

(19) 日本国特許庁 (JP)

再 公 表 特 許 (A1)

(11) 国際公開番号

W02017/191802

発行日 平成31年3月14日 (2019. 3. 14)

(43) 国際公開日 平成29年11月9日 (2017. 11. 9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 5 B 19/4093 (2006.01)	G O 5 B 19/4093 H	3 C 0 0 1
B 2 3 Q 15/22 (2006.01)	B 2 3 Q 15/22	3 C 0 4 5
B 2 3 B 1/00 (2006.01)	B 2 3 B 1/00 N	3 C 2 6 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

出願番号	特願2018-515713 (P2018-515713)	(71) 出願人	503212652
(21) 国際出願番号	PCT/JP2017/016721		住友電工ハードメタル株式会社
(22) 国際出願日	平成29年4月27日 (2017. 4. 27)		兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(31) 優先権主張番号	特願2016-92410 (P2016-92410)	(71) 出願人	000002130
(32) 優先日	平成28年5月2日 (2016. 5. 2)		住友電気工業株式会社
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
		(71) 出願人	504215519
			住友電工ツールネット株式会社
			大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
		(74) 代理人	110001195
			特許業務法人深見特許事務所
		(72) 発明者	金田 泰幸
			兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内

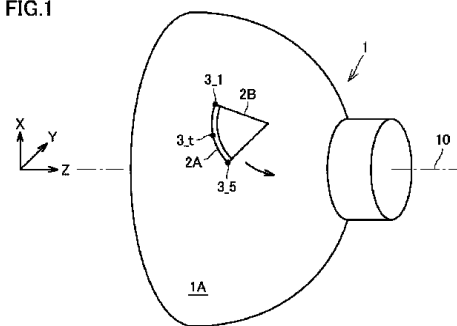
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切れ刃の軌道を補正する方法、記録媒体およびプログラム

(57) 【要約】

回転している工作物の回転対称面 (1 A) を切削加工する切れ刃 (2 A) の軌道を補正する方法が提供される。切れ刃 (2 A) は、工作物の回転軸線 (1 0) に対して斜めに配置されて、回転対称面 (1 A) に接触しながら、回転軸線 (1 0) に対して傾斜した方向に移動する。切れ刃 (2 A) の移動により、回転対称面 (1 A) に接する切れ刃の点 (3__t) は、切れ刃 (2 A) に沿って、切れ刃の第1の端部 (3__1) から、第1の端部の反対側にある前記切れ刃の第2の端部 (3__5) へと移動する。補正する方法は、測定部により、切削加工後の回転対称面 (1 A) の形状を測定するステップと、回転対称面 (1 A) の目標の形状に対する、回転対称面 (1 A) の測定された形状の、回転軸線 (1 0) の方向の誤差を、演算部により算出するステップと、演算部により、切削点の軌道の回転軸線 (1 0) の方向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを備える。

FIG.1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転している工作物の回転対称面を切削加工する切れ刃の軌道を補正する方法であって、

前記切れ刃は、前記工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、前記回転対称面に接触しながら、前記回転軸線に対して傾斜した方向に移動し、

前記切れ刃の移動により、前記回転対称面に接する前記切れ刃の点は、前記切れ刃に沿って、前記切れ刃の第 1 の端部から、前記第 1 の端部の反対側にある前記切れ刃の第 2 の端部へと移動し、

前記補正する方法は、

10

測定部により、切削加工後の前記回転対称面の形状を測定するステップと、

前記回転対称面の目標の形状に対する、前記回転対称面の測定された形状の、前記回転軸線の方法の誤差を、演算部により算出するステップと、

前記演算部により、前記切れ刃の前記第 1 の端部の前記回転軸線の方法の成分を、前記誤差に基づいて補正するステップとを備える、切れ刃の軌道を補正する方法。

【請求項 2】

前記回転軸線を Z 軸とし、前記回転対称面の回転半径の方法の軸を X 軸とし、前記 Z 軸および前記 X 軸の両方に直交する軸を Y 軸とした三次元直交座標系において、

0 から 1 まで変化する変数 t により、前記切れ刃の前記第 1 の端部の補正される前の軌道は $(X(t), Y(t), Z(t))$ と表され、

20

前記回転半径を R_{sh} と表すと、

【数 1】

$$R_{sh}(t) = \sqrt{(X(t) + X_{chip}(t))^2 + (Y(t) + Y_{chip}(t))^2}$$

の関係が成立し、

前記算出するステップにおいて、前記演算部は、前記誤差を、Z 軸方向の関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ として求め、

前記補正するステップにおいて、前記演算部は、前記第 1 の端部の補正前の軌道を、 $(X(t), Y(t), Z(t) - \delta Z(R_{sh}(t)))$ へと補正する、請求項 1 に記載の切れ刃の軌道を補正する方法。

30

【請求項 3】

前記測定するステップにおいて、前記測定部により、前記回転対称面上の少なくとも 3 点において前記回転軸線の方法の誤差が測定され、

前記算出するステップにおいて、前記演算部は、前記誤差の測定結果から補間によって前記関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を決定する、請求項 2 に記載の切れ刃の軌道を補正する方法。

【請求項 4】

切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

40

前記切れ刃は、回転している工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、前記工作物の回転対称面に接触しながら、前記回転軸線を横断するように移動し、

前記切れ刃の移動により、前記回転対称面に接する前記切れ刃の点は、前記切れ刃に沿って、前記切れ刃の第 1 の端部から、前記第 1 の端部の反対側にある前記切れ刃の第 2 の端部へと移動し、

記録媒体は、プログラムがコンピュータに、

測定部によって切削加工後の前記回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、

前記回転対称面の目標の形状に対する、前記回転対称面の測定された形状の、前記回転

50

軸線の方向の誤差を算出するステップと、

前記切れ刃の前記第１の端部の軌道の前記回転軸線の方向の成分を、前記誤差に基づいて補正するステップとを実行させる、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項５】

切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムであって、

前記切れ刃は、回転している工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、前記工作物の回転対称面に接触しながら、前記回転軸線を横断するように移動し、

前記切れ刃の移動により、前記回転対称面に接する前記切れ刃の点は、前記切れ刃に沿って、前記切れ刃の第１の端部から、前記第１の端部の反対側にある前記切れ刃の第２の端部へと移動し、

10

プログラムは、コンピュータに、

測定部によって切削加工後の前記回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、

前記回転対称面の目標の形状に対する、前記回転対称面の測定された形状の、前記回転軸線の方向の誤差を算出するステップと、

前記切れ刃の第１の端部の軌道の前記回転軸線の方向の成分を、前記誤差に基づいて補正するステップとを実行させる、プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

20

本発明は、切れ刃の軌道を補正する方法、記録媒体及びプログラムに関する。本出願は、２０１６年５月２日に出願した日本特許出願である特願２０１６－０９２４１０号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

【背景技術】

【０００２】

国際公開第２００１／０４３９０２号（特許文献１）は、切れ刃を用いた工作物の加工方法を開示する。切れ刃は、送り方向に対して傾斜して配置されて、工作物の回転軸線を横断する方向に送られる。この加工方法により、工作物の表面が滑らかとなるように工作物の表面を加工できるとともに、高能率での加工が可能になる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】国際公開第２００１／０４３９０２号

