

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-144485

(P2017-144485A)

(43) 公開日 平成29年8月24日(2017.8.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/21 (2014.01)	B 2 3 K 26/21	4 E 1 6 8
B 2 3 K 26/211 (2014.01)	B 2 3 K 26/211	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-25847 (P2017-25847)	(71) 出願人	310001230 株式会社ナ・デックスプロダクツ 岐阜県可児市姫ヶ丘一丁目2 1 番地
(22) 出願日	平成29年2月15日 (2017. 2. 15)	(74) 代理人	100129632 弁理士 仲 晃一
(31) 優先権主張番号	特願2016-27514 (P2016-27514)	(74) 代理人	100148426 弁理士 森貞 好昭
(32) 優先日	平成28年2月17日 (2016. 2. 17)	(74) 代理人	100118038 弁理士 田中 勲
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	芦田 洋三 岐阜県可児市姫ヶ丘 1 丁目 2 1 番地 株式 会社ナ・デックスプロダクツ内
		(72) 発明者	水谷 春樹 岐阜県可児市姫ヶ丘 1 丁目 2 1 番地 株式 会社ナ・デックスプロダクツ内 最終頁に続く

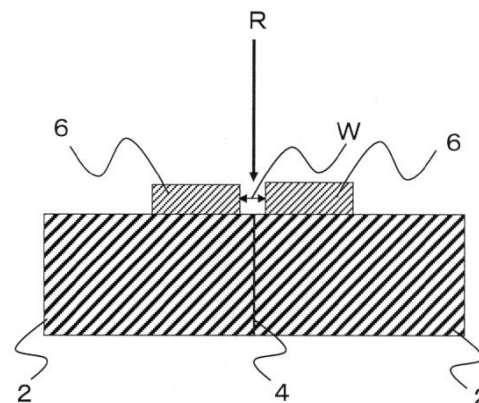
(54) 【発明の名称】 レーザ溶接方法

(57) 【要約】

【課題】低真空雰囲気を用いることなく深溶込みが得られる簡便なレーザ溶接方法であって、接合部の形状（溶込み形状）やビードの余盛形状を適当に制御することができるレーザ溶接方法を提供する。

【解決手段】被接合材の表面を表当て材で被覆し、表当て材の側からレーザ光を照射するレーザ溶接方法であって、表当て材をセラミックス製又はフラックス製の板材とし、表当て材で被覆されていない領域に対してレーザ光を照射すること、を特徴とするレーザ溶接方法。表当て材として少なくとも2枚以上の板材を用い、レーザ光の入射経路を中心として板材同士を対向させて配置し、板材同士の間に略一定間隔の隙間を設け、当該隙間から被接合材の被接合界面近傍にレーザ光を照射することが好ましい。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被接合材の表面を表当て材で被覆し、
前記表当て材の側からレーザ光を照射すること、
を特徴とするレーザ溶接方法。

【請求項 2】

前記表当て材をセラミックス製又はフラックス製の板材とし、
前記表当て材で被覆されていない領域に対してレーザ光を照射すること、
を特徴とする請求項 1 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 3】

前記表当て材として少なくとも 2 枚以上の板材を用い、
前記レーザ光の入射経路を中心として前記板材同士を対向させて配置し、前記板材同士
の間に略一定間隔の隙間を設け、
前記隙間から前記被接合材の被接合界面近傍にレーザ光を照射すること、
を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザ溶接方法。

10

【請求項 4】

前記隙間の間隔を 1 ~ 4 mm とすること、
を特徴とする請求項 3 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 5】

前記表当て材の主成分がシリカ (SiO_2) であること、
を特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のレーザ溶接方法。

20

【請求項 6】

前記隙間に粉末状のフラックスを充填すること、
を特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載のレーザ溶接方法。

【請求項 7】

貫通溶接であること、
を特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のレーザ溶接方法

【請求項 8】

前記被接合材の裏面に裏当て材を配置すること、
を特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のレーザ溶接方法。

30

【請求項 9】

前記裏当て材の主成分がシリカ (SiO_2) であること、
を特徴とする請求項 8 に記載のレーザ溶接方法。

【請求項 10】

スポット溶接であること、
を特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のレーザ溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はレーザ溶接方法に関し、より具体的には、高品質の深溶込みレーザ溶接を簡便
かつ安定的に行うことができるレーザ溶接方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

高エネルギー密度のビームを集中させるレーザ溶接は、アーク溶接と比較して深溶込み
が得られやすい。また、比較的小さな入熱量で深溶込みが得られるため、被溶接材の変形
量が小さく、被溶接材に与える熱影響も小さくなる。このような種々の利点を有するレー
ザ溶接は、造船や自動車に代表される各種構造物の製造現場における利用が急速に拡大し
ている。

【0003】

一方で、構造物の多様化に伴って厚板に対する溶接が求められており、特に深い溶込み

50

深さが求められる場合には、主として電子ビーム溶接が検討されてきた。例えば、特殊な大型の電子ビーム溶接装置を用いることで、SUS304ステンレス鋼板に対して10cm以上の溶込み深さが得られている（非特許文献1）。しかしながら、電子ビーム溶接は高真空環境下で行う必要があり、装置が複雑かつ高価になると共に、被接合材のサイズも制限されてしまう。

【0004】

これに対し、近年、レーザ溶接においても厚板溶接に関する種々の検討がなされている。例えば、特許文献1（特開2011-240365号公報）においては、低真空雰囲気下で、レーザ光により溶接を行うレーザ溶接装置であって、レーザ光の光軸に沿って、溶接部と所定の間隔を設けて配置され、上端には透過窓が設けられ、下端は雰囲気制御域内に開口しているシールドガス筒と、当該シールドガス筒の透過窓側からシールドガス筒内部へシールドガスを導入するシールドガス供給手段と、を備えていることを特徴とするレーザ溶接装置が提案されている。

10

【0005】

前記特許文献1に記載のレーザ溶接装置においては、透過窓と溶接部との間にエアシールドが形成されるため、低真空下において非常に速い速度で透過窓方向に噴出する金属蒸気の飛翔をブロックして、透過窓への金属蒸気の付着を防止することができ、低真空雰囲気下において、十分な溶込み深さが確保される溶接を長時間安定して行うことができる、としている。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-240365号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Yoshiaki Arata and Michio Tomie, 100-kW Class Electron Beam Welding Technology (Report I) —Welding Apparatus and Some Aspects as a Heat Source—, Transactions of JWRI, Vol. 2, No. 1, 1973 pp. 17 - 20

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、前記特許文献1に記載のレーザ溶接装置においては、溶接の雰囲気を低真空とするための減圧チャンバー及び減圧装置が必須であり、装置構成が複雑になると共に被接合材の大きさが制限される。また、接合部の形状（溶込み形状）やビードの余盛形状を制御することは困難である。

【0009】

以上のような従来技術における問題点に鑑み、本発明の目的は、低真空雰囲気をを用いることなく深溶込みが得られる簡便なレーザ溶接方法であって、接合部の形状（溶込み形状）やビードの余盛形状を適当に制御することができるレーザ溶接方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は上記目的を達成すべく、レーザ溶接方法について鋭意研究を重ねた結果、常圧下で高品質のレーザ溶接を簡便かつ安定的に行うためには、被接合材をセラミックス製の表当て材で被覆することが極めて効果的であることを見出し、本発明に到達した。

