

(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2010-12563  
(P2010-12563A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B23Q 15/18 (2006.01)</b>	B23Q 15/18	3C001
<b>G05B 19/404 (2006.01)</b>	G05B 19/404	K 3C045
<b>B23B 1/00 (2006.01)</b>	B23B 1/00	N 3C269

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-175332 (P2008-175332)  
(22) 出願日 平成20年7月4日(2008.7.4)

(71) 出願人 00001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100082337  
弁理士 近島 一夫  
(74) 代理人 100095991  
弁理士 阪本 善朗  
(72) 発明者 阿川 哲平  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
Fターム(参考) 3C001 KA05 KB01 TA02 TB02 TC05  
3C045 AA10  
3C269 AB02 BB03 CC01 DD01 EF10  
EF36 MN08 MN16 MN28

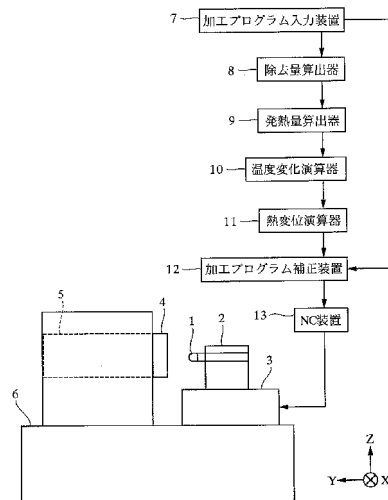
(54) 【発明の名称】 加工方法及び加工装置

(57) 【要約】

【課題】 単位時間当たりの除去量に変化する加工工程において、除去量の変化に応じて工具の熱変位を補正することで加工精度を向上させる。

【解決手段】 端面旋削加工を行う加工装置の、加工プログラム入力装置7に入力された加工プログラムによる加工条件と工具1の刃先形状から、除去量算出器8で単位時間当たりの除去量を算出する。算出した単位時間当たりの除去量より、発熱量算出器9、温度変化演算器10、熱変位演算器11において、加工による発熱量、工具1の温度変化、工具1の熱変位量を算出する。加工プログラム補正装置12で熱変位量を補正した指令値を作成し、NC装置13からXYテーブル3に出力することにより、切削熱による工具1の熱変位を補正する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

加工プログラムに従って駆動される工具によって被加工物を加工する加工方法において

、  
前記加工プログラムに基づいて、単位時間当たりの除去量を算出する第 1 工程と、  
前記除去量より加工中の前記工具の温度変化を算出する第 2 工程と、  
前記温度変化から前記工具の熱変位量を推定する第 3 工程と、  
前記工具の熱変位量を相殺するように前記加工プログラムの指令値を補正する第 4 工程と、を有することを特徴とする加工方法。

## 【請求項 2】

10

前記第 3 工程において、前記温度変化と前記工具の材質及び形状から前記工具の熱変位量を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の加工方法。

## 【請求項 3】

前記第 2 工程において、単位時間当たりの除去量と被加工物の材質から加工中の前記工具の温度変化を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の加工方法。

## 【請求項 4】

前記第 2 工程において、単位時間当たりの除去量と被加工物の材質に応じて事前に作成された単位時間当たりの発熱量のデータベースから加工中の発熱量を求めて、前記発熱量と前記工具の材質及び形状から加工中の前記工具の温度変化を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の加工方法。

20

## 【請求項 5】

前記第 2 工程において、前記工具の温度変化は以下の式によって求めることを特徴とする請求項 3 に記載の加工方法。

## 【数 1】

$$\Delta T(t) = A \times V(t) \times \left( 1 - B \times e^{-\frac{t}{C}} \right)$$

30

ここで、 $T(t)$  : 温度変化量

$V(t)$  : 単位時間当たりの除去量

A、B、C : 被加工物の材質、工具の材質及び形状によって決まる定数

## 【請求項 6】

加工プログラムに従って被加工物を回転させ、工具を切り込み方向と走査方向に駆動して端面旋削加工を行う加工装置において、

前記加工プログラムに基づいて、単位時間当たりの除去量を算出する手段と、  
前記除去量より前記工具の熱変位量を演算する手段と、  
前記工具の熱変位量を相殺するように前記加工プログラムの指令値を補正する手段と、を有することを特徴とする加工装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、高精度に切削加工等を行う加工装置において、加工中の切削熱等による工具の熱変位を補正する加工方法及び加工装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

