

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6915782号
(P6915782)

(45) 発行日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(24) 登録日 令和3年7月19日(2021.7.19)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 3 Q 15/12 (2006.01) B 2 3 Q 15/12 A

請求項の数 7 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-19525 (P2018-19525) (22) 出願日 平成30年2月6日(2018.2.6) (65) 公開番号 特開2019-136788 (P2019-136788A) (43) 公開日 令和1年8月22日(2019.8.22) 審査請求日 令和2年5月7日(2020.5.7)</p>	<p>(73) 特許権者 504139662 国立大学法人東海国立大学機構 愛知県名古屋市千種区不老町1番 (73) 特許権者 595054589 株式会社デンソーダイシン 愛知県常滑市久米字御林2〇〇番地 (73) 特許権者 000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 (74) 代理人 100105924 弁理士 森下 賢樹 (72) 発明者 早坂 健宏 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大 学法人名古屋大学内</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工装置および切削加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

切削工具または被削材を取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、
 前記回転機構による主軸の回転を制御する回転制御部と、
 被削材に対して切削工具を相対的に移動させる送り機構と、
 主軸回転中に、前記送り機構により切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる移動制御部と、を備え、
 前記回転制御部は、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行する機能を有しており、
 前記移動制御部は、前記回転制御部が主軸の回転を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、前記回転制御部による主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、被削材に対する切削工具の相対的な移動速度を減速して、相対的な移動方向を反転させることで、
 切削工具を被削材から引き離す、
 ことを特徴とする加工装置。

【請求項2】

切削工具または被削材を取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、
 前記回転機構による主軸の回転を制御する回転制御部と、
 被削材に対して切削工具を相対的に移動させる送り機構と、
 主軸回転中に、前記送り機構により切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる移動制御部と、を備え、

前記回転制御部は、同じ回転位置における現在の回転速度と1回転前の回転速度との比を、びびり振動を抑制可能な一定値に設定して、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行する機能を有しており、

前記移動制御部は、前記回転制御部が主軸の回転を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、前記回転制御部による主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離す、

ことを特徴とする加工装置。

【請求項3】

前記回転制御部が加速制御または減速制御により主軸を少なくとも2回転以上させているときに、前記移動制御部は切削工具を被削材から引き離す、

10

ことを特徴とする請求項1または2に記載の加工装置。

【請求項4】

前記移動制御部は、前記回転制御部が主軸回転速度の変動を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、前記回転制御部が主軸回転速度の変動を終了する前に、切削工具を被削材から引き離す、

ことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の加工装置。

【請求項5】

前記移動制御部は、前記回転制御部が主軸回転速度の変動を開始するタイミングの通知を受けて、変動開始タイミングの後に切削工具を被削材に接触させるように、前記送り機構を制御する、

20

ことを特徴とする請求項4に記載の加工装置。

【請求項6】

切削工具または被削材を取り付けられた主軸の回転を制御する回転制御ステップと、主軸回転中に、切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる加工ステップと、を備え、

回転制御ステップは、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行するステップを含み、

加工ステップは、主軸の回転が開始された後に、切削工具を被削材に接触させ、主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、被削材に対する切削工具の相対的な移動速度を減速して、相対的な移動方向を反転させることで、切削工具を被削材から引き離すステップを含む、

30

ことを特徴とする切削加工方法。

【請求項7】

切削工具または被削材を取り付けられた主軸の回転を制御する回転制御ステップと、主軸回転中に、切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる加工ステップと、を備え、

回転制御ステップは、同じ回転位置における現在の回転速度と1回転前の回転速度との比を、びびり振動を抑制可能な一定値に設定して、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行するステップを含み、

加工ステップは、主軸の回転が開始された後に、切削工具を被削材に接触させ、主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離すステップを含む、

40

ことを特徴とする切削加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、加工装置および切削加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、回転可能な主軸に切削工具または被削材（ワーク）を支持させ、切削工具ま

50

たは被削材を主軸とともに回転させながら、切削工具を被削材に接触させて被削材を加工する工作機械が利用されている。当該工作機械において切削幅を必要以上に大きくすると、切削加工中に被削材および/または切削工具が振動する「再生びびり振動」が発生することがある。

