

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6518945号
(P6518945)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl.	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 N
B 2 3 K 26/322 (2014.01)	B 2 3 K 26/322

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-556648 (P2015-556648)	(73) 特許権者	314012076
(86) (22) 出願日	平成26年12月25日 (2014.12.25)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/006453		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(87) 国際公開番号	W02015/104781	(74) 代理人	100106116
(87) 国際公開日	平成27年7月16日 (2015.7.16)		弁理士 鎌田 健司
審査請求日	平成29年9月13日 (2017.9.13)	(74) 代理人	100115554
(31) 優先権主張番号	特願2014-2891 (P2014-2891)		弁理士 野村 幸一
(32) 優先日	平成26年1月10日 (2014.1.10)	(72) 発明者	藤原 潤司
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	向井 康士
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ溶接方法およびレーザ溶接装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

各々の表面が第1の材料で覆われ、前記第1の材料とは異なる第2の材料からなる、第1のワークと第2のワークとを重ね合わせる第1のステップと、
前記第1のワークと前記第2のワークとが重なる第1の領域に、前記第1のワークおよび前記第2のワークを貫通するように、レーザ光を照射する第2のステップと、
前記第1の領域を含む第2の領域に、スパイラル状にレーザ光を照射する第3のステップと、
を備え、前記第2のステップの前記レーザ光の出力は、前記第3のステップの前記レーザ光の出力よりも大きいレーザ溶接方法。

【請求項2】

レーザ光の出力を停止せずに、前記第2のステップに続いて前記第3のステップを実施する請求項1に記載のレーザ溶接方法。

【請求項3】

前記第2のステップと前記第3のステップとの間において、レーザ光の出力を一時的に停止する請求項1に記載のレーザ溶接方法。

【請求項4】

各々の表面が第1の材料で覆われ、前記第1の材料とは異なる第2の材料からなる、第1のワークと第2のワークとを重ね合わせる第1のステップと、
前記第1のワークと前記第2のワークとが重なる第1の領域に、前記第1のワークおよび前記第2のワークを貫通するように、レーザ光を照射する第2のステップと、

前記第 1 の領域を含む第 2 の領域に、スパイラル状にレーザ光を照射する第 3 のステップと、を備え、前記第 2 のステップと前記第 3 のステップとの間において、前記第 1 の領域を含む第 3 の領域に、スパイラル状にレーザ光を照射する第 4 のステップをさらに備え、前記第 4 のステップの前記レーザ光の出力は、前記第 2 のステップの前記レーザ光の出力よりも小さく、前記第 3 のステップの前記レーザ光の出力よりも小さいレーザ溶接方法。

【請求項 5】

レーザ光の出力を停止せずに、前記第 2 のステップに続いて前記第 4 のステップを実施する請求項 4 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 6】

レーザ光の出力を停止せずに、前記第 4 のステップに続いて前記第 3 のステップを実施する請求項 4 または 5 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 7】

前記第 2 のステップと前記第 4 のステップとの間において、レーザ光の出力を一時的に停止する請求項 4 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 8】

前記第 4 のステップと前記第 3 のステップとの間において、レーザ光の出力を一時的に停止する請求項 4 または 7 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 9】

レーザ光を出力するレーザ発振器と、

各々の表面が第 1 の材料で覆われ、前記第 1 の材料とは異なる第 2 の材料からなり、互いに重ね合わされた、第 1 のワークおよび第 2 のワークに、前記レーザ光を照射するためのレーザ用ヘッドと、

前記レーザ用ヘッドを搭載したロボットと、

前記レーザ発振器の出力と、前記レーザ用ヘッドの動作と、前記ロボットの動作とを制御する制御装置とを備え、

前記第 1 のワークと前記第 2 のワークとが重なる第 1 の領域に、前記第 1 のワークおよび前記第 2 のワークを貫通するように、第 1 のレーザ光を照射し、

前記第 1 の領域を含む第 2 の領域に、スパイラル状に第 2 のレーザ光を照射し、前記第 1 のレーザ光の出力は、前記第 2 のレーザ光の出力よりも大きいレーザ溶接装置。

【請求項 10】

前記制御装置は、

溶接条件を設定する溶接条件設定部と、

前記溶接条件設定部で設定された溶接条件に基づいてレーザ発振器のレーザ光の出力を制御するレーザ出力制御部と、

前記溶接条件設定部で設定された溶接条件に基づいてレーザ用ヘッドの動作やロボットの動作の制御を行う動作制御部と、を有する請求項 9 に記載のレーザ溶接装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、亜鉛メッキ鋼板等の表面処理が行われた部材を重ね合わせてレーザ溶接を行うレーザ溶接方法およびレーザ溶接装置に関し、特に、ブローホールの低減やピットの低減に効果を発揮するレーザ溶接に関する。

【背景技術】

【0002】

亜鉛メッキ鋼板は、防錆や防食性に優れている。そのため、近年、自動車部品や建築用鉄骨部材等に用いられ、用途に応じて、亜鉛メッキ鋼板には溶接が行われている。

【0003】

特許文献 1 に記載された従来のレーザ溶接方法を、図 6 A ~ 図 7 B を用いて説明する。図 6 A および図 7 A は、従来のレーザ溶接方法を説明する斜視図である。図 6 B および図 7 B は、図 6 A および図 7 A に対応した、従来のレーザ溶接方法を説明する断面図である

