

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月9日(09.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/191802 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 19/404 (2006.01) B23Q 15/22 (2006.01)
B23B 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/016721

(22) 国際出願日: 2017年4月27日(27.04.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-092410 2016年5月2日(02.05.2016) JP

(71) 出願人: 住友電気ハードメタル株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 Hyogo (JP). 住友電気工業株

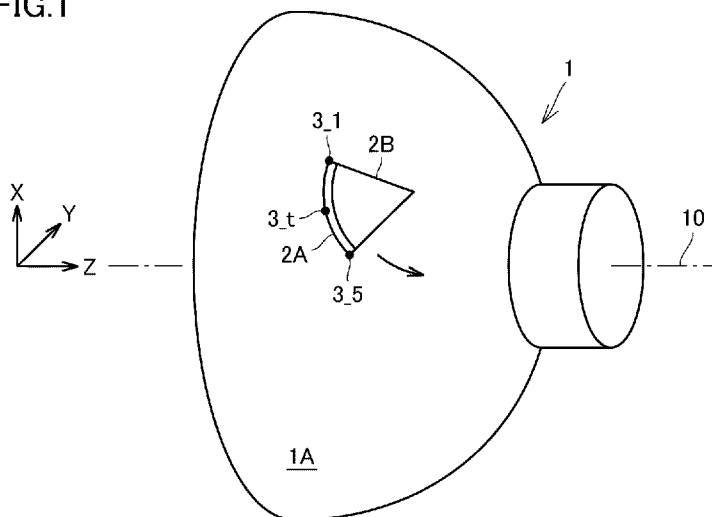
式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP). 住友電ツールネット株式会社(SUMITOMO ELECTRIC TOOL NET, INC.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 金田 泰幸 (KANADA, Yasuyuki); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 田中 邦茂(TANAKA, Kunishige); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 竹村 彰太(TAKEMURA, Shota); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 奥村 宗

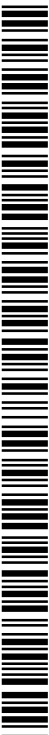
(54) Title: CUTTING EDGE TRAJECTORY CORRECTION METHOD, RECORDING MEDIUM, AND PROGRAM

(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

[図1]
FIG.1



(57) Abstract: Provided is a trajectory correction method for a cutting edge (2A) that cuts a rotationally symmetric surface (1A) of a rotating workpiece. The cutting edge (2A) is positioned obliquely with respect to a rotational axis (10) of the workpiece, and moves in an oblique direction with respect to the rotational axis (10) while in contact with the rotationally symmetric surface (1A). Due to the movement of the cutting edge (2A), a point (3_t) of the cutting edge in contact with the rotationally symmetric surface (1A) moves, along the cutting edge (2A), from a first end (3_1) of the cutting edge to a second end (3_5) of the cutting edge, the second end being on the opposite side from the first end. The correction method comprises: a step in which a measurement unit measures the shape of the rotationally symmetric surface (1A) after cutting; a step in which a computation unit calculates the directional error of the rotational axis (10) of the measured



WO 2017/191802 A1

一郎(OKUMURA, Soichiro); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 岡本 順(OKAMOTO, Jun); 〒5410041 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 Osaka (JP). 竹下 太志(TAKESHITA, Futoshi); 〒5410041 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 Osaka (JP).

(74) 代理人:特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号中之島セントラルタワー Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

shape of the rotationally symmetric surface (1A) with respect to the target shape of the rotationally symmetric surface (1A); and a step in which the computation unit corrects, on the basis of the error, the direction component of the trajectory of the cutting point on the rotational axis (10).

(57) 要約: 回転している工作物の回転対称面(1A)を切削加工する切れ刃(2A)の軌道を補正する方法が提供される。切れ刃(2A)は、工作物の回転軸線(10)に対して斜めに配置されて、回転対称面(1A)に接触しながら、回転軸線(10)に対して傾斜した方向に移動する。切れ刃(2A)の移動により、回転対称面(1A)に接する切れ刃の点(3_t)は、切れ刃(2A)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(1A)の形状を測定するステップと、回転対称面(1A)の目標の形状に対する、回転対称面(1A)の測定された形状の、回転軸線(10)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(10)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。

明 細 書

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

技術分野

[0001] 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。

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、回転軸線の方法の誤差を、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。

[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、回転軸線方向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方向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを実行させる。

[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、回転軸線方向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方向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを実行させる。

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。

[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。

[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、

[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。

[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 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を決定することができる。

[0019] (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
向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
向の成分を、誤差に基づいて補正するステップとを実行させる。

[0020] 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。

[0021] (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
向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
向の成分を、誤差に基づいて補正するス
テップとを実行させる。

[0022] 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。

[0023] [本発明の実施形態の詳細]

以下、図面に基づ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。

[0024] 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）1Aを有する機械部品1が、回転

軸線 10 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。

[0025] 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、鋳造工程、組み立て工程、検査工程等を含むことができる。

[0026] 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 10 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。

[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 O 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 O 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。

