

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6289766号
(P6289766)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 3 Q	15/013	(2006.01)	B 2 3 Q	15/013	
B 2 3 B	1/00	(2006.01)	B 2 3 B	1/00	N
G 0 5 B	19/4093	(2006.01)	G 0 5 B	19/4093	M

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-539178 (P2017-539178)	(73) 特許権者	000001960 シチズン時計株式会社 東京都西東京市田無町六丁目1番12号
(86) (22) 出願日	平成28年9月7日(2016.9.7)	(73) 特許権者	000137856 シチズンマシナリー株式会社 長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地6
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/076230	(74) 代理人	110002343 特許業務法人 東和なごさ国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02017/043499	(72) 発明者	三宮 一彦 日本国長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地6 シチズンマシナリー株式会社内
(87) 国際公開日	平成29年3月16日(2017.3.16)		
審査請求日	平成29年11月10日(2017.11.10)		
(31) 優先権主張番号	特願2015-178832 (P2015-178832)		
(32) 優先日	平成27年9月10日(2015.9.10)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械の制御装置、工作機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワークを切削加工する切削工具と、該切削工具とワークとを相対的に回転させる回転手段と、前記切削工具とワークとを所定の加工送り方向に送り動作させる送り手段と、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる振動手段とを備えた工作機械に設けられ、

前記ワークに対する前記切削工具の往復振動を伴う送り動作によって、前記工作機械に前記ワークの加工を実行させる制御手段を有する工作機械の制御装置であって、

前記ワーク又は前記切削工具を回転させる主軸としてみなす仮想主軸を前記制御手段に設け、

前記制御手段が、動作指令が可能な周期に起因する振動周波数に応じて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の1回転当たりの前記往復振動の振動数とを定める工作機械の制御装置。

10

【請求項2】

前記振動手段を、前記加工送り方向に沿って、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる構成とした請求項1に記載の工作機械の制御装置。

【請求項3】

前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の1回転当たりの前記往復振動の振動数と、前記振動周波数とをパラメータとし、少なくとも1つのパラメータの値を前記制御手段に対して設定する設定手段と、

未設定のパラメータを所定の値に定め、該パラメータの値に基づいて、前記設定手段に

20

よって設定されたパラメータの値を補正する補正手段とを設けた請求項 1 または請求項 2 に記載の工作機械の制御装置。

【請求項 4】

前記主軸が、前記ワークを保持して回転させる構成である請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の工作機械の制御装置。

【請求項 5】

前記主軸が、前記切削工具を保持して回転させる構成である請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の工作機械の制御装置。

【請求項 6】

前記制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、前記仮想主軸の回転開始指令を示す専用パラメータが、前記プログラムにおいて前記仮想主軸の回転数の値の後に付加されている請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載の工作機械の制御装置。

10

【請求項 7】

前記制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、

前記制御手段が、前記プログラムによる直接制御の範囲外にある外部スピンドルと接続されて外部スピンドルの回転数を制御する外部スピンドルドライブユニットへ前記プログラムで回転開始または回転停止の指令を送り前記外部スピンドルドライブユニットを介して回転開始および回転停止の制御を実行する請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載の工作機械の制御装置。

20

【請求項 8】

前記回転手段および振動手段を制御する制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、

前記制御手段が、前記仮想主軸に対して前記プログラム上で設定された回転数に基づいて前記振動手段の振動周波数を設定し、前記主軸を回転停止させた状態で前記振動手段を振動させて前記ワークの加工を実行する請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載の工作機械の制御装置。

【請求項 9】

ワークを切削加工する切削工具と、該切削工具とワークとを相対的に回転させる回転手段と、前記切削工具とワークとを所定の加工送り方向に送り動作させる送り手段と、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる振動手段と、前記ワークに対する前記切削工具の往復振動を伴う送り動作によって、前記ワークの切削加工を実行する制御手段を有する制御装置とを備えた工作機械であって、

30

前記ワーク又は前記切削工具を回転させる主軸としてみなす仮想主軸を前記制御手段に設け、

前記制御手段が、前記制御手段の動作指令が可能な周期に起因する振動周波数に応じて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の 1 回転当たりの前記往復振動の振動数とを定める工作機械。

【請求項 10】

前記振動手段を、前記加工送り方向に沿って、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる構成とした請求項 9 に記載の工作機械。

40

【請求項 11】

前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の 1 回転当たりの前記往復振動の振動数と、前記振動周波数とをパラメータとし、少なくとも 1 つのパラメータの値を前記制御手段に対して設定する設定手段と、

未設定のパラメータを所定の値に定め、該パラメータの値に基づいて、前記設定手段によって設定されたパラメータの値を補正する補正手段とを設けた請求項 9 または請求項 10 に記載の工作機械。

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、切削加工時の切屑を順次分断しながらワークの加工を行う工作機械の制御装置及び工作機械に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、ワークを保持して回転する主軸と、前記ワークを切削加工する切削工具と、前記主軸と切削工具との相対移動によってワークに対して切削工具を所定の加工送り方向に送り動作させる送り手段と、前記主軸と切削工具とを相対的に振動させる振動手段とを備えた工作機械が知られている（例えば、特許文献1参照）。

10

この工作機械の制御装置は、前記主軸と、前記送り手段と、前記振動手段とを駆動制御し、前記主軸の回転と、前記ワークに対する前記切削工具の前記加工送り方向への前記往復振動を伴う送り動作とによって前記工作機械に、前記ワークの加工を実行させる。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献1】特許5033929号公報（段落0049参照）

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

20

【0004】

従来の工作機械において、制御装置による動作指令は、所定の周期で行われる。

このため前記ワーク保持手段と前記刃物台とを相対的に振動させる振動周波数は、前記制御装置による動作指令が可能な周期に起因する限られた値となる。

しかしながら、従来の工作機械は、前記振動周波数が考慮されないため、前記相対回転の任意の回転数に対して、ワーク1回転当たりのワークに対する切削工具の任意の振動数の条件で前記往復振動させることができない場合があるという問題があった。

また、上述した従来の工作機械において、主軸を回転させることが前提となって振動手段による振動周波数等が設定されるため、主軸を回転させずに振動切削加工を制御することができないという問題があった。