10

20

30

40

50

【0004】

まず、図6Aおよび図6Bに示すように、防錆鋼板101と防錆鋼板102とを重ね合わせる。防錆鋼板101は、表面に亜鉛メッキ層120aが、裏面に亜鉛メッキ層120bが形成された鋼板111である。防錆鋼板102は、表面に亜鉛メッキ層120aが、裏面に亜鉛メッキ層120bが形成された鋼板112である。亜鉛メッキ層120a同士を合わせるように、防錆鋼板101と防錆鋼板102とを重ね合わせる。

【0005】

図6Aおよび図6Bに示すように、重ねた防錆鋼板101、102にレーザー光100を照射し、1回目のレーザー照射を行う。1回目のレーザー照射では、防錆鋼板101および防錆鋼板102の合わせ面にある亜鉛メッキ層120aに至り、かつ、防錆鋼板102を突き抜けない程度の入熱量となるようにレーザー光100を照射する。

10

【0006】

1回目のレーザー照射により、亜鉛メッキ層120aの亜鉛は溶融され、外部に放出される。従って、1回目のレーザー照射によって形成されたビード115は、亜鉛の蒸発によるポロシティ116を有する。

【0007】

次に、図7Aおよび図7Bに示すように、重ねた防錆鋼板101、102にレーザー光100を照射し、2回目のレーザー照射を行う。2回目のレーザー照射では、防錆鋼板102まで確実に至って溶接が完了する入熱量となるように、1回目のレーザー照射よりも高いエネルギーのレーザー光100を照射する。従って、2回目のレーザー照射によるレーザー光のエネルギーは、通常のレーザー溶接と同じ程度とすればよい。なお、2回目のレーザー照射におけるレーザー光100の軌跡は、1回目のレーザー照射におけるレーザー光100の軌跡と同じである。

20

【0008】

上述のように、2回のレーザー照射を行うことで、1回目のレーザー照射によって形成されたポロシティ116は、2回目のレーザー照射による鋼板111の溶融によって埋められる。これにより、2回のレーザー照射によって、ポロシティ116のない良好なビード125が形成される。これは、1回目のレーザー照射により、亜鉛メッキ層120aの亜鉛が既になくなっており、2回目のレーザー照射では亜鉛が蒸発することがなく、ポロシティ116が埋められるためである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-126241号公報

【発明の概要】

【0010】

しかし、従来のレーザー溶接方法は、以下の課題がある。

【0011】

従来のレーザー溶接方法の1回目のレーザー照射において、防錆鋼板である防錆鋼板101と防錆鋼板102との合わせ面にある亜鉛メッキ層120aに至り、かつ、2枚目の防錆鋼板102を突き抜けない程度に、レーザー光のエネルギーを制御することは難しい。

40

【0012】

そして、1回目のレーザー照射では、レーザー光のエネルギーが抑制されており、かつ、レーザー照射される領域および熱伝導により亜鉛が気化した領域は小さい。そのため、1回目のレーザー照射では亜鉛蒸気を十分に排出できない。そのため、2回目のレーザー照射でも、更に、熱伝導により亜鉛蒸気が発生し、ポロシティが発生してしまう。

【0013】

本開示は、1回目のレーザー照射で十分に亜鉛蒸気を排出し、2回目のレーザー照射で本溶接を行うことにより、気孔をより低減させるレーザー溶接方法およびレーザー溶接装置を提供

50

する。

【0014】

上記課題を解決するために、本開示のレーザ溶接方法は、第1のステップと、第2のステップと、第3のステップとを有する。第1のステップでは、各々の表面が第1の材料で覆われ、第1の材料とは異なる第2の材料からなる、第1のワークと第2のワークとを重ね合わせる。第2のステップでは、第1のワークと第2のワークとが重なる第1の領域に、第1のワークおよび第2のワークを貫通するように、レーザ光を照射する。第3のステップでは、第1の領域を含む第2の領域に、スパイラル状にレーザ光を照射する。第2のステップのレーザ光の出力は、第3のステップのレーザ光の出力よりも大きい。

【0015】

また、本開示のレーザ溶接装置は、レーザ発振器と、レーザ用ヘッドと、ロボットと、制御装置とを有する。レーザ発振器は、レーザ光を出力する。レーザ用ヘッドは、各々の表面が第1の材料で覆われ、第1の材料とは異なる第2の材料からなり、互いに重ね合わされた、第1のワークおよび第2のワークに、レーザ光を照射する。ロボットは、レーザ用ヘッドを搭載している。制御装置は、レーザ発振器の出力と、レーザ用ヘッドの動作と、ロボットの動作とを制御する。さらに、第1のワークと第2のワークとが重なる第1の領域に、第1のワークおよび第2のワークを貫通するように、第1のレーザ光を照射する。さらに、第1の領域を含む第2の領域に、スパイラル状に第2のレーザ光を照射し、前記第1のレーザ光の出力は、前記第2のレーザ光の出力よりも大きい。

【0016】

以上のように、本開示によれば、1回目のレーザ照射で十分に亜鉛蒸気を排出し、2回目のレーザ照射で本溶接を行うことにより、気孔をより低減させることができ、本溶接時には亜鉛蒸気の影響を受けることがない。よって、溶接ビード内や溶接ビード表面に生じる気孔を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、実施の形態1におけるレーザ溶接装置の概略構成を示す図である。

