

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6514876号  
(P6514876)

(45) 発行日 令和1年5月15日(2019.5.15)

(24) 登録日 平成31年4月19日(2019.4.19)

(51) Int. Cl.	F 1					
<b>B 2 3 Q</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 Q	15/00	3 0 1 K	
<b>B 2 3 C</b>	<b>5/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 C	5/10	D	
<b>G 0 5 B</b>	<b>19/4093</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 5 B	19/4093	F	

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2014-218475 (P2014-218475)	(73) 特許権者	000149066
(22) 出願日	平成26年10月27日(2014.10.27)		オークマ株式会社
(65) 公開番号	特開2016-83728 (P2016-83728A)		愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目25番地の1
(43) 公開日	平成28年5月19日(2016.5.19)	(74) 代理人	100078721
審査請求日	平成29年7月28日(2017.7.28)		弁理士 石田 喜樹
		(74) 代理人	100121142
			弁理士 上田 恭一
		(72) 発明者	稲垣 浩
			愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の1 オークマ株式会社内
		審査官	貞光 大樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械における送り軸の制御方法及び工作機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同心円上に複数配置される切れ刃の段を、各段の前記切れ刃の数をそれぞれ等しくして、各前記切れ刃が軸方向と平行に或いは当該軸方向から周方向へ徐々にずれるねじれ方向に並ぶ複数の刃列を形成するように複数段装着してなる工具を回転させて被加工物を加工する工作機械において、加工中の送り軸に対して予め測定した前記切れ刃の振れ量に基づいて前記送り軸を加工逆方向に微小変位させる制御を重畳する送り軸の制御方法であって、

前記振れ量に基づいて前記切れ刃が実際に加工する加工代の増減分を計算して、各刃列における前記加工代の最大値が平均化される制御量を算出し、前記制御量に基づいて前記微小変位の制御を重畳することを特徴とする工作機械における送り軸の制御方法。

10

【請求項2】

前記制御量  $R_i$  は、以下の手順で算出されることを特徴とする請求項1に記載の工作機械における送り軸の制御方法。

刃列の番号添え字を  $i$  (  $1 \leq i \leq Z$ 、 $Z$ : 刃数 )

各刃列内の切れ刃の段番号添え字を  $j$  (  $1 \leq j \leq N$ 、 $N$ : 刃列内で実加工に使用する切れ刃段数 )

測定した各切れ刃振れ量を  $C_{i,j}$  (  $\mu\text{m}$  ) として、各切れ刃における実際の加工代の増減分  $D_{i,j}$  を、以下の式(1)により算出する。

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i-1,j} \quad (\text{但し、} i-1 \text{ がゼロの場合は} Z \text{ に置き換える})$$

20

・ ・ ( 1 )

次に、 $R_1 = 0$ として、制御量 $R_i$ を以下の式(2)により算出する。

$$R_i = (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) - \{ \text{各刃列 } i \text{ における } (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) \text{ の総和を刃数 } Z \text{ で除した値} \} + R_{i-1} \quad \cdot \cdot (2)$$

【請求項3】

同心円上に複数配置される切れ刃の段を、各段の前記切れ刃の数をそれぞれ等しくして、各前記切れ刃が軸方向と平行に或いは当該軸方向から周方向へ徐々にずれるねじれ方向に並ぶ複数の刃列を形成するように複数段装着してなる工具を回転させて被加工物を加工すると共に、加工中の送り軸に対して予め測定した前記切れ刃の振れ量に基づいて前記送り軸を加工逆方向に微小変位させる制御を重畳する工作機械であって、

前記振れ量に基づいて前記切れ刃が実際に加工する加工代の増減分を計算して、各刃列における前記加工代の最大値が平均化される制御量を算出する制御量算出手段と、前記制御量に基づいて前記微小変位の制御を重畳する制御手段と、を備えることを特徴とする工作機械。