30

【0005】

そこで、本発明は、前述したような従来技術の問題を解決するものであって、すなわち、本発明の目的は、振動周波数を考慮して往復振動させるとともに、ワーク加工の自由度が高まり主軸を回転させずに振動切削を実行することができる工作機械の制御装置および工作機械を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本請求項1に係る発明は、ワークを切削加工する切削工具と、該切削工具とワークとを相対的に回転させる回転手段と、前記切削工具とワークとを所定の加工送り方向に送り動作させる送り手段と、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる振動手段とを備えた工作機械に設けられ、前記ワークに対する前記切削工具の往復振動を伴う送り動作によって、前記工作機械に前記ワークの加工を実行させる制御手段を有する工作機械の制御装置であって、前記ワーク又は前記切削工具を回転させる主軸としてみなす仮想主軸を前記制御手段に設け、前記制御手段が、動作指令が可能な周期に起因する振動周波数に応じて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の1回転当たりの前記往復振動の振動数とを定めることにより、前述した課題を解決するものである。

40

【0007】

本請求項2に係る発明は、請求項1に記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記振動手段を、前記加工送り方向に沿って、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる構成としたことにより、前述した課題をさらに解決するものである。

50

【 0 0 0 8 】

本請求項 3 に係る発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の 1 回転当たりの前記往復振動の振動数と、前記振動周波数とをパラメータとし、少なくとも 1 つのパラメータの値を前記制御手段に対して設定する設定手段と、未設定のパラメータを所定の値に定め、該パラメータの値に基づいて、前記設定手段によって設定されたパラメータの値を補正する補正手段とを設けたことにより、前述した課題をさらに解決するものである。

【 0 0 0 9 】

本請求項 4 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記主軸が、前記ワークを保持して回転させる構成であることにより、前述した課題をさらに解決するものである。

10

【 0 0 1 0 】

本請求項 5 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記主軸が、前記切削工具を保持して回転させる構成であることにより、前述した課題をさらに解決するものである。

【 0 0 1 1 】

本請求項 6 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 つに記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、前記仮想主軸の回転開始指令を示す専用パラメータが、前記プログラムにおいて前記仮想主軸の回転数の値の後に付加されていることにより、前述した課題をさらに解決するものである。

20

【 0 0 1 2 】

本請求項 7 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、前記制御手段が、前記プログラムによる直接制御の範囲外にある外部スピンドルと接続されて外部スピンドルの回転数を制御する外部スピンドルドライブユニットへ前記プログラムで回転開始または回転停止の指令を送り前記外部スピンドルドライブユニットを介して回転開始および回転停止の制御を実行することにより、前述した課題をさらに解決するものである。

【 0 0 1 3 】

本請求項 8 に係る発明は、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 つに記載された工作機械の制御装置の構成に加えて、前記回転手段および振動手段を制御する制御手段が、前記主軸をプログラムにより制御するように設けられ、前記制御手段が、前記仮想主軸に対して前記プログラム上で設定された回転数に基づいて前記振動手段の振動周波数を設定し、前記主軸を回転停止させた状態で前記振動手段を振動させて前記ワークの加工を実行することにより、前述した課題をさらに解決するものである。

30

【 0 0 1 4 】

本請求項 9 に係る発明は、ワークを切削加工する切削工具と、該切削工具とワークとを相対的に回転させる回転手段と、前記切削工具とワークとを所定の加工送り方向に送り動作させる送り手段と、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる振動手段と、前記ワークに対する前記切削工具の往復振動を伴う送り動作によって、前記ワークの切削加工を実行する制御手段を有する制御装置とを備えた工作機械であって、前記ワーク又は前記切削工具を回転させる主軸としてみなす仮想主軸を前記制御手段に設け、前記制御手段が、前記制御手段の動作指令が可能な周期に起因する振動周波数に応じて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の 1 回転当たりの前記往復振動の振動数とを定めることにより、前述した課題を解決するものである。

40

【 0 0 1 5 】

本請求項 10 に係る発明は、請求項 9 に記載された工作機械の構成に加えて、前記振動手段を、前記加工送り方向に沿って、前記切削工具とワークとを相対的に往復振動させる構成としたことにより、前述した課題を解決するものである。

50

【0016】

本請求項11に係る発明は、請求項9または請求項10に記載された工作機械の構成に加えて、前記仮想主軸の回転数と、前記仮想主軸の1回転当たりの前記往復振動の振動数と、前記振動周波数とをパラメータとし、少なくとも1つのパラメータの値を前記制御手段に対して設定する設定手段と、未設定のパラメータを所定の値に定め、該パラメータの値に基づいて、前記設定手段によって設定されたパラメータの値を補正する補正手段とを設けたことにより、前述した課題を解決するものである。

【発明の効果】

【0017】

本発明の工作機械の制御装置によれば、制御手段が定めた条件で、工作機械に、切削工具を往復振動させながら加工送り方向に送り、切屑を分断しながら、ワークの切削加工を円滑に行わせることができる。

10

また、ワークを回転させる主軸であると仮想的にみなす仮想主軸を、例えば、ソフトウェア的に主軸として構築して、制御手段に設け、主軸に代えて仮想主軸を対象とすることにより、主軸を回転させずに振動手段の振動周波数が設定されて振動手段が振動するため、ワーク加工の自由度が高まり主軸を回転させずに振動切削を実行することができる。

【0018】

また、本発明の工作機械は、上記工作機械の制御装置によって、ワークの切削加工を円滑に行うことができるとともに、ワーク加工の自由度が高まり主軸を回転させずに振動切削を実行することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施例の工作機械の概略を示す図。

【図2】本発明の実施例の切削工具とワークとの関係を示す概略図。

【図3】本発明の実施例の切削工具の往復振動および位置を示す図。

【図4】本発明の実施例の主軸n回転目、n+1回転目、n+2回転目の関係を示す図。

【図5】本発明の実施例の指令周期と振動周波数との関係を示す図。

【図6】本発明の実施例の振動数と回転数と振動周波数との関係を示す図。

【図7】本発明の実施例において外部スピンドルおよび外部スピンドルドライブユニットを工作機械に用いた形態の概略を示す図。

30

【図8】本発明の実施例の加工プログラムの一部を示す図。

【図9】本発明の実施例の切削工具（ブローチ）とワークとの関係を示す概略図。

【図10】切削工具（ブローチ）の斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の工作機械の制御装置および工作機械は、ワーク又は切削工具を回転させる主軸としてみなす仮想主軸を制御手段に設け、制御手段が、動作指令が可能な周期に起因する振動周波数に応じて、仮想主軸の回転数と、仮想主軸の1回転当たりの往復振動の振動数とを定めることにより、制御手段が定めた条件で、工作機械に、切削工具を往復振動させながら加工送り方向に送り、切屑を分断しながら、ワークの切削加工を円滑に行わせたり、ワーク加工の自由度が高まり主軸を回転させずに振動切削を実行するものであれば、その具体的な実施態様は、如何なるものであっても構わない。