【図2A】図2Aは、実施の形態1におけるレーザ溶接方法の工程を示す図である。

【図2B】図2Bは、実施の形態1におけるレーザ溶接方法のレーザ出力を示すグラフである。

【図2C】図2Cは、実施の形態1における別のレーザ溶接方法のレーザ出力を示すグラフである。

【図3A】図3Aは、実施の形態2におけるレーザ溶接方法の工程を示す図である。

【図3B】図3Bは、実施の形態2におけるレーザ溶接方法のレーザ出力を示すグラフである。

【図3C】図3Cは、実施の形態2における別のレーザ溶接方法のレーザ出力を示すグラフである。

【図4】図4は、実施の形態2における第1の亜鉛蒸気排出工程におけるレーザ出力とレーザ照射時間との関係による効果を示す図である。

【図5】図5は、実施の形態2における第2の亜鉛蒸気排出工程におけるレーザ出力とスパイラルの回転数との関係による効果を示す図である。

【図6A】図6Aは、従来のレーザ溶接方法を説明する斜視図である。

【図6B】図6Bは、従来のレーザ溶接方法を説明する断面図である。

【図7A】図7Aは、従来のレーザ溶接方法を説明する斜視図である。

【図7B】図7Bは、従来のレーザ溶接方法を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本開示の実施の形態について、図1～図5を用いて説明する。

【0019】

(実施の形態1)

10

20

30

40

50

実施の形態 1 について、図 1 ~ 図 2 C を用いて説明する。図 1 は、本実施の形態のレーザー溶接装置の概略構成を示す図である。図 2 A は、本実施の形態におけるレーザー溶接方法の工程を示す図である。図 2 B は、本実施の形態におけるレーザー溶接方法のレーザー出力を示すグラフである。図 2 C は、本実施の形態における別のレーザー溶接方法のレーザー出力を示すグラフである。なお、図 2 B および図 2 C では、横軸は時間 t であり、縦軸はレーザー出力 LW である。

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すように、本実施の形態のレーザー溶接装置は、レーザー発振器 1 と、ロボット 2 と、コントローラ 3 (制御装置) と、レーザー照射用ヘッド 7 (レーザー用ヘッド) と、光ファイバ 8 とを有する。

10

【 0 0 2 1 】

レーザー発振器 1 は、コントローラ 3 と光ファイバ 8 の一端とに接続され、レーザー光を出力し、レーザー光を光ファイバ 8 に入射させる。ロボット 2 は、コントローラ 3 に接続され、先端にレーザー照射用ヘッド 7 を搭載している。コントローラ 3 は、溶接条件設定部 4 と、動作制御部 5 と、レーザー出力制御部 6 とを有する。溶接条件設定部 4 は、レーザー溶接の溶接条件 (レーザー光の出力、および、溶接速度やレーザー光の軌跡といったレーザー光の動き) を設定する。動作制御部 5 は、溶接条件設定部 4 からの指令や、あらかじめ教示された動作プログラムに基づいて、ロボット 2 やレーザー照射用ヘッド 7 の動作を制御する。レーザー出力制御部 6 は、溶接条件設定部 4 からの指令に基づいて、レーザー発振器 1 で発振されるレーザー光の出力を制御する。

20

【 0 0 2 2 】

レーザー照射用ヘッド 7 は、光ファイバ 8 の他端に接続され、レーザー光 10 をワーク 9 (第 1 のワークおよび第 2 のワーク) に照射する。レーザー照射用ヘッド 7 は、例えば、ガルバノミラーやコリメートレンズや集光レンズを有する。光ファイバ 8 は、レーザー発振器 1 とレーザー照射用ヘッド 7 とに接続され、レーザー発振器 1 で出力されたレーザー光をレーザー照射用ヘッド 7 に伝送する。ワーク 9 は、表面が亜鉛 (第 1 の材料) で覆われ、鉄 (第 2 の材料) からなる、2 枚の亜鉛メッキ鋼板を重ね合わせたものである。レーザー光 10 は、レーザー発振器 1 で発振され、光ファイバ 8 を伝送し、レーザー照射用ヘッド 7 によって集光されてワーク 9 に照射される。

【 0 0 2 3 】

次に、図 2 A および図 2 B を用いて、本実施の形態のレーザー溶接方法について説明する。

30

【 0 0 2 4 】

まず、2 つの亜鉛メッキ鋼板を溶接したい位置関係で重ね合わせる (第 1 のステップ)。2 枚の亜鉛メッキ鋼板の重ね合わせは、前述のレーザー溶接装置とは異なる搬送装置、もしくは、作業者によって行う。これにより、表面に亜鉛 11 (第 1 の材料) がメッキされた鉄 12 (第 2 の材料) からなる亜鉛メッキ鋼板を 2 枚重ね合わせたワーク 9 が作成される。なお、本開示のレーザー溶接方法およびレーザー溶接装置でレーザー溶接されるワークは亜鉛メッキ鋼板に限らない。表面に形成されている材料 (亜鉛メッキ鋼板における亜鉛) の沸点が、主となる材料 (亜鉛メッキ鋼板における鉄) の融点より低いものであればよい。また、表面の材料の形成方法はメッキに限らず、塗布や貼り付けであっても構わない。