【発明の概要】

【０００４】

本発明の一態様に係る、切れ刃の軌道を補正する方法は、回転している工作物の回転対称面を切削加工する切れ刃の軌道を補正する方法である。切れ刃は、工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、回転対称面に接触しながら、回転軸線に対して傾斜した方向に移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃に沿って、切れ刃の第１の端部から、第１の端部の反対側にある切れ刃の第２の端部へと移動する。補正する方法は、測定部により、切削加工後の回転対称面の形状を測定するステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線の方向の誤差を、演算部により算出するステップと、演算部により、切れ刃の第１の端部の軌道の回転軸線の方向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを備える。

40

【０００５】

本発明の一態様に係る記録媒体は、切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。切れ刃は、工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、回転対称面に接触しながら、回転軸線を横断するように移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃

50

に沿って、切れ刃の第１の端部から、第１の端部の反対側にある切れ刃の第２の端部へと移動する。記録媒体は、プログラムがコンピュータに、測定部によって切削加工後の回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線の方

【０００６】

本発明の一態様に係るプログラムは、切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムである。切れ刃は、回転している工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、工作物の回転対称面に接触しながら、回転軸線を横断するように移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃に沿って、切れ刃の第１の端部から、第１の端部の反対側にある切れ刃の第２の端部へと移動する。プログラムは、コンピュータに、測定部によって切削加工後の回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線の方

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係る製造方法を示した斜視図である。

【図２】図２は、本発明の一実施形態に係る製造装置の構成を概略的に示したブロック図である。

【図３】図３は、本発明の実施の形態に従う製造方法に従って切削加工された表面の面粗さを示したグラフである。

【図４】図４は、本発明の実施の形態に係る加工方法に使用される切れ刃の一例を示した模式図である。

【図５】図５は、本発明の実施の形態に係る加工方法に使用される切れ刃の他の例を示した模式図である。

【図６】図６は、切れ刃の座標を説明するための図である。

【図７】図７は、切れ刃によって加工される回転対称面を説明するための図である。

【図８】図８は、回転対称面に接しながら移動する切れ刃を示した図である。

【図９】図９は、回転対称面および切れ刃をＸＹ平面上で表現したモデル図である。

【図１０】図１０は、回転対称面および切れ刃をＸＺ平面上で表現したモデル図である。

【図１１】図１１は、加工後の回転対称面の形状と目標の形状との間のずれを示した模式図である。

【図１２】図１２は、図１１に示されたＺ軸方向のずれと、半径との関係の一例を示した図である。

【図１３】図１３は、本発明の実施の形態に係る補正方法を含む、機械部品の製造方法を示したフローチャートである。

【図１４】図１４は、本発明の実施の形態に係る切削加工が適用される回転対称面の一例を示した図である。

【図１５】図１５は、補正前の軌道に沿って直線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。

【図１６】図１６は、補正後の軌道に沿って直線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。

【図１７】図１７は、補正前の軌道に沿って曲線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。

【図１８】図１８は、補正後の軌道に沿って曲線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

[本開示が解決しようとする課題]

さまざまな要因によって、工作物の加工後の形状が、目標の形状に対してずれることが起こり得る。そのうちの1つの要因は、切れ刃の摩耗である。しかし切れ刃を交換するためには工作機械を停止しなければならない。生産性の観点からは、できるだけ長い時間、機械を連続的に稼働することが好ましい。

【0009】

本開示の目的は、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現するための技術を提供することである。

[本開示の効果]

本開示によれば、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現することができる。

10

【0010】

[本発明の実施形態の説明]

最初に本発明の実施態様を列記して説明する。

【0011】

(1) 本発明の一態様に係る、切れ刃の軌道を補正する方法は、回転している工作物の回転対称面を切削加工する切れ刃の軌道を補正する方法である。切れ刃は、工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、回転対称面に接触しながら、回転軸線に対して傾斜した方向に移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃に沿って、切れ刃の第1の端部から、第1の端部の反対側にある切れ刃の第2の端部へと移動する。補正する方法は、測定部により、切削加工後の回転対称面の形状を測定するステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線方向の誤差を、演算部により算出するステップと、演算部により、切れ刃の第1の端部の軌道の回転軸線方向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを備える。

20

【0012】

上記によれば、軌道が補正されることによって、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現することができる。

【0013】

(2) 好ましくは、回転軸線をZ軸とし、回転対称面の回転半径の方向の軸をX軸とし、Z軸およびX軸の両方に直交する軸をY軸とした三次元直交座標系において、0から1まで変化する変数tにより、補正される前の切削点の軌道は $(X(t), Y(t), Z(t))$ と表される。回転半径を R_{sh} と表すと、

30

【0014】

【数1】

$$R_{sh}(t) = \sqrt{(X(t) + X_{chip}(t))^2 + (Y(t) + Y_{chip}(t))^2}$$

【0015】

の関係が成立する。算出するステップにおいて、演算部は、誤差を、Z軸方向の関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ として求める。補正するステップにおいて、演算部は、第1の端部の補正前の軌道を、 $(X(t), Y(t), Z(t) - \delta Z(R_{sh}(t)))$ へと補正する。

40

【0016】

上記によれば、関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を求めることによって、補正後の軌道を決定することができる。

【0017】

(3) 好ましくは、測定するステップにおいて、測定部により、回転対称面上の少なくとも3点において回転軸線方向の誤差が測定される。算出するステップにおいて、演算部は、誤差の測定結果から補間によって関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を決定する。

【0018】

上記によれば、誤差の測定の点の数を少なくしても、関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を決定す

50

ることができる。

【 0 0 1 9 】

(4) 本発明の一態様に係る記録媒体は、切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。切れ刃は、工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、回転対称面に接触しながら、回転軸線を横断するように移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃に沿って、切れ刃の第 1 の端部から、第 1 の端部の反対側にある切れ刃の第 2 の端部へと移動する。記録媒体は、プログラムがコンピュータに、測定部によって切削加工後の回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線の方法の誤差を算出するステップと、切れ刃の第 1 の端部の軌道の回転軸線の方法の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを実行させる。

10

【 0 0 2 0 】

上記によれば、コンピュータによる軌道の補正を実現することができる。これにより、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現することができる。

【 0 0 2 1 】

(5) 本発明の一態様に係るプログラムは、切れ刃の軌道を補正する方法をコンピュータに実行させるプログラムである。切れ刃は、回転している工作物の回転軸線に対して斜めに配置されて、工作物の回転対称面に接触しながら、回転軸線を横断するように移動する。切れ刃の移動により、回転対称面に接する切れ刃の点は、切れ刃に沿って、切れ刃の第 1 の端部から、第 1 の端部の反対側にある切れ刃の第 2 の端部へと移動する。プログラムは、コンピュータに、測定部によって切削加工後の回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、回転対称面の目標の形状に対する、回転対称面の測定された形状の、回転軸線の方法の誤差を算出するステップと、切れ刃の第 1 の端部の軌道の回転軸線の方法の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを実行させる。

20

【 0 0 2 2 】

上記によれば、コンピュータによる軌道の補正を実現することができる。これにより、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現することができる。

【 0 0 2 3 】

[本発明の実施形態の詳細]

30

以下、図面に基いて本発明の実施の形態を説明する。以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。なお、説明を分かりやすくするために、図面において、発明の構成要素の一部のみが示される場合がある。