[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。

[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 100 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 100 は、入力部 101 と、表示部 102 と、記憶部 103 と、制御部 104 と、駆動部 105 と、送り機構 106 と、測定部 107 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。

[0035] 入力部 101 は、ユーザによって操作される。入力部 101 は、ユーザからの情報を受け付けて、その情報を制御部 104 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102は、文字、記号、図形等を表示する。表示部102は、入力部101が受け付けた情報、制御部104の演算結果などを表示することができる。

[0037] 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。

[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。

[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が得られる。

[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。

[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。

[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ある（ポイント切削）。

[0046] 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
が得られる。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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 図4および図5を参照して、切削チップ2Bの切れ刃2Aは、曲線状の切
れ刃であってもよい。あるいは切れ刃2A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2Aの全体を使用しながら回転対称面
1Aが加工される。このような切削加工において、切れ刃2A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2Aの全体を使用しながら回
転対称面1A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）。

[0050] 2. 切れ刃の軌道

(1) 切れ刃の全体の使用

切れ刃2Aの軌道は、XYZ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。

[0051] 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2A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。

[0052] 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。

[0053] 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 $2A$ 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 $2B$ 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。

[0054] 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、 RZ 平面上では、回転対称面 $1A$ が線によって表現される。この線は、回転対称面 $1A$ に応じて、直線および曲線のいずれかであり得る。

[0055] 本発明の実施の形態では、回転対称面 $1A$ の外端から回転対称面 $1A$ の内端に向けて切削加工が実行される。切れ刃 $2A$ の移動に伴い、切れ刃 $2A$ に接する回転対称面 $1A$ 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 $1A$ 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 $P1$ に位置付けられる。切削開始位置 $P1$ における回転対称面の半径を R_{max} とする。切削開始位置 $P1$ 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 $P2$ 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] (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XY平面上で表現したモデル図である。図9において、XY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。

[0067] 図9に示されるように、XY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。

[0068] [数2]

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

[0069] 図10は、回転対称面1 Aおよび切れ刃2 AをXZ平面上で表現したモデル図である。図10において、XZ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。

[0070] 図10に示されるように、XZ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。

[0071] [数3]

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

[0072] 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2Aが送られることによって、狙い通りの形状に回転対称面1Aを加工することができる。しかしながら、たとえば切れ刃2Aの摩耗などの要因によって、切削加工後の回転対称面1Aの形状が目標の形状からずれる可能性がある。

[0073] 本発明の実施の形態では、切削加工後の回転対称面1Aの形状と、目標の形状との間のずれに基づいて、切れ刃2Aの軌道が補正される。すなわち、切削加工後の回転対称面1A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2A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。

[0074] (3) 軌道を補正する方法

図11は、加工後の回転対称面1A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11を参照して、 δZ は、加工後の回転対称面1A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12は、図11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12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。

[0075] なお、図12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。

[0076] 加工後の回転対称面1A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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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2Aの点3__tの位置が変化する。次回の切削加工では、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2A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2A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。

[0081] [数4]

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

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

[0082] 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2A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2A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。

[0083] 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。

[0084] 3. 製造方法

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。以下に説明する処理は、記憶部103に記憶されたプログラムを制御部104が読み出すことによって実行される。図13に示されるように、ステップS01において、切削チップ2B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100（送り機構106）に取り付けられる。

[0085] ステップS10において、切れ刃2Aの先端3__1（第1の端部）の軌道が算出される。ステップS20において、切れ刃2Aによって回転対称面1Aが加工される。

[0086] ステップS20の処理について詳細に説明する。まず制御部104は、切れ刃2Aの先端3__1を、切削開始位置に位置付ける（ステップS21）。次に、制御部104は、ステップS10の処理によって算出された軌道（補正前の軌道）を切れ刃2Aの先端3__1が通るように、切れ刃2Aを送る（ステップS22）。

[0087] ステップS22において制御部104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104は、切れ刃2Aの先端3__1の座標が、ステップS10において算出された座標に等しくなるように切れ刃2Aを移動させる。

[0088] ステップS30において、加工後の回転対称面1A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。

[0089] ステップS40において、制御部104は、 δZ の値に基づいて、切れ刃2A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104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S40においてYES）、処理はステップS50に進む。

- [0090] ステップS50において、制御部104は、 δZ の計測値に基づいて、関数 $\delta Z(R_{sh}(t))$ を決定する。
- [0091] ステップS60において、制御部104は、切れ刃2A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S60の処理が終了すると、処理は、ステップS20に戻される。すなわち次の切削加工処理が実行される。
- [0092] δZ の絶対値が上限値を上回る場合、制御部104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S40においてNO)、制御部104は、ユーザへの通知のための処理を実行する(ステップS70)。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2Aの交換が必要である場合には、処理は、ステップS01から再び開始される。
- [0093] なお、ステップS10の処理に続けて、図13に示すステップS20の処理が実行されるよう限定されない。ステップS10の軌道算出の処理はステップS20の処理とは独立して実行されてもよい。
- [0094] 4. 切削加工の例
- 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14を参照して、回転対称面1Aは、円錐台の側面である。回転対称面1A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。
- [0095] 直線状の切れ刃による切削加工
- 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。
- [0096] 図15および図16を参照して、回転対称面1A上の11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2A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。

