

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4848393号
(P4848393)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(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 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-128561 (P2008-128561)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成20年5月15日(2008.5.15)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2009-274179 (P2009-274179A)		東京都港区港南二丁目1番5号
(43) 公開日	平成21年11月26日(2009.11.26)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成22年9月22日(2010.9.22)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	安田 千秋
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂研究所内
		(72) 発明者	梅原 隆一
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂研究所内
		(72) 発明者	清水 信男
			兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号
			三菱重工業株式会社 高砂製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作機械の制御方法および制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工前と加工後でのワークの固有振動を設定し、かつ加工ツールの加工時の振動成分を設定する工程と、

前記ワークの固有振動の加工前と加工後と間での領域について、前記加工ツールの振動成分が共振する範囲以外での前記加工ツールの稼働条件を判定する工程と、

判定した前記加工ツールの稼働条件に基づいて前記ワークの加工を実行する工程と、を含むことを特徴とする工作機械の制御方法。

【請求項2】

前記加工ツールの稼働条件は、前記加工ツールの送り量および切り込み量を一定とした前記加工ツールの回転数であることを特徴とする請求項1に記載の工作機械の制御方法。

10

【請求項3】

前記ワークの固有振動、および前記加工ツールの加工時の振動成分を、キャンベル線図上に設定することを特徴とする請求項1または2に記載の工作機械の制御方法。

【請求項4】

加工前と加工後でのワークの固有振動を設定し、かつ加工ツールの加工時の振動成分を設定する設定部と、

前記ワークの固有振動の加工前と加工後との間での領域について、前記加工ツールの振動成分が共振する範囲以外での前記加工ツールの稼働条件を判定する判定部と、

判定した前記加工ツールの稼働条件に基づいて前記ワークの加工を実行する制御部と、

20

を備えたことを特徴とする工作機械の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、切削加工などを行う工作機械において、ワーク加工時のびびり振動を防止する工作機械の制御方法および制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、切削加工では、ワークの固有振動に対して加工ツールの稼働時の振動が共振することによりびびり振動が発生する。びびり振動が発生すると、ワークの加工面粗度の悪化や、振動による加工ツールの切削刃の欠損といった問題が発生する。

10

【0003】

このびびり振動の対策として、例えば特許文献1に示される方法がある。この方法では、現工程においてワークの振動データを取得し、この振動データを用いて、より仕上げ精度の高い次工程におけるびびり振動の発生有無を予測し、この予測されたびびり振動の発生有無の結果に基づいて次工程におけるワークを加工する加工データを修正する。そして、各工程でびびり振動が生じた場合には、その工程で取得したワークの振動データに基づいて該工程におけるワークのびびり振動を防止する。具体的には、加工ツールの送り量を増加させる、加工ツールのワークに対する切削速度（回転数）を減少させる、あるいは加工ツールのワークに対する切り込み量を減少させることにより、ワークのびびり振動を防止する。

20

【0004】

【特許文献1】特開2006-150504号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1に示す方法においては、現工程におけるワークの振動データから、次工程におけるびびり振動の発生有無を予測し、この予測結果に基づいて次工程におけるワークを加工する加工データを修正しているが、びびり振動の発生を防止できない場合がある。これは、切削加工中にワークの質量変化および剛性変化に伴い、ワークの固有振動が変化することによる。このため、ワークの加工中に、ワークの固有振動に対して加工ツールの固有振動が共振してびびり振動が発生する。特許文献1に示す方法では、このびびり振動を防ぐため、加工ツールの送り量や回転数や切り込み量など加工ツールの稼働条件を変更している。

30

【0006】

しかしながら、ワークの加工中に、加工ツールの稼働条件を変更すると、変更の前後でのワークの加工面粗度が変化して加工面粗度の悪化を招くと共に、加工時間が増加して加工コストが高くなることになる。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、ワークの加工面粗度を向上し、かつ加工コストを低減することのできる工作機械の制御方法および制御装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するために、本発明の工作機械の制御方法では、加工前と加工後でのワークの固有振動を設定し、かつ加工ツールの加工時の振動成分を設定する工程と、前記ワークの固有振動の加工前と加工後と間での領域について、前記加工ツールの振動成分が共振する範囲以外での前記加工ツールの稼働条件を判定する工程と、判定した前記加工ツールの稼働条件に基づいて前記ワークの加工を実行する工程と、を含むことを特徴とする。

