(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5417639号
(P5417639)

(45)発行日　平成26年2月19日(2014.2.19)　(24)登録日　平成25年11月29日(2013.11.29)

(51)Int.Cl.		F I		
B23K 26/21	(2014.01)	B23K	26/20	310J
B23K 26/082	(2014.01)	B23K	26/08	F
B23K 26/08	(2014.01)	B23K	26/06	A
B23K 26/064	(2014.01)			

請求項の数 3　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2008-104728 (P2008-104728)
(22)出願日　平成20年4月14日 (2008.4.14)
(65)公開番号　特開2009-255103 (P2009-255103A)
(43)公開日　平成21年11月5日 (2009.11.5)
審査請求日　平成23年4月14日 (2011.4.14)

(73)特許権者　598044866
株式会社村谷機械製作所
石川県金沢市東蚊爪町１丁目３２番地
(73)特許権者　504176911
国立大学法人大阪大学
大阪府吹田市山田丘１番１号
(74)代理人　100105809
弁理士　木森　有平
(74)代理人　100126398
弁理士　浅野　典子
(73)特許権者　591040236
石川県
石川県金沢市鞍月１丁目１番地
(74)代理人　100105809
弁理士　木森　有平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ溶接方法及びレーザ溶接装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
中心に回転するワークを配置し、このワークの外周に等間隔に複数のレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接装置において、
ワークを回転自在に支持する回転テーブルと、ワークの外周の複数のレーザ光発生装置の各々をワークを中心位置とする放射状の内外に移動させる移動テーブルとを備え、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御するものであり、
前記回転テーブルは、昇降動自在な構成であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構成されていることを特徴とするレーザ溶接装置。
【請求項２】
中心に回転するワークを配置し、このワークの外周に等間隔に複数のレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接装置において、
ワークを回転自在に支持する回転テーブルと、ワークの外周の複数のレーザ光発生装置の各々をワークを中心位置とする放射状の内外に移動させる移動テーブルとを備え、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御するものであり、
前記レーザ光発生装置は、昇降動自在な構成であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構

成されていることを特徴とするレーザ溶接装置。
【請求項３】
スポットが楕円となる複数のレーザ光を、その長径方向を溶接方向に揃えて照射し、各レーザ光による溶接ライン上の加熱さらには溶融部が他のレーザ光による溶接ライン上の加熱さらには溶融部に連続させ、周方向の溶接ライン全体を同時かつ均一に溶融して溶接することを特徴とする請求項１又は２記載のレーザ溶接装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、中心に回転するワークを配置し、このワークの外周にレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接方法及びレーザ溶接装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
レーザ光発生装置から照射されたレーザ光がワークに吸収されることで発生する熱によって溶接をするレーザ溶接機が実用化されている。このレーザ溶接機により溶接する対象は種々様々なものがあるが、例えば、２種以上の円筒状又は円盤状のワークをその全周に亘って溶接する場合のレーザ溶接機として、固定したワークに対して複数個のレーザ光発生装置をその周囲に配置し、同時にレーザ光を照射することでワークの外周を溶接加工する装置が開示されている（特許文献１）。なお、ワークの外周部のみならず内周部も溶接するものとしては、特許文献４がある。また、ワークの外周に複数のレーザ光発生装置を配置して（実施例では２個のレーザ光発生装置）、ワークを回転させながら複数のレーザ溶接装置で溶接する装置が開示されている（特許文献２、３）。
【特許文献１】特開２００３－２６０５８３号公報
【特許文献２】特許第３７９９５９９号公報
【特許文献３】特許第２８７１５０８号公報
【特許文献４】特許第３３９８１２８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
しかしながら、上記従来公報では、溶接始点と溶接終点が生じ、ワークの周方向を均一に溶接できず溶接歪みが生じるおそれを有する。なお、上記特許文献１と４では、周方向の同一ライン上を溶接歪を発生させずに、速く溶接することができない。特許文献４では、レーザ光発生装置を溶接する方向に移動させるものであることから、それを許容するための装置が複雑で大型化するおそれや、ワークに対する溶接姿勢がずれるおそれを有する。
また、上記特許文献２と３では、ワークの外周にレーザ光発生装置を複数配置したことが記載されているが、単に２個配置しただけでは、レーザ光照射位置直下の溶融は局部的になり、溶融と凝固がワーク周囲において繰り返され、溶接歪は残留する。さらに、溶接は均一に行われることを前提として、高速化も要求されるが、特許文献２や３の装置では、高速化が十分に実現できているとは言えず（ワークとレーザ光発生装置との相対的な回転速度も遅く）、まして円周上のどの箇所も同時に溶接することはできず、しかもワークとレーザ光発生装置との同期的な制御も行われているものではなかった。
【０００４】
さらに、ワークの外周又は内周の溶接の均一化等の要請は、上記円筒状や円盤状のワークに限られず、球形状、楕円球状、多角形状等の様々なワークが溶接対象として存在することから、これらのすべてのワークの外周又は内周を同一の溶接装置により、溶接できることが望ましい。また、溶接ベローズのような製品ではその外周と内周を同一の装置で溶接する位置を変えて溶接したり、溶接速度を変えて溶接したりできることが望ましい。さらに、ワークの凹状の中央の内側内周（左右のＬ状の角部の周方向の溶接ライン）や凸状

