

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7333203号
(P7333203)

(45)発行日 令和5年8月24日(2023.8.24)

(24)登録日 令和5年8月16日(2023.8.16)

(51)国際特許分類	F I	
B 2 3 K 26/04 (2014.01)	B 2 3 K 26/04	
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	M
B 2 3 K 26/08 (2014.01)	B 2 3 K 26/08	Z

請求項の数 5 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-103577(P2019-103577)	(73)特許権者	390014672
(22)出願日	令和1年6月3日(2019.6.3)		株式会社アマダ
(65)公開番号	特開2020-196028(P2020-196028 A)	(74)代理人	100083806
			神奈川県伊勢原市石田200番地
(43)公開日	令和2年12月10日(2020.12.10)	(74)代理人	100101247
審査請求日	令和4年3月10日(2022.3.10)		弁理士 三好 秀和
		(74)代理人	100095500
			弁理士 高橋 俊一
		(74)代理人	100098327
			弁理士 伊藤 正和
		(72)発明者	石徹白 藤也
			神奈川県伊勢原市石田200番地
		(72)発明者	相原 秀広
			神奈川県伊勢原市石田200番地
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ加工機及びレーザ加工方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工テーブルに対して相対的に移動可能であって、先端側にノズルを有し、前記加工テーブルに支持された板状のワークに向かってレーザ光を照射するレーザ加工ヘッドと、
前記レーザ加工ヘッドから照射されるレーザ光の照射方向を調整する照射方向調整部と、
前記レーザ加工ヘッドの前記加工テーブルに対する相対的な移動量を検出する移動量センサと、
前記ノズルのワーク表面に対して接近離反する方向の位置を検出する位置センサと、
前記移動量センサからの検出結果及び前記位置センサからの検出結果に基づいて、常時又は微小時間に取得された前記ワークの反り角度に応じ、ギャップセンサにより前記ノズルの先端と前記ワークの表面とのギャップを一定に保った状態で、レーザ加工中に前記レーザ光の前記ワークの表面に対する照射角度が一定になるように前記照射方向調整部を制御する照射方向制御部と、
を備えたことを特徴とするレーザ加工機。

【請求項2】

前記移動量センサからの検出結果及び前記位置センサからの検出結果に基づいて、前記ワークの反り角度を取得する反り角度取得部を備え、
前記照射方向制御部は、前記レーザ加工中に、取得された前記ワークの反り角度と同じ角度だけ、レーザ光の照射方向を基準の照射方向に対して傾斜させることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工機。

【請求項 3】

前記ノズルを前記ワークの表面に対して接近離反する方向へ移動させるノズル移動アクチュエータと、

前記ノズルの先端と前記ワークの表面とのギャップを一定に保つように前記ノズル移動アクチュエータを制御するギャップ制御部と、

を備えたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のレーザ加工機。

【請求項 4】

前記位置センサからの検出結果に基づいて、前記ワークの反りの有無を判定する反り判定部を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項に記載のレーザ加工機。

【請求項 5】

レーザ加工ヘッドのノズルの先端と加工テーブルに支持された板状のワークの表面とのギャップを一定に保った状態で、前記レーザ加工ヘッドを前記加工テーブルに対して相対的に移動させながら、前記レーザ加工ヘッドから前記ワークに向かってレーザ光を照射し、

前記レーザ加工ヘッドの前記加工テーブルに対する相対的な移動量、及び前記ノズルの前記ワークの表面に対して接近離反する方向の位置の変化量に基づいて、常時又は微小時間に前記ワークの反り角度を取得し、レーザ加工中にレーザ光の前記ワークの表面に対する照射角度が一定になるように、前記レーザ加工ヘッドから照射されるレーザ光の照射方向を取得した前記ワークの反り角度に応じて調整することを特徴とするレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、板状のワーク（板金）に対してレーザ加工を行うレーザ加工機、及びワークに対してレーザ加工を行うためのレーザ加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ加工機は、加工テーブルに支持されたワークに向かってレーザ光を照射するレーザ加工ヘッドを備えている。レーザ加工ヘッドは、互いに直交する水平方向である X 軸方向と Y 軸方向、及び鉛直方向である Z 軸方向へ加工テーブルに対して相対的に移動可能である。レーザ加工ヘッドは、その先端側に、レーザ光を照射するためのノズルを有している。通常、レーザ光のワーク表面に対する照射角度（入射角度）は 90 度に設定されており、換言すれば、レーザ光の Z 軸方向に対する照射角度は 0 度に設定されている。

【0003】

レーザ加工ヘッドの適宜位置には、ノズルをワーク表面に対して接近離反する方向である Z 軸方向へレーザ加工ヘッドと一体的に移動させるノズル移動アクチュエータとしての Z 軸モータが設けられている。Z 軸モータは、ノズルの Z 軸方向の位置を検出する位置センサとしてのエンコーダを有している。また、レーザ加工ヘッドの適宜位置には、ノズルとワークとのギャップ（ノズル先端とワーク表面との距離）を検出するギャップセンサが設けられている。そして、ノズルモータ又は Z 軸モータは、ギャップセンサからの検出結果に基づいて、ノズルとワークとのギャップを一定に保つように制御される。これにより、ワークの厚み（板厚）に応じた加工条件の下で、ワークに対して安定したレーザ加工を行うことができる（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2017-131897 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、ワークに反りが有ると、ワークの実際の厚みは変化しないものの、ワークの

10

20

30

40

50

垂直方向の長さである見かけの厚みが変化する。例えば、ワークの実際の厚みが 16 mm であって、ワークの反りの反り角が X Y 軸平面に対して 15 度の場合には、ワークの見かけの厚みは 16.06 mm になる。そのため、ワークの反った部分において、ワークの実際の厚みに応じた加工条件の下でレーザ加工を行うと、ワークの見かけの厚みが実際の厚みよりも厚い分だけ、局所的な切断不良（加工不良）が発生し易くなるという問題がある。

