(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6719683号
(P6719683)

(45)発行日　令和2年7月8日(2020.7.8)　(24)登録日　令和2年6月18日(2020.6.18)

(51)Int.Cl.		F I		
B23K 26/38	(2014.01)	B23K	26/38	A
B23K 26/08	(2014.01)	B23K	26/08	Z
B23K 26/082	(2014.01)	B23K	26/082	
B23K 26/00	(2014.01)	B23K	26/00	M

請求項の数 4　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2019-554704(P2019-554704)
(86)(22)出願日　令和1年6月4日(2019.6.4)
(86)国際出願番号　PCT/JP2019/022106
(87)国際公開番号　WO2020/008780
(87)国際公開日　令和2年1月9日(2020.1.9)
審査請求日　令和1年11月6日(2019.11.6)
(31)優先権主張番号　特願2018-128923(P2018-128923)
(32)優先日　平成30年7月6日(2018.7.6)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者　390014672
株式会社アマダ
神奈川県伊勢原市石田２００番地
(74)代理人　100083806
弁理士　三好　秀和
(72)発明者　永山　岳大
神奈川県伊勢原市石田２００番地
(72)発明者　菅野　和宏
神奈川県伊勢原市石田２００番地

審査官　柏原　郁昭

最終頁に続く

(54)【発明の名称】切削加工機及び切削加工方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
加工対象物を切削加工する加工機本体と、
前記加工機本体を制御するＮＣ装置と、
を備え、
前記ＮＣ装置は、
前記加工対象物を切削加工することによって得られる最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて設定された加工プログラムと加工条件とに基づいて、前記加工対象物を切削加工する切削工具の工具径を補正するための工具径補正情報を生成する工具径補正量演算部と、
前記加工プログラムと前記加工条件と前記工具径補正情報とに基づいて、切削加工補正条件を含む工具径補正制御信号を生成する加工軌跡演算部と、
前記工具径補正制御信号に基づいて、前記加工機本体を制御する駆動制御信号を生成する駆動制御部と、
を有し、
前記加工機本体は、
前記加工対象物との相対位置を変化させることにより、前記加工対象物を切削加工する加工ユニットと、
前記駆動制御信号に基づいて、前記切削工具に相当し、かつ、非円形状を有する工具軌跡を制御する工具軌跡制御部と、

を有し、
前記加工条件に前記工具軌跡を切削加工中に切り替えるための切削工具情報が含まれている場合、前記工具径補正量演算部は、前記加工条件に含まれる複数の工具軌跡を認識し、前記複数の工具軌跡を含む工具径補正情報を生成し、
前記工具径補正量演算部は、前記工具軌跡の切り替え時点に対して工具軌跡補間期間を設定し、かつ、前記工具軌跡補間期間における工具軌跡を設定し、
前記加工機本体は、前記駆動制御信号に基づいて、前記工具軌跡を、前記工具軌跡補間期間において設定された工具軌跡を介して段階的に切り替え、かつ、切り替えのタイミングで前記工具径を補正する
切削加工機。
【請求項２】
レーザビームを生成して射出するレーザ発振器をさらに備え、前記ＮＣ装置は、前記レーザ発振器及び前記加工機本体を制御し、
前記加工ユニットは、前記加工ユニットの先端部に取り付けられ、前記レーザ発振器より射出されたレーザビームを射出して前記加工対象物に照射するための開口部が形成されたノズルを有し、
前記工具軌跡制御部は、前記加工ユニットに収容され、前記開口部から射出されるレーザビームを非円形状の振動パターンで振動させることにより、前記工具軌跡として、前記加工対象物に照射されるレーザビームのビームスポットの軌跡を制御する
請求項１に記載の切削加工機。
【請求項３】
加工対象物を切削加工することによって得られる最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて設定され、加工対象物を切削加工するための切削工具に相当し、かつ、非円形状を有する工具軌跡を切削加工中に変更するための切削工具情報が含まれる加工条件と加工プログラムとに基づいて、前記工具軌跡の工具径を補正するための工具径補正情報を生成し、
前記加工プログラムと前記加工条件と前記工具径補正情報とに基づいて、切削加工補正条件を含む工具径補正制御信号を生成し、
前記工具径補正制御信号に基づいて駆動制御信号を生成し、
前記駆動制御信号に基づいて前記工具軌跡を制御し、
前記加工条件に前記工具軌跡を切削加工中に切り替えるための切削工具情報が含まれている場合、前記加工条件に含まれる複数の工具軌跡を認識し、前記複数の工具軌跡を含む工具径補正情報を生成し、
前記工具軌跡の切り替え時点に対して工具軌跡補間期間を設定し、かつ、前記工具軌跡補間期間における工具軌跡を設定し、
前記駆動制御信号に基づいて、前記工具軌跡を、前記工具軌跡補間期間において設定された工具軌跡を介して段階的に切り替え、かつ、切り替えのタイミングで前記工具径を補正する
切削加工方法。
【請求項４】
レーザビームを前記加工対象物に照射し、
前記レーザビームを非円形状の振動パターンで振動させることにより、前記工具軌跡を制御する
請求項３に記載の切削加工方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、レーザビームを照射して加工対象物を加工するレーザ加工機等の切削加工機及び切削加工方法に関する。
【背景技術】

【０００２】
切削加工機として、レーザビームを照射して加工対象物を加工し、所定の形状を有する製品を製作するレーザ加工機が普及している。レーザ加工機は、製品が所定の形状を有して製作されるように、レーザビームによる切削量を考慮した工具径補正により加工対象物を切削加工する。特許文献１には、工具径補正により加工対象物を切削加工するレーザ加工機の一例が記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許第６０８７４８３号公報
【発明の概要】
【０００４】
レーザ加工機において、レーザビームを射出するノズルと加工対象物を載せる加工テーブルとの相対位置が固定されている状態では、レーザビームは通常、円形状を有するため、切削加工跡も円形状を有する。複数の種類の回転工具を備えたマシニングセンタにおいても、回転工具の位置座標が固定されている状態では、切削加工跡は通常、円形状を有する。ウォータジェット加工機においても、高圧水が射出される位置座標が固定されている状態では、切削加工跡は通常、円形状を有する。従って、工具径補正は、ノズル、回転工具、高圧水等の切削工具の位置座標が固定されている状態における切削加工跡が円形状であることを前提としている。
【０００５】
そのため、レーザ加工機等の切削加工機は、切削工具による切削加工跡の半径分または切削加工跡の半幅分を工具径補正量に設定し、工具径補正量分だけシフトさせて加工対象物を切削加工するときの軌跡を制御する。一般的に、従来の切削加工機では、工具径補正は切削加工跡が非円形状の場合に対応していない。
【０００６】
１またはそれ以上の実施形態は、切削工具の位置座標が固定されている状態における切削加工跡が非円形状であっても、切削工具の工具径を精度よく補正することができる切削加工機及び切削加工方法を提供することを目的とする。
【０００７】
１またはそれ以上の実施形態の第１の態様によれば、加工対象物を切削加工する加工機本体と、前記加工機本体を制御するＮＣ装置とを備え、前記ＮＣ装置は、前記加工対象物を切削加工することによって得られる最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて設定された加工プログラムと加工条件とに基づいて、前記加工対象物を切削加工する切削工具の工具径を補正するための工具径補正情報を生成する工具径補正量演算部と、前記加工プログラムと前記加工条件と前記工具径補正情報とに基づいて、切削加工補正条件を含む工具径補正制御信号を生成する加工軌跡演算部と、前記工具径補正制御信号に基づいて、前記加工機本体を制御する駆動制御信号を生成する駆動制御部とを有し、前記加工機本体は、前記加工対象物との相対位置を変化させることにより、前記加工対象物を切削加工する加工ユニットと、前記駆動制御信号に基づいて、前記切削工具に相当し、かつ、非円形状を有する工具軌跡を制御する工具軌跡制御部とを有し、前記加工条件に前記工具軌跡を切削加工中に切り替えるための切削工具情報が含まれている場合、前記工具径補正量演算部は、前記加工条件に含まれる複数の工具軌跡を認識し、前記複数の工具軌跡を含む工具径補正情報を生成し、前記工具径補正量演算部は、前記工具軌跡の切り替え時点に対して工具軌跡補間期間を設定し、かつ、前記工具軌跡補間期間における工具軌跡を設定し、前記加工機本体は、前記駆動制御信号に基づいて、前記工具軌跡を、前記工具軌跡補間期間において設定された工具軌跡を介して段階的に切り替え、かつ、切り替えのタイミングで前記工具径を補正する切削加工機が提供される。
【０００８】
１またはそれ以上の実施形態の第２の態様によれば、加工対象物を切削加工することに