加工機械の加工精度を悪化させる要因として、環境温度の変化、主軸やモーターによる機械自身の発熱、及び加工中の切削熱等による機械各部の熱変位がある。工具の熱変位対策としては、例えば、特許文献 1 に開示されたように、加工中の工具に高圧クーラントを

50

噴射して冷却を行う方法がある。また、特許文献2に開示されたように、工具を低熱膨張材で形成する方法があり、特許文献3には、工具に温度センサを設けて、工具の熱変位量を推定し、補正を行う方法が提案されている。

【0003】

【特許文献1】特開平6-134648号公報

【特許文献2】特開平5-318275号公報

【特許文献3】特開昭63-2645号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来例のように工具を冷却する方法では、加工中に切削熱の変化がある場合に工具の温度が一定とならず熱変位してしまうという問題点があった。実際の加工時における工具温度を測定すると、例えば、図4に示すようなグラフが得られる。図4は、半径15mmの被加工物を切り込み量10 $\mu$ m、主軸の回転速度3800rpm、走査速度50 $\mu$ m/sで被加工物の外側から中心に向けて端面旋削加工を行った時の工具の温度測定結果を示すグラフである。このグラフより、加工開始から工具の温度が上昇した後、被加工物の中心に向かうにつれて工具の温度が下がっており、工具を冷却する方法では温度を一定に保てないことが分かる。

10

【0005】

また、工具を低熱膨張材で形成する方法では、コストが高くなるという問題点があった。

20

【0006】

温度センサを用いる方法では、加工時に用いる切削油が温度センサに付着するために測定精度が悪化するという問題点や、工具交換のたびに温度センサを設置する段取りを要するという問題点があった。

【0007】

本発明は、特殊な工具や温度センサを用いることなく加工中の切削熱等による工具の熱変位を補正し、加工精度を向上させることができる加工方法及び加工装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

30

【0008】

上記目的を達成するため、本発明の加工方法は、加工プログラムに従って駆動される工具によって被加工物を加工する加工方法において、前記加工プログラムに基づいて、単位時間当たりの除去量を算出する第1工程と、前記除去量より加工中の前記工具の温度変化を算出する第2工程と、前記温度変化から前記工具の熱変位量を推定する第3工程と、前記工具の熱変位量を相殺するように前記加工プログラムの指令値を補正する第4工程と、を有することを特徴とする。

【0009】

本発明の加工装置は、加工プログラムに従って被加工物を回転させ、工具を切り込み方向と走査方向に駆動して端面旋削加工を行う加工装置において、前記加工プログラムに基づいて、単位時間当たりの除去量を算出する手段と、前記除去量より前記工具の熱変位量を演算する手段と、前記工具の熱変位量を相殺するように前記加工プログラムの指令値を補正する手段と、を有することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0010】

加工プログラムに基づいて単位時間当たりの除去量を求めて、切削熱による工具の熱変位を推定するので、特殊な工具やセンサを用いることなく加工中の工具の熱変位の補正を行うことができ、低コストで高精度な加工を可能にする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

50

本発明を実施するための最良の形態を図面に基づいて説明する。

【0012】

図1に示すように、工具1によって端面旋削加工を行う加工装置は、加工プログラム入力装置7、除去量算出器8、発熱量算出器9、温度変化演算器10、熱変位演算器11、加工プログラム補正装置12、NC装置13等を備える。加工プログラム入力装置7に輸入された回転速度、送り速度（走査速度）、切り込み量からなる加工条件と工具の刃先形状から除去量算出器8で単位時間当たりの除去量を算出する。算出した単位時間当たりの除去量より、発熱量算出器9、温度変化演算器10、熱変位演算器11において、加工による発熱量、工具の温度変化、工具の熱変位量を推定（演算）する。加工プログラム補正装置12は、熱変位量を相殺するように補正した指令値を作成し、NC装置13から加工装置に出力する。このようにして、切削熱による工具1の熱変位を補正する。

10

【0013】

あるいは、図2に示すように、除去量算出器8の出力を温度変化演算器10に導入し、工具形状、工具材質、被加工物4の材質によって決まる定数を用いた計算式によって工具1の温度変化を求める構成でもよい。

【実施例1】

【0014】

図1に示すように、本実施例による端面旋削加工のための加工装置は、工具1と、工具1を固定する工具ホルダー2と、工具ホルダー2を保持し、端面旋削加工における切り込み方向（Y方向）と走査方向（X方向）に駆動するXYテーブル3と、を有する。また、被加工物4を保持し、Y軸中心に高速回転する主軸5は、定盤6に支持される。

