

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-144588
(P2020-144588A)

(43) 公開日 令和2年9月10日(2020.9.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/4093 (2006.01)	G05B 19/4093 M	3C001
B23Q 15/013 (2006.01)	B23Q 15/013	3C029
G05B 19/4155 (2006.01)	G05B 19/4155 R	3C036
B23B 1/00 (2006.01)	B23B 1/00 D	3C045
B23B 35/00 (2006.01)	B23B 35/00	3C269

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-40498 (P2019-40498)
(22) 出願日 平成31年3月6日 (2019.3.6)

(71) 出願人 390008235
ファナック株式会社
山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
〇番地
(74) 代理人 100106002
弁理士 正林 真之
(74) 代理人 100165157
弁理士 芝 哲央
(74) 代理人 100160794
弁理士 星野 寛明
(72) 発明者 牧野 巖
山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
〇番地 ファナック株式会社内
Fターム(参考) 3C001 KB01 KB04 KB07 KB09 TA04
TA05 TB02 TB08
最終頁に続く

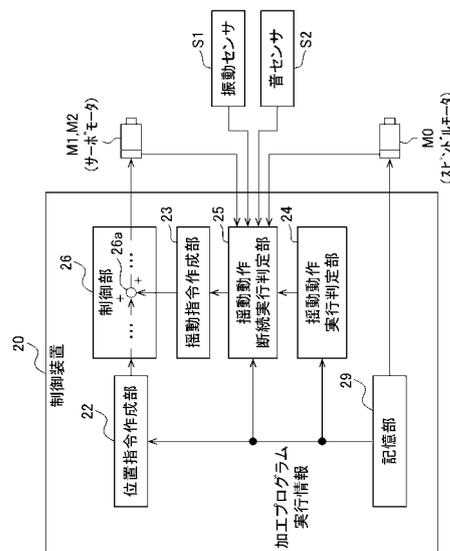
(54) 【発明の名称】 工作機械の制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】加工プログラムの加工ブロック中に揺動動作の有効/無効を切り替え、揺動の回数を減らす工作機械の制御装置を提供する。

【解決手段】工作機械の制御装置は、ワークと工具とを相対的に移動させる位置指令を作成する位置指令作成部と、加工プログラムを解析し、加工ブロックにおいてワークと工具とを相対的に揺動させる揺動動作を行うか否かを判定する揺動動作実行判定部と、揺動動作を行うと判定された場合に、加工ブロックにおいて工作機械の状態に基づいて揺動動作を有効にするか無効にするかを判定することによって、揺動動作を断続的に行うか否かを判定する揺動動作断続実行判定部と、揺動動作を有効にすると判定された場合に、ワークと工具とを相対的に揺動させる揺動指令を生成する揺動指令作成部と、位置指令と揺動指令とを加算する加算器と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工により生じる切屑を細分化するために、ワークと工具とを相対的に揺動させながら前記ワークの加工を行う工作機械の制御装置であって、

前記ワークと前記工具とを相対的に移動させる位置指令を作成する位置指令作成部と、

前記ワークの加工を行う加工プログラムを解析し、前記加工プログラムの加工ブロックにおいて、前記ワークと前記工具とを相対的に揺動させる揺動動作を行うか否かを判定する揺動動作実行判定部と、

前記揺動動作実行判定部によって前記揺動動作を行うと判定された場合に、前記加工プログラムの加工ブロックにおいて、前記工作機械の状態に基づいて前記揺動動作を有効にするか無効にするかを判定することによって、前記揺動動作を断続的に行うか否かを判定する揺動動作断続実行判定部と、

前記揺動動作断続実行判定部によって前記揺動動作を有効にすると判定された場合に、前記ワークと前記工具とを相対的に揺動させる揺動指令を生成する揺動指令作成部と、

前記位置指令と前記揺動指令とを加算する加算器と、

を備える、

工作機械の制御装置。

【請求項 2】

前記揺動動作断続実行判定部は、加工により生じる切屑に起因して前記工作機械の状態が正常でない場合に、前記揺動動作を有効にすると判定する、請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

【請求項 3】

前記揺動動作断続実行判定部は、前記工作機械のサーボモータまたはスピンドルモータのフィードバック情報、前記工作機械の振動を検出する振動センサのフィードバック情報、または、前記工作機械の音を検出する音センサのフィードバック情報に基づいて、

前記サーボモータの前記位置指令と位置フィードバックとの位置偏差が所定の閾値を超える場合に、

前記スピンドルモータの負荷または駆動電流が所定の閾値を超える場合に、

前記振動センサの検出振動が所定の閾値を超える場合に、または、

前記音センサの検出音が所定の範囲外である場合に、

加工により生じる切屑に起因して前記工作機械が正常な状態でないと判定する、請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

【請求項 4】

前記揺動動作断続実行判定部は、加工により生じる切屑に起因して前記工作機械の状態が正常でなくなると推定される場合に、前記揺動動作を有効にすると判定する、請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

