

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6690540号
(P6690540)

(45) 発行日 令和2年4月28日(2020.4.28)

(24) 登録日 令和2年4月13日(2020.4.13)

(51) Int. Cl. F I
B 2 3 K 26/28 (2014.01) B 2 3 K 26/28
B 2 3 K 26/21 (2014.01) B 2 3 K 26/21 G

請求項の数 5 (全 33 頁)

| | | | |
|--------------------|------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2016-548948 (P2016-548948) | (73) 特許権者 | 000006655 |
| (86) (22) 出願日 | 平成27年9月17日 (2015.9.17) | | 日本製鉄株式会社 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2015/076528 | | 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 |
| (87) 国際公開番号 | W02016/043278 | (74) 代理人 | 100099759 |
| (87) 国際公開日 | 平成28年3月24日 (2016.3.24) | | 弁理士 青木 篤 |
| 審査請求日 | 平成29年3月6日 (2017.3.6) | (74) 代理人 | 100077517 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2014-191806 (P2014-191806) | | 弁理士 石田 敬 |
| (32) 優先日 | 平成26年9月19日 (2014.9.19) | (74) 代理人 | 100087413 |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 日本国 (JP) | | 弁理士 古賀 哲次 |
| | | (74) 代理人 | 100113918 |
| | | | 弁理士 亀松 宏 |
| | | (74) 代理人 | 100187702 |
| | | | 弁理士 福地 律生 |
| | | (74) 代理人 | 100162204 |
| | | | 弁理士 齋藤 学 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ溶接継手及びレーザー溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

重ねあわせた複数枚のC含有量が0.65%以下、板厚が0.5~3.0mmの鋼板を溶接した溶接継手であって、

環状又は開環状の第1の溶接ビード、及び

前記第1の溶接ビードから外側に向かって順次形成された環状又は開環状の第2以降の溶接ビード

からなる3重以上の環状又は開環状の溶接ビードを有し、

前記各溶接ビードの溶接ビードの幅が0.5~1.5mmであり、

最も外側の前記溶接ビードの外径が20mm以下であり、

前記各溶接ビードの表面硬度が、最も内側の前記第1の溶接ビードから外側の溶接ビードに向かって順次増加する

ことを特徴とするレーザー溶接継手。

【請求項2】

C含有量が0.65%以下、板厚が0.5~3.0mmの鋼板を複数枚重ねてレーザーを照射して環状又は開環状の溶接ビードを多重に、各溶接ビードの溶接ビードの幅が0.5~1.5mm、最も外側の溶接ビードの外径が20mm以下となるように形成することにより、重ねた鋼板を相互に溶接するレーザー溶接方法であって、

レーザーの照射により環状又は開環状の第1の溶接ビードを形成する工程と、

前記第1の溶接ビードの外側に、レーザーの照射によりさらに2以上の環状又は開環状の

溶接ビードを内側から外側に向けて順次形成する工程を備え、

内側の溶接ビードの形成終了時刻から 0.5 sec 以上経過した後、その外側の溶接ビードの形成を開始し、
2 目以降の溶接ビードの形成を、その内側の溶接ビードの温度が Ms 点 - 50 以下になった後に開始する

ことを特徴とするレーザー溶接方法。

【請求項 3】

前記第 1 の溶接ビードとその外側に形成される溶接ビードのいずれもが重ならないように形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のレーザー溶接方法。

10

【請求項 4】

最も外側に形成される溶接ビードは、その内側の溶接ビードと一部重なるように形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のレーザー溶接方法。

【請求項 5】

前記溶接ビードの形成がリモートレーザー溶接により行われることを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属板を複数枚重ね合わせ、それらをレーザーでスポット状に溶接した溶接継手に関し、特に、溶接ビードを多重にするとともにその品質を向上し、継手強度に優れたレーザー溶接継手及びレーザー溶接方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

たとえば、近年、自動車の燃費の改善や安全性の向上などの要求に対応するため、高強度の薄鋼板が自動車車体に多く使用されるようになっており、レーザー溶接を用いてこれらの鋼板をより高速に溶接することが求められている。さらに、高強度薄鋼板を重ね合わせてレーザー溶接する際に、安定して、高い接合部の強度が得られることが望まれている。

【0003】

レーザー溶接は、レーザー光を熱源とするので、TIG 溶接や MIG 溶接などのアーク溶接に比べて入熱量の制御が確実かつ容易である。このため、溶接速度やレーザービームの照射出力、さらにはシールドガス流量などの溶接条件を適切に設定することによって、熱変形を小さくできる。また、レーザー溶接は、片側から溶接できるので、自動車の車体など複雑な部材の組付溶接に好適である。

30

【0004】

近年では、ミラーによりレーザービームを高速で位置決めし、溶接箇所間の移動を短時間に行う、高効率なリモートレーザー溶接が普及しつつある。

【0005】

リモートレーザー溶接では、例えば、図 5 に示すように、ハット型部材 50 のフランジ部 50a の複数の溶接点を、溶接ビード 51 を用いてレーザー溶接している。

40

【0006】

レーザー溶接では、溶接部に荷重が負されると、溶接ビードの融合線（ボンド部）と鋼板の重ね部が交差する部位の近傍に応力が集中する。そのため、荷重の大きさによっては、破断に至る場合がある。

【0007】

特許文献 1 は、この問題に対し、図 4 に示すように第 1 の溶接ビード 60 の内側にさらに第 2 の溶接ビード 61 を形成して、溶接ビードを多重ビードとすることにより、鋼板 5、5 の接合強度をさらに向上するとともに、1 番目のビード 60 を 2 番目のビード 61 の熱で焼戻す方法を開示している。これにより、溶接ビードのボンド部の延性が向上し、荷重負荷時の重ね部の応力集中が緩和され、荷重負荷に対する耐性が高くなる。

50

【0008】

特許文献2は、本ビード、圧縮場付与ビード、焼戻しビードの順に3本のビードを形成させ、ビードの割れを防止する方法を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際公開第2012/050097号

【特許文献2】特開2012-240086号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

特許文献1のように環状の溶接ビードを多重に形成して鋼板をレーザ溶接する場合、第1の溶接ビードの内側に第2の溶接ビードを形成する時に、溶接する鋼板の材質や溶接ビードの大きさによっては、内側の溶接ビードに縦割れが生じることがある。

【0011】

割れが発生した溶接部に荷重が負荷されると、ビードの融合線と鋼板の重ね面が交差する部位の近傍に発生する応力の値が、割れが発生しない場合に比べ高くなる。その結果、鋼板の重ね面に平行なせん断荷重に対する強度、及び剥離方向の荷重に対する強度の確保が困難となる。

【0012】

20

特許文献2において、3重円で継手強度が足りない場合は、5重円、7重円のように $3 + 2n$ (n は0以上の整数)本の冗長な数のビードを形成することになり、継手強度を確保するのに必要な本数を越えたビードを形成することになる。

【0013】

このとき、フランジのような面積が限られた箇所を溶接する場合は、ビード間の相互距離が定まっているために、一度打ったビードを再度溶接することになる。その結果、スパッタにより溶接金属の板厚方向の厚みが減少し、また、過大な入熱のために熱影響部が軟化し、継手強度が低下する欠点がある。

