

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7122559号

(P7122559)

(45)発行日 令和4年8月22日(2022.8.22)

(24)登録日 令和4年8月12日(2022.8.12)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 26/082 (2014.01)

B 2 3 K 26/082

B 2 3 K 26/38 (2014.01)

B 2 3 K 26/38

Z

B 2 3 K 26/08 (2014.01)

B 2 3 K 26/08

F

請求項の数 11 (全16頁)

(21)出願番号 特願2018-149667(P2018-149667)

(22)出願日 平成30年8月8日(2018.8.8)

(65)公開番号 特開2020-28883(P2020-28883A)

(43)公開日 令和2年2月27日(2020.2.27)

審査請求日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(73)特許権者 314012076

パナソニックIPマネジメント株式会社

大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61

号

(74)代理人 100106518

弁理士 松谷 道子

(74)代理人 100132241

弁理士 岡部 博史

(74)代理人 100091524

弁理士 和田 充夫

(72)発明者 恒吉 拓央

大阪府門真市松葉町2番7号 パナソニ

ックプロダクションエンジニアリング株

式会社内

(72)発明者 川西 努

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ加工方法及びレーザ加工装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光を走査する走査領域より、加工領域が大きい加工対象物をレーザ加工するレーザ加工方法において、

前記加工対象物を第1方向に移動させる第1駆動装置に保持し、

次いで、前記第1駆動装置により前記加工対象物を前記第1方向に移動させつつ、ガルバノスキャナにより、前記ガルバノスキャナとf レンズとを通過して前記加工対象物に照射する前記レーザ光を、前記加工対象物に対して、前記第1方向と前記第1方向の逆方向とに往復移動させて走査するとき、

前記加工対象物の移動速度を V_t とし、前記レーザ光の走査速度を V_s とし、前記加工対象物を前記移動速度 V_t で移動させつつ、前記加工対象物の加工予定線の一部の同一直線上で、前記走査速度 V_s で前記レーザ光を連続して3回以上往復走査して前記レーザ光を照射し、

前記レーザ光の走査の線速度 V_0 は相対的に一定になるように制御部で制御され、前記走査速度 V_s による前記往復走査のうち、往路走査のガルバノスキャナ往路走査速度を V_{s1} とするとともに復路走査のガルバノスキャナ復路走査速度 V_{s2} とすると、

前記往路走査での前記線速度 V_0 は、

$$V_0 = V_{s1} - V_t \quad \text{であり、}$$

前記復路走査での前記線速度 V_0 は、

$$V_0 = V_{s2} + V_t \quad \text{であり、}$$

10

20

前記線速度 V_0 は、相対的に一定に制御することから、

$$V_t = (V_{s1} - V_{s2}) / 2 \quad \text{である、}$$

レーザ加工方法。

【請求項 2】

前記往復走査は、前記加工予定線に沿った前記ガルバノスキャナによる往復動作により走査軌跡が形成され、

前記往復動作の回数は 3 回以上かつ奇数回である、

請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 3】

前記制御部において、前記ガルバノスキャナによる前記往復走査と、前記第 1 駆動装置による前記第 1 方向沿いの一方向に一定速度での移動とを協調制御して組合せることで、前記走査軌跡が、レーザ加工の深さ方向に関しては階段形状になる、

請求項 2 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 4】

前記制御部は、前記レーザ光による加工開始点と加工終了点の加工端エリアにおいて、前記加工対象物の断面の段差を無くすようにオーバーラップして走査する前記走査軌跡を生成して走査するように制御する、

請求項 3 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 5】

前記ガルバノスキャナからの前記レーザ光が前記 f レンズの中心を通るように前記走査軌跡を生成するように走査し、

前記走査軌跡は、前記 f レンズの軌跡通過範囲内として、前記 f レンズの最大走査直径を D_s とし、軌跡通過範囲幅を A とするとき、

$$A = D_s * \sin / 4 * 0.06$$

となる条件の下で前記走査軌跡を生成するように前記走査を行う、

請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工方法。

【請求項 6】

レーザ光を走査するレーザ走査領域より、加工領域が大きい加工対象物をレーザ加工するレーザ加工装置において、

前記加工対象物を保持した状態で移動速度 V_t で第 1 方向に移動する駆動ステージと、

前記レーザ光を出射するレーザ出射部と、

前記レーザ出射部から出射した前記レーザ光の走査方向を変更し、前記レーザ光を、前記加工対象物に対して、前記第 1 方向と前記第 1 方向の逆方向とに往復移動させるように走査速度 V_s で走査するガルバノスキャナと、

前記ガルバノスキャナから出射した前記レーザ光を透過して前記加工対象物に任所定角度で照射する f レンズと、

前記駆動ステージと前記ガルバノスキャナとの駆動をそれぞれ制御して、前記駆動ステージにより前記加工対象物を前記第 1 方向に移動させつつ、前記ガルバノスキャナにより前記ガルバノスキャナと前記 f レンズとを介して前記レーザ光を前記加工対象物に照射して走査するとき、前記加工対象物の前記移動速度を V_t とし、前記レーザ光の前記走査速度を V_s とし、前記加工対象物を前記移動速度 V_t で移動させつつ、前記加工対象物の加工予定線の一部の同一直線上で、前記走査速度 V_s で前記レーザ光を連続して 3 回以上往復走査して前記レーザ光を照射するように制御する制御部とを有し、

前記制御部により制御するとき、

前記レーザ光の走査の線速度 V_0 は相対的に一定になるように制御され、前記走査速度 V_s による前記往復走査のうち、往路走査のガルバノスキャナ往路走査速度を V_{s1} とするとともに復路走査のガルバノスキャナ復路走査速度 V_{s2} とすると、

前記往路走査での前記線速度 V_0 は、

$$V_0 = V_{s1} - V_t \quad \text{であり、}$$

前記復路走査での前記線速度 V_0 は、

10

20

30

40

50

$V_0 = V_{s2} + V_t$ であり、
 前記線速度 V_0 は、相対的に一定に制御することから、
 $V_t = (V_{s1} - V_{s2}) / 2$ である、
 レーザ加工装置。