【請求項4】

前記制御量 $R_i$ は、以下の手順で算出されることを特徴とする請求項3に記載の工作機械。

刃列の番号添え字を $i$  ( $1 \leq i \leq Z$ 、 $Z$ :刃数)

各刃列内の切れ刃の段番号添え字を $j$  ( $1 \leq j \leq N$ 、 $N$ :刃列内で実加工に使用する切れ刃段数)

測定した各切れ刃振れ量を $C_{i,j}$  ( $\mu\text{m}$ )として、各切れ刃における実際の加工代の増減分 $D_{i,j}$ を、以下の式(1)により算出する。

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i-1,j} \quad (\text{但し、} i-1 \text{ がゼロの場合は } Z \text{ に置き換える})$$

・ ・ ( 1 )

次に、 $R_1 = 0$ として、制御量 $R_i$ を以下の式(2)により算出する。

$$R_i = (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) - \{ \text{各刃列 } i \text{ における } (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) \text{ の総和を刃数 } Z \text{ で除した値} \} + R_{i-1} \quad \cdot \cdot (2)$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械の加工中、特にチタン合金といった難削材の重切削加工中において、工具の切れ刃の振れ量を考慮して送り軸を制御することでびびり振動や工具チップングの発生を抑制するために行う送り軸の制御方法と、当該制御方法を用いて切削加工を行う工作機械とに関する。

【背景技術】

【0002】

ミーリング加工で難削材を加工する場合、加工コスト低減のためにスローアウェイやインサートと呼ばれる脱着式の切れ刃を装着する工具が使用される。この工具においては、工具本体の切れ刃の取付座面や切れ刃自身の加工精度の影響により、装着した切れ刃の高さは均一にならず、切れ刃には振れ量(各切れ刃間の相対取付誤差)が生じる。この振れ量が大きな切れ刃の場合、工具チップングが生じて工具寿命が短くなるという問題があった。そこで、本件出願人は、特許文献1において、切れ刃の各位置と予め測定した振れ量とに基づいて振幅や位相を設定して、振れ量をキャンセルするように主軸に同期させて送り軸を加工進行方向と逆方向に微小変位させることで、各切れ刃の1刃送り量を本来の指令通りの値に近づけて工具チップングの抑制を図る発明を提供している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-240837号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

上記特許文献1の加工方法においては、1刃列内に複数の切れ刃（複数の刃段）がある工具を使用して加工する場合、各切れ刃の振れ量にはばらつきがあるため、加工逆方向に送り軸を動作させる量は、1刃列内で測定した各刃段における振れ量の平均値としている。しかし、平均値では振れ量を最小にできないため、必ずしも十分な工具寿命を得ることが難しかった。この対策として、例えば表計算ソフトのソルバー機能を利用して各切れ刃における実際の加工代が平均化するように制御量を計算する方法が考えられるが、これは最適解を求めるために繰り返し計算して収束させる方法であるため、複数回実施する必要があって計算に時間を要し、計算式が複雑となるという問題があった。

10

## 【0005】

そこで、本発明は、簡単な演算で実際の加工代の最大値が平均化する制御量が得られ、工具の長寿命化を図ることができる工作機械における送り軸の制御方法及び工作機械を提供することを目的としたものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、同心円上に複数配置される切れ刃の段を、各段の前記切れ刃の数をそれぞれ等しくして、各前記切れ刃が軸方向と平行に或いは当該軸方向から周方向へ徐々にずれるねじれ方向に並ぶ複数の刃列を形成するように複数段装着してなる工具を回転させて被加工物を加工する工作機械において、加工中の送り軸に対して予め測定した前記切れ刃の振れ量に基づいて前記送り軸を加工逆方向に微小変位させる制御を重畳する送り軸の制御方法であって、前記振れ量に基づいて前記切れ刃が実際に加工する加工代の増減分を計算して、各刃列における前記加工代の最大値が平均化される制御量を算出し、前記制御量に基づいて前記微小変位の制御を重畳することを特徴とするものである。