[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 11 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。

[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] 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）、10 回転軸線、100 製造装置、101 入力部、102 表示部、103 記憶部、104 制御部、105 駆動部、106 機構、107 測定部、110 演算部、P 切削点、P1 切削開始位置、P2 切削終了位置、S01, S10, S20, S21, S22, S30, S40, S50, S60, S70 ステップ。

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、

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、

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。

[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方向の誤差が測定され、

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、

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、前記回転軸線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、

プログラムは、コンピュータに、

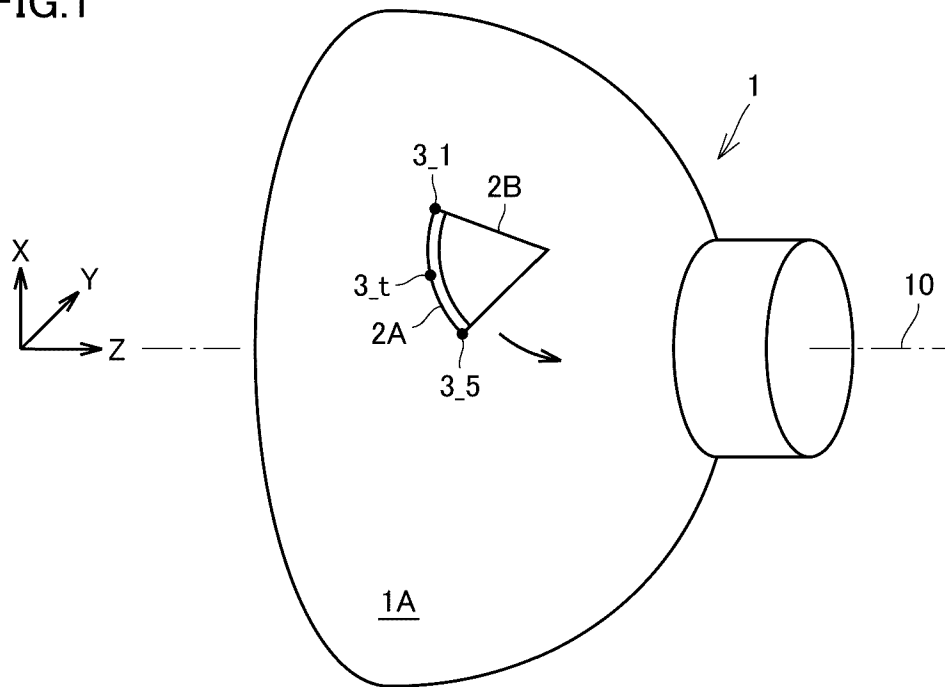
測定部によって切削加工後の前記回転対称面の形状を測定した結果を受け付けるステップと、

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、前記回転軸線の方法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法の成分を、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。

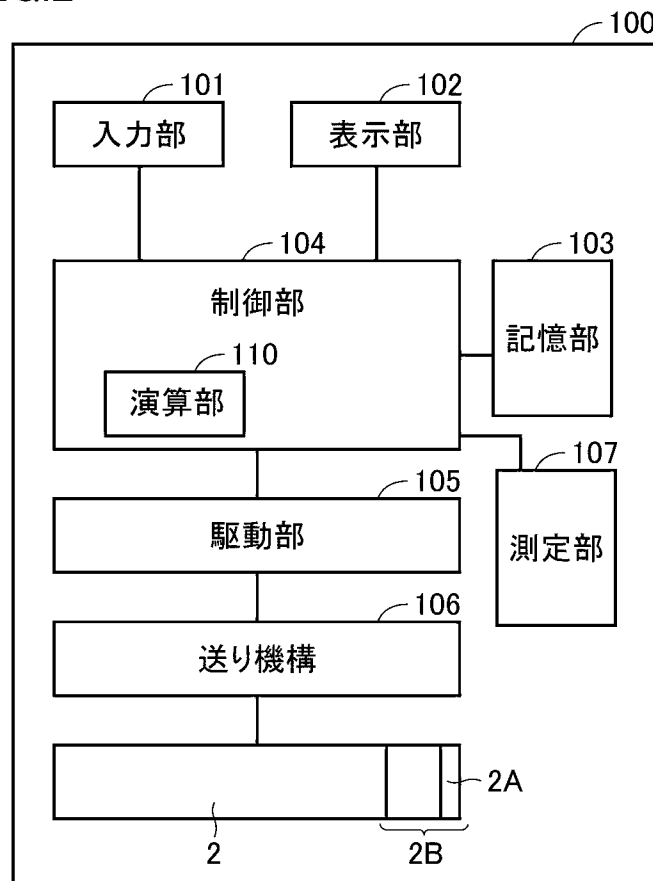
[図1]