【0014】

本発明は、上記の事情に鑑み、環状の溶接ビードを多重に形成する鋼板の重ねレーザ溶接において、ビードに割れが発生するのを防止するとともに、継手強度に必要な本数だけの溶接ビードからなる継手強度に優れたレーザ溶接継手、及びレーザ溶接方法を提供することを課題とするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、多重ビードによる金属板のレーザ溶接において、上記のような内側ビードの割れを防止するために割れの発生原因について検討した。

【0016】

その結果、外側から内側に順次環状又は開環状の溶接ビードを形成した場合に内側ビードで発生する割れは凝固割れであること、その凝固割れには、外側の溶接の際に発生した引張残留応力が影響していることを知見した。

40

【0017】

そして、多重ビードを形成する際、内側から外側に向かって順々に環状又は開環状の溶接ビードを形成することにより、ビードの割れを防止して多重ビードを形成することができることを見出した。また、内側と外側のビードを形成する際の時間間隔を調整したり、内側と外側のビードを一部重ねて溶接したりすることにより、荷重負荷に対する溶接継手の耐性がさらに高まることを見出した。

【0018】

本発明は、このような知見に基づきさらに検討してなされたものであって、その要旨は、以下のとおりである。

50

【0019】

(1) 重ねあわせた複数枚のC含有量が0.65%以下、板厚が0.5~3.0mmの鋼板を溶接した溶接継手であって、環状又は開環状の第1の溶接ビード、及び前記第1の溶接ビードから外側に向かって順次形成された環状又は開環状の第2以降の溶接ビードからなる3重以上の環状又は開環状の溶接ビードを有し、前記各溶接ビードの溶接ビードの幅が0.5~1.5mmであり、最も外側の前記溶接ビードの外径が20mm以下であり、前記各溶接ビードの表面硬度が、最も内側の前記第1の溶接ビードから外側の溶接ビードに向かって順次増加することを特徴とするレーザ溶接継手。

【0020】

(2) C含有量が0.65%以下、板厚が0.5~3.0mmの鋼板を複数枚重ねてレーザを照射して環状又は開環状の溶接ビードを多重に、各溶接ビードの溶接ビードの幅が0.5~1.5mm、最も外側の溶接ビードの外径が20mm以下となるように形成することにより、重ねた金属板を相互に溶接するレーザ溶接方法であって、レーザの照射により環状又は開環状の第1の溶接ビードを形成する工程と、前記第1の溶接ビードの外側に、レーザの照射によりさらに2以上の環状又は開環状の溶接ビードを内側から外側に向けて順次形成する工程を備え、内側の溶接ビードの形成終了時刻から0.5sec以上経過した後、その外側の溶接ビードの形成を開始し、2つ目以降の溶接ビードの形成を、その内側の溶接ビードの温度がMs点-50以下になった後に開始することを特徴とするレーザ溶接方法。

【0023】

(3) 前記第1の溶接ビードとその外側に形成される溶接ビードのいずれもが重ならないように形成されていることを特徴とする前記(2)に記載のレーザ溶接方法。

【0024】

(4) 最も外側に形成される溶接ビードは、その内側の溶接ビードと一部重なるように形成されていることを特徴とする前記(2)に記載のレーザ溶接方法。

【0025】

(5) 前記溶接ビードの形成がリモートレーザ溶接により行われることを特徴とする前記(2)~(4)のいずれかのレーザ溶接方法。

【0026】

ここで、環状の溶接ビードとは、ビードの軌跡が円形、長円形、楕円形、多角形のもの、あるいはこれらの一部にくびれ部を有するものであって、ビードの軌跡が連続したものであり、該ビードが特定の範囲を圍繞するものをいう。また、開環状の溶接ビードとは、ビードの軌跡が円形、長円形、楕円形、多角形のもの、あるいはこれらの一部にくびれ部を有するものであって、ビードの軌跡が部分的に不連続部を含むものであり、該ビード及びビードとビードを結ぶ線分が特定の範囲を圍繞するものをいう。

【0027】

またビードの外径とは、ビード外側の溶融溶接線(止端部)を結ぶ線上において、任意の2点間を結ぶ線分の最大長さをいう。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、環状又は開環状の溶接ビードを多重に形成する金属板の重ねレーザ溶接において、内側から外側に向けて順次溶接ビードを形成することにより、ビードに割れが発生するのを防止して多重ビードを形成できる。その結果、従来よりも継手強度に優れたレーザ溶接継手を提供することができる。また、多重の環状又は開環状の溶接ビードを形成することでビード内側の耐食性の向上などの効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明のレーザ溶接方法によって形成された多重ビードの概略を示す図であり、(a)は斜視図、(b)は(a)のA-A'断面を示す図である。

【図2】本発明のレーザ溶接方法によって形成された溶接継手の硬度分布の一例である。

10

20

30

40

50

【図3】環状溶接ビードのビード形状を説明するための図である。

【図4】従来の多重環状溶接ビードの例を説明するための図である。

【図5】ハット部材のフランジ部を環状の溶接ビードを用いてレーザー溶接する例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明のレーザー溶接方法の実施の形態について、図を参照して詳細に説明する。

まず、本発明の溶接方法の基本的な形態を、円環状の溶接ビードを用いて溶接する場合について説明する。

【0031】

レーザー溶接で金属板5の重なり部を溶接する場合、レーザー溶接の特性を生かして、図5に示すように、抵抗溶接におけるナゲット径の大きさに相当する環状の軌跡でレーザー溶接する。

【0032】

特許文献1の技術では、基本的な溶接ビードとなる第1のビード60を形成し、その内側に、第1のビード60に近接して、あるいは重なり合うようにして、第2のビード61を形成してビードを多重ビードとする。その際、内側に形成した第2のビードに縦割れが生じることがある。

【0033】

本発明者らがその原因を破面観察により調査した結果、第2のビードの縦割れは凝固割れであることが分かった。そこで、本発明者らは、内側の第2ビードが凝固時に割れる原因についてさらに検討した。

【0034】

本発明者らの検討の結果、第2のビードの割れの発生は、環状の第1の溶接ビードのビード長が長くなるほど、すなわち、環状のビードの径が大きくなるほど顕著になる傾向が見られた。また、第1の溶接ビードの径が小さい場合や、その中心により近い領域に第2ビードを形成した場合でも割れの発生が起こらないことが分かった。これらのことから、本発明者らは、割れの発生する原因を次のように考えた。

【0035】

第1のビードを形成すると、そのビードに囲まれた領域では、板厚方向に垂直な面内において、溶接線と直角方向に引張の残留応力が発生する。引張の残留応力が生じている領域内で第2の溶接が行われると、溶融ビードに隣接する領域の鋼板は拘束が解かれるので、引張残留応力の影響で溶融ビードを幅方向に引っ張るように変形する。そのため、第2の溶接ビードは凝固途中において、凝固完了前にビードに割れが発生する。

【0036】

そこで、第1のビードに囲まれた領域の板厚方向に垂直な面内において発生する、溶接線と直角方向に引張の残留応力の影響を受けないで第2のビードを形成する方法について検討した。

その結果、第2のビード以降のビードを、内側ではなく第1のビードの外側に順次形成することにより、第2以降のビードの割れを防止して溶接することができることを見出した。

【0037】

すなわち、多重ビードを形成する場合、内側から外側に向けて順次溶接ビードを形成することにより、前のビードの内側に発生する引張の残留応力の影響を受けずに、外側のビード20を形成できるので、割れを生じさせることなく多重ビードを形成することができることが分かった。

