(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4873588号
(P4873588)
(45)発行日　平成24年2月8日(2012.2.8)　(24)登録日　平成23年12月2日(2011.12.2)

(51)Int.Cl.　　F I
B23K 26/20 (2006.01)　　B23K 26/20　３１０A
B23K 26/00 (2006.01)　　B23K 26/00　N

請求項の数 2　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願2001-77298(P2001-77298)
(22)出願日　平成13年3月16日(2001.3.16)
(65)公開番号　特開2002-273586(P2002-273586A)
(43)公開日　平成14年9月25日(2002.9.25)
審査請求日　平成19年10月30日(2007.10.30)

(73)特許権者　301023238
独立行政法人物質・材料研究機構
茨城県つくば市千現一丁目２番地１
(73)特許権者　000000099
株式会社ＩＨＩ
東京都江東区豊洲三丁目１番１号
(74)代理人　100093230
弁理士　西澤　利夫
(72)発明者　塚本　進
茨城県つくば市千現１－２－１
文部科学省金属材料技術研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ溶接方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
レーザ出力に周期的な変動を付与し、その周波数を溶融池の固有振動数に一致させたパルス出力としてキーホール溶接を行うレーザ溶接方法であって、パルス出力の波形の立ち上がり変動または降下変動に勾配をつけることを特徴とするレーザ溶接方法。
【請求項２】
パルス出力のベース出力（ＷＢ）とピーク出力（ＷＰ）との比（ＷＢ／ＷＰ）を０．６以下と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。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
この出願の発明は、レーザ加工機を用いたレーザ溶接方法に関し、レーザ溶接において、パルス出力に、波形を制御した出力の周期的な変動を付与することにより、溶融金属の周期的な流動を活発にし、これにより溶接欠陥の発生を効果的に防止することのできる、新しいレーザ溶接方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術とその解決課題】
近年、レーザ発振器の大出力化が飛躍的に進み、深溶込み・高速溶接への適用が期待されている。
【０００３】

このような環境において、発明者は、かつ高強度高靱性の溶接構造物を構築することを目的として、大出力レーザによる小入熱深溶込み溶接の検討を行ってきた。

【０００４】

上記の目的を達成する上で最も大きな問題は、深溶込み深さの増加に伴いキーホールを安定的に維持することが困難となり、ポロシティ、ブローホール、割れなどの欠陥が発生しやすくなることであった。

【０００５】

その結果、これらの欠陥を防止するには、キーホール及びその周辺で起こる現象を適切に制御する必要があるとの知見を得た。

【０００６】

そして、これを実現する一つの手段として、パルス波形及び、ピーク出力とベース出力の比が欠陥の抑制に与える影響についての検討から、レーザ出力に適切な周波数及び波形で変調を付与することにより、溶融金属の流動制御を試み、溶接欠陥の発生を大幅に抑制することができることを見出した。

【０００７】

出力変動の波形制御を使用したパルス溶接法としては、ＹＡＧレーザにおいて、ブローホール、割れ、スパッタを防止しようとする例がある。しかし、出力変動の周波数は、溶融池の固有振動周波数を用いておらず、このため、溶融金属の周期的な流動を活発にするというものではなく、欠陥を防止するには充分ではない。

【０００８】

また、亜鉛メッキ鋼板のポロシティをパルス振動によって防止しようとする例もある。しかし、この場合も、亜鉛の高い蒸気圧に起因して発生する欠陥の発生機構と全く異なるものであり、かつ対象とする材料並びに溶込み深さが特異なものであった。

【０００９】

そこで、この出願の発明は、発明者により得られた知見に基づいて、従来技術の問題点を解消し、溶融欠陥の発生を防止し、高品質な溶接継手を提供することができる、レーザによる深溶込み溶接技術を広範囲な材料加工に適応することも可能となる、新しいレーザ溶接方法を提供することを課題としている。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第１には、レーザ出力に周期的な変動を付与し、その周波数を溶融池の固有振動数に一致させたパルス出力としてキーホール溶接を行うレーザ溶接方法であって、パルス出力の波形の立ち上がり変動または降下変動に勾配をつけることを特徴とするレーザ溶接方法を提供する。

【００１１】

また、この出願の発明は、第２には、上記第１のレーザ溶接方法において、パルス出力のベース出力（ＷＢ）とピーク出力（ＷＰ）との比（ＷＢ／ＷＰ）を０．６以下とすることを特徴とするレーザ溶接方法も提供する。