FIG.1



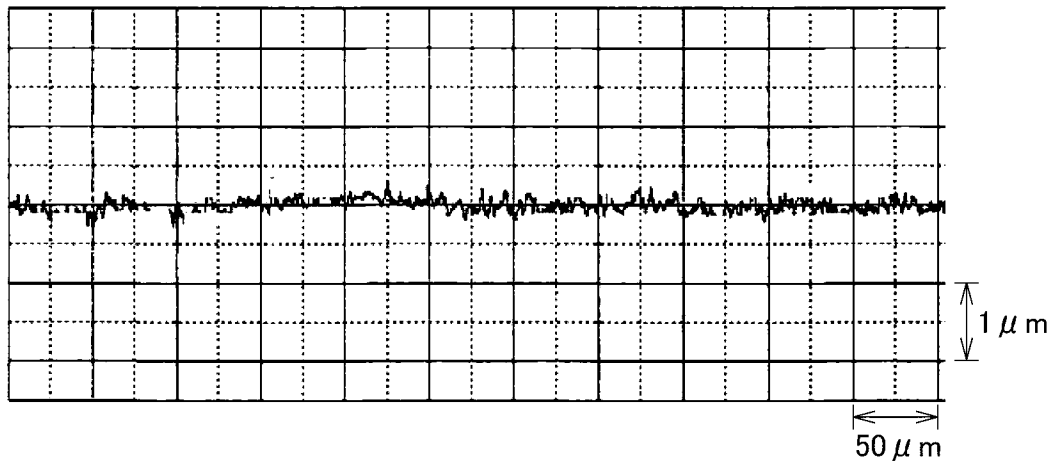
[図2]

FIG.2



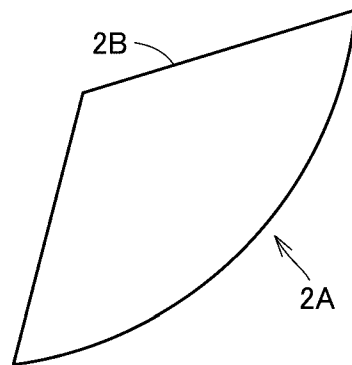
[図3]

FIG.3



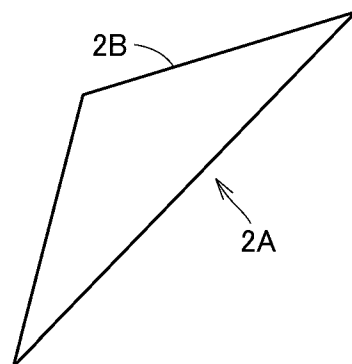
[図4]

FIG.4



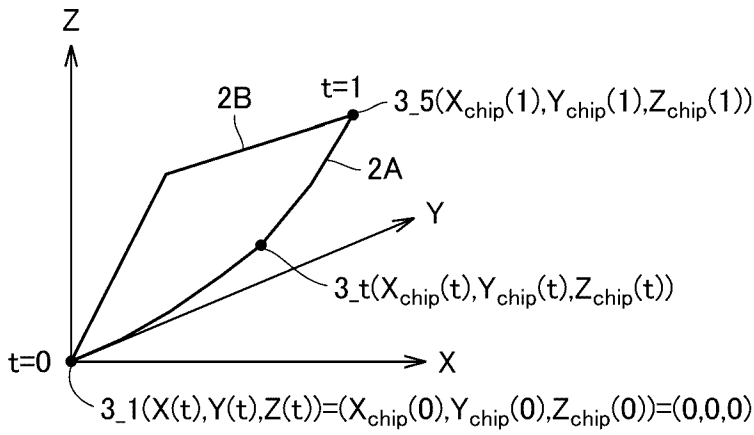
[図5]

FIG.5



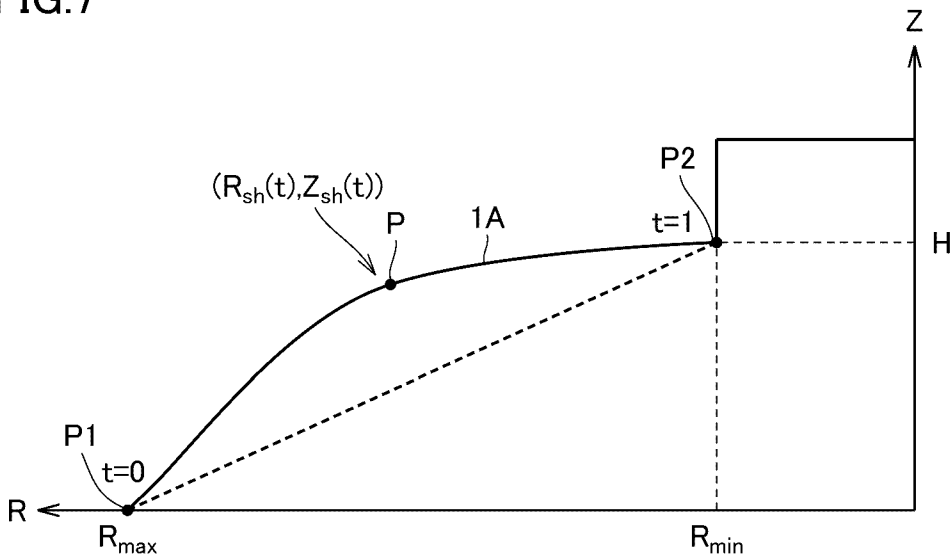
[図6]