20

請求項2に記載の発明は、請求項1の構成において、前記制御量  $R_i$  は、以下の手順で算出されることを特徴とするものである。

刃列の番号添え字を  $i$  ( $1 \leq i \leq Z$ 、 $Z$ : 刃数)

各刃列内の切れ刃の段番号添え字を  $j$  ( $1 \leq j \leq N$ 、 $N$ : 刃列内で実加工に使用する切れ刃段数)

30

測定した各切れ刃振れ量を  $C_{i,j}$  ( $\mu\text{m}$ ) として、各切れ刃における実際の加工代の増減分  $D_{i,j}$  を、以下の式(1)により算出する。

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i-1,j} \quad (\text{但し、} i-1 \text{ がゼロの場合は} Z \text{ に置き換える})$$

・ ・ (1)

次に、 $R_1 = 0$  として、制御量  $R_i$  を以下の式(2)により算出する。

$$R_i = (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) - \{ \text{各刃列 } i \text{ における } (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) \text{ の総和を刃数 } Z \text{ で除した値} \} + R_{i-1} \quad \cdot \cdot (2)$$

上記目的を達成するために、請求項3に記載の発明は、同心円上に複数配置される切れ刃の段を、各段の前記切れ刃の数をそれぞれ等しくして、各前記切れ刃が軸方向と平行に或いは当該軸方向から周方向へ徐々にずれるねじれ方向に並ぶ複数の刃列を形成するように複数段装着してなる工具を回転させて被加工物を加工すると共に、加工中の送り軸に対して予め測定した前記切れ刃の振れ量に基づいて前記送り軸を加工逆方向に微小変位させる制御を重畳する工作機械であって、前記振れ量に基づいて前記切れ刃が実際に加工する加工代の増減分を計算して、各刃列における前記加工代の最大値が平均化される制御量を算出する制御量算出手段と、前記制御量に基づいて前記微小変位の制御を重畳する制御手段と、を備えることを特徴とするものである。

40

請求項4に記載の発明は、請求項3の構成において、前記制御量  $R_i$  は、以下の手順で算出されることを特徴とするものである。

刃列の番号添え字を  $i$  ( $1 \leq i \leq Z$ 、 $Z$ : 刃数)

各刃列内の切れ刃の段番号添え字を  $j$  ( $1 \leq j \leq N$ 、 $N$ : 刃列内で実加工に使用する切

50

れ刃段数)

測定した各切れ刃振れ量を  $C_{i,j}$  ( $\mu\text{m}$ ) とし、各切れ刃における実際の加工代の増減分  $D_{i,j}$  を、以下の式 (1) により算出する。

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i-1,j} \quad (\text{但し、} i-1 \text{ がゼロの場合は} Z \text{ に置き換える}) \quad \cdot \cdot (1)$$

次に、 $R_1 = 0$  とし、制御量  $R_i$  を以下の式 (2) により算出する。

$$R_i = (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) - \{ \text{各刃列 } i \text{ における } (D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値}) \text{ の総和を刃数 } Z \text{ で除した値} \} + R_{i-1} \quad \cdot \cdot (2)$$

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、時間を要する複雑な計算方法でなく、簡単な演算により、加工中に工具位置 (回転角度) に応じた各軸方向の工具振れ量を送り軸側にて補正することで、実際の加工代の最大値が平均化される制御量が得られる。よって、工具振れ量の影響を好適に抑制して加工でき、工具の長寿命化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】工作機械の構成図である。

【図2】送り軸制御方法のフローチャートである。

【図3】工具の横断面図である。

【図4】刃数4で3段の切れ刃を使用して加工する場合の各切れ刃振れ量の測定結果及び実加工代の増減分の計算結果である。

【図5】刃数4で3段の切れ刃を使用して加工する場合の各切れ刃振れ量の測定結果及び実加工代の増減分の計算結果と、制御量に工具振れ量の平均を使用した場合の計算結果である。