【請求項 5】

前記揺動動作断続実行判定部は、加工プログラムの実行情報に基づいて、

前記ワークと前記工具との相対的な加工距離が所定の閾値を超える場合に、

前記ワークの加工時間が所定の閾値を超える場合に、または、

前記ワークの加工量が所定の閾値を超える場合に、

加工により生じる切屑に起因して前記工作機械の状態が正常でなくなると推定する、請求項 4 に記載の工作機械の制御装置。

【請求項 6】

前記揺動動作断続実行判定部は、引き戻し動作をする穴あけ加工のプログラムが実行されたとき、引き戻し動作を行わず、前記揺動動作を有効にすると判定する、請求項 1 に記載の工作機械の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、揺動加工を行う工作機械の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械の工具によりワークを加工する際に切屑が連続して発生すると、切屑が工具に絡まる場合がある。このような場合には、切屑を工具から除去するために工作機械を停止させる必要があり、時間がかかって生産効率が低下する。さらに、切屑によって、ワークが損傷する可能性があり、ワークの品質が低下する場合がある。

【0003】

この点に関し、例えば加工方向に工具とワークとを相対的に揺動させることにより（揺動動作）、切屑を細分化する揺動加工が知られている（例えば、特許文献1および2参照）。揺動加工（揺動動作）を行う工作機械の制御装置は、加工方向に工具またはワークを送る送り軸のサーボモータに対して正弦波状（または余弦波状）の送り指令を与えることにより、加工方向に工具とワークとを相対的に揺動させる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2017-56515号公報

【特許文献2】国際公開第2017/051745号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

このような揺動動作では、例えば位置指令に正弦波状（または余弦波状）の揺動指令を重ねるため、加速度の変化が生じ、その結果、工作機械への負担が増加する。この点に関し、揺動動作において、揺動の回数を減らすことが考えられる。

【0006】

加工プログラム指令による揺動動作の有効/無効の設定は、加工プログラムのブロック単位で設定される。例えば、加工プログラムが加工ブロック（例えば、切削加工ブロック）および非加工ブロック（例えば、早送りブロック）を含む場合、加工ブロックにおいて揺動動作が有効に設定され、非加工ブロックにおいて揺動動作が無効に設定される。すなわち、加工ブロックの途中で揺動動作の有効/無効（ON/OFF）を切り替えることはできない。

30

【0007】

そこで、工作機械の制御装置において、加工プログラムの加工ブロック中に揺動動作の有効/無効を切り替え、揺動の回数を減らすことが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示に係る工作機械の制御装置は、加工により生じる切屑を細分化するために、ワークと工具とを相対的に揺動させながら前記ワークの加工を行う工作機械の制御装置であって、前記ワークと前記工具とを相対的に移動させる位置指令を作成する位置指令作成部と、前記ワークの加工を行う加工プログラムを解析し、前記加工プログラムの加工ブロックにおいて、前記ワークと前記工具とを相対的に揺動させる揺動動作を行うか否かを判定する揺動動作実行判定部と、前記揺動動作実行判定部によって前記揺動動作を行うと判定された場合に、前記加工プログラムの加工ブロックにおいて、前記工作機械の状態に基づいて前記揺動動作を有効にするか無効にするかを判定することによって、前記揺動動作を断続的に行うか否かを判定する揺動動作断続実行判定部と、前記揺動動作断続実行判定部によって前記揺動動作を有効にすると判定された場合に、前記ワークと前記工具とを相対的に揺動させる揺動指令を生成する揺動指令作成部と、前記位置指令と前記揺動指令とを加算する加算器と、を備える。

40

【発明の効果】

【0009】

50

本開示によれば、工作機械の制御装置において、加工プログラムの加工ブロック中に揺動動作の有効／無効を切り替えることができ、揺動の回数を減らすことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態に係る工作機械の制御装置を備えた加工システムの構成を概略的に示す図である。

【図2】本実施形態に係る工作機械の制御装置の構成を示す図である。

【図3】揺動動作における送り量と回転角度との関係を示す図である。

【図4】従来穴あけ加工を説明するための図である。

【図5】従来穴あけ加工のサイクルタイムを示す図である。

10

【図6】本実施形態に係る工作機械の制御装置による穴あけ加工（断続的な揺動動作あり）を説明するための図である。

【図7】本実施形態に係る工作機械の制御装置による穴あけ加工（断続的な揺動動作あり）のサイクルタイムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付の図面を参照して本発明の実施形態の一例について説明する。なお、各図面において同一または相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0012】

（第1実施形態）

20

図1は、第1実施形態に係る工作機械の制御装置を備えた加工システムの構成を概略的に示す図であり、図2は、第1実施形態に係る工作機械の制御装置の構成を示す図である。なお、図1には、図2に示す工作機械の制御装置の主要部のみを示す。図1に示す加工システム1は、工作機械10と、工作機械10を制御する制御装置20とを備える。

【0013】

工作機械10は工具11を有する。工具11は、例えば円筒形、円柱形、円錐形、または円錐台形などを有するワークWを旋削加工する。図1の例では、工具11は、ワークWの外周面を旋削加工する。図1の例では、ワークWの回転軸となる該ワークの中心軸線をZ軸、Z軸に対して垂直な軸線をX軸としている。

【0014】

30

工作機械10は、Z軸に沿う方向の形状が直線状に限られず、円弧状であるワークの加工も可能である。また、工作機械10は、ワークの外周面に限られず、円筒形のようなワークの内周面の加工も可能である。また、工作機械10は、旋削加工に限られず、切削、研削又は研磨など加工も可能である。

