

(11)特許出願公開番号

特開2017-192970

(P2017-192970A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int. Cl.

F 1

テーマコード (参考)

B 23 K 26/08 (2014.01)

B 2 3 K 26/08

H

3 C 2 6 9

B23K 26/00 (2014.01)

B 2 3 K 26/00

M

4 E 1 6 8

G O 5 B 19/404 (2006.01)

G05B 19/404

K

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-85185 (P2016-85185)

(22) 出願日 平成28年4月21日 (2016. 4. 21)

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
0番地

(74) 代理人 100077665

弁理士 千葉 剛宏

(74) 代理人 100116676

弁理士 宮寺 利幸

(74) 代理人 100191134

弁理士 千馬 隆之

(74) 代理人 100149261

弁理士 大内 秀治

(74) 代理人 100136548

弁理士 仲宗根 康晴

[最終頁に続く](#)

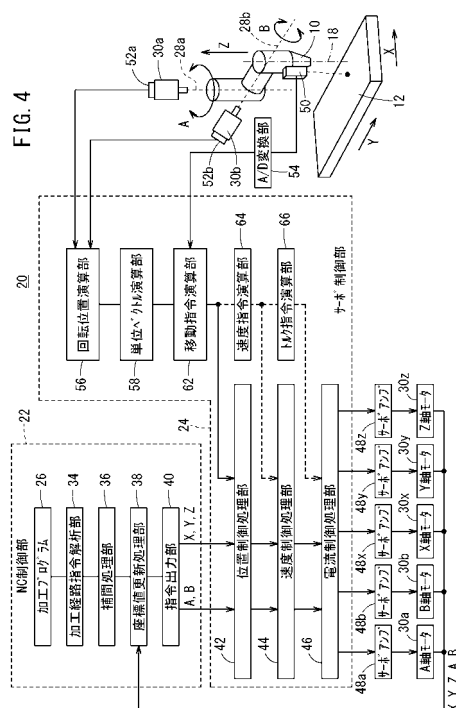
(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置及びレーザ加工方法

(57) 【要約】

【課題】加工ノズルの位置及び姿勢の変化に対する制御遅れが発生しても、一定のギャップ量に正しく制御すると共に、被加工物の加工形状の誤差を低減する。

【解決手段】レーザ加工装置 20 の単位ベクトル演算部 58 は、A 軸 28 a 及び B 軸 28 b の現在の各回転位置に基づいて単位ベクトル 16 を求める。移動指令演算部 62、速度指令演算部 64 又はトルク指令演算部 66 は、単位ベクトル 16、及び、加工ノズル 10 とワーク 12 とのギャップ量 G に基づき、ギャップ量 G を一定に維持する指令信号を生成する。サーボ制御部 24 では、指令信号に基づいて、X 軸モータ 30 x、Y 軸モータ 30 y 及び Z 軸モータ 30 z を制御することにより、加工ノズル 10 をワーク 12 に対して三次元方向に相対移動させる。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加工プログラムに従って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させつつ、前記加工ノズルを所定の回転軸を中心に回転させ、前記加工ノズルから照射されるレーザー光によって前記被加工物に対してレーザー加工を施すレーザー加工装置において、

前記加工ノズルを前記被加工物に対して三次元方向に相対移動させる三次元移動部と、
前記回転軸を中心に前記加工ノズルを回転させる回転部と、

前記加工ノズルと前記被加工物とのギャップ量を検出するギャップ量検出部と、

前記回転部による前記回転軸の回転位置を検出する回転位置検出部と、

前記ギャップ量及び前記回転位置に基づいて、前記ギャップ量を一定に維持するための指令信号を生成する指令演算部と、

を備え、

前記三次元移動部は、前記指令信号に基づいて、前記加工ノズルを前記被加工物に対して前記三次元方向に相対移動させることを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のレーザー加工装置において、

前記回転位置に基づいて前記加工ノズルの軸方向の単位ベクトルを演算する単位ベクトル演算部をさらに備え、

前記指令演算部は、前記単位ベクトル及び前記ギャップ量に基づいて、前記軸方向に沿った前記加工ノズルの補正移動量に応じた前記指令信号を生成することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載のレーザー加工装置において、

前記回転位置検出部は、前記回転位置に応じた出力信号を出力するアブソリュート型のロータリーエンコーダであり、

前記レーザー加工装置は、前記出力信号に基づいて、前記回転軸の現在の回転位置を算出する回転位置演算部をさらに備え、

前記単位ベクトル演算部は、前記現在の回転位置に基づいて前記単位ベクトルを演算することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載のレーザー加工装置において、

前記加工プログラムに基づいて、前記加工ノズルの三次元方向の指令移動量を出力すると共に、前記回転軸の指令回転量を出力する指令制御部と、

前記指令移動量に基づき前記三次元移動部を制御すると共に、前記指令回転量に基づき前記回転部を制御するサーボ制御部と、

をさらに備え、

前記サーボ制御部は、前記指令信号を用いて前記指令移動量を補正し、補正後の前記指令移動量に基づいて前記三次元移動部を制御することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 5】

加工プログラムに従って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させつつ、前記加工ノズルを所定の回転軸を中心に回転させ、前記加工ノズルから照射されるレーザー光によって前記被加工物に対してレーザー加工を施すレーザー加工方法において、

前記加工ノズルと前記被加工物とのギャップ量をギャップ量検出部により検出し、

回転部による前記回転軸の回転位置を回転位置検出部により検出し、

前記ギャップ量及び前記回転位置に基づいて、前記ギャップ量を一定に維持するための指令信号を指令演算部で生成し、

前記指令信号に基づいて、三次元移動部により前記加工ノズルを前記被加工物に対して三次元方向に相対移動させることを特徴とするレーザー加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、加工プログラムに従って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させつつ、該加工ノズルを所定の回転軸を中心に回転させ、加工ノズルから照射されるレーザ光によって被加工物に対してレーザ加工を施すレーザ加工装置及びレーザ加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、レーザ加工装置では、加工プログラムに従って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させ、且つ、加工ノズルを所定の回転軸を中心に回転させながら、加工ノズルから被加工物に対してレーザ光を照射することにより、被加工物に対するレーザ加工を行う。この場合、加工ノズルと被加工物とのギャップ量は、加工ノズルの軸方向に沿って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させることにより、所定量に制御される。