【0003】

「再生びびり振動」は、1回転前(多刃工具では一刃前)に切削する際に生じていた振動が加工面の起伏として残り、その振動が現在の切削において切取り厚さの変動として再生する自励振動である。このため切削力が変動して再び振動が発生する閉ループが構成され、そのループゲインが大きくなると振動が成長して大きなびびり振動となる。「再生びびり振動」は加工面の仕上げ精度を悪化させるだけでなく、切削工具の欠損の要因にもなり得る。特許文献1は、被削材に旋削加工を施すにあたり、切削工具の送り速度を一定に保持した状態で、主軸の回転速度を短い周期で変動させて、「びびり振動」を抑制するびびり防止方法を開示する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開昭49-105277号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

旋削加工において、主軸回転速度すなわち切削速度を変動させて、ある回転位置における1回転前と現在の切削速度を十分に異ならせれば、再生びびり振動は成長しない。しかしながら特許文献1に開示されるように、主軸回転速度を周期的に変動させると、回転速度の増減が切り替わる前後で、現在の速度と1回転前の速度の比率が1に近くなる。たとえば主軸回転速度を正弦波的に周期的に変動させる場合、回転速度が極大値および極小値となる前後で現在の速度と1回転前の速度の比率はほぼ1となるため、再生びびり振動を抑制する効果は小さくなる。

【0006】

本開示はこうした状況に鑑みてなされており、その目的とするところは、再生びびり振動を抑制する切削加工技術を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の加工装置は、切削工具または被削材を取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、回転機構による主軸の回転を制御する回転制御部と、被削材に対して切削工具を相対的に移動させる送り機構と、主軸回転中に、送り機構により切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる移動制御部と、を備える。回転制御部は、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行する機能を有する。移動制御部は、回転制御部が主軸の回転を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、回転制御部による主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離す。

40

【0008】

本発明の別の態様は、切削加工方法である。この方法は、切削工具または被削材を取り付けられた主軸の回転を制御する回転制御ステップと、主軸回転中に、切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる加工ステップと、を備える。回転制御ステップは、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行するステップを含み、加工ステップは、主軸の回転が開始された後に、切削工具を被削材に接触させ、主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離すステップを含む。

【0009】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本開示の表現を方法、装置、システムなどの間

50

で変換したのもまた、本開示の態様として有効である。

【発明の効果】

【0010】

本開示によれば、再生びり振動を抑制する切削加工技術を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施形態の加工装置の構成を示す図である。

【図2】(a) - (d)は、実施形態の仕上げ加工の工程を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、実施形態の加工装置1の構成を示す。加工装置1は、切削工具4を取り付けられた主軸2を回転させる回転機構10と、回転機構10による主軸2の回転を制御する回転制御部11と、被削材3に対して切削工具4を相対的に移動させる送り機構12と、主軸2の回転中に送り機構12により切削工具4を被削材3に接触させて、切削工具4による加工を行わせる移動制御部13と、を備える。加工装置1は、NC工作機械であってよい。回転機構10および送り機構12は、それぞれモータなどの駆動部を有して構成され、回転制御部11および移動制御部13は、それぞれ駆動部への供給電力を調整して、回転機構10および送り機構12のそれぞれの挙動を制御する。

【0013】

なお実施形態では切削工具4が主軸2に取り付けられ、被削材3が固定台5に固定されているが、被削材3が主軸2に取り付けられて、回転機構10により回転させられてもよい。また送り機構12は、被削材3に対して切削工具4を相対的に移動させればよく、切削工具4または被削材3の少なくとも一方を移動させる機能を有して構成される。

【0014】

図1では、シール面加工を被削材3に施す切削工程を説明するために、被削材3の断面を示している。シール面加工前、被削材3は、点線で示す加工面F1を有する。シール面加工において移動制御部13は、切削送り方向に切削工具4を移動させて加工面F1の切削を開始し、実線で示す仕上げ面F2まで切削した後、切削工具4を被削材3から引き離す。この切削は、突切りの仕上げ加工であり、図示されるように、移動制御部13は送り機構12を制御して、所定の仕上げ代だけ、被削材3を加工する。移動制御部13は、切削工具4が仕上げ面F2に到達する切削終了目標位置を正確に管理し、切削工具4が仕上げ面F2を加工したタイミングで、切削工具4を被削材3から引き離すように制御する。この仕上げ加工は、比較的大きな切削幅で削る端面切削であるためにびり振動が問題になることがある反面、切削時間は短くてすむという特徴がある。