【0015】

工作機械10は、主軸M0と、主軸M0と協調動作する2つの送り軸M1、M2とを有する。主軸M0はスピンドルモータを含み、送り軸M1、M2はサーボモータを含む。主軸M0および送り軸M1、M2は、制御装置20によって制御される。

【0016】

主軸M0は、ワークWを該ワークの中心軸線（Z軸）まわりに回転させる。送り軸M1は、Z軸方向（第一方向）に工具11を送ることとZ軸方向に工具11を往復運動、すなわち揺動させることの両方を行うことができる。送り軸M2は、X軸方向（第二方向）に工具11を送ることとX方向に工具11を往復運動、すなわち揺動させることの両方を行うことができる。

40

【0017】

円柱形または円筒形のワークを旋削加工する場合、ワークWを該ワークの中心軸線（Z軸）まわりに回転するとともに、工具11はワークの外周面の母線に沿うZ軸方向（この場合の加工方向）のみに送られる。

【0018】

一方、円錐形または円錐台形、或いは円弧形のワークのように外径がZ軸方向において

50

異なるワークを旋削加工する場合、ワークWが該ワークの中心軸線（Z軸）まわりに回転するとともに、工具11はワークの外周面の母線に沿う斜方向（Z軸方向およびX軸方向の合成方向）（この場合の加工方向）に送られる。この場合、工具11をワークWの外周面の母線に沿って斜め方向に送るために、少なくとも2つの送り軸M1、M2が必要とされる。送り軸M1と送り軸M2の両方を制御することにより、工具11はワークWの外周面の母線に沿って斜め方向に送られる。

【0019】

制御装置20は、バスを介して互いに接続された、ROM（read only memory）やRAM（random access memory）などのメモリ、CPU（control processing unit）、および通信制御部を備えたコンピュータを用いて構成されている。さらに、制御装置20は、位置指令作成部22、揺動指令作成部23、制御部26（加算器26aを含む）、および記憶部29を備え、それら各部の機能もしくは動作は、上記コンピュータに搭載されたCPU、メモリ、および該メモリに記憶された制御プログラムが協働することにより達成される。

10

【0020】

記憶部29には、ワークWの加工条件などが記憶されている。ワークWの加工条件には、ワークWの中心軸線まわりにおけるワークWおよび工具11の相対的な回転速度、工具11およびワークWの相対的な送り速度、および、送り軸M1、M2の位置指令などが含まれる。

20

【0021】

制御装置20にはCNC（Computer Numerical Controller）、PLC（Programmable Logic Controller）等の上位コンピュータ（不図示）が接続されており、前述した回転速度や送り速度などは上位コンピュータから記憶部29に入力されてもよい。また、記憶部29または位置指令作成部22は制御装置20内ではなく、上記の上位コンピュータに備えられていてもよい。

【0022】

また、記憶部29は工作機械10に実行させる加工プログラムを記憶しており、制御装置20内のCPU（不図示）が、その加工プログラムから前述の回転速度および送り速度を加工条件として読みだして位置指令作成部22、揺動指令作成部23または制御部26に出力するようになっていてもよい。

30

【0023】

位置指令作成部22は、ワークWと工具11とを相対的に移動させる位置指令を作成する。具体的には、位置指令作成部22は、ワークWの中心軸線まわりにおけるワークWおよび工具11の相対的な回転速度ならびに工具11およびワークWの相対的な送り速度に基づいて、送り軸M1、M2の位置指令（移動指令）を作成する機能を有している。この位置指令は、工具11およびワークWをワークWの外周面の母線に沿う方向（加工方向）に相対的に送るときの目標位置を制御部26に対して指示する指令となるものである。

【0024】

揺動指令作成部23は、ワークWと工具11とを相対的に揺動させる揺動指令を生成する。具体的には、揺動指令作成部23は、前述した回転速度および送り速度に基づいて、前述した回転速度に対して正の非整数倍の揺動周波数になるように且つ工具11がワークWを断続切削するように、送り軸M1の揺動指令を作成する。揺動指令は、前述した中心軸線まわりにおける回転速度に対して非同期になるように作成された周期的な指令であり、揺動周波数と揺動振幅とを含んでいる。後述する揺動指令の式（1）における $S/60 \times I$ の項による値が揺動周波数に相当し、式（1）における $K \times F/2$ の項による値が揺動振幅に相当する。揺動指令作成部23の詳細は後述する。

40

【0025】

なお、上記の断続切削とは、工具11が周期的にワークWに接触およびワークWから離間しながらワークWを旋削加工することを意味し、揺動切削または振動切削ともいう。また、図1においてはワークWが回転すると共に工具11がワークWに対して揺動するよう

50

になっているが、工具 1 1 がワーク W の中心軸線まわりに回転すると共にワーク W が工具 1 1 に対して揺動する構成であってもよい。また、図 1 において一つの送り軸 M 1 , M 2 によりワーク W の送り動作と揺動動作の両方を行っているが、ワーク W の送り動作と揺動動作のそれぞれを別々の送り軸で行う構成であってもよい。