【請求項 7】

前記駆動ステージは、前記加工対象物が保持されて前記第 1 方向である X 軸沿いに移動させる X 軸駆動ステージであり、

前記レーザ加工装置は、

前記ガルバノスキャナ及び前記 f レンズとを有する加工ヘッドと、

前記加工ヘッドは、前記 X 軸と交差する Z 軸の方向に前記加工ヘッドを移動させる Z 軸駆動ステージと、

前記 Z 軸駆動ステージが取付けられ、前記 X 軸及び前記 Z 軸とは交差する Y 軸の方向に前記加工ヘッドと前記 Z 軸駆動ステージとを移動させる Y 軸駆動ステージとをさらに備え、

前記制御部は、前記 Z 軸駆動ステージと前記 Y 軸駆動ステージとの駆動もそれぞれ制御する、

請求項 6 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記駆動ステージと前記ガルバノスキャナとを協調制御して前記往復走査を行い、所定の走査軌跡を生成して走査することで、前記加工対象物を所定の形状の切断品に切断する、

請求項 6 又は 7 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記レーザ光が任意の形状の前記加工予定線を一定の速度及び一方向に走査できるように、前記 X 軸駆動ステージ及び前記 Y 軸駆動ステージで制御しつつ、前記ガルバノスキャナを同加工予定線上を走査領域内で往復動作させながら、相対的な線速が一定になるように制御する、

請求項 7 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 10】

前記レーザ出射部は、ピコ秒～フェムト秒の超短パルス、及び、最大周波数 1 MHz 以上で前記レーザ光を発振するレーザ発振器である、

請求項 6～9 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【請求項 11】

前記 f レンズは、F 値が 4.5 以上でかつ 11.0 以下である f レンズである、

請求項 6～10 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば樹脂フィルムなどの加工対象物のレーザ切断加工における、レーザ加工方法及びレーザ加工装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

レーザ照射による様々な加工対象物（すなわち、ワーク）の切断及び穴あけ等の加工方法及び装置が既に知られている。

【0003】

レーザ加工装置は、主に駆動ステージと、ガルバノスキャナと、レーザ発振器と、光学系部品とで構成されており、照射されたレーザを集光レンズに通し、ワークに焦点位置を合わせることで加工を施す方法が一般的である。また、2 次元的な方向の加工には、駆動軸を持つステージ又はガルバノスキャナで、任意の軌跡を走査する方法がある。

【0004】

10

20

30

40

50

例えば、ガルバノスキャナのみでレーザ光を走査する方法がある。この場合、ガルバノスキャナ走査速度が速い為、ワークの熱影響を低減でき、高品質な加工を実現できる。

【 0 0 0 5 】

また、前記方法に加えて、駆動ステージをピッチ移動させて加工する方法がある。この場合、大面積なワーク及び加工において効果的である。このように、色々な技術が提案されている。

【 0 0 0 6 】

近年では、高速及び高品質を目的として、駆動ステージ及びガルバノスキャナを組合せて協調制御して加工する方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【文献】特開 2 0 1 7 - 1 9 6 6 5 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、前記従来の構成では、f レンズの走査領域より大きい領域の大面積を加工するためには、以下のように動作している。まず、加工対象物を f レンズの走査領域の範囲で区切る。次いで、停止した駆動ステージ上の加工対象物の第 1 加工領域をレーザ加工する。その後、駆動ステージを駆動し、第 1 加工領域の隣の第 2 加工領域に加工対象物を移動する。その後、停止し加工対象物の第 2 加工領域にレーザ加工する。次いで、順次、これらの加工動作を繰り返す。つまり、駆動ステージを加工ピッチ分だけ繰返し移動させて加工させるステップ&リピート方式で加工する必要がある。その為、走査範囲の境界において、加工痕に継ぎ目が発生し、過加工又は加工不足による、加工精度と生産性が低下する課題を有している。

【 0 0 0 9 】

従って、本発明の目的は、前記問題を解決することによって、加工精度と生産性の低下を抑制することができるレーザ加工方法及びレーザ加工を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

前記目的を達成するために、本発明の 1 つの態様にかかるレーザ加工方法は、
レーザ光を走査する走査領域より、加工領域が大きい加工対象物をレーザ加工するレーザ加工方法において、

前記加工対象物を第 1 方向に移動させる第 1 駆動装置に保持し、

次いで、前記第 1 駆動装置により前記加工対象物を前記第 1 方向に移動させつつ、ガルバノスキャナにより、前記ガルバノスキャナと f レンズとを通過して前記加工対象物に照射する前記レーザ光を、前記加工対象物に対して、前記第 1 方向と前記第 1 方向の逆方向とに往復移動させて走査するとき、

前記加工対象物の移動速度を V_t とし、前記レーザ光の走査速度を V_s とし、前記加工対象物を前記移動速度 V_t で移動させつつ、前記加工対象物の加工予定線の一部の同一直線上で、前記走査速度 V_s で前記レーザ光を連続して 3 回以上往復走査して前記レーザ光を照射し、

前記レーザ光の走査の線速度 V_0 は相対的に一定になるように制御部で制御され、前記走査速度 V_s による前記往復走査のうち、往路走査のガルバノスキャナ往路走査速度を V_{s1} とするとともに復路走査のガルバノスキャナ復路走査速度 V_{s2} とすると、

前記往路走査での前記線速度 V_0 は、

$$V_0 = V_{s1} - V_t \quad \text{であり、}$$

前記復路走査での前記線速度 V_0 は、

$$V_0 = V_{s2} + V_t \quad \text{であり、}$$

前記線速度 V_0 は、相対的に一定に制御することから、

10

20

30

40

50

$$V_t = (V_{s1} - V_{s2}) / 2 \quad \text{であり、}$$

前記ガルバノスキャナは、前記ガルバノスキャナ復路走査速度 V_{s2} より前記ガルバノスキャナ往路走査速度 V_{s1} が速く、 $V_{s1} > V_{s2}$ であり、