よって得られる最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて設定され、加工対象物を切削加工するための切削工具に相当し、かつ、非円形状を有する工具軌跡を切削加工中に変更するための切削工具情報が含まれる加工条件と加工プログラムとに基づいて、前記工具軌跡の工具径を補正するための工具径補正情報を生成し、前記加工プログラムと前記加工条件と前記工具径補正情報とに基づいて、切削加工補正条件を含む工具径補正制御信号を生成し、前記工具径補正制御信号に基づいて駆動制御信号を生成し、前記駆動制御信号に基づいて前記工具軌跡を制御し、前記加工条件に前記工具軌跡を切削加工中に切り替えるための切削工具情報が含まれている場合、前記加工条件に含まれる複数の工具軌跡を認識し、前記複数の工具軌跡を含む工具径補正情報を生成し、前記工具軌跡の切り替え時点に対して工具軌跡補間期間を設定し、かつ、前記工具軌跡補間期間における工具軌跡を設定し、前記駆動制御信号に基づいて、前記工具軌跡を、前記工具軌跡補間期間において設定された工具軌跡を介して段階的に切り替え、かつ、切り替えのタイミングで前記工具径を補正する切削加工方法が提供される。

【０００９】

１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法によれば、切削工具の位置座標が固定されている状態における切削加工跡が非円形状であっても、切削工具の工具径を精度よく補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】図１は、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機の全体的な構成例を示す図である。

【図２】図２は、ノズルと工具軌跡との関係を示す図である。

【図３】図３は、工具軌跡制御部の構成例を示す図である。

【図４】図４は、切削加工中に工具軌跡が切り替え補間なしの条件にて変更される状態を示す図である。

【図５】図５は、切削加工中に工具軌跡が切り替え補間ありの条件にて変更される状態を示す図である。

【図６】図６は、１またはそれ以上の実施形態の切削加工方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法について、添付図面を参照して説明する。切削加工機及び切削加工方法の一例として、レーザ加工機及びレーザ加工方法について説明する。

【００１２】

図１に示すように、切削加工機１は、レーザ発振器１０と、加工機本体１００と、ＮＣ装置（数値制御装置）２００とを備える。ＮＣ装置２００は、レーザ発振器１０と加工機本体１００とを制御する。レーザ発振器１０はレーザビームを生成して射出する。レーザ発振器１０から射出されたレーザビームは、プロセスファイバ１１を介して加工機本体１００へ伝送される。加工機本体１００は、レーザビームを加工対象物Ｗに照射し、かつ、加工対象物Ｗとレーザビームのビームスポットとの相対位置を変化させることにより、加工対象物Ｗを切削加工する。

【００１３】

レーザ発振器１０としては、レーザダイオードより発せられる励起光を増幅して所定の波長のレーザビームを射出するレーザ発振器、または、レーザダイオードより発せられるレーザビームを直接利用するレーザ発振器が好適である。レーザ発振器１０は、例えば、固体レーザ発振器、ファイバレーザ発振器、ディスクレーザ発振器、または、ダイレクトダイオードレーザ発振器（ＤＤＬ発振器）である。

【００１４】

レーザ発振器１０は、波長９００ｎｍ～１１００ｎｍの１μｍ帯のレーザビームを射出

する。ファイバレーザ発振器及びＤＤＬ発振器を例とすると、ファイバレーザ発振器は、波長１０６０ｎｍ～１０８０ｎｍのレーザビームを射出し、ＤＤＬ発振器は、波長９１０ｎｍ～９５０ｎｍのレーザビームを射出する。

【００１５】

加工機本体１００は、加工対象物Ｗを載せる加工テーブル１０１と、門型のＸ軸キャリッジ１０２と、Ｙ軸キャリッジ１０３と、加工ユニット１０４と、工具軌跡制御部３００とを有する。加工対象物Ｗは例えばステンレス鋼よりなる板金である。加工対象物はステンレス鋼以外の鉄系の板金であっても構わないし、アルミニウム、アルミニウム合金、銅鋼などの板金であっても構わない。レーザ発振器１０から射出されたレーザビームは、プロセスファイバ１１を介して加工機本体１００の加工ユニット１０４へ伝送される。工具軌跡制御部３００は加工ユニット１０４の内部に収容されている。

【００１６】

Ｘ軸キャリッジ１０２は、加工テーブル１０１上でＸ軸方向に移動自在に構成されている。Ｙ軸キャリッジ１０３は、Ｘ軸キャリッジ１０２上でＸ軸と直交するＹ軸方向に移動自在に構成されている。Ｘ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３は、加工ユニット１０４を加工対象物Ｗの面に沿って、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、または、Ｘ軸とＹ軸との任意の合成方向に移動させる移動機構として機能する。

【００１７】

加工機本体１００は、加工ユニット１０４を加工対象物Ｗの面に沿って移動させる代わりに、加工ユニット１０４は位置が固定されていて、加工対象物Ｗが移動するように構成されていてもよい。加工機本体１００は、加工対象物Ｗの面に対して加工ユニット１０４を相対的に移動させる移動機構を備えていればよい。

【００１８】

加工ユニット１０４にはノズル１０６が取り付けられている。ノズル１０６の先端部には円形の開口部１０５が形成されている。加工ユニット１０４に伝送されたレーザビームは、ノズル１０６の開口部１０５から射出され、加工対象物Ｗに照射される。

【００１９】

加工ユニット１０４には、窒素または空気等のアシストガスが供給される。アシストガスは酸素であってもよく、その目的が酸化抑制なのか、酸化反応熱を利用するのかによって、窒素と酸素との混合比を任意に設定できる。レーザビームが開口部１０５から加工対象物Ｗに照射され、かつ、アシストガスが開口部１０５から加工対象物Ｗへと吹き付けられる。アシストガスは、加工対象物Ｗが溶融したカーフ幅内の溶融物を排出する。

【００２０】

工具軌跡制御部３００は、加工ユニット１０４内を進行して開口部１０５から射出されるレーザビームを、非円形状の振動パターンで振動させるビーム振動機構として機能する。工具軌跡制御部３００がレーザビームを非円形状の振動パターンで振動させることにより、加工ユニット１０４は非円形状の工具軌跡により加工対象物Ｗを切削加工する。工具軌跡制御部３００の具体的な構成例、及び、工具軌跡制御部３００がレーザビームのビームスポットを非円形状の振動パターンで振動させる方法については後述する。