【0038】

本発明は、以上のような基本原理のもと、さらにその態様について検討して、なされたものである。以下、図1を参考にして、本発明の要件及び好ましい要件について説明する。

【0039】

(第1の溶接ビードの形成)

本発明では、金属板5を複数枚重ね合わせ、重ね合わせた金属板の溶接予定位置にレーザを照射して環状の溶接ビードを多重に形成することにより、重ねた金属板を相互に溶接する。

【0040】

その際に、本発明では、まず、所定の溶接個所にレーザを走査して、最も内側のビードとなる第1の溶接ビード10を形成する。溶接点は、図5のように複数個所に設けることによって、溶接構造部材を製造することができるが、ここでは、1カ所の溶接について説明する。

10

【0041】

第1の溶接ビード10は、例えば外径が3mm以上15mm以下の大きさを形成する。なお、形成するビードの形状については後述するが、溶接ビードは円形に限られるものではないので、本発明では、溶接ビード外側の溶融溶接線(溶接ビードの外側の止端部)を結ぶ線上において、2点を結ぶ線分の最大長さを外径とする。

【0042】

(第2のビード以降の溶接ビードの形成)

次に、第1の溶接ビード10の外側領域にレーザを走査して、第2の溶接ビード20及びそれ以降の溶接ビード30を順次外側に向かって形成する。必要な継手強度を得るために第2の溶接ビード20以降のビード数は2以上とする。

20

【0043】

本発明を、たとえば、自動車用の構造部材の溶接に適用する場合、最も外側の溶接ビード(最外周ビード)は、その外径を20mm以下とするのが好ましい。その理由は、自動車用の構造部材は軽量化が進められており、図5に示す部材のフランジのような重ね合わせ部の幅も狭くなっており、かつ、部材をリモート溶接により高速にレーザ溶接するためである。

【0044】

レーザにより形成される溶接ビードの幅は、使用するレーザ装置によるが、通常は0.5~1.5mmである。1箇所の溶接点で形成できるビードの本数は、溶接継手の用途によって決めればよく、特に制限されるものではない。本発明を上記の自動車用の構造部材の溶接に適用する場合、最外周ビードの外径とビード幅を考慮すると、最大10本程度である。

30

【0045】

(溶接ビードの硬度(本明細書において、特に断りのない限り溶接ビードの表面硬度を示す。))

上記のようにビードを形成することにより内側のビードが軟化するため、溶接ビードの硬度は外側になるほど高くなる。溶接ビードの硬度は、ビード幅により幅方向に6~8点程度のビッカース硬度を測定し、平均した値とする。このような硬度分布とすることにより、継手の引張せん断強度を上昇させることができる。

【0046】

図2は、本発明のレーザ溶接方法を用いて、980MPa級鋼板を、レーザ出力4kW、溶接速度4m/minで、同心円状に8mm、16mm、20mmの順で0.9秒ごとにビードを形成した硬度分布の例である。各溶接ビードの表面硬度(平均値)は、内側のビードから順に、274HV、289HV、356HVであり、外側に行くほど上昇することが分かる。

40

【0047】

各溶接ビードの硬度は特に限定されないが、硬度が低すぎると溶接継手全体の強度が低下するので200HV以上が好ましく、250HV以上がより好ましい。また、硬度が高過ぎると、溶接部に割れが生じやすくなるので、700HV以下が好ましく、550HV以下がより好ましい。

50

【0048】

(ビードの配置)

溶接ビードを多重に形成する際は、(i)溶接ビードのいずれもが重ならないように形成する方法と、(ii)内側の溶接ビードと、その外側の溶接ビードが一部重なるように形成する方法がある。どちらの方法も、多重ビードにより金属板間の接合面積が増加するため、接合強度を向上させることができる。

【0049】

溶接ビードを重なり合うように形成させる場合、最外周ビードとその内側のビードを重ねて形成することにより、両方の溶接ビードを合体させ、最外周のビードのビード幅を大きくすることができる。荷重付加の際に受ける応力は最外周のビードが最も高くなるが、最外周のビードのビード幅を大きくすることにより、最外周の溶接ビードのボンド部の応力を緩和させることができ、金属板の接合強度をより向上することができる。

10

【0050】

(第2ビード以降のビードの形成時期)

多重ビードの形成は、各ビードの形成をリモート溶接により連続的に溶接することにより行うことができる。外側の溶接ビードの形成は、その内側の溶接ビードの形成終了時刻から0.5sec以上経過後に開始することが望ましい。

【0051】

内側の溶接ビードの形成からの時間が短く、内側の溶接ビードの温度が高いうちに次の外側の溶接ビードの形成を開始すると、溶接部近傍の広い領域が軟化するので、継手強度が低下する。内側の溶接ビードの形成からの経過時間はどれだけ長くても問題はないが、経過時間が長くてもメリットは特になく、タクトタイムが増加し、生産コストが増加する。

20

【0052】

例えば、金属板が、C含有量0.65%以下、好ましくはC含有量0.45%以下の鋼板の場合、溶接ビードと溶接ビードの間に経過時間(0.5sec以上)を置くことにより、内側の溶接ビードの温度がMs点(マルテンサイト変態開始温度)より50以上低下し、外側の溶接ビード形成による熱の影響をうける前に、内側の溶接ビード中に溶接部の強度を確保するのに必要な量のマルテンサイトが生成される。また、外側の溶接ビードにおいても、内側の溶接ビードの熱の影響が小さくなるので、十分なマルテンサイトが形成される。

30

【0053】

(溶接ビードの形状)

本発明では、レーザー溶接により環状又は開環状の溶接ビードを形成する。環状の溶接ビードとは、ビードの軌跡が円形、長円形、楕円形、多角形のもの、あるいはこれらの一部にくびれ部を有するものであって、ビードの軌跡が連続したものであり、該ビードが特定の範囲を囲繞するものをいう。開環状の溶接ビードとは、ビードの軌跡が円形、長円形、楕円形、多角形のもの、あるいはこれらの一部にくびれ部を有するものであって、ビードの軌跡が部分的に不連続部を含むものであり、該ビード及びビードとビードを結ぶ線分が特定の範囲を囲繞するものをいう。

40

【0054】

図3は第3の溶接ビード30のビード形状の例であり、実線がビード、破線がビードの不連続部40をそれぞれ示す。不連続部は、もちろんビードに置き換えて連続ビードとすることができる。図3において、(a)は楕円形、(b)は長円形、(c)は長円形の一部にくびれ部を有するもの、(d)は多角形、(e)は円形のビードを示している。

【0055】

図3では、単純化のため第3の溶接ビード30を描いているが、第1、2の溶接ビードも基本的には第3の溶接ビードと相似形のものを使用する。また、第3の溶接ビードの外側にさらに第4ビード以降の溶接ビードが形成される場合でも第3の溶接ビードと相似形とするのが好ましい。

50

【 0 0 5 6 】

溶接ビードに不連続部 4 を形成するのは、鋼板の合わせ面に開口部を形成するためである。例えば、垂鉛めっき鋼板を重ね合わせて溶接する際、鋼板間のめっきは沸点に達して蒸発し、急激に体積が膨張する。溶接ビードに囲まれた領域で蒸気又は気体となっためっきの通り道がないと、鋼板間の圧力が高まって、溶接中に熔融池が吹き飛び、溶接ビードに欠陥が生じるようになる。このため、鋼板の合わせ面に開口部を形成して、そのような圧力を逃がすようにする。