の中央の外側外周（左右のＬ状の周方向の角部の溶接ライン）のように、ワークに対して水平方向のレーザ照射では溶接できない場所がある。しかしながら、そのような要求を満たす装置は従来存在しなかった。

【０００５】

そこで本発明の目的は、ワークの回転とレーザ光発生装置との制御を図りながら、ワークの外周又は内周を均一かつ高速に、しかも円周上のどの箇所も同時に溶接することが可能なレーザ溶接方法及びレーザ溶接装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本発明のレーザ溶接方法は、中心に回転するワークを配置し、このワークの外周にレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接方法において、ワークの外周に等間隔で複数のレーザ光発生装置を配置し、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御し、複数のレーザ溶接装置のレーザ光により複数回照射して溶接するものであり、前記ワークを昇降動させるか、又は、レーザ光発生装置を昇降動させるか、傾斜角度を変えることで、ワークの外周又は内周の溶接ラインよりも上方又は下方からレーザ光を照射させることを特徴とする。また、中心に回転するワークを配置し、このワークの外周にレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接方法において、ワークの外周に等間隔で複数のレーザ光発生装置を配置し、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御し、複数のレーザ溶接装置のレーザ光により複数回照射して溶接するものであり、前記ワークが筒状の外周又はドーナツ状の内周を有するものであり、前記複数のレーザ光発生装置を昇降動させる高さ位置や傾斜角度を異ならせることで、複数の各レーザ光が干渉しないようにして前記ワークの内周を溶接することを特徴とする。

ここで、溶接する対象は特に問われない。円筒状やドーナツ型等のワークに限らず、球形状、楕円球状、円錐形状、多角形状（三角錐状、四角錐形状を含む）等の様々なワークも対象可能とする。「回転するワークの同一溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御して」とは、ワークが円筒状やドーナツ状であれば、複数のレーザ光発生装置の各々に移動テーブルが備えられ、すべてのレーザ光発生装置を同じ距離同じ向きに移動させることや、ワークが球状、楕円球状、円錐形状、多角形状（三角錐状、四角錐形状を含む）等のワークでも、移動テーブルを介して、複数のレーザ光発生装置の各々が個別に制御されて、これらのワークとレーザ光発生装置の距離を等しくすること等を言う。

【０００７】

本発明によれば、中心のワークを回転させると、このワークの外周にはワークからの距離が等しく等間隔で配置される複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光がワークの同一箇所を繰り返し照射して溶接するので、ワークの全周に溶接歪のない均一な溶接が行われる。また、円筒状やドーナツ型等のワークに限らず、球形状、楕円球状、円錐形状、多角形状等の様々なワークであっても、複数のレーザ光発生装置の各々を回転するワークとの距離が等しくなるように個別に制御するので、これにより、ワークに対する複数のレーザ光発生装置の各レーザ光の到達する距離が等しくなり、同一ライン上を各レーザ光が同一箇所を複数回照射して溶接することで、ワークの外周又は内周の同一ライン上を溶接歪のない均一な溶接を行うこととなる。

【０００８】

本発明としては、ワークの回転速度を高くしたときには、これに合わせてワークに照射する各レーザ光の出力を高くし、ワークの回転速度を低くしたときには、これに合わせてワークに照射する各レーザ光の出力を低くすることが好ましい。

本発明によれば、ワークの回転速度とレーザ光の出力とを同期させているので、ワークの回転速度に合わせてレーザ光の出力が調整され、過不足のない最適な入熱によって高品

質な溶接が行われる。

【０００９】

本発明のレーザ溶接方法としては、前記ワークを昇降動させるか、又は、レーザ光発生装置を昇降動させるか、傾斜角度を変えることで、ワークの外周又は内周の溶接ラインよりも上方又は下方からレーザ光を照射させることが好ましい。また、本発明のレーザ溶接装置としては、前記回転テーブルが昇降動自在な構成であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構成されていることが好ましい。また、本発明のレーザ溶接装置としては、前記レーザ光発生装置が昇降自在であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構成されていることが好ましい。

本発明によれば、前記ワークを昇降動させるか、レーザ光発生装置を昇降動させるか、又は、レーザ光発生装置の傾斜角度を変えることにより、ワークの凹状の中央の内側内周（左右のＬ状の角部の周方向の溶接ライン）や凸状の中央の外側外周（左右のＬ状の周方向の角部の溶接ライン）を、ワークの外周又は内周の水平ラインからでなくとも上記溶接方法により溶接することができる。

