(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年2 月16 日 (16.02.2006)

PCT

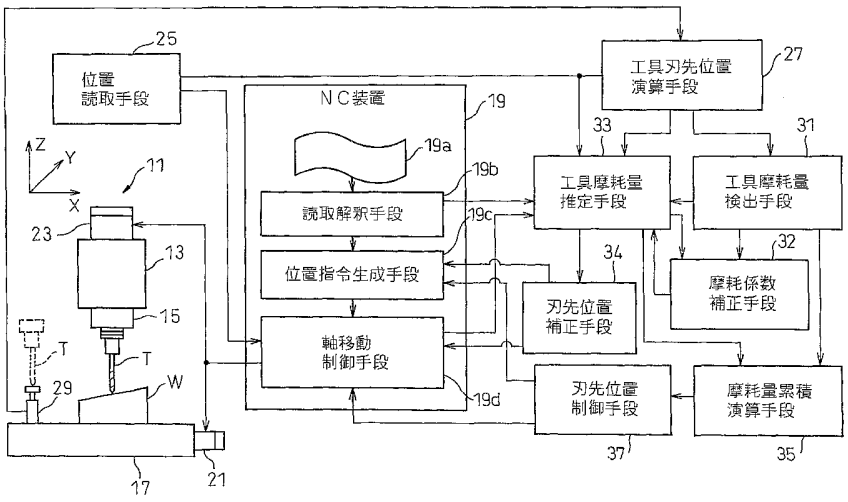
(10) 国際公開番号
WO 2006/016420 A1

(51) 国際特許分類[7]: B23Q 15/28, G05B 19/404
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/011855
(22) 国際出願日: 2004 年8 月12 日 (12.08.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社牧野フライス製作所 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1528578 東京都目黒区中根２丁目３番１９号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉田 順 (YOSHIDA, Jun) [JP/JP]; 〒2430308 神奈川県愛甲郡愛川町三増３５９番地の３ 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 川名 啓 (KAWANA, Akira) [JP/JP]; 〒2430308 神奈川県愛甲郡愛川町三増３５９番地の３ 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 倉橋 康浩 (KURAHASHI, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒2430308 神奈川県愛甲郡愛川町三増３５９番地の３ 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP).
(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目５番１号 虎ノ門３７森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MACHINING WORK

(54) 発明の名称: ワークを加工する加工方法



19 NC SYSTEM
19b READING/INTERPRETING MEANS
19c POSITION COMMAND GENERATING MEANS
19d SHAFT MOVEMENT CONTROL MEANS
25 POSITION READING MEANS
27 TOOL TIP POSITION CALCULATING MEANS
31 TOOL WEAR DETECTING MEANS
32 WEAR COEFFICIENT CORRECTING MEANS
33 TOOL WEAR ESTIMATING MEANS
34 TIP POSITION CORRECTING MEANS
35 WEAR ACCUMULATION CALCULATING MEANS
37 TIP POSITION CONTROL MEANS

(57) Abstract: When machining a work W, the wear of a tool T at the time of machining is estimated, and a position command generated according to a preset machining program is corrected when required during machining according to the estimated wear of the tool T, so that the work W is machined into a desired shape in accordance with a corrected position command. On the other hand, wear of the tool T when machining is interrupted is calculated and when machining is resumed at the interrupted position, a position command generated according to the preset machining program is corrected according to the calculated wear of the tool T so that the position of the tip of the tool T when machining is interrupted coincides with the position of the tip of the tool T when machining is resumed, and then the work W is machined in accordance with a corrected position command.

(57) 要約: ワークＷを加工する際に、加工時の工具Ｔの摩耗量を推定し、所望される加工形状が得られるように、推定された工具Ｔの摩耗量に基づいて、予め設定された加工プログ

[続葉有]

WO 2006/016420 A1

HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ラムに従って生成された位置指令を加工中に逐次補正し、補正後の位置指令に従って、ワークＷを加工する。また、加工中断時における工具Ｔの摩耗量を演算し、加工中断位置において加工を再開するときに、加工中断時の工具Ｔの刃先位置と加工再開時の工具Ｔの刃先位置とが等しくなるように、演算された工具の摩耗量に基づいて、予め設定された加工プログラムに従って生成された位置指令を補正し、補正後の位置指令に従って、ワークＷを加工する。

明　細　書

ワークを加工する加工方法

技術分野

本発明は、工具摩耗量を考慮して加工を行う加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械に関する。

背景技術

ＮＣ工作機械では、主軸に装着された工具とテーブルに載置されたワークとを所望の加工プログラムに従って相対移動させることによってワークを加工するので、加工によって得られるワークの形状は工具の移動軌跡によって定められることになる。一般に、加工プログラムは、加工により工具が摩耗せず、工具長が一定であることを前提として作成される。

ところが、実際には、工具は加工に伴って摩耗し、工具長がだんだん短くなっていく。したがって、例えば図５に示されているように、所望されるワークの形状４１の輪郭が右肩上がりに傾斜している場合、実際に加工される形状（加工軌跡）４３は所望される形状（加工軌跡）４１から上方（主軸側）にだんだんシフトし、ずれを生じていく。よって、所望される加工形状４１を得ることはできない。

さらに、工具が摩耗すると、特開昭５４－３５４８５号公報や特開２００１－１５０２９９号公報などに記載されている方法により、工具寿命を検知して、工具交換を行う。すなわち、加工を途中で中断し、摩耗した工具を標準的な長さの新しい工具に交換した後に加工を再開する。ところが、この場合、交換後の工具は摩耗してい

ないため、加工プログラムに従った指令位置に工具を戻すと、実際の工具刃先位置は工具交換前後で交換前の工具の摩耗量分だけ下方へずれることになる。また、同一の工具を用いて、第１の領域の加工を中断して第１の領域と異なる第２の領域の加工を経てから再度第１の領域の加工を再開する場合も、第１の領域に関する加工の中断前後で工具の摩耗量が変化しているため、同様に、加工を中断した時の指令位置に工具を戻すと、実際の工具刃先位置は加工の中断前後で変化することになる。この結果、工具交換のため又は異なる領域を加工するための加工中断の前後で、加工された形状に段差４５（図５参照）を生じることになり、不都合が生じる。なお、図５の例では、工具交換を３回行ったため、加工形状に段差４５が３つ表われている。

発明の開示

よって、本発明の目的は、工具の摩耗に起因して発生する上記従来技術に存する問題を解消して、所望される加工形状に対するずれの少ない加工形状を得ることができる加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械を提供することである。

また、本発明の他の目的は、工具交換により発生する段差のない滑らかな加工形状を得ることができる加工方法、及び工具摩耗補正機能を備えた工作機械を提供することである。

本願発明は、上記目的に鑑み、加工終了時の工具摩耗量を検出し、検出した工具摩耗量に基づき加工終了時の工具刃先位置と次加工開始時の工具刃先位置とが一致するように次加工開始時の工具刃先位置を定め、加工を続行するようにしたものである。