40

【 0 0 2 5 】

次に、図 2 A の左側に示すように、2 枚の亜鉛メッキ鋼板が重なり合っている、レーザー溶接で接合する領域の中心付近にレーザー光 10 を照射する (第 2 のステップ)。レーザー光 10 が照射される側の亜鉛メッキ鋼板を上板 13 とし、もう 1 枚の亜鉛メッキ鋼板を下板 14 とする。このとき、図 2 B の左側に示すように、レーザー光 10 の出力は、あらかじめ設定した位置において、上板 13 と下板 14 とを貫通する出力 $W1$ とし、レーザー照射用ヘッド 7 からワーク 9 に照射する。また、出力 $W1$ のレーザー光 10 をワーク 9 に照射している間は、ロボット 2 やレーザー照射用ヘッド 7 は動作させず、レーザー光 10 はあらかじめ設定された領域 (第 1 の領域) にスポットで照射される。この工程を、第 1 の亜鉛蒸気排出

50

工程とする。

【0026】

第1の垂鉛蒸気排出工程について、さらに具体的に説明する。

【0027】

第1の垂鉛蒸気排出工程におけるレーザ光10の出力W1は、上板13および下板14の厚さによって変更される。すなわち、上板13および下板14が厚いほど、レーザ光10がワーク9を貫通するために、レーザ光10の出力W1を大きくする必要がある。また、レーザ光10が照射された領域では、上板13および下板14の垂鉛が蒸発するとともに、鉄が溶融される。そして、レーザ光10が照射された領域の周辺には、熱伝導部15を生じ、上板13および下板14の垂鉛がさらに蒸発、もしくは、鉄が溶融される。これは、垂鉛の沸点(907)が鉄の融点(1538)よりも低いためである。

10

【0028】

以上のように、ワーク9にレーザ光10を貫通させることで、図2Aに示すように、上板13と下板14との重ね合わせ面が貫通穴に露出する。そして、上板13と下板14との重ね合わせ面から発生する垂鉛蒸気16の排出経路を上板13側と下板14側の両方に作り出すことができる。なお、本開示において、「貫通穴」とは空洞ではなく、溶融した状態の金属(垂鉛メッキ鋼板では鉄)が埋めている穴であり、垂鉛蒸気16は溶融金属内を移動して排出される。

【0029】

次に、図2Aの右側に示すように、第1の垂鉛蒸気排出工程においてレーザ光10を照射した位置を中心とし、レーザ溶接で接合する領域(第2の領域)にレーザ光10を照射する(第3のステップ)。このとき、図2Bの右側に示すように、レーザ光10の出力は、上板13と下板14とを貫通する出力W2とし、あらかじめ設定した領域にレーザ照射用ヘッド7からワーク9に照射する。また、出力W2のレーザ光10を照射している間は、ロボット2やレーザ照射用ヘッド7を動作させ、レーザ光10をレーザ溶接する領域においてスパイラル状に移動させる。これにより、上板13と下板14とがレーザ溶接により接合される。この工程を、本溶接工程とする。

20

【0030】

本溶接工程について、さらに具体的に説明する。

【0031】

本溶接工程のレーザ光10の出力W2は、第1の垂鉛蒸気排出工程のレーザ光10の出力W1よりも小さいほうが好ましい。第1の垂鉛蒸気排出工程において、高い出力のレーザ光10を照射することで、熱伝導部15が広範囲で形成されている。これにより、すでに広範囲で、上板13と下板14との重ね合わせ面から垂鉛蒸気16が発生および排出されている。本溶接工程は、第1の垂鉛蒸気排出工程よりも広い範囲にレーザ光10を照射するため、出力W1以上の出力のレーザ光10を照射すると、さらに広い範囲の垂鉛蒸気16を発生させてしまい、ブローホールやピットを引き起こす恐れがある。そのため、本溶接工程では、さらなる垂鉛蒸気16の発生は抑えるように出力W1より小さい出力W2のレーザ光10を照射することが好ましい。

30

【0032】

また、本溶接工程では、図2Aに示すように、第1の垂鉛蒸気排出工程でレーザ光10を照射した位置(レーザ溶接で接合する領域の中心付近)から外側に向かってレーザ光10を移動させている。しかし、これに限らず、レーザ溶接で接合する領域の外周から、内側(第1の垂鉛蒸気排出工程でレーザ光10を照射した位置)に向かってレーザ光10を移動させても良い。さらには、レーザ光10を、レーザ溶接で接合する領域の中心と外周とを往復するように移動させても良い。

40

【0033】

なお、図2Bに示すように、第1の垂鉛蒸気排出工程と本溶接工程とを、レーザ光10の出力を停止することなく、レーザ光10の出力を切り替えて、連続してレーザ光10を照射している。これにより、レーザ溶接を短時間で行うことが可能である。しかし、図2

50

Cに示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程と本溶接工程との間で、レーザー光10の出力を停止させても良い。これにより、スパイラル状のレーザー光10の移動方向(旋回方向)の変更や選択を行うことができる。また、本溶接工程のレーザー光10の照射開始位置も自由に設定できる。すなわち、本溶接工程のレーザー光10の照射開始位置を、レーザー溶接で接合する領域の中心から1mm外側とし、外周に向けてレーザー光10を移動させても良い。また、本溶接工程のレーザー光10の照射開始位置を、レーザー溶接で接合する領域の外周とし、中心から1mm外側の位置でレーザー光10の移動を終了させても良い。