【0006】

そこで、本発明は、前述の問題を解決するために、ワークに反りが有った場合においても、レーザ光のワーク表面に対する照射角度を一定（例えば 90 度）に保つことができる、レーザ加工機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】

【0007】

本発明の第 1 実施態様に係るレーザ加工機は、加工テーブルに対して相対的に移動可能であって、先端側にノズルを有し、前記加工テーブルに支持された板状のワークに向かってレーザ光を照射するレーザ加工ヘッドと、前記レーザ加工ヘッドから照射されるレーザ光の照射方向を調整する照射方向調整部と、前記レーザ加工ヘッドの前記加工テーブルに対する相対的な移動量を検出する移動量センサと、前記ノズルのワーク表面に対して接近離反する方向の位置を検出する位置センサと、前記移動量センサからの検出結果及び前記位置センサからの検出結果に基づいて、常時又は微小時間に取得された前記ワークの反り角度に応じ、ギャップセンサにより前記ノズルの先端と前記ワークの表面とのギャップを一定に保った状態で、レーザ加工中に前記レーザ光の前記ワークの表面に対する照射角度が一定になるように前記照射方向調整部を制御する照射方向制御部と、を備えている。

【0008】

本発明の第 1 実施態様に係るレーザ加工機は、前記移動量センサからの検出結果及び前記位置センサからの検出結果に基づいて、前記ワークの反り角度を取得する反り角度取得部を備え、前記照射方向制御部は、前記レーザ加工中に、取得された前記ワークの反り角度と同じ角度だけ、レーザ光の照射方向を基準の照射方向に対して傾斜させるものであってもよい。

【0009】

本発明の第 1 実施態様に係るレーザ加工機は、前記ノズルをワーク表面に対して接近離反する方向へ移動させるノズル移動アクチュエータと、前記ノズルとワークとのギャップ（前記ノズル先端とワーク表面との距離）を一定に保つように前記ノズル移動アクチュエータを制御するギャップ制御部と、を備えてもよい。また、本発明の第 1 実施態様に係るレーザ加工機は、前記位置センサからの検出結果に基づいて、ワークの反りの有無を判定する反り判定部を備えてもよい。

【0010】

本発明の第 1 実施態様によると、前記ノズルとワークとのギャップ（前記ノズル先端とワーク表面との距離）を一定に保った状態で、前記レーザ加工ヘッドを前記加工テーブルに対して相対的に移動させながら、前記レーザ加工ヘッドからワークに向かってレーザ光を照射する。これにより、ワークに対してレーザ加工を行うことができる。

【0011】

レーザ加工中に、前記照射方向制御部は、前記移動量センサからの検出結果及び前記位置センサからの検出結果に基づいて、ワーク表面に対するレーザ光の照射角度が一定になるように前記照射方向調整部を制御する。これにより、ワークに反りが有った場合においても、レーザ光のワーク表面に対する照射角度（入射角度）を一定（例えば 90 度）に保つことができる。

【0012】

本発明の第 2 実施態様に係るレーザ加工方法は、レーザ加工ヘッドのノズルの先端と加工テーブルに支持された板状のワークの表面とのギャップを一定に保った状態で、前記レーザ加工ヘッドを前記加工テーブルに対して相対的に移動させながら、前記レーザ加工ヘッドから前記ワークに向かってレーザ光を照射し、

前記レーザ加工ヘッドの前記加工テーブルに対する相対的な移動量、及び前記ノズルの前記ワークの表面に対して接近離反する方向の位置の変化量に基づいて、常時又は微小時間に前記ワークの反り角度を取得し、レーザ加工中にレーザ光の前記ワークの表面に対する照射角度が一定になるように、前記レーザ加工ヘッドから照射されるレーザ光の照射方向を取得した前記ワークの反り角度に応じて調整（変更）する。

【００１３】

本発明の第２実施態様によると、ワークに反りが有った場合においても、レーザ光のワーク表面に対する照射角度を一定（例えば９０度）に保つことができる。

【発明の効果】

【００１４】

本発明によれば、ワークに反りが有っても、局所的な切断不良（加工不良）の発生を抑えて、レーザ加工の加工品質の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】図１は、本発明の第１実施形態に係るレーザ加工機を示す模式図である。

【図２】図２は、ワークに反りが有る場合において、本発明の第１実施形態に係るレーザ加工機のレーザ加工ヘッドの移動軌跡（移動の様子）を示す図である。

【図３】図３は、本発明の第１実施形態に係るレーザ加工機の制御ブロック図である。

【図４】図４は、本発明の第２実施形態に係るレーザ加工機を示す模式図である。

【図５】図５は、ワークに反りが有る場合において、本発明の第２実施形態に係るレーザ加工機のレーザ加工ヘッドの移動軌跡を示す図である。

【図６】図６は、本発明の第２実施形態に係るレーザ加工機の制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、本発明の第１実施形態及び第２実施形態について図１から図６を参照して説明する。

【００１７】

なお、本願の明細書及び特許請求の範囲であって、「設けられる」とは、直接的に設けられることの他に、別部材を介して間接的に設けられることを含む意である。また、本発明の実施形態において、次のように定義する。「Ｘ軸方向」とは、水平方向の１つのことであり、前後方向とも言う。「Ｙ軸方向」とは、水平方向の１つでかつＸ軸方向に直交する方向のことであり、左右方向とも言う。「Ｚ軸方向」とは、垂直方向（鉛直方向）のことであり、上下方向とも言う。「Ａ軸」とは、Ｚ軸方向に平行な回転軸のことであり、「Ｂ軸」とは、Ｚ軸方向に直交する回転軸のことであり、「及び／又は」とは、２つのうちのいずれか一方と両方を含む意である。また、図面中、「ＦＦ」は前方向、「ＦＲ」は後方向、「Ｌ」は左方向、「Ｒ」は右方向、「Ｕ」は上方向、「Ｄ」は下方向をそれぞれ指している。