本発明の第１の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、予め設定されたＮＣ加工

プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、前記ワークの加工を中断するステップと、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップとを含む加工方法が提供される。

本発明の第２の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、前記ワークの加工中の工具の摩耗量を逐次推定するステップと、前記推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正するステップと、前記ワークの加工を中断するステップと、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積するステップと、前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップとを含む加工方法が提供される。

本発明の第３の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、前記工具摩耗量検出手段により検出した

工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段とを具備する工具摩耗補正機能を備えた工作機械が提供される。

本発明の第４の態様によれば、工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って前記工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、前記ワークの加工中に工具の摩耗量を逐次推定する工具摩耗量推定手段と、前記工具摩耗量推定手段により推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正する刃先位置補正手段と、前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積する摩耗量累積演算手段と、前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段とを具備する工具摩耗補正機能を備えた工作機械が提供される。

本発明では、加工により摩耗した工具の摩耗量を検出し、その摩耗量に基づいて加工中断前後の工具の刃先位置を一致させるので段差のない加工が行える。また加工中にリアルタイムに推定した工具の摩耗量を補償するように工具の刃先位置を逐次補正するステップを併用すると、所望加工形状と実加工形状とのずれも軽減又は解消できる。

図面の簡単な説明

本発明の上述の及びその他の目的、特徴、利点を以下、添付図面

を参照して本発明の実施形態に基づいてさらに詳細に説明する。

図１は、本発明によるＮＣ工作機械の要部構成を示しているブロック図である。

図２は、実際に加工されたワークの表面に段差を生じさせないために図１に示されているＮＣ工作機械において行われる加工方法の手順を示しているフローチャートである。

図３は、図２の加工方法の手順の続きを示しているフローチャートである。

図４は、所望のワーク形状に対してずれのない実加工後のワーク形状を得るために図１に示されているＮＣ工作機械において行われる加工方法を示しているフローチャートである。

図５は、従来技術において、加工後ワークの表面において工具交換した位置に生じる段差を示している図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

なお、以下の説明において、「所望加工形状」とは所望される加工後のワーク形状を意味し、「実加工形状」とは実際に加工により得られたワーク形状を意味し、「基準加工プログラム」とは、加工の際に工具Ｔが摩耗せず一定の長さを保つことを前提として、所望加工形状が得られるように作成された加工プログラムを意味し、「修正加工プログラム」とは、工具Ｔの摩耗に起因する所望加工形状と実加工形状との間のずれを予め考慮して、所望加工形状が得られるように基準加工プログラムを修正したものを意味する。

まず、図１を参照して、本発明による工具摩耗補正機能を備えたＮＣ工作機械１１の要部構成を説明する。ＮＣ工作機械１１の機械本体部は、主軸頭１３に回転可能に支持された主軸１５と、ワーク

Ｗを載置、固定するテーブル１７とを備え、ＮＣ装置１９からの軸移動指令に基づいて、Ｘ軸送りモータ２１、Ｙ軸送りモータ（不図示）、Ｚ軸送りモータ２３により、主軸１３とテーブル１７とを互いに対してＸ軸、Ｙ軸及びＺ軸の直交３軸方向に相対移動できるように構成されている。

図１のＮＣ工作機械１１では、Ｘ軸送りモータ２１によってテーブル１７をＸ軸方向に移動させ、Ｙ軸送りモータ及びＺ軸送りモータ２３によって主軸１５をＹ軸方向及びＺ軸方向に移動させることにより、主軸１５とテーブル１７とを直交３軸方向に相対移動させているが、Ｘ軸送りモータ２１、Ｙ軸送りモータ、Ｚ軸送りモータ２３によって主軸１５を直交３軸方向に移動させるようにするなど、他の構成をとることも可能である。ここで、Ｘ軸及びＹ軸は主軸１５の回転軸線と垂直な平面内の直交する２つの軸方向を指し、Ｚ軸は主軸１５の回転軸線と平行な軸方向を指す。

さらに、主軸１３の先端には工具Ｔが装着されており、回転する工具ＴをワークＷに切り込ませ、主軸１５とテーブル１７とを相対移動させることにより工具ＴとワークＷとをＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸方向に相対移動させて、ワークＷを所望される形状に加工する。

ＮＣ装置１９は、加工プログラムや工具先端位置測定プログラムなどの各種プログラムを格納するプログラム格納手段１９ａと、このプログラム格納手段１９ａに格納されているプログラムを解釈する読取解釈手段１９ｂと、解釈されたプログラムに従って主軸１５及びテーブル１７に対する位置指令を生成する位置指令生成手段１９ｃと、この位置指令に従ってＸ軸送りモータ２１、Ｙ軸送りモータ、Ｚ軸送りモータ２３を駆動するサーボモータドライバなどの軸移動制御手段１９ｄとを含んでいる。

また、ＮＣ工作機械１１の機械本体部には、任意の瞬間のＸ軸、

Ｙ軸、Ｚ軸の各送り軸の座標値を読み取る位置読取手段２５が設けられており、位置読取手段２５によって読み取られたテーブル１７に対する主軸１５の相対位置は、逐次、軸移動制御手段１９ｄへフィードバックされる。位置読取手段２５として、主軸１５又はテーブル１７の各送り軸に取り付けられたデジタルスケールや、Ｘ軸送りモータ２１、Ｙ軸送りモータ、Ｚ軸送りモータ２３にそれぞれ取り付けられたエンコーダなど適宜の装置を使用することが可能である。

さらに、ＮＣ工作機械１１は工具刃先位置演算手段２７を備え、主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置、好ましくは主軸１５の前端面と工具Ｔの刃先位置との距離、すなわち工具長を測定できるようになっている。

例えば、工具刃先位置演算手段２７は、主軸１５とテーブル１７とを相対移動させて、テーブル１７上の加工の妨げとならない位置に設けられた工具刃先検出装置２９で主軸１５に装着された工具Ｔの刃先を検出させることによって、このときに位置読取手段２５によって検出されたテーブル１７に対する主軸１５の相対位置から、主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置を演算する。詳細には、工具刃先検出装置２９の刃先検出位置はテーブル１７に対して予め定められた位置となっていることから、主軸１５及びテーブル１７の位置が検出されれば、主軸１５と工具刃先検出装置２９の検出位置との距離が判明することを利用して、主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置を演算する。なお、工具刃先検出装置２９は、図１に示されているような接触式センサとしてもよく、レーザ式、静電容量式、渦電流式などの非接触式センサとしてもよい。

なお、工具刃先位置演算手段２７が主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置を演算する方法は上記方法に限定されるものではなく、工具

刃先位置演算手段２７は他の適した方法により主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置を演算してもよいことはいうまでもない。