【 0 0 2 6 】

制御部 2 6 は、加算器 2 6 a を有し、位置指令と揺動指令とを加算する。具体的には、制御部 2 6 は、前述の位置指令と送り軸 M 1 , M 2 の実位置との差である位置偏差に前述の揺動指令を加算して得られる合成指令（例えば位置指令値）に基づいて、トルク指令を作成して送り軸 M 1 , M 2 を制御する機能を有する。送り軸 M 1 , M 2 の実位置は、その送り軸 M 1 , M 2 に搭載されたエンコーダ等の位置検出部（不図示）により得られる位置フィードバック値に相当する。

10

【 0 0 2 7 】

以下、揺動指令作成部 2 3 について詳細に説明する。図 3 は、送り量と回転角度との関係を示す図である。図 3 における横軸はワーク W の回転角度を示し、縦軸は加工方向（すなわち、図 1 のワーク W の外周面の母線に沿った方向）における工具 1 1 の送り量を示している。図 3 には斜方向に延びる複数の直線状破線 C 1、C 2、C 3 ... が示されている。図 3 から分かるように、破線 C 1 と縦軸との間の交点の縦軸座標は、次の破線 C 2 の開始点における縦軸座標に相当する。同様に、破線 C 2 と縦軸との間の交点の縦軸座標は、次の破線 C 3 の開始点における縦軸座標に相当する。これらの複数の直線状破線 C 1、C 2、C 3 ... は揺動指令が無い場合においてワーク W における工具 1 1 の軌跡を示している。一方、図 3 に示される曲線 A 1 , A 2 , A 3 ... は、揺動指令がある場合においてワーク W 上における工具 1 1 の軌跡を示している。つまり、破線 C 1、C 2、C 3 等は、揺動指令が加算される前の位置指令（元の指令値）のみを示し、曲線 A 1 , A 2 , A 3 等は、揺動指令が加算された後の位置指令を示しているものとする。よって、曲線 A 1 , A 2 , A 3 は、破線 C 1、C 2、C 3 により表される各位置指令に余弦波状の揺動指令を加算して得られる指令を示している。

20

【 0 0 2 8 】

また、曲線 A 1 はワーク W の第一回転目における工具 1 1 の軌跡であり、曲線 A 2 はワーク W の第二回転目における工具 1 1 の軌跡であり、曲線 A 3 はワーク W の第三回転目における工具 1 1 の軌跡である。簡潔にする目的で、ワーク W の第四回転目以降の工具 1 1 の軌跡は図示を省略している。

30

【 0 0 2 9 】

揺動指令作成部 2 3 は以下のようにして揺動指令を作成する。揺動指令作成部 2 3 は、位置指令作成部 2 2 によって作成された送り軸 M 1 , M 2 の位置指令である破線 C 1、C 2、C 3 の各々を基準軸線とする曲線 A 1 , A 2 , A 3 のような指令を作成するため、余弦波状の揺動周波数を決定する。後述する式 (1) における $S / 60 \times I$ の項による値が揺動周波数となる。

【 0 0 3 0 】

上記の揺動周波数を決定する場合、図 3 に示されるように、或る破線、例えば破線 C 2 を基準軸線とする余弦波状の曲線 A 2 の初期位相は、一つ前の破線、例えば破線 C 1 を基準軸線とする余弦波状の曲線 A 1 に対して半周期ズレるのが好ましい。その理由は、半周期ズレた場合には、揺動指令の揺動振幅を最小限にでき、その結果、最も効率的に切屑を細分化できるためである。

40

【 0 0 3 1 】

揺動指令作成部 2 3 は、破線 C 1、C 2、C 3 の各々を基準軸線とする曲線 A 1 , A 2 , A 3 のような指令を作成するため、前述した揺動指令の揺動振幅を決定する。後述する式 (1) における $K \times F / 2$ の項による値が揺動振幅となる。図 3 に示される曲線 A 1 と曲線 A 2 とは、回転角度が約 0 度の箇所 B 1 と回転角度が約 2 4 0 度の箇所 B 2 とにおいて互いに重なっている。図 3 から分かるように箇所 B 1、B 2 においては破線 C 1 に対する曲線 A 1 の最大値は、破線 C 2 に対する曲線 A 2 の最小値よりも大きい。言い換えれば

50

、揺動指令作成部 2 3 は、前の曲線 A 1 と後の曲線 A 2 とが部分的に互いに重なるように揺動振幅を決定するのが望ましい。なお、曲線 A 1 , A 2 , A 3 においては、送り速度が一定のため、各揺動指令の揺動振幅もすべて同じとなる。

【 0 0 3 2 】

この重なり箇所 B 1、B 2 においては、工具 1 1 が曲線 A 2 の軌跡で加工しているときにワーク W から離間するので、ワーク W は加工されない。本実施形態においては、このような重なり箇所 B 1、B 2 が周期的に発生するので、いわゆる断続切削を行うことができる。図 3 に示される例においては、曲線 A 2 に従った動作により切屑が箇所 B 1、B 2 においてそれぞれ発生することとなる。つまり、第二回転目の曲線 A 2 においては二つの切屑が発生する。このような断続切削が周期的に行われるので振動切削が可能となる。

10

【 0 0 3 3 】

さらに、破線 C 3 に対して形成される曲線 A 3 は曲線 A 1 と同じ形状である。曲線 A 2 と曲線 A 3 とは、回転角度が約 1 2 0 ° の箇所 B 3 と約 3 6 0 ° の箇所 B 4 において重なっている。曲線 A 3 に従った動作により切屑が箇所 B 3、B 4 においてそれぞれ発生することとなる。つまり、第三回転目の曲線 A 3 においては二つの切屑が発生する。以降、ワーク一回転毎に二つの切屑が発生する。ただし、一回転目では切屑は発生しない。