【００１０】

本発明としては、前記ワークが筒状の外周又はドーナツ状の内周を有するものであり、前記複数のレーザ光発生装置の昇降動の高さを異ならせることで、複数の各レーザ光が干渉しないようにして前記ワークの内周を溶接することを特徴とする。

本発明によれば、ワークの外周の複数のレーザ光発生装置が対称位置に同じ高さ位置で配置されていると、複数の各レーザ光が干渉するおそれがあるが、前記複数のレーザ光発生装置を昇降動させる高さ位置や傾斜角度を異ならせることで、複数の各レーザ光が干渉しないようにして前記ワークの内周を溶接することができる。

【００１１】

本発明のレーザ溶接装置は、中心に回転するワークを配置し、このワークの外周に等間隔に複数のレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接装置において、ワークを回転自在に支持する回転テーブルと、ワークの外周の複数のレーザ光発生装置の各々をワークを中心位置とする放射状の内外に移動させる移動テーブルとを備え、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御するものであり、前記回転テーブルは、昇降動自在な構成であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構成されていることを特徴とする。また、中心に回転するワークを配置し、このワークの外周に等間隔に複数のレーザ光発生装置を配置し、ワークの外周又はワークの内周を溶接ラインとして周方向に溶接するレーザ溶接装置において、ワークを回転自在に支持する回転テーブルと、ワークの外周の複数のレーザ光発生装置の各々をワークを中心位置とする放射状の内外に移動させる移動テーブルとを備え、回転するワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光の集光点が位置するように制御するものであり、前記レーザ光発生装置は、昇降動自在な構成であるか、又は、傾斜角度が調整可能に構成されていることを特徴とする。

本発明によれば、中心のワークを回転テーブルにより回転させると、このワークの外周にはワークからの距離が等しく等間隔で配置される複数のレーザ光発生装置の各々のレーザ光がワークの同一箇所を繰り返し照射して溶接するので、ワークの全周に溶接歪のない均一な溶接が行われる。すなわち、円筒状やドーナツ型等のワークに限らず、球形状、楕円球状、多角形状等の様々なワークであっても、複数のレーザ光発生装置の各々と回転するワークとの距離が等しくなるように制御するので、これにより、ワークの溶接ライン上に複数のレーザ光発生装置の各レーザ光の集光点が位置し、同一ライン上を各レーザ光が同一箇所を複数回照射して溶接することで、ワークの外周又は内周の同一ライン上を溶接歪のない均一な溶接を行うこととなる。

ここで、レーザ光発生装置は、ワークの外周に複数個が等間隔で配置されるが、レーザ光発生装置の個数が多く配置できれば多く配置できるほど、ワークの外周の各位置を同時かつ均一的に溶接することが可能になる。なお、レーザ光発生装置を溶接する方向に移動

させるものではないので、ワークに対する溶接姿勢がずれるような心配はなく、レーザ溶接装置としての構造の簡略化が図られる。

【００１２】

本発明としては、複数のレーザ光発生装置の各々に移動テーブルが備えられ、すべてのレーザ光発生装置が半径方向に同じ距離同じ向きに個別に移動させることが好ましい。また、すべてのレーザ光発生装置を同時に半径方向に個別に移動させる構造としても良い。

本発明によれば、すべてのレーザ光発生装置が半径方向にすべて同時に又は個別に移動するので、例えば、円筒状又はドーナツ状のワークだけでなく、楕円形状や多角形状のワークであってもその外周や内周の直径や大きさに合わせて同じ距離だけ離れて溶接する場合の設定が可能になる。

【発明の効果】

【００１３】

本発明によれば、スポットが楕円となるレーザ光を照射可能な複数のレーザ光を同心円上に放射状に配置した中心にワークを位置決めし、多方向から同時にレーザ光を照射するとともに、ワークを高速に回転させることで、形状や大きさの異なるどのようなワークであっても、ワークの外周又は内周の同一ラインの溶融部が連続し、これにより溶接歪みを防止し、周方向の溶接ラインのどの箇所でも同時かつ均一に溶融することが可能となる。

【００１４】

また、円形レーザ光をシリンドリカルレンズを使用して楕円スポットに集光したり、半導体レーザなどからの楕円レーザ光をそのまま楕円スポットに集光したりして、利用するので、溶接方向にのみ高い効率で多量の熱を加えることができ、レーザ溶接時にプラズマやスパッタ等が発生しない程度までパワー密度を低く抑えても、高速かつ穏やかな溶接が可能である。また、楕円スポットの長径方向を溶接方向に揃え、かつレーザ照射を連続とすることでパルスＹＡＧレーザに比べて溶接速度を速くすることができる。