さて、上記のようなＮＣ工作機械１１では、通常、加工の際に工具Ｔが摩耗せず一定の長さを保つことを前提として作成された基準加工プログラムに従って加工が行われる。したがって、工具Ｔの摩耗に伴って工具Ｔの刃先位置が所望加工形状のワーク表面位置から主軸１５側に近づいていき、所望加工形状からずれた実加工形状が得られてしまう。また、このときに工具Ｔを交換すると、主軸１５が同じ位置に配置されても工具Ｔの刃先位置はテーブル１７側に近づくので、実加工形状のワークの表面に段差が生じてしまう。

そこで、本発明のＮＣ工作機械１１は、工具Ｔの長さ又は刃先位置が摩耗により変化することを考慮しながら加工を行うために、工具摩耗量検出手段３１と、摩耗係数補正手段３２と、工具摩耗量推定手段３３と、刃先位置補正手段３４と、摩耗量累積演算手段３５と、刃先位置制御手段３７とをさらに備える。

工具摩耗量検出手段３１は、ある領域を加工したときの加工前と加工後における工具Ｔの刃先位置の差から工具Ｔの摩耗量を演算、検出する、又は当該工具Ｔによる前回の加工後の刃先位置を今回の加工前における工具Ｔの刃先位置とし、今回の加工後における工具Ｔの刃先位置との差から工具Ｔの摩耗量を演算、検出する。

一方、工具摩耗量推定手段３３は、加工中に、切削条件、加工負荷、切削長ＣＬなどから工具Ｔの摩耗量を推定する。例えば、工具摩耗量推定手段３３は、単位切削長当たりの工具摩耗量を表す摩耗係数Ｍｋを予め記憶しており、加工に使用している工具Ｔの切削長ＣＬと摩耗係数Ｍｋとを積算した値に基づいて、加工中、工具Ｔの摩耗量を逐次求めていく。また、工具摩耗量推定手段３３は、逐次求めた摩耗量を加算して加工中の工具Ｔの総摩耗量を推定すること

もできる。ここで、切削長ＣＬとはワークＷを切削加工した長さを意味するものとする。

工具摩耗量推定手段３３によって推定した工具Ｔの摩耗量に基づき刃先位置補正手段３４は逐次その摩耗量を補償する信号を位置指令生成手段１９ｃ又は軸移動制御手段１９ｄに送って摩耗による誤差のない加工を行う。

また、推定に用いる摩耗係数Ｍｋをより正しく設定するために、工具摩耗検出手段３１によって検出した工具Ｔの摩耗量と、工具摩耗量推定手段３３によって推定した工具Ｔの摩耗量とを比較し、両者が一致するように摩耗係数Ｍｋを逐次補正する摩耗係数補正手段３２が設けられている。

摩耗量累積演算手段３５は、工具摩耗量検出手段３１によって求められた工具Ｔの摩耗量を工具交換などによる加工の中断毎に加算していき、基準加工プログラムによって定められた所望加工形状に対する実加工形状の加工中断時点におけるずれ量、すなわち誤差を求める。

そして、刃先位置制御手段３７は、摩耗量検出手段３１によって求められた工具Ｔの摩耗量分だけ主軸１５とテーブル１７との相対位置を変化させる。この相対位置の変化は、刃先位置制御手段３７からの信号を位置指令生成手段１９ｃ又は軸移動制御手段１９ｄに送出することによって行われる。こうして加工中断時前後における工具Ｔの刃先位置を一致させて、工具Ｔの摩耗が実加工形状に与える影響を除去又は軽減させる。

例えば、工具Ｔの交換などにより工具長又は摩耗量が不連続に変化するときには、基準加工プログラムに従って位置指令生成手段１９ｃが生成した位置指令を補正し、工具摩耗量算出手段３１によって求められた各工具Ｔの摩耗量の累積値、すなわち摩耗量累積演算

手段３５によって求められた所望加工形状と実加工形状との誤差分だけ、工具Ｔの交換後の主軸１５とテーブル１７とを離れる方向にシフトさせるようにする。これにより、工具Ｔの交換前後におけるワークＷに対する工具Ｔの刃先位置は一致することとなり、摩耗量分に起因して実加工形状に発生する段差が解消される。

また、摩耗により工具長が連続的に変化するときには、基準加工プログラムに従って位置指令生成手段１９ｃが生成した位置指令を補正し、工具摩耗量推定手段３３によって求められた使用工具Ｔの摩耗量分だけ、主軸１５とテーブル１７とを近づける方向に逐次シフトさせるようにする。これにより、工具Ｔの摩耗に起因する工具長の変化が相殺、補償され、ワークＷに対する工具Ｔの刃先位置は所望加工形状に沿って移動するようになり、工具Ｔの摩耗により実加工形状の所望加工形状からのずれが解消又は軽減される。

ここで、位置指令の補正は、工具のオフセット補正、ワークの座標系の補正、ＮＣ工作機械１１の機械原点位置補正のうち、いずれか１つの方法で行うことができる。

次に、図２～図５を参照して、図１のＮＣ工作機械１１の動作を説明する。

加工を行うに先立って、操作者が加工プログラムを設定し、これをプログラム格納部１９ａに格納しておく。ここでは、プログラム格納部１９ａに、加工プログラムとして、工具Ｔが摩耗しないことを前提として作成された基準加工プログラムが格納されているものとするが、あらかじめ工具Ｔの摩耗量を考慮して作成された修正加工プログラムを格納してもよい。

次に、ＮＣ工作機械１１は、工具刃先位置演算手段２７によって、加工を開始したときに主軸１５に装着されている工具Ｔについて、主軸１５に対する工具Ｔの刃先位置を演算する（ステップＳ１）

。以下では、説明の簡略化のために、ステップＳ１において、主軸１５の前端面に対する工具Ｔの刃先位置、すなわち工具長Ｈａが演算されるものとする。また、説明の簡略化のために、以下のステップでは、工具Ｔの交換後も同一の標準長さを有する工具Ｔが使用されるものとする。なお、以下の手順は同一長さの工具Ｔに限定されるものではなく、様々な長さの工具Ｔに対して適用することができることはいうまでもない。

工具長Ｈａの演算が終了すると、プログラム格納部１９ａに格納されている基準加工プログラムを読取解釈手段１９ｂが解釈し、それに従って位置指令生成手段１９ｃが主軸１５及びテーブル１７に対する位置指令を生成し、軸移動制御手段１９ｄが、この位置指令に従ってＸ軸送りモータ２１、Ｙ軸送りモータ、Ｚ軸送りモータ２３を駆動することにより、加工が行われる（ステップＳ２）。

次に、予め定められたタイミングで、工具Ｔの交換のために加工が中断され、中断時のテーブル１７に対する主軸１５のＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸に関する相対位置が求められる（ステップＳ３）。主軸１５とテーブル１７との相対位置は、位置指令手段１９ｃによって生成された主軸１５及びテーブル１７に対する位置指令から求めればよい。主軸１５及びテーブル１７のＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸に関する位置は、位置読取手段２５によって検出される値を用いることも可能である。