40

【実施例】

【0021】

図1は、本発明の実施例の制御装置10を備えた工作機械100の概略を示す図である。

工作機械100は、主軸110と、切削工具台130Aとを備えている。

主軸110の先端にはチャック120が設けられている。

主軸110は、ワーク保持手段としてチャック120を介してワークWを保持する。

主軸110は、図示しない主軸モータの動力によって回転駆動されるように主軸台11

50

0 Aに支持されている。

前記主軸モータとして主軸台110A内において、主軸台110Aと主軸110との間に形成される従来公知のビルトインモータ等が考えられる。

【0022】

主軸台110Aは、工作機械100のベッド側に、Z軸方向送り機構160によって主軸110の軸線方向となるZ軸方向に移動自在に搭載されている。

主軸110は、主軸台110Aを介してZ軸方向送り機構160によって、前記Z軸方向に移動する。

Z軸方向送り機構160は、主軸110をZ軸方向に移動させる主軸移動機構を構成している。

10

【0023】

Z軸方向送り機構160は、前記ベッド等のZ軸方向送り機構160の固定側と一体的なベース161と、ベース161に設けられたZ軸方向に延びるZ軸方向ガイドレール162とを備えている。

Z軸方向ガイドレール162に、Z軸方向ガイド164を介してZ軸方向送りテーブル163がスライド自在に支持されている。

Z軸方向送りテーブル163側にリニアサーボモータ165の可動子165aが設けられ、ベース161側にリニアサーボモータ165の固定子165bが設けられている。

【0024】

Z軸方向送りテーブル163に主軸台110Aが搭載され、リニアサーボモータ165の駆動によってZ軸方向送りテーブル163が、Z軸方向に移動駆動される。

20

Z軸方向送りテーブル163の移動によって主軸台110AがZ軸方向に移動し、主軸110のZ軸方向への移動が行われる。

【0025】

切削工具台130Aは、ワークWを加工するバイト等の切削工具130が装着され、切削工具130を保持する刃物台を構成している。

X軸方向送り機構150が、工作機械100のベッド側に設けられている。

【0026】

X軸方向送り機構150は、前記ベッド側と一体的なベース151と、Z軸方向に対して上下方向で直交するX軸方向に延びるX軸方向ガイドレール152とを備えている。

30

X軸方向ガイドレール152はベース151に固定され、X軸方向ガイドレール152には、X軸方向送りテーブル153がX軸方向ガイド154を介してスライド自在に支持されている。

X軸方向送りテーブル153には、切削工具台130Aが搭載される。

【0027】

リニアサーボモータ155は可動子155aおよび固定子155bを有し、可動子155aはX軸方向送りテーブル153に設けられ、固定子155bはベース151に設けられている。

X軸方向送りテーブル153がリニアサーボモータ155の駆動によってX軸方向ガイドレール152に沿ってX軸方向に移動すると、切削工具台130AがX軸方向に移動し、切削工具130がX軸方向に移動する。

40

なお、Y軸方向送り機構を設けてもよい。

Y軸方向は、図示のZ軸方向およびX軸方向に直交する方向である。

前記Y軸方向送り機構は、X軸方向送り機構150と同様の構造とすることができる。

【0028】

X軸方向送り機構150をY軸方向送り機構を介してベッドに搭載することにより、Y軸方向送りテーブルをリニアサーボモータの駆動によってY軸方向に移動させ、切削工具台130AをX軸方向に加えてY軸方向に移動させ、切削工具130をX軸方向およびY軸方向に移動させることができる。

【0029】

50

Y軸方向送り機構を、X軸方向送り機構150を介してベッドに搭載し、前記Y軸方向送りテーブルに切削工具台130Aを搭載してもよい。

【0030】

前記刃物台移動機構(X軸方向送り機構150とY軸方向送り機構)と前記主軸移動機構(Z軸方向送り機構160)とが協働し、X軸方向送り機構150とY軸方向送り機構によるX軸方向とY軸方向への切削工具台130Aの移動と、Z軸方向送り機構160による主軸台110A(主軸110)のZ軸方向への移動によって、切削工具台130Aに装着されている切削工具130は、ワークWに対して相対的に任意の加工送り方向に送られる。

主軸110の回転、X軸方向送り機構150やZ軸方向送り機構160等の移動は、制御装置10で制御される。

10

【0031】

主軸移動機構と前記刃物台移動機構とから構成される送り手段により、主軸110と切削工具台130Aとを相対的に移動させ、切削工具130を、ワークWに対して相対的に任意の加工送り方向に送ることによって、図2に示すように、ワークWは、前記切削工具130により任意の形状に切削加工される。

【0032】

なお本実施形態においては、主軸台110Aと切削工具台130Aとの両方を移動するように構成しているが、主軸台110Aを工作機械100のベッド側に移動しないように固定し、刃物台移動機構を、切削工具台130AをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向に移動させるように構成してもよい。

20

この場合、前記送り手段が、切削工具台130AをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向に移動させる刃物台移動機構から構成され、固定的に位置決めされて回転駆動される主軸110に対して、切削工具台130Aを移動させることによって、前記切削工具130をワークWに対して加工送り動作させることができる。

【0033】

また切削工具台130Aを工作機械100のベッド側に移動しないように固定し、主軸移動機構を、主軸台110AをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向に移動させるように構成してもよい。

この場合、前記送り手段が、主軸台110AをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向に移動させる主軸移動機構から構成され、固定的に位置決めされる切削工具台130Aに対して、主軸台110Aを移動させることによって、前記切削工具130をワークWに対して加工送り動作させることができる。

30

【0034】

また、本実施形態においては、X軸方向送り機構150、Y軸方向送り機構、Z軸方向送り機構160は、リニアサーボモータによって駆動されるように構成されているが、従来公知のボールネジとサーボモータとによる駆動等とすることもできる。

本実施形態においては、ワークWと切削工具130とを相対的に回転させる回転手段が、前記ビルトインモータ等の前記主軸モータによって構成され、ワークWと切削工具130との相対回転は、主軸110の回転駆動によって行われる。