20

【0015】

制御系は、加工プログラム入力装置7と、除去量算出器8と、発熱量算出器9と、温度変化演算器10と、熱変位演算器11と、加工プログラムを補正する加工プログラム補正装置12と、NC装置13等を備え、矢印はデータの流れを示している。

【0016】

まず、加工プログラム入力装置7に、XYテーブル3による切り込み量と走査速度、主軸5の回転速度、工具1の刃先形状を入力する。このように加工プログラムに輸入された情報より、切削による単位時間当たりの除去量を除去量演算器8で算出する。加工プログラムに基づく除去量の算出は、以下の方法によって行う。

30

【0017】

図3(a)は、端面旋削加工における工具1と被加工物4の位置関係を示したものである。同図において、工具1の被加工物4への切り込み量 $M_1$ 、工具1の走査方向 $R_1$ 、主軸5に固定されている被加工物4の回転方向 $R_2$ 、1回転当たりの工具1の移動量 $M_2$ 、除去面積 $M_3$ とする。また、主軸5の回転中心 $O$ 、主軸5の回転中心 $O$ から工具1までの半径方向距離 $D$ 、1回転前の工具位置 $1a$ とすると、1回転当たりの工具1の移動量 $M_2$ は、工具走査速度を被加工物4の回転速度で割ることにより求められる。求められた1回転当たりの工具1の移動量 $M_2$ と切り込み量 $M_1$ 、工具1の刃先形状により工具1が被加工物4に接する除去面積 $M_3$ が算出される。また、被加工物4の回転速度と回転中心 $O$ からの半径方向距離 $D$ より単位時間当たりの円周方向の除去長さが求められ、除去長さ $L$ と除去面積 $M_3$ より単位時間当たりの除去量が算出される。ここで、半径方向距離 $D$ が加工時間により変わるので除去量は時間により変化している。

40

【0018】

次に、発熱量算出器9で加工による単位時間当たりの発熱量を単位時間当たりの除去量と被加工物4の材質より算出する。発熱量を求める第1の方法として、切削理論に基づいて算出する方法がある。発熱量を求める第2の方法として、単位時間当たりの除去量及び被加工物4の材質に応じた切削による単位時間当たりの発熱量のデータベースを事前に作っておき、このデータベースより読み取る（求める）方法がある。例えば、図4に示す温度測定時における単位時間当たりの除去量は図5のように求められ、図4及び図5から単位時間当たりの除去量に対する発熱量を求めることができる。このような基礎実験を複数

50

の加工条件で行うことにより発熱量のデータベースを作成しておくことができる。

【0019】

温度変化演算器10では、加工中の工具1の温度変化を有限要素法による非定常熱解析により算出する。解析の境界条件は、求められている切削による発熱量、加工時の切削油が付着した状態の工具の熱伝達率、加工雰囲気温度、工具の材質及び形状である。ここで、前記熱伝達率は、切削油を使用している状態で工具の温度を測定することにより同定しておく。

【0020】

熱変位演算器11は、工具の熱変位量を、温度変化で作成した有限要素モデルより構造解析を行うことにより算出する。

【0021】

加工プログラム補正装置12は、加工プログラム入力装置7に入力されている加工プログラムから、熱変位演算器11で推定された工具1の熱変位量を相殺するように補正した指令値を作成する。NC装置13は、このように工具1の熱変位量を補正した加工プログラムによる指令値を出し、XYテーブル3を駆動する。

【0022】

単位時間当たりの除去量から切削熱による工具の熱変位を推定するので、特殊な工具やセンサを用いることなく高精度に切削熱による工具の熱変位の補正を行うことができる。

【0023】

なお、本実施例は、上記の端面旋削加工に限定されることなく、加工中に単位時間当たりの除去量が増加する他の加工に対しても同様に適用できる。

【実施例2】

【0024】

図2は、実施例2による加工装置を示す。これは端面旋削加工のための加工装置であり、工具1と、工具1を固定する工具ホルダー2と、工具ホルダー2を保持し、端面旋削加工における切り込み方向(Y方向)と走査方向(X方向)に駆動するXYテーブル3と、を有する。また、被加工物4を保持し、Y軸中心に高速回転する主軸5は、定盤6に支持される。

【0025】

制御系は、加工プログラム入力装置7と、除去量算出器8と、温度変化演算器10と、熱変位演算器11と、加工プログラム補正装置12と、NC装置13等を備え、矢印はデータの流れを示している。