FIG.6



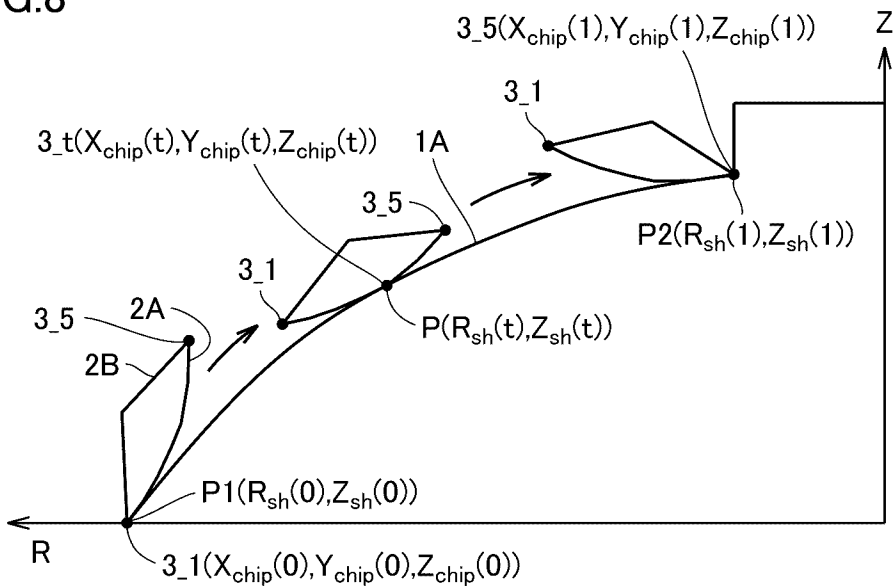
[図7]

FIG.7



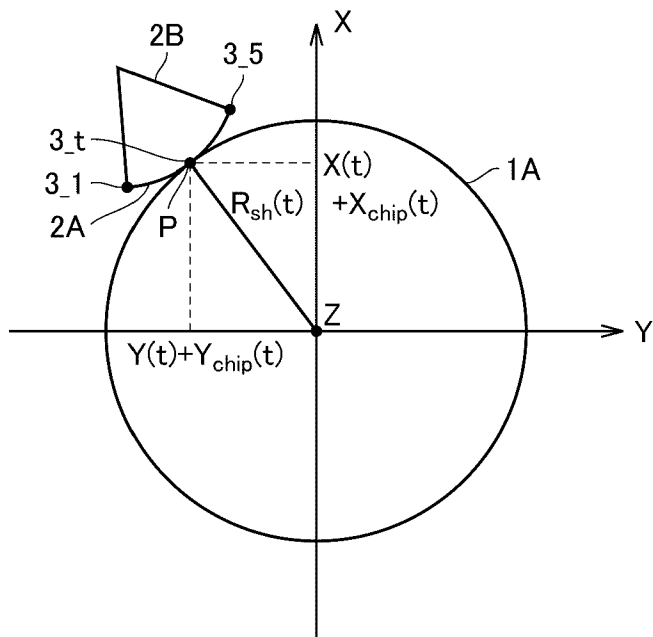
[図8]

FIG.8



[図9]

FIG.9



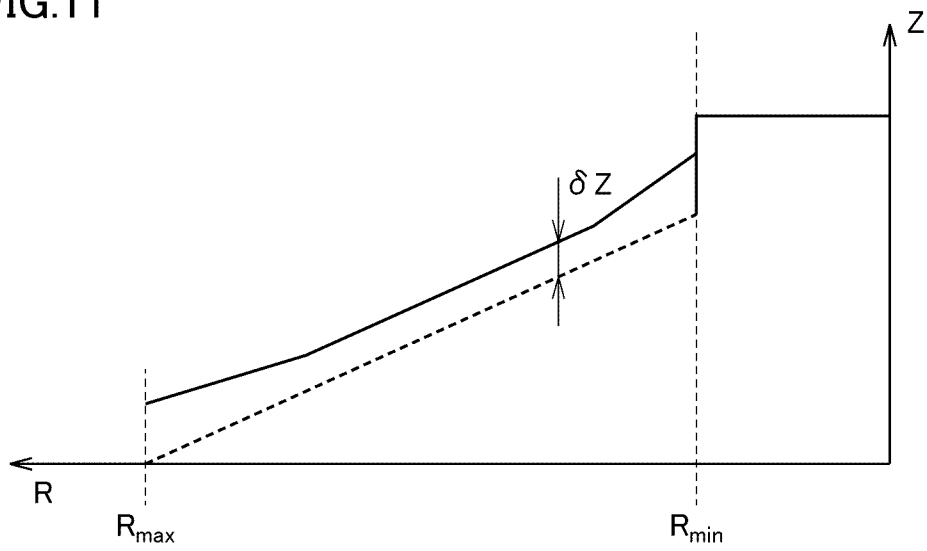
[図10]