40

また、本実施例では、切削工具130に対してワークWを回転させる構成としたが、ワークWに対して切削工具130を回転させる構成としてもよい。

この場合切削工具130としてドリル等の回転工具が考えられる。

【0035】

主軸110の回転、Z軸方向送り機構160、X軸方向送り機構150、Y軸方向送り機構は、制御装置10が有する制御部11を制御手段として、制御部11によって駆動制御される。

制御部11は、各送り機構を振動手段として、各々対応する移動方向に沿って往復振動させながら、主軸台110A又は切削工具台130Aを各々の方向に移動させるように制御するように予め設定されている。

50

【 0 0 3 6 】

各送り機構は、制御部 1 1 の制御により、図 3 に示すように、主軸 1 1 0 又は切削工具台 1 3 0 A を、1 回の往復振動において、所定の前進量だけ前進（往動）移動してから所定の後退量だけ後退（復動）移動し、その差の進行量だけ各移動方向に移動させ、協動してワーク W に対して前記切削工具 1 3 0 を前記加工送り方向に送る。

【 0 0 3 7 】

工作機械 1 0 0 は、Z 軸方向送り機構 1 6 0、X 軸方向送り機構 1 5 0、Y 軸方向送り機構により、切削工具 1 3 0 が前記加工送り方向に沿った往復振動しながら、主軸 1 回転分、すなわち、主軸位相 0 度から 3 6 0 度まで変化したときの前記進行量の合計を送り量として、加工送り方向に送られることによって、ワーク W の加工を行う。

10

【 0 0 3 8 】

ワーク W が回転した状態で、主軸台 1 1 0 A（主軸 1 1 0）又は切削工具台 1 3 0 A（切削工具 1 3 0）が、往復振動しながら移動し、切削工具 1 3 0 によって、ワーク W を所定の形状に外形切削加工する場合、ワーク W の周面は、図 4 に示すように、正弦曲線状に切削される。

なお正弦曲線状の波形の谷を通過する仮想線（1 点鎖線）において、主軸位相 0 度から 3 6 0 度まで変化したときの位置の変化量が、前記送り量を示す。

図 4 に示されるように、ワーク W の 1 回転当たりの主軸台 1 1 0 A（主軸 1 1 0）又は切削工具台 1 3 0 A の振動数 N が、3 . 5 回（振動数 $N = 3 . 5$ ）を例に説明する。

【 0 0 3 9 】

20

この場合、主軸 1 1 0 の n 回転目（n は 1 以上の整数）と n + 1 回転目の切削工具 1 3 0 により旋削されるワーク W 周面形状の位相が、主軸位相方向（グラフの横軸方向）でずれる。

このため n + 1 回転目の前記位相の谷の最低点（切削工具 1 3 0 によって送り方向に最も切削された点となる点線波形グラフの山の頂点）の位置が、n 回転目の前記位相の谷の最低点（実線波形グラフの山の頂点）の位置に対して、主軸位相方向でずれる。

【 0 0 4 0 】

これにより、切削工具 1 3 0 の往動時の切削加工部分と、復動時の切削加工部分とが一部重複し、ワーク W 周面の n + 1 回転目の切削部分に、n 回転目に切削済みの部分が含まれ、この部分では、切削中に切削工具 1 3 0 が、ワーク W に対して何ら切削を行わずに空削りする所謂、空振り動作が生じる。

30

切削加工時にワーク W から生じる切屑は、前記空振り動作によって順次分断される。

工作機械 1 0 0 は、切削工具 1 3 0 の切削送り方向に沿った前記往復振動によって切屑を分断しながら、ワーク W の外形切削加工等を円滑に行うことができる。

【 0 0 4 1 】

切削工具 1 3 0 の前記往復振動によって切屑を順次分断する場合、ワーク W 周面の n + 1 回転目の切削部分に、n 回転目に切削済みの部分が含まれていればよい。

言い換えると、ワーク W 周面の n + 1 回転目における復動時の切削工具 1 3 0 の軌跡が、ワーク W 周面の n 回転目における切削工具 1 3 0 の軌跡まで到達すればよい。

n + 1 回転目と n 回転目のワーク W における切削工具 1 3 0 により旋削される形状の位相が一致（同位相）とならなければよく、必ずしも 1 8 0 度反転させる必要はない。

40

【 0 0 4 2 】

例えば振動数 N は、1 . 1 や 1 . 2 5、2 . 6、3 . 7 5 等とすることができる。

ワーク W の 1 回転で 1 回より少ない振動（ $0 < \text{振動数 } N < 1 . 0$ ）を行うように設定することもできる。

この場合、1 振動に対して 1 回転以上主軸 1 1 0 が回転する。

振動数 N は、1 振動当たりの主軸 1 1 0 の回転数として設定することもできる。

【 0 0 4 3 】

工作機械 1 0 0 において、制御部 1 1 による動作指令は、所定の指令周期で行われる。

主軸台 1 1 0 A（主軸 1 1 0）又は切削工具台 1 3 0 A（切削工具 1 3 0）の往復振動

50

は、前記指令周期に基づき所定の周波数で動作が可能となる。

例えば、制御部 11 によって 1 秒間に 250 回の指令を送ることが可能な工作機械 100 の場合、制御部 11 による動作指令は、 $1 \div 250 = 4$ (ms) 周期 (基準周期) で行われる。

【0044】

前記指令周期は前記基準周期に基づいて定まり、一般的には前記基準周期の整数倍となる。

前記指令周期の値に応じた周波数で往復振動を実行させることが可能となる。

図 5 に示されるように、例えば、前記基準周期 (4 (ms)) の 4 倍の 16 (ms) を指令周期とすると、16 (ms) 毎に往動と復動を実行させることになり、 $1 \div (0.004 \times 4) = 62.5$ (Hz) で主軸台 110A (主軸 110) 又は切削工具台 130A (切削工具 130) を往復振動させることができる。

【0045】

その他、 $1 \div (0.004 \times 5) = 50$ (Hz)、 $1 \div (0.004 \times 6) = 41.666$ (Hz)、 $1 \div (0.004 \times 7) = 35.714$ (Hz)、 $1 \div (0.004 \times 8) = 31.25$ (Hz) 等の周波数でのみ、主軸台 110A (主軸 110) 又は切削工具台 130A (切削工具 130) を往復振動させることができる。

【0046】

主軸台 110A (主軸 110) 又は切削工具台 130A (切削工具 130) の往復振動の周波数 (振動周波数) f (Hz) は、上記周波数から選択される値に定まる。

