圧研削の終了が判定されると、定圧研削手段 132 による定圧研削を自動的に終了させる。上記判定値 V_1 或いは V_1 は、定圧研削下において加工速度すなわち研削砥石 G の位置の移動速度 V が飽和してワーク W の平面が創出されたことが自動的に判定されるように、たとえば飽和値と同等の値に設定される。

【0051】

図 14 は、前記電子制御装置 126 の研削制御作動の要部を説明するフローチャートである。図 14 において、ステップ（以下、ステップを省略する） S_1 では、縦型ロータリ研削盤 10 による自動研削を開始させる操作が、図示しないスタート釦がオン操作されたか否かに基づいて判断される。この S_1 の判断が否定されるうちはその S_1 が繰り返し実行されることにより待機させられる。しかし、その S_1 の判断が肯定される。定速研削工程および前記定速研削手段 130 に対応する S_2 において前記定速研削が実行される。次いで、切換工程および前記研削負荷判定手段 134 および切換手段 136 に対応する S_3 において、たとえば加工圧力 P （押圧力すなわち研削負荷）が予め設定された切換判定値 P_1 を超えたこと、或いは加工圧力 P の単位時間当たりの変化量 P/t が予め設定された切換判定値 P_1 を超えたことという切換条件が成立したか否かが判断される。この S_3 の判断が否定されるうちはその S_2 乃至 S_3 が繰り返し実行されることにより定圧研削が継続させられる。しかし、上記 S_3 の判断が肯定されると、定圧研削および前記定圧研削手段 132 に対応する S_4 において、前記定圧研削が実行される。続いて、前記定圧研削終了判定手段 138 に対応する S_5 において、たとえば研削砥石 G の位置の移動速度 V が予めその飽和値付近の値に設定された判定値 V_1 を下まわったこと、或いは移動速度 V の単位時間当たりの変化量 V/t が予め設定された判定値 V_1 を下回ったことという終了条件が成立したか否かが判断される。この S_5 の判断が否定されるうちは、上記 S_4 乃至 S_5 が繰り返し実行されることにより定圧研削が継続させられる。しかし、上記 S_5 の判断が肯定されると、前記定圧研削終了手段 140 に対応する S_6 において上記定圧研削すなわち縦型ロータリ研削盤 10 による平面研削が自動的に終了させられる。

【0052】

上述のように、本実施例によれば、一定の切込み速度で研削砥石（回転研削工具） G をワーク W に向かって送り込みつつ研削する定速研削工程或いは定速研削手段 130 と、それに続いて、一定の押圧力で研削砥石（回転研削工具） G をワーク W に押圧しつつ研削する定圧研削工程或いは定圧研削手段 132 とが設けられていることから、当初の定速研削では研削能率を優先した研削速度で加工され、その後において実行されるの定圧研削では研削加工品質を優先した圧力で加工され得ることにより、研削加工品質と研削加工能率とが十分に得られる。

【0053】

また、本実施例によれば、前記定速研削における定速研削時の加工負荷を検出する定速研削時加工負荷検出工程或いは研削負荷検出装置 122 と、その定速研削時加工負荷検出工程或いは研削負荷検出装置 122 により検出された定速研削時の加工負荷に基づいて、定速研削から定圧研削へ切り換える切換工程或いは切換手段 136 とが、さらに設けられ

10

20

30

40

50

ているので、定速研削時の加工負荷に基づき最適なタイミングで定速研削から定圧研削へ切り換えられる。

【0054】

また、本実施例によれば、定圧研削における定圧研削時の研削速度を検出する定圧研削時研削速度検出工程或いは切込位置検出装置120と、その定圧研削時研削速度検出工程或いは切込位置検出装置120により検出された定圧研削時の研削速度に基づいて定圧研削工程の終了を自動的に判定する定圧研削終了判定工程或いは定圧研削終了判定手段138とが、さらに設けられているので、定圧研削時の研削速度に基づいて最適なタイミングで定圧研削工程の終了が判定され、平面研削完了後の余分な研削が防止される。

【0055】

以上、本発明の好適な実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、更に別の態様においても実施される。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明の高平面度加工装置の一実施例である縦型ロータリ研削盤を示す正面図である。

