

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7320703号
(P7320703)

(45)発行日 令和5年8月4日(2023.8.4)

(24)登録日 令和5年7月27日(2023.7.27)

(51)国際特許分類 F I
 B 2 3 K 26/21 (2014.01) B 2 3 K 26/21 G
 B 2 3 K 26/00 (2014.01) B 2 3 K 26/00 P

請求項の数 8 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-500370(P2020-500370)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	平成31年1月28日(2019.1.28)	(74)代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/002615	(74)代理人	100131495 弁理士 前田 健児
(87)国際公開番号	WO2019/159660	(72)発明者	酒井 徹 大阪府門真市松葉町2番7号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
(87)国際公開日	令和1年8月22日(2019.8.22)	(72)発明者	櫻井 通雄 大阪府門真市松葉町2番7号 パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
審査請求日	令和4年1月5日(2022.1.5)		
(31)優先権主張番号	特願2018-25737(P2018-25737)		
(32)優先日	平成30年2月16日(2018.2.16)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ溶接装置及びレーザ溶接方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光で溶接部を溶接するレーザ溶接装置であって、
 前記レーザ光と、前記レーザ光とは波長の異なる測定光とを同軸に重ね合わせて前記溶接部に照射する照射部と、
 前記照射部から照射されて前記溶接部で反射した前記測定光に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを繰り返し測定する測定部と、前記測定部で測定された複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の前記溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は前記複数の抽出測定値の平均値に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを判定する判定部と、前記測定光の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、前記測定光の前記照射位置としての光軸位置を、前記レーザ光のスポット径の1/2よりも小さな回転半径領域内で移動するように変化させる照射位置変化部を備え、
前記測定部は、前記測定光の前記移動中に前記複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項2】

請求項1に記載のレーザ溶接装置において、
 前記照射位置変化部は、前記測定光の前記照射位置を、所定の溶接経路上を移動する回転中心の周りを旋回移動するように変化させ、前記判定部は、前記測定光の前記旋回移動中に前記レーザ光の前記照射位置よりも溶接方向の後方位置で測定された前記複数の抽出測

定値に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを判定することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のレーザ溶接装置において、

前記測定部は、測定区間を所定の一定期間の間隔とし、前記測定区間の測定開始点をずらしながら前記複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載のレーザ溶接装置において、

前記測定部は、測定区間を所定の一定期間の間隔とし、前記測定区間内に前記複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 5】

請求項 3 又は 4 に記載のレーザ溶接装置において、

前記所定の範囲は、前記溶け込み深さの測定値の最深部側を下位としたときの、下位の 1 % 以上で且つ 20 % 以下の範囲であることを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 6】

請求項 3 又は 4 に記載のレーザ溶接装置において、

前記所定の範囲は、前記溶け込み深さの測定値の最深部側を下位としたときの、下位の 3 % 以上で且つ 7 % 以下の範囲であることを特徴とするレーザ溶接装置。

【請求項 7】

レーザ光で溶接部を溶接するレーザ溶接方法であって、

前記レーザ光と、前記レーザ光とは波長の異なる測定光とを同軸に重ね合わせて前記溶接部に照射する照射ステップと、

前記溶接部で反射した前記測定光に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを繰り返し測定する測定ステップと、

測定された複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の前記溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は前記複数の抽出測定値の平均値に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを判定する判定ステップと、

前記測定光の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、前記測定光の前記照射位置としての光軸位置を、前記レーザ光のスポット径の 1 / 2 よりも小さな回転半径領域内で移動するように変化させる照射位置変化ステップとを有し、前記測定ステップ

は、前記測定光の前記移動中に前記複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするレーザ溶接方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のレーザ溶接方法において、

前記照射位置変化ステップは、前記測定光の前記照射位置を、所定の溶接経路上を移動する回転中心の周りを巡回移動するように変化させ、前記判定ステップは、前記測定光の前記巡回移動中に前記レーザ光の前記照射位置よりも溶接方向の後方位置で測定された前記

複数の抽出測定値に基づいて、前記溶接部の溶け込み深さを判定することを特徴とするレーザ溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、レーザ溶接装置及びレーザ溶接方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、溶接部の溶け込み深さを直接測定することで、溶接部の品質を評価するようにしたレーザ溶接装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

特許文献 1 には、レーザ光と測定光とを同軸状に重ね合わせて溶接部のキーホール内部に照射して、キーホールの底部で反射した測定光を、ビームスプリッタを介して光干渉計に入射させるようにした構成が開示されている。ここで、光干渉計では、測定光の光路長

10

20

30

40

50

を測定できるため、測定した光路長からキーホールの深さを、溶接部の溶け込み深さとして特定するようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2012-236196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、溶融池のキーホールの状態（キーホールのつぶれ、溶融金属の巻き込み等）や外乱（ノイズ、振動、ヒューム等）に起因して、キーホールの深さの途中で測定光が乱反射してしまうことがある。この場合には、キーホールの実際の最深部よりも浅い深さが測定されてしまい、測定値にばらつきが生じ、精度良く測定できないという問題がある。

10

【0006】

本開示は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、溶接部の溶け込み深さを精度良く測定できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置は、レーザ光で溶接部を溶接するレーザ溶接装置であって、レーザ光と、レーザ光とは波長の異なる測定光とを同軸に重ね合わせて溶接部に照射する照射部と、照射部から照射されて溶接部で反射した測定光に基づいて、溶接部の溶け込み深さを繰り返し測定する測定部と、測定部で測定された複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は複数の抽出測定値の平均値に基づいて、溶接部の溶け込み深さを判定する判定部と、測定光の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、測定光の照射位置としての光軸位置を、レーザ光のスポット径の1/2よりも小さな回転半径領域内で移動するように変化させる照射位置変化部を備え、測定部は、測定光の移動中に複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするものである。

20

【0008】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、溶接部の溶け込み深さを複数回測定し、複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は複数の抽出測定値の平均値に基づいて、溶け込み深さを判定するようにしている。

30

【0009】

これにより、複数の溶け込み深さの測定値のうち、キーホールが浅く測定されるばらつきの値を除いて、溶接部の溶け込み深さを精度良く測定することができる。

【0010】

ここで、実際の最深部の深さを表す最も深い側の溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値とは、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位側としたときの、下位数%の範囲内の測定値である。そして、この複数の抽出測定値の平均値とは、下位数%の範囲内の測定値を抽出して算出した平均値である。

40

【0011】

ここで、平均値とは、単に複数の値の平均値としても良いし、より好ましくは、所定の一定期間の間隔を定め、その間隔内の平均値を連続して計算する移動平均値である。

【0013】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、測定光の照射位置を、溶接経路上を移動するように変化させ、測定光の照射位置としての光軸位置を、レーザ光のスポット径の1/2よりも小さな回転半径領域内で移動するように変化させている。そして、測定光の移動中に溶接部の溶け込み深さを複数回測定し、その一部となる複数の抽出測定値に基づいて

50

、溶け込み深さを判定するようにしている。

【 0 0 1 4 】

これにより、レーザ光と測定光との光軸ずれが生じた場合でも、溶接部の溶け込み深さを精度良く測定することができる。

【 0 0 1 5 】

具体的に、レーザ光よりも溶接方向の前方に測定光が光軸ずれした場合には、溶接部のキーホールの最深部ではなく、最深部よりも溶け込みの浅い部分に測定光が照射されてしまい、キーホールの実際の最深部よりも浅い深さが測定されてしまう。

【 0 0 1 6 】

そこで、測定光の照射位置を移動させながら溶け込み深さの測定を行うことで、キーホールの最深部に測定光が照射されるように探索して、レーザ光と測定光との光軸ずれの影響を抑えることができる。

10

【 0 0 1 7 】

また、照射位置変化部は、測定光の照射位置を、所定の溶接経路上を移動する回転中心の周りを旋回移動するように変化させ、判定部は、測定光の旋回移動中にレーザ光の照射位置よりも溶接方向の後方位置で測定された複数の抽出測定値に基づいて、溶接部の溶け込み深さを判定することとしてもよい。

【 0 0 1 8 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、測定光の旋回移動中に、レーザ光の照射位置よりも溶接方向の後方位置の溶接部の溶け込み深さを複数回測定し、その一部となる複数の抽出測定値に基づいて、溶け込み深さを判定するようにしている。これにより、キーホールの最深部の深さを精度良く測定することができる。

20

【 0 0 1 9 】

具体的に、レーザ光の照射位置よりも溶接方向の前方位置では、キーホールの実際の最深部よりも浅い深さが測定されてしまう。これに対し、レーザ光の照射位置よりも溶接方向の後方位置で溶接部の溶け込み深さを複数回測定すれば、キーホールの実際の最深部よりも浅い深さが測定されるのを抑えることができる。