【0015】

実施形態の加工装置1では、回転制御部11が、主軸2の回転を加速させ続ける加速制御を実行する機能を持ち、回転制御部11による主軸回転速度の加速制御中に、移動制御部13が、切削工具4を被削材3の加工面F1から仕上げ面F2まで切削するように送り機構12を制御する。加工装置1によれば、主軸2の回転加速中に切削工程を完了させることで、再生びり振動の発生を抑制できる。

【0016】

実施形態では、ある回転位置における現在の速度と、その回転位置における1回転前の速度の比率(速度変動比)を1よりも大きくなるように速度変動させる制御を、その回転位置における主軸回転の加速制御と定義する。回転制御部11は、主軸回転軸線の全周にわたる全ての回転位置で速度変動比が1よりも大きくなるように加速制御を実行する機能を有する。したがって回転制御部11による主軸回転速度の加速制御中は、全ての回転位置で現在の速度が1回転前の速度より高くなり、再生びり振動の発生を抑制できる。なお加速制御では、全ての回転位置において現在の速度が1回転前の速度よりも高くなるように速度変動が実施されればよく、1回転内での速度変動の高低の関係は特に限定されない。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

なお回転制御部 1 1 は、主軸 2 の回転を減速させ続ける減速制御を実行する機能を有し、回転制御部 1 1 による主軸回転速度の減速制御中に、移動制御部 1 3 が、切削工具 4 を被削材 3 の加工面 F 1 から仕上げ面 F 2 まで切削するように送り機構 1 2 を制御してもよい。この場合においても、主軸 2 の回転減速中に切削工程を完了させることで、再生びり振動の発生を抑制できる。

【 0 0 1 8 】

減速制御は、速度変動比を 1 よりも小さくなるように速度変動させる制御として定義される。回転制御部 1 1 は、主軸回転軸線の全周にわたる全ての回転位置で速度変動比が 1 よりも小さくなるように減速制御を実行する機能を有する。したがって回転制御部 1 1 による主軸回転速度の減速制御中は、全ての回転位置で現在の速度が 1 回転前の速度より低くなり、再生びり振動の発生を抑制できる。減速制御においては、全ての回転位置において現在の速度が 1 回転前の速度よりも低くなるような速度変動が実施されればよく、1 回転内での速度変動の高低の関係は特に限定されない。

10

【 0 0 1 9 】

以上のように加工装置 1 では、回転制御部 1 1 による主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、突切りによる仕上げ加工を実施することで、再生びり振動の発生を抑制する。切削工具 4 が被削材 3 の加工面 F 1 から仕上げ面 F 2 まで切削する間、回転制御部 1 1 による加速制御または減速制御が継続して実施されることで、びり振動が常に抑制される。これにより工具損耗の抑制や、仕上げ面が常に残る場合に仕上げ精度の優れた加工を実現できる。

20

【 0 0 2 0 】

ここで仕上げ精度に注目すると、加速制御または減速制御は、切削工具 4 を被削材 3 から引き離す直前のタイミングで少なくとも実施されていけばよい。ここで仕上げ精度に最も影響を与えるのは、引き離す直前の 2 回転分の加工である。したがって回転制御部 1 1 が加速制御または減速制御により主軸 2 を少なくとも 2 回転以上させているときに、移動制御部 1 3 が切削工具 4 を被削材 3 から引き離すことで、仕上げ精度の優れた加工を実現できる。

【 0 0 2 1 】

図 2 (a) - (d) は、実施形態の仕上げ加工の工程を説明するための図である。図 2 (a) は、主軸回転速度の時間変化を示し、図 2 (b) は、速度変動比の時間変化を示し、図 2 (c) は、送り量の時間変化を示し、図 2 (d) は、工具位置の時間変化を示す。

30

【 0 0 2 2 】

この仕上げ加工では、まず回転制御部 1 1 が回転機構 1 0 を制御して、主軸 2 を所定の回転速度で回転させる。このときの工具位置を初期位置（鉛直方向の位置 = 0 mm）とする。回転制御部 1 1 は、0 . 2 秒経過時に、主軸 2 の回転加速制御を開始する。実施形態の回転制御部 1 1 は、回転加速制御開始から 0 . 5 秒間、主軸 2 の回転速度を一定の速度変動比（1 . 0 2）で加速させる。実施形態において速度変動比は、同じ回転位置における現在と 1 回転前の速度比であり、したがって速度変動比が 1 より大きく設定されることで、加速制御中は、全ての回転位置における速度が 1 回転前よりも高くなる。速度変動比は、びり振動を抑制可能な値以上に設定することが好ましい。なお回転制御部 1 1 は、時間の経過とともに速度変動比を変化させる変動制御を行ってもよい。