【図2】図1の縦型ロータリ研削盤の側面図である。

【図3】図1のIII - III 視断面において支柱の断面を示す図である。

【図4】図1の縦型ロータリ研削盤に備えられた垂直方向静圧気体軸受け装置の構成の要部を説明する断面図である。

【図5】図2の一部を拡大して第2傾動装置を示す側面図である。

【図6】第2傾動装置への固定板の取付構造を説明するための図5におけるIV矢視図である。

【図7】第2傾動装置の回動抵抗付与構造を説明するための図5の一部を拡大して示す図である。

【図8】図1の縦型ロータリ研削盤の研削中における研削砥石の傾斜状態を説明するための(a)は正面図、(b)は平面図である。

【図9】図1の縦型ロータリ研削盤に備えられた制御系統の要部を説明するブロック図である。

【図10】図9の電子制御装置の制御機能の要部を説明する機能ブロック線図である。

【図11】図10における定速研削手段による定速研削の特性を説明する図であって、上段は加工速度を、下段は加工圧力をそれぞれ示している。

【図12】図10における定速研削および定圧研削とワーク表面の凹凸との関係を説明する図である。

【図13】図10における定圧研削手段による定圧研削の特性を説明する図であって、上段は加工速度を、下段は加工圧力をそれぞれ示している。

【図14】図9の電子制御装置の制御作動の要部を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

【0057】

10：縦型ロータリ研削盤

42：砥石駆動装置（回転研削工具駆動装置）

72：砥石送り駆動装置（回転研削工具送り駆動装置）

92：ワーク回転駆動装置

120：切込位置検出装置

122：研削負荷検出装置

130：定速研削手段

132：定圧研削手段

136：切換手段

138：定圧研削終了判定手段

W：ワーク

10

20

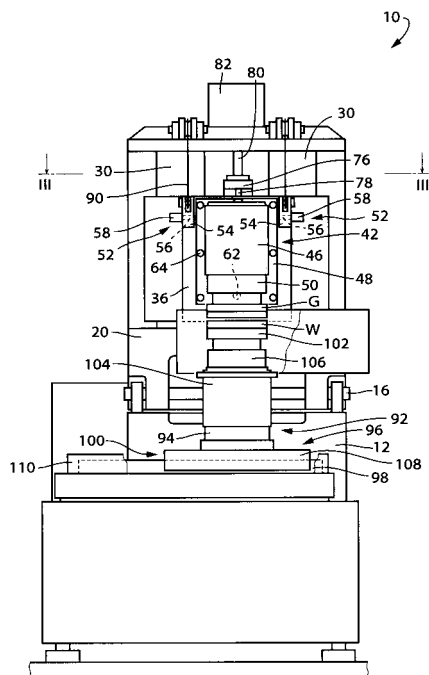
30

40

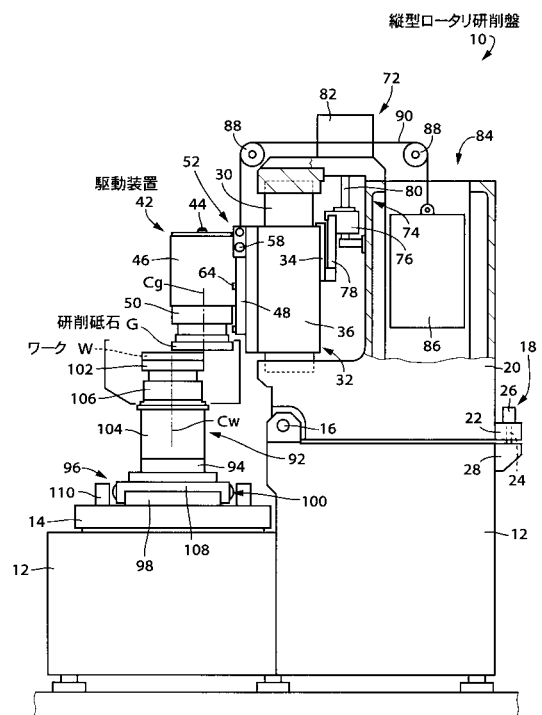
50

G : 研削砥石 (回転研削工具)