ここで、工具軌跡とは、一定時間内に非円形状の振動パターンで振動させたビーム振動によってなされたビームの軌跡が描いた図形であって、振動工具形状を指す。つまり、通常は、ノズル１０６から射出される円形のレーザビームそのものが切削工具であり、そのビーム半径分が工具径補正となるが、ここでは、振動パターンで描いた図形の工具軌跡を切削工具とする。ノズル１０６と加工テーブル１０１との相対位置が固定されている状態における切削加工跡は、工具軌跡に対応する。

【００２１】

ＣＡＤ（Computer Aided Design）装置２０は、加工対象物Ｗを切削加工することによって得られる最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて製品形状データ（ＣＡＤデータ）ＳＤを生成し、ＣＡＭ（Computer Aided Manufacturing）装置２１へ出力する。ＣＡＭ装置２１は、製品形状データＳＤに基づいて、切削加工機１が加工対象物

Ｗを切削加工するための加工プログラム（ＮＣデータ）ＰＰを生成し、加工条件ＣＰを指定する。即ち、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとは、最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて設定される。

【００２２】

加工プログラムＰＰには、切削加工の進行方向の左側に工具径補正量分だけシフトさせて切削工具の軌跡を制御するＧ４１（左工具径補正）、または、切削加工の進行方向の右側に工具径補正量分だけシフトさせて切削工具の軌跡を制御するＧ４２（右工具径補正）で示されるＧコードが含まれている。

【００２３】

ＣＡＭ装置２１は、加工条件ＣＰとして、切削工具に相当する工具軌跡を指定する。工具軌跡は例えば非円形状を有する。ＣＡＭ装置２１は、形状または工具径が異なる複数の工具軌跡を指定することができる。加工条件ＣＰには、切削加工中に工具軌跡を変更するための切削工具情報が含まれている。

【００２４】

加工条件ＣＰには、加工対象物Ｗの材質及び厚さ等の材料パラメータが指定された加工対象情報が含まれている。加工条件ＣＰには、レーザビームの出力、加工速度、及び、ノズル１０６の開口部１０５の直径（ノズル径）等の加工パラメータ、及び、アシストガス条件等の切削加工情報が含まれている。即ち、加工条件ＣＰには、工具軌跡等の切削工具情報と加工対象情報と切削加工情報とが含まれている。

【００２５】

ＣＡＭ装置２１は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとを切削加工機１のＮＣ装置２００へ出力する。ＮＣ装置２００は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいてレーザ発振器１０を制御する。ＮＣ装置２００は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、加工機本体１００を制御してＸ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３を駆動させることにより、ノズル１０６を目的の位置へ移動させる。

【００２６】

ＮＣ装置２００は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、工具軌跡制御部３００を制御することにより、ノズル１０６の開口部１０５より射出されるレーザビームのビームスポットの軌跡を制御する。ビームスポットの軌跡は工具軌跡に相当する。

【００２７】

ＮＣ装置２００は、工具径補正量演算部２０１と、加工軌跡演算部２０２と、駆動制御部２０３とを有する。工具径補正量演算部２０１、及び、加工軌跡演算部２０２には、ＣＡＭ装置２１から加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとが入力される。工具径補正量演算部２０１は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、加工対象物Ｗを切削加工するための切削工具の工具径を補正するための工具径補正情報ＴＣを生成する。

【００２８】

図２を用いて、工具径補正情報ＴＣについて説明する。図２は、ノズル１０６の内部から開口部１０５を介して加工対象物Ｗに照射されるレーザビームのビームスポットの軌跡（工具軌跡）を示している。

【００２９】

工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに含まれる工具軌跡ＴＰを認識する。工具径補正量演算部２０１は、認識された工具軌跡ＴＰとノズル１０６の軌跡ＮＰ（以下、ノズル軌跡ＮＰとする）と切削加工の進行方向ＤＴとに基づいて、工具径補正情報ＴＣを生成する。工具軌跡ＴＰは加工対象物Ｗを切削加工するための切削工具に相当する。工具軌跡ＴＰの形状は切削工具の形状に相当する。工具軌跡ＴＰは例えば非円形状を有する。

【００３０】

工具径補正情報ＴＣは、工具軌跡ＴＰにおける制御中心点ＣＬと、加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲと、工具径補正値ＭＶＬＬ及びＭＶＬＲと、オフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲとを含む。また、工具径補正情報ＴＣは、ノズル軌跡ＮＰにおけるノズル１０６の中心点ＣＮ（以下、ノズル中心点ＣＮとする）と、工具径補正値ＭＶＮＬ及びＭＶＮＲと、

オフセット値ＳＶＮＬ及びＳＶＮＲとを含む。なお、制御中心点ＣＬとは、一般的なレーザ加工の工具径補正の場合のレーザビームの中心に相当する。１またはそれ以上の実施形態においては、工具軌跡を非円形状の切削工具としているので、切断ラインを切削工具と製品の境界とするときの切断ライン（切断位置）に対して切削工具を制御する中心の位置である。ノズル軌跡ＮＰとは、具体的にはノズル中心点ＣＮの軌跡である。ノズル１０６の中心点ＣＮと開口部１０５の中心点とは一致している。

【００３１】

図２に示すＣＣＮａ及びＣＣＮｂは、ノズル１０６の中心線を示している。中心線ＣＣＮａは進行方向ＤＴに対して平行であり、中心線ＣＣＮｂは進行方向ＤＴに対して垂直である。図２に示すＢＳは、工具軌跡ＴＰ上を移動するレーザビームのビームスポットを示している。図２には、非円形状の一例として、ビームスポットＢＳがアルファベットのＣを描くようにビームスポットＢＳを振動させる振動パターンの工具軌跡ＴＰを示している。なお、工具軌跡ＴＰの振動パターンは非円形状を含む自由形状であればよい。

【００３２】

レーザ加工機の場合、工具軌跡ＴＰはレーザビームのビームスポットＢＳの軌跡に相当する。ビームスポットＢＳは工具軌跡ＴＰ上を往復移動する。または、ビームスポットＢＳは非円形状であれば周期移動してもよい。加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲは、工具軌跡ＴＰにおいて制御中心点ＣＬを通り進行方向ＤＴと平行な中心線ＣＣＬａからビームスポットＢＳまでの距離が最大となる位置に相当する。加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲは、工具軌跡ＴＰが切削加工の進行方向ＤＴに移動したときに、加工対象物Ｗに加工面が形成される位置である。即ち、加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲは、工具軌跡ＴＰにおいて工具径が最大となる位置である。

【００３３】

加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲは、ノズル軌跡ＮＰにおいてノズル中心点ＣＮを通り進行方向ＤＴと平行な中心線ＣＣＮａからの距離が最大となる位置に相当する。即ち、加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲは、ノズル軌跡ＮＰにおいて工具径が最大となる位置である。加工面形成位置ＭＰＬは左工具径補正におけるパラメータであり、加工面形成位置ＭＰＲは右工具径補正におけるパラメータである。

【００３４】

工具軌跡ＴＰにおける工具径補正値ＭＶＬＬ及びＭＶＬＲは、中心線ＣＣＬａから加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲまでの距離に相当する。工具軌跡ＴＰにおける工具径補正値ＭＶＬＬ及びＭＶＬＲは、工具軌跡ＴＰにおける工具径に相当する。ノズル軌跡ＮＰにおける工具径補正値ＭＶＮＬ及びＭＶＮＲは、中心線ＣＣＮａから加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲまでの距離に相当する。ノズル軌跡ＮＰにおける工具径補正値ＭＶＮＬ及びＭＶＮＲは、ノズル軌跡ＮＰにおける工具径に相当する。工具径補正値ＭＶＬＬ及びＭＶＮＬは左工具径補正におけるパラメータであり、工具径補正値ＭＶＬＲ及びＭＶＮＲは右工具径補正におけるパラメータである。