【００１５】

さらに、小型で安価な半導体レーザを使用することで、同一機上に複数個のレーザ光を配置することが可能になる。同時に、各レーザ光からのレーザ出力を同時に制御できるため、それらを一定に調整することは容易であり、多方向同時レーザ溶接装置が実現できる。そして、各レーザ光発生装置の高低位置や傾斜角度を調整可能とすることで、ワークの内周の周方向の溶接や、ワークの凹状の中央の内側内周（左右のＬ状の角部の周方向の溶接ライン）等をワークの外周又は内周の水平ラインからでなくとも溶接することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１６】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【００１７】

図１は本発明の一実施形態のレーザ溶接装置１を模式的に示す斜視図であり、図２は上記実施形態のレーザ溶接装置１を示す上面図である。図３はワークＷの外周を溶接する場合を説明する断面図であり、図４は７－７Ｗの内周を溶接する場合を説明する断面図である。本実施形態のレーザ溶接装置１は、中心にワークＷを回転自在に支持する回転テーブル９と、ワークＷの周囲の複数のレーザ光発生装置３の各々を移動テーブル７と、これらを載置する載置台５を主な構成部材として備え、これらが基台２に備え付けられている。

【００１８】

基台２上には、昇降動可能な中央の中央台１０Ｃと左右の側方台１０Ａが備えられ、これら中央台１０Ｃと左右の側方台１０Ａは、昇降動自在に構成され（Ｚ軸方向の移動テーブルとして構成され）、これにより中央の円盤状の載置台５が上下動する構造である。中央の中央台１０Ｃは、載置台５を半径方向へ回転させることができる構造である（図２の符号Ｆｗ）。上記左右の側方台１０Ａは、各々の下方の移動台１０Ｂにより図１中の矢印方向に移動可能である（Ｙ軸方向に移動可能である）。

【００１９】
円盤状の載置台５には、円形レーザ光をシリンドリカルレンズなどで楕円スポットに集光したり、半導体レーザのように楕円レーザ光をそのまま楕円スポットに集光したりして使用する複数のレーザ光発生装置３が等間隔で配置されている。複数の各レーザ光発生装置３は、載置台５の上に配される移動テーブル７と、移動テーブル７の上に配されるチルトテーブル８を介して取り付けられ、レーザ光発生装置３のレーザ光Ｌａが円盤状の載置台５の中心を向くようにして取り付けられている。移動テーブル７は、レーザ光発生装置３をワークＷを中心位置とする放射状の内外に移動させるものであり（半径方向の移動であり、）、レールや軸を介してチルトテーブル８をワークを中心位置とする放射状の内外に移動させる。チルトテーブル８は、レーザ光発生装置３の傾斜角度を調整するものであり、図４の曲面の凹状部８ａと、曲面の凸状部８ｂとを組み合わせて、曲面の凸状部８ｂによりレーザ光発生装置３の上下方向の傾斜角度が調整可能に構成されるとともに、レーザ光発生装置３の角度（横方向の角度）が調整可能に構成されている。レーザ光発生装置３は、曲面の凸状部８ｂに取り付けられているが、本実施の形態では、レーザ光が水平方向に照射されるように、水平姿勢で曲面の凸状部８ｂに取り付けられている。なお、複数のレーザ光発生装置３の各レーザ光は、一つのレーザ光発生装置から出力されたレーザ光を分岐することも可能である。また、ワークＷの昇降動機構と複数のレーザ光発生装置３の昇降動とを各々別の構造で独立させ、互いに高さ位置を変更可能にすることも可能である。

【００２０】
ここで、レーザ光発生装置３の配置例としては、ワークの外周において、１２０度ごとの３個、９０度ごとの４個、６０度ごとの６個、４５度ごとの８個、４０度ごとの９個、３０度ごと１２個、２０度ごとの１６個、又は、２２．５度ごとの１８個の配置をすることが考えられる。なお、６０度ごとの６個、９０度ごとの４個、４５度ごとの８個、２０度ごとの１６個等の場合は、ワークＷを中心とする点対称配置となる。そして、複数の半導体レーザ３からのレーザ光Ｌａは、スポット形状が楕円形になるように集光し、中央位置のワークＷに照射する。このとき、周溶接しようとするワークＷの周方向に楕円ビームの長径が沿うようにレーザ光の照射姿勢を調整する。
本発明では、周方向の溶接ライン全体を同時かつ均一に溶融することを目的としており、そのためには、ワークＷの大きさや形状にもよるが、ワーク外周のレーザ光発生装置３の数は多いほうが好ましい。しかし、一定の大きさを有するレーザ光発生装置をそのように多数配することは物理的に無理である。また、できたとしても多数のレーザ光発生装置を必要となるのでコスト高になることは免れない。本実施の形態では、後述する温度分布解析結果からは、直径５０ｍｍのワークについては出力５０Ｗレーザを使用するとしてレーザ光発生装置３が８基必要とすることが好ましいと考えられる。これを基にレーザ光発生装置３の数を検討すると、直径２５ｍｍのワークでは最低４基必要であり、直径１７ｍｍのワークでは最低３基必要であると考えられ、逆に、直径１００ｍｍのワークでは最低１６基必要であると考えられる。