【0011】

即ち、本発明は、

被接合材の表面を表当て材で被覆し、

50

前記表当て材の側からレーザ光を照射すること、
を特徴とするレーザ溶接方法、を提供する。

【0012】

従来のレーザ溶接方法では被接合材のレーザ光照射面には何も配置しないが、本発明のレーザ溶接方法においては、当該レーザ光照射面に表当て材を配置することで、溶込み深さの増加や溶融領域形状の制御等を達成することができる。ここで、表当て材は被接合材の表面に当接させてもよく、シム（スペーサー）等を介して僅かに浮かせた状態で配置してもよい。

【0013】

本発明の効果を損なわない限りにおいて、表当て材の材質及び形状は特に限定されず、板状や粉末状のセラミックス又はフラックス材等を使用することができる。ここで、レーザ照射による溶込み深さの増加や溶融領域形状の制御等がこれらの表当て材の使用によって達成される理由は必ずしも明らかにはなっていないが、被接合材表面からの抜熱抑制や溶融池保護等の効果があるものと思われる。

【0014】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記表当て材をセラミックス製又はフラックス製の板材とし、前記表当て材で被覆されていない領域に対してレーザ光を照射すること、が好ましい。

【0015】

従来の溶接方法においては溶接部で良好な裏波形状が連続的に得られるようにセラミックス製の裏当て材が用いられる場合があるが、本発明のレーザ溶接方法では、セラミックス製板材を被接合材の表面に配置することで良好な溶接部を得ることができる。例えば、一枚のセラミックス製板材を表当て材として用いる場合は被接合界面に位置する領域に貫通孔等を設け、当該貫通孔等から被接合界面近傍にレーザ光を照射することで、効果的に深溶込みを得ることができる。

【0016】

また、通常のレーザ溶接方法で得られる溶接部は被接合材の表面近傍で広がり、深さの増加に伴い細くなる。これに対し、本発明のレーザ溶接方法では表面近傍における広がりが抑制され、全体的に細くかつ深い理想的な溶接部を得ることができる。更に、表面近傍における広がりが抑制されることで、幅が狭く滑らかな余盛形状を得ることができる。

【0017】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記表当て材として少なくとも2枚以上の板材を用い、前記レーザ光の入射経路を中心として前記板材同士を対向させて配置し、前記板材同士の間に略一定間隔の隙間を設け、前記隙間から前記被接合材の被接合界面近傍にレーザ光を照射すること、が好ましい。

【0018】

被接合材の表面でセラミックス製又はフラックス製の板材を対向させることで、極めて簡便に略一定間隔の隙間を設けることができ、必要に応じて当該間隔も容易に変更することができる。また、被接合界面と当該隙間との位置調整も容易である。

【0019】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記隙間の間隔を1～4mmとすること、が好ましい。好適な間隔は被接合材及びレーザ光の種類等によっても変化するが、間隔が1mm未満の場合、被接合材の溶融量や溶融金属の移動量等が不足して、ビード表面に凹部が形成されやすくなる。一方で、間隔が4mmよりも広い場合、表当て材で被接合材を被覆した効果が十分に得られず、深溶込みが得られない。加えて、表面近傍における接合部の広がりを抑制することができない。

【0020】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記表当て材の主成分がシリカ（ SiO_2 ）であること、が好ましい。シリカの熱伝導率は数 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ と低いため、被接合材表面からの抜熱を効率的に抑制することができる。加えて、その他のセラミックス材と比較し

10

20

30

40

50

て安価であることから、板材の価格を抑えることができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記隙間に粉末状のフラックスを充填すること、が好ましい。隙間に粉末状のフラックスを充填してレーザ光を照射することで、フラックスを使用しない場合よりも大きな溶込み深さを得ることができる。溶込み深さが増加する理由は必ずしも明らかになっていないが、フラックスによる溶融部表面のシールド効果等によるものであると考えられる。なお、フラックスは粉末状に限定されるものではなく、例えば、ワイヤ状のフラックスを溶接領域に順次供給してもよい。当該態様でのフラックス供給は、溶接の自動化に資するものである。

【 0 0 2 2 】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、前記フラックスの主成分がシリカ (SiO_2) であること、が好ましい。上述のとおり、シリカの熱伝導率は数 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ と低いいため、被接合材表面からの抜熱を効率的に抑制することができる。加えて、溶接中における鉄のマランゴニ対流は酸素の微量添加によって内側下向きとなることが知られており、シリカを構成する酸素がレーザ溶接でも効果的に作用している可能性もある。

【 0 0 2 3 】

なお、溶融部にシールドガスを供給する場合、当該溶融部にガス圧が印加されるように供給することで、溶込み深さを向上させることができる。また、当該シールドガスの供給圧力を周期的に変動させることで（パルス状のシールドガスを供給することで）、より効果的に深溶込みを得ることができる。溶込み深さが増加する理由は必ずしも明らかになっていないが、パルス状のシールドガスによってキーホールの開口部及びその近傍が押し下げられ、当該圧力がキーホールの底部にまで効率的に伝達される結果、深溶込みが達成されるものと思われる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明のレーザ溶接方法においては、貫通溶接とすること、が好ましい。一般的に厚鋼板のレーザ貫通溶接では溶落ちが発生しやすく、良好な溶接ビードを安定して形成させることが困難である。これに対し、被接合材のレーザ光照射面に表当て材を配置することと裏面に裏当て材を配置することで、溶込み深さの増加や溶融領域形状の制御等を達成することができるとともに当該溶落ちの発生を効果的に抑制することができる。当該裏当て材の主成分をシリカ (SiO_2) とすることがより好ましい。

【 0 0 2 5 】

更に、本発明のレーザ溶接方法においては、スポット溶接とすること、が好ましい。本発明のレーザ溶接方法を用いてスポット溶接することで、深い溶け込みを有するスポット溶接部を簡便かつ安定して形成させることができる。

【 0 0 2 6 】

本発明のレーザ溶接方法に用いるレーザとしては、本発明の効果を損なわない範囲で従来公知の種々のレーザを用いることができ、例えば、ファイバーレーザ、 CO_2 レーザ、YAGレーザ、ディスクレーザ等を使用することができる。

【 0 0 2 7 】

また、本発明のレーザ溶接方法が対象とする被接合材は、本発明の効果を損なわない範囲で従来公知の種々の金属材料を用いることができるが、鉄鋼材においてはより確実に良好な溶接部を得ることができる。

【 0 0 2 8 】

なお、レーザ出力及び溶接速度等の各種溶接条件は特に限定されず、被接合材の種類や所望の溶接部形状等に応じて適宜設定すればよい。ここで、例えばアーク溶接部を粉末状フラックスで被覆するサブマージアーク溶接では横向き及び上向きの溶接姿勢に対応することができないが、本発明のレーザ溶接方法で板状の表当て材を使用する場合は全ての溶接姿勢に対応することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 9 】