【図6】刃数4で3段の切れ刃を使用して加工する場合の各切れ刃振れ量の測定結果及び実加工代の増減分の計算結果と、実加工代の最大値を平均化した制御量の計算結果である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明に係る送り軸の制御方法を実施する工作機械の一例を示す構成図である。同図において、1はベッド、2はコラムで、コラム2の前面には、主軸頭3が、X軸制御ユニット4及びZ軸制御ユニット5によってX軸方向及びZ軸方向へ移動制御可能に設けられて、主軸頭3の下部で下向きに設けた主軸6に、工具7が装着されている。一方、ベッド1上には、Y軸制御ユニット8によってY軸方向へ移動制御可能なテーブル9が設けられて、テーブル9上に被加工物10が固定可能となっている。

【0010】

工作機械の制御系は、主軸6の回転速度を制御する主軸回転制御装置11、送り軸 (各制御ユニット4, 5, 8) の制御量を演算する制御量算出手段としての演算装置12、送り軸を制御する制御手段としての数値制御装置13と、図示しない記憶装置とを含んでなり、演算装置12には、外部入力装置14によって後述する工具7の切れ刃の振れ量が入力可能となっている。

【0011】

このように構成された工作機械においては、図2のフローチャートに基づいて加工が実施される。なお、工具7は、図3に示すように、4枚の切れ刃7a, 7a...を90°間隔で備えた同心円上の段を軸方向に所定間隔を置いて3段設けてなり、軸方向の各列 (図3に示す丸数字) の切れ刃7aは、工具7の先端から回転方向前方側へ徐々にずれて取り付けられて、各列丸数字1~4では3つの切れ刃7a, 7a...がねじれ方向に配列されるようになっている。

まず、S1において、工具7の切れ刃7a毎の振れ量を測定して外部入力装置14を介

10

20

30

40

50

して予め演算装置 1 2 に入力しておく。演算装置 1 2 は、S 2 において、所定の計算式を使用して回転角度における各刃列の制御量を計算する。この制御量の計算は以下の通り行われる。

【 0 0 1 2 】

まず、刃列の番号添え字を  $i$  (  $1 \leq i \leq Z$ 、 $Z$  : 刃数 )

各刃列内の切れ刃 7 a の段番号添え字を  $j$  (  $1 \leq j \leq N$ 、 $N$  : 刃列内で実加工に使用する切れ刃段数 )

測定した各切れ刃振れ量を  $C_{i,j}$  (  $\mu\text{m}$  )

とすると、各切れ刃における実際の加工代の増減分  $D_{i,j}$  は、以下の式 ( 1 ) で算出できる。

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i-1,j} \quad \cdots (1)$$

但し、 $i - 1$  がゼロの場合は  $Z$  に置き換える。

つまり、各切れ刃 7 a の振れ量の大小が各切れ刃 7 a における実際の加工代ではなく、各切れ刃 7 a の振れ量の差 ( 増減分 ) が実際の加工代の差となる。この差が大きな切れ刃 7 a ほどチップングが早く進行して工具寿命が短くなるため、この値を計算するのである。

【 0 0 1 3 】

そして、各刃列における制御量  $R_i$  を以下の式 ( 2 ) により計算する。

$R_1 = 0$  として、

$$R_i = ( D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値} ) - \{ \text{各刃列 } i \text{ における } ( D_{i,1} \text{ から } D_{i,j} \text{ までの最大値} ) \text{ の総和を刃数 } Z \text{ で除した値} \} + R_{i-1} \quad \cdots (2)$$