【 0 0 2 4 】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る製造方法を示した斜視図である。図 1 に示されるように、回転対称面 (加工面) 1 A を有する機械部品 1 が、回転軸線 1 0 を中心として回転する。機械部品 1 は、本発明の一実施形態に係る製造方法によって製造される製造品である。

【 0 0 2 5 】

図 1 には、本発明の一実施形態に係る製造方法の一工程である加工工程が示される。したがって図 1 に示す工程においては、機械部品 1 を工作物と呼ぶこともできる。加工工程は切削を含む。本発明の一実施形態に係る製造方法は、他の工程を含んでもよい。製造方法は、たとえば、鑄造工程、組み立て工程、検査工程等を含むことができる。

40

【 0 0 2 6 】

本発明の一実施形態に係る製造方法においては、三次元直交座標系に従って、切れ刃 2 A の送りが制御される。図 1 において、Z 軸は、回転軸線 1 0 に相当する。X 軸および Y 軸は、ともに Z 軸に対して垂直であるとともに、互いに垂直である。X 軸は、切削加工において径方向あるいは刃送り方向とも称される、回転対称面の直径または回転半径の寸法を決定する方向とすることができる。Y 軸は、X 軸および Z 軸の両方に直交する軸であり、たとえば横方向あるいは回転方向と呼ばれる。たとえば旋盤において X 軸、Y 軸、Z 軸

50

と定められる軸を、本発明の実施の形態における X 軸、Y 軸および Z 軸に適用することができる。

【0027】

この実施形態では、Z 軸方向は、切れ刃 2 A の送り（縦送り）方向と定義される。X 軸の負の方向は、機械部品 1 への切れ込み方向であると定義される。Y 軸の方向は、切削のための切れ刃 2 A の移動方向とは逆の方向である。

【0028】

切れ刃 2 A は、切削チップ 2 B の一部である。切削チップ 2 B は、ホルダ（工具）に着脱自在である。なお、図 1 では、ホルダは示されていない。以下、切れ刃 2 A と切削チップ 2 B とを区別する必要がない場合には、両方を「切れ刃」と総称する。

10

【0029】

切れ刃 2 A は、X 軸成分、Y 軸成分および Z 軸成分を有する軌道に沿って機械部品 1 に接触しながら送られる。切削開始から切削終了までの間、先端 3 __ 1 から後端 3 __ 5 までの切れ刃 2 A の個々の領域が、加工されるべき面（回転対称面 1 A）に順次接触する。図 1 において、点 3 __ t は、回転対称面 1 A に接触する切れ刃 2 A の位置を表す。切れ刃 2 A の移動によって、点 3 __ t は、先端 3 __ 1 から後端 3 __ 5 まで移動する。これにより回転対称面 1 A が切削加工される。

【0030】

本発明の実施の形態において、回転対称面 1 A の種類は特に限定されない。回転対称面 1 A は、回転軸線 1 0 の周りを回転する線によって決定することができる。この線は、本実施の形態において「母線（generating line）」と呼ばれる。回転軸線 1 0 を含む機械部品 1 の断面において、母線は、回転対称面 1 A に対応する部分を表現する線に対応する。

20

【0031】

回転対称面 1 A の母線は、直線であってもよい。言い換えると、回転対称面 1 A は、円柱の側面あるいは円錐台面であってもよい。円錐台面あるいは円柱側面のように母線が直線である回転対称面を、以下では「直線回転面」と称する。

【0032】

あるいは、回転対称面 1 A の母線は、円弧を含む任意の曲線であってもよい。図 1 および以下に説明される図面においては、回転対称面の母線が曲線である例が示される。母線が円弧を含む任意の曲線である回転対称面を、以下では「曲線回転面」と称する。

30

【0033】

機械部品 1 の種類は、特に限定されない。一実施形態では、機械部品 1 は、自動車の駆動系部品である。たとえば、機械部品 1 は、無段変速機を構成するためのプーリである。

【0034】

図 2 は、本発明の一実施形態に係る製造装置の構成を概略的に示したブロック図である。本発明の一実施形態に係る製造装置 1 0 0 は、たとえばコンピュータ化数値制御（CNC）旋盤によって実現可能である。図 2 に示されるように、製造装置 1 0 0 は、入力部 1 0 1 と、表示部 1 0 2 と、記憶部 1 0 3 と、制御部 1 0 4 と、駆動部 1 0 5 と、送り機構 1 0 6 と、測定部 1 0 7 と、ホルダ 2 と、切れ刃 2 A を有する切削チップ 2 B とを備える。

40

【0035】

入力部 1 0 1 は、ユーザによって操作される。入力部 1 0 1 は、ユーザからの情報を受け付けて、その情報を制御部 1 0 4 に送る。ユーザからの情報は、ユーザによって選択されるプログラムについての情報、機械部品 1 の製造（回転対称面の加工）のために必要な各種のデータ、ユーザからの指令などを含む。

【0036】

表示部 1 0 2 は、文字、記号、図形等を表示する。表示部 1 0 2 は、入力部 1 0 1 が受け付けた情報、制御部 1 0 4 の演算結果などを表示することができる。

【0037】

50

記憶部 103 は、入力部 101 が受け付けた情報、機械部品 1 の製造のためのプログラムなどを記憶する。このプログラムは、回転対称面の加工のためのプログラムおよび切れ刃の軌道の補正のためのプログラムを含む。一実施形態によれば、記憶部 103 は、書き換え可能な不揮発性の記憶装置によって構成される。したがって記憶部 103 は、プログラムを記録した記録媒体に相当する。プログラムは、通信回線を通じて提供されてもよい。この場合にも、プログラムは、記憶部 103 に記憶される。

【0038】

制御部 104 は、製造装置 100 を統括して制御するように構成されたコンピュータである。制御部 104 は、演算部 110 を含む。演算部 110 は、入力部 101 が受け付けた情報、記憶部 103 に記憶された情報に基づいて数値演算を実行する。たとえば CPU (Central Processing Unit) が、プログラムを実行することにより、演算部 110 が具現化されてもよい。

10

【0039】

駆動部 105 は、送り機構 106 を駆動する。駆動部 105 は、制御部 104 によって制御される。送り機構 106 は、ホルダ 2 を、X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向に送ることが可能に構成される。測定部 107 は、切削加工後の回転対称面 1A の形状を測定する。測定部 107 の測定した結果は、制御部 104 に送られる。制御部 104 は、回転対称面 1A の測定された形状に基づいて、回転対称面 1A の目標の形状に対する測定された形状の誤差を算出する。その算出された誤差に基づいて、制御部 104 は、切れ刃 2A の軌道を補正する。

20

【0040】

ホルダ 2 は、切削チップ 2B を保持することにより、切れ刃 2A を保持する。ホルダ 2 は、送り機構 106 に取り付けられる。切れ刃 2A による回転対称面 1A の加工時には、ホルダ 2 は、回転軸に対して回転不能となるように送り機構 106 に固定される。したがって回転対称面 1A の加工時には、ホルダ 2 は、切れ刃 2A の角度を保持する。一方、回転対称面 1A の加工時以外の時（一例では、製造装置 100 のメンテナンス時）には、ホルダ 2 は、回転軸を中心として回転可能である。これにより、たとえば製造装置 100 のメンテナンスが容易になるといった利点を得られる。