次に、工具Ｔの交換に先立って、加工により摩耗した工具Ｔの工具長Ｈｂが工具刃先位置演算手段２７によって演算される（ステップＳ４）。ステップＳ３に代えて、工具刃先位置演算手段２７によって適時工具長を演算し、工具長が所定値よりも短くなったときに加工を中断してもよい。このときは、最後に演算された工具長を加工中断時の工具長Ｈｂとすることができる。

次に、工具摩耗量検出手段３１は、加工開始時の工具長Ｈａと加工中断時の工具長Ｈｂとから工具Ｔの摩耗量Ｍｔを算出する（ステップＳ５）。そして、工具摩耗量検出手段３１は、算出した工具Ｔの摩耗量Ｍｔを摩耗量累積演算手段３５に送り、摩耗量累積演算手段３５は、送られてきた工具Ｔの摩耗量Ｍｔに基づいて累積誤差量Ｍｅを求め、これを加工中断時のテーブル１７に対する主軸１５のＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸に関する相対位置と共に記憶する（ステップＳ６）。これにより、加工を中断したときのテーブル１７に対する主軸１５のＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸に関する相対位置とその位置における実加工形状と所望加工形状とのずれ量とが記憶されたことになる。

ステップＳ７の逐次摩耗補正については後述するので、ステップＳ７では、逐次摩耗補正を行っていないものとして、次のステップＳ９に進み、主軸１５に装着されている摩耗した工具Ｔの交換を行う。

工具Ｔの交換が行われ、新しい工具Ｔが主軸１５に装着されると、ステップＳ１と同様にして、加工再開に先だって、工具刃先位置演算手段２７によって加工再開時の工具長Ｈａが演算される（ステップＳ１０）。工具長Ｈａが演算されると、新しい工具Ｔを用いた加工が再開される（ステップＳ１１）。

ところで、新しい工具Ｔは、中断前に使用していた工具Ｔよりも摩耗量Ｍｔ分だけ長くなっている。一方、実加工形状のワークの表面は、中断時において、所望加工形状のワークの表面から工具Ｔの摩耗量Ｍｔ分だけ、主軸１５側にずれている。したがって、加工が再開されるにあたって、主軸１５及びテーブル１７を加工を中断したときと同じ相対位置に移動すると、主軸１５に装着されている工具Ｔの刃先位置は、所望加工形状上に配置され、実加工形状のワークの表面から工具Ｔの摩耗量Ｍｔ分だけテーブル１７側に近づくの

で、ワークＷの表面には摩耗量Ｍｔに等しい段差が生じてしまう。

そこで、本発明のＮＣ工作機械１１では、主軸１５又はテーブル１７若しくはその両方に対して位置指令生成手段１９ｃが生成した位置指令を刃先位置制御手段３７によって補正し、摩耗量累積演算手段３５によって求められた累積誤差量Ｍｅ、すなわち、この段階では、工具摩耗量検出手段３１によって求められた工具Ｔの摩耗量Ｍｔに等しい分だけ、テーブル１７に対する主軸１５の相対位置を互いから離れる方向にシフトさせた状態で、加工を継続する（ステップＳ１２）。

次に、ステップＳ３と同様に、予め定められたタイミングで又は演算した工具長が所定値よりも短くなったときに、摩耗した工具Ｔを新たな工具Ｔと交換するために加工を中断する（ステップＳ１３）。そして、工具Ｔの交換に先立って、加工により摩耗した工具Ｔの工具長Ｈｂが工具刃先位置演算手段２７によって演算され（ステップＳ１４）、工具摩耗量検出手段３１がステップＳ５と同様にしてステップＳ１２で使用した工具Ｔの摩耗量Ｍｔを算出し（ステップＳ１５）、摩耗量累積演算手段３５がこの摩耗量Ｍｔから累積誤差量Ｍｅを演算し、これを記憶する（ステップＳ１６）。

ステップＳ１７の逐次摩耗補正については後述するので、ステップＳ１７においては、逐次摩耗補正を行っていないとして、ステップＳ１８に進むものとする。ステップＳ１８において加工を継続する場合には、ステップＳ９からステップＳ１７までの手順を同様にして繰り返す。なお、ステップＳ１２で使用する工具もステップＳ２で使用する工具と同様に加工に伴って摩耗していくので、工具交換のために加工を中断したときには、所望加工形状と実加工形状とのずれは、ステップＳ２で使用の工具Ｔの摩耗量Ｍｔとステップ１２で使用の工具Ｔの摩耗量Ｍｔとの和、すなわち摩耗量累積演算

手段３５によって求められた累積誤差量Ｍｅに等しくなる。したがって、２回目以降の工具Ｔの交換においては、ステップＳ１２において、刃先位置制御手段３７は、テーブル１７に対する主軸１５の相対位置を累積誤差量Ｍｅ分だけ互いから離れる方向にシフトさせるように、位置指令生成手段１９ｃが基準加工プログラムに従って生成した位置指令を補正しながら、加工を継続すればよい。

このように、使用した工具Ｔの摩耗量Ｍｔを考慮して新しい工具Ｔを使用した加工を行うことで、工具Ｔの交換を行った位置、すなわち加工中断位置における実加工形状のワークの表面に段差が生じることが回避される。

ところが、以上の手順で加工を行ったときには、実加工形状の段差は解消されるが、所望加工形状からずれを生じてしまう。そこで、本発明のＮＣ工作機械１１では、ステップＳ２及びステップＳ１２の加工において、図４に示されているステップＳ２１～Ｓ２９に従って、加工中の工具Ｔの摩耗も主軸１５とテーブル１７との相対位置を逐次補正することにより補償していくようにしている。以下でその手順を詳述する。

最初に、工具摩耗量推定手段３３は、予め設定されている摩耗係数Ｍｋを任意の記憶手段又は加工プログラムなどから読み込み（ステップＳ２１）、その後、切削長ＣＬを監視する（ステップＳ２２）。切削長ＣＬは、位置読取手段２５によって検出されたテーブル１７に対する主軸１５の相対移動距離に基づいて求めてもよく、軸移動制御手段１９ｄによって生成された各軸移動指令から求めてもよい。

工具摩耗量推定手段３３は、切削長の増分ＣＬと摩耗係数Ｍｋとを積算することにより、摩耗量の増分を演算し、逐次摩耗補正量Ｍｓ、すなわち工具Ｔの摩耗の影響を相殺するために主軸１５とテー

ブル１７との相対位置に必要とされる補正量を求める（ステップＳ２３）。そして、工具摩耗量推定手段３３は、切削長の増分ＣＬと逐次摩耗補正量Ｍｓとから、切削長及び逐次摩耗補正量Ｍｓの総計である総切削長ＳＣＬ及び総逐次補正量ＳＭｓを演算し、刃先位置補正手段３４に送る（ステップＳ２４）。