なお、この計算式は、刃列内の実加工代最大値は、各刃列で計算した最大値の平均値より小さくならないことを意味している。

【 0 0 1 4 】

制御の位置 ( 工具回転角度 ) は、刃列内の各段における振れ量を測定した位置 ( 基準位置からの回転角度 ( 図 3 の ) ) から、例えば、実際に加工に使用する切れ刃 7 a のみの回転角度平均値を使用する。切れ刃 7 a の各位置と工具 7 の本体との位相関係は、例えば、主軸 6 に接続されているエンコーダで把握するようにしてもよい。このエンコーダの出力に基づいて、主軸回転制御装置 1 1 が切れ刃 7 a の位相情報を得ることができる。

【 0 0 1 5 】

こうして各刃列における制御量  $R_i$  が計算されると、演算装置 1 2 は、S 3 において、S 2 で計算した制御量を各軸方向に変換して、記憶装置に記憶される NC プログラムの送り軸指令値から減算する。そして、数値制御装置 1 3 は、S 4 において、減算された送り軸指令値に基づいて各送り軸 ( 制御ユニット ) を制御して加工を実施する。例えば X - Y 平面における加工であれば、加工進行方向に対して計算した制御量を X 軸、Y 軸方向に分配して加工逆方向に送り軸を制御する。この S 3, 4 の処理は、S 5 で加工終了となるまで繰り返される。

この制御により、送り動作に対して微小な強制振動が重畳されるが、この強制振動は、工具 7 の振れに等しい振動数となるため、主軸 6 の 1 回転内における工具 7 の振れ量を抑制するように送り軸に振動を重畳でき、工具振れ量の影響をキャンセルするよう作用させることができる。その結果、切れ刃 7 a に作用する最大切削力を削減して工具チップングの発生割合を低減することができる。また、最大切削力の削減によってびびり振動の抑制にも繋がる。

【 0 0 1 6 】

図 4 は、1 段の刃数が 4 で 3 段の切れ刃を有する工具を使用することを想定した場合の各切れ刃振れ量測定値と実加工代の増減分の計算値とを示したものである。この場合、相対的に実加工代が最も大きい切れ刃は 3 列目の 1 段で  $30 \mu\text{m}$  である ( 太枠部 ) 。

図 5 は、図 4 の工具において、1 刃列内で測定した、各段における切れ刃振れ量の平均値を制御量とした場合の計算値と、当該計算値に基づいて制御した場合の切れ刃振れ量の計算値と実加工代増減分の計算値とを示したものである。この場合、相対的に実加工代が

10

20

30

40

50

最も大きい切れ刃は3列目の1段で12.3μmとなっている(太枠部)。

【0017】

これに対して、図6は、同じ工具において、上記計算式にて求めた制御量と、当該制御量に基づいて制御した場合の切れ刃振れ量の計算値と実加工代増減分の計算値とを示したものである。この場合、相対的に実加工代が最も大きい切れ刃は4カ所に増えて(より平均化して)6.3μmとなり(太枠部)、振れ量の影響が殆どなくなっている。なお、これは、表計算ソフトのソルバー機能で解析した結果とも略一致している。

【0018】

このように、上記形態の送り軸の制御方法を実行する工作機械によれば、時間を要する複雑な計算方法でなく、簡単な演算により、加工中に工具位置(回転角度)に応じた各軸方向の工具振れ量を送り軸側にて補正することで、実際の加工代の最大値が平均化される制御量が得られる。よって、工具振れ量の影響を好適に抑制して加工でき、工具7の長寿命化を図ることができる。

10

【0019】

なお、工具における切れ刃の段数や1つの段内の切れ刃の数は上記形態に限らず、適宜増減可能である。工作機械も、同心円上に複数配置される切れ刃の段を軸方向へ複数段装着してなる工具を回転させて送り軸制御して加工を行うものであれば、複合加工機やマシンングセンタ等、特に機種を限定するものではない。