【００３５】

工具軌跡ＴＰにおけるオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲは、制御中心点ＣＬを通り進行方向ＤＴと垂直な中心線ＣＣＬｂから加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲまでの距離に相当する。ノズル軌跡ＮＰにおけるオフセット値ＳＶＮＬ及びＳＶＮＲは、ノズル中心点ＣＮを通り進行方向ＤＴと垂直な中心線ＣＣＮｂから加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲまでの距離に相当する。オフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＮＬは左工具径補正におけるパラメータであり、オフセット値ＳＶＬＲ及びＳＶＮＲは右工具径補正におけるパラメータである。

【００３６】

従って、工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに含まれる工具軌跡ＴＰを認識し、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、工具軌跡ＴＰに基づく補正情報とノズル軌跡ＮＰに基づく補正情報とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。工具径補正量演算部２０１は工具径補正情報ＴＣを加工軌跡演算部２０２へ出力する。また、工具径補正

量演算部２０１は、左工具径補正と右工具径補正の両方の補正情報を含む工具径補正情報ＴＣを加工軌跡演算部２０２へ出力する。

【００３７】

加工軌跡演算部２０２には、ＣＡＭ装置２１から加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとが入力され、工具径補正量演算部２０１から工具径補正情報ＴＣが入力される。加工軌跡演算部２０２は、加工プログラムＰＰに含まれているＧコードを翻訳する。なお、加工プログラムＰＰはＧコードの代わりにロボット言語等を含んでいてもよい。

【００３８】

加工軌跡演算部２０２は、翻訳結果と加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣとに基づいて、ノズル軌跡ＮＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、ノズル軌跡ＮＰを用いて右工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて右工具径補正にて切削加工するかのいずれかの切削加工補正条件を決定する。

【００３９】

加工軌跡演算部２０２は、翻訳結果と加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣと決定された切削加工補正条件とに基づいて工具径補正制御信号ＴＳを生成する。加工軌跡演算部２０２は、工具径補正制御信号ＴＳを駆動制御部２０３へ出力する。駆動制御部２０３は、工具径補正制御信号ＴＳに基づいて、加工機本体１００を制御する駆動制御信号ＣＳを生成する。駆動制御部２０３は駆動制御信号ＣＳを加工機本体１００へ出力する。

【００４０】

工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工する場合、駆動制御部２０３は、工具軌跡ＴＰと工具軌跡ＴＰにおける制御中心点ＣＬと工具径補正値ＭＶＬＬとオフセット値ＳＶＬＬとに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。工具軌跡ＴＰを用いて右工具径補正にて切削加工する場合、駆動制御部２０３は、工具軌跡ＴＰと工具軌跡ＴＰにおける制御中心点ＣＬと工具径補正値ＭＶＬＲとオフセット値ＳＶＬＲとに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。

【００４１】

ノズル軌跡ＮＰを用いて左工具径補正にて切削加工する場合、駆動制御部２０３は、ノズル軌跡ＮＰとノズル軌跡ＮＰにおけるノズル中心点ＣＮと工具径補正値ＭＶＮＬとオフセット値ＳＶＮＬとに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。ノズル軌跡ＮＰを用いて右工具径補正にて切削加工する場合、駆動制御部２０３は、ノズル軌跡ＮＰとノズル軌跡ＮＰにおけるノズル中心点ＣＮと工具径補正値ＭＶＮＲとオフセット値ＳＶＮＲとに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。

【００４２】

駆動制御部２０３は、駆動制御信号ＣＳにより、加工機本体１００の工具軌跡制御部３００を制御する。工具軌跡制御部３００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、ノズル１０６の開口部１０５より射出されるレーザビームのビームスポットＢＳの軌跡を制御する。

【００４３】

図３を用いて、工具軌跡制御部３００の具体的な構成例、及び、工具軌跡制御部３００がレーザビームのビームスポットＢＳを非円形状の振動パターンで振動させる方法の一例を説明する。

【００４４】

図３に示すように、工具軌跡制御部３００は加工ユニット１０４の内部に収容されている。工具軌跡制御部３００は、コリメータレンズ３３１と、ガルバノスキャナユニット３４０と、ベンドミラー３３４と、集束レンズ３３５とを有する。コリメータレンズ３３１は、プロセスファイバ１１より射出されたレーザビームを平行光（コリメート光）に変換する。

【００４５】

ガルバノスキャナユニット３４０は、スキャンミラー３４１（第１のスキャンミラー）

と、スキャンミラー３４１を回転駆動させる駆動部３４２（第１の駆動部）と、スキャンミラー３４３（第２のスキャンミラー）と、スキャンミラー３４３を回転駆動させる駆動部３４４（第２の駆動部）とを有する。

【００４６】

駆動部３４２は、駆動制御部２０３の制御により、スキャンミラー３４１を所定の方向（例えばＸ方向）に所定の角度範囲で往復駆動させることができる。スキャンミラー３４１は、コリメータレンズ３２１により平行光に変換されたレーザビームをスキャンミラー３４３に向けて反射する。

【００４７】

駆動部３４４は、駆動制御部２０３の制御により、スキャンミラー３４３を、スキャンミラー３４１の駆動方向とは異なる方向（例えばＹ方向）に所定の角度範囲で往復駆動させることができる。スキャンミラー３４３は、スキャンミラー３４１により反射されたレーザビームをベンドミラー３３４に向けて反射する。

【００４８】

ベンドミラー３３４は、スキャンミラー３４３により反射されたレーザビームをＸ軸及びＹ軸に垂直なＺ軸方向下方に向けて反射させる。集束レンズ３３５はベンドミラー３３４により反射したレーザビームを集束して、加工対象物Ｗに照射する。

【００４９】

ガルバノスキャナユニット３４０は、スキャンミラー３４１とスキャンミラー３４３とのいずれか一方または双方を高速で例えば１０００Ｈｚ以上で往復振動させることにより、切削加工跡を多種の非円形状にすることができる。即ち、一定の光強度以上のレーザビームを単位時間当たりに複数個所へ集束させることにより、加工対象物Ｗに接して実質的に加工に寄与する工具形状を、多種の非円形状にすることが任意にできる。

【００５０】

図４及び図５を用いて、加工条件ＣＰに、切削加工中に工具軌跡ＴＰを変更するための切削工具情報が含まれている場合について説明する。図４及び図５は、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工する場合を示している。加工条件ＣＰには、複数の切削工具に相当する複数の工具軌跡ＴＰと工具軌跡ＴＰを切り替えるタイミング（切り替え時点または位置）と切り替え方法とを含む工具軌跡切り替え情報が含まれている。複数の工具軌跡ＴＰは形状または工具径が異なる。工具軌跡切り替え情報は、切り替え方法として例えば切り替え補間なし、または、切り替え補間ありのパラメータを含む。

【００５１】

工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれているか否かを認識する。加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれていない場合、工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに含まれる工具軌跡ＴＰを認識する。加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれている場合、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡切り替え情報に含まれる複数の工具軌跡ＴＰを認識する。