【００２１】
円盤状の載置台５の中心には、回転テーブル９が前記中央台１０Ｃに取り付けられている。すなわち、複数のレーザ光発生装置３のレーザ光が円盤状の載置台５の中心に向くように配置されるが、この中心にワークＷを固定した状態で回転するように（図１の符号Ｆｘ）、回転テーブル９が中央台１０Ｃに取り付けられている。回転テーブル９の回転動作は、図２の基台２に設けられる制御部１１により制御される。そして、制御部１１での制御により、レーザ光の照射と同時にワークが回転して、徐々に回転速度を上げて行く。また、制御部１１は、複数のレーザ光発生装置３の各々と接続されて、その出力を個別に制御する。複数のレーザ光発生装置３はすべて同じであることが好ましい（同じ種類で同じ型で同じ大きさ）が、レーザ光の出力を同じに、また、スポットの大きさを同じにできれば、その限りではない。また、基台２には、溶接中の溶接部の温度を計測する温度計測部１２が備えられ、予め設定した溶接部温度に達するまで徐々にレーザ光の出力を高くし、

設定温度に達すれば、溶接終了まで一定に保たれるようにワークの回転速度に同期してレーザ光の出力が自動的に制御される。温度計測部１２は、図示しない非接触温度計（非接触の温度センサー）を介して溶接中の溶接部の温度を計測する。非接触の温度センサーは、ワークＷの外周に等間隔で配置することが好ましく、少なくともレーザ光発生装置３の数と同じ数かこれよりも多く配置することが好ましい。このように、レーザ光発生装置３のレーザ光の出力を個別に制御するとともに、レーザ光の出力制御をワークの動きに同期させることができるようになっている。

【００２２】

次に、本実施の形態のレーザ溶接装置１によりワークＷの外周と内周の溶接ラインを溶接する方法を説明する。

本実施の形態では、溶接ベローズの外周エッジ溶接（図５に示すベローズＷｂの外周エッジ溶接ｙ２）と内周エッジ溶接（図５に示すベローズＷｂの内周エッジ溶接ｙ１）について説明する。まず、図３に示す上下一対の治具Ｔ１によりワークＷを挟み、上方向より押さえて回転テーブル９に固定する。そして、移動テーブル７により、レーザ光発生装置３の一つ（例えば３Ａ）を移動させることで、その他のレーザ光発生装置３（Ｂ～Ｈ）も同じ距離同じ方向に移動させ、８個のレーザ光発生装置３（Ａ～Ｈ）のワークＷに対する各レーザ光の照射距離を等しくする。また、昇降動可能な中央の中央台１０Ｃと左右の側方台１０Ａにより、８個のレーザ光発生装置３（３Ａ～３Ｈ）のレーザ光が各々水平にワークＷの溶接ラインを照射するようにする。

【００２３】

レーザ光の出力は、ワークに照射した際にプラズマやスパッタ等が発生しない程度の低いパワー密度になるように条件設定されて照射される。例えば、厚さ０．１ｍｍの円盤状ワークＷを２枚重ね、そのエッジを周溶接する場合は、ワークの周囲に放射状に配置された８個のレーザ光発生装置３からの各出力は５０Ｗ程度となる。その際、レーザ出力を目標値まで約１秒かけて徐々に上昇させ、目標値にて１～２秒保持した後、約１秒かけて徐々に下げることで急峻な加熱冷却を避ける。レーザ光発生装置３から照射されるレーザ光の出力は、原則的には全て同じになるように調整されるが、レーザ光発生装置３の各々のレーザ光出力を変えることも可能である。

【００２４】

次に、制御部１１での制御により、回転テーブル９を回転させることでワークＷが回転して、この回転と同時に各レーザ光発生装置３からレーザ光Ｌａが照射される。そして、制御部１１での制御により、徐々に回転速度を上げて行き、予め設定した回転速度に達した後、溶接の温度が予め設定した溶接温度に達するまで各レーザ光発生装置３の出力を徐々に高くし、設定温度に達してからは、溶接が終了するまで一定に保たれるようにするか、回転速度を遅くしたときには、これに合わせて各レーザ光発生装置３の出力を徐々に低くなるように、各レーザ光発生装置３の出力が制御される。

ここで、本実施の形態では、ワークとワークとの接触箇所である溶接ラインと複数の各レーザ光発生装置３のレーザ光Ｌａとは、同じ水平ラインになるように、中央台１０Ｃと側方台１０Ａにより調節されている。

【００２５】

次に、本実施の形態のレーザ溶接装置１によりワークＷの内周溶接（図５に示すベローズＷｂの内周エッジ溶接ｙ１）を必要とする場合には、図４に示す治具Ｔ２を用意し、ワークＷを固定する。