本発明の溶接方法によれば、低真空雰囲気を用いることなく深溶込みが得られる簡便なレーザ溶接方法であって、接合部の形状（溶込み形状）やビードの余盛形状を適当に制御することができるレーザ溶接方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 0 】

【図 1】本発明の第一実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図である。

【図 2】本発明の第二実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図である。

【図 3】本発明の第二実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略平面図である。

10

【図 4】本発明の第三実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図である。

【図 5】本発明の第三実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略平面図である。

【図 6】本発明の第四実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図である。

【図 7】本発明の第四実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略平面図である。

【図 8】本発明の第五実施形態に係る被接合材、表当て材及び裏当て材の配置を示す概略断面図である。

20

【図 9】本発明の第五実施形態に係る被接合材、表当て材及び裏当て材の配置を示す概略平面図である。

【図 10】本発明の第五実施形態に係る被接合材、表当て材及び裏当て材の配置を示す概略裏面図である。

【図 11】実施例 1 ~ 11 及び比較例 1, 2 で得られた溶接部の表面外観写真である。

【図 12】実施例 1 ~ 11 及び比較例 1, 2 で得られた溶接部の断面マクロ写真である。

【図 13】実施溶接部 12 の表面外観写真である。

【図 14】実施溶接部 12 の断面マクロ写真である。

【図 15】実施溶接部 13 の表面外観写真である。

30

【図 16】実施溶接部 13 の断面マクロ写真である。

【図 17】実施溶接部 14 の表面外観写真である。

【図 18】実施溶接部 14 の断面マクロ写真である。

【図 19】実施溶接部 15 の表面外観写真である。

【図 20】実施溶接部 15 の断面マクロ写真である。

【図 21】実施溶接部 16 の断面マクロ写真である。

【図 22】実施溶接部 17 の断面マクロ写真である。

【図 23】実施溶接部 18 の表面外観写真及び断面マクロ写真である。

【図 24】比較溶接部 3 の断面マクロ写真である。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 3 1 】

以下、図面を参照しながら本発明のレーザ溶接方法の代表的な実施形態について詳細に説明するが、本発明はこれらだけに限定されるものではない。なお、以下の説明では、同一または相当部分には同一符号を付し、重複する説明は省略する場合がある。また、図面は、本発明を概念的に説明するためのものであるから、表された各構成要素の寸法やそれらの比は実際のものとは異なる場合もある。

【 0 0 3 2 】

(1) 第一実施形態

図 1 は、本発明の第一実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図である。本発明の第一実施形態では、被接合材 2 同士を突き合わせ被接合界面 4 を形成し、

50

被接合界面 4 を含む被接合材 2 の表面を表当て材 6 で被覆している。

【 0 0 3 3 】

ここで、レーザ光 R を表当て材 6 側から被接合材 2 に照射し、被接合界面 4 を含む領域を溶融凝固させることで、被接合材 2 同士の溶接が達成される。表当て材 6 を使用しない場合と比較して接合領域（溶融凝固領域）の深さが増加することに加え、被接合材 2 の表面近傍における当該接合領域の幅が狭くなる。

【 0 0 3 4 】

本発明の効果を損なわない限りにおいて、表当て材 6 の材質及び形状は特に限定されず、板状や粉末状のセラミックス又はフラックス材等を使用することができる。ここで、レーザ照射による溶込み深さの増加や溶融領域形状の制御等がこれらの表当て材 6 の使用によって達成される理由は必ずしも明らかにはなっていないが、被接合材 2 表面からの抜熱抑制や溶融池保護等の効果があるものと思われる。また、表当て材 6 をセラミックス製とすることで、被接合材 2 との溶着を防止することができる。

【 0 0 3 5 】

表当て材 6 の主成分は、シリカ（ SiO_2 ）であることが好ましい。シリカの熱伝導率は数 $\text{W/m} \cdot \text{K}$ と低いため、被接合材 2 表面からの抜熱を効率的に抑制することができる。加えて、その他のセラミックス材と比較して安価であることから、セラミックス製板材の価格を抑えることができる。

【 0 0 3 6 】

なお、レーザ光 R の出力及び溶接速度等の各種溶接条件は特に限定されず、被接合材 2 の種類や所望の溶接部形状等に応じて適宜設定すればよい。また、溶接雰囲気を低真空とすることなく、大気圧下での溶接で深溶込みを実現することができる。ここで、本発明のレーザ溶接方法で板状の表当て材 6 を使用する場合は、全ての溶接姿勢に対応することができる。

【 0 0 3 7 】

被接合材 2 は、本発明の効果を損なわない範囲で従来公知の種々の金属材を用いることができるが、鉄鋼材を用いることで、より確実に良好な溶接部を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

また、レーザ光 R としては、本発明の効果を損なわない範囲で従来公知の種々のレーザを用いることができ、例えば、ファイバーレーザ、 CO_2 レーザ、YAG レーザ、ディスクレーザ等を使用することができる。

【 0 0 3 9 】

なお、溶融部にシールドガスを供給する場合、当該溶融部にガス圧が印加されるように供給することで、溶込み深さを向上させることができる。また、当該シールドガスの供給圧力を周期的に変動させることで（パルス状のシールドガスを供給することで）、より効果的に深溶込みを得ることができる。溶込み深さが増加する理由は必ずしも明らかになっていないが、パルス状のシールドガスによってキーホールの開口部及びその近傍が押し下げられ、当該圧力がキーホールの底部にまで効率的に伝達される結果、深溶込みが達成されるものと思われる。なお、シールドガスの供給によってレーザ照射部近傍にフラックスが作用しない局所空間を形成することにより、当該フラックスの散布に起因する溶接金属へのスラグ巻き込みの頻度が抑制され、ビード表面の荒れが解消して美しい表面が形成される。レーザ照射部近傍にフラックスが作用しない局所空間を形成させる方法はシールドガスの供給に限定されず、従来公知の種々の方法を用いることができる。例えば、スリットや棒状体等でフラックスを掻き分け、レーザ影響領域への侵入を防止してもよい。

【 0 0 4 0 】

（ 2 ）第二実施形態

図 2 及び図 3 は、それぞれ本発明の第二実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図及び概略平面図である。本発明の第二実施形態では、被接合材 2 同士を突き合わせ被接合界面 4 を形成し、被接合界面 4 を含む被接合材 2 の表面を、貫通孔 8 を有する表当て材 6 で被覆している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

表当て材 6 は被接合界面 4 が貫通孔 8 の内側に位置するように配置され、レーザ光 R は表当て材 6 側から貫通孔 8 を介して被接合界面 4 に照射される。ここで、貫通孔 8 の幅 W は 1 ~ 4 mm とすること、が好ましい。好適な間隔は被接合材 2 及びレーザ光 R の種類等によっても変化するが、間隔が 1 mm 未満の場合、被接合材 2 の溶融量や溶融金属の移動量等が不足して、ビード表面に凹部が形成されやすくなる。一方で、間隔が 4 mm よりも広い場合、表当て材 6 で被接合材 2 を被覆した効果が十分に得られず、深溶込みが得られない。また、表面近傍における接合部の広がり抑制することができない。