10

【0003】

特許文献1には、三次元レーザ加工機において、加工ノズルに設けられた倣いセンサにより被加工物と加工ノズルとのギャップ量を検出し、検出されたギャップ量に基づいて、該ギャップ量の三次元方向の補正量を算出し、各補正量に基づいて各軸の駆動モータを制御することにより、加工ノズルの姿勢を保持した状態で、被加工物に対して加工ノズルを三次元方向に相対移動させることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

20

【特許文献1】特開平9-164494号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、被加工物の表面に沿って加工ノズルを移動させながらレーザ加工を行う場合、加工ノズルの実際の位置及び姿勢が分からなければ、一定のギャップ量に正しく制御することができない。

【0006】

すなわち、レーザ加工を行う場合、加工プログラムに従って加工ノズルの位置及び姿勢の指令値（指令位置）を求め、求めた指令位置に基づいて加工ノズルの位置及び姿勢を変化させた場合には、制御遅れに起因して、指令位置と実際の加工ノズルの位置及び姿勢との間にずれが生じる。

30

【0007】

そのため、ギャップ量を一定に保つために、ギャップ量及び指令位置に基づいて加工ノズルの三次元方向への補正移動量を求め、求めた補正移動量に従って、被加工物に対して加工ノズルを三次元方向に相対移動させると、加工ノズルは、指令位置における加工ノズルの軸方向に沿って相対移動する。すなわち、加工ノズルは、実際の加工ノズルの軸方向とは異なる方向に沿って相対移動する。この結果、加工ノズルと被加工物とのギャップ量を一定に制御することが困難となる。この状態で加工ノズルから被加工物にレーザ光を照射してレーザ加工を行うと、目標とする加工形状と実際の加工形状との間で誤差が発生し、加工精度が低下する。

40

【0008】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、加工ノズルの位置及び姿勢の変化に対する制御遅れが発生しても、一定のギャップ量に正しく制御することができ、且つ、被加工物の加工形状の誤差を低減することができるレーザ加工装置及びレーザ加工方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、加工プログラムに従って、被加工物に対して加工ノズルを相対移動させつつ、前記加工ノズルを所定の回転軸を中心に回転させ、前記加工ノズルから照射されるレー

50

ザ光によって前記被加工物に対してレーザ加工を施すレーザ加工装置及びレーザ加工方法に関するものである。

【0010】

そして、上記の目的を達成するため、本発明に係るレーザ加工装置は、前記加工ノズルを前記被加工物に対して三次元方向に相対移動させる三次元移動部と、前記回転軸を中心に前記加工ノズルを回転させる回転部と、前記加工ノズルと前記被加工物とのギャップ量を検出するギャップ量検出部と、前記回転部による前記回転軸の回転位置を検出する回転位置検出部と、前記ギャップ量及び前記回転位置に基づいて前記ギャップ量を一定に維持するための指令信号を生成する指令演算部とを備える。この場合、前記三次元移動部は、前記指令信号に基づいて、前記加工ノズルを前記被加工物に対して前記三次元方向に相対移動させる。

10

【0011】

また、上記の目的を達成するため、本発明に係るレーザ加工方法では、前記加工ノズルと前記被加工物とのギャップ量をギャップ量検出部により検出し、回転部による前記回転軸の回転位置を回転位置検出部により検出し、前記ギャップ量及び前記回転位置に基づいて、前記ギャップ量を一定に維持するための指令信号を指令演算部で生成し、前記指令信号に基づいて三次元移動部により前記加工ノズルを前記被加工物に対して三次元方向に相対移動させる。

【0012】

このように、本発明では、前記回転軸の実際の回転位置と実際のギャップ量とをそれぞれ検出し、検出した前記回転位置及び前記ギャップ量に基づいて前記指令信号を生成し、生成した前記指令信号に基づいて前記加工ノズルを前記被加工物に対して前記三次元方向に相対移動させる。これにより、前記加工ノズルの位置及び姿勢の変化に対する制御遅れが発生しても、一定の前記ギャップ量に正しく制御することが可能となる。この結果、前記ギャップ量の制御に起因した前記被加工物の加工形状の誤差を低減することができる。

20

【0013】

ここで、前記レーザ加工装置は、前記回転位置に基づいて前記加工ノズルの軸方向の単位ベクトルを演算する単位ベクトル演算部をさらに備える。この場合、前記指令演算部は、前記単位ベクトル及び前記ギャップ量に基づいて、前記軸方向に沿った前記加工ノズルの補正移動量に応じた前記指令信号を生成する。これにより、前記被加工物に対して実際の前記軸方向に沿って前記加工ノズルを三次元方向に相対移動させることができるので、前記ギャップ量を正しく制御することが可能となる。

30

【0014】

また、前記回転位置検出部は、前記回転位置に応じた出力信号を出力するアブソリュート型のロータリーエンコーダであることが好ましい。この場合、前記レーザ加工装置は、前記出力信号に基づいて、前記回転軸の現在の回転位置を算出する回転位置演算部をさらに備え、前記単位ベクトル演算部は、前記現在の回転位置に基づいて前記単位ベクトルを演算すればよい。前記アブソリュート型のロータリーエンコーダは、前記回転位置の絶対位置を示す出力信号を出力する。従って、この出力信号に基づき前記現在の回転位置を算出し、算出した前記現在の回転位置に基づき前記単位ベクトルを演算すれば、前記軸方向に沿った前記加工ノズルの補正移動量を正確に求めることができる。