刃先位置補正手段３４は、主軸１５又はテーブル１７若しくはその両方に対して位置指令生成手段１９ｃが生成した位置指令を補正し（ステップＳ２５）、総逐次補正量ＳＭｓ分だけテーブル１７に対する主軸１５の相対位置を互いに近づける方向にシフトさせて加工を行わせる（ステップＳ２６）。

ステップＳ２７において、加工が継続される場合にはステップＳ２２～ステップＳ２６の手順が繰り返される。

このような手順で、テーブル１７に対する主軸１５の相対位置を逐次補正していけば、加工の際に工具Ｔの摩耗が工具Ｔの刃先位置に与える影響を相殺し、実加工形状の所望加工形状からのずれ量が解消又は低減される。

なお、ステップＳ２２～ステップＳ２６においては、工具摩耗量推定手段３３によって推定された工具Ｔの摩耗量を使用しているため、実加工形状と所望加工形状とのずれ量が完全に解消されないこともある。しかしながら、ステップＳ２７において加工を継続しない場合に、ステップＳ３又はステップＳ１３に戻れば、実加工形状と所望加工形状とのずれにより実加工形状のワークの表面に段差が生じることはなくなる。

また、ステップＳ２７の後、ステップＳ５又はステップＳ１５で求められた工具Ｔの摩耗量Ｍｔを摩耗係数補正手段３２が工具摩耗量検出手段３１から読み込み（ステップＳ２８）、この摩耗量Ｍｔを総切削長ＳＣＬによって除算することにより、実際の加工に基づ

いた摩耗係数Ｍｋを求めてもよい（ステップＳ２９）。これにより、実際の加工条件や加工負荷に即した摩耗係数Ｍｋを求めることができ、実加工形状と所望加工形状とのずれ量をより少なくすることが可能である。

工具の摩耗量を推定する別法として、工具回転速度、１刃当りの送り速度、切込量、工具材質、工具種類、ワーク材質等の切削条件及び／又は加工負荷から演算することもできる。

図２及び図３に示されている実加工形状のワークの表面の段差を回避するための手順と共に、図３に示されている工具Ｔの摩耗の逐次補正を行う手順を併用する場合には、上記で説明した実加工形状のワークの表面の段差を回避するための手順を一部変更する必要があり、それがステップＳ８又はステップＳ１９として示されている。

工具Ｔの摩耗の逐次補正を行う場合、加工中断時における実加工形状と所望加工形状とのずれ量は使用した工具Ｔの摩耗量よりも総逐次補正量ＳＭｓ分だけ小さくなる。そこで、ステップＳ８及びステップＳ１９において、摩耗量累積演算手段３５が実加工形状と所望加工形状とのずれ量を表す累積誤差量Ｍｅから総逐次補正量ＳＭｓを減算し、逐次補正分を加味するようにしている。

以上、図１に示されているＮＣ工作機械１１を例にして本発明を説明したが、上記実施形態は、工具Ｔの摩耗を加工の中断・再開時に又は加工中逐次考慮し実加工形状のワークの表面に生じる段差や実加工形状と所望加工形状とのずれ量を解消又は低減させる方法の単なる例示に過ぎず、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

例えば、ステップＳ１～ステップＳ１９の手順では、工具Ｔの交換のために加工を中断するものとして説明したが、同一の工具Ｔで

ワークＷの異なる２つの領域を加工するために第１の領域での加工を中断し、第２の領域を加工した後に再度第１の領域を加工する場合に上記手順を適用することも可能である。この場合には、最初に第１の領域を加工した間の工具Ｔの摩耗量Ｍｔと第２の領域を加工した間の工具Ｔの摩耗量Ｍｔとの差の分だけ、主軸１５とテーブル１７との相対位置を近づける方向にシフトさせることにより、実加工形状のワークの表面に段差が生じることを回避することができる。

また、上記ステップＳ５及びステップＳ１５において、工具摩耗量算出手段３１に代えて工具摩耗量推定手段３３を使用し、工具摩耗量推定手段３３によって推定された逐次摩耗量を累積して、同一工具による一連の加工の際に生じる工具の総摩耗量を求め、求めた総摩耗量を摩耗量累積演算手段３５に送ることも可能である。この場合でも、工具Ｔの摩耗量を考慮しているため、摩耗量を考慮していない場合と比較して、工具交換などの前後で生じる実加工形状のワークの表面の段差を少なくとも減少させることができる。

以上、本発明によれば、加工中の工具摩耗量を推定又は算出し、工具の交換のためなどになされる加工の中断・再開時又は加工中に、工具摩耗に起因して生じる工具長の変化を主軸とテーブルとの相対位置を変化させることにより相殺させ、加工の中断・再開時に実加工形状のワークの表面に生じる段差や、所望加工形状と実加工形状とのずれ量を軽減又は解消させることができる。したがって、工具摩耗の影響を受けずに、所望加工形状に対するずれの少ない加工形状又は段差のない滑らかな加工形状を得ることが可能となる。

請　求　の　範　囲

１．工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、

予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、

生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、

前記ワークの加工を中断するステップと、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、

検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップと、

を含むことを特徴とした加工方法。

２．前記ワークの加工を中断するたびに、検出した工具の摩耗量を累積するステップをさらに含み、

前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップは、前記累積した工具の摩耗量に基づいて行う請求項１に記載の加工方法。

３．前記工具の摩耗量を検出するステップは、工具の刃先位置を測定し、工具の摩耗量を演算するステップを含む請求項１に記載の加工方法。

４．工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する加工方法において、

予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成するステップと、

生成した前記位置指令に従って前記ワークの加工を行うステップと、

前記ワークの加工中の工具の摩耗量を逐次推定するステップと、

前記推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正するステップと、

前記ワークの加工を中断するステップと、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出するステップと、

前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積するステップと、

前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開するステップと

を含むことを特徴とした加工方法。

５．前記工具の摩耗量を検出するステップは、工具の刃先位置を測定し、工具の摩耗量を演算するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

６．前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削長さと、予め決められた単位切削長さ当りの摩耗量とから工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

７．前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削条件及び／又は加工負荷から工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

８．前記工具の摩耗量を推定するステップは、切削長さ、及び予

め決められた単位切削長さ当りの摩耗量、並びに切削条件及び／又は加工負荷から工具の摩耗量を推定するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

９．前記工具の摩耗量を推定するステップは、工具の刃先位置を測定し、演算して求めた工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量とを比較し、両者が一致するように推定に用いる単位切削長さ当りの摩耗量を逐次補正するステップを含む請求項４に記載の加工方法。