【0026】

まず、加工プログラム入力装置7に、XYテーブル3による切り込み量と走査速度、主軸5の回転速度、工具1の刃先形状を入力する。入力された情報より、切削による単位時間当たりの除去量を除去量演算器8で算出する。この除去量の算出は、以下の方法によって行う。

【0027】

図3(a)は、端面旋削加工における工具1と被加工物4の位置関係を示したものである。同図において、工具1の被加工物4への切り込み量M1、工具1の走査方向R1、主軸5に固定されている被加工物4の回転方向R2、1回転当たりの工具1の移動量M2、除去面積M3とする。また、主軸5の回転中心O、主軸5の回転中心Oから工具1までの半径方向距離D、1回転前の工具位置1aとすると、1回転当たりの工具1の移動量M2は、工具走査速度を被加工物4の回転速度で割ることにより求められる。求められた1回転当たりの工具1の移動量M2と切り込み量M1、工具1の刃先形状により工具1が被加工物4に接する除去面積M3が算出される。また、被加工物4の回転速度と回転中心Oからの半径方向距離Dより単位時間当たりの円周方向の除去長さが求められ、除去長さから除去面積M3より単位時間当たりの除去量が算出される。ここで、半径方向距離Dが加工時間により変わるので除去量は時間により変化している。

【0028】

10

20

30

40

50

次に、温度変化演算器 10 で単位時間当たりの除去量より工具 1 の温度変化を算出する。この工具 1 の温度変化を算出するのに用いる計算式を、以下に示す。

【 0 0 2 9 】

【 数 2 】

$$\Delta T(t) = A \times V(t) \times \left( 1 - B \times e^{-\frac{t}{c}} \right)$$

10

【 0 0 3 0 】

上式において、 $T(t)$  は温度変化量、 $V(t)$  は単位時間当たりの除去量、 $t$  は加工開始からの時間である。A、B、C は、工具 1 の形状及び材質、加工環境、被加工物 4 の材質により決まる定数であり、実際に工具 1 の温度を測定しながら除去量が増加する加工を行うことによって同定する。例えば、図 4 に示す温度測定時における単位時間当たりの除去量は加工プログラムにより図 5 のように求められ、図 4 及び図 5 から以下のように同定を行うことができる。

【 0 0 3 1 】

A は、図 4 のグラフにおいて加工開始から時間が経過し工具の温度変化が一定となっている a から b の範囲における傾きと、図 5 のグラフにおいて、図 4 のグラフの a から b の範囲と同時間である c から d の範囲における傾きより求められる。

20

【 0 0 3 2 】

B は、上式に図 4 における  $t = 0$  の値 c、図 5 における  $t = 0$  の値 f、先に求めた A を代入し、 $t = 0$  を計算することにより求められる。

【 0 0 3 3 】

C は、図 4 の c から a までの遅れ時間であり、上式が図 4 に一致するように繰り返し調整することにより定まる。

【 0 0 3 4 】

このようにして、A、B、C を求めることで、単位時間当たりの除去量より工具の温度変化を算出できる。

30

【 0 0 3 5 】

温度変化演算器 10 で算出した工具 1 の温度変化から、熱変位演算器 11 で以下の式を用いて熱変位量を算出する。

【 0 0 3 6 】

【 数 3 】

$$\Delta L(t) = D \times L \times \Delta T(t)$$

40

【 0 0 3 7 】

ここで、 $L(t)$  は熱変位量、D は工具 1 の材質により決まる熱膨張係数、 $T(t)$  は温度変化量である。図 3 (b) は、工具 1 の工具ホルダー 2 による固定方法を示すもので、イモネジ 14 によって工具 1 を工具ホルダー 2 に固定している。L は、図 3 (b) に示すように、工具 1 をイモネジ 14 により固定している場所から工具先端までの長さである。

【 0 0 3 8 】

加工プログラム補正装置 12 は、加工プログラム入力装置 7 に入力されている加工プログラムから、熱変位演算器 11 で推定された工具の熱変位量を補正した指令値を作成する

50

。NC装置13は、このように工具の熱変位量を補正した加工プログラムによる指令値を出し、XYテーブル3を駆動する。

【0039】

単位時間当たりの除去量から切削熱による工具の熱変位を推定するので、特殊な工具やセンサを用いることなく高精度に切削熱による工具の熱変位の補正を行うことができる。

【0040】

なお、本実施例は、上記の端面旋削加工に限定されることなく、加工中に単位時間当たりの除去量が増加する他の加工に対しても同様に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0041】