【 0 0 5 7 】

(溶接ビードの幅)

各溶接ビードの幅は、ビードが溶け落ちない幅であればよく、通常は 0 . 5 ~ 1 . 5 m 10
m である。

【 0 0 5 8 】

(溶接施工方法)

本発明のレーザ溶接方法では、ハット部材のフランジ部などの複数の溶接点に対して、
(i) 1 点ずつ順々に多重ビードを形成する方法、(ii) 第 1 の溶接ビードを複数の溶接
点に連続的に形成した後、第 1 の溶接ビードを形成した溶接点に第 2 の溶接ビードを順次
形成し、第 3 の溶接ビード以降の溶接ビードも同様に形成する方法のいずれの方法を用い
て溶接を行ってもよい。

【 0 0 5 9 】

特に、上述した、内側の溶接ビードの温度が Ms 点 - 5 0 以下となるまで待機した後 20
その外側に第 2 、第 3 の溶接ビードを形成する方法を実施するには、(ii) の方法が適し
ている。

【 0 0 6 0 】

リモートレーザ溶接では、ハット部材のフランジ部などの複数の溶接個所を、連続的に
高速度で溶接できる。そのような溶接では、第 1 の溶接ビードを形成し、第 1 の溶接ビ
ードの温度が Ms 点 - 5 0 以下となるまで待機した後、その外側に第 2 、第 3 の溶接ビ
ードを形成するというように、溶接箇所を順番に一つずつ溶接していく方法では、総溶接時
間が長くなり、タクトタイムが増加する。

【 0 0 6 1 】

これを避けるために、複数の溶接ビードを形成する場合には、集光光学系にミラーを使用 30
し、レーザのスポット位置の移動がごく短時間で済むリモートレーザ溶接を利用し、第
1 のビードを複数の溶接位置に連続的に形成することで、第 2 の溶接ビードを形成するま
での待機時間を有効に利用できる。

【 0 0 6 2 】

すなわち、第 1 の溶接ビードを複数の溶接位置に連続的に形成した後、第 1 の溶接ビ
ードの平均温度が Ms 点 - 5 0 以下となった溶接個所に対して、第 2 の溶接ビードを連続
して形成し、第 2 の溶接ビードの温度が Ms 点 - 5 0 以下となった溶接個所に対し、第
2 の溶接ビードと同様に、第 3 の溶接ビードをリモートレーザ溶接により形成すれば、待
機の為に、レーザを照射していない時間が短くなり、その結果、総溶接時間が減少する。

【 0 0 6 3 】

(溶接条件)

本発明のレーザ溶接継手を形成するのに用いるレーザのパワー密度は、溶接する金属板
の材質、厚さによって適宜決定すればよい。

【 0 0 6 4 】

たとえば、板厚 0 . 5 ~ 3 . 0 m m 程度の高強度鋼板を重ねあわせて溶接する場合は、
レーザのパワー密度は 0 . 5 M W / c m ² 以上、5 0 0 M W / c m ² 以下の範囲が好まし
い。

【 0 0 6 5 】

この例の場合、パワー密度が 0 . 5 M W / c m ² 以上であれば、板厚方向にレーザビー
ムが貫通するようなキーホール溶接が可能となる。また、遅い溶接速度範囲でも、先に形 50

成したビードを後に形成するビードで焼戻しをすることが可能となる。パワー密度が 0.5 MW/cm^2 より低いと、キーホールが形成されないので、貫通溶接を実現するために、レーザビームの移動速度、すなわち、溶接速度を著しく低下させる必要があるため、実生産では不利である。一方、パワー密度が 500 MW/cm^2 より高い場合、ビーム照射部では、蒸発が支配的となるので、溶融溶接の熱源として利用できず、ビードを形成するのが困難になる。

【0066】

(レーザ溶接継手に用いる金属板)

本発明のレーザ溶接継手に用いる金属板は特に限定されるものではない。ただし、板厚が薄くなると、溶接部の強度向上の効果は得られるが、継手の強度が板厚に支配されるので、継手全体の強度向上の効果は小さくなる。板厚が厚くなっても、本発明による溶接部の強度向上の効果は得ることができる。

10

【0067】

本発明のレーザ溶接方法は、特に、継手強度向上の効果が有効に得られ、部材の軽量化も図れる、板厚が $0.5 \sim 3.0 \text{ mm}$ の範囲の高強度鋼板の重ね合わせ溶接に好適である。また、高強度鋼板の場合、上述のとおり、溶接ビードの形成後冷却される際にマルテンサイト変態が生じるので、継手の強度のさらなる向上が期待できる。

【0068】

本発明では、以上のようにして、レーザ溶接で環状又は開環状の溶接ビードを多重に形成することにより、継手強度がさらに向上し、ビード内側の耐食性も向上したレーザ溶接継手を製造することができる。

20

【0069】

なお、上記の説明では主に自動車用高強度鋼板の溶接について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。用途としては、その他の車両用の部材、家電、建材、船舶等の部材への適用も可能である。さらに、金属板も高強度鋼板に限られるものではなく、その他の鋼、ステンレス、アルミニウム合金、チタン合金等にも適用可能である。

【実施例】

【0070】

[実施例1]

板厚 1.0 mm の、鋼板の主成分が、 $\text{C} : 0.13\%$ 、 $\text{Si} : 0.9\%$ 、 $\text{Mn} : 2.2\%$ 、 $\text{P} : 0.01\%$ 、 $\text{S} : 0.004\%$ である高強度鋼板を2枚重ね合わせ、レーザ溶接により接合し、レーザ溶接継手を作製した。さらに、5000系アルミニウム合金として、板厚 1.2 mm の A5083 を用いた継手、及び、代表的なチタン合金として板厚 1.0 mm の Ti-6%Al-4%V 合金を用いた継手を同様に作製した。

30

【0071】

溶接部のビードの形状は閉じた円形、又は、図3の(a)~(e)に示す形状とし、3本または4本の溶接ビードを有する継手他、ビードが1本だけの継手を作製した。

【0072】

レーザ溶接継手は、溶接ビードの形状や大きさ、ビード幅、各ビードの形成位置などを変化させて、複数の種類を作製した。一部の例では、最外周ビードとその内側ビードを接触して、あるいは重なるように配置した。

40

【0073】

鋼板の場合の条件を表1及び表2-1~2-5に示す。さらに、アルミニウム合金の場合の条件を表3及び表4-1~4-5に示し、チタン合金の場合の条件を表5及び表6-1~6-5に示す。ビード幅は、1つの溶接点につき、すべて同じビード幅とした。

【0074】

溶接部の外径については、溶接ビードの形状が円形の場合、レーザを照射した側の板表面において、溶接ビードの外側止端部で測定した溶接ビードの外径とし、図3の(a)~(e)に示す形状の場合は、溶接ビード外側の溶融溶接線(外側の止端部)を結ぶ線上において、2点を結ぶ線分の最大長さを溶接ビードの外径としたが、いずれの場合も、最も

50

外側に位置する溶接ビードの径は20mm一定とした。

【0075】

なお、表1、表3、及び表5は、同心円状にビードを作製した場合に対応し、表2-1~5、表4-1~5、及び表6-1~5の溶接ビードの形状は、順に図3の(a)~(e)の形状に対応する。また、表1~6中の下線は、本発明で規定する範囲外であることを示す。