１０．工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、

予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、

前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段と、

を具備することを特徴とした工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

１１．前記ワークの加工を中断するたびに前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量を累積する摩耗量累積演算手段をさらに具備し、

前記刃先位置制御手段は、前記摩耗量累積演算手段により演算した前記工具の累積摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開す

るときの工具の刃先位置を定め、前記ワークの加工を再開する請求項１０に記載の工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

１２．工具とワークとを相対移動させて前記ワークを加工する工作機械において、

予め設定されたＮＣ加工プログラムに基づいて位置指令を生成し、生成した前記位置指令に従って前記工具とワークとを相対移動させるよう指令する位置指令生成手段と、

前記ワークの加工を中断したときの工具の摩耗量を検出する工具摩耗量検出手段と、

前記ワークの加工中に工具の摩耗量を逐次推定する工具摩耗量推定手段と、

前記工具摩耗量推定手段により推定した工具の摩耗量を補償するように前記工具の刃先位置を逐次補正する刃先位置補正手段と、

前記検出した工具の摩耗量と前記推定した工具の摩耗量との差分を累積する摩耗量累積演算手段と、

前記累積した工具の摩耗量に基づいて、前記ワークの加工を中断したときの工具の刃先位置と一致するように前記ワークの加工を再開するときの工具の刃先位置を定める刃先位置制御手段と、

を具備することを特徴とした工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

１３．前記工具摩耗量検出手段により検出した工具の摩耗量と前記工具摩耗量推定手段で推定した工具の摩耗量とを比較し、両者が一致するように推定に用いる単位切削長さ当りの摩耗量を逐次補正する摩耗係数補正手段を更に具備する請求項１２に記載の工具摩耗補正機能を備えた工作機械。

Fig.1

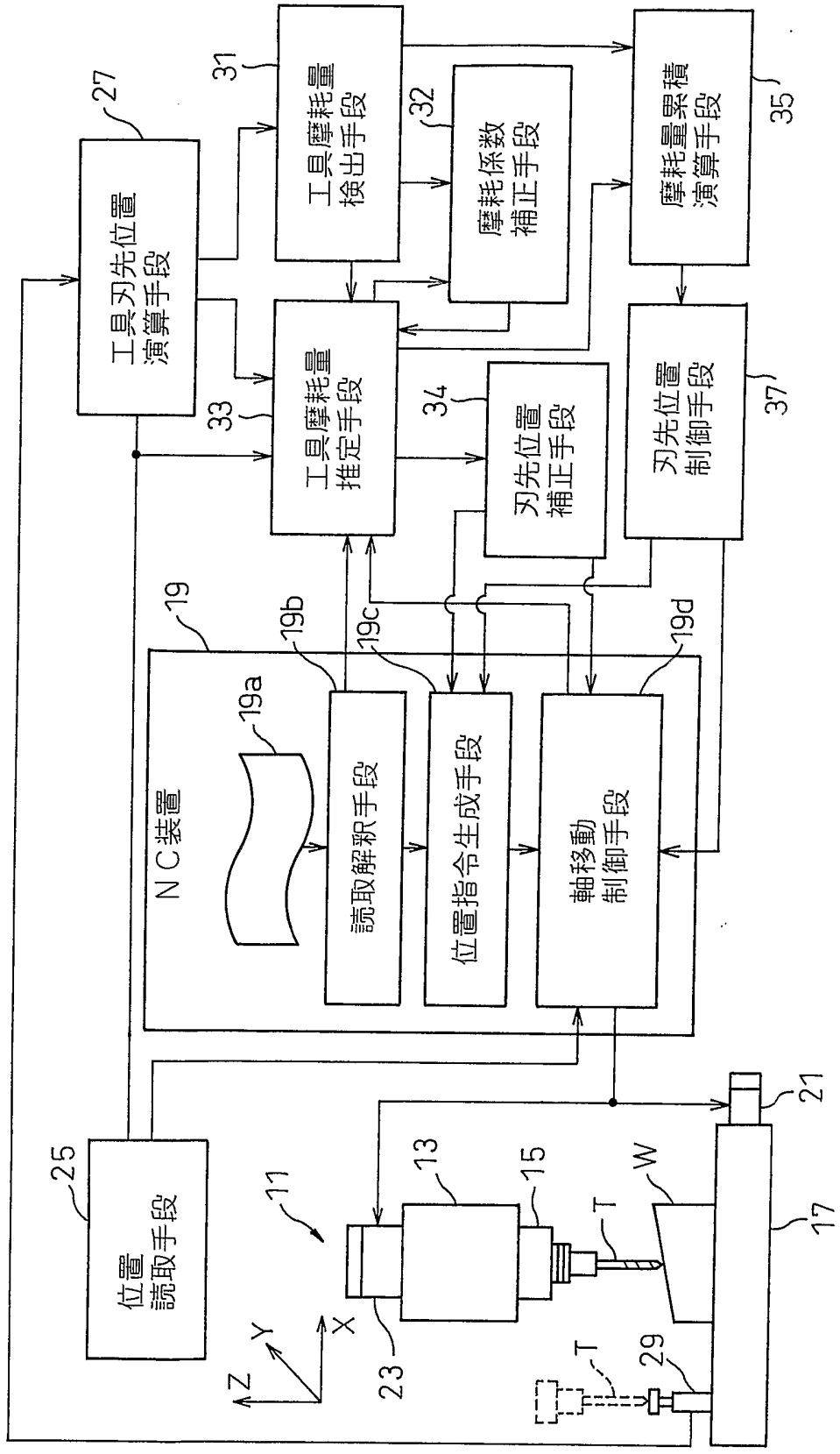

工具刃先位置
演算手段
27
工具摩耗量
検出手段
31
摩耗係数
補正手段
32
摩耗量累積
演算手段
35
工具摩耗量
推定手段
33
刃先位置
補正手段
34
刃先位置
制御手段
37
NC装置
19
19a
19b
19c
19d
読取解釈手段
位置指令生成手段
軸移動
制御手段
位置
読取手段
25
11
13
15
W
T
17
21
23
29
X
Y
Z