前記移動速度 V_t より前記ガルバノスキャナの前記走査速度 V_s が、2倍以上速く、 $V_s > 2V_t$ である、

レーザ加工方法を提供する。

【発明の効果】

【0011】

以上のように、本発明の前記態様によれば、加工精度と生産性との低下を抑制することができて、加工対象物上に、任意の形状かつ、より広範囲で大面積を高速で継ぎ目のない均質な加工ができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態における設備構成の説明図

【図2】本発明の実施の形態における図1の詳細光学系の説明図

【図3】本発明の実施の形態における加工対象物の説明図

【図4】本発明の実施の形態におけるレーザ加工の軌跡の説明図

【図5】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査の説明図

【図6】本発明の実施の形態におけるガルバノスキャナ往復動作の説明図

【図7A】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さの説明において、上側は平面図であり、下側は断面図として表した説明図

20

【図7B】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さにおいて、往復動作回数 $N = 1$ の動作における加工対象物の平面と断面の説明図

【図7C】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さにおいて、往復動作回数 $N = 2$ の動作における加工対象物の平面と断面の説明図

【図7D】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さにおいて、往復動作回数 $N = 3$ の動作における加工対象物の平面と断面の説明図

【図7E】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さにおいて、往復動作回数 $N = 4$ の動作における加工対象物の平面と断面の説明図

【図7F】本発明の実施の形態におけるレーザ光走査に伴う加工深さにおいて、往復動作回数 $N = 5$ の動作における加工対象物の平面と断面の説明図

30

【図8】本発明の実施の形態における加工端のオーバーラップ量の説明において、上側は平面図であり、下側は断面図として表した説明図

【図9】本発明の実施の形態における f レンズ最大走査範囲及びレーザ光走査軌跡の説明図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0014】

(実施の形態)

40

図1は、本発明の実施の形態のレーザ加工装置90の構成についての図である。

【0015】

レーザ加工装置90を使用するレーザ加工方法は、レーザ光Lを走査する走査領域401(図4参照)より、加工領域(図4の走査軌跡402及び加工予定線402aを参照)が大きい加工対象物101をレーザ加工する方法である。ここでは、レーザ光Lを走査させて走査軌跡402を生成するが、走査軌跡402を生成する線を、加工予定線402aと称する。

【0016】

レーザ加工装置90は、少なくとも、第1駆動装置の例としての加工対象物用の駆動ステージ102と、レーザ出射部と、ガルバノスキャナ202と、 f レンズ203と、第

50

2 駆動装置の例としての走査用の駆動ステージと、制御部 1 0 0 とを備えている。

【 0 0 1 7 】

加工対象物用の駆動ステージは、一例として、X 軸駆動ステージ 1 0 2 である。図 1 において、X 軸駆動ステージ 1 0 2 は基台 9 1 に配置され、加工対象物 1 0 1 は X 軸駆動ステージ 1 0 2 に保持されて、X 軸駆動ステージ 1 0 2 の駆動により加工対象物 1 0 1 が X 軸方向に進退移動する。

【 0 0 1 8 】

ガルバノスキャナ 2 0 2 及び f レンズ 2 0 3 とは加工ヘッド 1 0 3 に備えられている。

【 0 0 1 9 】

走査用の駆動ステージは、一例として、少なくとも、Y 軸駆動ステージ 1 0 5 で構成されている。好ましくは、レーザ光用の駆動ステージは、Z 軸駆動ステージ 1 0 4 をさらに備えても良い。Y 軸駆動ステージ 1 0 5 と Z 軸駆動ステージ 1 0 4 とは基台 9 1 に配置されている。詳しくは、Y 軸駆動ステージ 1 0 5 は、基台 9 1 に固定された逆 U 字状の門柱 1 0 6 に取付けられている。

10

【 0 0 2 0 】

加工ヘッド 1 0 3 は Z 軸駆動ステージ 1 0 4 に支持されて、Z 軸駆動ステージ 1 0 4 の駆動により加工ヘッド 1 0 3 が X 軸及び Y 軸と交差する Z 軸の方向に進退移動する。また、Z 軸駆動ステージ 1 0 4 は Y 軸駆動ステージ 1 0 5 に支持されて、Y 軸駆動ステージ 1 0 5 の駆動により Z 軸駆動ステージ 1 0 4 とともに加工ヘッド 1 0 3 が X 軸と交差する Y 軸の方向に進退移動する。

20

【 0 0 2 1 】

なお、別の例として、加工対象物用の駆動ステージが Y 軸駆動ステージで、走査用の駆動ステージが X 軸駆動ステージで構成するようにしてもよい。

【 0 0 2 2 】

ガルバノスキャナ 2 0 2 は、X 軸用及び Y 軸用のガルバノミラー 2 0 2 a , 2 0 2 b と、ガルバノミラー 2 0 2 a , 2 0 2 b の傾斜角度を調整する軸回転用モータ 2 0 2 c , 2 0 2 d と、軸回転用モータ 2 0 2 c , 2 0 2 d を駆動制御する回転角制御部 2 0 2 e とで構成されている。

【 0 0 2 3 】

X 軸駆動ステージ 1 0 2 及び Y 軸駆動ステージ 1 0 5 は、動作速度を十分に確保できる能力を持つ（例えば、5 0 0 m m / s e c 以上）ような構成としている。本実施の形態では、一例として、X 軸駆動ステージ 1 0 2 及び Y 軸駆動ステージ 1 0 5 は、それぞれ、駆動制御部（図示せず）で駆動制御されるリニアモータ（図示せず）と、リニアモータで進退移動するガイド（図示せず）とで構成している。

30

【 0 0 2 4 】

Z 軸駆動ステージ 1 0 4 は、レーザ光照射のフォーカス調整の為に使用し、前記のような高速駆動する能力を満たす必要はなく、繰り返し位置決め精度を確保できる構成にする。本実施の形態では、Z 軸駆動ステージ 1 0 4 の一例として、駆動制御部（図示せず）で駆動制御されるサーボモータ（図示せず）と、ボールネジ（図示せず）と、ガイド（図示せず）とで構成し、サーボモータの正逆回転駆動でボールネジが正逆回転し、ボールネジにねじで連結されたガイドがボールネジの軸方向すなわち Z 軸方向に進退移動する。ガイドには、加工ヘッド 1 0 3 が支持されている。