40

【0015】

また、前記レーザ加工装置は、前記加工プログラムに基づいて、前記加工ノズルの三次元方向の指令移動量を出力すると共に、前記回転軸の指令回転量を出力する指令制御部と、前記指令移動量に基づき前記三次元移動部を制御すると共に、前記指令回転量に基づき前記回転部を制御するサーボ制御部とをさらに備えてもよい。この場合、前記サーボ制御部は、前記指令信号を用いて前記指令移動量を補正し、補正後の前記指令移動量に基づいて前記三次元移動部を制御する。

【0016】

前記指令信号により前記指令移動量が補正され、補正後の前記指令移動量に基づき前記

50

三次元移動部が制御されるので、サーボ制御の遅れに起因した指令位置と実際の加工ノズルの位置及び姿勢とのずれを小さくすることができる。また、前記指令移動量が速やかに補正され、前記ギャップ量を一定に制御することができるので、前記回転軸の速度を上げて、レーザ加工のサイクルタイムを向上させることができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、回転軸の実際の回転位置と実際のギャップ量とをそれぞれ検出し、検出した回転位置及びギャップ量に基づいて指令信号を生成し、生成した指令信号に基づいて加工ノズルを被加工物に対して三次元方向に相対移動させる。これにより、加工ノズルの位置及び姿勢の変化に対する制御遅れが発生しても、一定のギャップ量に正しく制御することが可能となる。この結果、ギャップ量の制御に起因した被加工物の加工形状の誤差を低減することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施形態の課題の説明図である。

【図2】本実施形態の課題の説明図である。

【図3】本実施形態の解決方法の説明図である。

【図4】本実施形態に係るレーザ加工装置のブロック図である。

【図5】比較例の説明図である。

【図6】加工プログラムの説明図である。

20

【図7】実施例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明に係るレーザ加工装置及びレーザ加工方法について好適な実施形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

【0020】

〔本実施形態の課題〕

本実施形態の説明に先立ち、本実施形態が解決すべき課題について、図1及び図2を参照しながら詳しく説明する。図1及び図2は、従来の三次元レーザ加工の説明図である。

【0021】

30

加工ノズル10は、三次元レーザ加工用のノズルである。図1及び図2に破線で示すように、ワーク12の表面から所定距離隔てて経路14が設定されている。この経路14は、所定の加工プログラムに基づき設定された加工ノズル10の先端の経路である。加工ノズル10は、加工プログラムに従って、Y方向と平行な図示しない回転軸を中心に回転し、且つ、ワーク12に対して三次元方向に相対移動しながら、先端からワーク12の表面に向けてレーザ光を照射し、ワーク12に対するレーザ加工を行う。

【0022】

この場合、加工ノズル10の先端とワーク12の表面との距離を一定のギャップ量Gに維持しつつ、経路14に沿って、ワーク12に対して加工ノズル10を三次元方向に相対移動させる。具体的に、従来は、下記のようなギャップ量Gの制御を行っている。

40

【0023】

まず、加工プログラムに基づき、加工ノズル10の位置及び姿勢の指令値（指令位置）を求め、求めた指令位置における加工ノズル10の軸方向の単位ベクトル16を算出する。ここで、加工ノズル10は、回転軸を中心に回転すると、その姿勢が変化する。すなわち、加工ノズル10の姿勢は、回転軸を中心に加工ノズル10を回転させた際、該加工ノズル10の回転角度によって変化する。また、加工ノズル10の位置とは、三次元空間上における加工ノズル10の任意の位置（例えば、加工ノズル10の重心位置又は先端位置）をいう。従って、ワーク12に対して加工ノズル10を三次元方向に移動させると、加工ノズル10の位置も変わる。さらに、指令位置とは、加工プログラムに基づき算出される加工ノズル10の目標となる位置及び姿勢を含むものであり、図1及び図2に二点鎖線

50

で示す。さらにまた、加工ノズル 10 の軸方向とは、加工ノズル 10 の中心軸 18 に沿った方向をいう。また、単位ベクトル 16 とは、中心軸 18 に沿った方向の単位ベクトルをいう。

【0024】

次に、単位ベクトル 16 にギャップ量 G の変化量 g_v を乗じることにより、ギャップ量 G を一定に維持するための加工ノズル 10 の補正移動量（ベクトル） g_t を求める。なお、ギャップ量 G の変化量 g_v とは、前回の加工ノズル 10 の位置（に応じたギャップ量 G ）と、今回の加工ノズル 10 の位置（に応じたギャップ量 G ）との差分である。

【0025】

そして、ワーク 12 の表面に対して加工ノズル 10 を補正移動量 g_t だけ単位ベクトル 16 の方向に相対移動させることにより、ギャップ量 G を一定に維持する。

【0026】

ところで、ワーク 12 の表面に沿って、加工ノズル 10 を旋回させる場合、サーボ制御の遅れが発生すると、図 1 に示すように、加工ノズル 10 の指令位置（二点鎖線）と実際の位置及び姿勢（実線）との間にずれが生じる。

【0027】

この状態でギャップ量 G を一定に制御する場合、指令位置における加工ノズル 10 の単位ベクトル 16 を求め、求めた単位ベクトル 16 及びギャップ量 G の変化量 g_v を用いて加工ノズル 10 の補正移動量（ベクトル） g_t を求め、求めた補正移動量 g_t に基づいて、ワーク 12 に対して加工ノズル 10 を相対移動させることになる。従って、図 2 に示すように、加工ノズル 10 は、指令位置における加工ノズル 10 の軸方向（Z 方向）に沿って相対移動する。すなわち、実際の加工ノズル 10 の軸方向（斜め方向）とは異なる Z 方向に沿って、加工ノズル 10 が相対移動する。