【 0 0 2 0 】

また、測定部は、測定区間を所定の一定期間の間隔とし、測定区間の測定開始点をずらしながら複数の溶け込み深さの測定値を測定することとしてもよい。

30

【 0 0 2 1 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、測定区間の測定開始点をずらしながら複数の溶け込み深さの測定値を測定して簡易的な移動平均とすることで、演算時のメモリ量を抑制しつつ、溶け込み深さを信頼性良く求めることができる。

【 0 0 2 2 】

また、測定部は、測定区間を所定の一定期間の間隔とし、測定区間内に複数の溶け込み深さの測定値を測定することとしてもよい。

【 0 0 2 3 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、所定の一定期間の区間で複数の溶け込み深さの測定値を測定することで、その区間毎に演算が完結できるので、演算時のメモリ量を抑制しつつ、溶け込み深さを測定することができる。

40

【 0 0 2 4 】

また、所定の範囲は、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位としたときの、下位の 1 % 以上で且つ 2 0 % 以下の範囲であることとしてもよい。

【 0 0 2 5 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、最深部側を下位としたときの、下位の 1 % 以上で且つ 2 0 % 以下の範囲の抽出測定値を抽出するようにしている。

【 0 0 2 6 】

または、所定の範囲は、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位としたときの、下位の 3 % 以上で且つ 7 % 以下の範囲であることとしてもよい。

50

【 0 0 2 7 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接装置では、最深部側を下位としたときの、下位の3%以上で且つ7%以下の範囲の抽出測定値を抽出するようにしている。

【 0 0 2 8 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接方法は、レーザ光で溶接部を溶接するレーザ溶接方法であって、レーザ光と、レーザ光とは波長の異なる測定光とを同軸に重ね合わせて溶接部に照射する照射ステップと、溶接部で反射した測定光に基づいて、溶接部の溶け込み深さを測定する測定ステップと、測定された複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は複数の抽出測定値の平均値に基づいて、溶接部の溶け込み深さを判定する判定ステップと、測定光の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、測定光の照射位置としての光軸位置を、レーザ光のスポット径の1/2よりも小さな回転半径領域内で移動するように変化させる照射位置変化ステップとを有し、測定ステップは、測定光の移動中に複数の溶け込み深さの測定値を測定することを特徴とするものである。

10

【 0 0 2 9 】

本開示の一態様に係るレーザ溶接方法では、溶接部の溶け込み深さを複数回測定し、複数の溶け込み深さの測定値のうちの一部となる、最も深い側の溶け込み深さの測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の抽出測定値、又は複数の抽出測定値の平均値に基づいて、溶け込み深さを判定するようにしている。

【 0 0 3 0 】

これにより、複数の溶け込み深さの測定値のうち、キーホールが浅く測定されるばらつきの値を除いて、溶接部の溶け込み深さを精度良く特定することができる。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 3 1 】

本開示によれば、溶接部の溶け込み深さをより精度良く測定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 実施形態に係るレーザ溶接装置の模式図である。

【 図 2 】 レーザ照射ヘッドの構成を示す模式図である。

【 図 3 】 レーザ光、測定光、キーホールの位置関係を示す側面断面図である。

30

【 図 4 】 測定光の光軸ずれが生じたときのレーザ光、測定光、キーホールの位置関係を示す側面断面図である。

【 図 5 】 測定光の照射位置の軌跡を示す図である。

【 図 6 】 光軸ずれが生じているときに、測定光を旋回移動させた場合とさせなかった場合との、溶け込み深さの測定結果を比較したグラフである。

【 図 7 】 光軸ずれが生じていない場合において、複数回測定した測定値の全データの平均値と、抽出した下位数%の測定値の平均値とを比較したグラフである。

【 図 8 】 光軸ずれが生じていない場合と、光軸ずれが生じており且つ測定光を旋回移動させた場合との、溶け込み深さの測定結果を比較したグラフである。

【 図 9 】 溶接部の溶け込み深さの測定動作を示すフローチャートである。

40

【 図 1 0 】 測定光の照射位置の別の軌跡を示す図である。

【 図 1 1 】 その他の実施形態に係るレーザ照射ヘッドの構成を示す模式図である。

【 図 1 2 】 変形例に係るレーザ照射ヘッドの構成を示す模式図である。

【 図 1 3 】 測定光の光路の変化の様子を示す模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 3 】

以下、本開示の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本開示、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

【 0 0 3 4 】

50

図 1 は、実施形態に係るレーザ溶接装置 10 の模式図である。

【0035】

図 1 に示すように、レーザ溶接装置 10 は、レーザ光 L を出力するレーザ発振器 11 と、測定光 S を出力する光干渉計 12 と、レーザ光 L 及び測定光 S を溶接対象物 30 に向けて照射するレーザ照射ヘッド 20 (照射部) と、レーザ照射ヘッド 20 が取り付けられてレーザ照射ヘッド 20 を移動させるロボット 18 と、レーザ発振器 11、光干渉計 12、レーザ照射ヘッド 20 及びロボット 18 を制御してレーザ溶接を行う制御装置 16 とを備えている。

【0036】

レーザ発振器 11 は、制御装置 16 からの指令に基づいて、レーザ光 L を出力する。レーザ発振器 11 とレーザ照射ヘッド 20 とは、光ファイバ 19 で接続されている。レーザ光 L は、光ファイバ 19 を介して、レーザ発振器 11 からレーザ照射ヘッド 20 に伝送される。

10

【0037】

光干渉計 12 は、レーザ光 L とは波長の異なる測定光 S を出力する測定光発振器 13 と、後述する溶接部 35 の溶け込み深さを測定する測定部 14 とを有する。測定光発振器 13 は、制御装置 16 からの指令に基づいて、測定光 S を出力する。光干渉計 12 とレーザ照射ヘッド 20 とは、光ファイバ 19 で接続されている。測定光 S は、光ファイバ 19 を介して、光干渉計 12 からレーザ照射ヘッド 20 に伝送される。

【0038】

レーザ照射ヘッド 20 は、ロボット 18 のアーム先端部分に取り付けられており、制御装置 16 からの指令に基づいて、レーザ光 L 及び測定光 S を溶接対象物 30 で結像する。

20

【0039】

ロボット 18 は、制御装置 16 からの指令に基づいて、レーザ照射ヘッド 20 を指定された位置まで移動させ、レーザ光 L 及び測定光 S を走査する。

【0040】

制御装置 16 は、レーザ発振器 11、光干渉計 12、ロボット 18、レーザ照射ヘッド 20 と接続されており、レーザ照射ヘッド 20 の移動速度の他に、レーザ光 L の出力開始や停止、レーザ光 L の出力強度などを制御する機能も備えている。詳しくは後述するが、制御装置 16 は、測定部 14 で測定された複数の測定値に基づいて、溶接部 35 の溶け込み深さを判定する判定部 17 を有する。

30

【0041】

溶接対象物 30 は、上下に重ね合わされた上側金属板 31 と下側金属板 32 とを有する。レーザ溶接装置 10 は、上側金属板 31 の上面にレーザ光 L を照射することで、上側金属板 31 と下側金属板 32 とを溶接する。

【0042】

ここで、本実施形態に係るレーザ溶接装置 10 では、レーザ溶接と同時に溶接部 35 の溶け込み深さの測定を行うことができる。以下、図 2 を用いて具体的に説明する。

【0043】

図 2 は、レーザ照射ヘッド 20 の構成を示す模式図である。

40

【0044】

図 2 に示すように、レーザ照射ヘッド 20 は、レーザ光 L が通過する第 1 のコリメートレンズ 21 及び第 1 のフォーカスレンズ 22 と、測定光 S が通過する第 2 のコリメートレンズ 23 及び第 2 のフォーカスレンズ 24 と、レーザ光 L と測定光 S とを同軸の光束に結合するビームスプリッタ 25 と、第 1 の平行平板 26 と、第 2 の平行平板 27 とを有する。

【0045】

ビームスプリッタ 25 は、ダイクロイックミラーであり、レーザ発振器 11 からのレーザ光 L を透過し、光干渉計 12 からの測定光 S を反射するように、透過・反射させる波長が設定されている。

【0046】

50

このとき、ビームスプリッタ 25 で、レーザ光 L と測定光 S とを十分に分離するために、レーザ光 L と測定光 S との波長差を 100 nm 以上とすることが望ましい。