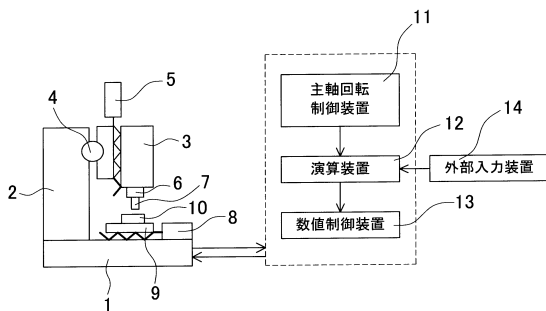
【符号の説明】

【0020】

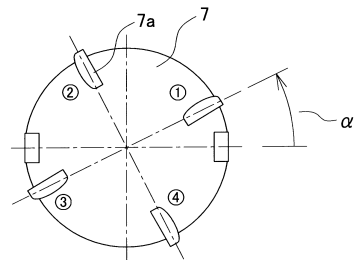
1・・・ベッド、2・・・コラム、3・・・主軸頭、4・・・X軸制御ユニット、5・・・Z軸制御ユニット、6・・・主軸、7・・・工具、7a・・・切れ刃、8・・・Y軸制御ユニット、9・・・テーブル、10・・・被加工物、11・・・主軸回転制御装置、12・・・演算装置、13・・・数値制御装置、14・・・外部入力装置。

20

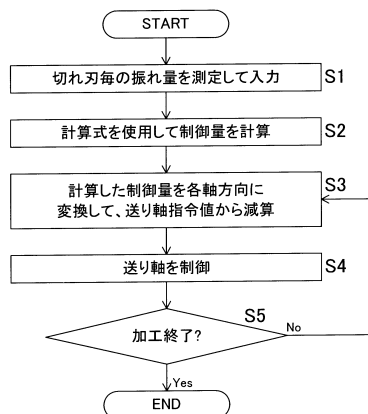
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

【切れ刃振れ量測定値】

(um)	1列目	2列目	3列目	4列目
3段	12	12	17	0
2段	10	7	25	7
1段	5	0	30	5

【実加工代の増減分を計算】

3段	12	0	5	-17
2段	3	-3	18	-18
1段	0	-5	30	-25

## 【図5】

【切れ刃振れ量測定値】

(um)	1列目	2列目	3列目	4列目
3段	12	12	17	0
2段	10	7	25	7
1段	5	0	30	5

【実加工代の増減分を計算】

3段	12	0	5	-17
2段	3	-3	18	-18
1段	0	-5	30	-25

【制御量を計算】

制御量	9.0	6.3	24.0	4.0
-----	-----	-----	------	-----

【制御後の切れ刃振れ量を計算】

3段	3.0	5.7	-7.0	-4.0
2段	1.0	0.7	1.0	3.0
1段	-4.0	-6.3	6.0	1.0

【制御後の実加工代増減分を計算】

3段	7.0	2.7	-12.7	3.0
2段	-2.0	-0.3	0.3	2.0
1段	-5.0	-2.3	12.3	-5.0

## 【図6】

【切れ刃振れ量測定値】

(um)	1列目	2列目	3列目	4列目
3段	12	12	17	0
2段	10	7	25	7
1段	5	0	30	5

【実加工代の増減分を計算】

3段	12	0	5	-17
2段	3	-3	18	-18
1段	0	-5	30	-25

【制御量を計算】

制御量	0.0	-6.3	17.5	-5.8
-----	-----	------	------	------

【制御後の切れ刃振れ量を計算】

3段	12.0	18.3	-0.5	5.8
2段	10.0	13.3	7.5	12.8
1段	5.0	6.3	12.5	10.8

【制御後の実加工代増減分を計算】

3段	6.3	6.3	-18.8	6.3
2段	-2.8	3.3	-5.8	5.3
1段	-5.8	1.3	6.3	-1.8

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-240837(JP,A)  
特開昭63-109909(JP,A)  
特開2012-20394(JP,A)  
特開昭63-52911(JP,A)  
特開2003-323204(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
B23C	1/00	-	9/00