【0028】

この結果、ギャップ量 G を一定に制御することが困難になると共に、加工ノズル 10 の移動前の位置と移動後の位置との間に誤差 e が発生する。この状態で加工ノズル 10 の先端からワーク 12 の表面にレーザ光を照射してレーザ加工を行うと、ワーク 12 の目標とする加工形状と実際の加工形状との間で誤差が発生し、加工精度が低下する。この場合、誤差 e がワーク 12 における加工形状の誤差となる。

【0029】

〔本実施形態の解決方法〕

そこで、本実施形態では、上記の課題を解決するため、下記のようなギャップ量 G の制御を行う。

【0030】

図 3 に示すように、本実施形態では、指令位置における単位ベクトル 16 の算出方法（図 2 参照）に代えて、実際の加工ノズル 10 の中心軸 18 に沿った単位ベクトル 16 を演算する。そして、求めた単位ベクトル 16 にギャップ量 G の変化量 g_v を乗じて加工ノズル 10 の補正移動量（ベクトル） g_t を求め、求めた補正移動量 g_t に基づいて加工ノズル 10 を相対移動させる。これにより、実際の加工ノズル 10 の軸方向（中心軸 18 の方向）に加工ノズル 10 を相対移動させることができる。この結果、サーボ制御の遅れが発生する場合でも、実際の加工ノズル 10 の中心軸 18 の方向に沿って、ギャップ量 G を一定に制御することができると共に、ワーク 12 の加工形状の誤差 e を低減することが可能となる。なお、図 3 において、加工ノズル 10 を示す破線は、移動前の加工ノズル 10 の位置を示し、一方で、加工ノズル 10 を示す実線は、移動後の加工ノズル 10 の位置を示している。

【0031】

〔本実施形態の構成〕

次に、上記の解決方法を実現するための本実施形態に係るレーザ加工装置 20 の構成について、図 4 を参照しながら説明する。

【0032】

レーザ加工装置 20 は、数値制御装置 (CNC) を含み構成され、NC 制御部 (指令制御部) 22 及びサーボ制御部 24 を備える。

【0033】

NC 制御部 22 は、所定の加工プログラム 26 に従って、ワーク 12 に対して加工ノズル 10 を三次元方向に相対移動させるための移動量の指令値 (指令移動量) と、加工ノズル 10 を A 軸 28 a 及び B 軸 28 b (回転軸) を中心に回転させるための回転量の指令値 (指令回転量) とを出力する。なお、A 軸 28 a は、B 軸 28 b に略直交し、且つ、B 軸 28 b を回転可能に支持する回転軸である。また、B 軸 28 b は、加工ノズル 10 の中心軸 18 に略直交し、且つ、加工ノズル 10 を回転可能に支持する回転軸である。

【0034】

サーボ制御部 24 は、指令移動量に基づいて、X 軸モータ 30 x、Y 軸モータ 30 y 及び Z 軸モータ 30 z (三次元移動部) を制御することにより、加工ノズル 10 をワーク 12 に対して三次元方向 (X 方向、Y 方向及び Z 方向) に相対移動させる。また、サーボ制御部 24 は、指令回転量に基づいて、A 軸モータ 30 a を制御することにより、A 軸 28 a を中心に B 軸 28 b 及び加工ノズル 10 を回転させ、一方で、B 軸モータ 30 b を制御することにより、B 軸 28 b を中心に加工ノズル 10 を回転させる。

【0035】

ここで、NC 制御部 22 及びサーボ制御部 24 の内部構成を詳しく説明する。

【0036】

NC 制御部 22 は、加工経路指令解析部 34、補間処理部 36、座標値更新処理部 38 及び指令出力部 40 を有する。加工経路指令解析部 34 は、図示しない記憶装置に記憶されたワーク 12 用の加工プログラム 26 の内容を解析する。これにより、加工経路指令解析部 34 は、ワーク 12 の表面に対する加工ノズル 10 の先端の経路 14 を構成する該加工ノズル 10 の移動位置 (座標位置) を特定する。補間処理部 36 は、各移動位置を連結する補間処理を行うことにより、経路 14 を作成する。

【0037】

座標値更新処理部 38 は、A 軸モータ 30 a、B 軸モータ 30 b、X 軸モータ 30 x、Y 軸モータ 30 y 及び Z 軸モータ 30 z の各回転位置に応じた加工ノズル 10 の現在位置に基づいて、設定された経路 14 の座標位置を、実際の加工ノズル 10 に応じた位置に修正する更新処理を行う。

【0038】

指令出力部 40 は、設定された経路 14 に基づき、加工ノズル 10 の三次元方向への指令移動量と、A 軸 28 a 回り及び B 軸 28 b 回りの指令回転量とを求め、求めた指令移動量及び指令回転量をサーボ制御部 24 に出力する。

【0039】

サーボ制御部 24 は、位置制御処理部 42、速度制御処理部 44 及び電流制御処理部 46 を有する。位置制御処理部 42 は、経路 14 に沿って加工ノズル 10 を移動させる場合に、指令移動量に基づいて、加工ノズル 10 を三次元方向に相対移動させるときの目標位置を設定すると共に、指令回転量に基づいて、A 軸 28 a 回り及び B 軸 28 b 回りに加工ノズル 10 を回転させるときの目標回転位置を設定する。

【0040】

速度制御処理部 44 は、位置制御処理部 42 で設定された目標位置まで加工ノズル 10 を三次元方向に相対移動させるための X 軸モータ 30 x、Y 軸モータ 30 y 及び Z 軸モータ 30 z の回転速度を設定する。また、速度制御処理部 44 は、位置制御処理部 42 で設定された目標回転位置まで A 軸 28 a 及び B 軸 28 b を回転させるための A 軸モータ 30 a 及び B 軸モータ 30 b の回転速度を設定する。

【0041】

電流制御処理部 46 は、速度制御処理部 44 で設定された各回転速度に基づいて、A 軸モータ 30 a、B 軸モータ 30 b、X 軸モータ 30 x、Y 軸モータ 30 y 及び Z 軸モータ 30 z を制御するための電流信号を生成する。生成された各電流信号は、サーボアンプ 4