【0047】

第 1 の平行平板 26 及び第 2 の平行平板 27 は、図示しないモータに接続され、制御装置 16 からの指令に従って回転する。

【0048】

レーザ発振器 11 から出力されたレーザ光 L は、光ファイバ 19 を通ってレーザ照射ヘッド 20 に送られる。レーザ照射ヘッド 20 に入ったレーザ光 L は、第 1 のコリメートレンズ 21 によって平行化され、第 1 のフォーカスレンズ 22 によって集光される。第 1 のフォーカスレンズ 22 で集光されたレーザ光 L は、ビームスプリッタ 25 を透過する。

10

【0049】

一方、光干渉計 12 から出力された測定光 S は、光ファイバ 19 を通ってレーザ照射ヘッド 20 に送られる。レーザ照射ヘッド 20 に入った測定光 S は、第 2 のコリメートレンズ 23 によって平行化され、第 2 のフォーカスレンズ 24 によって集光される。その後、測定光 S は、ビームスプリッタ 25 によって、レーザ光 L と同心・同軸状に重ね合わされる。

【0050】

なお、第 2 のフォーカスレンズ 24 は、溶接部 35 から反射した測定光 S を、ビームスプリッタ 25 を介して、光干渉計 12 に再度、入射させる機能も有している。

【0051】

そして、同軸に重ね合わされたレーザ光 L と測定光 S とは、制御装置 16 によって制御された第 1 の平行平板 26 及び第 2 の平行平板 27 を通る。このことによって、レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置（焦点距離）が決定され、溶接対象物 30 の溶接部 35 にレーザ光 L 及び測定光 S が照射される。

20

【0052】

このとき、レーザ照射ヘッド 20 は、第 1 の平行平板 26 及び第 2 の平行平板 27 を回転させることにより、レーザ光 L と測定光 S とが円軌道となるように回転させ、巡回移動させることができる。つまり、第 1 の平行平板 26 及び第 2 の平行平板 27 は、レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置を変更可能な照射位置変化部を構成している。

【0053】

また、ロボット 18 によって、レーザ照射ヘッド 20 を移動させることで、溶接対象物 30 における溶接領域において、レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置を移動させることができる。

30

【0054】

図 3 は、レーザ光 L、測定光 S、キーホール 37 の位置関係を示す側面断面図である。

【0055】

図 3 に示すように、レーザ溶接装置 10 では、上側金属板 31 と下側金属板 32 とを有する溶接対象物 30 の溶接部 35 を溶接するにあたり、溶接対象物 30 の上方から上側金属板 31 の上面にレーザ光 L が照射される。

【0056】

レーザ光 L の照射された溶接部 35 は、その上部から溶融し、溶接部 35 に溶融池 36 が形成される。溶接部 35 が溶融する際に、溶融池 36 から溶融金属が蒸発し、蒸発時に生じる蒸気の圧力によってキーホール 37 が形成される。ここでは、溶融池 36 とキーホール 37 とを合わせて溶接部 35 として扱う。溶融池 36 の溶接方向の後方には、溶融池 36 が凝固することで凝固部 38 が形成される。

40

【0057】

このとき、光干渉計 12 から出射される測定光 S が、ビームスプリッタ 25 により、レーザ発振器 11 からのレーザ光 L と同心・同軸状に重ね合わされ、キーホール 37 の内部に照射される。照射された測定光 S は、キーホール 37 の底部 37a で反射し、ビームスプリッタ 25 を介して、光干渉計 12 に入射する。

50

【 0 0 5 8 】

光干渉計 1 2 に入射した測定光 S の光路長は、測定部 1 4 で測定される。測定部 1 4 では、測定した光路長からキーホール 3 7 の深さを、溶接部 3 5 の溶け込み深さ（測定値）として特定する。レーザ溶接装置 1 0 では、測定した溶け込み深さに基づいて、溶接部 3 5 の良否を判断するようにしている。

【 0 0 5 9 】

以上の構成により、レーザ溶接装置 1 0 は、溶け込み深さ測定機能と、レーザ溶接機能とを同時に果たすことができる。

【 0 0 6 0 】

ところで、例えば、ビームスプリッタ 2 5 を保持している部品が振動等によって位置ずれしてしまい、レーザ光 L と測定光 S との光軸ずれが生じることがある。そして、レーザ光 L と測定光 S との光軸ずれが生じた場合には、光干渉計 1 2 が、キーホール 3 7 の深さを実際の深さよりも浅く測定してしまい、溶け込み深さを精度良く測定することができない場合がある。

10

【 0 0 6 1 】

具体的には、キーホール 3 7 は、溶接部 3 5 で溶融した金属が蒸発し、蒸発時の蒸気の圧力によって形成される。形成されるキーホール 3 7 の形状は、レーザ光 L の照射時間や溶融池 3 6 の状態によって変化する。

【 0 0 6 2 】

ここで、キーホール 3 7 の溶接方向の前方の内壁部は、レーザ照射ヘッド 2 0 の移動速度（溶接速度）が速くなるほど、キーホール 3 7 の後方に向かって湾曲した形状となる傾向を示す。そこで、キーホール 3 7 の底部 3 7 a の湾曲部分の曲率を低減するために、レーザ溶接速度を適切に設定するのが好ましい。

20

【 0 0 6 3 】

しかしながら、レーザ溶接速度を適切に設定したとしても、キーホール 3 7 の開口径と底部 3 7 a の孔径とを略等しくするのは困難であり、キーホール 3 7 の溶接方向の前方の内壁部では、溶け込みが浅い湾曲形状が生じてしまうこととなる。

【 0 0 6 4 】

なお、キーホール 3 7 の開口径は、加工光であるレーザ光 L のスポット径に略等しい。

【 0 0 6 5 】

また、レーザ光 L のスポット径および測定光 S のスポット径は、溶接対象物 3 0 の表面に結像される焦点位置でのスポット光のサイズとする。

30

【 0 0 6 6 】

そのため、図 4 の仮想線で示すように、レーザ光 L の光軸と同軸状に照射されている測定光 S の光軸が、たとえば、レーザ光 L のスポット径内の領域でレーザ光 L に対して溶接方向の前方に位置ずれした場合には、キーホール 3 7 の底部 3 7 a の位置と、測定光 S のスポットの中心の位置とが一致しなくなり、測定光 S が底部 3 7 a に照射されない状態が生じ得る。

【 0 0 6 7 】

なお、図 3 では、レーザ光 L の光軸と同軸状に照射されている測定光 S の光軸との 2 つの光軸が、一致しズレが生じていない状態を示している。

40

【 0 0 6 8 】

底部 3 7 a に測定光 S が照射されない状態としては、例えば、測定光 S が、レーザ光 L に対して溶接方向の前方に位置ずれして、詳細に言い替えると、測定光 S の光軸が、たとえばレーザ光 L の光軸に対して溶接方向の前方にレーザ光 L のスポット径の領域内での位置ずれが生じた場合、キーホール 3 7 の前側の内壁部に測定光 S が照射された状態が考えられる。この状態では、測定光 S の反射した位置を底部 3 7 a の位置として、光干渉計 1 2 は、キーホール 3 7 の深さを測定してしまう。

【 0 0 6 9 】

つまり、底部 3 7 a に測定光 S が照射されなければ、光干渉計 1 2 は、キーホール 3 7

50

の深さを実際の深さよりも浅く測定してしまう。言い替えると、レーザ光 L よりも溶接方向の前方に測定光 S が光軸ずれした場合には、溶接部 3 5 のキーホール 3 7 の最深部ではなく、最深部よりも溶け込みの浅い部分に測定光 S が照射されてしまい、キーホール 3 7 の実際の最深部よりも浅い深さが測定されてしまう。

【 0 0 7 0 】

図 4 に示す例では、キーホール 3 7 の実際の深さ D_{min} よりも浅い深さ D を測定することとなる。このように、実際の深さよりも浅く測定したキーホール 3 7 の深さからは、精度良く溶接部 3 5 の検査を行うことはできない。

【 0 0 7 1 】

ここで、光干渉計 1 2 が、キーホール 3 7 を実際の深さよりも浅く測定するのを抑えるためには、的確に測定光 S を底部 3 7 a に照射する必要がある。そこで、以下に、的確に測定光 S を底部 3 7 a に照射するための構成を説明する。

【 0 0 7 2 】

図 5 に示すように、レーザ溶接装置 1 0 は、溶接対象物 3 0 に対して、螺旋状にレーザ光 L 及び測定光 S を照射しながら溶接方向に相対的にビームスポットを移動させるスピンの軌道 4 0 でレーザ光 L 及び測定光 S を照射して、溶接対象物 3 0 を溶接する。

【 0 0 7 3 】

なお、スピン軌道 4 0 とは、照射するレーザ光 L 及び測定光 S によるスポットを円形状の軌道で移動させながら溶接方向に移動させるレーザ光 L 及び測定光 S の軌道である。言い換えると、スピン軌道 4 0 は、溶接方向において、レーザ光 L 及び測定光 S の軌跡が回転しながら相対的に直線移動されている軌道である。