【００１８】

（第１実施形態）

図１に示すように、本発明の第１実施形態に係るレーザ加工機１０は、板状のワーク（板金）Ｗに対してレーザ加工（切断加工）を行う加工機である。レーザ加工機１０は、ワークＷを支持する加工テーブル１２を備えており、加工テーブル１２は、レーザ加工機１０のベッド（図示省略）に設けられている。加工テーブル１２は、Ｘ軸方向に間隔を置いて配置された複数（１つのみ図示）の支持板１４を有している。各支持板１４は、Ｙ軸方向に延びており、各支持板１４の上部には、ワークＷを点接触で支持するための複数の山型の突起１４ａがＹ軸方向に沿って形成されている。

【００１９】

ベッドには、Ｘ軸キャリッジとしての可動フレーム１６（一部分のみ図示）がＸ軸方向へ移動可能に設けられている。ベッドには、可動フレーム１６をＸ軸方向へ移動させるＸ軸移動アクチュエータとしてのＸ軸モータ１８が設けられている。Ｘ軸モータ１８は、可

10

20

30

40

50

動フレーム 16 の X 軸方向の移動量を検出するエンコーダ 18 a を有している。また、可動フレーム 16 には、Y 軸キャリッジ 20 が Y 軸方向へ移動可能に設けられている。可動フレーム 16 には、Y 軸キャリッジ 20 を Y 軸方向へ移動させる Y 軸移動アクチュエータとしての Y 軸モータ 22 が設けられている。Y 軸モータ 22 は、Y 軸キャリッジ 20 の Y 軸方向の移動量を検出するエンコーダ 22 a を有している。

【0020】

Y 軸キャリッジ 20 には、Z 軸キャリッジ 24 が Z 軸方向へ移動可能に設けられている。Y 軸キャリッジ 20 の適宜位置には、Z 軸キャリッジ 24 を Z 軸方向へ移動させる Z 軸移動アクチュエータとしての Z 軸モータ 26 が設けられている。Z 軸モータ 26 は、Z 軸キャリッジ 24 の Z 軸方向の移動量（位置）を検出するエンコーダ 26 a を有している。また、Z 軸キャリッジ 24 には、筒状の回転体 28 が A 軸回りに回転可能に設けられている。Z 軸キャリッジ 24 の適宜位置には、回転体 28 を A 軸回りに回転させる A 軸回転手段としての A 軸モータ 30 が設けられている。A 軸モータ 30 は、回転体 28 の A 軸回りの回転位置（回転角）を検出するエンコーダ 30 a を有している。

【0021】

回転体 28 には、加工テーブル 12 に支持されたワーク W に向かってレーザ光 L B を照射するレーザ加工ヘッド 32 が B 軸回りに回転可能に設けられている。レーザ加工ヘッド 32 は、その先端側に、レーザ光 L B を照射するためのノズル 34 を有しており、ノズル 34 は、その軸心方向へ移動可能に構成されている。Z 軸キャリッジ 24 の適宜位置には、レーザ加工ヘッド 32 を B 軸回りに回転させる B 軸回転手段としての B 軸モータ 36 が設けられている。B 軸モータ 36 は、レーザ加工ヘッド 32 の B 軸回りの回転位置（回転角）を検出するエンコーダ 36 a を有している。

【0022】

ここで、レーザ加工ヘッド 32 は、X 軸モータ 18 の駆動により可動フレーム 16 と一体的に X 軸方向へ移動する。レーザ加工ヘッド 32 は、Y 軸モータ 22 の駆動により Y 軸キャリッジ 20 と一体的に Y 軸方向へ移動する。レーザ加工ヘッド 32 は、Z 軸モータ 26 の駆動により Z 軸キャリッジ 24 と一体的に Z 軸方向へ移動する。レーザ加工ヘッド 32 は、A 軸モータ 30 の駆動により回転体 28 と一体的に A 軸回りに回転する。また、エンコーダ 18 a 及びエンコーダ 22 a は、レーザ加工ヘッド 32 の水平方向（X 軸方向、Y 軸方向、又は X 軸方向と Y 軸方向の合成方向）の移動量を検出する移動量センサに相当する。B 軸モータ 36 は、レーザ加工ヘッド 32 から照射されるレーザ光 L B の照射方向を調整（変更）する照射方向調整部（照射方向変更部）に相当する。エンコーダ 36 a は、前記レーザ光 L B の光軸の Z 軸方向に対する角度を検出する角度センサに相当する。

【0023】

Z 軸キャリッジ 24 の適宜位置には、ノズル 34 をワーク W 表面に対して接近離反する方向（レーザ光の光軸方向）へレーザ加工ヘッド 32 に対して移動させるノズル移動アクチュエータとしてのノズルモータ 38 が設けられている。ノズルモータ 38 は、ノズル 34 のワーク W 表面に対して接近離反する方向の位置を検出する位置センサとしてのエンコーダ 38 a を有している。なお、ノズルモータ 38 を省略し、X 軸モータ 18、Y 軸モータ 22、及び Z 軸モータ 26 の制御によってレーザ加工ヘッド 32 全体をワーク W 表面に対して接近離反する方向へ移動させてもよい。

【0024】

図 1 及び図 2 に示すように、レーザ加工ヘッド 32 の適宜位置には、ノズル 34 とワーク W とのギャップ（ノズル 34 先端とワーク W 表面との距離）を検出する静電容量式のギャップセンサ 40 が設けられている。なお、静電容量式のギャップセンサ 40 に代えて、渦電流式のギャップセンサ（図示省略）等の他のギャップセンサを用いてもよい。

【0025】

図 1 に示すように、回転体 28 及びレーザ加工ヘッド 32 は、レーザ光 L B を発振するレーザ発振器（図示省略）に光ファイバ 42 を介して光学的に接続されている。また、回転体 28 内には、光ファイバ 42 の射出端から射出されたレーザ光 L B をコリメートする