【0076】

その他の溶接の条件は、レーザ出力を4.0kW、焦点位置を上側鋼板の表面、焦点位置におけるビームスポット直径を0.5mmとした。また、溶接速度は、4m/min一定とした。

10

【0077】

作製したレーザ溶接継手は、X線透過試験により割れの有無を確認し、引張せん断強度(TSS)および十字引張強度(CTS)を測定した。

【0078】

引張せん断強度の測定方法と継手形状は、抵抗スポット溶接継手に関し規定した、JIS Z 3136に従い、十字引張強度の測定方法や継手形状については、JIS Z 3137に従った。すなわち、作製した継手に対し、所定の引張ジグを用い、引張速度を10mm/min一定として引張試験を実施し、そのときの最大荷重を引張せん断強度、および、十字引張強度と定義した。

【0079】

20

同心円状、及び図3(a)~(e)それぞれのビード形状について、ビードを1本のみ形成した場合(鋼板:No.5、12、18、24、30、36、アルミニウム合金:No.43、50、56、62、68、74、チタン合金:No.81、88、94、100、106、112)の強度を基準に、ビードに割れがなく、十字引張強度が1.0倍以上となった場合のみを良好、十字引張強度が1.0倍未満、あるいは、ビードに割れがある場合を不良と判定した。

表1~6に、これらの結果を示す。

【0080】

【表 1】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 5番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | 4から5番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 1 | 発明例 | 3重円 | 10 | 17 | 20 | — | — | 0.8 | 0.9 | — | — | なし | 2.4 | 1 |
| 2 | 発明例 | 3重円 | 10 | 19 | 20 | — | — | 0.6 | 1 | — | — | なし | 2.4 | 1.1 |
| 3 | 発明例 | 4重円 | 8 | 10 | 18 | 20 | — | 7 | 1.2 | 1 | — | なし | 2.8 | 1 |
| 4 | 発明例 | 5重円 | 5 | 8 | 10 | 18 | 20 | 8 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | なし | 2.9 | 1 |
| 5 | 比較例 | 1重円 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 6 | 比較例 | 3重円 | 20 | 18 | 10 | — | — | 8 | 2.2 | — | — | 有り | 1.3 | 0.9 |
| 7 | 比較例 | 4重円 | 20 | 18 | 10 | 8 | — | 0.2 | 8 | 1 | — | 有り | 1.3 | 0.8 |
| 8 | 比較例 | 5重円 | 20 | 18 | 10 | 8 | 5 | 7 | 0.8 | 1 | 0.9 | 有り | 1.3 | 0.7 |

※・・・「 N_0 から N_1 番目作製までの時間」は、「 N_0 番目ビード作製終了から、 N_1 番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

【表 2 - 1】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 9 | 発明例 3本の(a) | 1.2 | 12 | 15 | 20 | — | 1.2 | 0.8 | — | なし | 2.3 | 1 |
| 10 | 発明例 3本の(a) | 1.2 | 12 | 19 | 20 | — | 1.3 | 0.7 | — | なし | 2.1 | 1.1 |
| 11 | 発明例 4本の(a) | 1.2 | 8 | 12 | 15 | 20 | 8 | 0.5 | 0.8 | なし | 2.7 | 1 |
| 12 | 比較例 1本の(a) | 1.2 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 13 | 比較例 3本の(a) | 1.2 | 20 | 18 | 15 | — | 8 | 0.4 | — | 有り | 1.1 | 1 |
| 14 | 比較例 4本の(a) | 1.2 | 20 | 15 | 12 | 8 | 7.5 | 0.9 | 0.7 | 有り | 1.2 | 1 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

【 表 2 - 2 】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 15 | 発明例 3本の(b) | 1.3 | 14 | 16 | 20 | — | 5 | 1.4 | — | なし | 2.5 | 1 |
| 16 | 発明例 3本の(b) | 1.3 | 14 | 19 | 20 | — | 0.7 | 1.2 | — | なし | 2.2 | 1.1 |
| 17 | 発明例 4本の(b) | 1.3 | 6 | 12 | 16 | 20 | 8.5 | 0.5 | 0.8 | なし | 2.7 | 1 |
| 18 | 比較例 1本の(b) | 1.3 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 19 | 比較例 3本の(b) | 1.3 | 20 | 16 | 14 | — | 9 | 0.4 | — | 有り | 1.1 | 0.8 |
| 20 | 比較例 4本の(b) | 1.3 | 20 | 16 | 12 | 6 | 7 | 0.9 | 0.7 | 有り | 1.3 | 1 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

【表 2 - 3】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 21 | 発明例 | 3本の(c) | 1.2 | 8 | 16 | 20 | — | 0.8 | — | なし | 2.2 | 1 |
| 22 | 発明例 | 3本の(c) | 1.2 | 8 | 19 | 20 | — | 0.6 | — | なし | 1.8 | 1.1 |
| 23 | 発明例 | 4本の(c) | 1.2 | 6 | 12 | 16 | 20 | 10 | 0.7 | なし | 2.6 | 1 |
| 24 | 比較例 | 1本の(c) | 1.2 | 20 | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 25 | 比較例 | 3本の(c) | 1.2 | 20 | 18 | 8 | — | 10 | 0.4 | 有り | 1.1 | 0.9 |
| 26 | 比較例 | 4本の(c) | 1.2 | 20 | 18 | 12 | 8 | 8 | 0.9 | 有り | 1.4 | 1 |

※・・・「N₀からN₁番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N₁番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

【表 2 - 4】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 27 | 発明例 | 3本の(d) | 8 | 16 | 20 | — | 0.9 | 0.5 | — | なし | 2.2 | 1 |
| 28 | 発明例 | 3本の(d) | 8 | 18 | 20 | — | 9 | 0.8 | — | なし | 1.9 | 1.1 |
| 29 | 発明例 | 4本の(d) | 6 | 8 | 19 | 20 | 1 | 0.7 | 2 | なし | 2.6 | 1.1 |
| 30 | 比較例 | 1本の(d) | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 31 | 比較例 | 3本の(d) | 20 | 19 | 8 | — | 8 | 0.3 | — | 有り | 1.2 | 0.8 |
| 32 | 比較例 | 4本の(d) | 20 | 19 | 8 | 6 | 9 | 0.5 | 2 | 有り | 1.2 | 0.7 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

【表 2 - 5】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 33 | 発明例 | 3本の(e) | 10 | 17 | 20 | — | 1.1 | 0.8 | — | なし | 2.4 | 1 |
| 34 | 発明例 | 3本の(e) | 10 | 19 | 20 | — | 7 | 0.7 | — | なし | 2 | 1.1 |
| 35 | 発明例 | 4本の(e) | 4 | 10 | 19 | 20 | 9 | 1.4 | 1.3 | なし | 2.6 | 1.1 |
| 36 | 比較例 | 1本の(e) | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 37 | 比較例 | 3本の(e) | 20 | 19 | 10 | — | 8 | 0.3 | — | 有り | 1.2 | 0.9 |
| 38 | 比較例 | 4本の(e) | 20 | 19 | 10 | 4 | 7.7 | 0.4 | 2 | 有り | 1.2 | 0.7 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