【００５２】

工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに基づいて、複数の工具軌跡ＴＰを含む上記の工具軌跡切り替え情報を有する工具径補正情報ＴＣを生成する。また、工具径補正量演算部２０１は、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、複数の工具軌跡ＴＰの切り替え基準位置となる加工面形成位置ＭＰＬ及びＭＰＲと、各工具軌跡ＴＰにおける制御中心点ＣＬと工具径補正値ＭＶＬＬ及びＭＶＬＲとオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲとを含む工具軌跡変更情報を有する工具径補正情報ＴＣを生成する。即ち、工具径補正情報ＴＣには、上記の工具軌跡切り替え情報と工具軌跡変更情報とが含まれている。

【００５３】

図４は、加工条件ＣＰに、切り替え時点ｔ１で工具軌跡ＴＰ１１を工具軌跡ＴＰ１２に切り替え、切り替え時点ｔ２で工具軌跡ＴＰ１２を工具軌跡ＴＰ１１に切り替える切削工具情報が含まれている場合を示している。図４は、工具径補正情報ＴＣが切り替え補間なしのパラメータを含む場合を示している。なお、図４では説明をわかりやすくするために

、オフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲが０である場合を示している。

【００５４】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ１までの期間において選択される工具軌跡ＴＰ１１と、工具軌跡ＴＰ１１における制御中心点ＣＬ１１と、加工面形成位置ＭＰＬ１１及びＭＰＲ１１と、工具径補正値ＭＶＬＬ１１及びＭＶＬＲ１１と、オフセット値ＳＶＬＬ１１及びＳＶＬＲ１１とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。加工面形成位置ＭＰＬ１１及びＭＰＲ１１は、工具軌跡ＴＰ１１の切り替え基準位置となる。オフセット値ＳＶＬＬ１１及びＳＶＬＲ１１は、図２に示すオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲに相当する。

【００５５】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ１から切り替え時点ｔ２までの期間において選択される工具軌跡ＴＰ１２と、工具軌跡ＴＰ１２における制御中心点ＣＬ１２と、加工面形成位置ＭＰＬ１２及びＭＰＲ１２と、工具径補正値ＭＶＬＬ１２及びＭＶＬＲ１２と、オフセット値ＳＶＬＬ１２及びＳＶＬＲ１２とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。加工面形成位置ＭＰＬ１２及びＭＰＲ１２は、切削工具ＣＴ２の切り替え基準位置となる。オフセット値ＳＶＬＬ１２及びＳＶＬＲ１２は、図２に示すオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲに相当する。

【００５６】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ２以降の期間において選択される工具軌跡ＴＰ１１と、工具軌跡ＴＰ１１における制御中心点ＣＬ１１と、加工面形成位置ＭＰＬ１１及びＭＰＲ１１と、工具径補正値ＭＶＬＬ１１及びＭＶＬＲ１１と、オフセット値ＳＶＬＬ１１及びＳＶＬＲ１１とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。工具径補正量演算部２０１は、工具径補正情報ＴＣを加工軌跡演算部２０２へ出力する。

【００５７】

加工軌跡演算部２０２は、加工プログラムＰＰに含まれているＧコードを翻訳する。加工軌跡演算部２０２は、翻訳結果と加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣとに基づいて、ノズル軌跡ＮＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、ノズル軌跡ＮＰを用いて右工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて右工具径補正にて切削加工するかのいずれかの切削加工補正条件を決定する。

【００５８】

工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工すると決定された場合、加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、切り替え時点ｔ１にて、加工面形成位置ＭＰＬ１１と加工面形成位置ＭＰＬ１２とを一致させ、工具軌跡ＴＰ１１を工具軌跡ＴＰ１２に切り替えるための第１の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００５９】

また、加工軌跡演算部２０２は、制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とを、制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とに切り替えるための第２の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００６０】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、切り替え時点ｔ２にて、加工面形成位置ＭＰＬ１２と加工面形成位置ＭＰＬ１１とを一致させ、工具軌跡ＴＰ１２を工具軌跡ＴＰ１１に切り替えるための第３の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００６１】

また、加工軌跡演算部２０２は、制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とを、制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とに切り替えるための第４の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。即ち、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補

正にて切削加工すると決定された場合、第１～第４の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００６２】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正制御信号ＴＳを駆動制御部２０３へ出力する。駆動制御部２０３は、工具径補正制御信号ＴＳに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。駆動制御部２０３は、駆動制御信号ＣＳにより、加工機本体１００を制御する。加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、Ｘ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３を駆動させてノズル軌跡ＮＰを制御する。また、加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、工具軌跡制御部３００を駆動させて工具軌跡ＴＰを制御する。

【００６３】

工具径補正情報ＴＣが切り替え補間なしのパラメータを含む場合、加工機本体１００は、切り替え時点ｔ１にて加工面形成位置ＭＰＬ１１と加工面形成位置ＭＰＬ１２とを一致させ、工具軌跡ＴＰ１１を工具軌跡ＴＰ１２に瞬時に切り替える。また、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とを、制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とに変更する工具径補正を実行する。

【００６４】

工具径補正情報ＴＣが切り替え補間なしのパラメータを含む場合、加工機本体１００は、切り替え時点ｔ２にて加工面形成位置ＭＰＬ１２と加工面形成位置ＭＰＬ１１とを一致させ、工具軌跡ＴＰ１２を工具軌跡ＴＰ１１に瞬時に切り替える。また、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とを、制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とに変更する工具径補正を実行する。

【００６５】

図５は、加工条件ＣＰに、切り替え時点ｔ１で工具軌跡ＴＰ１１を工具軌跡ＴＰ１２に切り替え、切り替え時点ｔ２で工具軌跡ＴＰ１２を工具軌跡ＴＰ１１に切り替える切削工具情報が含まれている場合を示している。図５は、工具径補正情報ＴＣが切り替え補間ありのパラメータを含む場合を示している。なお、図５では説明をわかりやすくするために、オフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲが０である場合を示している。

【００６６】

工具径補正情報ＴＣが切り替え補間ありのパラメータを含む場合、工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ１に対して工具軌跡補間期間ＳＰ１１を設定する。工具軌跡補間期間ＳＰ１１は切り替え時点ｔ１までの所定の期間である。

【００６７】

工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１１と工具軌跡ＴＰ１２との特徴点を抽出する。工具径補正量演算部２０１は、抽出された特徴点に基づいて特徴曲線を設定する。工具径補正量演算部２０１は、特徴曲線の各構成点間の比率を一定にして工具軌跡補間期間ＳＰ１１における工具軌跡ＴＰ１１２を設定する。工具軌跡ＴＰ１１２は、工具軌跡ＴＰ１１と工具軌跡ＴＰ１２とを段階的に切り替えるため、工具軌跡ＴＰ１１と工具軌跡ＴＰ１２とを補間する補間工具軌跡である。

【００６８】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ１までの期間において選択される工具軌跡ＴＰ１１と、工具軌跡ＴＰ１１における制御中心点ＣＬ１１と、加工面形成位置ＭＰＬ１１及びＭＰＲ１１と、工具径補正値ＭＶＬＬ１１及びＭＶＬＲ１１と、オフセット値ＳＶＬＬ１１及びＳＶＬＲ１１とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。

【００６９】

工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡補間期間ＳＰ１１において設定された工具軌跡ＴＰ１１２と、工具軌跡ＴＰ１１２における制御中心点ＣＬ１１２と、加工面形成位置ＭＰＬ１１２及びＭＰＲ１１２と、工具径補正値ＭＶＬＬ１１２及びＭＶＬＲ１１２と、オフセット値ＳＶＬＬ１１２及びＳＶＬＲ１１２とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。

オフセット値ＳＶＬＬ１１２及びＳＶＬＲ１１２は図２に示すオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲに相当する。