なお制御装置 10 (制御部 11) によっては、前記基準周期 (4 ms) の整数倍以外の倍数で指令周期を設定することができる。

この場合、この指令周期に応じた周波数を振動周波数とすることができる。

【0047】

主軸台 110A (主軸 110) 又は切削工具台 130A (切削工具 130) を往復振動させる場合、主軸 110 の回転数を S (r/min) とすると、振動数 N は、 $N = f \times 60 / S$ と定まる。

図 6 に示すように、回転数 S と振動数 N とは、振動周波数 f を定数として反比例する。

主軸 110 は、振動周波数 f を高くとるほど、また振動数 N を小さくするほど高速回転することができる。

【0048】

本実施例の工作機械 100 では、回転数 S と振動数 N と振動周波数 f とをパラメータとし、ユーザによって、3 つのパラメータうちの回転数 S と振動数 N の 2 つを、数値設定部 12 等を介して制御部 11 に設定することができるように構成されている。

回転数 S 又は振動数 N の制御部 11 への設定は、回転数 S 又は振動数 N の値を、制御部 11 にパラメータ値として入力することができる他、例えば回転数 S や振動数 N の値を加工プログラムに記載して設定したり、プログラムブロック (プログラムの 1 行) において振動数 N を引数として設定したりすることができる。

【0049】

特に振動数 N を加工プログラムのプログラムブロックにおいて引数として設定することができるように、設定手段を構成すると、一般的に加工プログラム上に記載される主軸 110 の回転数 S と、プログラムブロックでの引数として記載される振動数 N とによって、加工プログラムから容易に回転数 S と振動数 N とをユーザが設定することができる。

なお、前記設定手段による設定は、プログラムによるものでもよいし、ユーザが数値設定部 12 を介して設定するものでもよい。

【0050】

制御部 11 は、設定された回転数 S と振動数 N とに基づき、この回転数 S で主軸 110 を回転させ、この振動数 N で切削工具 130 が前記加工送り方向に沿って往復振動しながら加工送り方向に送られるように、主軸台 110A または切削工具台 130A を往復振動しながら移動させるように制御する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

ただし回転数 S と振動数 N は前述のように振動周波数 f に起因して定まるため、制御部 11 は、設定された回転数 S と振動数 N とを振動周波数 f に基づいて補正する補正手段を備える。

補正手段は、振動周波数 f を、 $N = 60f / S$ に基づいて、設定された振動数 N と回転数 S から算出される値に近い値を持つものに設定し、設定された振動周波数 f によって、振動数 N と回転数 S とをそれぞれ設定された値に近い値に補正するように構成することができる。

【 0 0 5 2 】

例えば、ユーザによって、 $S = 3000$ (r/min)、 $N = 1.5$ と設定されたとする。 10

この場合、 $S = 3000$ (r/min)、 $N = 1.5$ から振動周波数の値が 75 (Hz) となるため、補正手段は、例えば、振動周波数 $f = 62.5$ (Hz) に設定する。

補正手段は、設定された振動周波数 (62.5 Hz) に基づき、例えば、回転数 S (3000 (r/min)) を維持して振動数 $N = 1.25$ と補正したり、振動数 N (1.5) を維持して回転数 $S = 2500$ (r/min) と補正したりする。

また振動周波数 $f = 50$ (Hz) に設定し、回転数 $S = 2400$ (r/min)、振動数 $N = 1.25$ と両方を補正することもできる。

【 0 0 5 3 】

この際、加工条件等に応じて、回転数 S や振動数 N のいずれかを優先して補正したり、両方を補正したりして、補正条件を変更することもできる。 20

なお前記設定手段によって使用する振動周波数 f を予めユーザ側において設定し、設定された振動周波数 f に応じて、振動数 N や回転数 S を補正するように構成することもできる。

【 0 0 5 4 】

また、3つのパラメータうち振動数 N や回転数 S を、数値設定部 12 等を介して制御部 11 に設定するように構成したが、例えば、予め振動数 N を所定の値に固定して、入力不要にしておき、3つのパラメータうち1つとして回転数 S のみをユーザが設定して、この回転数 S と振動数 N とに応じて振動周波数 f を設定し、回転数 S 又は振動数 N を補正するようにしてもよい。 30

なお、3つのパラメータうち1つとして回転数 S のみをユーザが設定する場合、制御部 11 を、設定された回転数 S に対して各振動周波数に対応する振動数を各振動周波数毎に算出し、設定された回転数 S を補正することなく、切削工具 130 の前記往復振動によって切屑が分断されるような振動数 N を設定するように構成することもできる。

この場合、制御部 11 は、ユーザによって設定された回転数 S に対して、制御部 11 が設定した振動数 N となる振動周波数 f で、切削工具 130 の前記往復振動を実行する。ただし、ユーザによって設定された回転数 S や動作可能な振動周波数によって、前記のように切屑が分断されるような振動数 N の設定が困難な場合は、制御部 11 によって、前記往復振動の振幅を、切屑が分断されるような値に調節設定するように構成することもできる。 40

【 0 0 5 5 】

図7に示すように、制御装置 10 には、ワーク W を回転させる主軸であると仮想的にみなす仮想主軸 13 が、ソフトウェア的に構築して制御部 11 に設けられている。

制御部 11 は、前記補正手段として機能する際、予め定められた設定に応じて、主軸 110 に代えて、仮想主軸 13 の回転数、仮想主軸 13 の1回転当たりの往復振動の振動数を補正するように構成されている。

例えば、主軸 110 の回転数 S の値を加工プログラムに記載して設定し、振動数 N の値を、プログラムブロックにおいて引数として設定することによって、回転数 S 又は振動数 N を制御部 11 に対して設定することができる場合、仮想主軸 13 に対する回転数の設定であることを制御部 11 に明示的に指令する加工プログラムに記載可能な仮想主軸回転開 50

始コードを設けることができる。

【 0 0 5 6 】

仮想主軸回転開始コードを加工プログラム内に記載することによって、制御部 1 1 が、加工プログラムに記載される回転数の値が仮想主軸 1 3 に対する回転数であるとみなし、仮想主軸 1 3 の回転数又は仮想主軸 1 3 の 1 回転当たりの往復振動の振動数を補正する補正手段として機能するように設定することができる。