コリメートレンズ４４が設けられている。回転体２８内におけるコリメートレンズ４４の射出側には、コリメートされたレーザ光ＬＢを折曲げて射出する第１バンドミラー４６が設けられている。更に、レーザ加工ヘッド３２内には、第１バンドミラー４６から射出されたレーザ光ＬＢを折曲げて射出する第２バンドミラー４８が設けられている。レーザ加工ヘッド３２内における第２バンドミラー４８の射出側には、ワークＷに向かってレーザ光ＬＢを集束する集束レンズ５０が設けられている。

【００２６】

図３に示すように、レーザ加工機１０は、加工プログラム等に基づいて、Ｘ軸モータ１８、Ｙ軸モータ２２、Ｚ軸モータ２６、Ａ軸モータ３０、Ｂ軸モータ、及びノズルモータ３８等を制御する制御装置５２を備えている。制御装置５２は、１つ又は複数のコンピュータによって構成されており、制御装置５２には、複数のエンコーダ１８ａ，２２ａ，２６ａ，３０ａ，３６ａ，３８ａ及びギャップセンサ４０が接続されている。制御装置５２は、加工プログラム等を記憶するメモリ（図示省略）と、加工プログラムを実行するＣＰＵ（図示省略）とを有している。

【００２７】

制御装置５２のＣＰＵは、加工プログラムを実行することによって、ギャップ制御部５４としての機能、反り判定部５６としての機能、反り角度取得部５８としての機能、及び照射方向制御部６０としての機能を有している。そして、ギャップ制御部５４、反り判定部５６、反り角度取得部５８、及び照射方向制御部６０の内容は、次の通りである。

【００２８】

図２及び図３に示すように、ギャップ制御部５４は、ギャップセンサ４０からの検出結果を監視しながら、レーザ加工中にノズル３４とワークＷとのギャップを一定に保つようにノズルモータ３８を制御する。

【００２９】

反り判定部５６は、位置センサとしてのエンコーダ３８ａからの検出結果に基づいて、ワークＷの反りの有無を判定する。具体的には、ワークＷに反りが発生すると、ノズル３４がワークＷとのギャップを一定に保つように上昇し、エンコーダ３８ａが上昇したノズル３４のワークＷ表面に対して接近離反する方向の位置を検出する。そして、反り判定部５６は、レーザ加工ヘッド３２の水平方向の所定距離の移動量に対する、ノズル３４のワークＷ表面に対して接近離反する方向の位置の変化量（ノズル位置の変化量）が、ワークＷの反りの有無を判定するための判定閾値を越えたか否かを判定する。反り判定部５６は、ノズル位置の変化量が判定閾値を越えていない場合には、ワークＷの反り無しと判定する。反り判定部５６は、ノズル位置の変化量が判定閾値を越えている場合には、ワークＷの反り有りと判定する。

【００３０】

反り角度取得部５８は、ワークＷの反り有りと判定された場合に、移動量センサとしてのエンコーダ１８ａ，２２ａからの検出結果及び位置センサとしてのエンコーダ３８ａからの検出結果に基づいて、ワークＷの反り角度 θ を演算によって取得する。具体的には、反り角度取得部５８は、下記の関係式（１）に基づいて、ワークＷの反り角度 θ を演算によって取得する。

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta H / \Delta L) \quad \cdots \text{関係式(1)}$$

ここで、関係式（１）中の ΔH は、設定した微小時間における、ノズルモータ３８によるノズル３４のワークＷ表面に対して接近離反する方向の位置の変化量の絶対値である。関係式（１）中の ΔL は、設定した微小時間における、Ｘ軸モータ１８及びＹ軸モータ２２によるレーザ加工ヘッド３２の水平方向の移動量（Ｘ軸成分とＹ軸成分の和）の変化量の絶対値である。

【００３１】

照射方向制御部６０は、取得されたワークＷの反り角度 θ と同じ角度だけ、レーザ加工ヘッド３２から照射されるレーザ光ＬＢの照射方向を基準の照射方向であるＺ軸方向に対して傾斜させるように、エンコーダ３６ａからの検出結果を監視しながらＢ軸モータ３６

10

20

30

40

50

を制御する（図２の二点鎖線部分と実線部分参照）。ここで、レーザ加工ヘッド３２の水平方向の移動によってノズル３４の高さ（前記接近離反する方向の位置）が高くなる場合には、レーザ光ＬＢの照射方向をレーザ加工ヘッド３２の移動方向に向かってワークＷの反り角度 θ と同じ角度だけＺ軸方向に対して傾斜させるようにＢ軸モータ３６を制御する。レーザ加工ヘッド３２の水平方向の移動によってノズル３４の高さが低くなる場合には、レーザ光ＬＢの照射方向をレーザ加工ヘッド３２の移動方向の反対側に向かってワークＷの反り角度 θ と同じ角度だけＺ軸方向に対して傾斜させるようにＢ軸モータ３６を制御する。また、照射方向制御部６０は、Ｂ軸をレーザ加工ヘッド３２の移動方向に直交させるように、エンコーダ３０ａからの検出結果を監視しながらＡ軸モータ３０を制御する。

【００３２】

反り角度取得部５８は、前述のようにＢ軸モータ３６が制御された後、下記の関係式（２）に基づいてワークＷの反り角度 θ を演算によって取得する。

$$\theta = \sin^{-1}(\Delta H / \Delta L) \quad \cdots \text{関係式（２）}$$

ここで、関係式（２）中の ΔH は、関係式（１）中の ΔH と同じである。関係式（２）中の ΔL は、関係式（１）中の ΔL と同じである。なお、反り角度取得部５８は、前述のようにＢ軸モータ３６が制御された後においても、関係式（１）に基づいてワークＷの反り角度 θ を演算によって取得してもよい。

【００３３】

照射方向制御部６０は、前述のようにＢ軸モータ３６を制御した後、ノズル位置の変化量が判定閾値を下回った場合には、レーザ光ＬＢの照射方向をＺ軸方向に対して傾斜しないようにＢ軸モータ３６を制御する。