【００７０】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ２に対して工具軌跡補間期間ＳＰ１２を設定する。工具軌跡補間期間ＳＰ１２は切り替え時点ｔ２までの所定の期間である。工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１２と工具軌跡ＴＰ１１との特徴点を抽出する。工具径補正量演算部２０１は、抽出された特徴点に基づいて特徴曲線を設定する。工具径補正量演算部２０１は、特徴曲線の各構成点間の比率を一定にして工具軌跡補間期間ＳＰ１２における工具軌跡ＴＰ１２１を設定する。工具軌跡ＴＰ１２１は、工具軌跡ＴＰ２１と工具軌跡ＴＰ１１とを段階的に切り替えるため、工具軌跡ＴＰ１２と工具軌跡ＴＰ１１とを補間する補間工具軌跡である。

【００７１】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ１から切り替え時点ｔ２までの期間において選択される工具軌跡ＴＰ１２と、工具軌跡ＴＰ１２における制御中心点ＣＬ１２と、加工面形成位置ＭＰＬ１２及びＭＰＲ１２と、工具径補正値ＭＶＬＬ１２及びＭＶＬＲ１２と、オフセット値ＳＶＬＬ１２及びＳＶＬＲ１２とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。

【００７２】

工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡補間期間ＳＰ１２において設定された工具軌跡ＴＰ１２１と、工具軌跡ＴＰ１２１における制御中心点ＣＬ１２１と、加工面形成位置ＭＰＬ１２１及びＭＰＲ１２１と、工具径補正値ＭＶＬＬ１２１及びＭＶＬＲ１２１と、オフセット値ＳＶＬＬ１２１及びＳＶＬＲ１２１とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。オフセット値ＳＶＬＬ１２１及びＳＶＬＲ１２１は図２に示すオフセット値ＳＶＬＬ及びＳＶＬＲに相当する。

【００７３】

工具径補正量演算部２０１は、切り替え時点ｔ２以降の期間において選択される工具軌跡ＴＰ１１と、工具軌跡ＴＰ１１における制御中心点ＣＬ１１と、加工面形成位置ＭＰＬ１１及びＭＰＲ１１と、工具径補正値ＭＶＬＬ１１及びＭＶＬＲ１１と、オフセット値ＳＶＬＬ１１及びＳＶＬＲ１１とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。即ち、工具径補正情報ＴＣには、工具軌跡ＴＰ１１、ＴＰ１１２、ＴＰ１２、及び、ＴＰ１２１における工具径補正情報が含まれている。

【００７４】

工具径補正量演算部２０１は、工具径補正情報ＴＣを加工軌跡演算部２０２へ出力する。加工軌跡演算部２０２は、加工プログラムＰＰに含まれているＧコードを翻訳する。加工軌跡演算部２０２は、翻訳結果と加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣとに基づいて、ノズル軌跡ＮＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、ノズル軌跡ＮＰを用いて右工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて右工具径補正にて切削加工するかのいずれかの切削加工補正条件を決定する。

【００７５】

工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工すると決定された場合、加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、工具軌跡補間期間ＳＰ１１にて、工具軌跡ＴＰ１１を工具軌跡ＴＰ１１２に切り替えるための第５の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。また、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１１の制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とを、工具軌跡ＴＰ１１２の制御中心点ＣＬ１１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１１２とオフセット値ＳＶＬＬ１１２とに切り替えるための第６の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００７６】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、切り替え時点ｔ１にて、工

具軌跡ＴＰ１１２を工具軌跡ＴＰ１２に切り替えるための第７の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。また、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１１２の制御中心点ＣＬ１１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１１２とオフセット値ＳＶＬＬ１１２とを、工具軌跡ＴＰ１２の制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とに切り替えるための第８の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００７７】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、工具軌跡補間期間ＳＰ１２にて、工具軌跡ＴＰ１２を工具軌跡ＴＰ１２１に切り替えるための第９の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。また、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１２の制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とを、工具軌跡ＴＰ１２１の制御中心点ＣＬ１２１と工具径補正値ＭＶＬＬ１２１とオフセット値ＳＶＬＬ１２１とに切り替えるための第１０の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００７８】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正情報ＴＣに基づいて、切り替え時点ｔ２にて、工具軌跡ＴＰ１２１を工具軌跡ＴＰ１１に切り替えるための第１１の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。また、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡ＴＰ１２１の制御中心点ＣＬ１２１と工具径補正値ＭＶＬＬ１２１とオフセット値ＳＶＬＬ１２１とを、工具軌跡ＴＰ１１の制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とに切り替えるための第１２の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。即ち、工具径補正量演算部２０１は、第５～第１２の切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。

【００７９】

加工軌跡演算部２０２は、工具径補正制御信号ＴＳを駆動制御部２０３へ出力する。駆動制御部２０３は、工具径補正制御信号ＴＳに基づいて駆動制御信号ＣＳを生成する。駆動制御部２０３は、駆動制御信号ＣＳにより、加工機本体１００を制御する。加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、Ｘ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３を駆動させてノズル軌跡ＮＰを制御する。また、加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、工具軌跡制御部３００を駆動させて工具軌跡ＴＰを制御する。

【００８０】

工具径補正情報ＴＣが切り替え補間ありのパラメータを含む場合、加工機本体１００は、工具軌跡ＴＰ１１を、工具軌跡補間期間ＳＰ１１に設定された工具軌跡ＴＰ１１２を介して、工具軌跡ＴＰ１２に段階的に切り替える。

【００８１】

また、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とを、制御中心点ＣＬ１１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１１２とオフセット値ＳＶＬＬ１１２とに変更する工具径補正を実行する。

【００８２】

さらに、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１１２とオフセット値ＳＶＬＬ１１２とを、制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とに変更する工具径補正を実行する。

【００８３】

工具径補正情報ＴＣが切り替え補間ありのパラメータを含む場合、加工機本体１００は、工具軌跡ＴＰ１２を、工具軌跡補間期間ＳＰ１２に設定された工具軌跡ＴＰ１２１を介して、工具軌跡ＴＰ１１に段階的に切り替える。また、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１２と工具径補正値ＭＶＬＬ１２とオフセット値ＳＶＬＬ１２とを、制御中心点ＣＬ１２１と工具径補正値ＭＶＬＬ１２１とオフセット値ＳＶＬＬ１２１とに変更する工具径補正を実行する。

【００８４】

さらに、加工機本体１００は、切り替えのタイミングで制御中心点ＣＬ１２１と工具径補正値ＭＶＬＬ１２１とオフセット値ＳＶＬＬ１２１とを、制御中心点ＣＬ１１と工具径補正値ＭＶＬＬ１１とオフセット値ＳＶＬＬ１１とに変更する工具径補正を実行する。

【００８５】

図６に示すフローチャートを用いて、切削加工方法の一例を説明する。ＣＡＤ装置２０は、ステップＳ１にて、最終加工製品の寸法及び形状を含む製品形状情報に基づいて製品形状データＳＤを生成する。さらに、ＣＡＤ装置２０は、製品形状データＳＤをＣＡＭ装置２１へ出力する。

【００８６】

ＣＡＭ装置２１は、ステップＳ２にて、製品形状データＳＤに基づいて、切削加工機１の加工プログラムＰＰ（Ｇコードを含む）を生成し、加工条件ＣＰを指定する。さらに、ＣＡＭ装置２１は加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとを切削加工機１のＮＣ装置２００へ出力する。