【 0 0 4 2 】

なお、被接合材 2 及び表当て材 6 の材質、レーザ光 R の種類、及びレーザ溶接条件等については、上述の第一実施形態と同様である。

10

【 0 0 4 3 】

(3) 第三実施形態

図 4 及び図 5 は、それぞれ本発明の第三実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図及び概略平面図である。本発明の第三実施形態では、被接合材 2 同士を突き合わせ被接合界面 4 を形成し、被接合界面 4 の両側を表当て材 6 で被覆している。

【 0 0 4 4 】

レーザ光 R は表当て材 6 側から被接合材 2 同士の隙間を通過して、被接合界面 4 に照射される。ここで、隙間の幅 W は 1 ~ 4 mm とすること、が好ましい。好適な間隔は被接合材 2 及びレーザ光 R の種類等によっても変化するが、間隔が 1 mm 未満の場合、被接合材 2 の溶融量や溶融金属の移動量等が不足して、ビード表面に凹部が形成されやすくなる。一方で、間隔が 4 mm よりも広い場合、表当て材 6 で被接合材 2 を被覆した効果が十分に得られず、深溶込みが得られない。また、表面近傍における接合部の広がり抑制することができない。

20

【 0 0 4 5 】

少なくとも 2 枚の板材を表当て材 2 とすることで、幅 W を容易に変更することができる。具体的には、幅 W を 1 ~ 4 mm の範囲で適宜調整することで、ビード表面での凹部形成を抑制しつつ、十分な溶込み深さを得ることができる。

【 0 0 4 6 】

なお、被接合材 2 及び表当て材 6 の材質、レーザ光 R の種類、及びレーザ溶接条件等については、上述の第一実施形態と同様である。

30

【 0 0 4 7 】

(4) 第四実施形態

図 6 及び図 7 は、それぞれ本発明の第四実施形態に係る被接合材及び表当て材の配置を示す概略断面図及び概略平面図である。本発明の第四実施形態では、被接合材 2 同士を突き合わせ被接合界面 4 を形成し、被接合界面 4 の両側を表当て材 6 で被覆している。加えて、表当て材 6 同士の隙間に、粉末状のフラックス 10 が充填されている。

【 0 0 4 8 】

表当て材 6 同士の隙間に粉末状のフラックス 10 を充填した状態でレーザ光 R を照射することで、フラックス 10 を使用しない場合よりも大きな溶込み深さを得ることができる。溶込み深さが増加する理由は必ずしも明らかになっていないが、フラックス 10 による溶融部表面のシールド効果等によるものであると考えられる。

40

【 0 0 4 9 】

フラックス 10 の主成分は、シリカ (SiO_2) であることが好ましい。上述のとおり、シリカの熱伝導率は数 $\text{W/m} \cdot \text{K}$ と低いため、被接合材 2 表面からの抜熱を効率的に抑制することができる。加えて、溶接中における鉄のマランゴニ対流は酸素の微量添加によって内側下向きとなることが知られており、シリカを構成する酸素がレーザ溶接でも効果的に作用している可能性もある。

【 0 0 5 0 】

レーザ光 R は表当て材 6 側からフラックス 10 が充填されている被接合材 2 同士の隙間

50

を通過して、被接合界面 4 に照射される。ここで、隙間の幅 W は 1 ~ 4 mm とすること、が好ましい。好適な間隔は被接合材 2 及びレーザ光 R の種類等によっても変化するが、間隔が 1 mm 未満の場合、被接合材 2 の溶融量や溶融金属の移動量等が不足して、ビード表面に凹部が形成されやすくなる。一方で、間隔が 4 mm よりも広い場合、表当て材 6 で被接合材 2 を被覆した効果が十分に得られず、深溶込みが得られない。また、表面近傍における接合部の広がりを抑制することができない。

【0051】

少なくとも 2 枚の板材を表当て材 2 とすることで、幅 W を容易に変更することができる。具体的には、幅 W を 1 ~ 4 mm の範囲で適宜調整することで、ビード表面での凹部形成を抑制しつつ、十分な溶込み深さを得ることができる。

10

【0052】

なお、被接合材 2 及び表当て材 6 の材質、レーザ光 R の種類、及びレーザ溶接条件等については、上述の第一実施形態と同様である。

【0053】

(5) 第五実施形態

図 8 ~ 図 10 は、それぞれ本発明の第五実施形態に係る被接合材、表当て材及び裏当て材の配置を示す概略断面図、概略平面図及び概略裏面図である。なお、第五実施形態は第四実施形態に裏当て材 12 を追加したものであるが、裏当て材 12 はその他の実施形態に追加してもよい。

【0054】

20

表当て材 6 同士の隙間に粉末状のフラックス 10 を充填した状態でレーザ光 R を照射することで大きな溶込み深さを得ることができることに加え、接合部裏面に配置された裏当て材 12 によって、裏面からの溶落ちを効果的に抑制することができる。なお、裏当て材 12 の主成分はシリカ (SiO_2) とすることがより好ましい。

【0055】

なお、第一実施形態 ~ 第五実施形態では線接合に関する実施形態を示したが、スポット溶接とすることで、深い溶込みを有するスポット溶接部を簡便かつ安定して形成させることができる。スポット溶接を行う場合、線接合の場合と同様の表当て材 6 を用いてもよいが、例えば、略円形の貫通孔を設けた表当て材 6 を用いてもよい。

【0056】

30

以上、本発明の代表的な実施形態について説明したが、本発明はこれらだけに限定されるものではなく、種々の設計変更が可能であり、それら設計変更は全て本発明の技術的範囲に含まれる。

【実施例】

【0057】

実施例 1

供試材を厚さ 50 × 幅 60 × 長さ 200 mm の炭素鋼板とし、ファイバーレーザ（ファイバー径：0.5 mm，ビーム集光スポット径：1 mm）を用いてビードオンプレートにて溶接を行った。ここで、表当て材には貫通孔（間隔：3 mm）を有する 9 × 28 × 32 mm のセラミックス板（（株）神戸製鋼所社製 FB-B3， SiO_2 ：30 ~ 40 wt%， Al_2O_3 ：40 ~ 60 wt%， MgO ：10 wt%）を用い、炭素鋼板の表面に配置した。

40

【0058】

レーザ出力：50 kW、溶接速度：1000 mm/min、レーザ焦点：炭素鋼板表面（ジャストフォーカス）とし、大気圧下で実施溶接部 1 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 11 及び図 12 にそれぞれ示す。

【0059】

実施例 2

貫通孔を設けなかったこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 2 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 11 及び図 12 にそれぞれ示す。

50

【 0 0 6 0 】

実施例 3

貫通孔の間隔を 1 mm としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 3 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 1 】

実施例 4

貫通孔の間隔を 2 mm としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 4 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 2 】

実施例 5

貫通孔の間隔を 4 mm としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 5 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 3 】

実施例 6

貫通孔の間隔を 5 mm としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 6 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 4 】

実施例 7

貫通孔の間隔を 6 mm としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 7 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 5 】

実施例 8

表当て材として用いる板材の材質を固形フラックス（（株）神戸製鋼所社製裏当て材 F A - B 1 の一部）としたこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 8 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 6 】