【 0 0 3 4 】

このようにして揺動周波数と揺動振幅とを定めることにより、制御部 2 6 内の揺動指令作成部 2 3 は揺動指令を作成する。

例えば、揺動指令は、次式 (1) のように表される。

20

【 数 1 】

$$\text{揺動指令} = \frac{K \times F}{2} \cos \left(2\pi \times \frac{S}{60} \times I \times t \right) - \frac{K \times F}{2} \quad \dots (1)$$

式 (1) において、K は揺動振幅倍率、F はワーク W の一回転当たりの工具 1 1 の移動量、すなわち毎回転送り量 [mm/rev]、S はワーク W の中心軸線まわりの回転速度 [min⁻¹], or [rpm]、I は揺動周波数倍率、である。ここで、前述の揺動周波数は式 (1) における S / 6 0 × I の項に相当し、前述の揺動振幅は式 (1) における K × F / 2 の項に相当する。但し、揺動振幅倍率 K は 1 以上の数とし、揺動周波数倍率 I はゼロより大きい非整数とする (例えば 0 . 5、0 . 8、1 . 2、1 . 5、1 . 9、2 . 3、または 2 . 5、... 等の正の非整数)。揺動振幅倍率 K および揺動周波数倍率 I は定数である (図 3 の例では、I は 1 . 5 である)。

30

【 0 0 3 5 】

揺動周波数倍率 I を整数としない理由は、ワーク W の中心軸線まわりの回転数と全く同じになる揺動周波数の場合には、前述した重なり箇所 B 1、B 2、B 3、B 4 等が発生させることができず、揺動切削による切屑の細断効果が得られなくなるからである。

【 0 0 3 6 】

また、式 (1) によると、揺動指令は、位置指令を示す各破線 C 1、C 2、C 3 を基準軸線とする余弦波に対して (K × F / 2) の項がオフセット値として減じられた指令となっている。このため、位置指令に揺動指令を加算して得られる合成指令値に基づく工具 1 1 の位置軌跡を、工具 1 1 の加工方向において位置指令による位置を上限として制御することができる。そのため、図 3 の曲線 A 1、A 2、A 3 等は、破線 C 1、C 2、C 3 等を + 方向 (すなわち、工具 1 1 の加工方向) において超えないようになっている。

40

【 0 0 3 7 】

さらに、式 (1) で表されるような揺動指令とすることで、図 3 の曲線 A 1 から分かるように、工具 1 1 の加工開始点 (横軸の 0 ° の位置) で工具 1 1 の送り方向に初めから大きな揺動が出ないようにしている。

【 0 0 3 8 】

なお、揺動周波数と揺動振幅とを定める際に調整される各パラメータ (式 (1) におけ

50

る K、I) の初期値は、工作機械 10 の稼働前に記憶部 29 に記憶されているものとする。ワーク W の回転速度 (S) は、記憶部 29 に加工条件として事前に記憶されている。毎回送り量 F は、その回転速度 (S) と位置指令作成部 22 が作成した位置指令とから求められる。

【0039】

例えば、ワーク加工形状が円筒形、円柱形の場合、ワーク W の外周面の母線に沿う送り軸 M1 (Z 軸) 方向である加工方向に沿って、揺動が行われる。

一方、ワーク加工形状が円錐形、円錐台形 (テーパ) の場合または円弧形を含む場合、例えば、ワーク W の外周面の母線に沿う斜め方向、すなわち送り軸 M1 (Z 軸) 方向と送り軸 M2 (X 軸) 方向との合成方向である加工方向に沿って、揺動が行われる。

10

【0040】

更に、制御装置 20 は、図 2 に示すように、揺動動作実行判定部 24 および揺動動作断続実行判定部 25 を備える。

【0041】

揺動動作実行判定部 24 は、加工プログラムを解析し、加工プログラムの加工ブロックにおいて、上述した揺動動作を行うか否かを判定する。例えば、加工プログラムは、ブロック単位で揺動動作を指令する。例えば、加工プログラムは、切削加工ブロックでは揺動動作を指令し、早送り等の非切削加工ブロックでは揺動動作を指令しない。すなわち、揺動動作実行判定部 24 は、加工プログラムのブロック単位で、上述した揺動動作を行うか否かを判定する。

20

【0042】

揺動動作断続実行判定部 25 は、揺動動作実行判定部 24 によって揺動動作を実行すると判定された場合に、例えば切削加工ブロックにおいて、工作機械 10 の状態に基づいて揺動動作を有効にするか無効にするかを判定することによって、揺動動作を断続的に行うか否かを判定する。これにより、揺動動作断続実行判定部 25 は、切削加工ブロックにおいて、揺動動作の開始 / 終了を設定する。換言すれば、揺動動作断続実行判定部 25 は、切削加工ブロックにおいて、揺動動作の有効 / 無効 (ON / OFF) を切り替える。