FIG.10



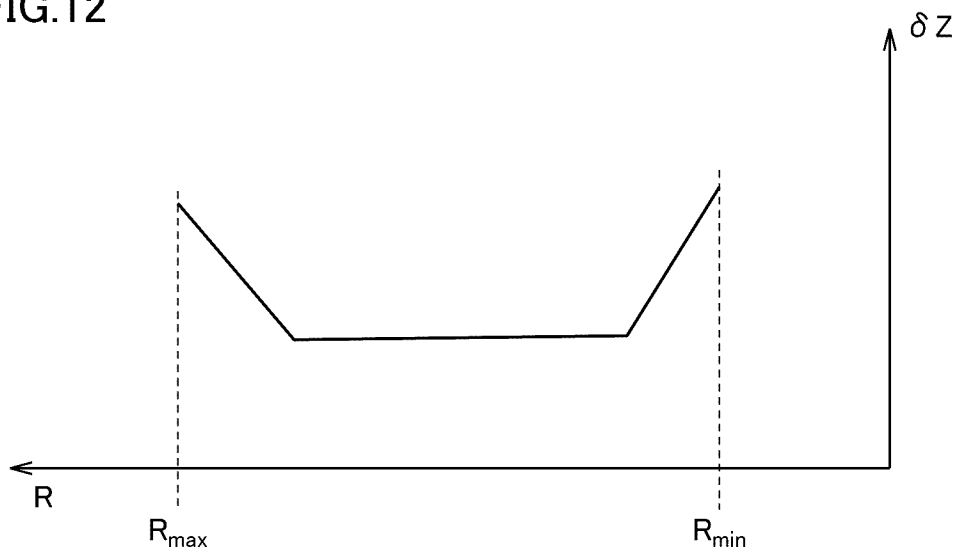
[図11]

FIG.11



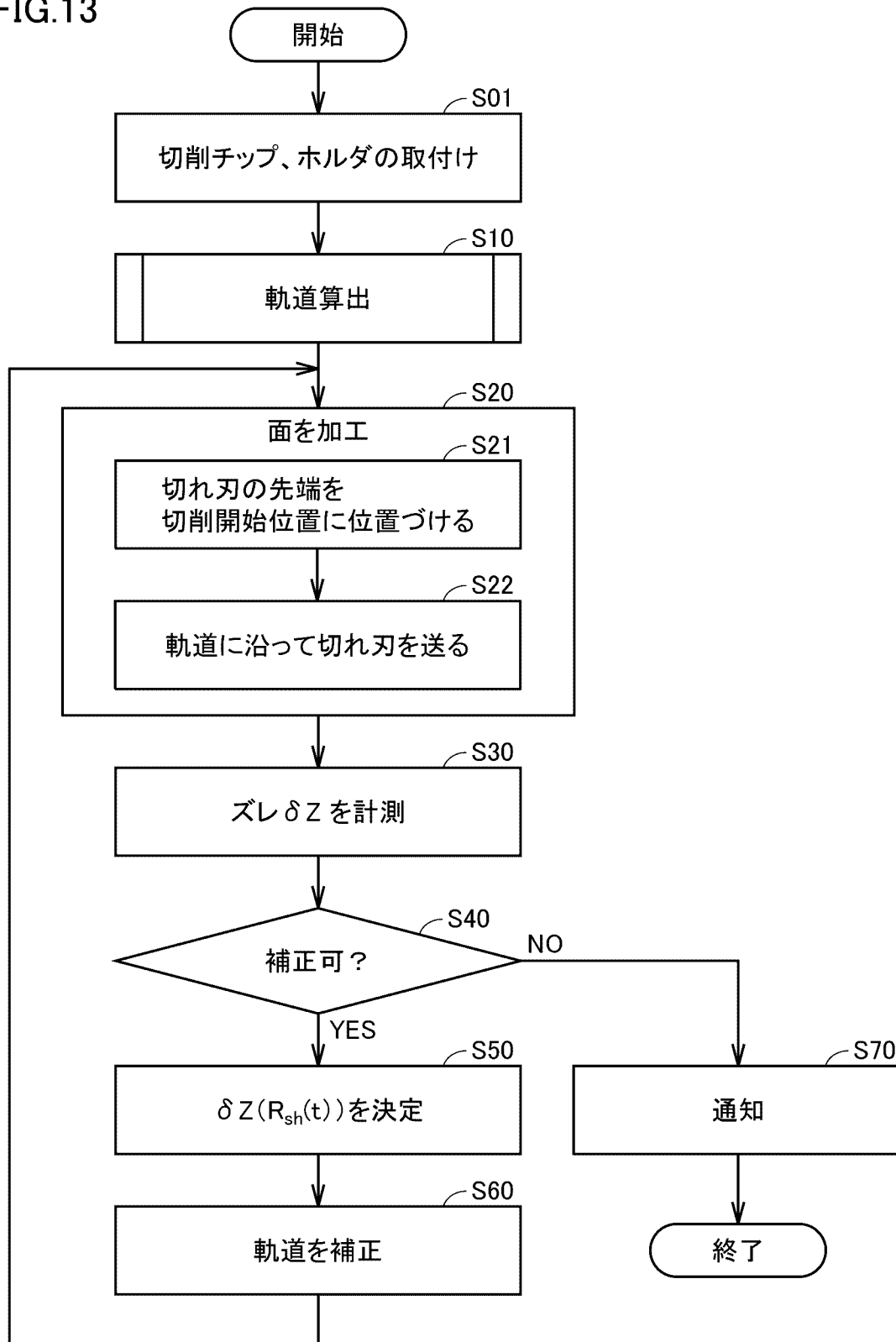
[図12]