【0041】

切れ刃 2A は、切削チップ 2B のすくい面と逃げ面との稜線により形成される。本発明の 1 つの実施の形態において、この稜線は曲線である。すなわち切れ刃 2A の形状は曲線形である。一例では、切れ刃 2A は円弧形状を有する。

30

【0042】

図 1 に示した例では、切れ刃 2A は、回転対称面 1A に向けて凸となる形状を有する。しかしながら切れ刃 2A は、凹みを有していてもよい。切れ刃 2A が回転対称面 1A の加工済の部分に干渉しないように、切れ刃 2A の形状を決定することができる。

【0043】

本発明の他の実施の形態において、切れ刃 2A の形状は直線形であってもよい。本明細書において「直線状」との用語は、切れ刃 2A の形状が直線であることを意味する。直線状の切れ刃を実現するための切削チップ 2B の形状は、特に限定されない。一実施形態では、切削チップ 2B は、三角柱形状を有する。

40

【0044】

本発明の実施の形態によれば、切れ刃 2A の形状によらず、切削開始から切削終了までの間、切れ刃 2A の個々の領域が回転対称面 1A に順次接触する。このような加工によって、切れ刃 2A の全体に摩耗が分散する。したがって切れ刃 2A の寿命を延ばすことができる。

【0045】

図 3 は、本発明の実施の形態に従う製造方法に従って切削加工された表面の面粗さを示したグラフである。図 3 において、直線形の切れ刃 2A によって円柱側面を加工した結果の一例が示される。切れ刃の同一箇所を加工面に接触させながら切れ刃を送る切削方法が

50

ある（ポイント切削）。

【 0 0 4 6 】

ポイント切削の場合、切れ刃を Z 軸方向に送りながら、切れ刃の X 軸上の座標を変化させる。これによって、さまざまな形状の回転対称面を形成することができる。ポイント切削の場合、切れ刃の接触抵抗が小さいという利点を得られる。しかしながら、加工された面に、螺旋状の軌跡が形成されやすい。本発明の実施の形態に従う製造方法は、切れ刃の全体を使用することにより、切れ刃の送り速度を大きくしつつ加工面の精度（面粗さ）を高くすることができる。したがって、より滑らかな面を形成することができる。

【 0 0 4 7 】

以下に本発明の実施の形態に係る製造方法、特に、回転対称面の加工を詳細に説明する。

10

【 0 0 4 8 】

1. 概要

図 4 は、本発明の実施の形態に係る加工方法に使用される切れ刃の一例を示した模式図である。図 5 は、本発明の実施の形態に係る加工方法に使用される切れ刃の他の例を示した模式図である。

【 0 0 4 9 】

図 4 および図 5 を参照して、切削チップ 2 B の切れ刃 2 A は、曲線状の切れ刃であってもよい。あるいは切れ刃 2 A は、直線状の切れ刃であってもよい。いずれの形状であっても、切れ刃 2 A の全体を使用しながら回転対称面 1 A が加工される。このような切削加工において、切れ刃 2 A の一部が他の部分に比べて著しく摩耗することを防ぐことができる。したがってチップの寿命を長くすることができる。さらに、切れ刃 2 A の全体を使用しながら回転対称面 1 A が加工されるので、加工面の精度を高くすることができる（図 3 を参照）。

20

【 0 0 5 0 】

2. 切れ刃の軌道

(1) 切れ刃の全体の使用

切れ刃 2 A の軌道は、X Y Z 座標系によって表現される。X 軸、Y 軸および Z 軸の各々の方向は、図 1 に示されるように定義される。

【 0 0 5 1 】

図 6 は、切れ刃の座標を説明するための図である。図 6 を参照して、変数 t が導入される。変数 t は、切れ刃 2 A による、回転対称面の切削の進行の度合いを表現するための変数である。以後において、変数 t を「切削進行度 t 」と称する。切削進行度 t は、0 以上 1 以下の値をとる。 $t = 0$ は、回転対称面の切削の開始を表す。 $t = 1$ は、回転対称面の切削の終了を表す。

30

【 0 0 5 2 】

切削進行度 t に従って、点 3 __ t の位置が変化する。 $t = 0$ のとき、点 3 __ t は、先端 3 __ 1 に位置付けられる。 $t = 1$ のとき、点 3 __ t は、後端 3 __ 5 に位置付けられる。

【 0 0 5 3 】

点 3 __ t の座標は、 $(X_{chip}(t), Y_{chip}(t), Z_{chip}(t))$ と表現される。 $(X_{chip}(t), Y_{chip}(t), Z_{chip}(t))$ は、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の位置を基準とする相対座標である。なお、切削加工の間は、ホルダ 2 によって切削チップ 2 B の回転が抑えられる。このため、切削進行度 t が 0 から 1 まで変化する間、 $X_{chip}(t), Y_{chip}(t), Z_{chip}(t)$ の各々を表す関数は変化しない。

40

【 0 0 5 4 】

図 7 は、切れ刃によって加工される回転対称面を説明するための図である。図 7 を参照して、R 軸は、回転対称面の回転半径の方向の軸である。R 軸は、Z 軸と直交する。図 7 に示されるように、R Z 平面上では、回転対称面 1 A が線によって表現される。この線は、回転対称面 1 A に応じて、直線および曲線のいずれかであり得る。

【 0 0 5 5 】

50

本発明の実施の形態では、回転対称面 1 A の外端から回転対称面 1 A の内端に向けて切削加工が実行される。切れ刃 2 A の移動に伴い、切れ刃 2 A に接する回転対称面 1 A 上の切削点 P の位置が変化する。したがって切削点 P の座標は、切削進行度 t に依存する関数として表現することができる。

【0056】

切削点 P の座標は、 $(R_{sh}(t), Z_{sh}(t))$ と表される。 $R_{sh}(t)$ は、Z 軸上の回転中心から切削点 P までの距離に対応する、回転対称面 1 A の回転半径である。 $Z_{sh}(t)$ は、その回転中心の Z 軸座標である。さまざまな形状の回転対称面に応じて関数 $R_{sh}(t)$ および関数 $Z_{sh}(t)$ を適切に定めることができる。

【0057】

$t = 0$ の場合、切削点 P は、切削開始位置 P 1 に位置付けられる。切削開始位置 P 1 における回転対称面の半径を R_{max} とする。切削開始位置 P 1 の Z 軸座標を 0 とする。すなわち $(R_{sh}(0), Z_{sh}(0)) = (R_{max}, 0)$ である。 R_{max} は、予め決定された値である。

【0058】

$t = 1$ の場合、切削点 P は、切削終了位置 P 2 に位置付けられる。切削終了位置 P 2 における回転対称面の半径を R_{min} とする。切削開始位置 P 1 の Z 軸座標を H とする。すなわち $(R_{sh}(1), Z_{sh}(1)) = (R_{min}, H)$ である。 R_{min} および H は、ともに予め決定された値である。

【0059】

図 8 は、回転対称面に接しながら移動する切れ刃を示した図である。図 8 に示されるように、切れ刃 2 A は、回転対称面 1 A の切削点 P に接触しながら送られる。