つまり制御部 1 1 は、仮想主軸回転開始コードの読み込みによって、前記設定手段により設定される回転数を仮想主軸 1 3 に対する回転数とみなし、ユーザが設定した仮想主軸 1 3 の回転数又は仮想主軸 1 3 の 1 回転当たりの往復振動の振動数に応じて、該振動数を補正して設定し、各送り機構を振動手段として、各々対応する移動方向に沿って往復振動させながら、主軸台 1 1 0 A 又は切削工具台 1 3 0 A を各々の方向に移動させ、切削工具 1 3 0 をワーク W に対して往復振動を伴いながら加工送り動作させる。

10

【 0 0 5 7 】

上記のように主軸 1 1 0 に代えて仮想主軸 1 3 を対象として切削工具 1 3 0 をワーク W に対して往復振動を伴いながら加工送り動作させることにより、例えば主軸 1 1 0 が回転停止した状態であっても、切削工具 1 3 0 をワーク W に対して往復振動を伴いながら加工送り動作させることが可能となる。

【 0 0 5 8 】

工作機械 1 0 0 には、例えば、加工プログラムによる直接制御の範囲外にある外部スピンドル 2 0 と、外部スピンドル 2 0 に接続されて外部スピンドル 2 0 の回転数を制御する外部スピンドルドライブユニット 3 0 とを用いることができる。

20

工作機械 1 0 0 の構成に含まれている主軸 1 1 0 に割り当てられた主軸番号、例えば S 1 以外の主軸番号、例えば S 1 0 1 を前記仮想主軸 1 3 の主軸番号として割り当てることによって、仮想主軸 1 3 に対して所定の回転数を設定することができる。

例えば図 8 に示すように、S 1 0 1 = 3 9 7 0 として、仮想主軸 1 3 の回転数の値として、3 9 7 0 (r / m i n) を設定することができる。

また前記仮想主軸回転開始コードを、例えば M 4 0 3 とすると、仮想主軸回転開始コード M 4 0 3 を仮想主軸 1 3 の回転数を設定するプログラムブロックに記載することで、制御部 1 1 は、仮想主軸 1 3 に設定された回転数と、設定手段によって設定される振動数 N とに基づいて、振動周波数 f を設定し、設定された振動周波数 f によって、振動数 N と回転数とをそれぞれ設定された値に近い値に補正することができる。

30

【 0 0 5 9 】

振動数の設定は、切削工具 1 3 0 を前記加工送り方向に沿って往復振動しながら加工送り方向に送る振動切削加工の開始（振動開始）を、加工プログラムにおいて G P 1 の命令で指令するように制御部 1 1 を構成する場合、G の命令に、D に続く値（引数 D）で制御部 1 1 に対して設定される振動数 N を指定させることができる。

【 0 0 6 0 】

これによって、制御部 1 1 は、補正された回転数と振動数 N とに基づき、この回転数で仮想主軸 1 3 に対して回転を指示するとともに、この振動数 N で切削工具 1 3 0 が前記加工送り方向に沿って往復振動しながら加工送り方向に送られるように、主軸台 1 1 0 A または切削工具台 1 3 0 A を往復振動させながら移動させるように制御することができる。

40

ただし、仮想主軸 1 3 はソフトウェア的に構成されたものであり、制御部 1 1 が、ソフトウェア的に仮想主軸 1 3 が設定された回転数で回転しているものとみなすため、物理的な主軸 1 1 0 の回転は必要ない。

【 0 0 6 1 】

このため、ユーザによる操作や、加工プログラムによる指令等で外部スピンドルドライブユニット 3 0 を介して、制御部 1 1 によって補正された回転数で外部スピンドル 2 0 を回転させることによって、主軸 1 1 0 が停止した状態であっても、外部スピンドル 2 0 によって前記振動切削加工を行うことができる。

また、主軸 1 1 0 を回転させずに補正・設定後の条件で振動手段による振動をさせた状

50

態で、外部スピンドル 20 に取付けられたドリル 21 で切屑を分断させながらワーク W に対して丸穴などの穴開け加工を実行することができる。

【0062】

なお、G の命令に Q に続く値（引数 Q）で制御部 11 に対して、振幅送り比率を設定することもできる。

振幅送り比率とは、主軸位相 0 度から 360 度まで変化したときの送り量と振動手段による往復振動の振幅との比率であって、前記振幅を前記送り量で割った値をいう。

【0063】

振幅送り比率「2.0」を設定する場合は G に続けて「Q2.0」と記載し、振動数を「0.5」と設定する場合は G に続けて「D0.5」と加工プログラムに記載することによって、制御部 11 に対して振動数 N と振幅送り比率を設定することができる。

10

【0064】

図 8 の例では、振動切削加工の終了（振動停止）を、加工プログラムにおいて G

P0 の命令で指令するように制御部 11 が構成されている。

また、仮想主軸回転停止コードを、例えば M405 とすると、仮想主軸回転停止コード M405 を加工プログラムに記載することで、制御部 11 は、仮想主軸回転停止コードを読み込み、ソフトウェア的に回転しているものとみなされた仮想主軸 13 の回転が停止したとみなす。

【0065】

20

例えば、図 9 および図 10 に示すように、切削工具台 130A に、切削工具の一例としてブローチ加工用のブローチ 130B を装着し、主軸 110 を回転させずに、ブローチ 130B を送り方向に沿って振動させながら送ることによって、ワーク W に対してブローチ加工を実行することができる。

このように、主軸 110 を回転停止させた状態で工具を送り方向に振動させてワーク W の加工を実行することができる。

【0066】

このようにして得られた本発明の実施例である工作機械 100 の制御装置 10 は、ワーク W 又は切削工具 130 の一方であるワーク W を回転させる主軸 110 であると仮想的にみなす仮想主軸 13 をソフトウェア的に構築して設け、仮想主軸 13 の回転数と、仮想主軸 13 の 1 回転当たりの往復振動の振動数 N と、制御部 11 による動作指令が可能な周期に起因する振動周波数 f とをパラメータとし、少なくとも 1 つのパラメータとして例えば仮想主軸 13 の回転数の値を設定する設定手段と、未設定のパラメータとして例えば前記振動数 N および前記振動周波数 f を所定の値に定め、前記振動周波数 f の値に基づいて、設定手段によって設定されたパラメータとして例えば仮想主軸 13 の回転数および前記振動数 N の値を補正する補正手段とを設けたことにより、主軸 110 を回転させずに前記往復振動させて振動切削を実行することができる。