【００３４】

続いて、本発明の第１実施形態に係るレーザ加工方法を含めて、本発明の第１実施形態の作用効果について説明する。本発明の第１実施形態に係るレーザ加工方法は、ワークＷに対してレーザ加工（切断加工）を行うための方法であり、照射ステップと、反り判定ステップと、反り角度取得ステップと、照射方向調整ステップ（照射方向変更ステップ）とを備えている。

【００３５】

制御装置５２がＸ軸モータ１８及び／又はＹ軸モータ２２を制御してレーザ加工ヘッド３２を水平方向（Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、又はＸ軸方向とＹ軸方向の合成方向）へ移動させながら、レーザ加工ヘッド３２からワークＷに向かってレーザ光ＬＢを照射する（照射ステップ）。また、ギャップ制御部５４は、ギャップセンサ４０からの検出結果を監視しながら、ノズル３４とワークＷとのギャップを一定に保つようにノズルモータ３８を制御する。更に、照射方向制御部６０は、Ｂ軸をレーザ加工ヘッド３２の移動方向に直交させるようにＡ軸モータ３０を制御する。これにより、ワークＷの実際の厚みに応じた加工条件の下で、ワークＷに対してレーザ加工を行うことができる。

【００３６】

レーザ加工中に、反り判定部５６は、位置センサとしてのエンコーダ３８ａからの検出結果に基づいて、ワークＷの反りの有無を判定する（反り判定ステップ）。そして、反り角度取得部５８は、ワークＷの反り有りと判定された場合に、移動量センサとしてのエンコーダ１８ａ、２２ａからの検出結果及び位置センサとしてのエンコーダ３８ａからの検出結果に基づいて、ワークＷの反り角度 θ を演算によって取得する（反り角度取得ステップ）。更に、照射方向制御部６０は、レーザ光ＬＢの照射方向をワークＷの反り角度 θ と同じ角度だけＺ軸方向に対して傾斜させるようにＢ軸モータ３６を制御する（照射方向調整ステップ）。これにより、ワークに反りが有った場合においても、レーザ光ＬＢをワークＷ表面に対して垂直に照射することができる。換言すれば、レーザ加工中に、レーザ光のワークＷ表面に対する照射角度を一定（本発明の第１実施形態においては、９０度）に保つことができる。

【００３７】

なお、反り判定部５６を省略して、反り角度取得部５８がエンコーダ１８ａ、２２ａ、

10

20

30

40

50

38aからの検出結果に基づいてワークWの反り角度 θ を常時演算によって取得してもよい。

【0038】

従って、本発明の第1実施形態によれば、ワークWに反りが有っても、局所的な切断不良（加工不良）の発生を抑えて、レーザ加工の加工品質の向上を図ることができる。

【0039】

（第2実施形態）

図4に示すように、本発明の第2実施形態に係るレーザ加工機62は、板状のワークWに対してレーザ加工を行う加工機であり、本発明の第1実施形態に係るレーザ加工機10（図1参照）と同様の構成を有している。そして、レーザ加工機62の構成のうち、レーザ加工機10と異なる構成について簡単に説明する。なお、レーザ加工機62における複数の構成要素のうち、レーザ加工機10における構成要素と対応するものについては、図面中に同一符号を付してある。

【0040】

Y軸キャリッジ20には、加工テーブル12に支持されたワークWに向かってレーザ光LBを照射するレーザ加工ヘッド64がZ軸方向へ移動可能に設けられている。レーザ加工ヘッド64は、その先端側に、レーザ光LBを照射するためのノズル66を有しており、ノズル66の軸心方向は、Z軸方向になっている。また、Y軸キャリッジ20の適宜位置には、レーザ加工ヘッド64をZ軸方向へ移動させるZ軸移動アクチュエータとしてのZ軸モータ68が設けられている。Z軸モータ68は、レーザ加工ヘッド64のZ軸方向の位置（移動量）を検出するエンコーダ68aを有している。

【0041】

ここで、レーザ加工ヘッド64は、X軸モータ18の駆動により可動フレーム16と一体的にX軸方向へ移動する。レーザ加工ヘッド64は、Y軸モータ22の駆動によりY軸キャリッジ20と一体的にY軸方向へ移動する。また、Z軸モータ68は、ノズル66をワークW表面に対して接近離反する方向であるZ軸方向へ移動させるノズル移動アクチュエータに相当する。エンコーダ18a及びエンコーダ22aは、レーザ加工ヘッド64の水平方向（X軸方向、Y軸方向、X軸方向とY軸方向の合成方向）の移動量を検出する移動量センサに相当する。エンコーダ68aは、ノズル66のZ軸方向の位置を検出する位置センサに相当する。

【0042】

図4及び図5に示すように、レーザ加工ヘッド64の適宜位置には、ノズル66とワークWとのギャップを検出する静電容量式のギャップセンサ70が設けられている。なお、静電容量式のギャップセンサ70に代えて、渦電流式のギャップセンサ（図示省略）等の他のギャップセンサを用いてもよい。

【0043】

図4に示すように、レーザ加工ヘッド64は、レーザ光LBを発振するレーザ発振器（図示省略）に光ファイバ72を介して光学的に接続されている。レーザ加工ヘッド64内には、光ファイバ72の射出端から射出されたレーザ光LBをコリメートするコリメートレンズ74が設けられている。また、レーザ加工ヘッド64内におけるコリメートレンズ74の射出側には、コリメートされたレーザ光LBを2次元走査するガルバノスキャナ76が設けられている。ガルバノスキャナ76は、コリメートレンズ74の射出側に垂直方向に交差する軸心回りに回転可能に設けられた第1ガルバノミラー78と、第1ガルバノミラー78を回転させる第1回転駆動手段としての第1ガルバノモータ80とを備えている。第1ガルバノモータ80は、第1ガルバノミラー78の回転角を検出する第1回転角センサとしてのエンコーダ80aを有している。ガルバノスキャナ76は、第1ガルバノミラー78の射出側に水平な軸心回りに回転可能に設けられた第2ガルバノミラー82と、第2ガルバノミラー82を回転させる第2回転駆動手段としての第2ガルバノモータ84とを備えている。第2ガルバノモータ84は、第2ガルバノミラー82の回転角を検出する第2回転角センサとしてのエンコーダ84aを有している。