【0060】

$t = 0$ の場合、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 (第 1 の端部) は、回転対称面 1 A の切削開始位置 P 1 に位置づけられる。切れ刃 2 A 上の点 3 __ t の位置は、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の位置に等しい。

【0061】

$t = 1$ の場合、切れ刃 2 A の後端 3 __ 5 (第 2 の端部) は、切削終了位置 P 2 に位置付けられる。切れ刃 2 A 上の点 3 __ t の位置は、切れ刃 2 A の後端 3 __ 5 (第 2 の端部) の位置に等しい。

【0062】

図 6 および図 8 に示されるように、 $t = 0$ のときの切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の座標は、 $(X_{chip}(0), Y_{chip}(0), Z_{chip}(0))$ と表現することができる。切れ刃 2 A の軌道において、 $(X_{chip}(0), Y_{chip}(0), Z_{chip}(0))$ を XYZ 座標系の原点とする。切削開始位置 P 1 の座標は $(R_{sh}(0), Z_{sh}(0))$ である。

【0063】

$t = 1$ のときの切れ刃 2 A の後端 3 __ 5 の座標は、 $(X_{chip}(1), Y_{chip}(1), Z_{chip}(1))$ と表現することができる。切削終了位置 P 2 の座標は $(R_{sh}(1), Z_{sh}(1))$ である。

【0064】

切れ刃 2 A の点 3 __ t の座標を、一般的に、 $(X(t), Y(t), Z(t))$ と表現する。 $t = 0$ の場合、 $(X(0), Y(0), Z(0)) = (X_{chip}(0), Y_{chip}(0), Z_{chip}(0)) = (0, 0, 0)$ である。切れ刃 2 A 上の点 3 __ t の座標は $(X_{chip}(t), Y_{chip}(t), Z_{chip}(t))$ である。

【0065】

切れ刃 2 A は、点 3 __ t において、回転対称面 1 A 上の切削点 P に接する。切削点 P の座標は、 $(R_{sh}(t), Z_{sh}(t))$ と表される。しかし、 $Z_{chip}(t)$ と $Z_{sh}(t)$ とは異なる。その理由は、点 3 __ t の Z 軸座標 $Z_{chip}(t)$ が、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の Z 座標を基準とした相対座標で表されるためである。

【0066】

10

20

30

40

50

(2) 回転対称面の加工のための条件

図 9 は、回転対称面 1 A および切れ刃 2 A を X Y 平面上で表現したモデル図である。図 9 において、X Y 平面は、切削点 P を含む平面である。切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の X 座標および Y 座標は、 $(X(t), Y(t))$ と表される。切れ刃 2 A の点 3 __ t の位置は、先端 3 __ 1 の位置に対して $(X_{chip}(t), Y_{chip}(t))$ だけ異なる。したがって、切れ刃 2 A の点 3 __ t の X 座標および Y 座標は、 $(X(t) + X_{chip}(t), Y(t) + Y_{chip}(t))$ と表される。

【 0 0 6 7 】

図 9 に示されるように、X Y 平面の原点（すなわち Z 軸上の点）から切削点 P までの距離は、 $R_{sh}(t)$ である。切削点 P の X 座標および Y 座標は、切れ刃 2 A の点 3 __ t の X 座標および Y 座標 $(X(t) + X_{chip}(t), Y(t) + Y_{chip}(t))$ に一致する。したがって、以下の式 (1) に示される関係が成立する。

【 0 0 6 8 】

【 数 2 】

$$\sqrt{(X(t) + X_{chip}(t))^2 + (Y(t) + Y_{chip}(t))^2} = R_{sh}(t) \quad \dots (1)$$

【 0 0 6 9 】

図 1 0 は、回転対称面 1 A および切れ刃 2 A を X Z 平面上で表現したモデル図である。図 1 0 において、X Z 平面は、切削点 P を含む平面である。切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の Z 座標は、 $Z(t)$ と表される。切れ刃 2 A 上の点 3 __ t の Z 座標は、先端 3 __ 1 の Z 座標に対して、 $Z_{chip}(t)$ だけ異なる。したがって、点 3 __ t の Z 座標は、 $Z(t) + Z_{chip}(t)$ と表される。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 に示されるように、X Z 平面の原点（すなわち Y 軸上の点）から切削点 P までの距離は、 $Z_{sh}(t)$ である。切削点 P の Z 座標は、切れ刃 2 A の点 3 __ t の Z 座標 $(Z_{sh}(t))$ に一致する。したがって、以下の式 (2) に示される関係が成立する。

【 0 0 7 1 】

【 数 3 】

$$Z(t) + Z_{chip}(t) = Z_{sh}(t) \quad \dots (2)$$

【 0 0 7 2 】

上記の式 (1) および式 (2) が成立するように、 $t = 0$ から $t = 1$ まで t を変化させることによって、点 3 __ t の軌道が決定される。理想的には、この軌道に従って切れ刃 2 A が送られることによって、狙い通りの形状に回転対称面 1 A を加工することができる。しかしながら、たとえば切れ刃 2 A の摩耗などの要因によって、切削加工後の回転対称面 1 A の形状が目標の形状からずれる可能性がある。

【 0 0 7 3 】

本発明の実施の形態では、切削加工後の回転対称面 1 A の形状と、目標の形状との間のずれに基づいて、切れ刃 2 A の軌道が補正される。すなわち、切削加工後の回転対称面 1 A の形状と、目標の形状との間のずれが、次の切削加工における切れ刃 2 A の軌道にフィードバックされる。これにより、高い精度の切削加工を連続的に実現することができる。

【 0 0 7 4 】

(3) 軌道を補正する方法

図 1 1 は、加工後の回転対称面 1 A の形状と目標の形状との間のずれを示した模式図である。図 1 1 を参照して、 δZ は、加工後の回転対称面 1 A の形状と目標の形状との間の Z 軸方向の寸法のずれである。図 1 2 は、図 1 1 に示された Z 軸方向のずれ δZ と、半径 R との関係の一例を示した図である。図 1 2 に示されるように、 R_{max} から R_{min} までの間の R の変化に応じて、 δZ が変化する。したがって δZ は、R の関数として表すことができる。半径 R は、 t に応じて変化する。したがって、この関数を $R_{sh}(t)$ と表す。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

なお、図 1 2 に示された例では $R_{\max}$ から $R_{\min}$ までの間、 δZ は常に正の値である。しかし、 $R_{\max}$ から $R_{\min}$ までの間、 δZ が常に負の値であることも起こり得る。あるいは、 $R_{\max}$ から $R_{\min}$ までの間に、 δZ が正の値と負の値との間で変化することもあり得る。

【 0 0 7 6 】

加工後の回転対称面 1 A 上の任意の点において Z 軸方向の寸法が計測される。その点の X 軸座標 (Y 軸座標でもよい) から、Z 軸方向の目標の寸法が求められる。Z 軸方向の寸法の計測値と、目標の寸法との差が δZ である。

【 0 0 7 7 】

Z 軸方向の寸法を計測するための方法は特に限定されない。たとえば接触針を用いた計測方法、光学式の計測方法など、種々の公知の計測方法を用いることができる。

10

【 0 0 7 8 】

関数 $\delta Z (R_{sh} (t))$ を正確に表現するという観点からは、Z 軸の寸法を計測するための点の数は多いほど好ましい。一方、点の数が増えるほど寸法の計測に要する時間が長くなる。したがって、切削加工の能率が低下する可能性がある。Z 軸方向の寸法を計測するための点の数は、たとえば $\delta Z (R_{sh} (t))$ を表現するための関数、および、切削加工の能率の観点から定めることができる。