10

20

30

40

50

8 a、48 b、48 x、48 y、48 zで増幅された後に、A軸モータ30 a、B軸モータ30 b、X軸モータ30 x、Y軸モータ30 y及びZ軸モータ30 zに供給される。

【0042】

これにより、指令移動量に基づきX軸モータ30 x、Y軸モータ30 y及びZ軸モータ30 zが駆動し、ワーク12の表面に対して加工ノズル10を三次元方向に相対移動させることができる。また、指令回転量に基づきA軸モータ30 a及びB軸モータ30 bが駆動することにより、A軸28 a及びB軸28 bを中心に加工ノズル10を回転させることができる。

【0043】

そして、レーザ加工装置20では、ワーク12に対してレーザ加工を行う際、ギャップ量Gを一定に制御するために、下記の構成をさらに備えている。

【0044】

レーザ加工装置20は、加工ノズル10近傍に設けられたギャップ量検出部50と、A軸モータ30 aに付設された回転位置検出部52 aと、B軸モータ30 bに付設された回転位置検出部52 bとをさらに備える。

【0045】

ギャップ量検出部50は、加工ノズル10の中心軸18に沿った方向におけるワーク12の表面と加工ノズル10の先端とのギャップ量Gを検出する。検出されたギャップ量Gに応じたアナログ信号は、A/D変換部54でA/D変換され、サーボ制御部24に出力される。回転位置検出部52 aは、アブソリュート型のロータリーエンコーダであり、A軸モータ30 aの回転位置に応じた出力信号をサーボ制御部24に出力する。回転位置検出部52 bは、アブソリュート型のロータリーエンコーダであり、B軸モータ30 bの回転位置に応じた出力信号をサーボ制御部24に出力する。すなわち、回転位置検出部52 a、52 bは、A軸モータ30 a及びB軸モータ30 bの回転角度の絶対位置を検出し、検出した絶対位置を示す出力信号をサーボ制御部24に出力する。

【0046】

また、レーザ加工装置20は、回転位置演算部56、単位ベクトル演算部58、移動指令演算部62、速度指令演算部64及びトルク指令演算部66をさらに備える。これらの構成要素は、サーボ制御部24に備わる。

【0047】

回転位置演算部56は、回転位置検出部52 a、52 bから入力された各出力信号に基づいて、A軸28 a及びB軸28 bの現在の回転位置を算出する。

【0048】

単位ベクトル演算部58は、回転位置演算部56が算出したA軸28 a及びB軸28 bの現在の各回転位置に基づいて、実際の加工ノズル10の中心軸18に沿った方向の単位ベクトル16を演算する。

【0049】

移動指令演算部62は、単位ベクトル演算部58が演算した単位ベクトル16と、ギャップ量検出部50が検出したギャップ量Gとに基づいて、加工ノズル10の補正移動量（ベクトル） g_t を求め、求めた補正移動量 g_t に応じた指令信号を位置制御処理部42に出力する。具体的には、移動指令演算部62は、ギャップ量Gの変化量 g_v （前回の加工ノズル10の先端の位置と今回の加工ノズル10の先端の位置との差分）を単位ベクトル16に乘じることにより、補正移動量（ベクトル） g_t を求め、求めた補正移動量 g_t に応じた指令信号を位置制御処理部42に出力する。

【0050】

これにより、位置制御処理部42は、指令出力部40から入力された指令移動量を、移動指令演算部62から供給された補正移動量 g_t で補正する。そして、位置制御処理部42は、補正後の指令移動量に基づいて目標位置を設定する。これにより、当初の指令移動量に基づく目標位置が補正されることになる。補正された目標位置は、速度制御処理部44に出力される。

10

20

30

40

50

【0051】

この結果、速度制御処理部44は、補正後の目標位置に基づきX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zの回転速度を設定する。また、電流制御処理部46は、補正後の目標位置が反映された各回転速度に基づいて、X軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zに供給する電流信号を生成する。

【0052】

上記の説明では、移動指令演算部62から位置制御処理部42に補正移動量 g_t を出力して、指令出力部40から入力された指令移動量を補正する場合について説明した。レーザ加工装置20では、指令移動量を補正する場合に代えて、速度制御処理部44又は電流制御処理部46に指令信号を出力して、各回転速度又は各電流信号を直接補正することも可能である。

10

【0053】

ここで、各回転速度を補正する場合、サーボ制御部24内では、下記の処理が行われる。速度指令演算部64は、移動指令演算部62から出力された補正移動量 g_t に基づいて、補正移動量 g_t に応じたX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zの各回転速度の補正值（補正回転速度）を求める。速度指令演算部64は、求めた各補正回転速度に応じた指令信号を速度制御処理部44に出力する。

【0054】

これにより、速度制御処理部44は、位置制御処理部42からの目標位置に基づき算出したX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zの各回転速度を、速度指令演算部64から供給された指令信号の示す各補正回転速度でそれぞれ補正し、補正後の各回転速度を電流制御処理部46に出力する。

20

【0055】

一方、各電流信号を補正する場合、サーボ制御部24内では、下記の処理が行われる。トルク指令演算部66は、速度指令演算部64から出力された指令信号に基づいて、各補正回転速度に応じたX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zのトルクの補正值（補正トルク）を求める。トルク指令演算部66は、求めた各補正トルクに応じた指令信号を電流制御処理部46に出力する。

【0056】

これにより、電流制御処理部46は、速度制御処理部44からの各回転速度に基づき算出したX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zに供給する各電流信号を、トルク指令演算部66から供給された補正トルクに基づき補正し、補正後の各電流信号をサーボアンプ48x、48y、48zに出力する。