ワークＷの内周溶接の場合は、ワークに対して各レーザ光発生装置３が干渉することが考えられる。しかし、本実施の形態では、複数の各半導体レーザ３のレーザ光発生装置３は、半径方向への位置決めと傾斜角度の調整が可能な載置台５上に設置される。半径方向の位置決めによってワークＷの内径に合わせて溶接を行う。また、昇降動可能な中央の中央台１０Ｃと左右の側方台１０Ａにより高さ位置を調整できる。すべてのレーザ光発生装置３（３Ａ～３Ｈ）の半径位置や角度を調整することや高さ位置を変えることで、ワークＷの内周の溶接を行う場合に、各レーザ光発生装置３が干渉しないようにできる。

したがって、図４に示すように、複数の各レーザ光発生装置３のレーザ光Ｌａを斜め上方からワークＷの内周に斜め照射（集光）させることができ、これにより一台のレーザ溶接装置１により、図５のワークＷｂの内周と外周の溶接が可能になる。なお、複数の各レーザ光発生装置３のレーザ光Ｌａを斜め下方からワークＷｂの内周に斜め照射（集光）させることも可能である。

【００２６】

（実施例１）

例えば、ニッケル基の超合金であるインコネル（INCO社の登録商標）の溶接ベローズの高品質化を目的とするレーザ溶接は以下のように行われる。

溶接ベローズＷｂは、図５（ａ）（ｂ）に示すように、外径５０ｍｍ、内径２５ｍｍ、厚さ０．１ｍｍのドーナツ状であり、その内外周のエッジ溶接が行われる。符号ｙ１、ｙ２は溶接箇所を示す。酸化を防止するために、レーザ溶接装置１全体をケースで囲むと共に、このケース内に不活性ガスを充填して気密性を確保して溶接が行われる。

レーザ溶接装置１の移動テーブル７は、半径方向移動速度が１０ｍｍ／ｓｅｃ以上であり、半径方向ストロークが５０ｍｍ以上である。チルトテーブル８は、傾き速度は１０度／ｓｅｃ以上であり、傾き範囲は９０度以上である。Ｚ軸移動テーブル１０Ａは、移動速度が１ｍｍ／ｓｅｃであり、移動ストロークが１００ｍｍである。回転テーブル９は、回転速度が１０ｒｐｓである。

【００２７】

上記８個のレーザ光発生装置（３Ａ～３Ｈ）の場合、レーザ照射中は、載置台５の中心に固定されたワークＷｂは、回転テーブル９によって任意の速度で回転する。このときの回転速度をレーザ光の出力に合わせて適切に調整する。例えば、各レーザ光発生装置３からの出力を５０Ｗとし、厚さが０．１ｍｍで外形がφ５０ｍｍの円盤状ワークＷｂを２枚重ね、そのエッジを周溶接する場合は、回転速度を５ｒｐｓ程度に調整することで、溶接しようとするワークＷｂの周全域が同時かつ均一に加熱される状態となり、全周を同時かつ均一に溶接ラインｙ１ｙ，２を溶接する。

このように、円形または円筒形の薄板ワークの外周または内周がレーザ溶接され、その際の歪みを防止することができる。また、レーザ出力の増減を緩やかに行うことで、従来のレーザに見られる急峻な加熱冷却を避け、割れなどの溶接欠陥発生を防止する。図２の温度計測部１２と制御部１１により、溶接部の温度計測によって各レーザ光の出力が精密に制御されるため、過剰な昇温を防ぐことができ、スパッタやプラズマを生じず、成分蒸発もない溶接が可能となる。

【００２８】

（実施例２）

例えば、圧力センサーの高感度化を目的とするレーザ溶接は以下のように行われる。この圧力センサーであるワークＷａは、図６（ａ）（ｂ）に示すように、台座Ｗｋとダイヤフラム Ｗｄ等から構成され、外径２５ｍｍ、厚さ数十μｍのインコネル製のダイヤフラム Ｗｄと台座（肉厚０．５ｍｍで電極が配されている。）Ｗｋのエッジ溶接が行われる。ダイヤフラムは、金属製の薄膜で、圧力の検知や流体の圧力差を駆動力に変える機能部品である。符号ｙ３は溶接箇所を示す。酸化を防止するために、レーザ溶接装置１全体をケースで囲むと共に、このケース内に不活性ガスを充填して気密性を確保して溶接する必要がある。本実施の形態の方法によれば、ダイヤフラムＷｄの溶接歪みの低減が図られる。

【００２９】

（実施例３）

例えば、リチウム一次電池の封口のレーザ溶接は以下のように行われる。このリチウム一次電池であるワークＷｒは、図７（ａ）（ｂ）に示すように、薄板状（直方体形状）の上下の一方（上方の負極端子）側において外周部材Ｇ１とその蓋体Ｇ２とをレーザで溶接している。封口の密閉性を高めるためである。符号ｙ４は溶接箇所を示す。酸化を防止するために、レーザ溶接装置１全体をケースで囲む。本実施の形態の方法によるとき、レーザ光Ｌａの傾きを調整して、斜め上方からレーザ光Ｌａを照射する。このリチウム一次電