【 0 0 7 9 】

一実施形態では、切削開始点、切削終了点、および、切削開始点と切削終了点との間の中間に位置する点の 3 点において、 δZ を求めてもよい。 δZ の計測値から、種々の補間 (線形補間、スプライン補間) あるいは近似法によって、関数 $\delta Z (R_{sh} (t))$ を得ることができる。なお、上記の 3 点よりも多くの点において、 δZ を求めてもよい。

20

【 0 0 8 0 】

本発明の実施の形態では、切削開始から切削終了までの間、切れ刃 2 A の点 3 __ t の位置が変化する。次の切削加工では、点 3 __ t の位置が $-\delta Z (R_{sh} (t))$ だけ補正される。すなわち、切れ刃 2 A の軌道の Z 軸成分が $-\delta Z (R_{sh} (t))$ だけ補正される。これによって切削形状を補正することができる。切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の補正後の座標は、以下の式 (3) および式 (4) にしたがって表される。

【 0 0 8 1 】

【 数 4 】

$$(X(t), Y(t), Z(t) - \delta Z(R_{sh}(t))) \quad \dots (3)$$

30

$$R_{sh}(t) = \sqrt{(X(t) + X_{chip}(t))^2 + (Y(t) + Y_{chip}(t))^2} \quad \dots (4)$$

【 0 0 8 2 】

ポイント切削の場合、切れ刃の切削点の位置は変化しないので、軌道の Z 軸成分を補正するだけで軌道を補正することができる。本発明の実施の形態では、切れ刃 2 A の全体を使用して切削加工を実施するものの、ポイント切削と同様に、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 (第 1 の端部) の軌道の Z 軸成分を補正するだけでよい。これにより、目標形状からの加工形状のずれを補正することが可能になる。

【 0 0 8 3 】

さらに、本実施の形態によれば、補正を繰り返すことによって、ずれを次第に減らすことができるので、切削加工を繰り返すことによって、加工の精度 (寸法精度) をより高くすることができる。

40

【 0 0 8 4 】

3 . 製造方法

図 1 3 は、本発明の実施の形態に係る補正方法を含む、機械部品の製造方法を示したフローチャートである。以下に説明する処理は、記憶部 1 0 3 に記憶されたプログラムを制御部 1 0 4 が読み出すことによって実行される。図 1 3 に示されるように、ステップ S 0 1 において、切削チップ 2 B がホルダ 2 に取り付けられる。さらに、ホルダ 2 が製造装置 1 0 0 (送り機構 1 0 6) に取り付けられる。

【 0 0 8 5 】

50

ステップ S 1 0 において、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 (第 1 の端部) の軌道が算出される。ステップ S 2 0 において、切れ刃 2 A によって回転対称面 1 A が加工される。

【 0 0 8 6 】

ステップ S 2 0 の処理について詳細に説明する。まず制御部 1 0 4 は、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 を、切削開始位置に位置付ける (ステップ S 2 1) 。次に、制御部 1 0 4 は、ステップ S 1 0 の処理によって算出された軌道 (補正前の軌道) を切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 が通るように、切れ刃 2 A を送る (ステップ S 2 2) 。

【 0 0 8 7 】

ステップ S 2 2 において制御部 1 0 4 は、変数 t (切削進行度) を 0 から 1 まで変化させる。 t を変化させるごとに、制御部 1 0 4 は、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の座標が、ステップ S 1 0 において算出された座標に等しくなるように切れ刃 2 A を移動させる。

10

【 0 0 8 8 】

ステップ S 3 0 において、加工後の回転対称面 1 A の形状と、目標の形状との間のずれが計測される。すなわち、 δZ が計測される。

【 0 0 8 9 】

ステップ S 4 0 において、制御部 1 0 4 は、 δZ の値に基づいて、切れ刃 2 A の軌道の補正が可能かどうかを判断する。たとえば軌道の補正を可能にする δZ の上限値があらかじめ定められる。 δZ の絶対値が、その上限値未満である場合、制御部 1 0 4 は、軌道の補正が可能であると判断する。この場合 (ステップ S 4 0 において Y E S) 、処理はステップ S 5 0 に進む。

20

【 0 0 9 0 】

ステップ S 5 0 において、制御部 1 0 4 は、 δZ の計測値に基づいて、関数 $\delta Z (R_{sh} (t))$ を決定する。

【 0 0 9 1 】

ステップ S 6 0 において、制御部 1 0 4 は、切れ刃 2 A の先端 3 __ 1 の軌道を、関数 $\delta Z (R_{sh} (t))$ を用いて補正する (式 (3) および式 (4) を参照) 。ステップ S 6 0 の処理が終了すると、処理は、ステップ S 2 0 に戻される。すなわち次の切削加工処理が実行される。

【 0 0 9 2 】

δZ の絶対値が上限値を上回る場合、制御部 1 0 4 は、軌道の補正が不可能であると判断する。この場合 (ステップ S 4 0 において N O) 、制御部 1 0 4 は、ユーザへの通知のための処理を実行する (ステップ S 7 0) 。通知の方法は特に限定されない。この場合、次の切削加工処理は実行されずに処理は終了する。たとえば切れ刃 2 A の交換が必要である場合には、処理は、ステップ S 0 1 から再び開始される。

30

【 0 0 9 3 】

なお、ステップ S 1 0 の処理に続けて、図 1 3 に示すステップ S 2 0 の処理が実行されるよう限定されない。ステップ S 1 0 の軌道算出の処理はステップ S 2 0 の処理とは独立して実行されてもよい。

【 0 0 9 4 】

4 . 切削加工の例

40

図 1 4 は、本発明の実施の形態に係る切削加工が適用される回転対称面の一例を示した図である。図 1 4 を参照して、回転対称面 1 A は、円錐台の側面である。回転対称面 1 A の半径 R は、 Z 軸方向に沿って $R = 150 [mm]$ から $R = 50 [mm]$ まで直線的に変化する。

【 0 0 9 5 】

直線状の切れ刃による切削加工

図 1 5 は、補正前の軌道に沿って直線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。図 1 6 は、補正後の軌道に沿って直線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。「狙い形状」とは、目標の形状を意味する。

【 0 0 9 6 】

50

図 1 5 および図 1 6 を参照して、回転対称面 1 A 上の 1 1 個の点において Z 座標方向の寸法を測定した結果が示される。軌道の補正前においては、切れ刃 2 A が Z 軸方向に移動するに従い、 δZ の値が負の方向に増加した。この結果は、補正前の軌道に沿って切れ刃 2 A を動かした場合、目標の形状よりも回転対称面を削り過ぎたことを示している。 δZ の絶対値は $R = R_{min}$ の位置 ($R = 50$ [mm]) において最大であった ($\delta Z = -0.025$ mm)。

【0097】

軌道の補正後に、新しい回転対称面 1 A を切削加工した。 $R = 120$ [mm] の位置において $\delta Z = -0.003$ [mm] であり、 $R = 50$ [mm] の位置において $\delta Z = 0.004$ [mm] であった。軌道の補正により、加工の精度が高められたことを確認することができた。