30

【0067】

以上の実施例においては、振動手段によって、移動方向に沿った往復振動として、所定の前進量だけ前進（往動）移動してから所定の後退量だけ後退（復動）移動する場合につ

40

いて説明したが、往復振動として、所定の第 1 速度での相対移動として前記往動移動と、前記第 1 速度より遅い第 2 速度での相対移動として前記復動移動に代えて加工送り方向への速度ゼロで停止とを繰り返す振動とすることもできる。

【0068】

また第 2 速度での相対移動として前記復動に代えて加工送り方向において第 1 速度での前記往動移動方向と同じ方向へ第 1 速度より遅い速度での移動とを繰り返してもよい。上記いずれの場合も、ワーク W から生じる切屑の幅が狭くなる箇所、切粉が折れるように分断されやすくなる。

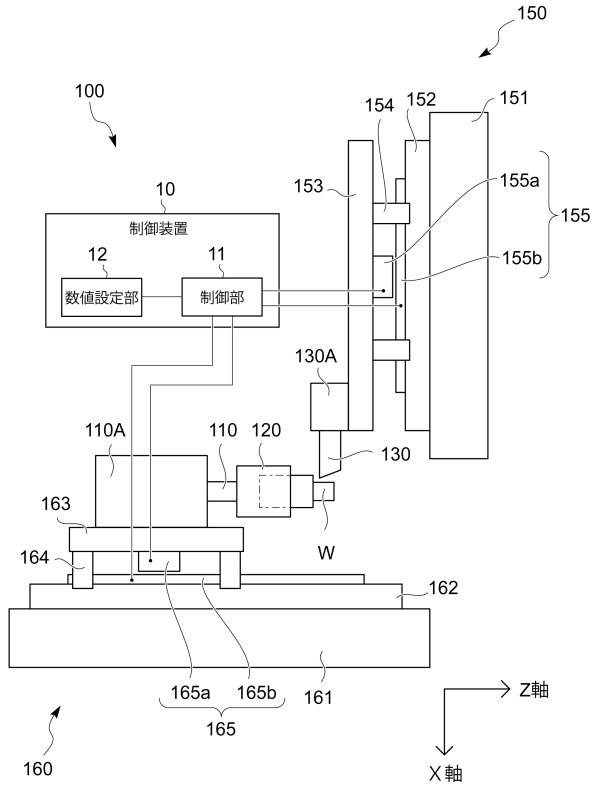
【符号の説明】

【0069】

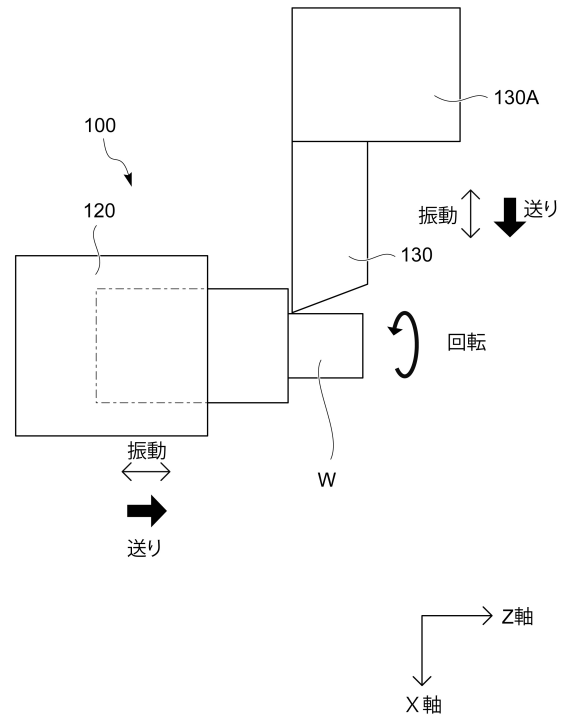
50

1 0 0	...	工作機械	
1 1 0	...	主軸	
1 1 0 A	...	主軸台	
1 2 0	...	チャック	
1 3 0	...	切削工具	
1 3 0 A	...	切削工具台	
1 3 0 B	...	ブローチ	
1 5 0	...	X軸方向送り機構	
1 5 1	...	ベース	
1 5 2	...	X軸方向ガイドレール	10
1 5 3	...	X軸方向送りテーブル	
1 5 4	...	X軸方向ガイド	
1 5 5	...	リニアサーボモータ	
1 5 5 a	...	可動子	
1 5 5 b	...	固定子	
1 6 0	...	Z軸方向送り機構	
1 6 1	...	ベース	
1 6 2	...	Z軸方向ガイドレール	
1 6 3	...	Z軸方向送りテーブル	
1 6 4	...	Z軸方向ガイド	20
1 6 5	...	リニアサーボモータ	
1 6 5 a	...	可動子	
1 6 5 b	...	固定子	
1 0	...	制御装置	
1 1	...	制御部	
2 0	...	外部スピンドル	
2 1	...	ドリル	
3 0	...	外部スピンドルドライブユニット	
W	...	ワーク	30