30

【0057】

このように、レーザ加工装置20では、移動指令演算部62、速度指令演算部64又はトルク指令演算部66から出力される指令信号（補正移動量 g_t 、補正回転速度又は補正トルク）を、位置制御処理部42、速度制御処理部44又は電流制御処理部46に出力して、指令移動量、各回転速度又は各電流信号を選択的に補正することができる。これにより、補正後の各電流信号に基づいてX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zが駆動し、ワーク12の表面に対して加工ノズル10が相対移動する際、ギャップ量 G を一定に制御することができる。

40

【0058】

[本実施形態の動作]

次に、本実施形態に係るレーザ加工装置20の動作（レーザ加工方法）について、図5～図7を参照しながら説明する。なお、この説明では、必要に応じて図1～図4も参照しながら説明する。

【0059】

ここでは、ワーク12の略円弧状の表面に沿って、所定のギャップ量 G を維持しつつ、経路14に沿って加工ノズル10を旋回させ、該加工ノズル10からワーク12にレーザ光を照射することにより、ワーク12に対するレーザ加工を行う場合について説明する。

50

【0060】

図5は、比較例のレーザ加工を図示した説明図である。また、図6は、加工プログラム26を図示した説明図である。なお、図6の加工プログラム26は、比較例、及び、本実施形態に係るレーザ加工装置20の動作である実施例の双方で実行される。

【0061】

比較例は、図4において、回転位置検出部52a、52b、回転位置演算部56、単位ベクトル演算部58、移動指令演算部62、速度指令演算部64及びトルク指令演算部66を具備しないレーザ加工装置に関する動作をいう。

【0062】

比較例のレーザ加工では、図6の加工プログラム26に従って、ワーク12の表面に対して加工ノズル10を三次元方向に相対移動させ、且つ、A軸28a及びB軸28bを中心に加工ノズル10を回転させることにより、ギャップ量Gを一定に制御しつつ、加工ノズル10を旋回させ、ワーク12に対するレーザ加工を行う。

【0063】

図5に示すように、上方のC位置から経路14に沿って時計回りに加工ノズル10を旋回させる場合、加工プログラム26に基づく加工ノズル10の指令位置がD位置であるとき、サーボ制御部24での制御遅れに起因して、加工ノズル10の実際の位置はE位置となる。

【0064】

そのため、比較例では、D位置における単位ベクトル16にE位置でのギャップ量Gの変化量 g_v を乗じて、補正移動量 g_t を求める。この補正移動量 g_t は、D位置の単位ベクトル16の方向(X方向)に沿った移動量であり、E位置での加工ノズル10の中心軸18とは異なる方向の補正移動量となる。

【0065】

これにより、この補正移動量 g_t に従って、ワーク12の表面に対して加工ノズル10を三次元方向に相対移動させると、加工ノズル10は、E位置からX方向に補正移動量 g_t だけ変位したF位置に移動する。この結果、E位置とF位置との間には、加工ノズル10の移動に関わる誤差 e が発生する。そのため、F位置に移動した加工ノズル10からワーク12の表面にレーザ光を照射すると、レーザ加工後のワーク12に形状誤差が発生する。

【0066】

これに対して、図7の実施例において、本実施形態に係るレーザ加工装置20では、実際の加工ノズル10の先端とワーク12の表面とのギャップ量Gをギャップ量検出部50により検出し、検出したギャップ量Gをサーボ制御部24の移動指令演算部62に出力する。

【0067】

また、A軸28a回り及びB軸28b回りの各回転位置を回転位置検出部52a、52bでそれぞれ検出し、検出した各回転位置の出力信号を回転位置演算部56にそれぞれ出力する。回転位置演算部56は、回転位置検出部52a、52bからの出力信号に基づき、A軸28a及びB軸28bの現在の各回転位置(図7のE位置での各回転位置)を算出する。単位ベクトル演算部58は、A軸28a及びB軸28bの現在の各回転位置に基づいて、E位置における加工ノズル10の中心軸18に沿った方向の単位ベクトル16を演算する。

【0068】

これにより、移動指令演算部62は、E位置における単位ベクトル16及びギャップ量G(の変化量 g_v)に基づいて、加工ノズル10の補正移動量 g_t を求め、求めた補正移動量 g_t に応じた指令信号を出力する。位置制御処理部42は、移動指令演算部62から出力された補正移動量 g_t で指令移動量を補正し、補正した指令移動量に基づいて目標位置を設定する。速度制御処理部44は、補正後の目標位置を反映した各回転速度を出力し、電流制御処理部46は、補正後の目標位置を反映した各電流信号を出力する。当該各電

10

20

30

40

50

流信号は、サーボアンプ48x、48y、48zで増幅され、X軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zに供給される。

【0069】

この結果、加工ノズル10は、E位置における単位ベクトル16（中心軸18）に沿った方向で、ワーク12の表面に対してE位置よりも離間したH位置に、三次元方向に相対移動される。従って、図7の実施例では、サーボ制御部24の制御遅れが発生する場合でも、実際のギャップ量G及び回転位置に基づく補正移動量gt（指令信号）を用いて指令移動量を補正し、補正後の指令移動量に基づいて目標位置を設定することができる。これにより、サーボ制御部24における制御遅れの影響を抑制しながら、ギャップ量Gを一定に維持しつつ、レーザ加工によるワーク12の表面の形状誤差（誤差e）の発生を抑えることができる。

10

【0070】

なお、前述のように、レーザ加工装置20では、速度指令演算部64が補正回転速度に応じた指令信号を出力し、又は、トルク指令演算部66が補正トルクに応じた指令信号を出力することが可能である。従って、位置制御処理部42での指令移動量に対する補正処理に代えて、速度制御処理部44における各回転速度の補正処理、又は、電流制御処理部46における各電流信号の補正処理を行った場合でも、ギャップ量Gを一定に維持しつつ、誤差eの発生を抑えることが可能である。