【0034】

(実施の形態2)

実施の形態2について、図3Aから図5を用いて説明する。図3Aは、本実施の形態におけるレーザー溶接方法の工程を示す図である。図3Bは、本実施の形態におけるレーザー溶接方法のレーザー出力を示すグラフである。図3Cは、本実施の形態における別のレーザー溶接方法のレーザー出力を示すグラフである。図4は、第1の亜鉛蒸気排出工程のレーザー出力とレーザー照射時間との関係による効果を示す図である。図5は、第2の亜鉛蒸気排出工程のレーザー出力とスパイラルの回転数との関係による効果を示す図である。

10

【0035】

本実施の形態におけるレーザー溶接装置は、実施の形態1のレーザー溶接装置と同じであるため説明を省略する。

【0036】

本実施の形態におけるレーザー溶接方法を、図3A～図3Cを用いて説明する。本実施の形態のレーザー溶接方法は、実施の形態1の第1の亜鉛蒸気排出工程と本溶接工程との間にさらに第2の亜鉛蒸気排出工程を有する。第1の亜鉛蒸気排出工程と本溶接工程は、実施の形態1と同じであるため、説明を省略する。

20

【0037】

図3Aの真ん中に示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程においてレーザー光10を照射した位置を中心とし、レーザー溶接で接合する領域(第2の領域)にレーザー光10を照射する(第4のステップ)。このとき、図3Bの真ん中に示すように、レーザー光10の出力は、上板13と下板14との重ね合わせ面の亜鉛が蒸発する出力W3とし、あらかじめ設定した領域にレーザー照射用ヘッド7からワーク9に照射する。また、出力W3のレーザー光10を照射している間は、ロボット2やレーザー照射用ヘッド7を動作させ、レーザー光10をレーザー溶接する領域においてスパイラル状に移動させる。これにより、上板13と下板14との重ね合わせ面の亜鉛が蒸発し、亜鉛蒸気16が第1の亜鉛蒸気排出工程で形成した貫通穴から排出される。この工程を、第2の亜鉛蒸気排出工程とする。

30

【0038】

第2の亜鉛蒸気排出工程について、さらに具体的に説明する。

【0039】

第2の亜鉛蒸気排出工程のレーザー光10の出力W3は、第1の亜鉛蒸気排出工程のレーザー光10の出力W1および本溶接工程のレーザー光の出力W2よりも小さいほうが好ましい。第2の亜鉛蒸気排出工程は、第1の亜鉛蒸気排出工程で形成した貫通穴から、上板13と下板14との重ね合わせ面の亜鉛を蒸発させて排出する工程である。すなわち、レーザー光10によって鉄を溶融するためではなく、レーザー光10によって上板13を炙ることで、上板13と下板14との重ね合わせ面の亜鉛を蒸発させれば十分である。これにより、レーザー溶接する領域全体において、上板13からの熱伝導によって、上板13と下板14との重ね合わせ面の亜鉛を蒸発させることができる。そして、発生した亜鉛蒸気16を、貫通穴を介してワーク9の外部に排出することができる。

40

【0040】

また、第2の亜鉛蒸気排出工程では、図3Aに示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程でレーザー光10を照射した位置(レーザー溶接で接合する領域の中心付近)から外側に向かってレーザー光10を移動させている。しかし、これに限らず、レーザー溶接で接合する領域の外周から、内側(第1の亜鉛蒸気排出工程でレーザー光10を照射した位置)に向かってレ

50

ーザ光10を移動させても良い。さらには、レーザー光10を、レーザー溶接で接合する領域の中心と外周とを往復するように移動させても良い。

【0041】

なお、図3Bに示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程と第2の亜鉛蒸気排出工程とを、レーザー光10の出力を停止することなく、レーザー光10の出力を切り替えて、連続してレーザー光10を照射している。これにより、レーザー溶接を短時間で行うことが可能である。しかし、図3Cに示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程と第2の亜鉛蒸気排出工程との間で、レーザー光10の出力を停止させても良い。これにより、第2の亜鉛蒸気排出工程において、スパイラル状のレーザー光10の移動方向(旋回方向)の変更や選択を行うことができる。また、第2の亜鉛蒸気排出工程のレーザー光10の照射開始位置も自由に設定できる。すなわち、第2の亜鉛蒸気排出工程のレーザー光10の照射開始位置を、レーザー溶接で接合する領域の中心から1mm外側とし、外周に向けてレーザー光10を移動させても良い。また、第2の亜鉛蒸気排出工程のレーザー光10の照射開始位置を、レーザー溶接で接合する領域の外周とし、中心から1mm外側の位置でレーザー光10の移動を終了させても良い。

10

【0042】

なお、図3Bに示すように、第2の亜鉛蒸気排出工程と本溶接工程との間において、レーザー光10の出力を停止することなく、レーザー光10の出力を切り替えて、連続してレーザー光10を照射しても、同様に、レーザー溶接の時間を短縮できる。また、図3Cに示すように、第1の亜鉛蒸気排出工程と第2の亜鉛蒸気排出工程との間で、レーザー光10の出力を停止させても、同様に、レーザー光10の照射開始位置などの自由度が高まる。