40

【 0 0 2 5 】

尚、Y 軸駆動ステージ 1 0 5 は、前記構成を満たすものであれば、X 軸駆動ステージ 1 0 2 上に配置するなど、加工ヘッド 1 0 3 を駆動しない構成とすることもできる。すなわち、この場合は、加工対象物用の駆動ステージが X 軸駆動ステージ 1 0 2 及び Y 軸駆動ステージ 1 0 5 で構成され、走査用の駆動ステージが Z 軸駆動ステージ 1 0 4 で構成されることになる。

【 0 0 2 6 】

制御部 1 0 0 は、レーザ出射部と、X 軸駆動ステージ 1 0 2 の駆動制御部と、Y 軸駆動

50

ステージ１０５の駆動制御部と、Ｚ軸駆動ステージ１０４の駆動制御部と、ガルバノスキャナ２０２の回転角制御部２０２eとのそれぞれを制御して、協調制御を行いつつレーザ加工を実施するように制御する。

【００２７】

図２は、図１の一部の構成の詳細図である。レーザ出射部の一例としてのレーザ発振器２０１よりガルバノスキャナ２０２のガルバノミラー２０２a、２０２bにレーザ光Ｌが照射される。レーザ発振器２０１から照射されたレーザ光Ｌは、ガルバノスキャナ２０２のガルバノミラー２０２aとガルバノミラー２０２bとで反射されて、f レンズ２０３で集光される。f レンズ２０３で集光されたレーザ光Ｌは、f レンズ２０３を透過して加工対象物１０１に照射され、加工対象物１０１を加工する。その際、Ｘ軸駆動ステージ１０２とガルバノスキャナ２０２とＹ軸駆動ステージ１０５とで任意の加工予定線４０２aを走査することで、所定の走査軌跡４０２を形成して所定の形状に切断して切断品３０１を得ることができる。本実施の形態では、Ｘ軸駆動ステージ１０２とガルバノスキャナ２０２とを制御部１００で協調制御するので、前記動作を実現することができる。

10

【００２８】

尚、前記制御部１００は、Ｘ軸駆動ステージ１０２に限らず、Ｙ軸駆動ステージ１０５に関しても、Ｘ軸駆動ステージ１０２と同様に協調制御を実施する。

【００２９】

図３より、レーザ光Ｌによる加工は、加工対象物１０１より、所定の切断形状の切断品３０１に切り出される。

20

【００３０】

尚、図３は大面積の加工対象物から複数形状の切断品を切り出す方法であるが、これに限らず、小面積の加工対象物から１形状の切断品を切り出す等、切り出しの形態は様々である。

【００３１】

また、切断品３０１の大きさは、図４に示すようにガルバノスキャナ２０２の走査領域４０１より大きい加工領域であり、Ｘ軸駆動ステージ１０２またはＹ軸駆動ステージ１０５を加工予定線４０２aに沿って走査しながら、同加工予定線４０２a上を同時系列でガルバノスキャナ２０２を制御部１００で協調制御して動作させる。

【００３２】

30

制御部１００は、レーザ光Ｌが任意の形状の加工予定線４０２aを一定の速度及び一方向に走査できるように、Ｘ軸駆動ステージ１０２及びＹ軸駆動ステージ１０５のそれぞれの駆動制御部で制御しつつ、ガルバノスキャナ２０２の回転角制御部２０２eで、同加工予定線４０２a上を走査領域４０１内でガルバノスキャナ２０２を往復動作させながら、相対的な線速が一定になるように制御する。

【００３３】

レーザ発振器２０１は、超短パルス（例えばピコ秒～フェムト秒）、及び、最大周波数１MHz以上でレーザ光Ｌを発振する。レーザ発振器２０１からのレーザ光Ｌは、加工対象物１０１の加工予定線４０２aに照射するまでは、複数枚の反射ミラー（図示せず）及びガルバノスキャナ２０２によりレーザ光Ｌを空間伝送され、集光レンズはf レンズ２０３を用いる。

40

【００３４】

尚、加工対象物１０１の材質及び加工方法は、加工の内容により、レーザ発振器２０１の波長、出力、又はパラメータ設定等は、適宜なものでよい。例えば、金属系材料では、レーザ波長は１０６４nm付近を使用するのが良い。

【００３５】

ガルバノスキャナ２０２は、往復動作すなわち往復走査の走査速度を十分に確保できる能力を持つもの（例えば、５０００mm/sec程度の走査速度を持つガルバノスキャナ）とし、反射ミラーとしてのガルバノミラー２０２a、２０２bは、前記レーザ発振器２

50

01の波長帯、パワー、及びビーム径などの条件に合ったものを選定する。ガルバノミラー202a, 202b以外の他の反射ミラー、光学系部材（例えばコリメータレンズ及びビームエキスパンダーなど）についても、前記条件を満たすもので構成する。

【0036】

尚、ガルバノスキャナ202の構成は、ポリゴンミラー、又は、ピエゾ素子等の単体もしくは2軸構成で反射ミラーとしてガルバノミラー202a, 202bを有した構成とすることができる。

【0037】

f レンズ203は、要求される加工精度に合わせてF値が45以上で110以下のものを使用する。F値が小さいほどより高精度、F値が大きくなるほど生産性に優れる。また、f レンズ203の焦点距離及び光束の直径は、選定したF値のf レンズ203を参照して、ビームエキスパンダー及びコリメータレンズを使用して光束口径は理論値になるように構成する。

【0038】

図5は、本発明の実施の形態における、レーザ加工装置90を使用したレーザ加工方法を示す図である。

【0039】

本実施の形態は、レーザ走査領域401より加工領域が大きい加工対象物101をレーザ加工する加工方法で、X軸駆動ステージ102及びY軸駆動ステージ105を動作させると同時にガルバノスキャナ202でレーザ光Lを走査することで、継ぎ目の影響なく、加工できる。また、制御部100の制御の下に、レーザ光Lの走査の線速度V₀を相対的に一定にするように制御することで、生産性の高い加工が実現できる。