【 表 3 】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 5番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | 4から5番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 39 | 参考例 | 3重円 | 8 | 10 | 20 | — | — | 8.2 | 0.9 | — | — | なし | 1.9 | 1 |
| 40 | 参考例 | 3重円 | 12 | 19 | 20 | — | — | 7 | 1.3 | — | — | なし | 2.6 | 1 |
| 41 | 参考例 | 4重円 | 8 | 12 | 16 | 20 | — | 6.5 | 0.5 | 1.3 | — | なし | 2.8 | 1 |
| 42 | 参考例 | 5重円 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | 12 | 0.8 | 1.2 | 0.5 | なし | 3.1 | 1 |
| 43 | 比較例 | 1重円 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 44 | 比較例 | 3重円 | 20 | 16 | 10 | — | — | 8 | 2.2 | — | — | 有り | 1.4 | 0.9 |
| 45 | 比較例 | 4重円 | 20 | 18 | 12 | 8 | — | 7 | 0.4 | 1 | — | 有り | 1.5 | 0.8 |
| 46 | 比較例 | 5重円 | 20 | 18 | 14 | 8 | 5 | 6 | 0.3 | 1 | 0.9 | 有り | 1.4 | 0.9 |

※・・・「No.」からNi番目作製までの時間」は、「No.」番目ビード作製終了から、Ni番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

【表 4 - 1】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 47 | 参考例 3本の(a) | 1.2 | 14 | 16 | 20 | — | 1.4 | 14 | — | なし | 2.5 | 1 |
| 48 | 参考例 3本の(a) | 1.2 | 14 | 19 | 20 | — | 3.3 | 5.5 | — | なし | 2.2 | 1.1 |
| 49 | 参考例 4本の(a) | 1.2 | 8 | 12 | 17 | 20 | 0.5 | 3.5 | 1.5 | なし | 2.9 | 1 |
| 50 | 比較例 1本の(a) | 1.2 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 51 | 比較例 3本の(a) | 1.2 | 20 | 16 | 13 | — | 8 | 0.3 | — | 有り | 1.2 | 1 |
| 52 | 比較例 4本の(a) | 1.2 | 20 | 15 | 10 | 8 | 6.5 | 0.9 | 0.4 | 有り | 1.3 | 1 |

※・・・「N₀番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N₁番目のビード作製開始までの時間」の意。

【表 4 - 2】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 53 | 参考例 3本の(b) | 1.3 | 14 | 16 | 20 | — | 5.5 | 3 | — | なし | 2.6 | 1 |
| 54 | 参考例 3本の(b) | 1.3 | 15 | 18 | 20 | — | 0.7 | 1.5 | — | なし | 2.2 | 1.1 |
| 55 | 参考例 4本の(b) | 1.3 | 6 | 12 | 16 | 20 | 7 | 1.2 | 0.5 | なし | 2.7 | 1 |
| 56 | 比較例 1本の(b) | 1.3 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 57 | 比較例 3本の(b) | 1.3 | 20 | 16 | 13 | — | 7.5 | 0.4 | — | 有り | 1.1 | 0.9 |
| 58 | 比較例 4本の(b) | 1.3 | 20 | 14 | 12 | 7 | 8 | 0.3 | 1.3 | 有り | 1.3 | 1 |

※・・・「N₀からN₁番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N₁番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

【表 4 - 3】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 59 | 参考例 3本の(c) | 1.2 | 6 | 15 | 20 | — | 6.5 | 3.2 | — | なし | 2.2 | 1 |
| 60 | 参考例 3本の(c) | 1.2 | 7 | 18 | 20 | — | 5 | 1.2 | — | なし | 1.8 | 1.1 |
| 61 | 参考例 4本の(c) | 1.2 | 6 | 12 | 16 | 20 | 8 | 0.5 | 0.8 | なし | 2.6 | 1 |
| 62 | 比較例 1本の(c) | 1.2 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 63 | 比較例 3本の(c) | 1.2 | 20 | 18 | 8 | — | 8 | 0.4 | — | 有り | 1.3 | 0.9 |
| 64 | 比較例 4本の(c) | 1.2 | 20 | 18 | 12 | 8 | 1 | 7.5 | 0.8 | 有り | 1.4 | 1 |

※・・・「N₀からN₁番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N₁番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

【表 4 - 4】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 65 | 参考例 | 3本の(d) | 12 | 17 | 20 | — | 1.3 | 0.5 | — | なし | 2.5 | 1 |
| 66 | 参考例 | 3本の(d) | 10 | 18 | 20 | — | 3.5 | 0.7 | — | なし | 2 | 1.1 |
| 67 | 参考例 | 4本の(d) | 7 | 10 | 19 | 20 | 8 | 0.6 | 2 | なし | 2.8 | 1 |
| 68 | 比較例 | 1本の(d) | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 69 | 比較例 | 3本の(d) | 20 | 17 | 10 | — | 8 | 0.4 | — | 有り | 1.2 | 0.9 |
| 70 | 比較例 | 4本の(d) | 20 | 19 | 12 | 8 | 7.5 | 0.7 | 1.8 | 有り | 1.3 | 0.9 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 1】

10

20

30

40

【表 4 - 5】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 71 | 参考例 3本の(e) | 1.1 | 12 | 16 | 20 | - | 1.6 | 2.1 | - | なし | 2.4 | 1 |
| 72 | 参考例 3本の(e) | 1.1 | 8 | 19 | 20 | - | 9 | 0.9 | - | なし | 1.9 | 1.1 |
| 73 | 参考例 4本の(e) | 1.1 | 6 | 12 | 19 | 20 | 0.5 | 1.2 | 1.5 | なし | 2.9 | 1.1 |
| 74 | 比較例 1本の(e) | 1.1 | 20 | - | - | - | - | - | - | なし | 1 | 1 |
| 75 | 比較例 3本の(e) | 1.1 | 20 | 17 | 12 | - | 8 | 0.3 | - | 有り | 1.1 | 0.8 |
| 76 | 比較例 4本の(e) | 1.1 | 20 | 16 | 10 | 6 | 9 | 0.7 | 2 | 有り | 1.2 | 0.9 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 2 】

10

20

30

40

【 表 5 】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 5番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | 4から5番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 77 | 参考例 | 3重円 | 1 | 8 | 14 | 20 | — | 8 | 1 | — | — | なし | 2.1 | 1 |
| 78 | 参考例 | 3重円 | 1 | 8 | 19 | 20 | — | 7.7 | 2 | — | — | なし | 2.4 | 1 |
| 79 | 参考例 | 4重円 | 1 | 8 | 10 | 16 | 20 | 0.8 | 1.2 | 1 | — | なし | 2.7 | 1 |
| 80 | 参考例 | 5重円 | 1 | 5 | 8 | 12 | 18 | 5.5 | 0.5 | 1.3 | 1.2 | なし | 3.1 | 1 |
| 81 | 比較例 | 1重円 | 1 | 20 | — | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 82 | 比較例 | 3重円 | 1 | 20 | 16 | 10 | — | 8 | 2.2 | — | — | 有り | 1.4 | 0.9 |
| 83 | 比較例 | 4重円 | 1 | 20 | 18 | 12 | 8 | 7 | 1.2 | 0.3 | — | 有り | 1.5 | 0.9 |
| 84 | 比較例 | 5重円 | 1 | 20 | 17 | 10 | 8 | 0.1 | 7.5 | 1 | 0.9 | 有り | 1.4 | 0.8 |

※・・・「No.からNi番目作製までの時間」は、「No.番目ビード作製終了から、Ni番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