20

【0043】

本実施の形態のレーザー溶接方法では、第1の亜鉛蒸気排出工程から第2の亜鉛蒸気排出工程への切り替えと第2の亜鉛蒸気排出工程から本溶接工程への切り替えという2回の工程の切り替えが行われる。これら2回の工程の切り替えにおいて、両方ともレーザー出力を停止しない、両方ともレーザー出力を停止する、どちらか一方はレーザー出力を停止し、他方はレーザー出力を停止しない、という全てのバリエーションが本実施の形態のレーザー溶接方法に適用できる。

【0044】

さらに、第2の亜鉛蒸気排出工程の効果について説明する。第2の亜鉛蒸気排出工程は、必ずしも必要ではない。例えば、上板13と下板14とのそれぞれの板厚が0.8mmや1.0mmといった、比較的薄い場合、第1の亜鉛蒸気排出工程だけで亜鉛蒸気16をある程度排出できる。その理由は、以下である。第1の亜鉛蒸気排出工程ではワーク9を貫通させるために、レーザー光10の出力W1が高い。ワーク9の板厚が薄いため、貫通穴の近傍からの熱伝導によりレーザー溶接で接合する領域の外周に近いところまで十分に亜鉛蒸気16を発生させることができるためである。

30

【0045】

それに対し、上板13と下板14とのそれぞれの板厚が1.6mm以上である場合、貫通穴の近傍からの熱伝導では、レーザー溶接で接合する領域の外周に近いところまで亜鉛蒸気16を発生させることはできない。第2の亜鉛蒸気排出工程は、このように熱伝導が不十分な場合の亜鉛蒸気16の排出に対して有効である。

40

【0046】

次に、実施の形態1および実施の形態2のレーザー溶接方法を行うためのレーザー溶接装置の駆動、制御について説明する。

【0047】

第1の亜鉛蒸気排出工程、第2の亜鉛蒸気排出工程、本溶接工程のそれぞれにおけるレーザー光10の出力は、溶接条件設定部4からの指示(出力制御命令)により、レーザー出力制御部6がレーザー発振器1を制御することで行われる。なお、レーザー出力制御部6は、レーザー光10の出力の強弱をパターン化したプログラムを予め搭載しており、このプログラムによりレーザー出力を切り替える。レーザー発振器1から出力されたレーザー光10は、ファイバ8を通してレーザー照射用ヘッド7へ伝送されるように構成されている。なお、レー

50

ザ出力制御部 6 に搭載しているプログラムは、さまざまな板厚に応じたレーザー溶接を行った実験データから導き出されている。

【 0 0 4 8 】

第 1 の亜鉛蒸気排出工程、第 2 の亜鉛蒸気排出工程、本溶接工程のそれぞれにおけるレーザー光 1 0 の移動は、溶接条件設定部 4 からの指示（位置制御命令）により、動作制御部 5 がロボット 2 およびレーザー照射用ヘッド 7 を制御することで行われる。

【 0 0 4 9 】

実施の形態 1 および実施の形態 2 のレーザー溶接方法を行うため、コントローラ 3 によるレーザー発振器 1 の出力制御と、コントローラ 3 によるロボット 2 やレーザー照射用ヘッド 7 の位置制御とを同期させる。このように、レーザー光 1 0 のエネルギー密度の強弱調整が行えるように、コントローラ 3 は溶接条件設定部 4 や動作制御部 5 やレーザー出力制御部 6 で構成されている。

10

【 0 0 5 0 】

次に、本実施の形態のレーザー溶接装置によって、本実施の形態のレーザー溶接方法を行うための、溶接条件の一例を以下に説明する。

【 0 0 5 1 】

図 4 は、第 1 の亜鉛蒸気排出工程におけるレーザー出力とレーザー照射時間との関係による効果を示す図である。図 4 に示す施工評価では、 45 g/m^2 目付け、板厚 1.6 mm の亜鉛メッキ鋼板を 2 枚重ね合わせた場合である。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、横軸がレーザー照射時間 t （秒）であり、縦軸がレーザー出力 LW （ kW ）である。そして、貫通穴の出来栄を \bigcirc と \times で表している。なお、第 1 の亜鉛蒸気排出工程を行った後、貫通穴を目視した結果であり、 \bigcirc は貫通が適切であることを示し、 \times は貫通が不十分であることを示し、 \times は貫通していないことを示している。

20

【 0 0 5 3 】

施工評価の結果から、レーザー光 1 0 によりワーク 9 を貫通させるためには、レーザー出力は 3.0 kW 以上が必要であることが示されている。また、レーザー照射時間はレーザー出力が低いほどレーザー照射時間を長くする必要があり、レーザー出力が低い場合やレーザー照射時間が短い場合は、貫通が不十分または貫通できないことが示されている。