【0044】

ここで、第1ガルバノミラー78の回転角及び第2ガルバノミラー82の回転角を可変（調整）することにより、レーザ加工ヘッド64から照射されるレーザ光LBの照射方向を調整（変更）することができる。換言すれば、ガルバノスキャナ76は、レーザ光LBの照射方向を調整（変更）する照射方向調整部（照射方向変更部）に相当する。

【0045】

レーザ加工ヘッド64内における第2ガルバノミラー82の射出側には、2次元走査されたレーザ光LBを折曲げて射出するベンドミラー86が設けられている。レーザ加工ヘッド64内におけるベンドミラー86の射出側には、ワークWに向かってレーザ光LBを集束する集束レンズ（Fθレンズ）88が設けられている。

10

【0046】

図6に示すように、レーザ加工機62は、加工プログラム等に基づいて、X軸モータ18、Y軸モータ22、Z軸モータ26、第1ガルバノモータ80、及び第2ガルバノモータ84等を制御する制御装置90を備えている。制御装置90は、1つ又は複数のコンピュータによって構成されており、制御装置90には、複数のエンコーダ18a、22a、26a、76a、80a及びギャップセンサ70が接続されている。制御装置90は、加工プログラム等を記憶するメモリ（図示省略）と、加工プログラムを実行するCPU（図示省略）とを有している。

【0047】

制御装置90のCPUは、加工プログラムを実行することによって、ギャップ制御部92としての機能、反り判定部94としての機能、反り角度取得部96としての機能、及び照射方向制御部98としての機能を有している。そして、ギャップ制御部92、反り判定部94、反り角度取得部96、及び照射方向制御部98の内容は、次の通りである。

20

【0048】

図5及び図6に示すように、ギャップ制御部92は、ギャップセンサ70からの検出結果を監視しながら、レーザ加工中にノズル66とワークWとのギャップを一定に保つようにZ軸モータ26を制御する。

【0049】

反り判定部94は、位置センサとしてのエンコーダ68aからの検出結果に基づいて、ワークWの反りの有無を判定する。具体的には、ワークWに反りが発生すると、ノズル66がワークWとのギャップを一定に保つように上昇し、エンコーダ68aが上昇したノズル66のZ軸方向の位置を検出する。反り判定部94は、レーザ加工ヘッド64の水平方向の所定距離の移動量に対する、ノズル66のワークW表面に対して接近離反する方向の位置の変化量（ノズル位置の変化量）が、ワークWの反りの有無を判定するための判定閾値を越えたか否かを判定する。反り判定部94は、ノズル位置の変化量が判定閾値を越えていない場合には、ワークWの反り無しと判定する。反り判定部94は、ノズル位置の変化量が判定閾値を越えている場合には、ワークWの反り有りと判定する。

30

【0050】

反り角度取得部96は、ワークWの反り有りと判定された場合に、移動量センサとしてのエンコーダ18a、22aからの検出結果及び位置センサとしてのエンコーダ68aからの検出結果に基づいて、ワークWの反り角度θを演算によって取得する。具体的には、反り角度取得部96は、下記の関係式（3）に基づいて、ワークWの反り角度θを演算によって取得する。

40

$$\theta = \tan^{-1} (\Delta H / \Delta L) \quad \cdots \text{関係式 (3)}$$

ここで、関係式（3）中のΔHは、設定した微小時間における、Z軸モータ68によるノズル66のZ軸方向の位置の変化量の絶対値である。関係式（3）中のΔLは、設定した微小時間における、X軸モータ18及びY軸モータ22によるレーザ加工ヘッド64の水平方向の移動量の変化量の絶対値である。

【0051】

照射方向制御部98は、取得されたワークWの反り角度θと同じ角度だけ、レーザ加工

50

ヘッド 64 から照射されるレーザ光 L B の照射方向を基準の照射方向である Z 軸方向に対して傾斜させるように、エンコーダ 80 a, 80 a からの検出結果を監視しながら第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御する（図 5 の二点鎖線部分と実線部分参照）。ここで、レーザ加工ヘッド 64 の水平方向の移動によってノズル 66 の高さ（Z 軸方向の位置）が高くなる場合には、レーザ光 L B の照射方向をレーザ加工ヘッド 64 の移動方向に向かってワーク W の反り角度 θ と同じ角度だけ Z 軸方向に対して傾斜させるように第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御する。レーザ加工ヘッド 64 の水平方向の移動によってノズル 66 の高さが低くなる場合には、レーザ光 L B の照射方向をレーザ加工ヘッド 64 の移動方向の反対側に向かってワーク W の反り角度 θ と同じ角度だけ Z 軸方向に対して傾斜させるように第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御する。

10

【0052】

照射方向制御部 98 は、前述のように第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御した後、ノズル位置の変化量が判定閾値を下回った場合には、レーザ光 L B の照射方向を Z 軸方向に対して傾斜しないように第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御する。

【0053】

続いて、本発明の第 2 実施形態に係るレーザ加工方法を含めて、本発明の第 2 実施形態の作用効果について説明する。本発明の第 2 実施形態に係るレーザ加工方法は、ワーク W に対してレーザ加工を行うための方法であり、照射ステップと、反り判定ステップと、反り角取得ステップと、照射方向調整ステップ（照射方向変更ステップ）とを備えている。