【0043】

揺動動作断続実行判定部 25 は、加工により生じる切屑に起因して工作機械の状態が正常でない場合に、例えば切屑が連続して工具に絡まり正常な旋削加工が行われていない場合に、揺動動作を有効にすると判定する。一方、工作機械の状態が正常である場合、揺動動作断続実行判定部 25 は、揺動動作を無効にすると判定する。

30

【0044】

例えば、揺動動作断続実行判定部 25 は、工作機械 10 のサーボモータまたはスピンドルモータのフィードバック情報、工作機械 10 の振動を検出する振動センサ S1 のフィードバック情報 (検出振動)、または、工作機械 10 の音を検出する音センサ S2 のフィードバック情報 (検出音) に基づいて、工作機械 10 の状態を判定する。

【0045】

例えば、切屑が連続して工具に絡まると、

- ・サーボモータの動作が制限され、サーボモータの位置指令と位置フィードバックとの位置偏差が大きくなる、
 - ・または、スピンドルモータの動作が制限され、スピンドルモータの負荷または駆動電流が大きくなる、
 - ・または、工作機械の振動が大きくなる、
 - ・または、工作機械の音が大きくなる、
 - ・または、工作機械の動作が制限され、工作機械の音が小さくなる、
- ことが推定される。

40

【0046】

これにより、例えば、揺動動作断続実行判定部 25 は、

- ・サーボモータの位置指令と位置フィードバックとの位置偏差が所定の閾値を超える場合

50

に、

- ・スピンドルモータの負荷または駆動電流が所定の閾値を超える場合に、
- ・振動センサ 5 1 の検出振動が所定の閾値を超える場合に、または、
- ・音センサ 5 2 の検出音が所定の範囲外である場合に、

加工により生じる切屑に起因して工作機械が正常な状態でないと判定する。なお、これらの所定の閾値は、記憶部 2 9 に予め記憶されていてもよい。

【 0 0 4 7 】

或いは、揺動動作断続実行判定部 2 5 は、加工により生じる切屑に起因して工作機械の状態が正常でなくなると推定される場合に、例えば切屑が連続して工具に絡まり正常な旋削加工が行われなくなると推定される場合に、揺動動作を有効にすると判定する。一方、

10

【 0 0 4 8 】

例えば、揺動動作断続実行判定部 2 5 は、加工プログラムの実行情報に基づいて、工作機械の状態を推定する。

【 0 0 4 9 】

例えば、

- ・ワークと工具との相対的な加工距離が長くなると、
- ・ワークの加工時間が長くなると、
- ・ワークの加工量が多くなると、

20

切屑が連続して工具に絡まることと推定される。

【 0 0 5 0 】

これにより、例えば、揺動動作断続実行判定部 2 5 は、

- ・ワークと工具との相対的な加工距離が所定の閾値を超える場合に、
- ・ワークの加工時間が所定の閾値を超える場合に、または、
- ・ワークの加工量が所定の閾値を超える場合に、

加工により生じる切屑に起因して工作機械 1 0 の状態が正常でなくなると推定する。なお、これらの所定の閾値は、記憶部に予め記憶されていてもよい。また、加工距離、加工時間および加工量は、揺動したら 0 に初期化されてもよい。また、加工距離、加工時間および加工量を総量とし、閾値の間隔で工作機械 1 0 の状態が正常でなくなると推定してもよい。

30

【 0 0 5 1 】

上述した揺動指令作成部 2 3 は、揺動動作断続実行判定部 2 5 によって揺動動作を有効にすると判定された場合に上述した揺動指令を生成し、揺動動作断続実行判定部 2 5 によって揺動動作が無効にすると判定された場合に上述した揺動指令を作成しない。

上述した制御部 2 6 は、加算器 2 6 a を有し、位置指令と揺動指令とを加算する。

【 0 0 5 2 】

以上説明したように、第 1 実施形態の工作機械の制御装置 2 0 によれば、加工プログラムの加工ブロック中でも、揺動動作を断続的に実行することができるので、すなわち揺動動作の有効 / 無効 (O N / O F F) を切り替えることができるので、揺動の回数を減らすことができ、その結果、工作機械 1 0 への負担を減らすことができる。

40

【 0 0 5 3 】

ところで、揺動動作の有効 / 無効は、上述した加工プログラム指令の他に、 P L C の I / O 信号によって設定することも可能である。しかし、 P L C の I / O 信号によって揺動動作の有効 / 無効を設定する場合、 I / O 信号の処理時間分だけ揺動動作の開始 / 終了が遅れる。また、 P L C のラダープログラム等の作成の負担が大きい。

この点に関し、第 1 実施形態の工作機械の制御装置 2 0 によれば、 P L C の I / O 信号によらないので、揺動動作の開始 / 終了が遅れることがない。

【 0 0 5 4 】

(第 2 実施形態)

50

第1実施形態では、旋削加工において揺動加工を行う形態を例示したが、第2実施形態では、穴あけ加工において揺動加工を行う形態を例示する。

【0055】

図4は、従来の穴あけ加工を説明するための図である。図4に示すように、従来の穴あけ加工では、スピンドルモータによって工具11がZ軸まわりに回転するとともに、サーボモータによって工具11がZ軸方向（この場合の加工方向）に移動する。このような穴あけ加工では、一定量切り込んだ（実線）後に微小に引き抜く（破線）高速深穴あけサイクルという指令がある。