池Ｗは直方体形状であるので、外周のレーザ光発生装置３と移動テーブル７は、各々個別の内外周への移動を行うが、制御部１１により、複数のレーザ光発生装置３の各々のレーザ光Ｌａの集光点が常に回転するワークＷｒの溶接ライン上に位置するように制御することで、溶接歪みの低減が図られる。

【００３０】

（温度分布解析）

次に、上記実施の形態における温度分布解析を行った結果を説明する。

解析方法は、解析ソフトとして、Quick Welder（（株）計算力学研究センター製のソフト名）を使用した有限要素法に基づく熱伝導解析により行った。解析モデルは、ワーク周囲に配置するレーザ光発生装置３を８個と仮定し、ワークＷｉとして板厚０．１ｍｍのインコネル製円板（外径５０ｍｍで、内径２５ｍｍ）Ｗｉを想定し、それを２枚重ね、その外周エッジを溶接するとした。想定ワークＷｉの１／８を図８に示すように抜き出し、さらに解析の都合上、同サイズの長方形に近似させて解析を行った。解析条件は、レーザ出力を１００Ｗとし、インコネル製円板Ｗｉへの吸収率を３０％と仮定した。ワークＷｉの回転速度から外径における周速度を計算し、それと等しくなるように長方形解析モデルにおいてレーザ光を上から下へ同一方向に繰り返し移動させた。その解析結果を図９に示す。

【００３１】

最高温度がインコネルの融点を超える部分は、ワーク回転速度０．１２５ｒｐｓから１ｒｐｓでは不連続であるが（溶融箇所を符号Ｄｒで示す。）、ワーク回転速度２ｒｐｓ以上では溶融箇所Ｄｒが全体に細幅状に連続しており、同時かつ均一に溶接が行われることが分かる。また、溶接はパルスレーザのようにパルス的でなく、連続的に行われる。このため、溶接部の温度を非接触温度計により計測可能となり、これを組み込むことで溶接温度をフィードバック制御可能なシステムが実現できる。

【００３２】

以上、本実施の形態のレーザ溶接装置１では、溶接ベローズＷｂと圧力センサーＷａのダイヤフラムＷｄの溶接とリチウム一次電池であるワークＷｒを例に説明したが、現在行われている電池のカシメを溶接に代えるような場合にも適用可能である他、球状のものや、楕円球状、円錐形状、多角形状（三角錐状、四角錐形状を含む）等のワークでも適用可能なものである。また、本実施の形態の装置のよる溶接方法によれば、ワークの凹状の中央の内側内周（左右のＬ状の角部の周方向の溶接ライン）や凸状の中央の外側外周（左右のＬ状の周方向の角部の溶接ライン）の溶接が可能であるが、ワークの凸状の中央の外側外周（左右のＬ状の周方向の角部の溶接ライン）としては、例えば、図６（ｂ）の符号１Ｙのような箇所の溶接である。また、ワークとワークの接合箇所を溶接する場合に適用することが可能であるとは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【００３３】

【図１】本発明を適用した一実施形態のレーザ溶接装置を示す斜視図である。

【図２】上記実施形態のレーザ溶接装置を示す上面図である。

【図３】上記実施形態のレーザ溶接装置を示す断面図である。

【図４】上記実施形態のレーザ溶接装置によりワーク内周を溶接する状態を説明する断面図である。

【図５】上記実施形態のレーザ溶接装置により溶接する溶接ベローズを示す図であり、斜視図である。

【図６】上記実施形態のレーザ溶接装置により溶接する圧力センサーを示す図であり、（ａ）が斜視図であり、（ｂ）が断面図である。

【図７】上記実施形態のレーザ溶接装置により溶接するリチウム１次電池を示す図であり、（ａ）が斜視図であり、（ｂ）が断面図である。

【図８】上記実施形態のレーザ溶接装置による解析方法を説明する図である。

【図９】インコネル製円板（外径５０ｍｍで内径２５ｍｍ、厚さ０．１ｍｍ）を想定し、

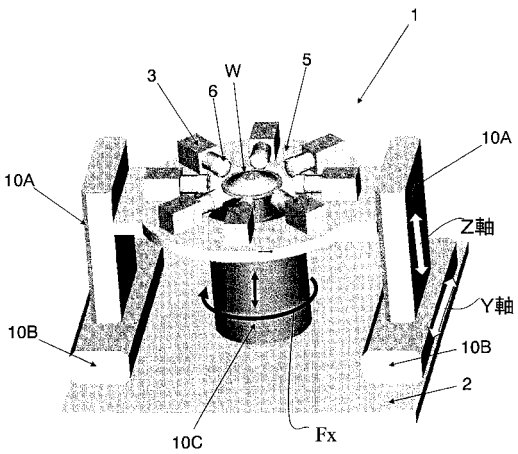
それを２枚重ね、その外周エッジを溶接する場合の溶接中の温度を解析し、その分布を示す図である。