【0040】

レーザ走査の線速度を一定にする為に、X軸駆動ステージ102の駆動ステージ走査501とガルバノスキャナ202のガルバノスキャナ走査502とを制御部100で協調制御する。駆動ステージ走査501では、与えられたレーザ光Lの加工予定線402aを一方向（例えば図5の上方向）で走査し、同時系列で駆動ステージの加工予定線402a上を、ガルバノスキャナ202で反射したレーザ光Lが複数回往復で走査する。図5では、駆動ステージ走査501とガルバノスキャナ走査502との協調制御の結果としての同期走査の軌跡503を示すとともに、同期走査軌跡分解イメージ504も示している。

【0041】

ガルバノスキャナ走査502におけるレーザ光Lの走査線速度V₀は、相対的に一定になるように制御部100でガルバノスキャナ202の駆動が制御される。

【0042】

ここで、与えられた加工予定線402aを一方向に進むX軸駆動ステージ102の駆動ステージ速度をV_tとし、X軸駆動ステージ102の移動方向（例えば図1の手前側に向けた方向）と同じ方向に進むガルバノスキャナ202のガルバノスキャナ往路走査速度をV_{s1}とし、X軸駆動ステージ102の移動する方向を第1方向とする。このとき、走査線速度V₀は

$$V_0 = V_{s1} - V_t$$

となる。

【0043】

また、X軸駆動ステージ102の移動方向として、与えられた加工予定線402aを一方向に進む駆動ステージ速度をV_tとし、X軸駆動ステージ102の前記移動方向と逆方向に進むガルバノスキャナ202のガルバノスキャナ復路走査速度をV_{s2}とし、前記逆方向を第2方向（すなわち、第1方向と逆方向）とする。このとき、走査線速度V₀は

$$V_0 = V_{s2} + V_t$$

となる。

【0044】

ここで、ガルバノスキャンは、X軸駆動ステージ102の前記移動方向である第1方向

とは逆方向に走査する第 2 方向より、X 軸駆動ステージ 1 0 2 と同じ方向に走査する第 1 方向の方が、速い。このため、

$$V_{s1} > V_{s2} \text{ である。}$$

【 0 0 4 5 】

走査線速度 V_0 は、制御部 1 0 0 で相対的に一定になるように制御部 1 0 0 で制御されるので、

$$V_{s1} - V_t > V_{s2} + V_t$$

であり、

$$(V_{s1} - V_{s2}) / V_t > 2$$

となる。

【 0 0 4 6 】

したがって、X 軸駆動ステージ 1 0 2 の駆動ステージ速度（すなわち移動速度） V_t より、ガルバノスキャナ 2 0 2 の走査速度 V_s が 2 倍以上速くなることになる。

【 0 0 4 7 】

尚、図 5 は、直線形状で説明しているが、直角又は円弧を有する形状においても、同様の考え方である。

【 0 0 4 8 】

このような加工方法によれば、X 軸駆動ステージ 1 0 2 により加工対象物 1 0 1 を X 軸の方向に移動させつつ、ガルバノスキャナ 2 0 2 により、ガルバノスキャナ 2 0 2 と f レンズ 2 0 3 とを通過して加工対象物 1 0 1 に照射するレーザ光りを、加工対象物 1 0 1 に対して、X 軸方向沿いの第 1 方向と前記第 1 方向の逆方向の第 2 方向とに往復移動させて走査することができる。従って、レーザ発振器 2 0 1 の照射パワーを比較的小さく（例えば、従来の 2 0 % 程度に）設定することができて、レーザ加工時の加工対象物 1 0 1 への熱影響が小さくなる。また、走査速度を高速に複数回往復走査する為、レーザ発振器 2 0 1 の照射パワーが小さくても、レーザ加工における切削量は大きいので、加工時間を短縮する効果がある。例えば、走査距離が約 3 9 1 mm で 6 インチ相当の加工対象物の場合には、従来より 1 . 5 ~ 2 . 0 倍程度高速に加工することができる。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、ガルバノスキャナ 2 0 2 の加工予定線 4 0 2 a すなわち走査軌跡 4 0 2 を示し、主に往復動作であり、複数回行われるものとする。具体的には、往復動作回数 N は、3 回以上かつ奇数である走査回数を満たす線速度及びパワー関係のプロセス条件を導出する。往復動作回数 N が 2 回未満であると、単なる往復動作であり、かつ形状走査が単純なものになるため、好ましくない。また、往復動作回数 N を偶数回動作にしてしまうと、後述する加工対象物 1 0 1 の断面形状において、ガルバノスキャンが復路で終わってしまい（図 7 E 参照）、加工不良の原因となる可能性がある。このため、すなわち、加工精度と生産性との低下を抑制するため、往復動作回数 N は 3 回以上かつ奇数回とする。

【 0 0 5 0 】

尚、加工予定線 4 0 2 a すなわち軌跡 4 0 2 の形状は、直線に限らず、円弧又はその他の形状を用いても良い。また、加工予定線 4 0 2 a すなわち軌跡 4 0 2 の長さについては、f レンズ 2 0 3 の最大走査範囲を超えなければ、任意の設定でよいが、後述する軌跡通過範囲内に収めるのが好ましい。

【 0 0 5 1 】

前述より、X 軸駆動ステージ 1 0 2 が、X 軸沿いの一方向に一定線速度で移動している。この X 軸駆動ステージ 1 0 2 の移動と、制御部 1 0 0 による協調制御におけるガルバノスキャナ走査とを組合せることで、走査軌跡 4 0 2 が、レーザ加工の深さ方向に関して、加工対象物 1 0 1 の断面形状が図 7 A のような階段形状になる。図 7 A では、加工端エリア 7 0 1 と、切断ライン 7 0 2 とを示している。

【 0 0 5 2 】

これにより、加工対象物 1 0 1 が、走査軌跡 4 0 2 で除々に切削される効果が得られ、高品質な加工が可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