30

【 0 0 5 4 】

図 5 は、第 2 の亜鉛蒸気排出工程におけるレーザー出力とスパイラルの回転数との関係による効果を示す図である。図 5 に示す施工評価では、第 1 の亜鉛蒸気排出工程と同様に、 45 g/m^2 目付け、板厚 1.6 mm の亜鉛メッキ鋼板を 2 枚重ね合わせた場合である。さらに、レーザー光 1 0 のスパイラル状の移動速度（溶接速度）は 10 m/分 である。なお、第 1 の亜鉛蒸気排出工程が一定量の亜鉛が排出されたワーク 9 に対して第 2 の亜鉛蒸気排出工程を行っている。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、横軸がスパイラルの回転数（回）であり、縦軸がレーザー出力 LW （ kW ）である。そして、亜鉛蒸気 1 6 の排出結果を \bigcirc と \times で表している。なお、第 2 の亜鉛蒸気排出工程を行った後、貫通穴を目視した結果であり、 \bigcirc は亜鉛蒸気 1 6 の排出が適切であることを示し、 \times は炙り効果が不十分であり亜鉛蒸気 1 6 の排出が不十分であることを示し、 \times は炙り過ぎによって必要以上の亜鉛蒸気 1 6 が発生し、気孔が残ったことを示している。

40

【 0 0 5 6 】

施工評価の結果から、亜鉛蒸気 1 6 の排出を最適に行うためには、レーザー出力とスパイラルの回転数とのバランスが必要であることがわかる。すなわち、レーザー出力が高い場合はスパイラルの回転数を少なくする必要があり、逆に、レーザー出力が低い場合はスパイラルの回転数を多くする必要があり、スパイラルの回転数が多いということは、レーザー光 1 0 を照射する距離が長くなることであり、レーザー光 1 0 の移動速度が一定（ 10 m/分 ）

50

であるから、レーザー光 10 の照射時間が長くなることと同じことである。レーザー出力とスパイラルの回転数とを、亜鉛蒸気 16 を排出しやすいように設定することが好ましいが、レーザー出力を高くしてスパイラルの回転数を少なくすることで溶接時間を短くすることができる。

【0057】

なお、実施の形態 1 および実施の形態 2 では、2 枚の亜鉛メッキ鋼板の重ね合わせによるレーザー溶接について説明した。しかし、3 枚以上の亜鉛メッキ鋼板の重ね合わせによるレーザー溶接にも適用可能である。

【0058】

また、実施の形態 1 および実施の形態 2 では、鉄に亜鉛をメッキした亜鉛メッキ鋼板について説明した。しかし、鋼板の融点よりも沸点が低い金属が表面に形成された鋼板であれば、適用可能である。例えば、アルミニウムと亜鉛と珪素の合金を鉄にメッキした鋼板（例えばガルバリウム鋼板（登録商標））、アルミニウムとマグネシウムを含んだ亜鉛を鉄にメッキした鋼板（例えば、ガルタイト）などでも構わない。

【産業上の利用可能性】

【0059】

以上のように、本開示によれば、亜鉛メッキ鋼板等の表面処理が行われた鋼板の溶接において、溶接ビード内や溶接ビード表面に生じる気孔を抑制することができるレーザー溶接方法およびレーザー溶接装置として産業上有用である。

【符号の説明】

【0060】

- 1 レーザ発振器
- 2 ロボット
- 3 コントローラ
- 4 溶接条件設定部
- 5 動作制御部
- 6 レーザ出力制御部
- 7 レーザ照射用ヘッド
- 8 光ファイバ
- 9 ワーク
- 10 レーザ光
- 13 上板
- 14 下板
- 15 熱伝導部
- 16 亜鉛蒸気
- 100 レーザ光
- 101 防錆鋼板
- 102 防錆鋼板
- 111 鋼板
- 112 鋼板
- 115 ビード
- 116 ポロシテイ
- 120 a 亜鉛メッキ層
- 120 b 亜鉛メッキ層
- 125 ビード