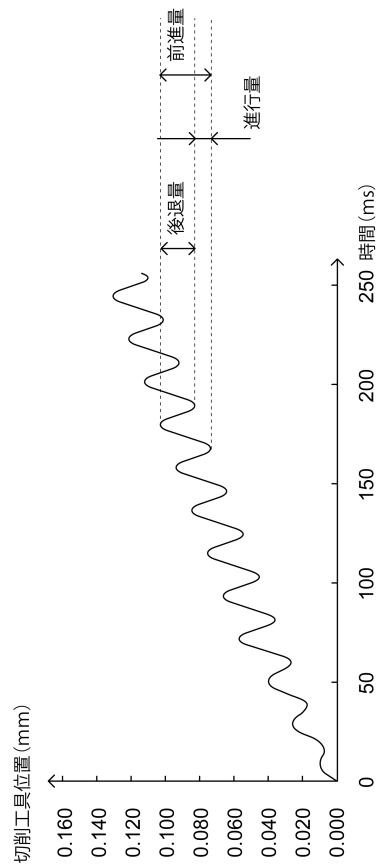
【図1】



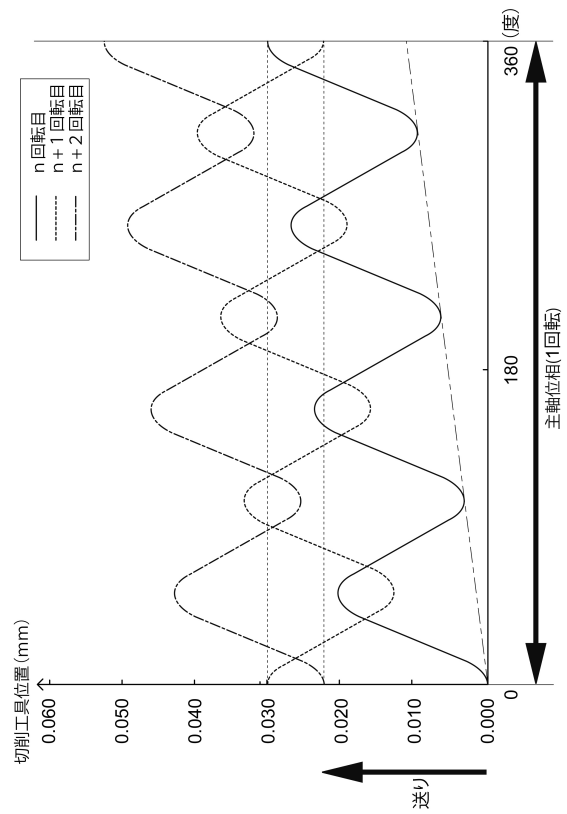
【図2】



【図3】



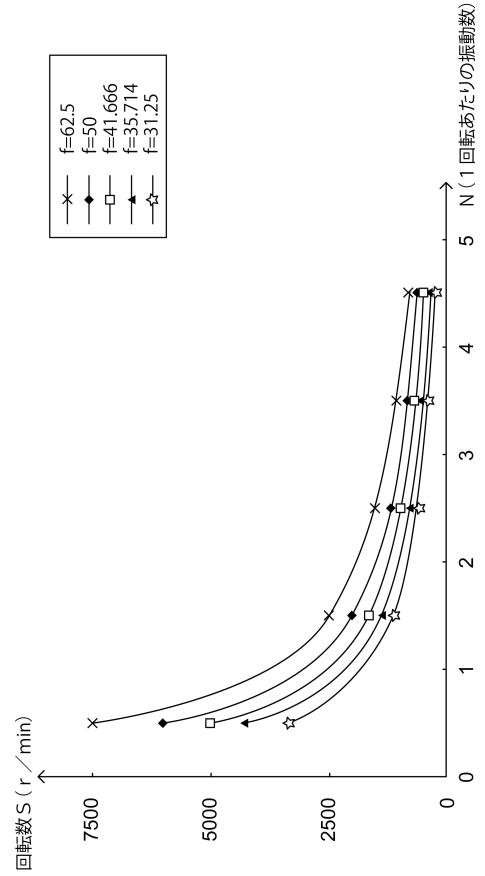
【図4】



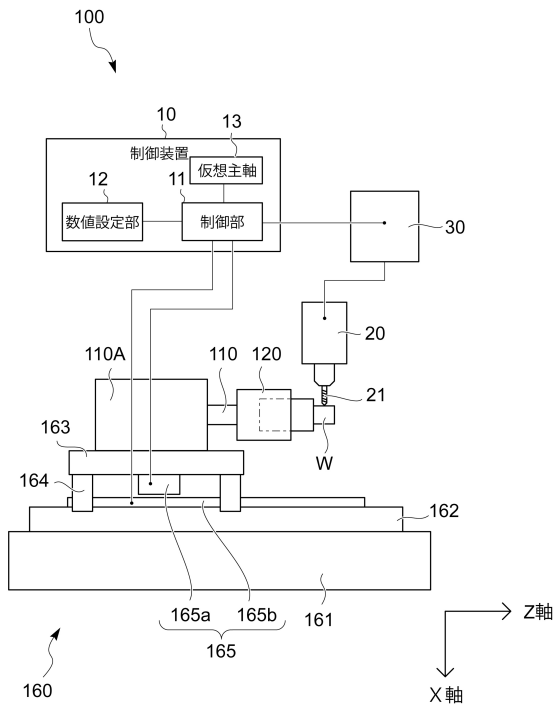
【 図 5 】

指令周期 (s)	振動周波数 f (Hz)
0.004 × 4	62.5
0.004 × 5	50
0.004 × 6	41.666
0.004 × 7	35.714
0.004 × 8	31.25
⋮	⋮

【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

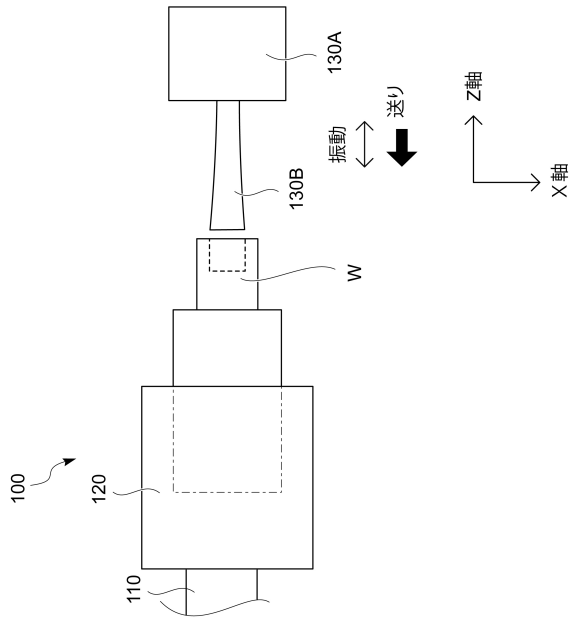
仮想主軸 S101 }
 仮想主軸回転開始コード M403 } と仮定
 仮想主軸回転停止コード M405 }

加エプログラムの例

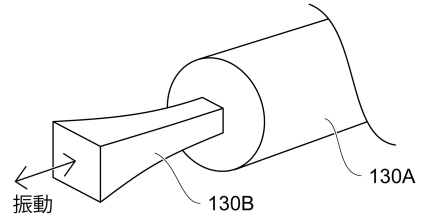
```

    ⋮
    S101=3970M403      仮想主軸回転開始指令
    ⋮
    G△△△ P1 Q2.0 D0.5  振動開始指令
    ⋮
    G△△△ P0          振動停止指令
    ⋮
    M405              仮想主軸回転停止指令
    ⋮
  
```

【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 中谷 尊一

日本国長野県北佐久郡御代田町大字御代田4107番地6 シチズンマシナリー株式会社内

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開2016-167255(JP,A)

国際公開第2002/024385(WO,A1)

特開昭62-277238(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q 15/00 - 15/28

G05B 19/18 - 19/416

G05B 19/42 - 19/46

B23B 1/00