Fig.2

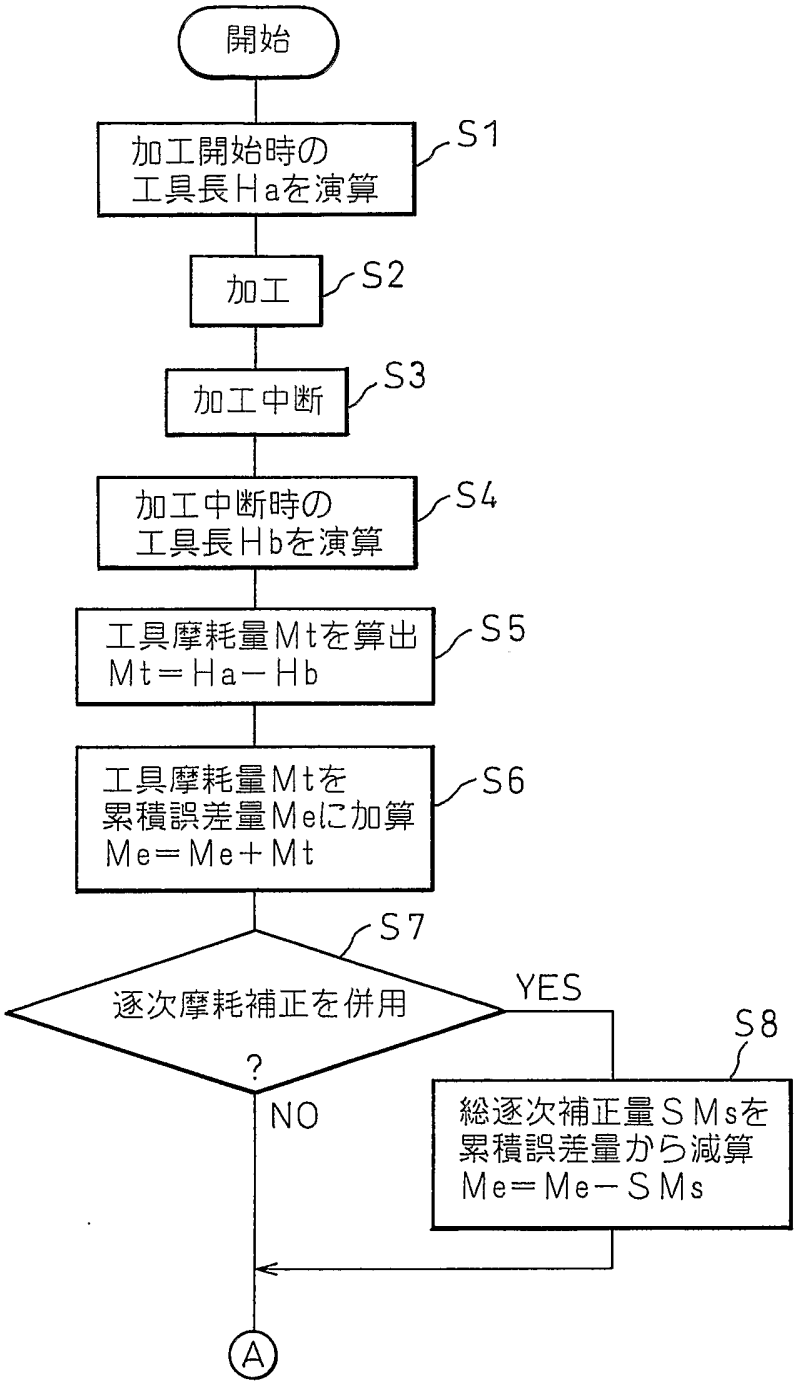

開始
加工開始時の
工具長Haを演算
S1
加工
S2
加工中断
S3
加工中断時の
工具長Hbを演算
S4
工具摩耗量Mtを算出
Mt＝Ha－Hb
S5
工具摩耗量Mtを
累積誤差量Meに加算
Me＝Me＋Mt
S6
S7
逐次摩耗補正を併用
？
YES
NO
S8
総逐次補正量ＳMsを
累積誤差量から減算
Me＝Me－ＳMs
A

Fig.3

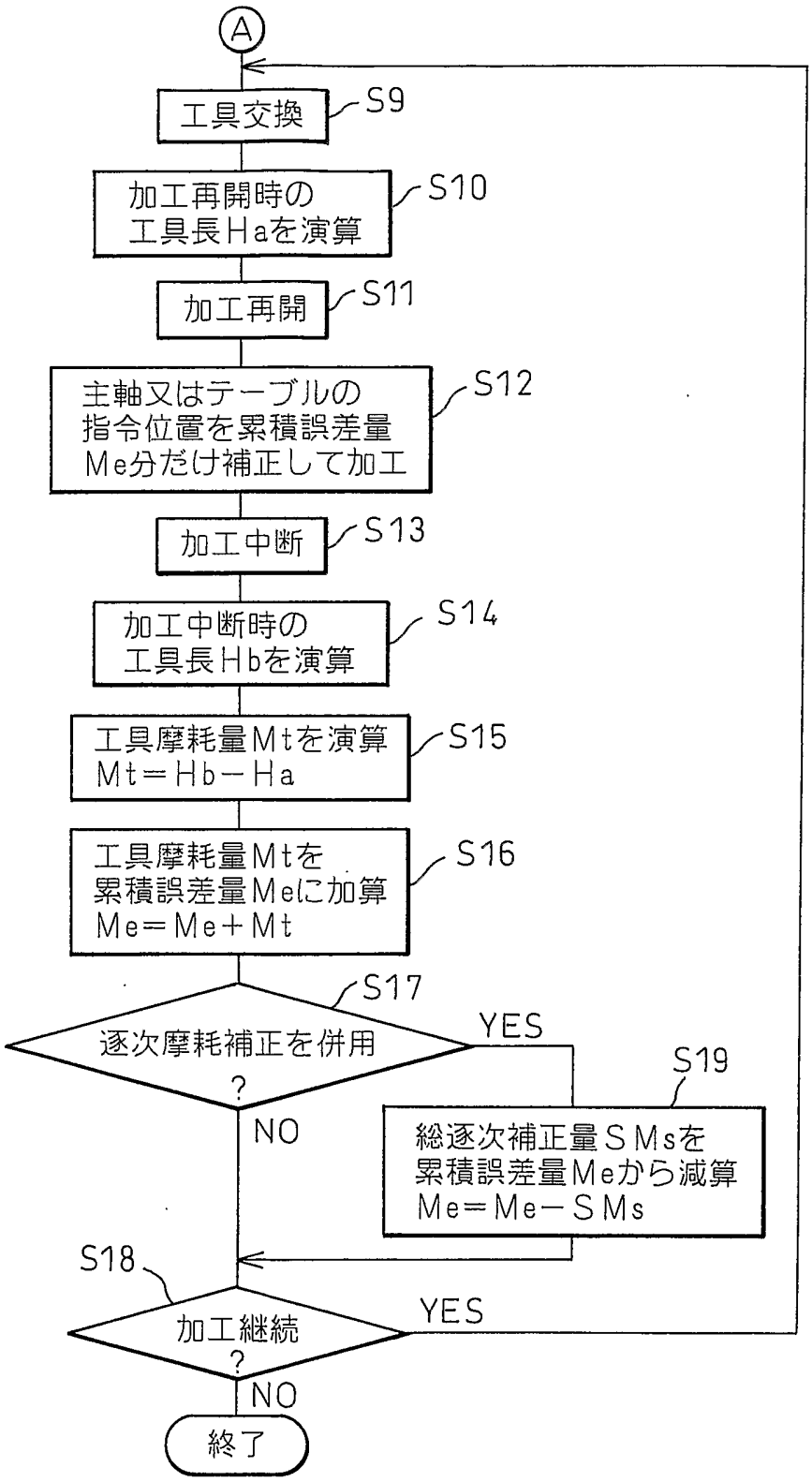

A
工具交換
S9
加工再開時の
工具長Haを演算
S10
加工再開
S11
主軸又はテーブルの
指令位置を累積誤差量
Me分だけ補正して加工
S12
加工中断
S13
加工中断時の
工具長Hbを演算
S14
工具摩耗量Mtを演算
Mt＝Hb－Ha
S15
工具摩耗量Mtを
累積誤差量Meに加算
Me＝Me＋Mt
S16
S17
逐次摩耗補正を併用
？
YES
NO
S19
総逐次補正量ＳMsを
累積誤差量Meから減算
Me＝Me－ＳMs
S18
加工継続
？
YES
NO
終了