50

【 0 0 0 9 】

この工作機械の制御方法は、ワークの加工中にワークの質量や剛性が変化しても、この変化の領域について、ワークの固有振動と加工ツールの振動成分とが共振しない加工ツールの稼働条件でワークの加工を行うことから、びびり振動の発生を防止できる。この結果、びびり振動を抑えるためワークの加工中に加工ツールの稼働条件を変更することがないので、ワークの加工面粗度が向上し、かつ加工時間の増加が無い場合加工コストが低減する。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の工作機械の制御方法では、前記加工ツールの稼働条件は、前記加工ツールの送り量および切り込み量を一定とした前記加工ツールの回転数であることが好ましい。

10

【 0 0 1 1 】

また、本発明の工作機械の制御方法では、前記ワークの固有振動、および前記加工ツールの加工時の振動成分を、キャンベル線図上に設定することが好ましい。

【 0 0 1 2 】

上記の目的を達成するために、本発明の工作機械の制御装置では、加工前と加工後でのワークの固有振動を設定し、かつ加工ツールの加工時の振動成分を設定する設定部と、前記ワークの固有振動の加工前と加工後との間での領域について、前記加工ツールの振動成分が共振する範囲以外での前記加工ツールの稼働条件を判定する判定部と、判定した前記加工ツールの稼働条件に基づいて前記ワークの加工を実行する制御部と、を備えたことを特徴とする。

20

【 0 0 1 3 】

この工作機械の制御装置は、ワークの加工中にワークの質量や剛性が変化しても、この変化の領域について、ワークの固有振動と加工ツールの振動成分とが共振しない加工ツールの稼働条件でワークの加工を行うことから、びびり振動の発生を防止できる。この結果、びびり振動を抑えるためワークの加工中に加工ツールの稼働条件を変更することがないので、ワークの加工面粗度が向上し、かつ加工時間の増加が無い場合加工コストが低減する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、びびり振動の発生を防止して、ワークの加工中に加工ツールの稼働条件を変更する事態を防いだことにより、ワークの加工面粗度を向上でき、かつ加工時間の増加を無くして加工コストを低減できる。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 5 】

以下に添付図面を参照して、本発明における工作機械の制御方法および制御装置の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、本発明の実施例に係る工作機械およびその制御装置を示す概略構成図、図 2 は、加工ツールの稼働条件を判定するためのキャンベル線図、図 3 は、図 1 に示す工作機械の制御装置における動作（制御方法）のフローチャートである。

40

【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、工作機械としてのワーク加工装置 1 は、加工部 2 と、制御装置 4 とを備えている。

【 0 0 1 8 】

加工部 2 の下部にはベッド 2 1 が設けられている。ベッド 2 1 上には門型をなすコラム 2 2 が立設されている。コラム 2 2 の前面には、X 軸方向（左右方向）に延在するガイド 2 3, 2 4 を介してサドル 2 5 が往復移動可能に支持されている。また、サドル 2 5 の前面には、Z 軸方向（鉛直方向）に延在するガイド 2 6 を介して主軸頭 2 7 が昇降可能に支

50

持されている。主軸頭 27 の下面には、加工ヘッド 28 が回転軸 P 回りに回転可能に支持されている。この加工ヘッド 28 には、加工ツール T が保持される。なお、加工ヘッド 28 には、加工ツール T がワーク W に接触した際の接触圧を吸収するダンパ 28 a が設けられている。また、ベッド 21 上には、Y 軸方向（前後方向）に延在するガイド 29 を介してテーブル 30 がスライド移動可能に支持されている。このテーブル 30 には、ワーク W を保持するワーク保持部 31 が設けられている。なお、図 1 で示すワーク W は、ガスタービンなどに用いられるタービン翼を例示している。

【0019】

すなわち、加工部 2 は、加工ツール T を X 軸方向（左右方向）および Z 軸方向（鉛直方向）に移動可能に構成され、かつワーク W を Y 軸方向（前後方向）に移動可能に構成されている。この X 軸方向、Z 軸方向および Y 軸方向の移動は、後述の移動機構駆動部 46 によって駆動される。さらに、加工部 2 は、加工ツール T を回転軸 P 回りに回転可能に構成されている。この加工ツール T の回転は、後述の加工ツール回転駆動部 47 によって駆動される。

10

【0020】

このワーク加工装置 1 は、加工ツール T を回転軸 P 回りに回転させつつ、加工ツール T を X、Z 軸方向に移動させると共に、ワーク W を Y 軸方向に移動させることにより、加工ツール T をワーク W に接触させてワーク W の切削加工を実行する。