実施例 9

セラミックス板の貫通孔にフラックスとしてトーヨーマテラン（株）社製のシリカサンド 4 号（代表粒径：850 μm ， SiO_2 ：96.8 wt%， Al_2O_3 ：1.7 wt%， Fe_2O_3 ：0.05 wt%，強熱減量：0.19 wt%）を充填したこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 9 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 7 】

実施例 1 0

セラミックス板の貫通孔にフラックスとしてソフト・シリカ（株）社製の珪酸塩白土（ SiO_2 ：72.96 wt%， Al_2O_3 ：9.92 wt%， Fe_2O_3 ：4.95 wt%， Na_2O ：4.98 wt%， K_2O ：0.13 wt%， H_2O ：3.81 wt%）を充填したこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 1 0 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 8 】

実施例 1 1

セラミックス板の貫通孔にフラックスとして日鐵住金溶接工業（株）製の熔融型中酸化マンガン系フラックス Y F - 1 5 A（粒度（メッシュ）：12 × 150， SiO_2 ：40 ~ 50 wt%， Al_2O_3 ：10 wt%， CaO ：10 wt%， TiO_2 ：10 wt%，水溶性無機化合物：10 wt%，その他の無機化合物：20 ~ 30 wt%）を充填したこと以外は実施例 1 と同様にして、実施溶接部 1 1 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 1 1 及び図 1 2 にそれぞれ示す。

【 0 0 6 9 】

実施例 1 2

供試材を厚さ 6 0 × 幅 8 0 × 長さ 2 4 8 mm の炭素鋼板とし、ファイバーレーザ（ファ

10

20

30

40

50

イバー径：0.5 mm，ビーム集光スポット径：1 mm)を用いてビードオンプレートにて溶接を行った。ここで、表当て材には貫通孔(間隔：11 mm)を有する9×28×32 mmのセラミックス板((株)神戸製鋼所社製FB-B3, SiO₂：30～40 wt%, Al₂O₃：40～60 wt%, MgO：10 wt%)を用い、炭素鋼板の表面に配置した。加えて、セラミックス板の貫通孔にフラックスとして日鐵住金溶接工業(株)製の溶融型中酸化マンガン系フラックスYF-15A(粒度(メッシュ)：12×150, SiO₂：40～50 wt%, Al₂O₃：10 wt%, CaO：10 wt%, TiO₂：10 wt%, 水溶性無機化合物：10 wt%, その他の無機化合物：20～30 wt%)を充填した。

【0070】

10

レーザ出力：50 kW、溶接速度：600 mm/min、レーザ焦点：炭素鋼板表面から-40 mmとし、大気圧下で実施溶接部12を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図13及び図14にそれぞれ示す。

【0071】

実施例13

セラミックス板の貫通孔にフラックスを充填しなかったこと以外は実施例12と同様にして、実施溶接部13を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図15及び図16にそれぞれ示す。

【0072】

実施例14

20

供試材を厚さ60×幅80×長さ248 mmの炭素鋼板とし、ファイバーレーザ(ファイバー径：0.5 mm，ビーム集光スポット径：1 mm)を用いてビードオンプレートにて溶接を行った。ここで、表当て材には貫通孔(間隔：12 mm)を有する9×28×32 mmのセラミックス板((株)神戸製鋼所社製FB-B3, SiO₂：30～40 wt%, Al₂O₃：40～60 wt%, MgO：10 wt%)を用い、炭素鋼板の表面に配置した。加えて、セラミックス板の貫通孔にフラックスとして日鐵住金溶接工業(株)製の溶融型中酸化マンガン系フラックスYF-15A(粒度(メッシュ)：12×150, SiO₂：40～50 wt%, Al₂O₃：10 wt%, CaO：10 wt%, TiO₂：10 wt%, 水溶性無機化合物：10 wt%, その他の無機化合物：20～30 wt%)を充填した。また、裏面には厚さ20 mmの固形フラックス(日鐵住金溶接工業(株)製ST-1A, SiO₂：25～35 wt%, Al₂O₃：10～20 wt%, CaO：15～20 wt%, MnO₂：15～20 wt%, TiO₂：5 wt%)を溶接線に沿って配置した。

30

【0073】

レーザ出力：100 kW、溶接速度：1200 mm/min、レーザ焦点：炭素鋼板表面から-40 mmとし、φ2 mmのノズルから70 L/分の窒素ガスを溶接部に供給して実施溶接部14を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図17及び図18にそれぞれ示す。

【0074】

実施例15

40

窒素ガスを供給しなかったこと以外は実施例14と同様にして、実施溶接部15を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図19及び図20にそれぞれ示す。

【0075】

実施例16

供試材を厚さ40×幅35×長さ190 mmの炭素鋼板とし、ファイバーレーザ(ファイバー径：0.5 mm，ビーム集光スポット径：1 mm)を用いてビードオンプレートにてスポット溶接を行った。ここで、表当て材には板厚さ5 mmとした固形フラックス(日鐵住金溶接工業(株)製ST-1A, SiO₂：25～35 wt%, Al₂O₃：10～20 wt%, CaO：15～20 wt%, MnO₂：15～20 wt%, TiO₂：5

50

w t %) を用い、炭素鋼板の表面との間隔を 2 mm として配置した。

【 0 0 7 6 】

レーザ出力：15 kW、入射角：20°、溶接時間：1.0 秒、レーザ焦点：炭素鋼板表面から - 25 mm として実施溶接部 16 を得た。得られた溶接部の断面マクロ写真を図 21 に示す。なお、得られた溶込み深さは 17.0 mm である。

【 0 0 7 7 】

実施例 17

表当て材の炭素鋼板の表面との間隔を 1.2 mm としたこと以外は実施例 16 と同様にして、実施溶接部 17 を得た。得られた溶接部の断面マクロ写真を図 22 に示す。なお、得られた溶込み深さは 18.4 mm である。

【 0 0 7 8 】

実施例 18

供試材を厚さ 40 × 幅 35 × 長さ 190 mm の炭素鋼板とし、ファイバーレーザ（ファイバー径：0.5 mm、ビーム集光スポット径：1 mm）を用いてビードオンプレートにて溶接を行った。ここで、表当て材には貫通孔（間隔：2 mm）を有する 9 × 28 × 32 mm のセラミックス板（（株）神戸製鋼所社製 FB-B3, SiO₂：30 ~ 40 wt % , Al₂O₃：40 ~ 60 wt % , MgO：10 wt %）を用い、炭素鋼板の表面に配置した。また、裏面には厚さ 20 mm の固形フラックス（日鐵住金溶接工業（株）製 ST-1A, SiO₂：25 ~ 35 wt % , Al₂O₃：10 ~ 20 wt % , CaO：15 ~ 20 wt % , MnO₂：15 ~ 20 wt % , TiO₂：5 wt %）を溶接線に沿って配置した。

【 0 0 7 9 】

レーザ出力：50 kW、溶接速度：540 mm/min、レーザ焦点：炭素鋼板表面から - 40 mm として実施溶接部 18 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 23 に示す。なお、参考として、裏板が無い領域で形成された溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真も示している。