10

【0098】

図 1 7 は、補正前の軌道に沿って曲線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。図 1 8 は、補正後の軌道に沿って曲線状の切れ刃を移動させたときの切削形状を示す図である。なお切れ刃の曲率半径は 150 mm である。図 1 5 および図 1 6 に示された例と同じく、回転対称面 1 A 上の 1 1 個の点において Z 軸方向の寸法を測定した結果が示される。

【0099】

図 1 7 および図 1 8 を参照して、軌道の補正前においては、切れ刃 2 A が Z 軸方向に移動するに従い、 δZ の値が負の方向に増加した。 δZ の絶対値は $R = R_{min}$ の位置 ($R = 50$ [mm]) において最大であった ($\delta Z = -0.025$ mm)。軌道の補正後、 $R = 90$ [mm] の位置において $\delta Z = 0.003$ [mm] であり、 $R = 100$ [mm] の位置において $\delta Z = -0.003$ [mm] であった。軌道の補正により、加工の精度が高められたことを確認することができた。

20

【0100】

図 1 6 および図 1 8 に示されるように、本発明の実施の形態によれば、切れ刃の形状に関わらず、軌道の補正によって、加工の精度を向上させることができる。回転対称面の切削加工のたびに、軌道を補正することができるので、回転対称面の高い精度での切削加工を繰り返して実現することができる。

【0101】

30

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

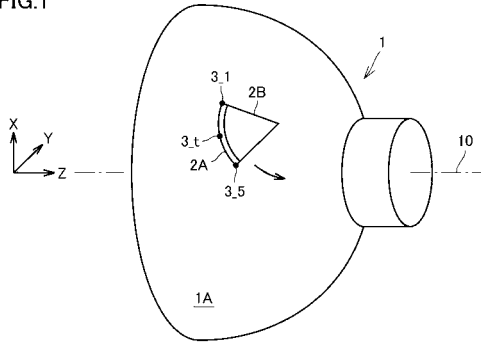
【0102】

1 機械部品、1 A 回転対称面、2 ホルダ、2 A 切れ刃、2 B 切削チップ、3 __ 1 先端 (切れ刃)、3 __ 5 後端 (切れ刃)、3 __ t 点 (切れ刃)、1 0 回転軸線、1 0 0 製造装置、1 0 1 入力部、1 0 2 表示部、1 0 3 記憶部、1 0 4 制御部、1 0 5 駆動部、1 0 6 機構、1 0 7 測定部、1 1 0 演算部、P 切削点、P 1 切削開始位置、P 2 切削終了位置、S 0 1, S 1 0, S 2 0, S 2 1, S 2 2, S 3 0, S 4 0, S 5 0, S 6 0, S 7 0 ステップ。