【0021】

制御装置 4 は、マイコンなどから構成され、加工部 2 の動作を制御するものである。この制御装置 4 は、制御部 41 を有している。この制御部 41 には、記憶部 42、入力部 43、設定部 44、判定部 45、移動機構駆動部 46、および加工ツール回転駆動部 47 が接続されている。

20

【0022】

入力部 43 には、後述の判定部 45 において加工部 2 の稼働条件を判定するための諸事項が入力される。入力部 43 に入力される諸事項には、ワーク W の固有振動、および加工ツール T の加工時の振動成分がある。ワーク W の固有振動には、加工前と加工後のものがある。これら加工前と加工後のワーク W の固有振動は、ワーク W の設計データに基づいた有限要素法解析または実験モード解析によって得ることができる。また、加工ツール T の振動成分は、加工ツール T の回転数 $[N]$ と加工ツール T の切刃数 $[Z]$ との積 (NZ) で算出された周波数成分、および該周波数成分の高調波成分である。なお、入力部 43 に入力される諸事項には、予め記憶部 42 に格納されたもの、または制御装置 4 の外部から入力部 43 に接続された外部入力手段（図示せず）により入力部 43 に入力されるものがある。

30

【0023】

なお、ワーク W の固有振動には、ねじれモードと曲げモードとがある。ねじれモードは、ワーク W が、図 1 で例示するタービン翼のように板片状の場合、例えば長手方向の中央部を加工する際、ねじれ方向に加重がかかるモードである。一方、曲げモードは、図 1 で例示するワーク W の長手方向の先端部を加工する際、曲げ方向に加重がかかるモードである。これら、ねじれモードと曲げモードとでは、ねじれモードの方が、固有振動が大きく、かつ加工前と加工後とでの固有振動の差が大きいので、びびり振動が発生しやすい。したがって、本実施例では、ねじれモードでの加工における固有振動を適用して説明する。

40

【0024】

設定部 44 は、入力部 43 に入力された、ワーク W の固有振動および加工ツール T の加工時の振動成分を、図 2 に示すキャンベル線図上に設定するものである。

【0025】

判定部 45 は、上記キャンベル線図により、ワーク W の固有振動の加工前と加工後との間での領域について、加工ツール T の振動成分が共振する範囲以外での加工ツール T の稼働条件を判定するものである。なお、本実施例では、加工ツール T の稼働条件を、加工ツール T の送り量および切り込み量を一定とした加工ツール T の回転数としている。加工ツ

50

ールTの回転数は、加工ツールTの振動成分を決定する上で用いられるものであるため、稼働条件としてより好ましい。

【0026】

そして、制御部41は、記憶部42に予め格納したプログラムやデータに従って、主に判定部45で判定された加工ツールTの稼働条件に基づいて、移動機構駆動部46および加工ツール回転駆動部47を制御する。

【0027】

図2のキャンベル線図および図3のフローチャートに基づいて、上記制御装置4によるワーク加工装置1の制御(制御方法)について説明する。

【0028】

まず、入力部43において、加工前と加工後のワークWの固有振動を入力する(ステップS1)。次に、設定部44において、ワークWの固有振動の加工前と加工後との間での領域をキャンベル線図上に設定する(ステップS2)。キャンベル線図は、図2で示すように、縦軸が周波数[Hz]で、横軸が回転数[rpm]とされている。そして、設定部44では、このキャンベル線図上に、ワークWの固有振動の加工前と加工後との間での領域(斜線部分)を設定する。

【0029】

また、入力部43において、加工ツールTの加工時の振動成分を入力する(ステップS3)。次に、設定部44において、加工ツールTの加工時の振動成分をキャンベル線図上に設定する(ステップS4)。このステップS4において、設定部44では、図2に示すように、加工ツールTの加工時の振動成分として、加工ツールTの回転数[N]と加工ツールTの切削数[Z]との積(NZ)で算出された周波数成分、および該周波数成分の高調波成分(2NZ, 3NZ, 4NZ...)を、キャンベル線図上に設定する。ワークWの固有振動および加工ツールTの加工時の振動成分をキャンベル線図上に設定することにより、加工ツールTの回転数の判定の確認が容易に行える。

【0030】

次に、判定部45において、キャンベル線図により、ワークWの固有振動の加工前と加工後との間での領域について、加工ツールTの振動成分が共振する範囲以外での加工ツールTの回転数を判定する(ステップS5)。これにより、図2に示すように、びびり振動が発生しない回転数の範囲が得られる。