【 0 0 8 0 】

比較例 1

表当て材を使用しなかったこと以外は実施例 1 と同様にして、比較溶接部 1 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 11 及び図 12 にそれぞれ示す。

【 0 0 8 1 】

比較例 2

表当て材を使用せず、被接合材の表面に幅 3 mm、深さ 8 mm の溝を形成し、当該溝に対してレーザ光を照射した以外は実施例 1 と同様にして、比較溶接部 2 を得た。得られた溶接部の表面外観写真及び断面マクロ写真を図 11 及び図 12 にそれぞれ示す。

【 0 0 8 2 】

比較例 3

表当て材を使用しなかったこと以外は実施例 16 と同様にして、比較溶接部 3 を得た。得られた溶接部の断面マクロ写真を図 24 に示す。なお、得られた溶込み深さは 8.6 mm である。

【 0 0 8 3 】

実施溶接部 1 と比較溶接部 1 の断面マクロ写真の比較により、本発明のレーザ溶接方法によって溶込み深さが増加し、被接合材表面近傍の溶接部の幅が狭くなることが分かる。また、表面外観写真の比較により、本発明のレーザ溶接方法によって得られるビードの幅は狭く、安定した形状を有していることが分かる。

【 0 0 8 4 】

実施溶接部 1 ~ 実施溶接部 7 及び比較溶接部 1 の断面マクロ写真の比較により、表当て材に貫通孔を設けない場合は比較溶接部 1 と比較して溶込み深さが増加しているが、ビード表面が凹状となっている。また、表当て材の間隔が 1 ~ 4 mm の場合に、顕著に溶込み深さが増加している。間隔が 5 mm 及び 6 mm の場合は 1 ~ 4 mm の場合と比較すると溶

10

20

30

40

50

込み深さは浅くなるが、比較溶接部 1 と比較すると表面近傍の溶接部の幅が狭くなっている。

【 0 0 8 5 】

実施溶接部 9 ～実施溶接部 1 1 及び比較溶接部 1 の断面マクロ写真の比較により、表当て材の間にフラックスを充填してレーザ溶接することで、極めて効果的に溶込み深さを増加させ、表面近傍での溶接部の広がりを抑制できることが分かる。また、実施溶接部 1 と実施溶接部 9 の断面マクロ写真の比較により、表当て材の貫通孔に適当なフラックスを充填させることで、表当て材のみを使用する場合よりも溶込み深さが増加することが分かる。

【 0 0 8 6 】

実施溶接部 1 及び比較溶接部 2 の断面マクロ写真の比較により、実施溶接部 1 の溶込み深さは比較溶接部よりも明らかに大きくなっている。当該結果は、溶込み深さ増加の原因はレーザ照射部の凹形状ではなく、表当て材であることを示している。

【 0 0 8 7 】

実施溶接部 1 2 と実施溶接部 1 3 の表面外観写真の比較により、セラミックス板の貫通孔にフラックスを充填した場合はビード幅がより狭くなっている。また、断面マクロ写真の比較により、フラックスを充填した場合は溶込み深さが増加していることに加えて、溶接部底部の凹凸形状が小さくなっており、より安定した深溶込み溶接が実現されていることが確認される。

【 0 0 8 8 】

実施溶接部 1 4 と実施溶接部 1 5 の比較により、溶接部にシールドガスを供給した場合、当該溶接部にガス圧が印加されるように供給することで、レーザ照射部近傍にフラックスが作用しない局所空間を形成することにより、当該フラックスの散布に起因する溶接金属へのスラグ巻き込みの頻度が抑制されることで、ビード表面の荒れが解消して美しい表面を形成し、裏波も安定化する効果を奏している。

【 0 0 8 9 】

実施溶接部 1 6 及び実施溶接部 1 7 と比較溶接部 3 の比較により、スポット溶接の場合であっても、表当て材を使用すると溶込み深さが顕著に増加することが分かる。加えて、表当て材を使用することで、幅の狭いシャープな溶接部を得ることができる。また、表当て材の間隔により溶込み深さが変化し、間隔を 1 . 2 m m とすることで 1 8 . 4 m m に達する溶込み深さが得られている。

【 0 0 9 0 】

実施例 1 8 の結果より、接合部裏面に配置された裏当て材によって、裏面からの溶落ちが効果的に抑制されており、理想的な貫通溶接が達成されていることが分かる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 1 】

- 2 . . . 被接合材、
- 4 . . . 被接合界面、
- 6 . . . 表当て材、
- 8 . . . 貫通孔、
- 1 0 . . . フラックス、
- 1 2 . . . 裏当て材。