20

【0054】

制御装置 90 が X 軸モータ 18 及び／又は Y 軸モータ 22 を制御してレーザ加工ヘッド 64 を水平方向（X 軸方向、Y 軸方向、又は X 軸方向と Y 軸方向の合成方向）へ移動させながら、レーザ加工ヘッド 64 からワーク W に向かってレーザ光 L B を照射する（照射ステップ）。また、ギャップ制御部 92 は、ギャップセンサ 70 からの検出結果を監視しながら、ノズル 66 とワーク W とのギャップを一定に保つように Z 軸モータ 68 を制御する。これにより、ワーク W の実際の厚みに応じた加工条件の下で、ワーク W に対してレーザ加工を行うことができる。

【0055】

レーザ加工中に、反り判定部 94 は、位置センサとしてのエンコーダ 68 a からの検出結果に基づいて、ワーク W の反りの有無を判定する（反り判定ステップ）。そして、反り角度取得部 96 は、ワーク W の反り有りと判定された場合に、移動量センサとしてのエンコーダ 18 a, 22 a からの検出結果及び位置センサとしてのエンコーダ 68 a からの検出結果に基づいて、ワーク W の反り角度 θ を演算によって取得する（反り角度取得ステップ）。更に、照射方向制御部 98 は、レーザ光 L B の照射方向をワーク W の反り角度 θ と同じ角度だけ Z 軸方向に対して傾斜させるように第 1 ガルバノモータ 80 及び第 2 ガルバノモータ 84 を制御する（照射方向調整ステップ）。これにより、ワークに反りが有った場合においても、レーザ光 L B をワーク W 表面に対して垂直に照射することができる。換言すれば、レーザ加工中に、レーザ光のワーク W 表面に対する照射角度を一定（本発明の第 2 実施形態においては、90 度）に保つことができる。

30

40

【0056】

なお、反り判定部 94 を省略して、反り角度取得部 96 がエンコーダ 18 a, 22 a, 68 a からの検出結果に基づいてワーク W の反り角度 θ を常時演算によって取得してもよい。

【0057】

従って、本発明の第 2 実施形態においても、前述の本発明の第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

【0058】

なお、本発明は、前述の実施形態の説明に限られるものではなく、例えば、次のように態

50

様で実施可能である。

【００５９】

レーザ加工ヘッド３２（６４）をＸ軸方向及びＹ軸方向へ移動可能に構成する代わりに、Ｘ軸方向又はＹ軸方向のうちの一方向へ移動可能に構成してもよい。この場合には、加工テーブル１２をＸ軸方向又はＹ軸方向のうちの他方向へ移動可能に構成する。また、レーザ加工ヘッド３２（６４）をＸ軸方向又はＹ軸方向へ移動不能に構成してもよい。この場合には、加工テーブル１２をＸ軸方向及びＹ軸方向へ移動可能に構成する。つまり、レーザ加工ヘッド３２（６４）を加工テーブル１２に対して相対的にＸ軸方向及びＹ軸方向へ移動可能であればよい。

【００６０】

そして、本発明に包含される権利範囲は、前述の実施形態に限定されないものである。

【符号の説明】

【００６１】

- １０ レーザ加工機
- １２ 加工テーブル
- １４ 支持板
- １４ａ 突起
- １６ 可動フレーム（Ｘ軸キャリッジ）
- １８ Ｘ軸モータ
- １８ａ エンコーダ（移動量センサ）
- ２０ Ｙ軸キャリッジ
- ２２ Ｙ軸モータ
- ２２ａ エンコーダ（移動量センサ）
- ２４ Ｚ軸キャリッジ
- ２６ Ｚ軸モータ
- ２６ａ エンコーダ
- ２８ 回転体
- ３０ Ａ軸モータ
- ３０ａ エンコーダ
- ３２ レーザ加工ヘッド
- ３４ ノズル
- ３６ Ｂ軸モータ（照射方向調整部）
- ３６ａ エンコーダ
- ３８ ノズルモータ（ノズル移動アクチュエータ）
- ３８ａ エンコーダ（位置センサ）
- ４０ ギャップセンサ
- ４２ 光ファイバ
- ４４ コリメートレンズ
- ４６ 第１ベンドミラー
- ４８ 第２ベンドミラー
- ５０ 集束レンズ
- ５２ 制御装置
- ５４ ギャップ制御部
- ５６ 反り判定部
- ５８ 反り角度取得部
- ６０ 照射方向制御部
- ６２ レーザ加工機
- ６４ レーザ加工ヘッド
- ６６ ノズル
- ６８ Ｚ軸モータ（ノズル移動アクチュエータ）

10

20

30

40

50

- 6 8 a エンコーダ (位置センサ)
- 7 0 ギャップセンサ
- 7 2 光ファイバ
- 7 4 コリメートレンズ
- 7 6 ガルバノスキャナ
- 7 8 第1ガルバノミラー
- 8 0 第1ガルバノモータ (照射方向調整部)
- 8 0 a エンコーダ
- 8 2 第2ガルバノミラー
- 8 4 第2ガルバノモータ (照射方向調整部)
- 8 4 a エンコーダ
- 8 6 ベンドミラー
- 8 8 集束レンズ
- 9 0 制御装置
- 9 2 ギャップ制御部
- 9 4 反り判定部
- 9 6 反り角度取得部
- 9 8 照射方向制御部
- W ワーク (板金)
- θ 反り角度