【 0 0 7 4 】

レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置は、溶接経路 3 4 上を移動する回転中心 R C から回転半径 r だけ離れて且つ所定の回転周波数で回転中心 R C を周回するように旋回移動する。つまり、レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置は、螺旋形状を有するスピン軌道 4 0 に沿って、溶接対象物 3 0 に対して相対的に移動する。

【 0 0 7 5 】

ここで、レーザ照射ヘッド 2 0 では、測定光 S の照射位置を、レーザ光 L のスポット径よりも小さな回転半径 r で移動するように変化させている。なお、回転半径とは回転運動をすると仮定した場合の軌道の半径を表すものである。キーホール 3 7 の開口径は、加工光であるレーザ光 L のスポット径と略等しくなる。このため、測定光 S の光軸の位置は、測定光 S の照射位置がレーザ光 L のスポット径の領域内で重なるように、レーザ光 L のスポット径の $1/2$ よりも測定光 S の回転半径 r を小さくし、回転半径 r をレーザ光 L のスポット径の $1/20$ 以上 $1/2$ 未満とするのが好ましく、 $1/16$ 以上 $1/8$ 以下がより好ましい。例えば、レーザ光 L のスポット径が $800 \mu\text{m}$ の場合には、測定光 S の回転半径 r を $50 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度に設定すればよい。これにより、スポット径の領域内において、レーザ光 L によって形成されたキーホール 3 7 の最深部が存在する範囲のみに絞って、より高品質に測定光 S を照射することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、測定光 S のスポット径は $100 \sim 150 \mu\text{m}$ 程度である。

【 0 0 7 7 】

また、レーザ光 L のスポット径を $800 \mu\text{m}$ としたが、 $600 \mu\text{m}$ から $900 \mu\text{m}$ であっても良い。

【 0 0 7 8 】

なお、測定光 S の回転半径 r は、レーザ光 L のスポット径に重なる半径であればよいので、測定光 S の照射位置を、レーザ光 L のスポット径の領域に重なるように、レーザ光 L のスポット径の半径よりも小さな旋回範囲で測定光 S の照射位置が移動するように、レーザ光 L のスポット径の $1/2$ 未満の回転半径で移動するように変化させるのが好ましい。言い替えると、測定光 S の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、測定光 S の照射位置としての光軸位置を、レーザ光 L のスポット径の $1/2$ よりも小さな回

10

20

30

40

50

転半径の領域内で移動するように変化させるのが好ましい。

【0079】

例えば、レーザー光Lのスポット径が800 μ mの場合、測定光Sの回転周波数を40Hz、回転半径rを400 μ m未満に設定してもよい。

【0080】

なお、測定光Sの照射位置を、レーザー光Lのスポット径の半径以上の回転半径で、大きく巡回移動するように変化させると、キーホール開口内の領域内や、キーホール開口内の領域内のレーザー光Lによって形成されたキーホール37の最深部が存在する範囲に対して測定光Sが照射される度合いが減少し、キーホールの深さである溶け込み深さのデータは、巡回移動とともに、深いデータと浅いデータ検出されて大きくうねり、正確な溶け込み深さの測定がより難しくなる。

10

【0081】

これにより、溶接対象物30に対して、回転中心RCが溶接経路34上を移動する螺旋状の軌跡に沿って、測定光Sを照射しながらキーホール37の底部37aの探索を行うことができる。

【0082】

このように、レーザー光L及び測定光Sの照射位置を螺旋状に巡回移動させながら、キーホール37に測定光Sを照射すれば、略確実に、底部37aに測定光Sが照射されることとなる。このため、測定光Sのスポットの中心と底部37aとが一致しない場合でも、測定光Sを底部37aに照射することが可能となる。

20

【0083】

以下、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させた場合とさせなかった場合とで、溶接部35の溶け込み深さ、つまり、キーホール37の深さの測定値がどのように変化するかについて説明する。

【0084】

図4に示す例では、上側金属板31の板厚が1mm、下側金属板32の板厚が4.3mmであり、測定光Sの光軸が、レーザー光Lの光軸よりも溶接方向の前方に100 μ mずれているものとする。

【0085】

図6は、溶接対象物30の表面又は基準となる仮想の面からの、溶接部35の溶け込み深さとして、キーホール37の深さを測定したときのグラフである。図6に示すように、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させなかった場合には、キーホール37の深さの測定値が3mm付近を推移している。これに対し、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させた場合には、キーホール37の深さの測定値が4mm付近を推移している。

30

【0086】

このことから、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させた場合の方が、巡回移動させなかった場合に比べて、キーホール37の測定値が大きい、つまり、キーホール37の底部37aの深い位置まで探索できていることが分かる。なお、図6の測定値のグラフは、測定光Sの巡回移動中に複数回測定した測定値のうち、下位数%の測定値(抽出測定値)を抽出して、所定の一定期間である間隔SA(Sampling Area)毎に算出した移動平均値(以下、単に「平均値」ともいう)を示している。

40

【0087】

なお、下位数%の測定値を抽出するとは、溶接部35の溶け込み深さを複数回測定し、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位側として、最も深い側の数%の範囲の測定値を抽出することをいう。

【0088】

ここで、予め実験等により求めた実際のキーホールの深さと抽出した下位数%の測定値の平均値とを比較したところ、これらが実質的に一致することが見出された。そのため、複数の測定値に基づいて、溶け込み深さを判定することとした。

【0089】

50

図 7 は、光軸ずれが生じていない場合において、複数回測定した測定値の全データの平均値と、抽出した下位数%の測定値の平均値とを比較したグラフである。

【 0 0 9 0 】

図 7 に示すように、複数の測定値の全データを用いて平均値を算出した場合には、キーホール 3 7 の深さの測定値が 3 mm 付近を推移している。一方、複数の測定値のうち、最も深い側の測定値を基準とした所定の範囲内に分布する複数の測定値の平均値を算出した場合には、キーホール 3 7 の深さの測定値が 4 mm 付近を推移している。

【 0 0 9 1 】

ここで、複数の測定値のうち、実際の最深部の深さを表す最も深い側の測定値を基準とした所定の範囲内に分布する測定値とは、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位側としたときの下位数%の範囲内の測定値である。

10

【 0 0 9 2 】

このことから、複数の測定値の下位数%の平均値を算出した方が、複数の測定値の全データを用いて平均値を算出した場合に比べて、キーホール 3 7 の測定値が大きい、つまり、キーホール 3 7 の底部 3 7 a の深い位置まで測定できていることが分かる。

【 0 0 9 3 】

また、測定値の下位数%とは、最も深い側の数%の範囲の測定値であり、最深部側の測定値数%と同意である。

【 0 0 9 4 】

また、複数の測定値のうち、キーホール 3 7 の深さが浅い測定値を除いているのは、熔融池 3 6 のキーホール 3 7 の状態やノイズ、振動、ヒュームやスパッタ等の外乱により、キーホール 3 7 が浅く測定されるばらつきの値を除いて、溶接部 3 5 の溶け込み深さを精度良く特定するためである。

20

【 0 0 9 5 】

言い換えると、レーザ光 L と同軸状に照射される測定光 S で測定されるキーホール 3 7 の深さのうち、深い値は、実際に深くないと測定され難い。一方、浅い値は、熔融池 3 6 のキーホール 3 7 の状態（キーホール 3 7 のつぶれ、熔融金属の巻き込み等）や外乱（ノイズ、振動、ヒューム等）によって、キーホール 3 7 の深さの途中の乱反射等により誤反射されて浅く測定される等、イレギュラーな値が測定される場合があり、これを除くためである。

30

【 0 0 9 6 】

なお、下位数%の範囲は、好ましくは、下位の 1 % 以上 2 0 % 以下である。これは、下位の 1 % より小さいと、深い値の特異点値が集中して含まれるおそれがあり、キーホール 3 7 の深さは、実際の値（実際の最深部の深さを表す実際の深さの移動平均値）より深めの値となるからである。

【 0 0 9 7 】

また、下位の 2 0 % より大きいと、キーホール 3 7 の状態や外乱の影響によるイレギュラーな値が含まれることや、スピン軌道 4 0 上の測定値が浅い部分が含まれるため、キーホール 3 7 の深さは、実際の値より浅めの値となるからである。

【 0 0 9 8 】

より好ましくは、下位数%の範囲は、3 % 以上 7 % 以下であり、下位 5 % 前後の範囲である。これにより、複数の測定値のばらつきを抑えて、溶接部 3 5 の溶け込み深さを精度良く特定することができる。