【0071】

〔本実施形態の効果〕

20

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工装置20及びレーザ加工方法によれば、A軸28a回り及びB軸28b回りの実際の回転位置と実際のギャップ量Gとをそれぞれ検出し、検出した回転位置及びギャップ量Gに基づいて指令信号を生成し、生成した指令信号に基づいて加工ノズル10をワーク12に対して三次元方向（X方向、Y方向及びZ方向）に相対移動させる。これにより、加工ノズル10の位置及び姿勢の変化に対する制御遅れが発生しても、一定のギャップ量Gに正しく制御することが可能となる。この結果、ギャップ量Gの制御に起因したワーク12の加工形状の誤差eを低減することができる。

【0072】

また、回転位置に基づいて加工ノズル10の中心軸18の方向の単位ベクトル16を単位ベクトル演算部58で演算し、移動指令演算部62、速度指令演算部64又はトルク指令演算部66は、単位ベクトル16及びギャップ量Gから求められた補正移動量gtに応じた指令信号を生成する。これにより、ワーク12に対して実際の中心軸18の方向に沿って加工ノズル10を三次元方向に相対移動させることができ、ギャップ量Gを正しく制御することが可能となる。

30

【0073】

また、回転位置検出部52a、52bは、アブソリュート型のロータリーエンコーダであるため、回転位置の絶対位置を示す出力信号を出力することができる。従って、回転位置演算部56において、この出力信号に基づき現在の回転位置を算出し、単位ベクトル演算部58において、算出した現在の回転位置に基づき単位ベクトル16を演算すれば、補正移動量gtを正確に求めることができる。

40

【0074】

また、サーボ制御部24では、指令信号を用いて指令移動量、各回転速度又は各電流信号を補正し、補正後の指令移動量に基づく目標位置、各回転速度又は各電流信号に基づいてX軸モータ30x、Y軸モータ30y及びZ軸モータ30zを制御する。これにより、サーボ制御の遅れに起因した指令位置と実際の加工ノズル10の位置及び姿勢とのずれを小さくすることができる。また、目標位置、各回転速度又は各電流信号が速やかに補正され、ギャップ量Gを一定に制御することができるので、A軸28a及びB軸28bの回転速度を上げて、レーザ加工のサイクルタイムを向上させることができる。

【0075】

50

なお、本発明は、上記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、種々の改変が可能なことは言うまでもない。

【0076】

上記の説明では、回転位置検出部52a、52bがアブソリュート型のロータリーエンコーダである場合について説明したが、インクリメント型のロータリーエンコーダであってもよい。この場合には、回転位置検出部52a、52bから回転位置演算部56に回転位置を示すパルス信号が出力されるので、回転位置演算部56は、原点位置とパルス信号との比較に基づいて、A軸28a回り及びB軸28b回りの現在の回転位置を演算することができる。

【0077】

また、上記の説明では、回転位置演算部56、単位ベクトル演算部58、移動指令演算部62、速度指令演算部64及びトルク指令演算部66をサーボ制御部24に具備させていたが、これらの構成要素をサーボ制御部24の外部に設けてもよい。この場合でも、移動指令演算部62、速度指令演算部64又はトルク指令演算部66からサーボ制御部24に指令信号を供給することで、サーボ制御部24の内部で指令移動量（目標位置）、各回転速度又は各電流信号に対する補正処理ができるので、サーボ制御の遅れによるギャップ量Gの制御への影響を小さくすることが可能である。

【0078】

さらに、上記の説明では、ギャップ量検出部50が検出したギャップ量Gを移動指令演算部62に出力する場合について説明したが、ギャップ量Gから加工ノズル10の先端の位置を算出し、算出した先端の位置を移動指令演算部62に出力してもよい。この場合でも、移動指令演算部62は、入力された先端の位置からギャップ量Gの変化量g_vを算出し、算出した変化量g_vと、単位ベクトル16とに基づいて、補正移動量g_tを算出することが可能である。

【符号の説明】

【0079】

10…加工ノズル	12…ワーク	
14…経路	16…単位ベクトル	
18…中心軸	20…レーザ加工装置	
22…NC制御部	24…サーボ制御部	
26…加工プログラム	28a…A軸	
28b…B軸	30a…A軸モータ	
30b…B軸モータ	30x…X軸モータ	
30y…Y軸モータ	30z…Z軸モータ	
34…加工経路指令解析部	36…補間処理部	
38…座標値更新処理部	40…指令出力部	
42…位置制御処理部	44…速度制御処理部	
46…電流制御処理部		
48a、48b、48x、48y、48z…サーボアンプ		
50…ギャップ量検出部	52a、52b…回転位置検出部	
54…A/D変換部	56…回転位置演算部	
58…単位ベクトル演算部	62…移動指令演算部	
64…速度指令演算部	66…トルク指令演算部	