【0031】

最後に、制御部41は、加工ツールTの回転数(稼働条件)に基づいて、加工ツール回転駆動部47を制御すると共に、移動機構駆動部46を制御して、ワークWの加工を実行し(ステップS6)、本制御を終了する。

【0032】

なお、上記ステップS1, S2とステップS3, S4とは、その順番が逆であってもよい。すなわち、先に、加工ツールTの加工時の振動成分を入力(ステップS3)し、この加工ツールTの加工時の振動成分をキャンベル線図上に設定(ステップS4)して、次に、加工前と加工後のワークWの固有振動を入力(ステップS1)し、ワークWの固有振動の加工前と加工後との間での領域をキャンベル線図上に設定(ステップS2)してもよい。

【0033】

このように、本実施例における工作機械の制御方法および制御装置によれば、ワークWの固有振動の加工前と加工後と間での領域について、加工ツールTの振動成分が共振する範囲以外での加工ツールTの回転数(稼働条件)を判定し、この判定した加工ツールTの回転数に基づいてワークWの加工を実行している。このため、ワークWの加工中にワークWの質量や剛性が変化しても、この変化の領域について、ワークWの固有振動と加工ツールTの振動成分とが共振することのない加工ツールTの回転数でワークWの加工を行うことから、びびり振動の発生を防止できる。この結果、びびり振動を抑えるためワークWの加工中に加工ツールTの稼働条件を変更することがないので、ワークの加工面粗度を向上

10

20

30

40

50

でき、かつ加工時間の増加を無くして加工コストを低減できる。

【産業上の利用可能性】

【0034】

以上のように、本発明に係る工作機械の制御方法および制御装置は、ワークの加工面粗度を向上し、かつ加工コストを低減することに適している。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の実施例に係る工作機械およびその制御装置を示す概略構成図である。