【００１２】

以上のとおりの、この出願の発明によれば、レーザ加工機を用いたキーホール溶接において、波形を制御したレーザ出力の変動を付与することにより、ポロシティー、ブローホール及び割れ等の溶接欠陥の発生を効果的に防止することができる。溶接欠陥の発生は、パルス出力の周波数を溶融池の固有振動数に一致させることによってより効果的に防止することができる。

【００１３】

以下、この出願の発明について、実施の形態を説明する。

【００１４】

【発明の実施の形態】

この出願の発明について、ピーク出力（ＷＰ）や焦点外し距離、シールドガス条件、溶接速度一定のもとで、パルス波形や、ベース出力（ＷＢ）等がポロシティの制御に及ぼす効

果について、また、パルス立ち上がり時間（t_U）、ピーク出力時間（t_P）がポロシティの発生に及ぼす影響等についてまず説明する。

【００１５】

出力周波数とともに、図１に示すパルス立ち上がり時間（t_U）、ピーク出力時間（t_P）、パルス降下時間（ｔｄ）、ベース出力時間（ｔｂ）、ピーク出力（WP）、ベース出力（WB）をそれぞれ以下のように制御することにより、欠陥を制御することができる。

（ａ）レーザ出力のパルス周波数については、溶融池の固有振動周波数に一致させる。この際のパルス波形の例が図１に例示される。パルス周波数の溶融池の固有振動周波数との一致により、溶融金属の周期的な流動を活発にすることができる。

（ｂ）ベース出力（ＷＢ）とピーク出力（ＷＰ）の比（WB ／WP）については、この値をできる限り小さくすることにより、溶接池振動の振幅を大きくし、周期的な溶接金属の流動を活発にすることができる。

（ｃ）パルス立ち上がり時間（t_U）については、WB ／WP を小さくすると、急激な出力変動時に、スパッターが発生しやすくなる。

【００１６】

また、立ち上がりの勾配を小さくしすぎると周期的な流動が緩慢となるため、t_Uは、スパッタが発生しない程度に短くすることが必要である。

（ｄ）パルス降下時間（ｔｄ）については、ベース出力（WB）からピーク出力（WP）への変化に伴い、キーホールサイズが急激に小さくなる。このため、キーホール内部への溶接金属の急激な流入に伴う欠陥の発生を防止するため、降下に勾配を付ける必要がある。パルス降下時間（ｔｄ）は、この欠陥を防止できる時間にすることが好ましい。

（ｅ）ピーク出力時間（t_P）については、t_Pが長すぎると、間欠的な噴出がt_P（ピーク出力時間）の間に発生し、出力変動により付与している周期的な流動を擾乱する。したがって、t_P は間欠的な噴出が起こらない程度に短くすることが好ましい。

【００１７】

なお、通常のＣＷ（連続）溶接では、自然発生的にキーホールから間欠的にランダムな周波数で溶接金属の噴出が起こる。

（ｆ）ベース出力時間（ｔｂ）については、出力の変動に対する溶融金属の応答は速くないため、ｔｂが短すぎると、出力変動により付与している溶融金属の振動の振幅が小さくなる。このため、振幅に影響しない程度の時間が必要である。

【００１８】

以上のとおりの諸点を踏まえてこの出願の発明は構成されているものである。そしてこの出願の発明における「勾配」については、ベース出力（ＷＢ）からピーク出力（ＷＰ）、あるいは逆にピーク出力（ＷＰ）からベース出力（ＷＢ）を直線的に、もしくはほぼ直線的に推移させた場合の時間に対する出力の変化の状態を示している。

【００１９】

そこで、以下に実施例を示し、さらに詳しく説明する。もちろん、以下の例は発明を限定するものではない。

【００２０】

【実施例】

パルス変調を行ったＣＯ$_2$ レーザを用いて、一般溶接構造用鋼ＳＭ４９０Ｃの部分溶込み溶接を行った。シールドガスにはＨｅを用い、流量５０Ｌ／ｍｉｎでサイドシールドを行った。

【００２１】

出力波形は、図１に示すような台形波形を用い、ピーク出力W_P を２０ｋW、ベース出力W_Bを８ｋWに設定し、立上がり時間t_U 及び立下り時間ｔｄを変化させた。また、デューティは５０％でビードオンプレート溶接を行った。このときの溶込み深さは約２０ｍｍである。

【００２２】

溶接欠陥の検出は、溶接試験片の側面から、レーザビーム軸及び溶接線直角方向に照射し

たＸ線検査により行った。溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の総和の割合（％）を欠陥発生率Ｐｒ と定義し、Ｐｒ により欠陥の抑制効果を評価した。