具体的には、図 7 B ~ 図 7 F で説明する。

【 0 0 5 4 】

図 7 B は、往復動作回数 $N = 1$ の動作における加工対象物 1 0 1 の断面である。この動作は、X 軸駆動ステージ 1 0 2 及びガルバノスキャナ 2 0 2 の往路動作を示している。

【 0 0 5 5 】

図 7 C は、往復動作回数 $N = 2$ の動作における加工対象物 1 0 1 の断面である。この動作は、図 7 B の動作に対してガルバノスキャナ 2 0 2 の復路動作をさらに加わっている。しかしながら、前述 X 軸駆動ステージ 1 0 2 は一方向に動作しているだけの為、移動量は短くなっている。

【 0 0 5 6 】

図 7 D は往復動作回数 $N = 3$ の動作における加工対象物 1 0 1 の断面である。この動作では、X 軸駆動ステージ 1 0 2 は一方向に動作し、ガルバノスキャナ 2 0 2 は往復動作に加えて往路動作をさらに行う。

【 0 0 5 7 】

さらに動作を複数回繰り返すと、図 7 E は往復動作回数 $N = 4$ の動作における加工対象物 1 0 1 の断面であり、図 7 F は往復動作回数 $N = 5$ の動作における加工対象物 1 0 1 の断面である。このように加工対象物 1 0 1 を加工して、レーザ切断加工を施す。

【 0 0 5 8 】

尚、3 以上の往復動作の繰り返し回数については、線速度及びレーザ発振器 2 0 1 のパワーとの関係から、プロセス条件を導出して決定するのが好ましい。

【 0 0 5 9 】

また、前記走査動作では、図 7 F のように、加工開始点と加工終了点の加工端エリア 7 0 1 において、深さ方向の段差 7 0 1 a が残る。その為、加工端エリア 7 0 1 において段差 7 0 1 a を無くすためには、加工端エリア 7 0 1 では、軌跡 4 0 2 が敢えてオーバーラップするような走査軌跡 4 0 2 を生成するように走査すればよい。

【 0 0 6 0 】

このときのオーバーラップ量は、図 8 のように、加工開始点及び加工終了点の前後に、往復動作回数 $N > 1$ もしくは、前記プロセス導出による、切断に要する往復繰り返し回数を十分に考慮した軌跡 4 0 2 を生成するように走査する。なお、図 8 においては、開始点オーバーラップ 8 0 1 と、終了点オーバーラップ 8 0 2 と、開始端 8 0 3 と、終了端 8 0 4 とを示している。

【 0 0 6 1 】

前述より、レーザ光 L は、f レンズ 2 0 3 を介して集光したのち、加工対象物 1 0 1 に照射する。レーザ光 L が f レンズ 2 0 3 の中心を通る程、レーザ光 L の集光性が良く、高精度に加工できる特徴がある。この為、ガルバノスキャナ 2 0 2 で走査する加工予定線 4 0 2 a は、f レンズ 2 0 3 の中心 2 0 3 a を通るように走査軌跡 4 0 2 を生成して走査される。

【 0 0 6 2 】

一例として、図 9 に示す通り、f レンズ 2 0 3 には、最大走査範囲（言い換えれば、最大走査領域）9 0 1 が存在する。例えば、F 値が 1 0 0 の場合、約直径 7 0 mm の円内（直径 7 0 mm 円内の正方形領域 5 0 mm * 5 0 mm）の範囲が最大走査範囲 9 0 1 として有効であり、大きさは f レンズ 2 0 3 の種類によって様々であるが、最大走査範囲 9 0 1 は円形状である。前記より、走査する最大走査範囲 9 0 1 の円形状の中心を通る軌跡 4 0 2 は、図 9 の (a) の軌跡通過範囲幅 9 0 2 内として、f レンズ 2 0 3 を中心に十字である。点線 9 0 2 a は、軌跡通過範囲、すなわち、走査軌跡 4 0 2 による切断によって分離されるワークの縁を示している。

【 0 0 6 3 】

最大走査直径 D_s とし、軌跡通過範囲幅 A は下式で示す。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

50

$$\text{幅 } A = D_s * \sin / 4 * 0.06$$

前記より、f レンズ 203 の中心 203 a を通る為、精度良く加工され、かつ十字に軌跡通過範囲幅 A がある為、最大走査範囲 901 の上限まで使用でき、かつ走査距離を長くすることで加工時間の短縮となることから、レーザ加工における加工精度と生産性とが両立できる。

【0065】

また、図9の(b)～(e)は、f レンズ 203 の中心 203 a を通る軌跡通過範囲幅 A の走査軌跡パターン 903 の一部を示しており、主に図9の(b)～図9の(e)のような走査軌跡パターン 903 をガルバノスキャナ 202 で往復走査させる。

【0066】

図9の(b)は、図9の(b)の左右方向に走査されて生成された軌跡 402 の軌跡パターン 903 a を示す。図9の(c)は、図9の(c)の上下方向に走査されて生成された軌跡 402 の軌跡パターン 903 b を示す。図9の(d)は、図9の(d)の上から中心を通過して右手にL字状に走査されて生成された軌跡 402 の軌跡パターン 903 c を示す。この軌跡パターン 903 c では、切断形状の角部に、直角の角部を形成することができる。図9の(e)は、図9の(d)の軌跡パターン 903 c のうち、中心で直角に曲がらずに、中心近傍で緩やかに湾曲して曲がる軌跡パターン 903 d を示す。この軌跡パターン 903 d では、切断形状の角部に湾曲した R 部を形成することができる。

【0067】

前記構成にかかるレーザ加工方法及び装置によれば、加工対象物 101、あるいはレーザ走査光学系 202、203 を駆動して、加工対象物 101 とレーザ光 L とを X 軸及び Y 軸駆動ステージ 102、105 で X Y 軸方向に駆動でき、レーザ光 L を走査範囲内で位置決めして照射させることができるレーザ走査光学系、例えばガルバノミラー Gx、Gy 軸を有し、走査軌跡に応じて、X 軸及び Y 軸駆動ステージ 102、105 の X Y 軸とレーザ走査光学系 202、203 の X 軸用及び Y 軸用のガルバノミラー 202 a、202 b を同時に動作させることで、レーザ走査速度を一定に制御することで、レーザ強度を制御することなくレーザ加工することができる。