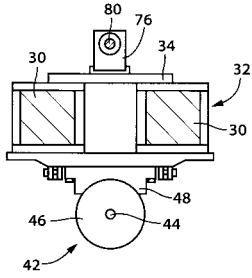
【図 1】



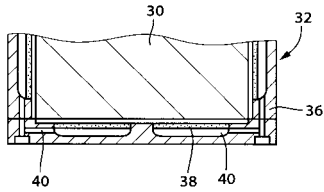
【図 2】



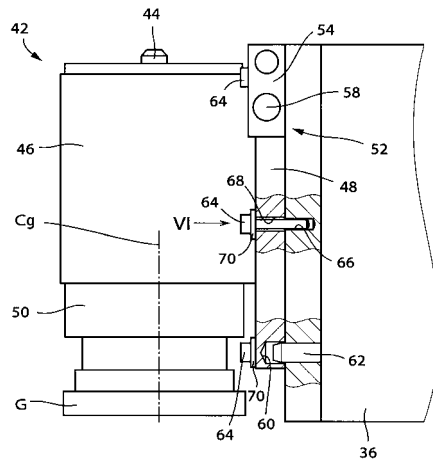
【図3】



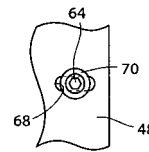
【図4】



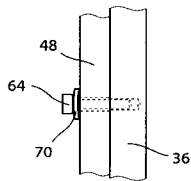
【図5】



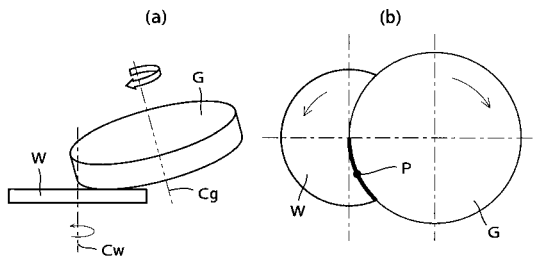
【図6】



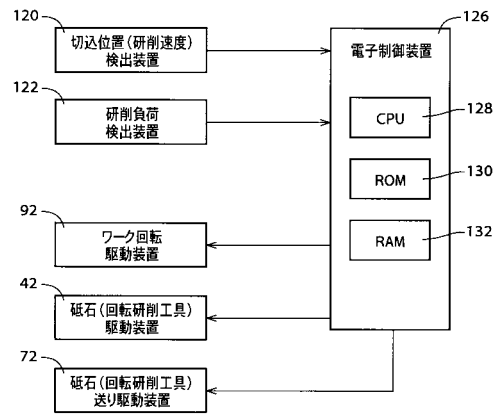
【図7】



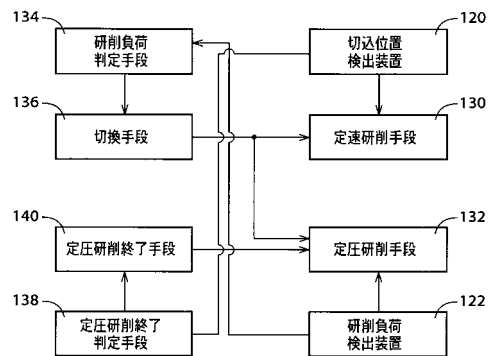
【図8】



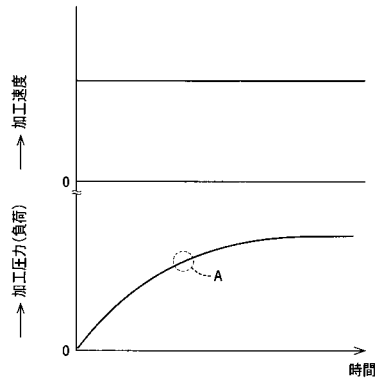
【図9】



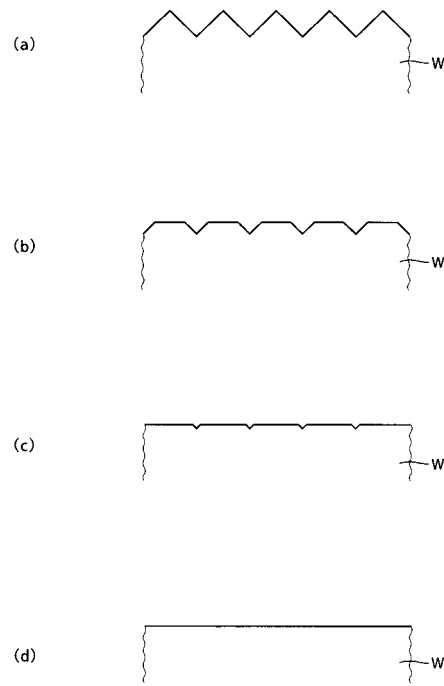
【図10】



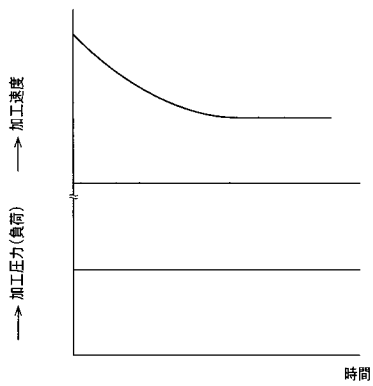
【図 1 1】



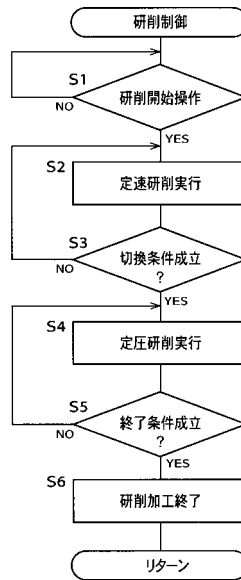
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-309664(JP,A)
特開2000-317830(JP,A)
特開2002-028860(JP,A)
特開2001-358104(JP,A)
特開2002-217146(JP,A)
特開2000-343425(JP,A)
特開2005-118957(JP,A)
特開2004-158506(JP,A)
特開2003-300155(JP,A)
特開平1-240269(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 7/04
B24B 49/16
B24B 7/17
B24B 37/00
H01L 21/304