10

20

30

40

【図 1】

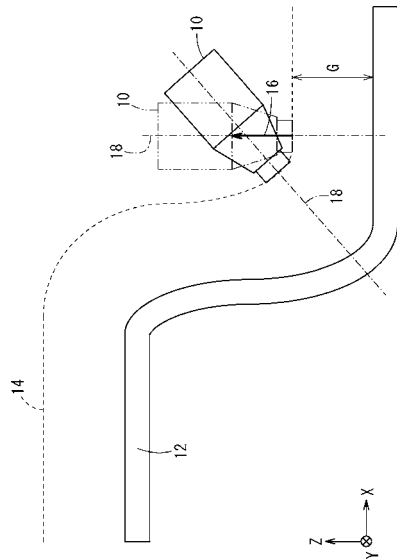


FIG. 1

【図 2】

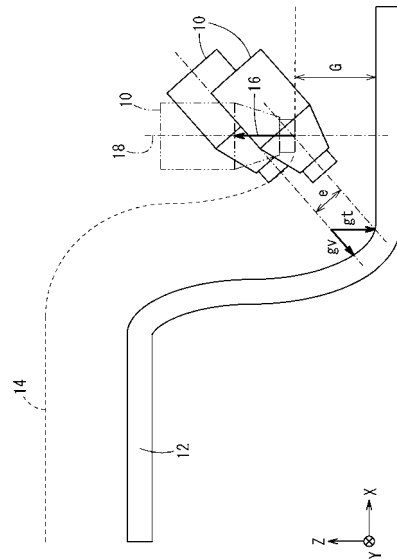


FIG. 2

【図 3】

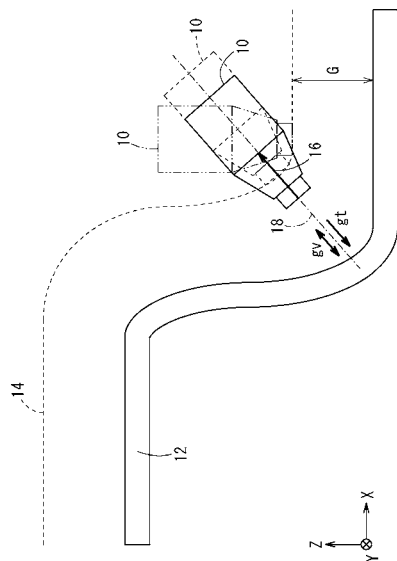


FIG. 3

【図 4】

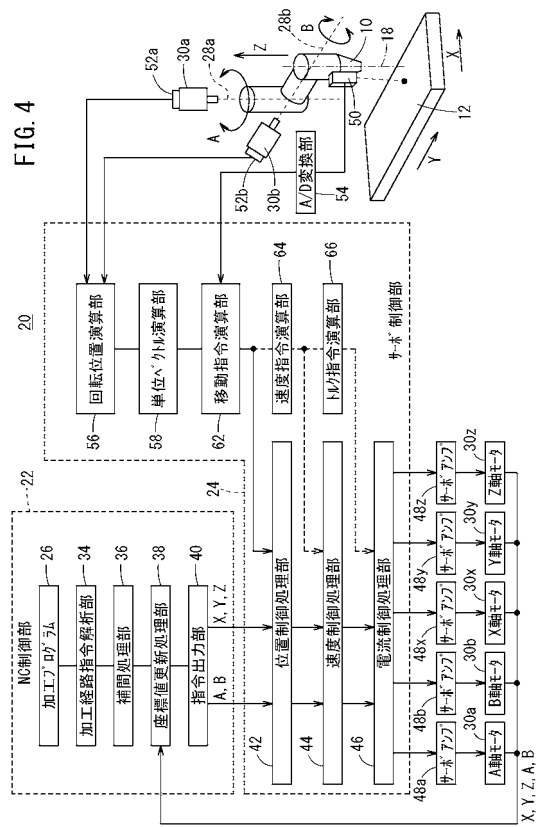


FIG. 4

【図 6】

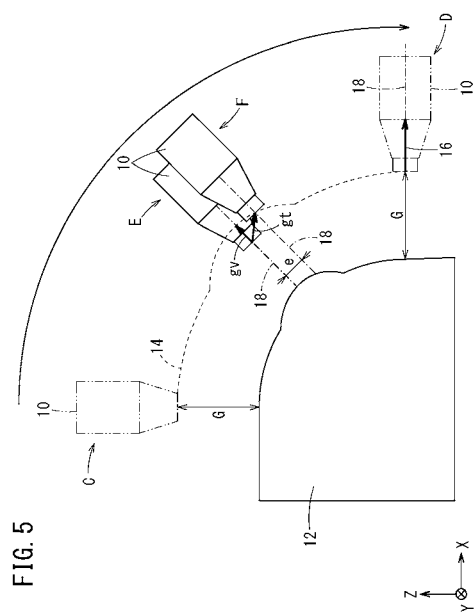


FIG. 5

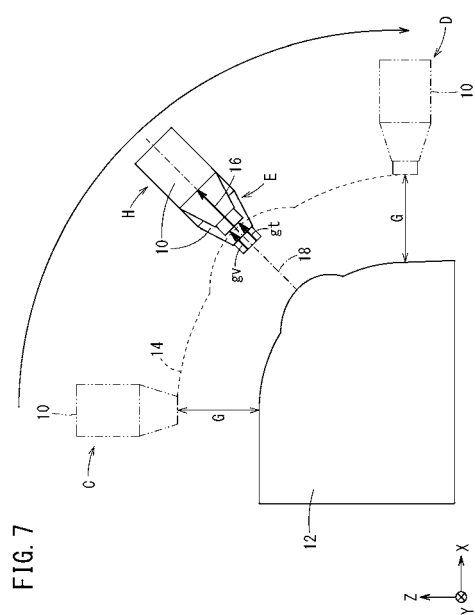


FIG. 7

FIG. 6

N0001					
N001	G43.4				工具先端制御ON
N002	G13				キヤツ 制御ON
N003	G01X45. Z50. F1000.				
N004	G01X45. 868	Z49. 924	B10.		パル 旋回
N005	G01X46. 710	Z49. 698	B20.		パル 旋回
N006	G01X47. 450	Z49. 330	B30.		パル 旋回
N007	G01X48. 214	Z48. 330	B40.		パル 旋回
N008	G01X48. 830	Z48. 214	B50.		パル 旋回
N009	G01X49. 330	Z47. 500	B60.		パル 旋回
N010	G01X49. 698	Z46. 710	B70.		パル 旋回
N011	G01X49. 924	Z45. 868	B80.		パル 旋回
N012	G01X50. Z45. B90.				パル 旋回

フロントページの続き

(74)代理人 100136641

弁理士 坂井 志郎

(74)代理人 100180448

弁理士 関口 亨祐

(72)発明者 宮下 洸一

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 持田 武志

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

F ターム(参考) 3C269 AB11 BB03 CC02 CC07 EF10 MN14

4E168 CA13 CA15 CB02 CB03 CB08