10

【図1】実施例1を説明する説明図である。

【図2】実施例2を説明する説明図である。

【図3】実施例1, 2において単位時間当たりの除去量を算出する方法と、工具の熱変位を説明する説明図である。

【図4】端面旋削加工を行った時の工具の温度変化を示すグラフである。

【図5】端面旋削加工を行った時の除去量の変化を示すグラフである。

【符号の説明】

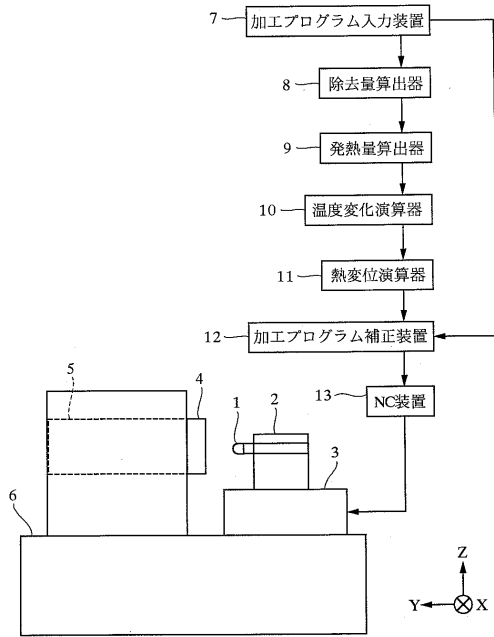
【0042】

- 1 工具
- 2 工具ホルダー
- 3 XYテーブル
- 4 被加工物
- 5 主軸
- 6 定盤
- 7 加工プログラム入力装置
- 8 除去量算出器
- 9 発熱量算出器
- 10 温度変化演算器
- 11 熱変位演算器
- 12 加工プログラム補正装置
- 13 NC装置

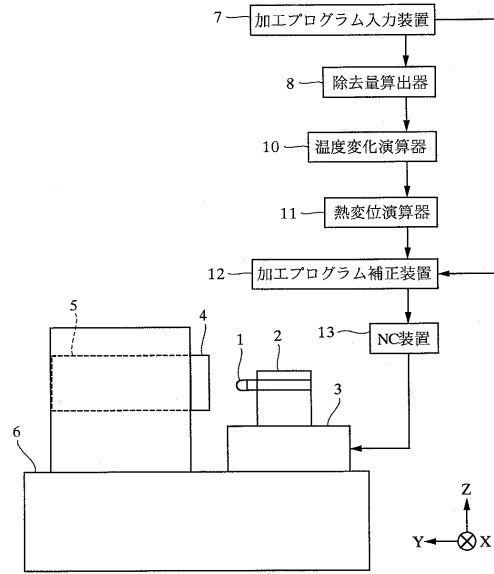
20

30

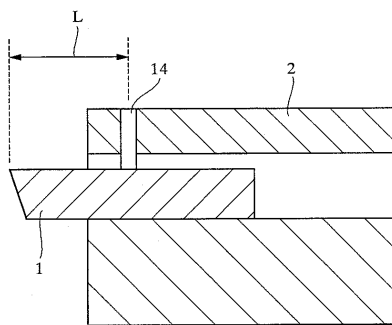
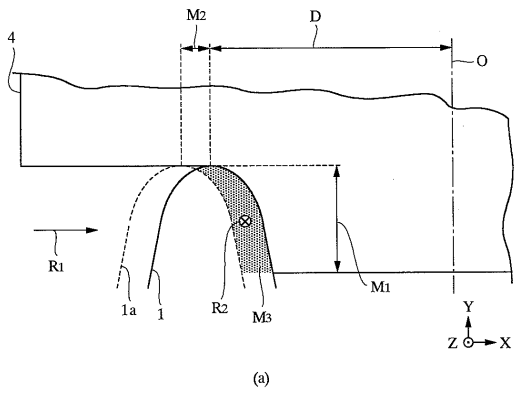
【 図 1 】



【 図 2 】

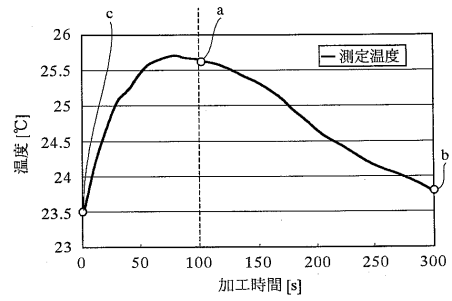


【 図 3 】



(b)

【 図 4 】





【 図 5 】