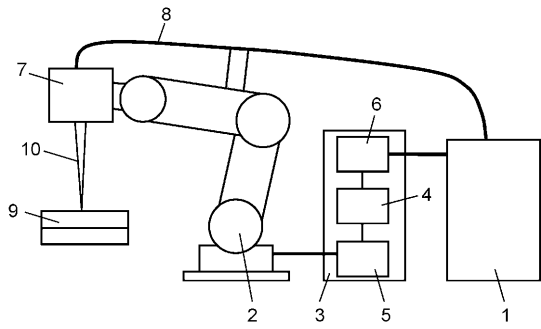
10

20

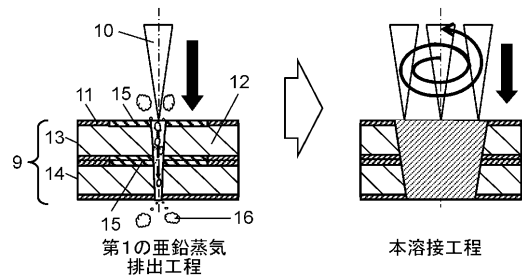
30

40

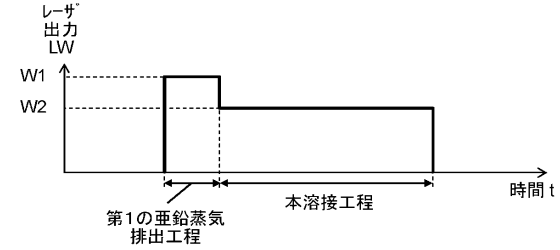
【図1】



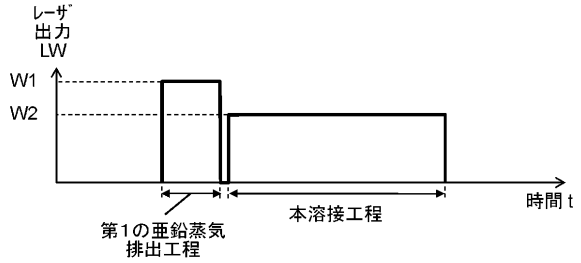
【図2A】



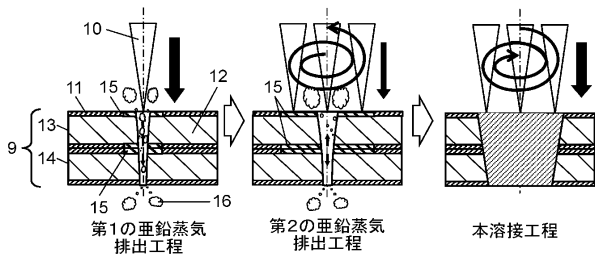
【図2B】



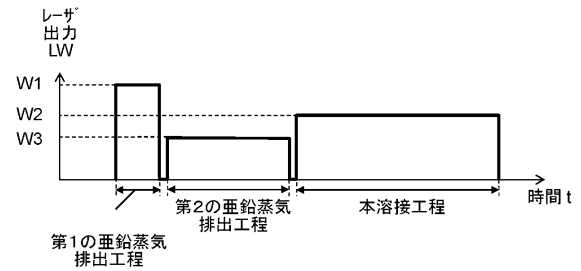
【図2C】



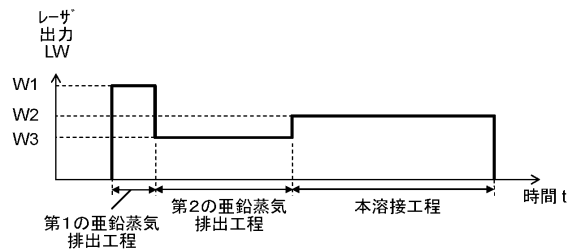
【図3A】



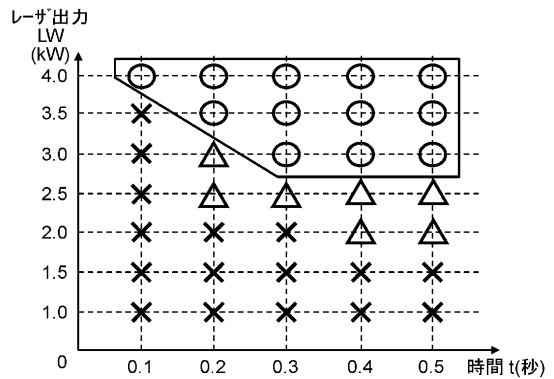
【図3C】



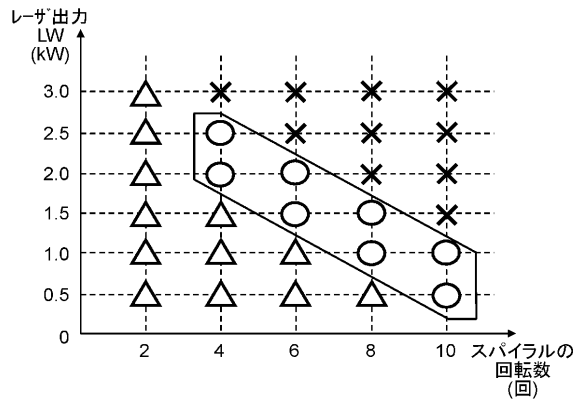
【図3B】



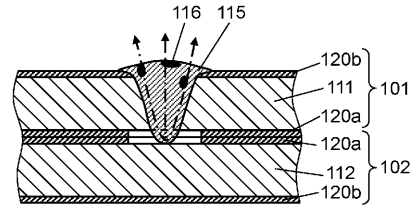
【図4】



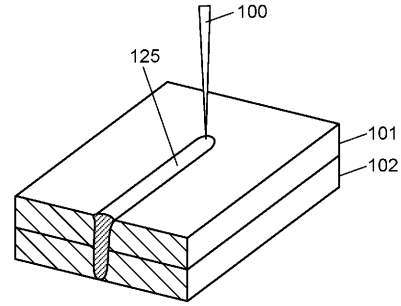
【図5】



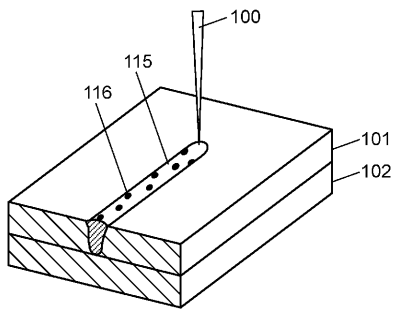
【図6B】



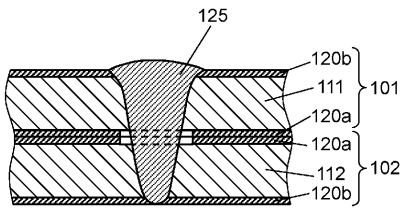
【図7A】



【図6A】



【図7B】



フロントページの続き

- (72)発明者 川本 篤寛
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 中川 龍幸
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 松岡 範幸
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 岩見 勤

- (56)参考文献 特開2012-228715(JP,A)
特表2007-520357(JP,A)
特表2005-537937(JP,A)
特開2005-334975(JP,A)
特開2010-046674(JP,A)
特開2007-237202(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 26/00 - 26/70