【図2】加工ツールの稼働条件を判定するためのキャンベル線図である。

【図3】図1に示す工作機械の制御装置における動作（制御方法）のフローチャートである。 10

【符号の説明】

【0036】

1 ワーク加工装置（工作機械）

2 加工部

21 ベッド

22 コラム

23, 24 ガイド

25 サドル

26 ガイド 20

27 主軸頭

28 a ダンパ

28 加工ヘッド

29 ガイド

30 テーブル

31 ワーク保持部

4 制御装置

41 制御部

42 記憶部

43 入力部 30

44 設定部

45 判定部

46 移動機構駆動部

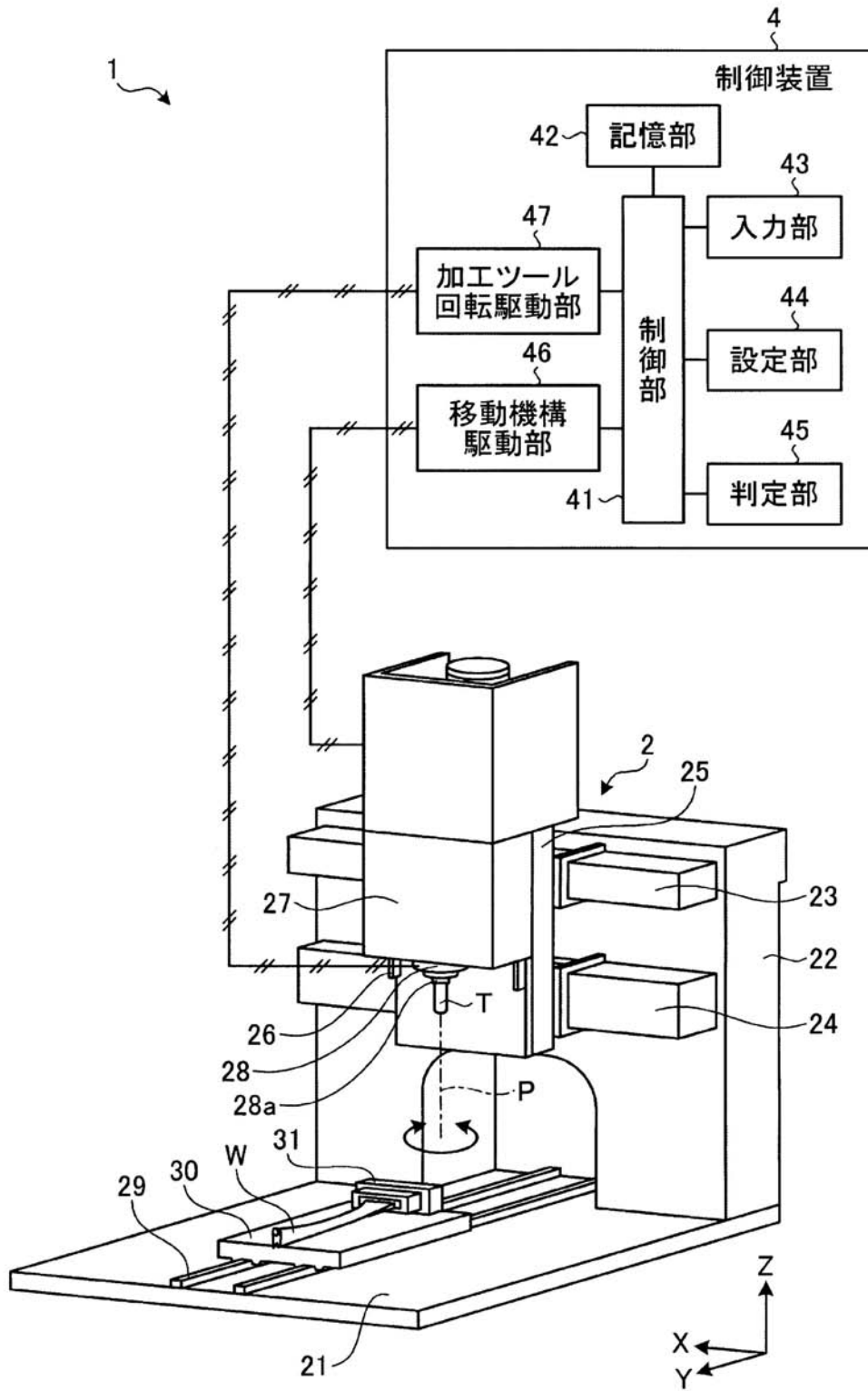
47 加工ツール回転駆動部

P 回転軸

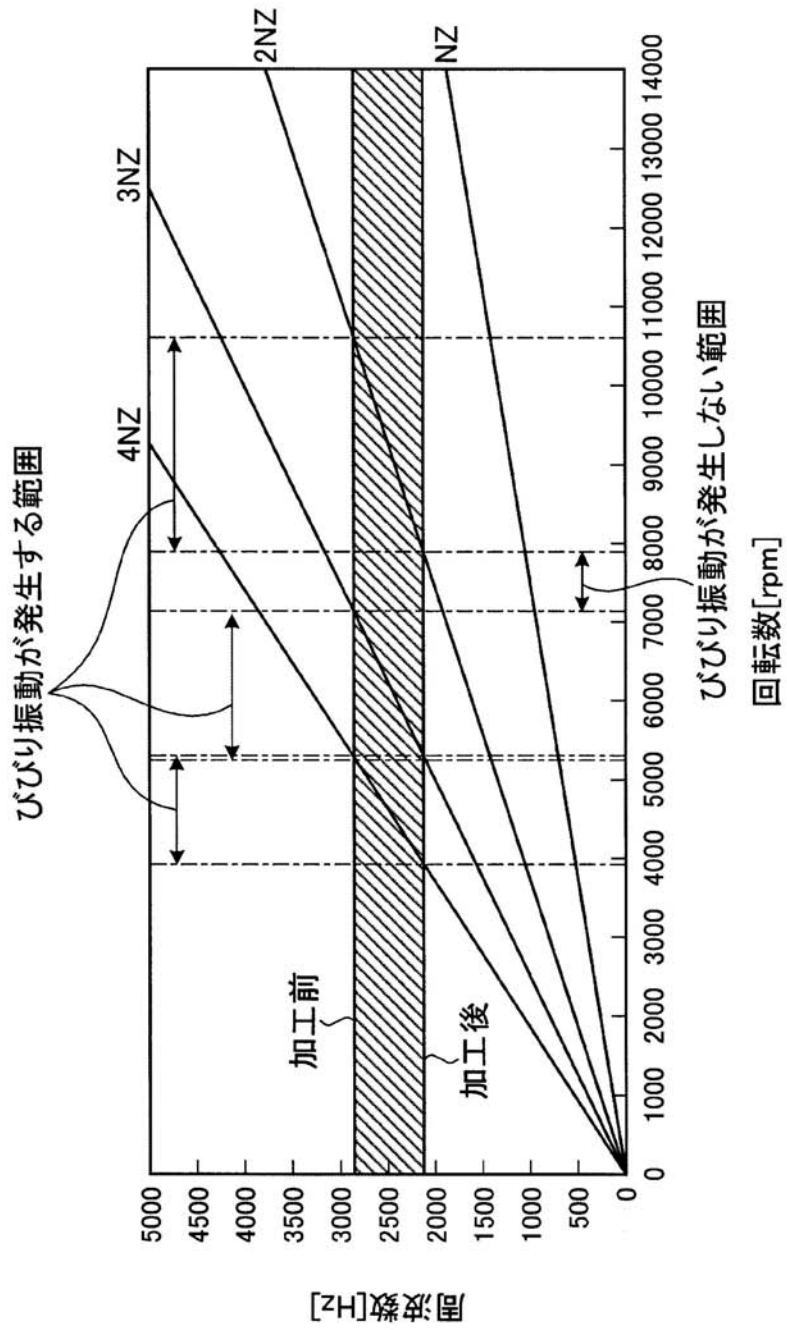
T 加工ツール