40

【 0 0 9 9 】

ここで、平均値とは、単に複数の値の平均値としても良いし、より好ましくは、所定の一定期間の間隔を定め、その間隔内の平均値を連続して計算する移動平均値とするのが良い。

【 0 1 0 0 】

図 8 は、光軸ずれが生じていない場合と、光軸ずれが生じており且つ測定光 S をスピン軌道 4 0 で巡回移動させた場合との、溶接部 3 5 の溶け込み深さ、つまり、キーホール 3

50

7の深さの測定値を比較したグラフである。なお、何れの測定結果も、抽出した下位数%の測定値の平均値を用いている。

【0101】

図8に示すように、光軸ずれが生じていない場合には、キーホール37の深さの測定値が4mm付近を推移している。一方、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させた場合にも、キーホール37の深さの測定値が4mm付近を推移している。つまり、測定光Sをスピン軌道40で巡回移動させた場合には、光軸ずれが生じていない場合のキーホール37の底部37aの深さと、略同じ深さまで探索できていることが分かる。

【0102】

以下、溶接部35の溶け込み深さの測定動作について説明する。

10

【0103】

図9は、溶接部35の溶け込み深さの測定動作を示すフローチャートである。

【0104】

図9に示すように、まず、ステップS101では、レーザ照射ヘッド20においてレーザ光Lと測定光Sとを同軸に重ね合わせて溶接部35に照射を開始し、ステップS102に進む。

【0105】

ステップS102では、レーザ光L及び測定光Sの照射位置の巡回移動を開始し、ステップS103に進む。巡回移動は、溶接経路34上を移動する回転中心RCの周りを螺旋状に巡回移動させるように、レーザ光L及び測定光Sの照射位置を変化させる。

20

【0106】

ステップS103では、測定部14が、溶接部35で反射した測定光Sに基づいて、溶接部35の溶け込み深さの測定を開始し、ステップS104に進む。すなわち、ステップS103の処理により、測定部14は、溶接部35の溶け込み深さを繰り返し測定することになる。

【0107】

ここで繰り返し測定とは、具体的に説明すると例えば500～3500mm/分の溶接速度で、80～120KHZの測定サンプリングレートで複数個所を微細な間隔で繰り返し測定するものである。

【0108】

なお、同一測定箇所を複数回繰り返し測定しても良い。

30

【0109】

これにより、より高品質な測定が出来る。

【0110】

溶接が完了すると、ステップS101～S103で開始した処理を終了し、ステップS104では、判定部17が、測定光Sの巡回移動中に測定された溶け込み深さの複数の測定値の全てが所定の閾値の範囲外(すなわち、所定の閾値未満)であるかを判定する。ステップS104での判定が「YES」の場合には、測定値が異常であると判断して、ステップS105に分岐する。ステップS104での判定が「NO」の場合には、ステップS106に分岐する。

40

【0111】

ここで、所定の閾値は、例えば、レーザ光Lの出力強度や溶接速度に応じて予め決定される溶け込み深さの基準となる閾値である。言い換えると、所定の閾値は、予め実験等により求めた、レーザ光Lの出力強度や溶接速度に応じた溶け込み深さとしてのキーホール37の深さの値であり、判定部17にテーブルとして記憶されている。

【0112】

そして、測定値が閾値の範囲外、つまり、測定値が閾値から大きく乖離している場合には、溶け込み深さを正確に測定できていないと判断する。これにより、閾値から大きく乖離している異常値を、キーホール37の最深部の測定値であると誤って特定してしまうのを抑えることができる。

50

【 0 1 1 3 】

ステップ S 1 0 5 では、図示しない表示モニタに測定値の異常を警告するメッセージを表示する等、ユーザーに異常を報知して、溶接部 3 5 の溶け込み深さの測定動作の処理を終了する。

【 0 1 1 4 】

一方、ステップ S 1 0 6 では、判定部 1 7 が、測定部 1 4 で測定された複数の測定値に基づいて、溶接部 3 5 の溶け込み深さを特定して、溶接部 3 5 の溶け込み深さの測定動作の処理を終了する。例えば、複数の測定値のうち、下位数 % の測定値を抽出して、その平均値、具体的には、所定の一定期間である間隔 S A (Sampling Area) 内の平均値を連続して算出することで、溶け込み深さを判定する。なお、複数の測定値のうち、キーホール 3 7 の深さが浅い測定値を除いて、キーホール 3 7 の深さが所定の閾値よりも大きな下位数 % の測定値を抽出して、その平均値を算出することで、溶け込み深さを判定するようにしてもよい。これにより、複数の測定値のばらつきを抑えて、溶接部 3 5 の溶け込み深さを精度良く特定することができる。

10

【 0 1 1 5 】

なお、測定光 S の巡回移動中に、レーザ光 L の照射位置よりも溶接方向の後方位置の溶接部 3 5 の溶け込み深さを複数回測定し、複数の測定値に基づいて、溶け込み深さを判定するようにすれば、キーホール 3 7 の最深部の深さをさらに精度良く特定することができる。

【 0 1 1 6 】

つまり、レーザ光 L の照射位置よりも溶接方向の前方位置では、キーホール 3 7 の実際の最深部よりも浅い深さが測定されてしまう。一方、レーザ光 L の照射位置よりも溶接方向の後方位置で溶接部 3 5 の溶け込み深さを複数回測定すれば、キーホール 3 7 の実際の最深部よりも浅い深さが測定されるのを抑えることができる。

20

【 0 1 1 7 】

なお、複数の測定値間でばらつきがそれほど生じていないのであれば、複数の測定値のうち最も大きい値や、複数の測定値の平均値を、溶接部 3 5 の溶け込み深さと判定するようにしてもよい。

【 0 1 1 8 】

以上のように、測定光 S の照射位置を移動し巡回移動させ、測定光 S の照射位置としての光軸位置を、レーザ光 L のスポット径の $1/2$ よりも小さな半径領域内での回転半径 r で移動するように変化させながら溶け込み深さの測定を行うことで、キーホール 3 7 の最深部に測定光 S が照射されるように探索して、レーザ光 L と測定光 S との光軸ずれの影響を抑えることができる。そして、さらに例えば、一定期間内に測定された複数の測定値のうち最も大きな値、複数の測定値の平均値、複数の測定値のうち下位数 % の平均値などを、最深部の溶け込み深さとして判定すればよい。

30

【 0 1 1 9 】

《その他の実施形態》

前記実施形態については、以下のような構成としてもよい。

【 0 1 2 0 】

本実施形態では、スピン軌道 4 0 の軌跡は、単純な螺旋形状だけでなく、円形状や、四角形等の多角形状であってもよい。また、図 1 0 に示すように、楕円状の軌跡が不連続に形成されたものであってもよい。つまり、測定光 S がキーホール 3 7 内部に照射される連続的な軌跡であれば、種々の形状とすることができる。また、スピン軌道 4 0 のレーザ光 L の溶接方向に対しての照射の回転方向は、時計回りであっても良いし、反時計回りであっても良い。

40

【 0 1 2 1 】

また、本実施形態では、直線状の溶接経路 3 4 に沿って、レーザ光 L 及び測定光 S を螺旋状に移動させて照射するようにしたが、溶接経路は直線状に限られない。例えば、ロボット 1 8 によってレーザ照射ヘッド 2 0 を螺旋状に移動させながらレーザ光 L を照射する

50

ことで、溶接経路が螺旋形状となる場合が考えられる。このような場合には、この螺旋形状の溶接経路上で、測定光 S の照射位置を巡回移動させてキーホール 37 の底部 37 a の探索を行うようにすればよい。

【 0 1 2 2 】

また、本実施形態では、レーザ照射ヘッド 20 やロボット 18 によって、レーザ光 L 及び測定光 S の照射位置を移動させているが、螺旋状の軌跡を通るようにレーザ照射位置を変更できれば、ガルバノスキャナなどを用いてもよい。

【 0 1 2 3 】

また、本実施形態では、上側金属板 31 及び下側金属板 32 の 2 枚を重ねてレーザ溶接を行う構成について説明したが、例えば、3 枚以上の金属板を重ねてレーザ溶接を行うようにしてもよい。

10

【 0 1 2 4 】

また、本実施形態では、ビームスプリッタ 25 の手前に、第 1 のコリメートレンズ 21 及び第 1 のフォーカスレンズ 22 と、第 2 のコリメートレンズ 23 及び第 2 のフォーカスレンズ 24 とをそれぞれ設けて、別々に集光するようにしているが、この形態に限定するものではない。

【 0 1 2 5 】

例えば、第 1 のコリメートレンズ 21 及び第 1 のフォーカスレンズ 22 と、第 2 のコリメートレンズ 23 及び第 2 のフォーカスレンズ 24 とを設ける代わりに、図 11 に示すようにしてもよい。すなわち、ビームスプリッタ 25 の直下に、コリメートレンズ 41 及びフォーカスレンズ 42 を設け、レーザ光 L 及び測定光 S を、ビームスプリッタ 25 を介した後で共に集光するようにしても良い。