【００８７】

ＮＣ装置２００は、ステップＳ３にて、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、加工機本体１００を制御してＸ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３を駆動させることにより、ノズル１０６を目的の位置へ移動させる。また、ＮＣ装置２００は、ステップＳ４にて、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいてレーザ発振器１０を制御することにより、レーザビームをノズル１０６の開口部１０５から射出し、加工対象物Ｗに照射する。ステップＳ３とステップＳ４とのタイミングは加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて制御される。

【００８８】

ＮＣ装置２００の工具径補正量演算部２０１、及び、加工軌跡演算部２０２には、ステップＳ２にてＣＡＭ装置２１から加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとが入力される。工具径補正量演算部２０１は、ステップＳ５にて、加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれているか否かを認識する。加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれていないと認識された場合、工具径補正量演算部２０１は、加工条件ＣＰに含まれる工具軌跡ＴＰを認識する。

【００８９】

加工条件ＣＰに工具軌跡切り替え情報が含まれていると認識された場合、工具径補正量演算部２０１は、工具軌跡切り替え情報に含まれる複数の工具軌跡ＴＰを認識する。工具径補正量演算部２０１は、ステップＳ６にて、工具軌跡ＴＰの切り替え時点ｔに対して工具軌跡補間期間ＳＰを設定する。

【００９０】

工具径補正量演算部２０１は、ステップＳ７にて、ステップＳ５にて認識された複数の工具軌跡ＴＰの特徴点を抽出する。工具径補正量演算部２０１は、抽出された特徴点に基づいて特徴曲線を設定する。さらに、工具径補正量演算部２０１は、特徴曲線の各構成点間の比率を一定にして工具軌跡補間期間ＳＰにおける工具軌跡ＴＰ（補間工具軌跡）を設定する。

【００９１】

工具径補正量演算部２０１は、ステップＳ８にて、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとに基づいて、工具軌跡ＴＰに基づく補正情報とノズル軌跡ＮＰに基づく補正情報とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。さらに、工具径補正量演算部２０１は工具径補正情報ＴＣを加工軌跡演算部２０２へ出力する。

【００９２】

加工軌跡演算部２０２には、ＣＡＭ装置２１から加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰとが入力され、工具径補正量演算部２０１から工具径補正情報ＴＣが入力される。加工軌跡演算部２０２は、ステップＳ９にて、加工プログラムＰＰに含まれているＧコードを翻訳する。さらに、加工軌跡演算部２０２は、翻訳結果と加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣとに基づいて、ノズル軌跡ＮＰを用いて左工具径補正にて切削加工

するか、ノズル軌跡ＮＰを用いて右工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて左工具径補正にて切削加工するか、工具軌跡ＴＰを用いて右工具径補正にて切削加工するかのいずれかの切削加工補正条件を決定する。

【００９３】

加工軌跡演算部２０２は、ステップＳ１０にて、加工プログラムＰＰと加工条件ＣＰと工具径補正情報ＴＣと決定された切削加工補正条件とに基づいて工具径補正制御信号ＴＳを生成する。さらに、加工軌跡演算部２０２は、工具径補正制御信号ＴＳを駆動制御部２０３へ出力する。駆動制御部２０３は、ステップＳ１１にて、工具径補正制御信号ＴＳに基づいて、加工機本体１００を制御する駆動制御信号ＣＳを生成する。駆動制御部２０３は駆動制御信号ＣＳを加工機本体１００へ出力する。

【００９４】

加工機本体１００は、ステップＳ１２にて、駆動制御信号ＣＳに基づいて、Ｘ軸キャリッジ１０２及びＹ軸キャリッジ１０３を駆動させてノズル軌跡ＮＰを制御する。また、加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、工具軌跡制御部３００を駆動させて工具軌跡ＴＰを制御する。

【００９５】

さらに、加工機本体１００は、駆動制御信号ＣＳに基づいて、工具軌跡ＴＰを切り替え、かつ、切り替えのタイミングで工具径を補正する。工具径補正情報ＴＣが切り替え補間なしのパラメータを含む場合には、駆動制御部２０３は工具軌跡ＴＰを瞬時に切り替えて変更する。工具径補正情報ＴＣが切り替え補間ありのパラメータを含む場合には、駆動制御部２０３は工具軌跡ＴＰを、工具軌跡補間期間ＳＰに設定された工具軌跡ＴＰを介して段階的に切り替えて変更する。

【００９６】

１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、工具軌跡ＴＰに基づく補正情報とノズル軌跡ＮＰに基づく補正情報とを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、工具径補正情報ＴＣに基づいて加工ユニット１０４の駆動と工具軌跡制御部３００の駆動とを制御することにより、ノズル軌跡ＮＰと工具軌跡ＴＰとを制御する。従って、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法によれば、切削工具に相当する工具軌跡、または、ノズル１０６と加工テーブル１０１との相対位置が固定されている状態における切削加工跡が非円形状であっても、切削工具の工具径を精度よく補正することができる。

【００９７】

１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、加工条件ＣＰに切削加工中に工具軌跡を変更するための切削工具情報が含まれている場合、切削加工機１は、複数の工具軌跡ＴＰを含む工具径補正情報ＴＣを生成する。さらに、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、工具径補正情報ＴＣに基づいて、工具軌跡ＴＰを切り替えるための切り替え情報を含む工具径補正制御信号ＴＳを生成する。さらに、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、工具径補正制御信号ＴＳに基づいて加工機本体１００を制御し、工具軌跡ＴＰを切り替える。

【００９８】

従って、１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法によれば、加工条件ＣＰに切削工具情報が含まれている場合においても、工具径補正情報ＴＣに基づいて工具軌跡ＴＰを切り替えることにより、工具径を精度よく補正することができる。

【００９９】

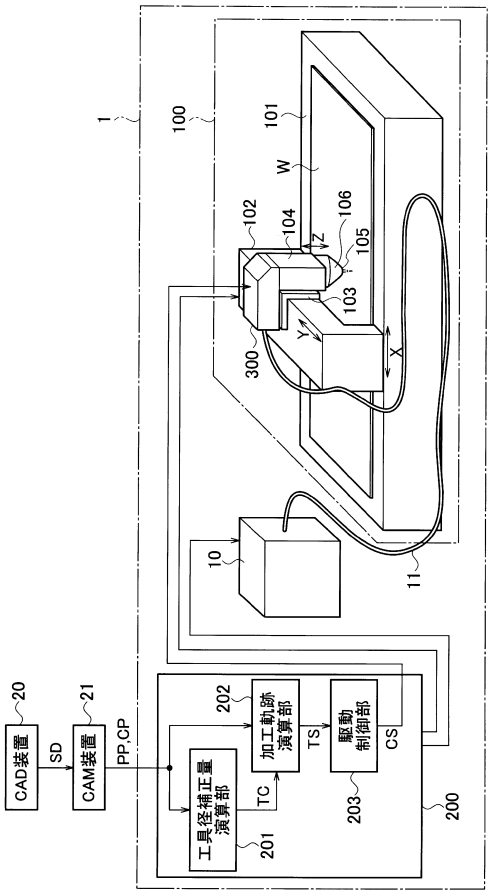
本発明は以上説明した１またはそれ以上の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