【0068】

前記実施形態によれば、加工対象物 101 を移動速度 Vt で移動させつつ、加工対象物 101 の加工予定線 402 a の一部の同一直線上で、走査速度 Vs でレーザ光 L を連続して3回以上かつ奇数回だけ往復走査するようにしたので、加工精度と生産性との低下を抑制することができて、加工対象物 101 上に、任意の形状かつ、より広範囲で大面積を高速で継ぎ目のない均質な加工ができる。

【0069】

なお、前記様々な実施形態又は変形例のうちの任意の実施形態又は変形例を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。また、実施形態同士の組み合わせ又は実施例同士の組み合わせ又は実施形態と実施例との組み合わせが可能であると共に、異なる実施形態又は実施例の中の特徴同士の組み合わせも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0070】

本発明の前記態様にかかるレーザ加工装置及びレーザ加工方法は、加工対象物上に、任意の形状かつ広範囲に高速に加工でき、樹脂フィルム以外の加工対象物（例えば、鉄系材料）等の切削又は切断加工の用途にも適用できる。

【符号の説明】

【0071】

- 90 レーザ加工装置
- 91 基台
- 100 制御部
- 101 加工対象物

10

20

30

40

50

- 1 0 2 X 軸駆動ステージ
- 1 0 3 加工ヘッド
- 1 0 4 Z 軸駆動ステージ
- 1 0 5 Y 軸駆動ステージ
- 1 0 6 門柱
- 2 0 1 レーザ発振器
- 2 0 2 ガルバノスキャナ
- 2 0 2 a , 2 0 2 b X 軸用及び Y 軸用のガルバノミラー
- 2 0 2 c , 2 0 2 d 軸回転用モータ
- 2 0 2 e 回転角制御部
- 2 0 3 f レンズ
- 2 0 3 a f レンズの中心
- 3 0 1 切断品
- 4 0 1 ガルバノスキャナの走査領域
- 4 0 2 レーザ走査軌跡
- 4 0 2 a 加工予定線
- 5 0 1 駆動ステージ走査
- 5 0 2 ガルバノスキャナ走査
- 5 0 3 同期走査の軌跡
- 5 0 4 同期走査軌跡分解イメージ
- 7 0 1 加工端エリア
- 7 0 1 a 段差
- 7 0 2 切断ライン
- 8 0 1 開始点オーバーラップ
- 8 0 2 終了点オーバーラップ
- 8 0 3 開始端
- 8 0 4 終了端
- 9 0 1 ガルバノスキャナ最大走査範囲
- 9 0 2 軌跡通過範囲幅
- 9 0 2 a 軌跡通過範囲
- 9 0 3 走査軌跡パターン
- 9 0 3 a , 9 0 3 b , 9 0 3 c , 9 0 3 d 軌跡パターン