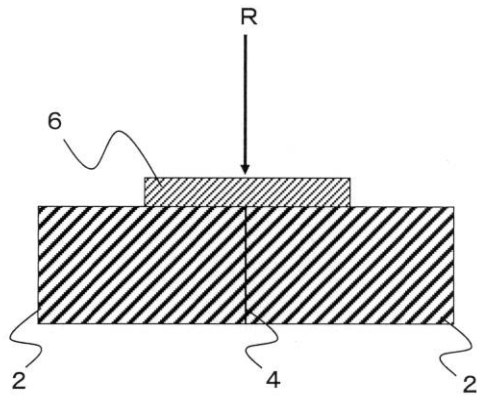
10

20

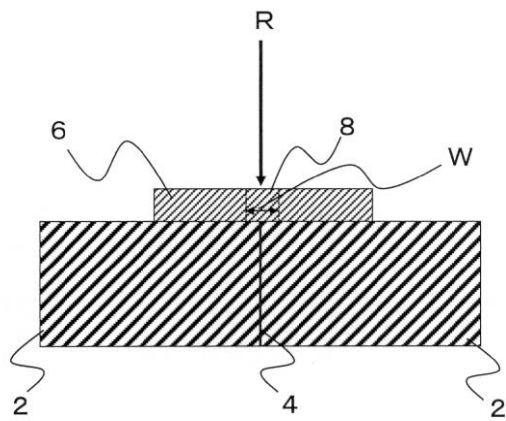
30

40

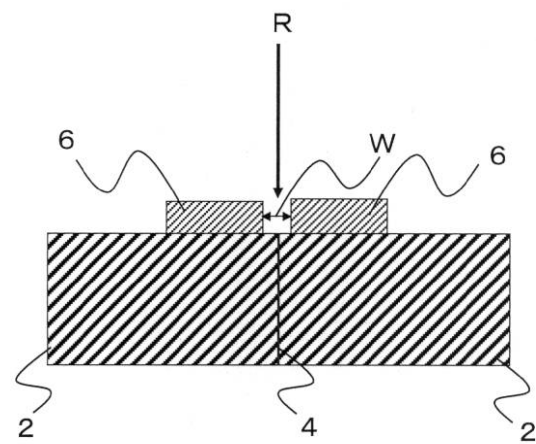
【図 1】



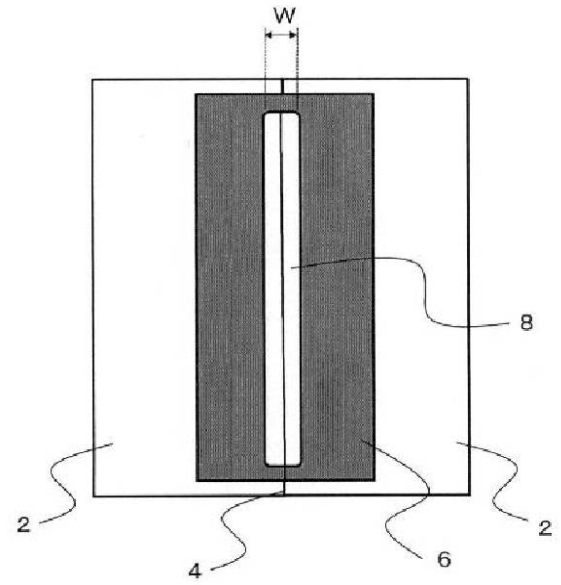
【図 2】



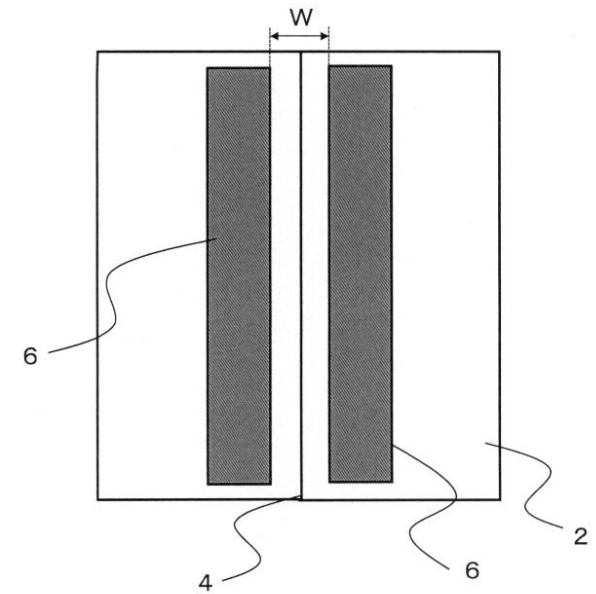
【図 4】



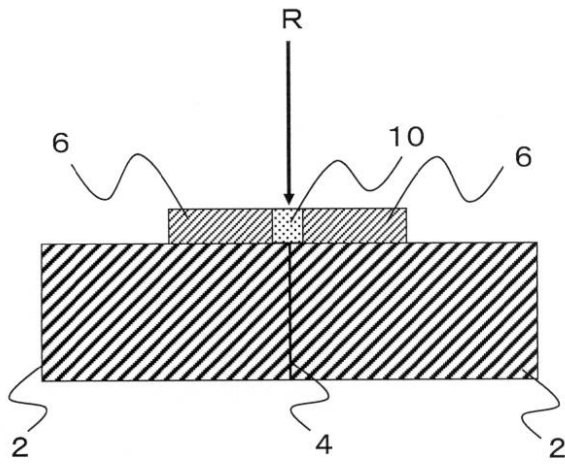
【図 3】



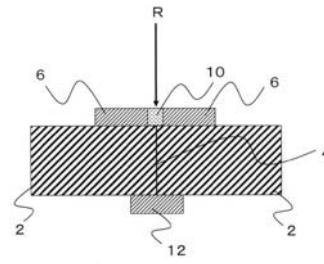
【図 5】



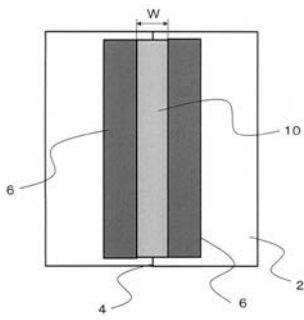
【図 6】



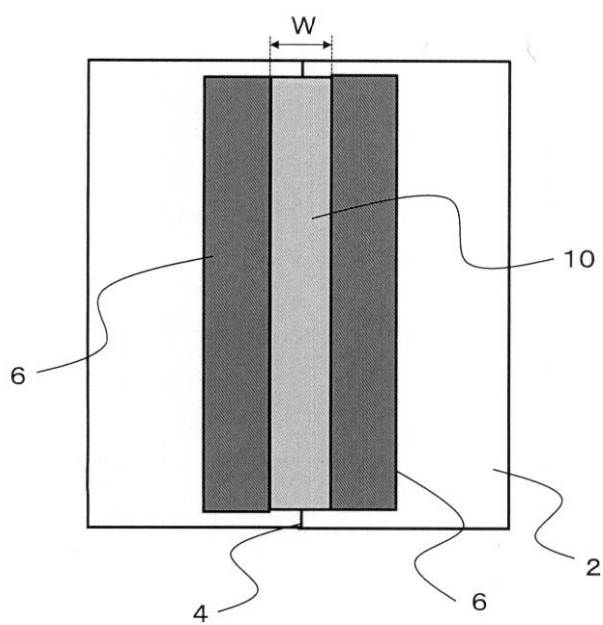
【図 8】



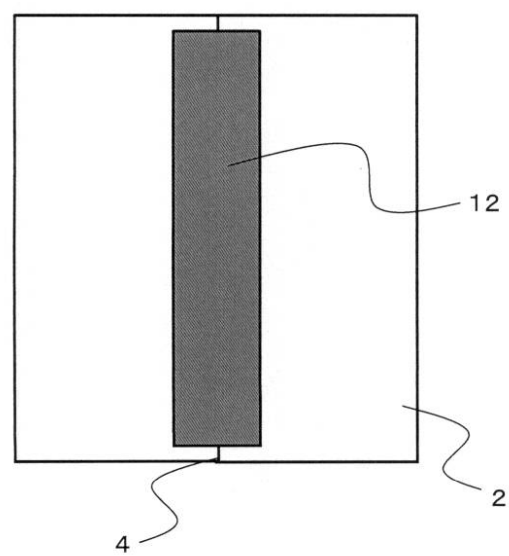
【図 7】



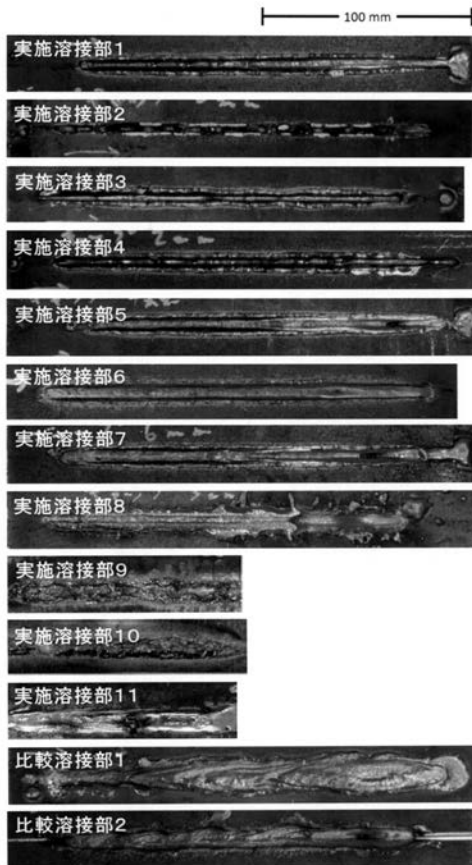
【図 9】



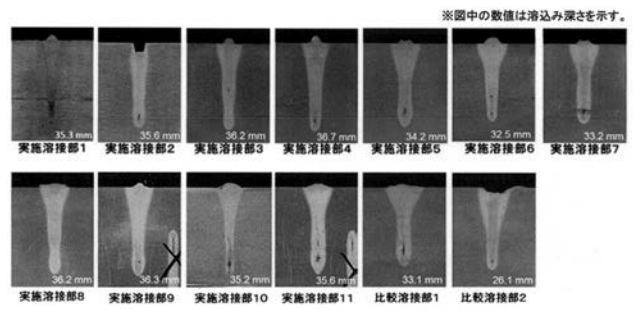
【図 10】



【図 1 1】



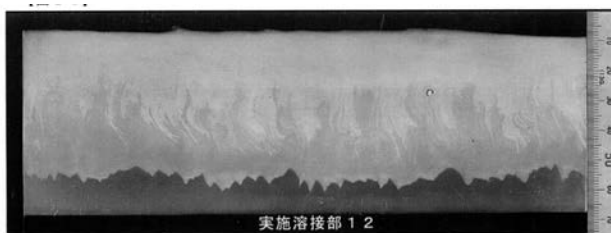
【図 1 2】



【図 1 3】