【００２３】

図２は、パルス降下時間ｔｄを０秒（ｔｄ=０ｍｓ）とした条件下において、パルス立上がり時間t_Uが欠陥発生量へ及ぼす影響について示す。

【００２４】

パルス立ち上がり時間t_Uを小さくした領域が短時間の場合には、スパッタの発生率が著しく、これに伴って、アンダーフィルやポロシティ等の発生が顕著となった。

【００２５】

また、パルス立上がり時間t_Uが増加すると、上記のようなスパッタの発生が抑えられ、正常なビードの形成が可能となり、t_U＝１０ｍｓのときに最も欠陥が抑制されるものであった。このこように、t_Uの増加が、効果的な欠陥抑制の要因の一つになっていることが判る。

【００２６】

しかし、t_U＝１０ｍｓを超えてさらにt_Uを長くすると、溶融池に与える周期的な振動が緩やかになり、ポロシティが再び発生しやすくなるものであった。

【００２７】

なお、図中のＰｒ は欠陥発生率を表し、欠陥発生率は溶接金属の面積に対する検出された欠陥面積の総和の割合（％）を示すものである。

【００２８】

前記実験例より、t_U＝１０ｍｓで欠陥が最も抑制されることが判ったため、次にパルス立上がり時間t_U＝１０ｍｓ一定とする条件の下で、降下時間ｔｄを変化させた場合の欠陥発生率への影響について評価した。

【００２９】

図３は、その結果を示している。

【００３０】

図３において、降下時間ｔｄを長くすることにより、Ｐｒ が減少し、ｔｄ=２０ｍｓである場合に最も欠陥が抑制されることを示している。これは、WP からWB へ急激に出力が変化すると、キーホール周辺の溶融金属が急激にキーホール内に流入し、ポロシティが残存しやすくなるのに対し、これを緩やかに変化させることにより欠陥発生を防止できるためである。

【００３１】

降下時間ｔｄの増加も、効果的な欠陥抑制の要因になっていることが判る。また、降下時間ｔｄについても、上記立上がり時間t_Uと同様、最適値が存在し、降下時間ｔｄ=２０ｍｓのときで最も欠陥が抑制されている。

【００３２】

しかし、降下時間ｔｄが２０ｍｓよりさらに長くなり過ぎると、再び、欠陥の抑制効果が低下する。これは、立下り時間ｔｄの増加に伴ってベース出力時間ｔｂが短くなり、キーホールが完全に小さくなる前にレーザ出力が立ち上がり、このときの溶融池に与える振動の振幅が小さくなるためである。

【００３３】

図４は、ＣＷ（連続）溶接の場合と、この出願の発明による最適条件下で、波形制御を用いたパルス溶接の場合における欠陥発生状況のＸ線検査結果を、比較して示している。

【００３４】

ＣＷ（連続）溶接において、１８．３ｋＷの出力の溶接の場合で、欠陥発生率は、Ｐｒ ＝１．５％であった。一方、この出願の発明における実施例で得られた最適条件、すなわち、WB ＝８KW、WP ＝２０KW、t_U＝１０、ｔｄ＝２０ｍｓとした場合における欠陥発生は、Ｐｒ ＝０．１％であった。

【００３５】

これによって、この出願の発明は、最適条件下でのレーザ溶接方法による場合、欠陥発生

率が、ＣＷ（連続）溶接と比較して１／１５に減少する結果が得られ、非常に効果的に欠陥の発生が抑制されるものであった。

【００３６】

上記実施例において、ベース出力とピーク出力の比（WB ／WP ）は０．４の場合に、効果的な欠陥発生抑制効果を得ることができるものであったが、（WB ／WP ）は０．６の場合にも、同様の効果を得ることができた。この場合、矩形が最も欠陥抑制に効果的であった。

【００３７】

【発明の効果】

この出願の発明によれば、レーザ加工機を用いたキーホール溶接において、溶融池の固有振動と一致した周波数で、かつ波形を制御したレーザ出力の変動を付与することにより、溶融金属の周期的な流動を活発にし、ポロシティー、ブローホール及び割れ等の溶接欠陥の発生を効果的に防止することができる。

【００３８】

また、この出願の発明によれば、特に深刻な問題である溶接欠陥の防止方法を必要とする厚板の溶接においても適用可能なものとして提供することができる。

これにより、従来困難であった厚板の高品質レーザ溶接が可能となり、レーザ溶接の適用分野の拡大が期待される。

【００３９】

さらに、この出願の発明によれば、厚板の高能率溶接が可能となり、生産ラインにおけるコスト低減が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】欠陥発生を防止するために使用した出力波形の一例を示す図である。