【0056】

高速深穴あけサイクルを有する穴あけ加工でも、切屑を細分化することができるが、図5に示すように、サイクルタイムが延び、加工時間が延びてしまう。

このような穴あけ加工において、高速深穴あけサイクルに代えて、本開示の揺動動作を用いると、サイクルタイムが延びないようにすることができる。

【0057】

第2実施形態に係る工作機械の制御装置20の構成は、図1および図2に示す第1実施形態の工作機械の制御装置20の構成と同一である。第2実施形態に係る工作機械の制御装置20では、第1実施形態の工作機械の制御装置20と比較して、旋削加工に代えて穴あけ加工を行う点で異なる。また、位置指令作成部22では高速深穴あけサイクルを実行したときに引き抜き動作が無い従来の穴あけ加工の位置指令を作成する。また、第2実施形態に係る工作機械の制御装置20では、第1実施形態の工作機械の制御装置20と比較して、揺動動作断続実行判定部25の機能および動作が異なる。

【0058】

揺動動作断続実行判定部25は、上述した揺動動作断続実行判定部25の機能および動作を有する。更に、揺動動作断続実行判定部25は、加工プログラムを解析し、加工プログラムが穴あけ加工ブロックにおいて従来の高速深穴あけサイクルが工具11の引き戻し動作を指令する期間に、上述した揺動動作を有効にすると判定する。一方、加工プログラムが穴あけ加工ブロックにおいて従来の高速深穴あけサイクルが工具11の引き戻し動作を指令する期間以外では、揺動動作断続実行判定部25は、揺動動作を無効にすると判定する（図6）。すなわち、揺動動作断続実行判定部25は、揺動動作を断続的に行うか否かを判定する。

【0059】

この第2実施形態の工作機械の制御装置20でも、第1実施形態の工作機械の制御装置20と同様の利点を有する。すなわち、加工プログラムの加工ブロック中でも、揺動動作を断続的に実行することができるので、すなわち揺動動作の有効/無効（ON/OFF）を切り替えることができるので、揺動の回数を減らすことができ、その結果、工作機械への負担を減らすことができる。

また、第1実施形態の工作機械の制御装置20によれば、PLCのI/O信号によらないので、揺動動作の開始/終了が遅れることがない。

【0060】

更に、第2実施形態の工作機械の制御装置20によれば、図7に示すように、サイクルタイムが延びず、加工時間が延びない。

【0061】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることなく、種々の変更および変形が可能である。例えば、上述した実施形態では、旋削加工または穴あけ加工を行う工作機械の数値制御装置を例示したが、本開示はこれに限定されず、種々の加工を行う工作機械の制御装置に適用可能である。

【0062】

また、上述した実施形態1では、ワークWが回転すると共に工具11がワークWの外周面の母線に沿って揺動する構成を例示したが、本開示はこの構成に限定されない。本開示の実施形態1に係る工作機械は、ワークWと工具11をワークWの中心軸線まわりに相對

10

20

30

40

50

的に回転させる主軸 M0 と、該中心軸線に沿った加工方向にワーク W と工具 11 とを相対的に送る少なくとも 1 つの送り軸 M1 または M2 等を制御して、ワーク W を加工する構成であればよい。例えば、工具 11 がワーク W の中心軸線まわりに回転すると共にワーク W が工具 11 に対して揺動する構成、或いは、ワーク W が回転すると共に工具 11 に対してワーク W がワーク W の外周面の母線に沿った方向に揺動する構成が想定される。本開示では、工具 11 がワーク W の中心軸線まわりに回転してワーク W を切削する加工方法も加工の一種とする。また、実施形態 2 では、穴あけ加工で揺動する構成を例示したが、本開示はこの構成に限定されない。マシニングセンタ、研削盤などの構成であってもよい。

【符号の説明】

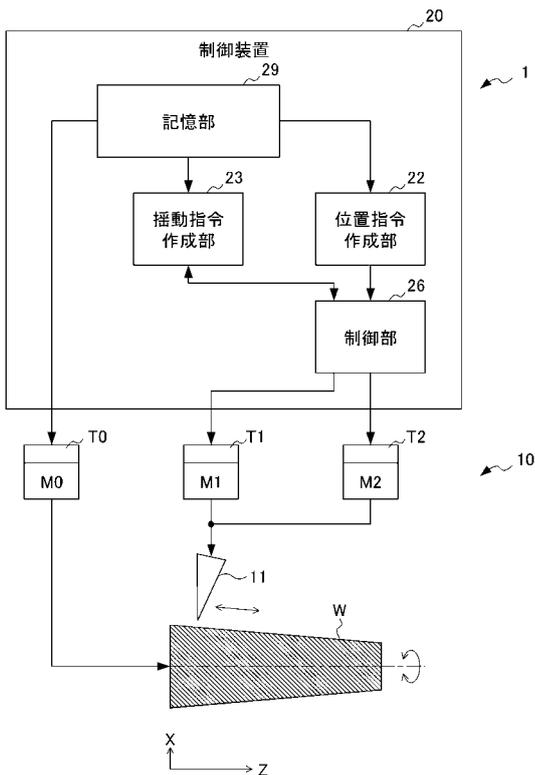
【0063】

- 1 加工システム
- 10 工作機械
- 11 工具
- 20 制御装置
- 22 位置指令作成部
- 23 揺動指令作成部
- 24 揺動動作実行判定部
- 25 揺動動作断続実行判定部
- 26 制御部
- 26a 加算器
- 29 記憶部
- M0 主軸（スピンドルモータ）
- M1, M2 送り軸（サーボモータ）
- W ワーク