40

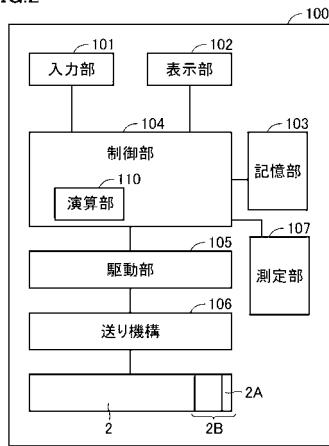
【図 1】

FIG.1



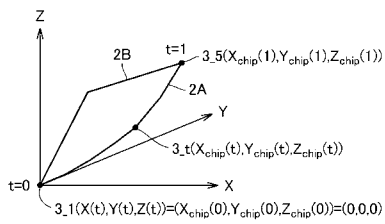
【図 2】

FIG.2



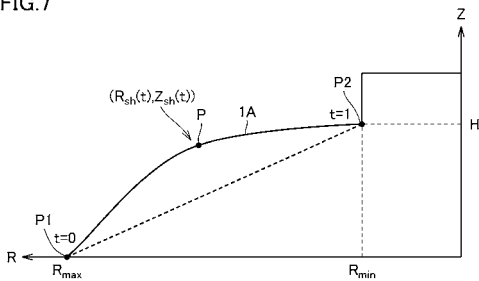
【図 6】

FIG.6



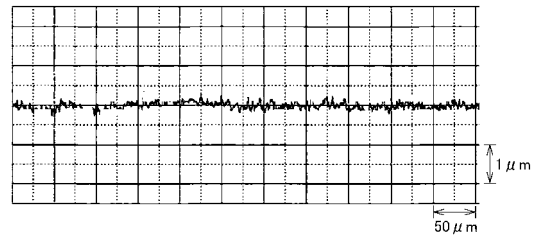
【図 7】

FIG.7



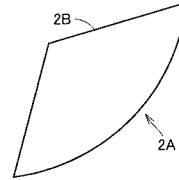
【図 3】

FIG.3



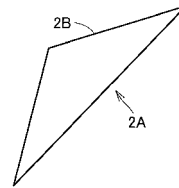
【図 4】

FIG.4



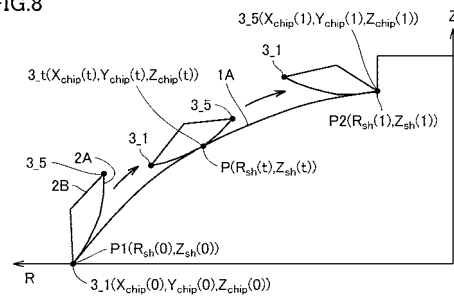
【図 5】

FIG.5



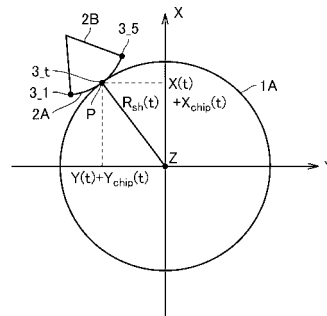
【図 8】

FIG.8



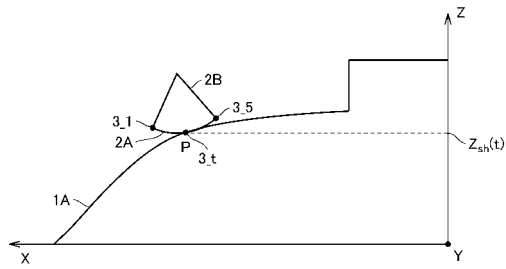
【図 9】

FIG.9



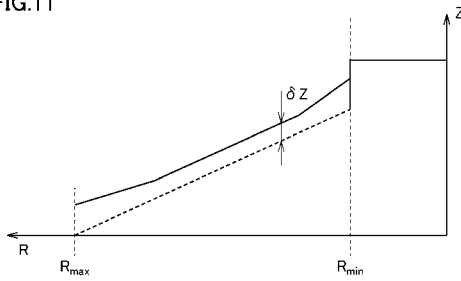
【図 10】

FIG.10



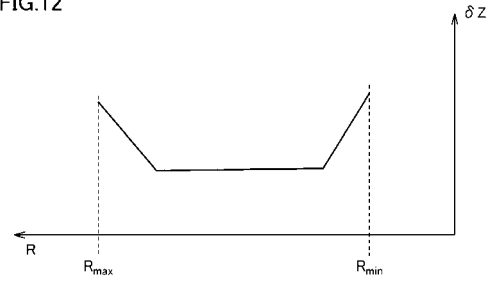
【図 11】

FIG.11



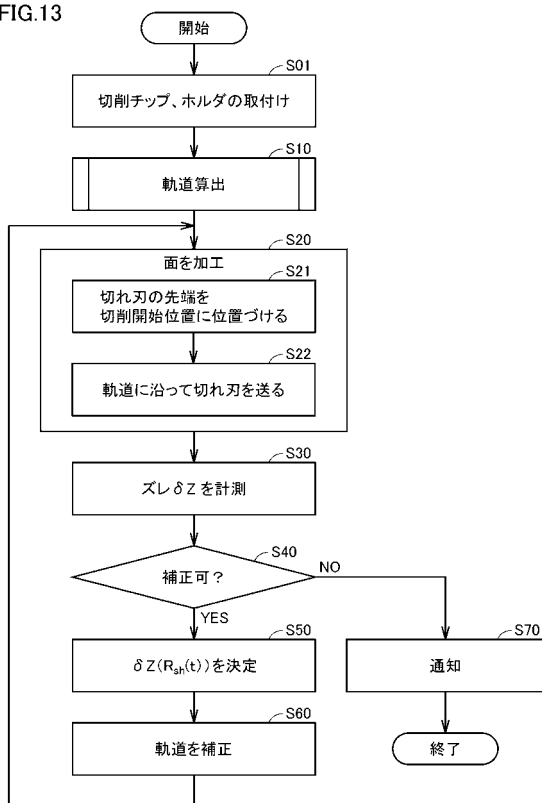
【図 12】

FIG.12



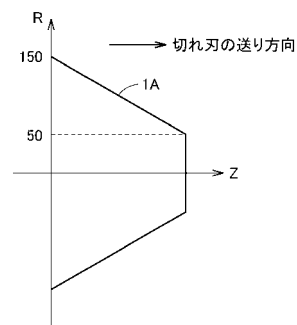
【図 13】

FIG.13



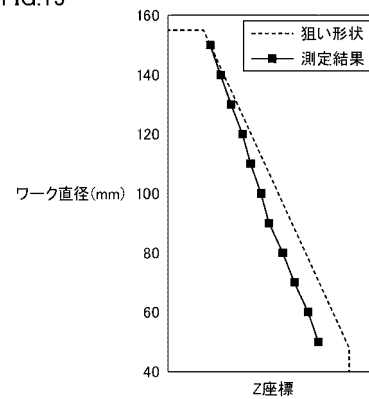
【図 14】

FIG.14



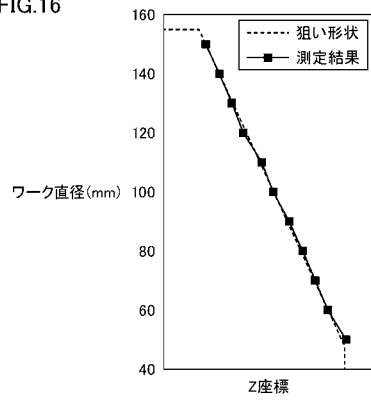
【図 15】

FIG.15



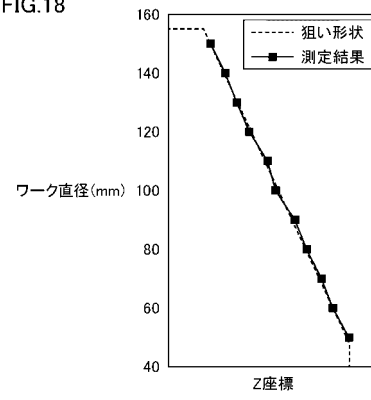
【図 16】

FIG.16



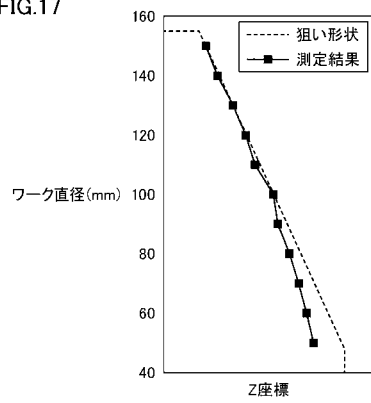
【図 18】

FIG.18



【図 17】

FIG.17



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/016721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B19/404(2006.01)i, B23B1/00(2006.01)i, B23Q15/22(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46, B23B1/00, B23Q15/00-15/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2015/129567 A1 (Murata Machinery Ltd.), 03 September 2015 (03.09.2015), paragraphs [0047] to [0052]; fig. 6 & US 2016/0368060 A1 paragraphs [0055] to [0060]; fig. 6 & EP 3112060 A1	1, 4-5 2-3
Y A	JP 2007-118100 A (Olympus Corp.), 17 May 2007 (17.05.2007), paragraphs [0023] to [0047]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1, 4-5 2-3
Y A	JP 7-80752 A (Nikon Corp.), 28 March 1995 (28.03.1995), paragraphs [0009] to [0037]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1, 4-5 2-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 June 2017 (19.06.17)Date of mailing of the international search report
27 June 2017 (27.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
 Japan Patent Office
 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
 Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/016721

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-501749 A (Boehringer Werkzeugmaschinen GmbH), 20 January 2005 (20.01.2005), entire text; all drawings & US 2005/0076754 A1 entire text; all drawings & WO 2003/022497 A1 & DE 10144649 A1	1-5

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2017/016721									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G05B19/404(2006.01)i, B23B1/00(2006.01)i, B23Q15/22(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G05B19/18-19/416, G05B19/42-19/46, B23B1/00, B23Q15/00-15/28											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2017年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2017年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2017年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2017年	日本国実用新案登録公報	1996-2017年	日本国登録実用新案公報	1994-2017年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2017年										
日本国実用新案登録公報	1996-2017年										
日本国登録実用新案公報	1994-2017年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y A	WO 2015/129567 A1 (村田機械株式会社) 2015.09.03, 段落 [0047] - [0052], [第6図] & US 2016/0368060 A1, 段落 [0055] - [0060], [第6図] & EP 3112060 A1	1, 4-5 2-3									
Y A	JP 2007-118100 A (オリンパス株式会社) 2007.05.17, 段落 [0023] - [0047], [第1図] - [第10図] (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3									
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。											
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 </td> <td> の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>				* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 19.06.2017		国際調査報告の発送日 27.06.2017									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 貞光 大樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U 3629								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 7 / 0 1 6 7 2 1
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 7-80752 A (株式会社ニコン) 1995.03.28, 段落 [0009] - [0037], [第1図] - [第9図] (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3
A	JP 2005-501749 A (ベーリンガー ヴェルクツォイクマシーネン ゲ ーエムペーハー) 2005.01.20, 全文, 全図 & US 2005/0076754 A1, 全文, 全図 & W0 2003/022497 A1 & DE 10144649 A1	1-5

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ

(72)発明者 田中 邦茂

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内

(72)発明者 竹村 彰太

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内

(72)発明者 奥村 宗一郎

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内

(72)発明者 岡本 順

大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号 住友電工ツールネット株式会社内

(72)発明者 竹下 太志

大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号 住友電工ツールネット株式会社内

Fターム(参考) 3C001 KA08 KB01 TA02 TB03

3C045 AA10 EA02

3C269 AB02 BB03 CC02 EF10 EF94 MN16

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。