【表 6 - 1】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|--------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 85 | 3本の(a) | 1.2 | 6 | 15 | 20 | — | 7.6 | 1.3 | — | なし | 2.1 | 1 |
| 86 | 3本の(a) | 1.2 | 12 | 19 | 20 | — | 6 | 0.7 | — | なし | 2.1 | 1.1 |
| 87 | 4本の(a) | 1.2 | 7 | 10 | 16 | 20 | 8 | 0.5 | 0.8 | なし | 2.7 | 1 |
| 88 | 1本の(a) | 1.2 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 89 | 3本の(a) | 1.2 | 20 | 17 | 13 | — | 7 | 0.3 | — | 有り | 1.2 | 1 |
| 90 | 4本の(a) | 1.2 | 20 | 14 | 10 | 6 | 1.6 | 7 | 0.6 | 有り | 1.2 | 1 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

【表 6 - 2】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間[s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 91 | 参考例 3本の(b) | 1.3 | 8 | 17 | 20 | — | 1.2 | 0.6 | — | なし | 2.3 | 1 |
| 92 | 参考例 3本の(b) | 1.3 | 12 | 19 | 20 | — | 6.5 | 1.5 | — | なし | 2.1 | 1.1 |
| 93 | 参考例 4本の(b) | 1.3 | 6 | 11 | 17 | 20 | 8 | 1.2 | 0.8 | なし | 2.7 | 1 |
| 94 | 比較例 1本の(b) | 1.3 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 95 | 比較例 3本の(b) | 1.3 | 20 | 16 | 14 | — | 8 | 0.4 | — | 有り | 1.1 | 0.9 |
| 96 | 比較例 4本の(b) | 1.3 | 20 | 17 | 14 | 8 | 2.1 | 7 | 1.2 | 有り | 1.3 | 1 |

※・・・「 N_0 から N_1 番目作製までの時間」は、「 N_0 番目ビード作製終了から、 N_1 番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

【表 6 - 3】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れ有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------|---------|
| 97 | 参考例 | 1.2 | 10 | 17 | 20 | - | 0.8 | 1.2 | - | なし | 2.4 | 1 |
| 98 | 参考例 | 1.2 | 12 | 19 | 20 | - | 8 | 1 | - | なし | 2.1 | 1 |
| 99 | 参考例 | 1.2 | 6 | 14 | 18 | 20 | 5 | 0.5 | 0.8 | なし | 2.9 | 1 |
| 100 | 比較例 | 1.2 | 20 | - | - | - | - | - | - | なし | 1 | 1 |
| 101 | 比較例 | 1.2 | 20 | 17 | 12 | - | 9 | 0.2 | - | 有り | 1.2 | 0.9 |
| 102 | 比較例 | 1.2 | 20 | 16 | 10 | 6 | 7.3 | 0.9 | 0.7 | 有り | 1.1 | 0.8 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

【表 6 - 4】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 103 | 参考例 | 3本の(d) | 5 | 16 | 20 | — | 10 | 0.5 | — | なし | 2.1 | 1 |
| 104 | 参考例 | 3本の(d) | 8 | 18 | 20 | — | 1.5 | 0.5 | — | なし | 1.9 | 1 |
| 105 | 参考例 | 4本の(d) | 6 | 10 | 19 | 20 | 0.8 | 0.7 | 2 | なし | 2.8 | 1 |
| 106 | 比較例 | 1本の(d) | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 107 | 比較例 | 3本の(d) | 20 | 17 | 6 | — | 9 | 0.3 | — | 有り | 1.2 | 0.9 |
| 108 | 比較例 | 4本の(d) | 20 | 18 | 10 | 6 | 8 | 0.5 | 2 | 有り | 1.2 | 0.9 |

※・・・「N₀からN_i番目作製までの時間」は、「N₀番目ビード作製終了から、N_i番目のビード作製開始までの時間」の意。

【 0 0 9 7 】

10

20

30

40

【表 6 - 5】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 1番目ビード作製終了から2番目のビード作製開始までの時間 [s] | 2から3番目作製までの時間 [s] ※ | 3から4番目作製までの時間 [s] ※ | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 十字引張強度比 |
|-----|---------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|
| 109 | 参考例 3本の(e) | 1.1 | 8 | 16 | 20 | — | 9 | 0.8 | — | なし | 2.2 | 1 |
| 110 | 参考例 3本の(e) | 1.1 | 12 | 19 | 20 | — | 0.9 | 0.7 | — | なし | 2 | 1 |
| 111 | 参考例 4本の(e) | 1.1 | 4 | 12 | 19 | 20 | 0.5 | 1.4 | 1.3 | なし | 2.8 | 1 |
| 112 | 比較例 1本の(e) | 1.1 | 20 | — | — | — | — | — | — | なし | 1 | 1 |
| 113 | 比較例 3本の(e) | 1.1 | 20 | 17 | 8 | — | 10 | 0.3 | — | 有り | 1.1 | 0.9 |
| 114 | 比較例 4本の(e) | 1.1 | 20 | 18 | 9 | 6 | 11 | 1.4 | 2 | 有り | 1.1 | 0.9 |

※・・・「 N_0 」から「 N_i 」番目作製までの時間」は、「 N_0 」番目ビード作製終了から、 N_i 番目のビード作製開始までの時間」の意。

【0098】

表1～6の結果から分かるように、本発明によれば、ビードに割れを生じさせることなく、継手強度に優れたレーザ溶接継手を得ることができた。

【0099】

特に、引張せん断強度については、鋼板間における溶接ビードの接合面積が増加するため、大幅な強度向上が見られた。

10

20

30

40

50

【0100】

なお、表1～6の発明例において、鋼板のNo. 2、10、16、22、28、34、アルミニウム合金のNo. 40、48、54、60、66、72、チタン合金のNo. 78、86、92、98、104、110は、最も外側に形成される溶接ビードと、その内側のビードとが一部重なるように形成されており、それ以外の発明例の溶接ビードは、第1の溶接ビードとその外側に形成される溶接ビードのいずれもが重ならないように形成されている。

【0101】

これに対し、本発明の要件を満たさない場合は、継手強度が本発明に比べて劣っているか、ビードに割れが発生していた。

10

【0102】

鋼板のNo. 6～8、13、14、19、20、25、26、31、32、37、38、アルミニウム合金のNo. 44～46、51、52、57、58、63、64、69、70、75、76、チタン合金のNo. 82～84、89、90、95、96、101、102、107、108、113、114は、3本以上のビードで溶接継手を形成した比較例であり、1番目のビードの内側にビードを形成させたため、2番目以降に作製したビードには割れが生じ、発明例と比べると、引張せん断強度が大幅に劣った。

【0103】

特に、鋼板にビードを形成したNo. 7、8、19、25、32、38は、1番目のビードの温度が十分に下がらないうちに2番目のビードを形成したため、1番目のビードには十分なマルテンサイトが生成されず、過度に軟化され、十字引張強度も大幅に低下した。

20

【0104】

[実施例2]

さらに、鋼板を溶接する場合において、フランジ部が狭い場合を想定し、本発明と特許文献2（特開2012-240086号）との比較を行うため、最も外側に位置するビードの外径を10mmに制限した場合の引張せん断強度を調査した。なお、引張試験方法は、実施例1での方法に準じた。