W ワーク

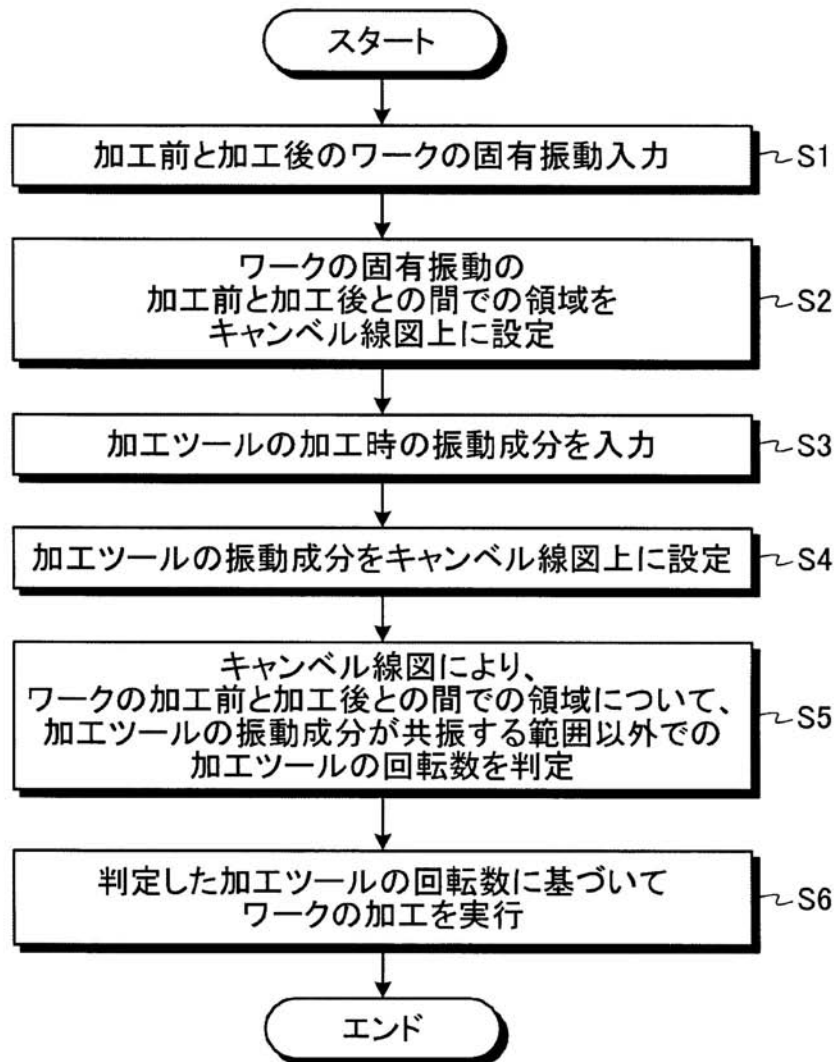
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 松下 裕一

滋賀県栗東市六地藏130番地 三菱重工業株式会社 工作機械事業部内

(72)発明者 井上 淳司

広島市西区観音新町四丁目6番22号 三菱重工業株式会社 広島研究所内

審査官 松浦 陽

(56)参考文献 特開2006-150504(JP,A)

特開平10-002361(JP,A)

特開2000-237932(JP,A)

特開2004-351597(JP,A)

国際公開第02/003155(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q 15/00 - 15/28

G05B 19/18 - 19/46