Fig.4

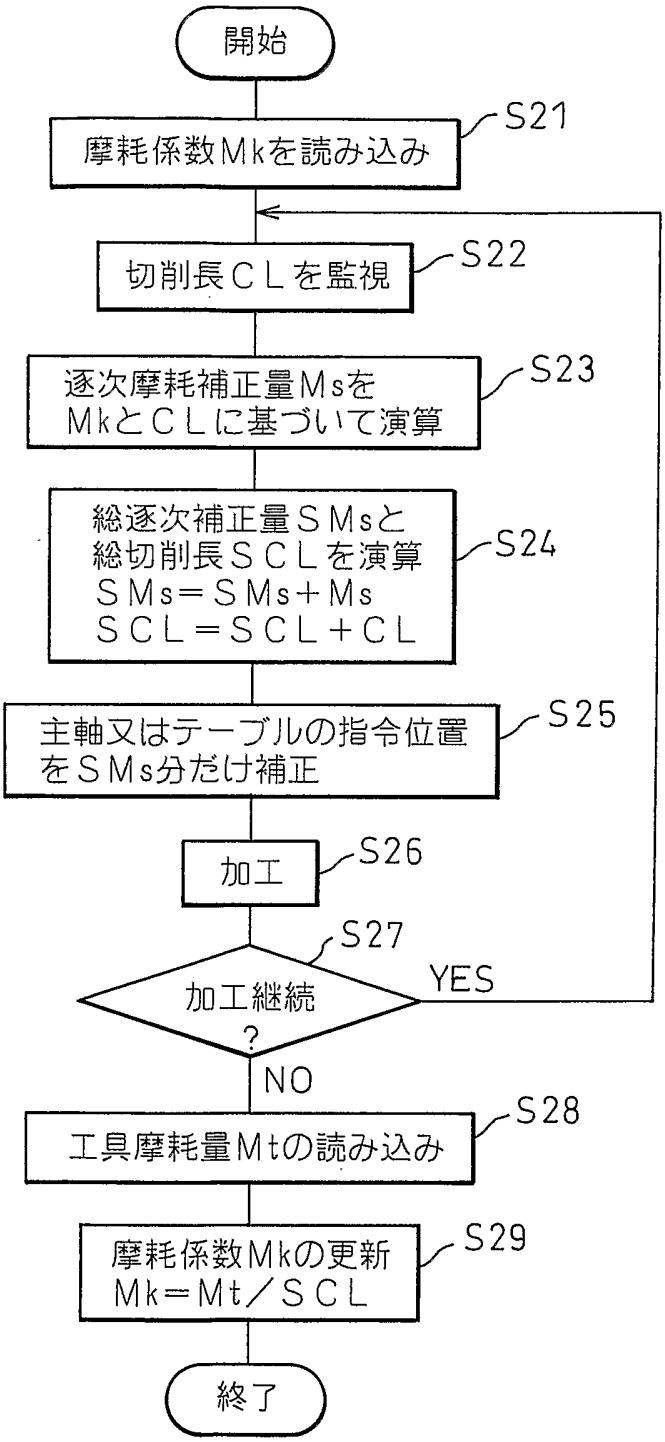
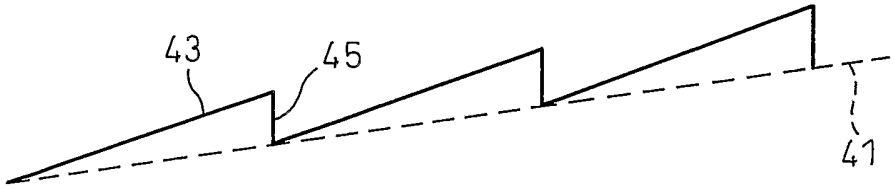

開始
摩耗係数Mkを読み込み
S21
切削長ＣＬを監視
S22
逐次摩耗補正量Msを
MkとＣＬに基づいて演算
S23
総逐次補正量ＳMsと
総切削長ＳＣＬを演算
ＳMs＝ＳMs＋Ms
ＳＣＬ＝ＳＣＬ＋ＣＬ
S24
主軸又はテーブルの指令位置
をＳMs分だけ補正
S25
加工
S26
S27
加工継続
？
YES
NO
工具摩耗量Mtの読み込み
S28
摩耗係数Mkの更新
Mk＝Mt／ＳＣＬ
S29
終了

Fig.5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/011855

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] B23Q15/28, G05B19/404

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] B23Q15/00-15/28, G05B19/18-19/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 1-188252 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 27 July, 1989 (27.07.89), Page 2, lower left column, line 9 to lower right column, line 6 (Family: none)	1,3,10 2,4-9,11-13
Y	JP 6-143093 A (Fanuc Ltd.), 24 May, 1994 (24.05.94), Par. Nos. [0021] to [0030] (Family: none)	2,4-9,11-13
Y	JP 2-59253 A (Tochigi-Ken), 28 February, 1990 (28.02.90), Fig. 4 (Family: none)	9,13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 November, 2004 (10.11.04)	30 November, 2004 (30.11.04)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

国際調査報告

国際出願番号　PCT／JP2004／011855

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int. Cl. 7　B23Q15／28　G05B19／404

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
Int. Cl. 7　B23Q15／00－15／28　G05B19／18－19／46

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報　1922－1996年
日本国公開実用新案公報　1971－2004年
日本国登録実用新案公報　1994－2004年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y	JP 1－188252 A（松下電工株式会社），1989．07．27，第2頁左下欄第9行－右下欄第6行（ファミリーなし）	1,3,10 2,4-9,11-13
Y	JP 6－143093 A（ファナック株式会社），1994．05．24，【0021】－【0030】（ファミリーなし）	2,4-9,11-13
Y	JP 2－59253 A（栃木県），1990．02．28，第4図（ファミリーなし）	9,13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
10．11．2004	30.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	
日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100－8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	齋藤　健児	3C　3118
	電話番号　03－3581－1101　内線　3324	