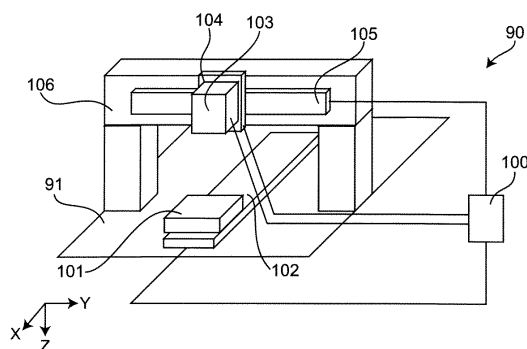
10

20

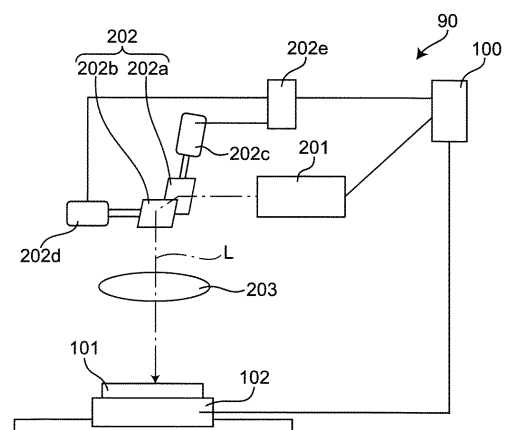
30

【図面】

【図 1】



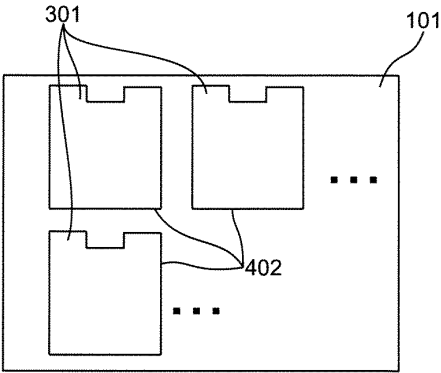
【図 2】



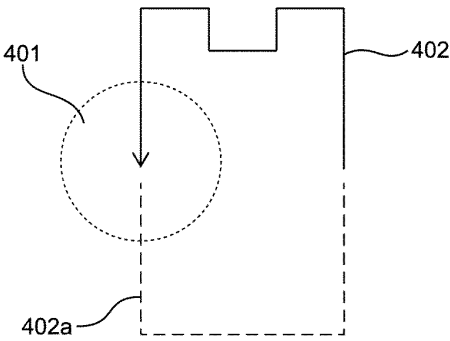
40

50

【図 3】

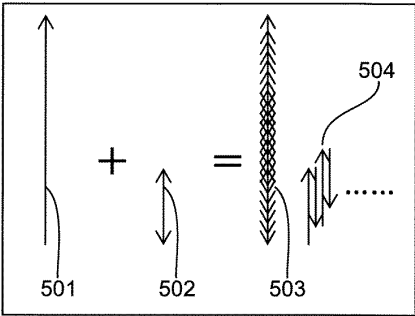


【図 4】

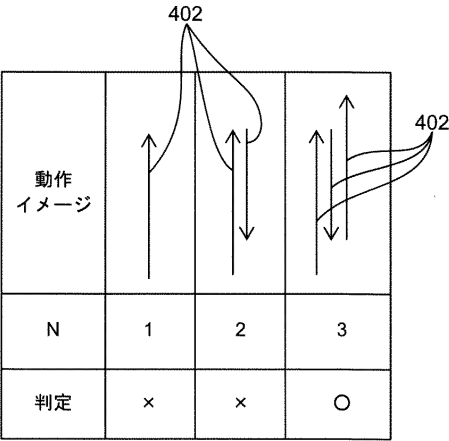


10

【図 5】



【図 6】



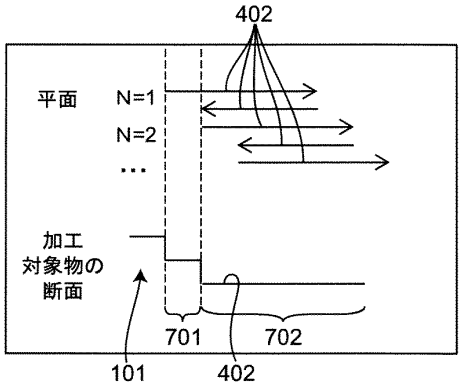
20

30

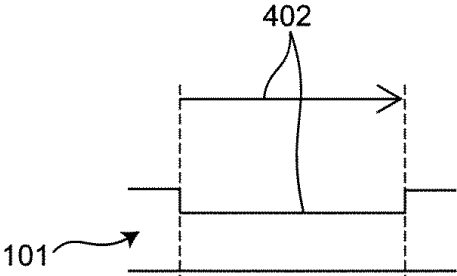
40

50

【図 7 A】

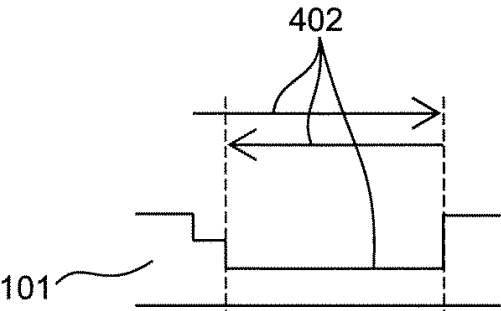


【図 7 B】

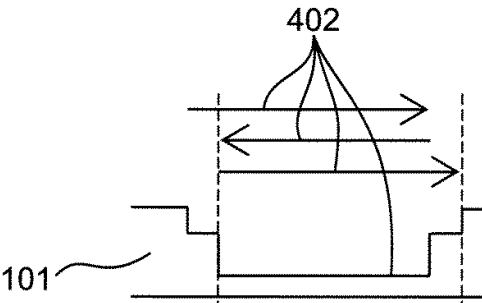


10

【図 7 C】

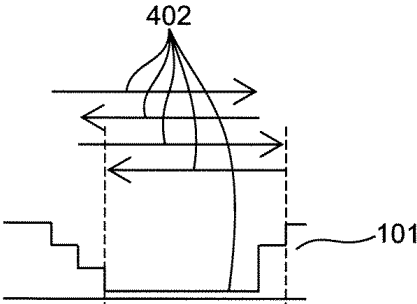


【図 7 D】

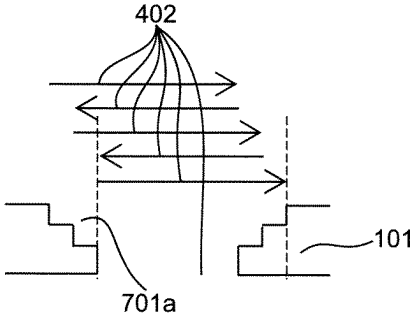


20

【図 7 E】



【図 7 F】

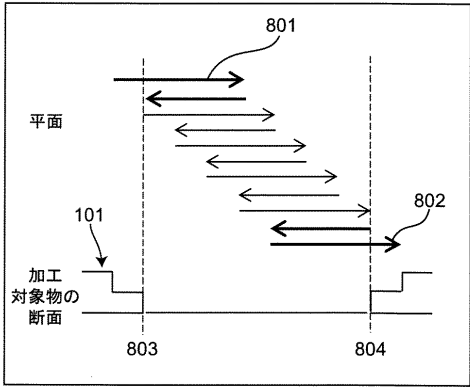


30

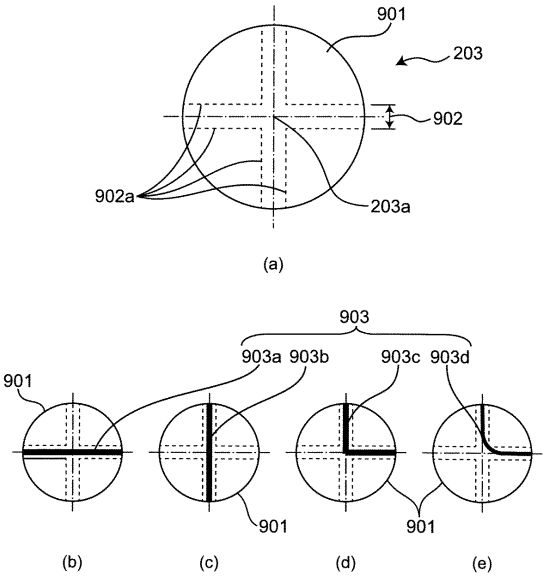
40

50

【図 8】



【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックプロダクションエンジニアリング株式会社内
(72)発明者 小林 勇治
大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックプロダクションエンジニアリング株式会社内
(72)発明者 岡田 敏幸
大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニックプロダクションエンジニアリング株式会社内
(72)発明者 木田 勝啓
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内
審査官 後藤 泰輔
(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 2 3 8 2 0 9 (J P , A)
特許第 5 9 6 5 0 9 4 (J P , B 1)
国際公開第 8 8 / 0 0 0 1 0 9 (W O , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0