【図２】パルス出力の降下時間を０とする条件において、パルス出力の立ち上がり時間t_Uが欠陥発生率Ｐｒ に及ぼす影響を示す図である。

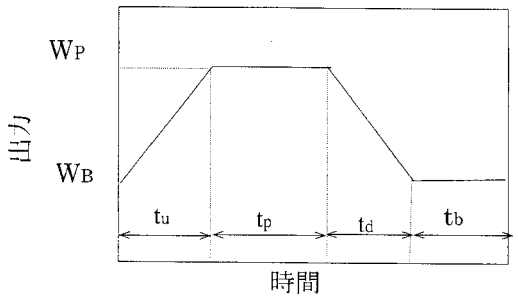
【図３】パルス出力の立ち上がり時間t_U＝１０ms一定の条件において、降下時間t_dが欠陥発生率Ｐｒ に及ぼす影響を示す図である。

【図４】欠陥発生状況のＸ線検査結果の比較図であり、（ａ）は通常のＣＷ（連続）溶接におけるＸ線検査結果を、（ｂ）は実施例の適正条件におけるＸ線検査結果を、それぞれ示す。

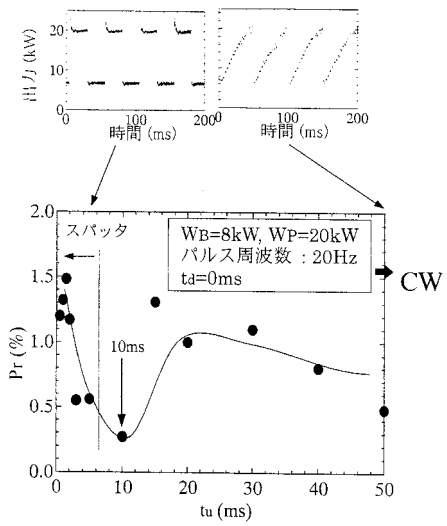
【符号の説明】

t_U　立ち上がり時間
t_P　ピーク出力時間
ｔｄ　降下時間
ｔｂ　ベース出力時間
WP　ピーク出力
WB　ベース出力
Ｐｒ　欠陥発生率

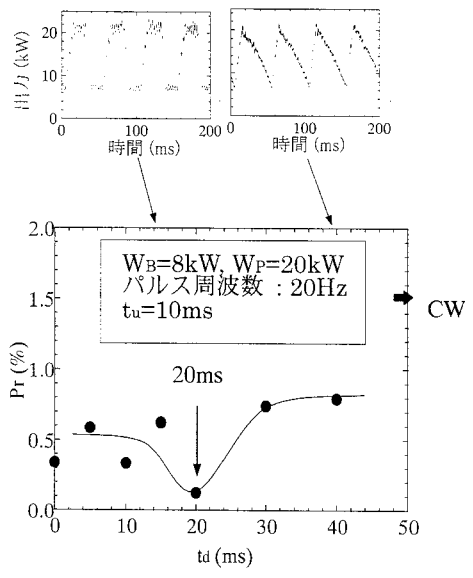
【図１】



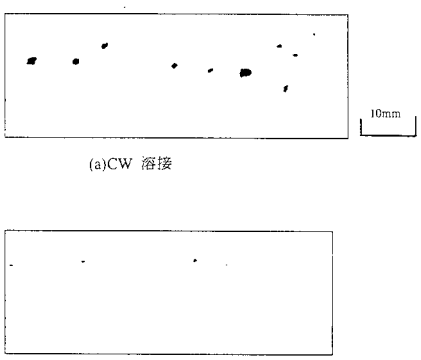
【図２】



【図３】



【図４】



(a)CW 溶接

(b) 波形制御を用いたパルス溶接

フロントページの続き

(72)発明者　川口　勲
茨城県つくば市千現１－２－１　文部科学省金属材料技術研究所内
(72)発明者　荒金　吾郎
茨城県つくば市千現１－２－１　文部科学省金属材料技術研究所内
(72)発明者　本田　博史
茨城県つくば市千現１－２－１　文部科学省金属材料技術研究所内

審査官　青木　正博

(56)参考文献　特開２０００－１０７８７６（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－３１４３７３（ＪＰ，Ａ）
堀尾登孝他，溶融池の固有振動数検出による裏波溶接の溶け込み制御，日本機械学会第７３期通常総会講演論文集（ＩＩ），日本，１９９６年　4月　2日，５７０～５７１ページ

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B23K　26/00-26/42