本発明によるビードを4本、同心円状に形成した場合（4重円、No. 115）の引張せん断強度を基準とし、比較する手法として、特許文献2に従い同心円状に3重円（No. 116）及び5重円（No. 117）を形成させた場合の結果を表7に示す。

30

【0105】

3重円の場合は、1番目のビードを本ビードとし、2番目のビードを圧縮場付与ビード、3番目のビードを1番目のビードに対する焼戻しビードとした。5重円の場合は、3重円の場合にさらにビードを付け加えて、4番目のビードを圧縮場付与ビードとし、5番目のビードを焼戻しビードとした。各ビード間の作製開始から終了までの時間は、それぞれの発明の要件を満たすようにし、作製された継手の引張せん断強度が基準より劣る場合を不良と判定した。

【0106】

本発明、及び特許文献2に従い作製した溶接ビードには、いずれも割れが形成されなかったが、3重円の場合には鋼板間の接合面積が本発明より少ないために継手強度が劣った。また、5重円の場合には、限られた面積を、相互距離が定まっている溶接ビードで形成したために、一度打った3番目のビードを5番目のビードで再度溶接することになり、スパッタ発生による溶接金属の板厚方向の厚みが減少し、本発明よりも継手強度が劣った。

40

【0107】

【表 7】

| No. | ビード形状 | ビード幅 [mm] | 1番目に作製したビードの外径 [mm] | 2番目に作製したビードの外径 [mm] | 3番目に作製したビードの外径 [mm] | 4番目に作製したビードの外径 [mm] | 5番目に作製したビードの外径 [mm] | 各溶接ビード間のビード作製開始から終了までの時間 | ビードの割れの有無 | 引張せん断強度比 | 備考 |
|---------|-------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|-----------|----------|--------------------------|
| 115 発明例 | 4重円 | 1 | 4 | 6 | 8 | 10 | — | 本発明に従う | なし | 1 | |
| 116 比較例 | 3重円 | 1 | 10 | 6 | 8 | — | — | 特許文献2※に従う | なし | 0.75 | |
| 117 比較例 | 5重円 | 1 | 10 | 6 | 8 | 4 | 8 | 特許文献2※に従う | なし | 0.9 | スパッタ飛散により溶接金属が板厚方向の厚みが減少 |

※特許文献2・・・特開2012-240086

【産業上の利用可能性】

【0108】

本発明によれば、従来よりも継手強度に優れたレーザ溶接継手が得られ、自動車用部材、その他の車両用部材、家電、建材、船舶等の部材等に適用できるので、産業上の利用可能性は大きい。

【符号の説明】

10

20

30

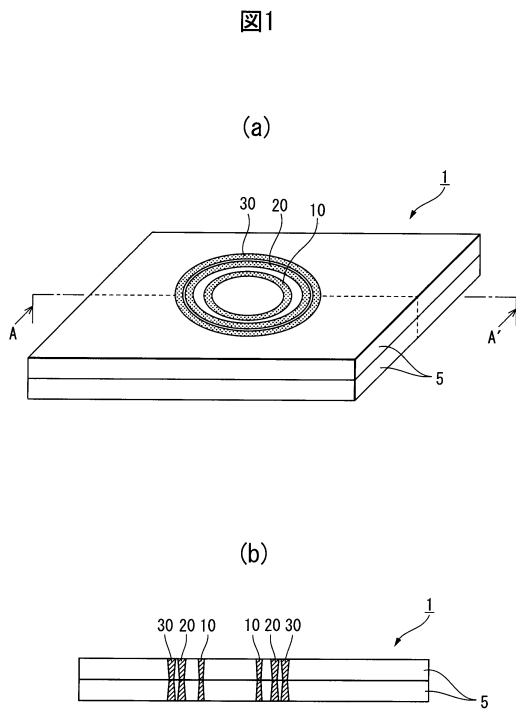
40

50

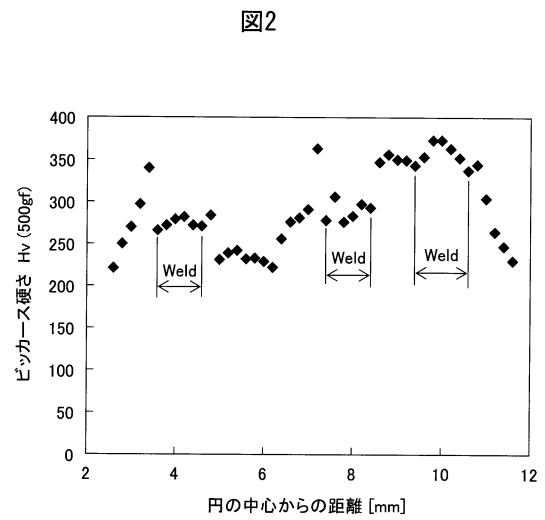
【 0 1 0 9 】

- 1 レーザ溶接継手
- 5 金属板
- 10 第1の溶接ビード
- 20 第2の溶接ビード
- 30 第3の溶接ビード
- 40 ビードの不連続部
- 50 ハット型部材
- 50 a ハット型部材のフランジ部
- 51 溶接ビード
- 60 従来技術における第1の溶接ビード
- 61 従来技術における第2の溶接ビード

【 図 1 】

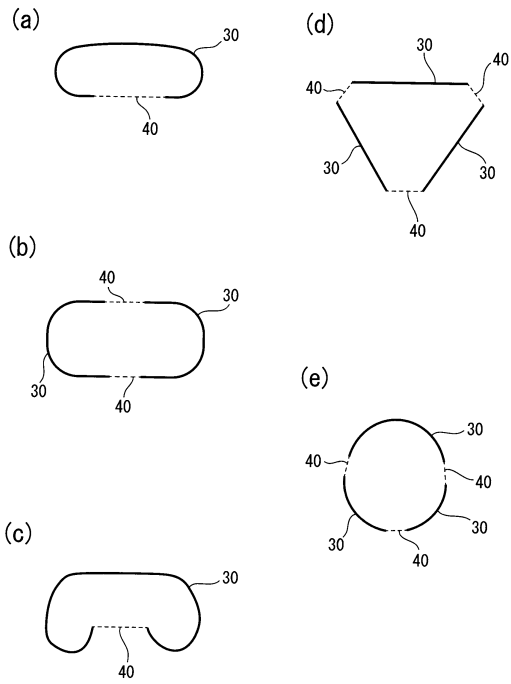


【 図 2 】



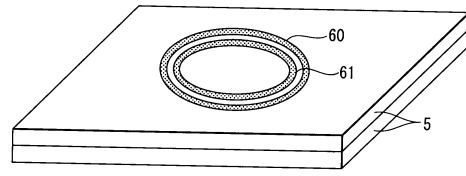
【 図 3 】

図3



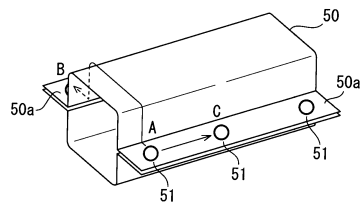
【 図 4 】

図4



【 図 5 】

図5



フロントページの続き

(74)代理人 100140121

弁理士 中村 朝幸

(72)発明者 内藤 恭章

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

(72)発明者 宮 崎 康信

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

審査官 岩見 勤

(56)参考文献 特開2014-004619(JP,A)

特開2012-115876(JP,A)

国際公開第2012/050097(WO,A1)

特開2012-240086(JP,A)

特開2011-173146(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/70