20

【 0 1 2 6 】

具体的には、コリメートレンズ 41 及びフォーカスレンズ 42 からなる 1 組のレンズ構成によって集光する構造とすることが好ましい。このように、1 組のレンズ構成とすれば、光軸の調整やレンズの固定をより容易に行うことができる。

【 0 1 2 7 】

また、本実施形態では、溶け込み深さである最深部の深さは、溶け込み深さの測定値の最深部側を下位側としたときの下位数 % の測定値（抽出測定値）を抽出して、その平均値、具体的には、所定の一定期間である間隔 SA 内の平均値を連続して計算する等の移動平均値を算出するようにしたが、この形態に限定するものでない。

30

【 0 1 2 8 】

例えば、所定の一定期間である間隔 SA 毎の下位数 % の測定値を抽出して、それぞれの間隔 SA 毎における、それぞれの値、又はそれぞれの平均値を抽出することで、溶け込み深さの測定値として算出しても良い。

【 0 1 2 9 】

具体的には、例えば、所定の一定期間である間隔 SA を 50 msec として、間隔 SA 毎の測定開始点を 50 msec 単位で変更しながら、間隔 SA 内の複数のデータの下位数 % の値を連続的に算出していても良い。あるいは測定開始点を 1 msec 単位で変更しながら、間隔 SA 毎の下位数 % の値を連続的に算出するものであっても良い。

40

【 0 1 3 0 】

これによって、最深部の深さをより精度よく効率的に特定できる。全データの下位数 % を抽出した後の、移動平均としての所定の一定期間である間隔 SA 毎の平均値演算よりも、間隔 SA 毎の下位数 % の平均値の演算処理の方が、間隔 SA 毎に演算が完結できて演算処理が少なくなる。そのため、演算部のメモリ等のスペックが低い場合でも短時間での処理が可能である。また、演算処理が少ないことにより、演算処理の時間を短縮できるため、加工・計測工程における生産タクトタイムの短縮に有効である。

【 0 1 3 1 】

また、測定区間を所定の一定期間である間隔 SA として、例えば、この間隔 SA を 50 msec とし、測定周波数（サンプリング周波数）を 20 kHz とすることで、その間隔

50

S Aにおいて1000回の測定値を取得した場合について説明する。

【0132】

この場合には、間隔S Aにおける1000回の測定値のうち、最深部を下位側とした場合の下位5%目、すなわち、下位側より50番目の深さの測定値をそのまま抽出し、溶け込み深さの測定値とする(平均はしない)。

【0133】

さらに、例えば、50msecの間隔S Aの測定開始点を2msec単位で細かくずらしながら重複するように変更し、それぞれの下位5%目の値を溶け込み深さの測定値として抽出する。

【0134】

これにより、演算時のメモリ量を抑制し、CPUの負担を低減させて効率良く、溶け込み深さを測定することができる。言い換えると、簡易的な移動平均のように、溶け込み深さを信頼性良く求めることができる。

【0135】

なお、間隔S Aや測定周波数の設定により、下位5%目の値が存在せず、例えば下位4%目や6%目等、他の値しか存在しない場合は、5%目に最も近い下位数%目の測定値を下位5%目の値として抽出し、溶け込み深さの測定値とする。

【0136】

このとき、下位数%の範囲の許容値は、好ましくは、下位の1%以上20%以下である。より好ましくは、下位数%の範囲は、3%以上7%以下であり、下位5%前後の範囲である。

【0137】

ここで、間隔S Aにおける測定値の取得回数は、好ましくは100~200回以上である。これは、100回未満では、取得回数が少ないことにより、熔融池36のキーホール37の状態(キーホールのつぶれ、熔融金属の巻き込み等)や外乱(ノイズ、振動、ヒューム等)の影響を受けてイレギュラーな値が測定された場合がある。このような場合、イレギュラーな値を高品質で除くことが困難になるためである。

【0138】

そのため、間隔S Aにおける測定値の取得回数が100~200回以上であれば、イレギュラーな値が測定された場合でも、イレギュラーな値を高品質で除くことができる。

【0139】

これにより、例えば、下位5%目が存在せずとも下位の4%以上、6%以下の測定値を、溶け込み深さの測定値として特定することができるため、溶け込み深さを精度良く特定できる。

【0140】

なお、ビームスプリッター25は、より好ましくは特定の波長の光を反射し、その他の波長の光を透過するダイクロイックミラーを用いても良い。

【0141】

何れを用いる場合においても、レーザー光Lの波長は透過し、測定光Sの波長は反射する光学部材を用いることで、レーザー光Lと測定光Sを同軸状に溶接対象物30の溶接部35に向かって照射できる。その結果、十分な光量を溶接部35の熔融時に形成されるキーホール37の内部に照射できるため、キーホール深さの特定に有用である。

【0142】

本実施形態では、レーザー光L及び測定光Sの照射位置をともに螺旋状に移動させるものとして説明した。この場合、レーザー光Lとともに測定光Sの照射位置を移動させても良く、また、レーザー光Lに対して測定光Sの照射位置を相対的に移動させて、レーザー光Lのスポット径の1/2よりも小さな回転半径で移動させてもよい。

【0143】

また、レーザー光Lに対して測定光Sの照射位置を相対的に移動させる場合は、例えばレーザー光Lの照射位置を直線状に移動させ、測定光Sの照射位置を単純な螺旋形状だけにな

10

20

30

40

50

く、円形状や、三角形、四角形等の多角形状となるように移動させてもよい。以下、図 1 2 及び図 1 3 を用いて具体的に説明する。

【 0 1 4 4 】

図 1 2 は、変形例に係るレーザ照射ヘッド 2 0 A の構成を示す模式図である。また、図 1 3 は、測定光 S の光路の変化の様子を示す模式図である。なお、図 1 1 に示すレーザ照射ヘッド 2 0 の構成と同じ部分については同じ符号を付しており、以下では相違点についてのみ説明する。

【 0 1 4 5 】

図 1 2 に示すように、レーザ照射ヘッド 2 0 A は、図 1 1 に示すレーザ照射ヘッド 2 0 の構成に加え、第 3 の平行平板 4 3 を備える。

【 0 1 4 6 】

第 3 の平行平板 4 3 は、第 1 の平行平板 2 6 や第 2 の平行平板 2 7 と同様に、図示しないモータに接続され、制御装置 1 6 からの指令に従って回転するものであり、測定光 S の照射位置を変更可能な照射位置変化部を構成している。レーザ照射ヘッド 2 0 a に入った測定光 S は、第 3 の平行平板 4 3 を通ることで、ビームスプリッタ 2 5 への入射位置が切り替えられる。

【 0 1 4 7 】

具体的には、第 3 の平行平板 4 3 を回転させ、図 1 2 に示す角度となるように第 3 の平行平板 4 3 を調整した場合には、測定光 S は、ビームスプリッタ 2 5 を透過したレーザ光 L と結合する位置に照射される。なお、この例では、第 2 の平行平板 2 7 は、図 1 1 に示す角度とは異なり、第 1 の平行平板 2 6 と略平行となる角度に調整されている。

【 0 1 4 8 】

そして、測定光 S は、ビームスプリッタ 2 5 によって、レーザ光 L と同心・同軸状に重ね合わされる。同軸に重ね合わされたレーザ光 L と測定光 S とは、コリメートレンズ 4 1 によって平行化され、フォーカスレンズ 4 2 によって集光される。

【 0 1 4 9 】

一方、第 3 の平行平板 4 3 を回転させ、図 1 3 に示す角度となるように第 3 の平行平板 4 3 を調整した場合には、測定光 S は、ビームスプリッタ 2 5 を透過したレーザ光 L よりも溶接方向の後方位置に照射される。具体的には、図 1 3 に示す例では、レーザ照射ヘッド 2 0 A を右方向に移動させながら溶接を行っているので、測定光 S は、ビームスプリッタ 2 5 によって、レーザ光 L よりも溶接方向の後方（左方向）の位置で屈折して、レーザ光 L と測定光 S とが平行となる。そして、レーザ光 L と測定光 S とは、コリメートレンズ 4 1 によって平行化され、フォーカスレンズ 4 2 によって集光される。

【 0 1 5 0 】

このように、第 3 の平行平板 4 3 を回転させ、角度を調整することで、レーザ光 L に対して測定光 S の照射位置を相対的に移動させることができ、測定光 S の照射位置を単純な螺旋形状だけでなく、円形状や、三角形、四角形等の多角形状となるように移動させることができる。