FIG.12



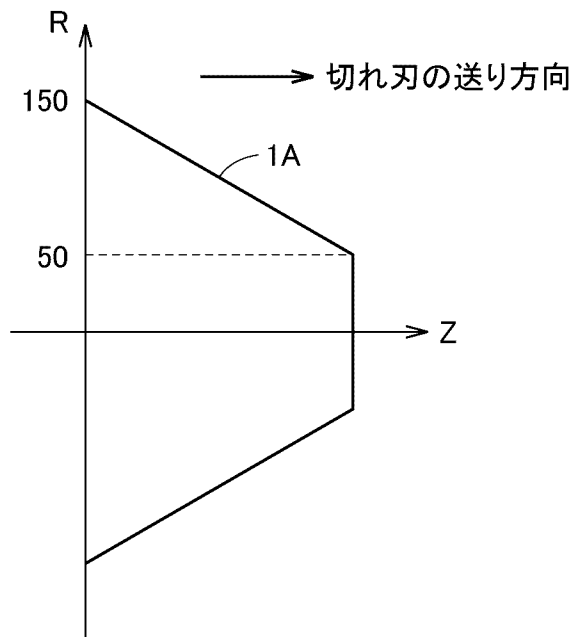
[図13]

FIG.13



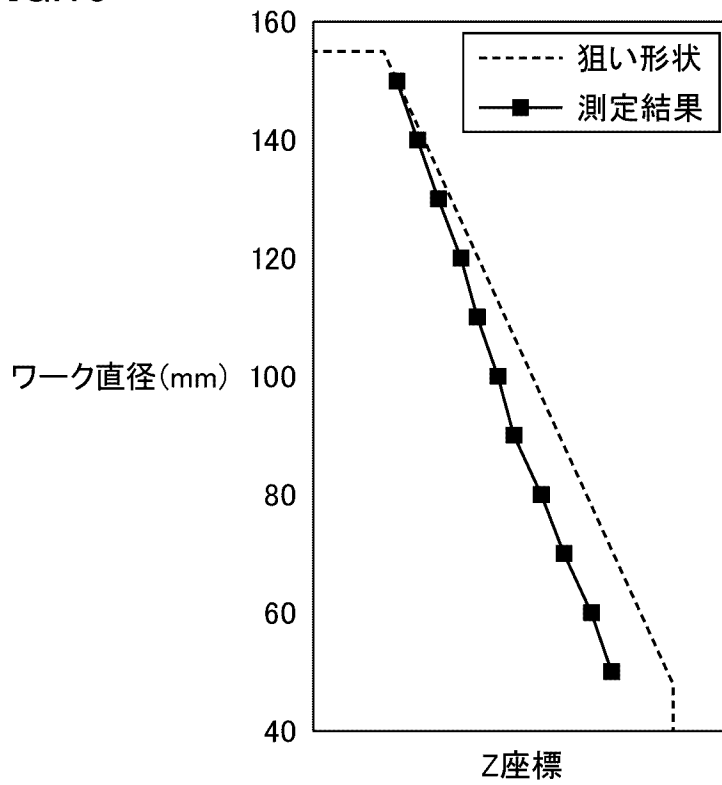
[図14]

FIG.14



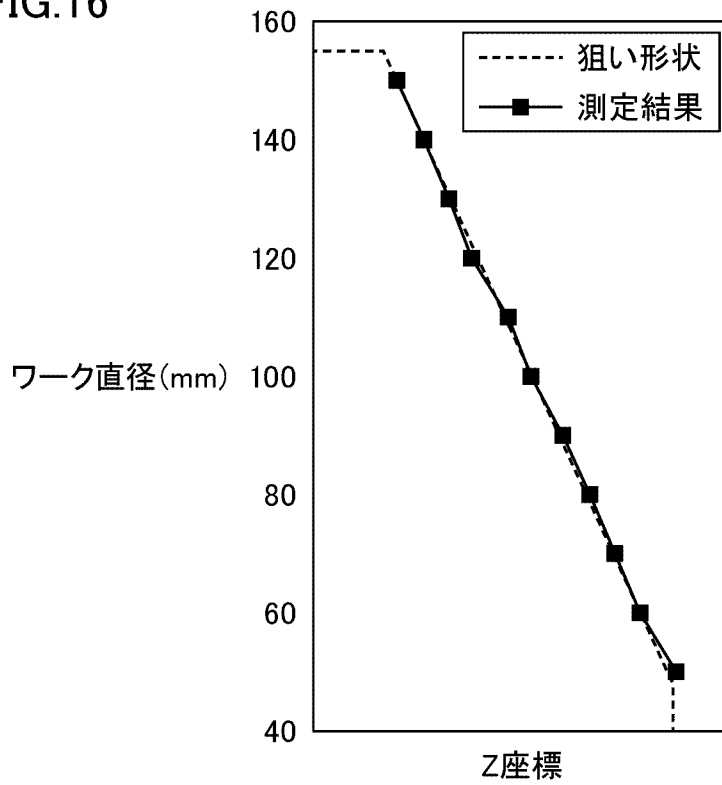
[図15]