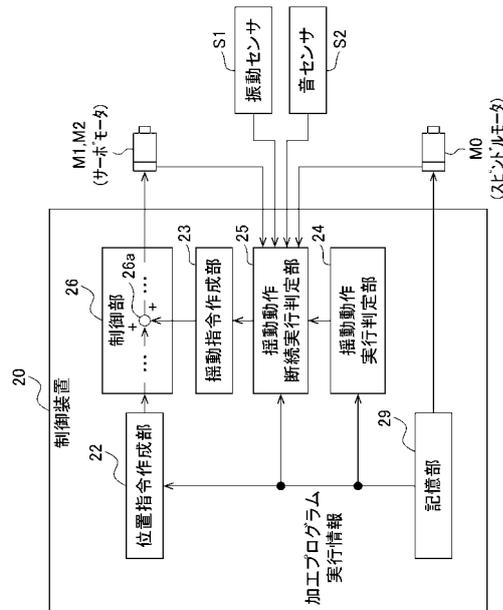
10

20

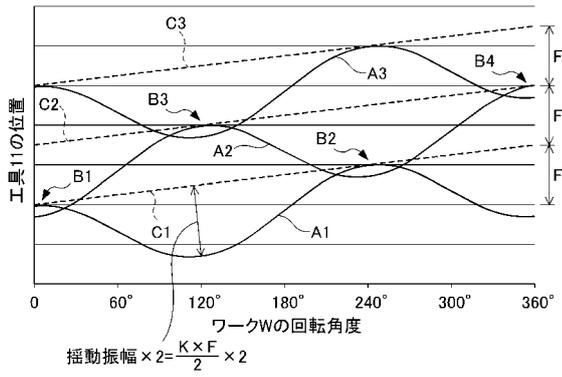
【図 1】



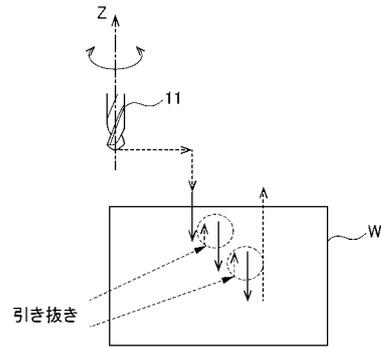
【図 2】



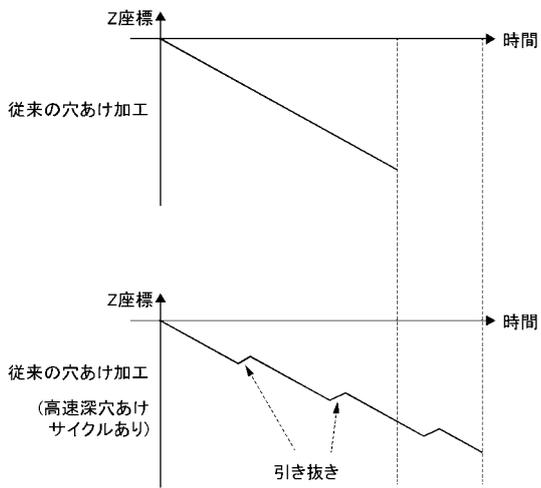
【 図 3 】



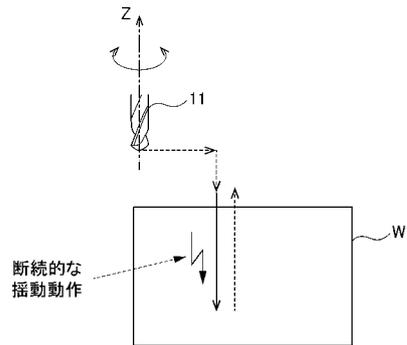
【 図 4 】



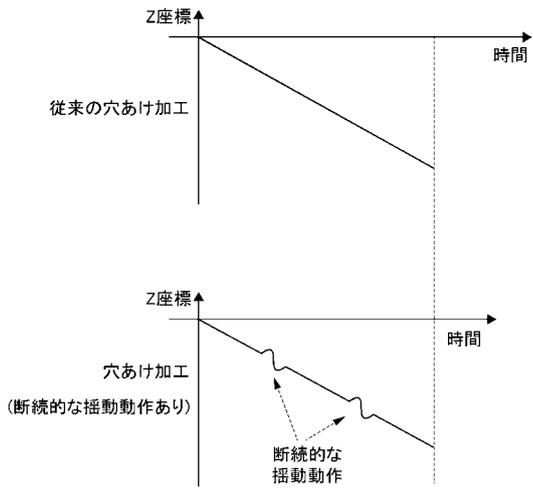
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 2 3 Q 17/09 (2006.01) B 2 3 Q 17/09 A

Fターム(参考) 3C029 CC00 CC03
3C036 AA15
3C045 AA01 AA08
3C269 AB02 AB05 AB07 AB31 BB05 BB11 CC01 EF02 GG01 MN07
MN13 MN15 MN24 MN27 MN29 MN50 PP06