【０１００】

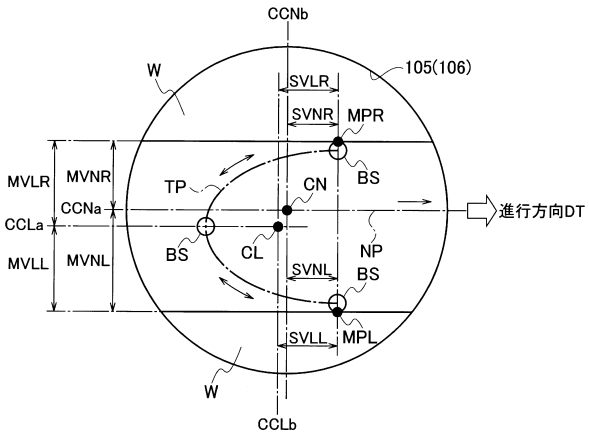
１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、工具軌跡補間期間ＳＰ１１及びＳＰ１２に１つの補間工具軌跡を設定したが、複数の補間工具軌跡を設定してもよい。

【０１０１】
１またはそれ以上の実施形態の切削加工機及び切削加工方法では、レーザ加工機及びレーザ加工方法を例に挙げて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、本発明はウォータジェット加工機に対しても適用可能である。
【０１０２】
本願の開示は、２０１８年７月６日に出願された特願２０１８－１２８９２３号に記載の主題と関連しており、それらの全ての開示内容は引用によりここに援用される。

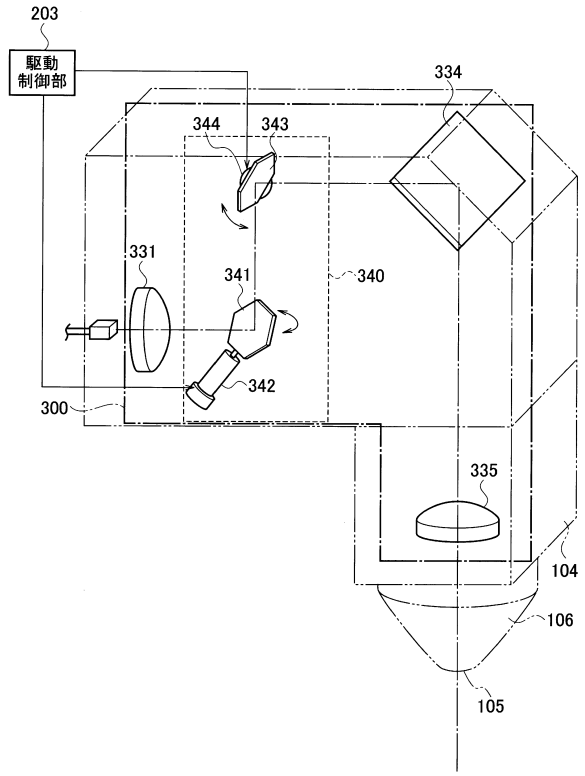
【図１】



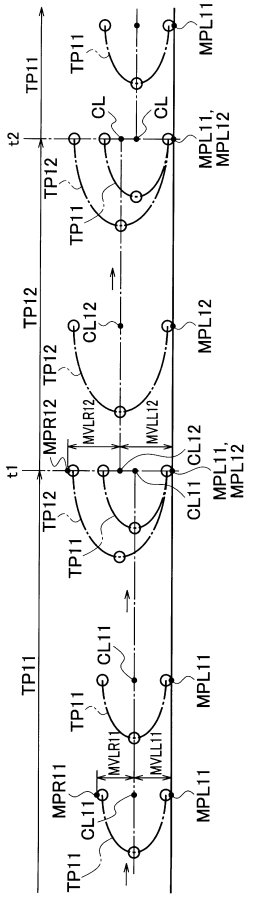
【図２】



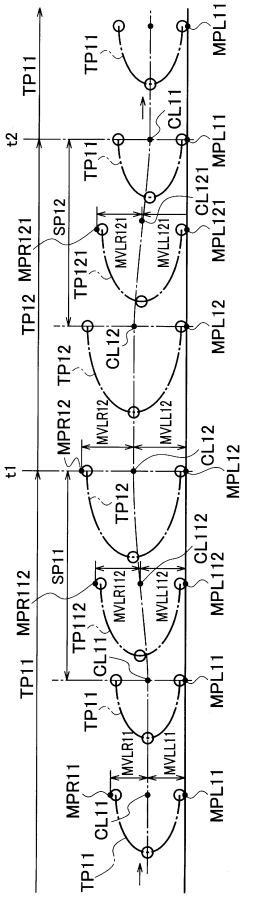
【図３】


203
駆動制御部
334
344
343
331
341
340
342
300
335
104
106
105

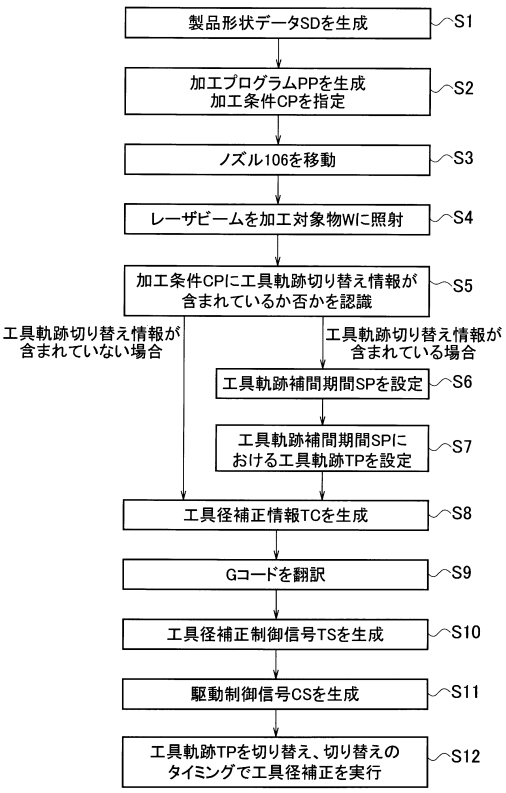
【図４】


TP11
TP12
CL
CL12
CL11
MPL11
MPL12
MPL11, MPL12
MPR12
MPR11
MVLR12
MVLL12
MVLR11
MVLL11
t1
t2

【図５】


TP11
TP12
TP112
TP121
CL11
CL12
CL112
CL121
MPL11
MPL12
MPL112
MPL121
MPR11
MPR12
MPR112
MPR121
SP11
SP12
MVLR11
MVLL11
MVLR12
MVLL12
MVLR112
MVLL112
MVLR121
MVLL121
t1
t2

【図６】


製品形状データSDを生成
S1
加工プログラムPPを生成
加工条件CPを指定
S2
ノズル106を移動
S3
レーザビームを加工対象物Wに照射
S4
加工条件CPに工具軌跡切り替え情報が含まれているか否かを認識
S5
工具軌跡切り替え情報が含まれていない場合
工具軌跡切り替え情報が含まれている場合
工具軌跡補間期間SPを設定
S6
工具軌跡補間期間SPにおける工具軌跡TPを設定
S7
工具径補正情報TCを生成
S8
Gコードを翻訳
S9
工具径補正制御信号TSを生成
S10
駆動制御信号CSを生成
S11
工具軌跡TPを切り替え、切り替えのタイミングで工具径補正を実行
S12

フロントページの続き

(56)参考文献 実開平０７－０１５１７９（ＪＰ，Ｕ）
特開平０３－１５５４８４（ＪＰ，Ａ）
カナダ国特許出願公開第０２７２５２７７（ＣＡ，Ａ１）
中国特許出願公開第１０３８６９７４８（ＣＮ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ ２６／３８
Ｂ２３Ｋ ２６／００
Ｂ２３Ｋ ２６／０８
Ｂ２３Ｋ ２６／０８２
Ｂ２３Ｑ １５／００
Ｇ０５Ｂ １９／４０９３