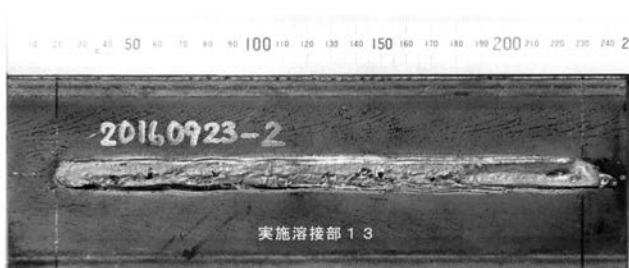
【図 1 4】



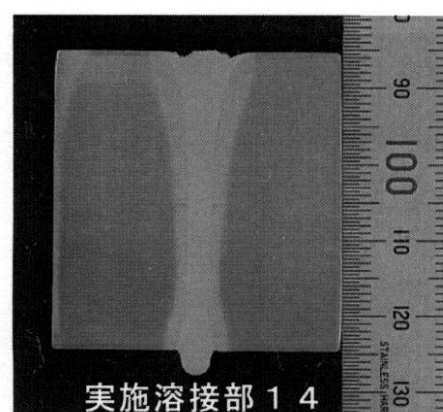
【図 1 7】



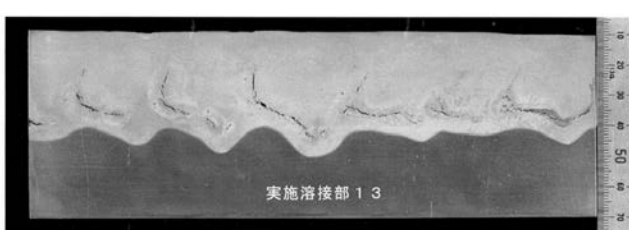
【図 1 5】



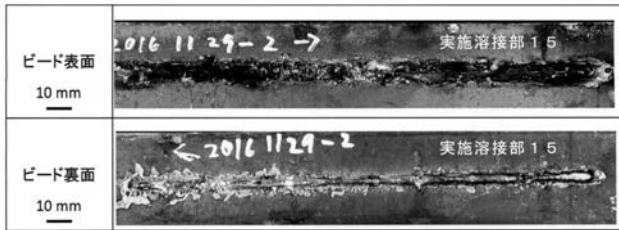
【図 1 8】



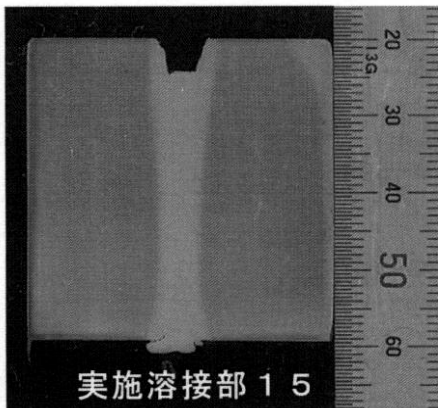
【図 1 6】



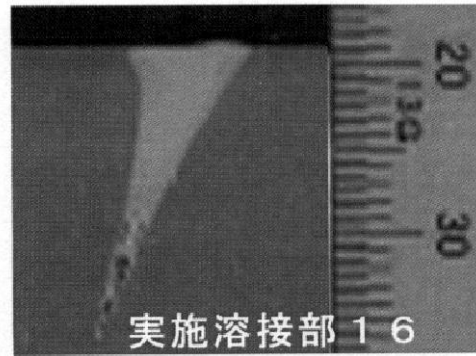
【図 19】



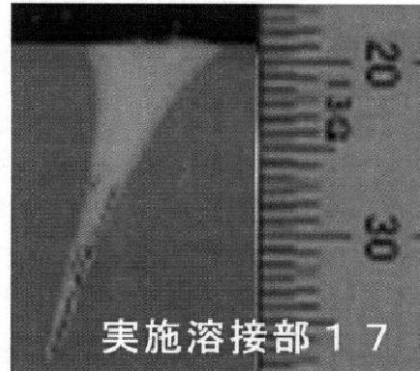
【図 20】



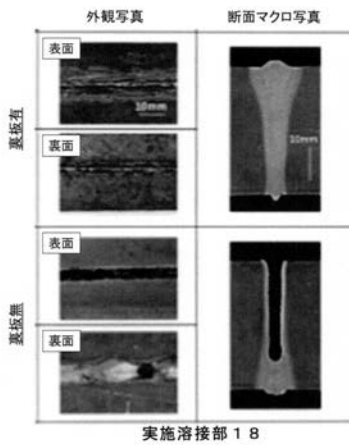
【図 21】



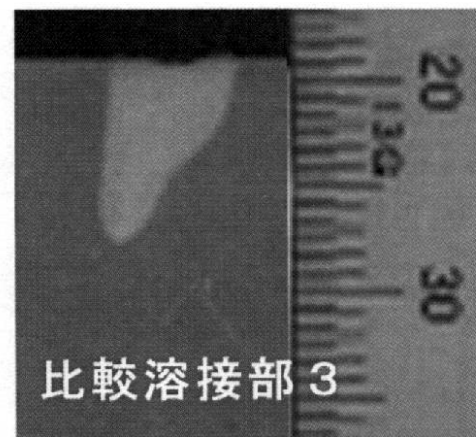
【図 22】



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

(72)発明者 住森 大地

岐阜県可児市姫ヶ丘 1 丁目 2 1 番地 株式会社ナ・デックスプロダクツ内

(72)発明者 伊藤 晋吾

岐阜県可児市姫ヶ丘 1 丁目 2 1 番地 株式会社ナ・デックスプロダクツ内

F ターム(参考) 4E168 BA16 BA37 BA56 BA71 BA74 BA83 DA23 DA24 DA28 DA29
DA32 FB01