【 0 1 5 1 】

また、レーザ光 L の照射位置を直線状に移動させた場合（いわゆるライン状加工）、螺旋状に移動させたとき（いわゆるスピン状加工）よりも、高速に、つまり短時間での加工が可能となる。すなわち、ライン状加工で加工生産タクトの向上を図りつつ、より細かくキーホール 3 7 の底部 3 7 a を探索し、キーホール 3 7 内の溶け込み深さをより精度良く測定することができる。

【 0 1 5 2 】

なお、測定光 S の照射位置を螺旋形状、円形状、多角形状となるように移動させる際の照射の方向は、時計回りであっても良いし、反時計回りであっても良い。

【 0 1 5 3 】

また、この変形例では、レーザ光 L の照射位置を直線状に移動させる例を挙げたが、レーザ光 L の照射位置を比較的大きな径のスピン軌道 4 0 に沿って、移動させてもよい。こ

10

20

30

40

50

の変形例では、測定光 S の照射位置を、レーザ光 L とは独立して相対的に移動させている。従って、レーザ光 L の照射位置を比較的大きな径のスパイン軌道 40 に沿って移動させた場合でも、測定光 S の照射位置を、レーザ光 L のスポット径の 1 / 2 よりも小さな回転半径で移動するように変化させ、言い替えると、測定光 S の照射位置を、所定の溶接経路上を移動するように変化させ、測定光 S の照射位置としての光軸位置を、レーザ光 L のスポット径の 1 / 2 よりも小さな回転半径の領域内で移動するように変化させ、測定光 S を高速に移動・回転させることができる。すなわち、より細かくキーホール 37 の底部 37 a を探索し、キーホール 37 内の溶け込み深さを測定することができる。

【0154】

また、レーザ光 L の軌跡は連続的なものだけではなく、不連続に形成されたものであってもよい。つまり、レーザ光 L が照射される移動軌跡の進行方向である溶接方向にレーザ光 L が移動し、キーホール 37 内部に照射されたレーザ光 L に対して、レーザ光 L の照射方向の平面視で、測定光 S が交差する軌跡であれば、種々の形状とすることができる。

【0155】

なお、変形例に係るレーザ照射ヘッド 20 A は、図 11 に示すレーザ照射ヘッド 20 と同様に、ビームスプリッタ 25 の直下に、コリメートレンズ 41 及びフォーカスレンズ 42 を設け、レーザ光 L 及び測定光 S を、ビームスプリッタ 25 を介した後に共に集光するものとして説明した。しかしながら、図 2 に示すレーザ照射ヘッド 20 と同様に、レーザ光 L または測定光 S が通過する通過方向でのビームスプリッタ 25 の手前に、第 1 のコリメートレンズ 21 及び第 1 のフォーカスレンズ 22 と、第 2 のコリメートレンズ 23 及び第 2 のフォーカスレンズ 24 とをそれぞれ設けて、別々に集光するようにしてももちろん良い。

【産業上の利用可能性】

【0156】

以上説明したように、本開示は、溶接部の溶け込み深さをより精度良く測定することができるという実用性の高い効果が得られることから、きわめて有用で産業上の利用可能性は高い。

【符号の説明】

【0157】

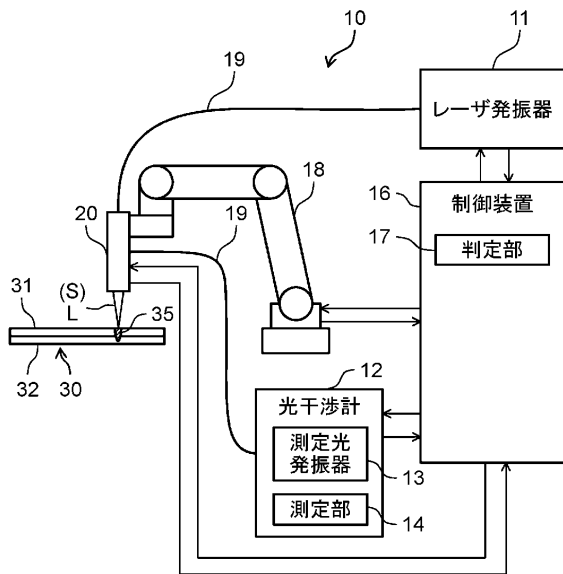
10	レーザ溶接装置	30
11	レーザ発振器	
12	光干渉計	
13	測定光発振器	
14	測定部	
16	制御装置	
17	判定部	
18	ロボット	
19	光ファイバ	
20	レーザ照射ヘッド(照射部)	
20 A	レーザ照射ヘッド(照射部)	40
21	第 1 のコリメートレンズ	
22	第 1 のフォーカスレンズ	
23	第 2 のコリメートレンズ	
24	第 2 のフォーカスレンズ	
25	ビームスプリッタ	
26	第 1 の平行平板(照射位置変化部)	
27	第 2 の平行平板(照射位置変化部)	
30	溶接対象物	
31	上側金属板	
32	下側金属板	50

- 3 4 溶接経路
- 3 5 溶接部
- 3 6 熔融池
- 3 7 キーホール
- 3 7 a 底部
- 3 8 凝固部
- 4 0 スピン軌道
- 4 1 コリメートレンズ
- 4 2 フォーカスレンズ
- 4 3 第3の平行平板（照射位置変化部）
- L レーザ光
- r 回転半径
- S 測定光
- R C 回転中心

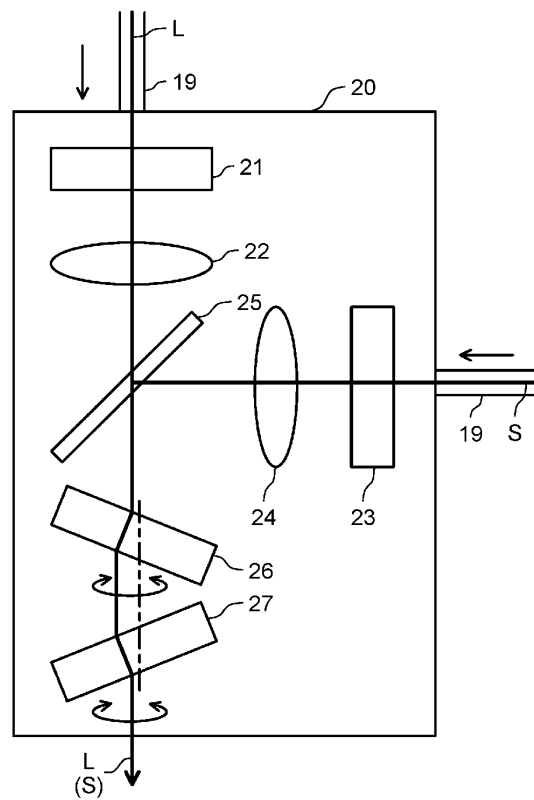
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