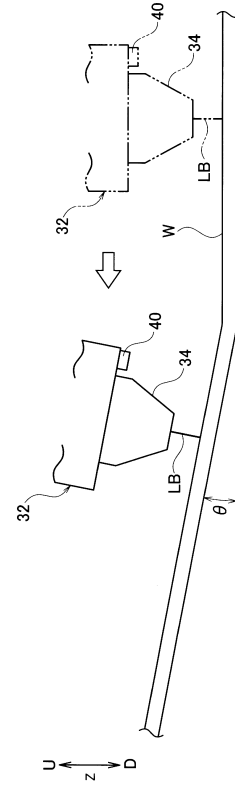
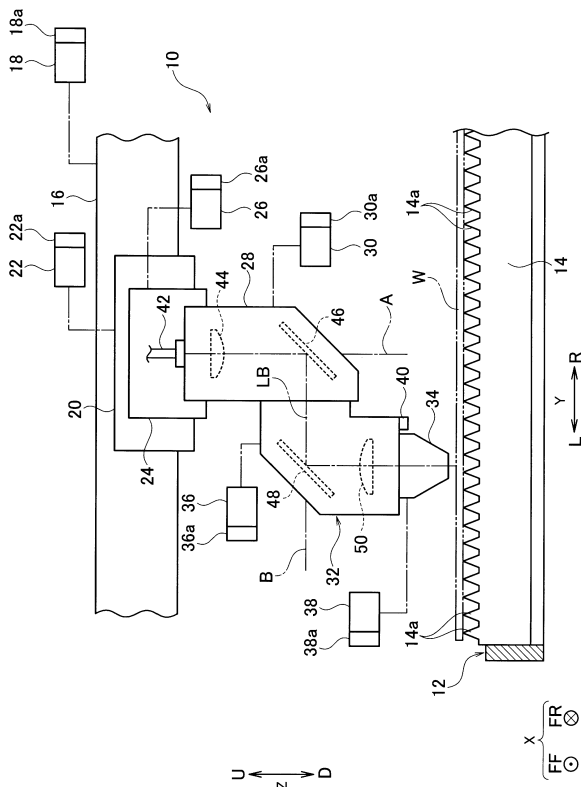
10

20

【図面】

【図 1】

【図 2】

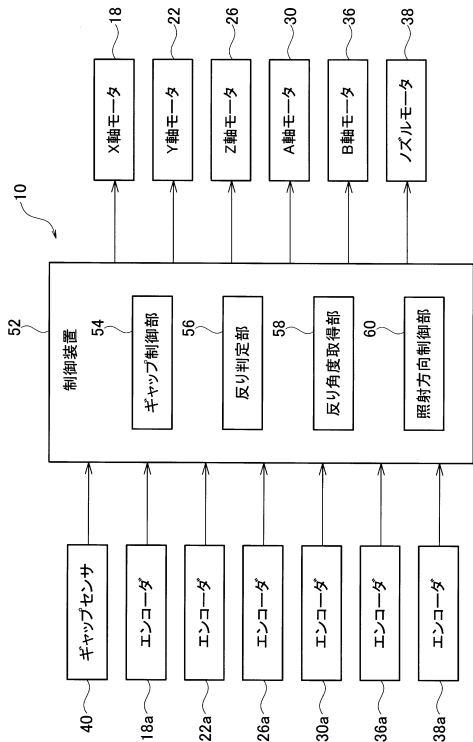


30

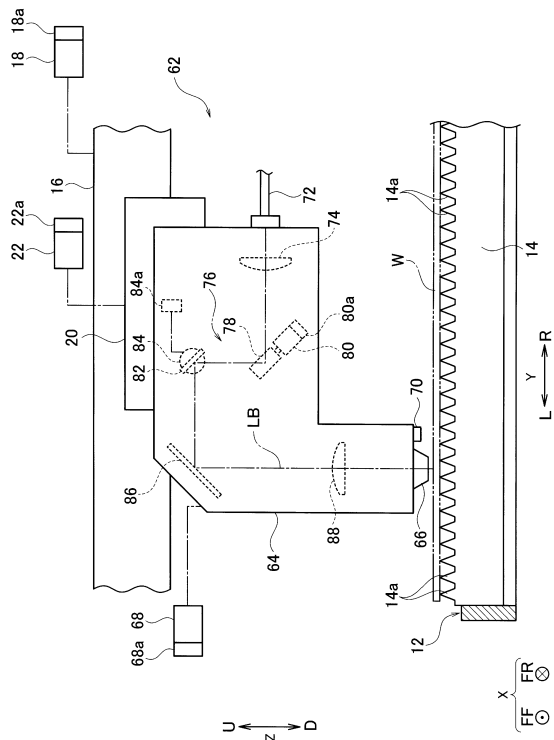
40

50

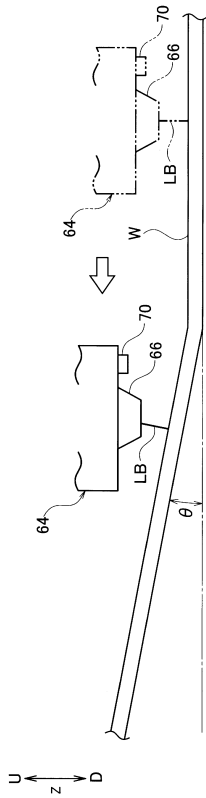
【図 3】



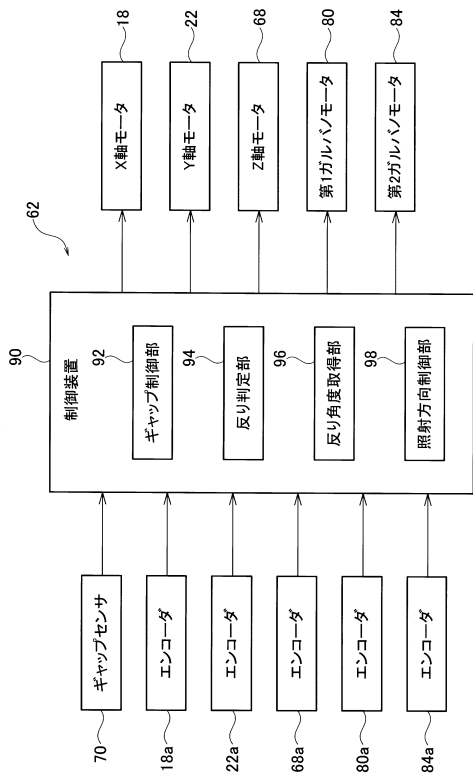
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 岩見 勤

- (56)参考文献 特開平０８－３００１７１（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３０９４８３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－２０２５１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３４４８８５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０３４０５１（ＪＰ，Ａ）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B 2 3 K 2 6／0 0 - 2 6／7 0