FIG.15



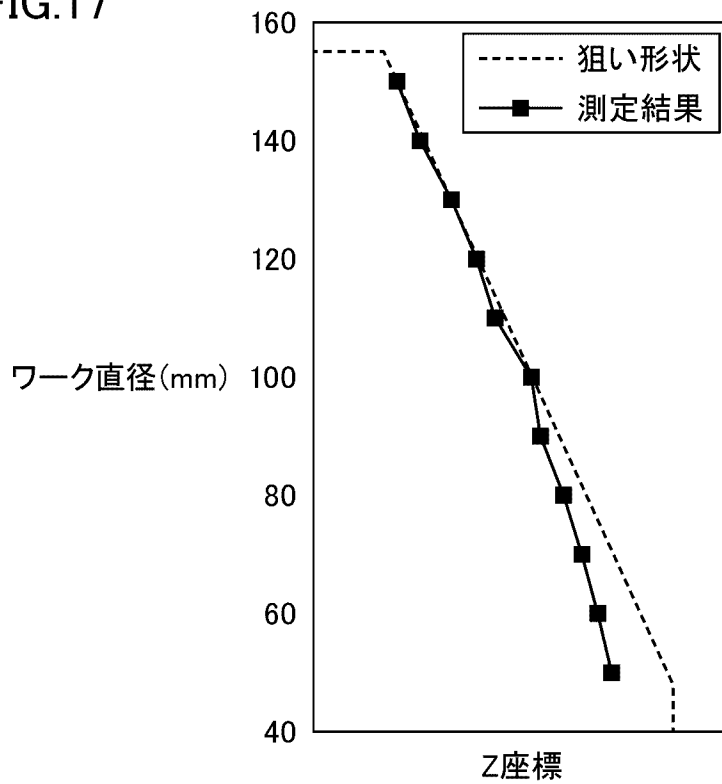
[図16]

FIG.16



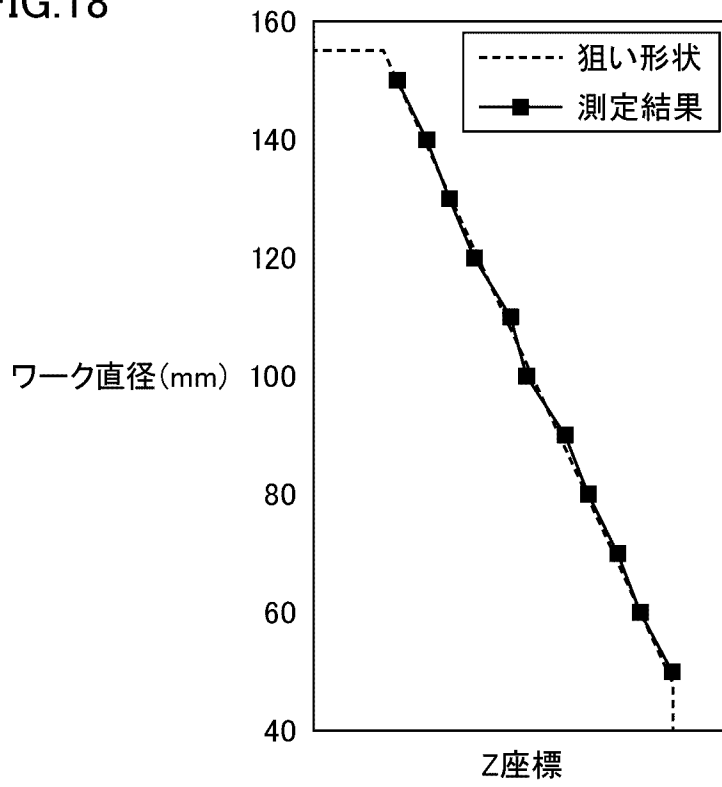
[図17]

FIG.17



[図18]

FIG.18



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:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

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

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
 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。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

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

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 ヴェルクツオイクマシーネン ーエムベーハー) 2005. 01. 20, 全文, 全図 & US 2005/0076754 A1, 全文, 全図 & WO 2003/022497 A1 & DE 10144649 A1	1-5