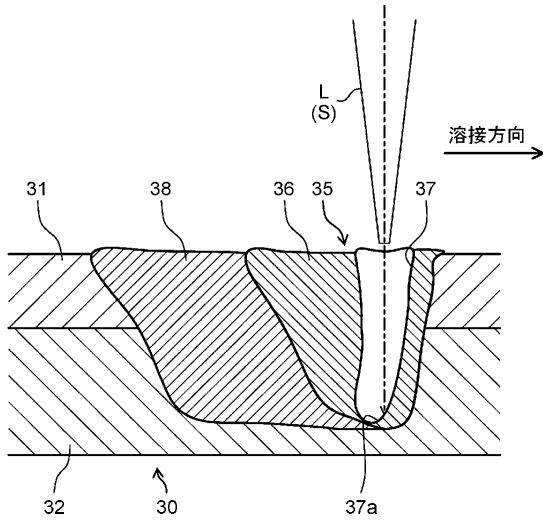
20

30

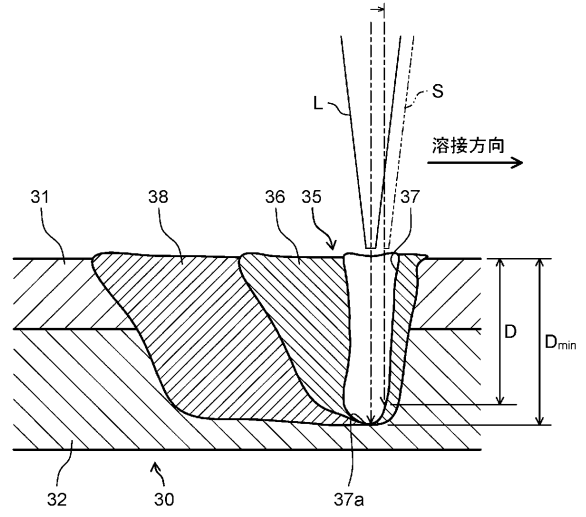
40

50

【 図 3 】

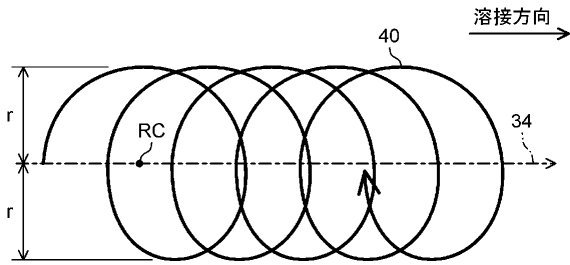


【 図 4 】

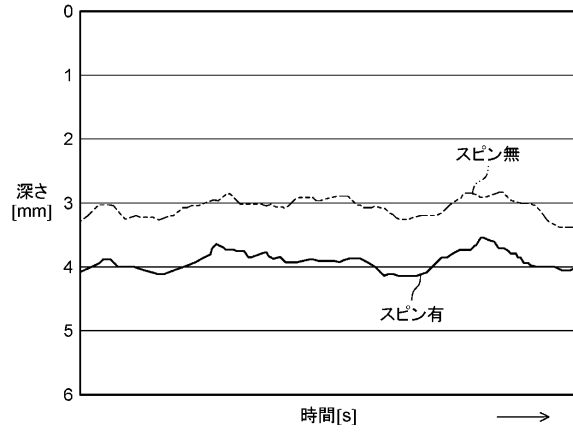


10

【 図 5 】



【 図 6 】



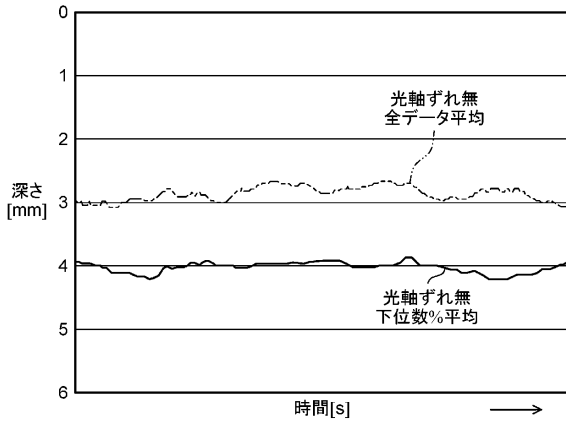
20

30

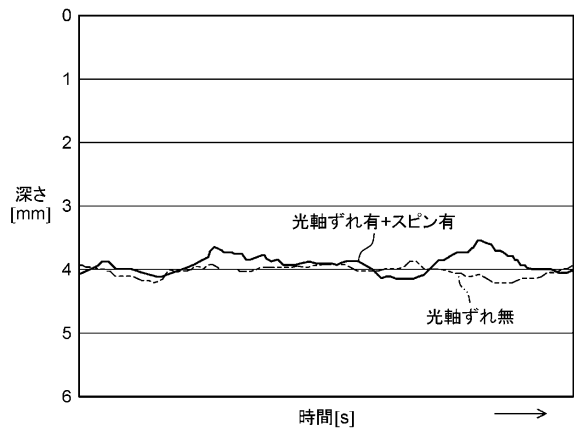
40

50

【 図 7 】

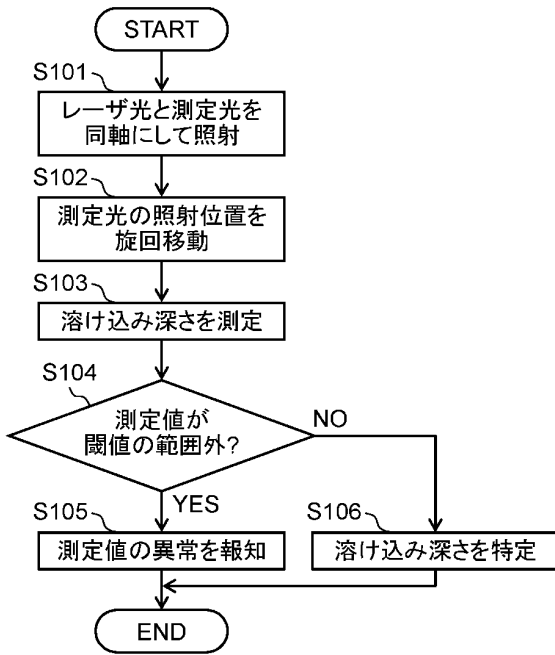


【 図 8 】

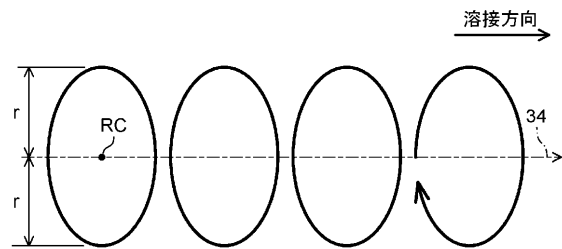


10

【 図 9 】



【 図 10 】



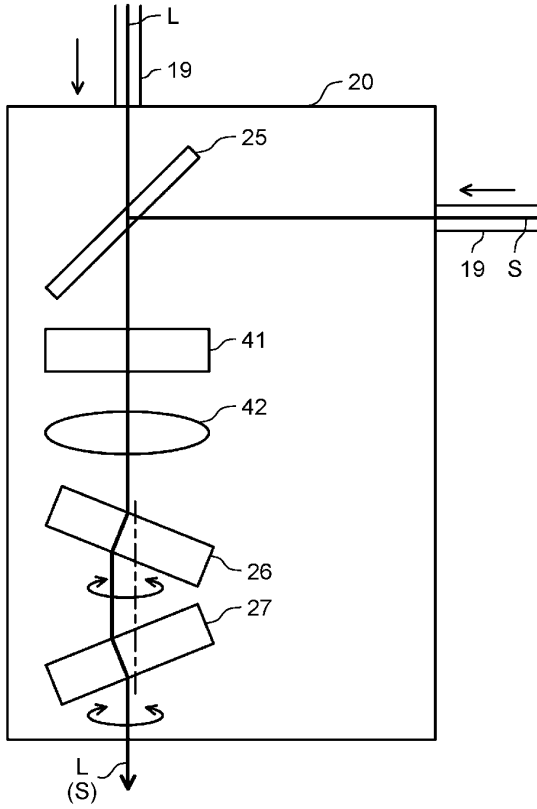
20

30

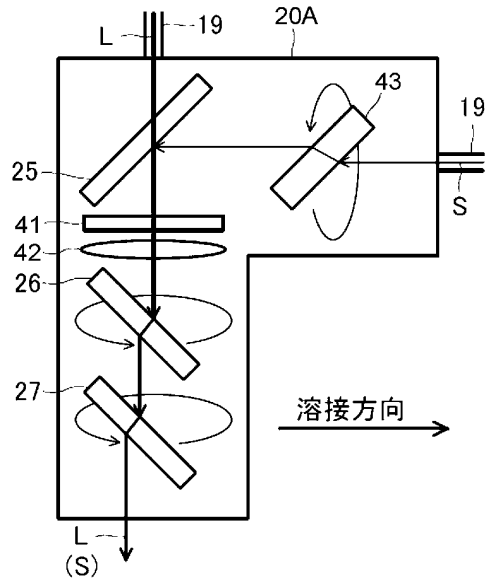
40

50

【 図 1 1 】



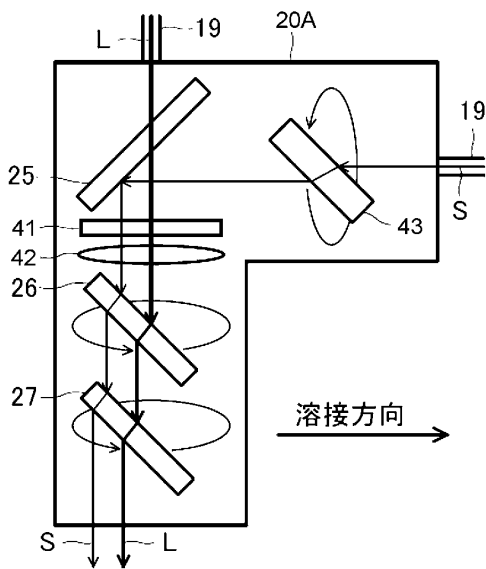
【 図 1 2 】



10

20

【 図 1 3 】



30

40

50

フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特表 2016 - 538134 (JP, A)
特表 2018 - 501964 (JP, A)
国際公開第 2014 / 132503 (WO, A1)
国際公開第 2014 / 138939 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B23K 26 / 00 - 26 / 70