40

【 0 0 2 3 】

移動制御部 1 3 は、回転制御部 1 1 が主軸 2 の回転を開始した後に、切削工具 4 を被削材 3 に接触させる。この例では図 2 (c)、(d) に示すように、回転加速制御開始後に、移動制御部 1 3 が切削工具 4 の送りを開始して、被削材 3 に近づける方向に移動させ、切削工具 4 を被削材 3 に接触させている。たとえば移動制御部 1 3 は、回転制御部 1 1 が主軸回転速度の変動を開始するタイミングの通知を受けて、変動開始タイミングの後に切削工具 4 を被削材 3 に接触させるように、送り機構 1 2 を制御してよい。

【 0 0 2 4 】

50

実施形態の移動制御部 13 は、主軸回転速度の変動開始タイミングを、回転制御部 11 から通知される。回転制御部 11 は、回転速度の変動を開始したときに（つまり 0.2 秒経過の時点で）、変動を開始したことを移動制御部 13 に通知してよいし、また回転速度の変動を開始する前に、変動の開始タイミングを事前に移動制御部 13 に通知してもよい。いずれにしても移動制御部 13 は、主軸 2 の回転速度の変動が開始されるタイミングを回転制御部 11 から通知されて、変動開始タイミングの後に切削工具 4 を被削材 3 に接触させるように、送り機構 12 を制御する。図 2 に示す例で、移動制御部 13 は、変動開始後、一定の送り量または送り速度で、切削工具 4 を移動させる。

【0025】

移動制御部 13 は、回転制御部 11 による主軸回転速度の加速制御中に、切削工具 4 を被削材 3 から引き離す。ここでは移動制御部 13 が、工具位置が -0.5 mm となった時点で、切削終了を判定し、切削工具 4 を被削材 3 から引き離す方向に移動させる。移動制御部 13 は、送り速度を減速して反転させることで切削工具 4 を被削材 3 から引き離し、これによって仕上げ加工が終了する。

【0026】

以上のように、主軸回転速度の変動開始から終了までの時間を変動時間と呼び、切削工具 4 による切削開始から終了までの時間を切削時間と呼ぶと、

変動時間 > 切削時間

となるように、回転制御部 11 および移動制御部 13 は、それぞれ主軸 2 の回転および切削工具 4 の送りを制御する。移動制御部 13 は、変動時間の間に切削時間が収まるように、変動開始タイミングを用いて切削工具 4 の送り制御を開始する。これにより実施形態の加工装置 1 によれば、効果的に再生びり振動の発生を抑制できる。

【0027】

以上、本開示を実施例をもとに説明した。この実施例は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本開示の範囲にあることは当業者に理解されるところである。図 2 に示したタイミングチャートでは、回転加速制御開始後に、移動制御部 13 が切削工具 4 の送りを開始して、0.4 秒経過時に切削工具 4 を被削材 3 に接触させたが、移動制御部 13 は、主軸回転速度の変動開始前、つまり 0.2 秒経過前に、切削工具 4 を被削材 3 に接触させてもよい。この場合であっても、移動制御部 13 は、切削終了時刻が変動終了時刻よりも時間的に前になるように切削工具 4 の送り制御を実施して、主軸 2 の回転加速中に切削工程を完了させることで、仕上げ精度の優れた加工を実現できる。

【0028】

本開示の態様の概要は、次の通りである。本開示のある態様の加工装置は、切削工具または被削材を取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、回転機構による主軸の回転を制御する回転制御部と、被削材に対して切削工具を相対的に移動させる送り機構と、主軸回転中に送り機構により切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる移動制御部と、を備える。回転制御部は、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行する機能を有する。移動制御部は、回転制御部が主軸の回転を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、回転制御部による主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離すように、送り機構を制御する。

【0029】

この態様によると、移動制御部が、切削工具による切削工程を、主軸回転速度が加速方向または減速方向に変動している間に終了させるために、再生びり振動の発生を効果的に抑制できる。

【0030】

移動制御部は、回転制御部が加速制御または減速制御により主軸を少なくとも 2 回転以上させているときに、切削工具を被削材から引き離すことが好ましい。移動制御部は、回転制御部が主軸回転速度の変動を開始した後に、切削工具を被削材に接触させ、回転制御

10

20

30

40

50

部が主軸回転速度の変動を終了する前に、切削工具を被削材から引き離してよい。なお移動制御部は、回転制御部が主軸回転速度の変動を開始するタイミングの通知を受けて、変動開始タイミングの後に切削工具を被削材に接触させるように、送り機構を制御してよい。

【0031】

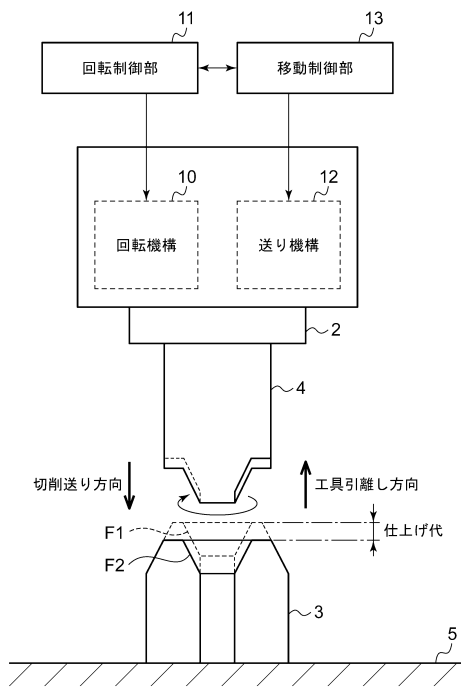
本開示の別の態様の切削加工方法は、切削工具または被削材を取り付けられた主軸の回転速度を制御する回転制御ステップと、主軸回転中に切削工具を被削材に接触させて、切削工具による加工を行わせる加工ステップと、を備える。回転制御ステップは、主軸の回転を加速させ続ける加速制御または主軸の回転を減速させ続ける減速制御を実行するステップを含み、加工ステップは、主軸の回転が開始された後に、切削工具を被削材に接触させ、主軸回転速度の加速制御中または減速制御中に、切削工具を被削材から引き離すステップを含む。

【符号の説明】

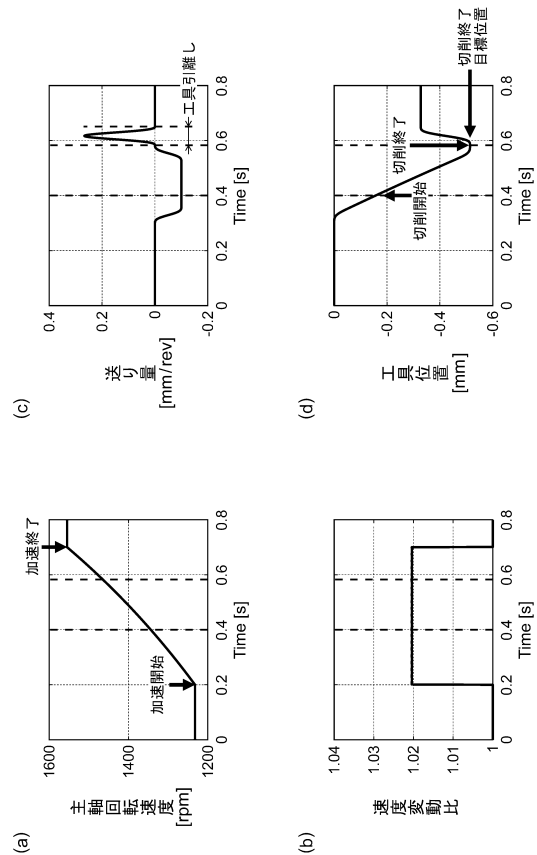
【0032】

1・・・加工装置、2・・・主軸、3・・・被削材、4・・・切削工具、5・・・固定台、10・・・回転機構、11・・・回転制御部、12・・・送り機構、13・・・移動制御部。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 社本 英二
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 南 秀鉉
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

審査官 松井 裕典

- (56)参考文献 特開2018-062056(JP,A)
特開2016-163918(JP,A)
特開2005-144580(JP,A)
特開昭49-105277(JP,A)
西独国特許出願公開第02042138(DE,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23Q 15/00 - 15/28