【符号の説明】

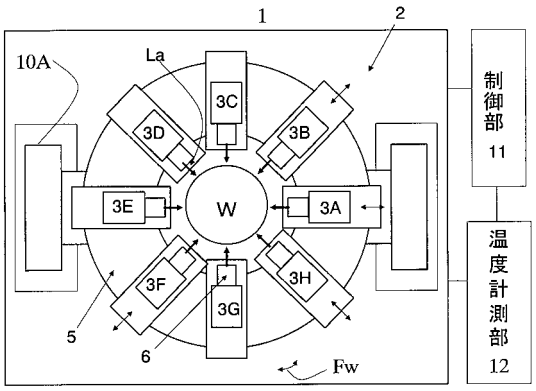
【００３４】

１　　レーザ溶接装置、
２　　基台、
３，３Ａ～３Ｈ　　レーザ光発生装置
５　　載置台、
６　　集光レンズ、
７　　移動テーブル、
８　　チルトテーブル、
９　　回転テーブル、
１０Ｃ　中央台、１０Ａ　左右の側方台、
Ｌａ　レーザ光、
Ｗ，Ｗｂ，Ｗａ，Ｗｄ，Ｗｉ，Ｗｒ　ワーク、
ｙ１，ｙ２，ｙ３，ｙ４，１Ｙ　溶接ライン

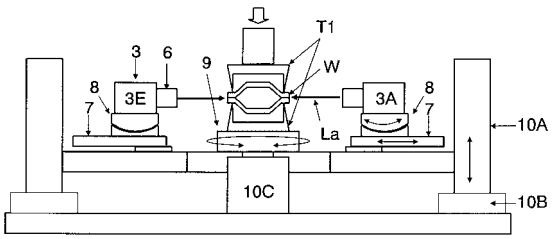
【図１】



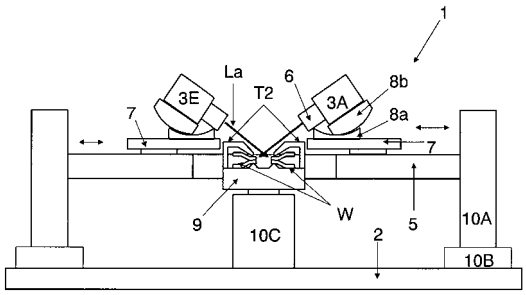
【図２】



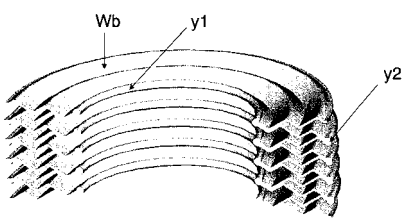
【図３】



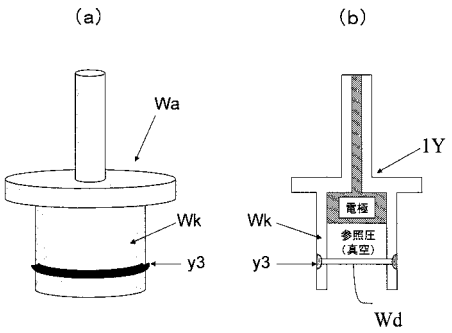
【図４】



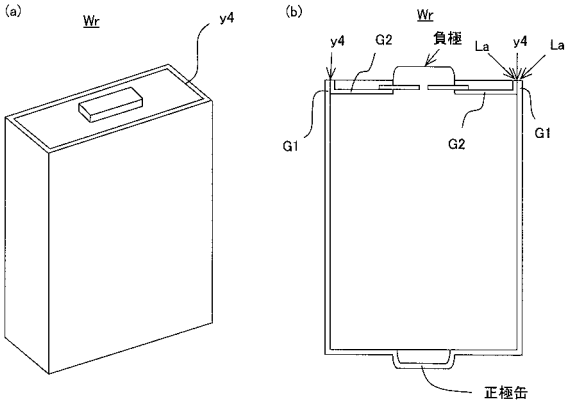
【図５】



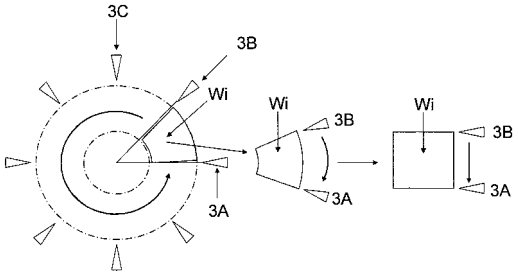
【図６】


(a)
(b)
Wa
Wk
y3
1Y
電極
参照圧
（真空）
Wk
y3
Wd

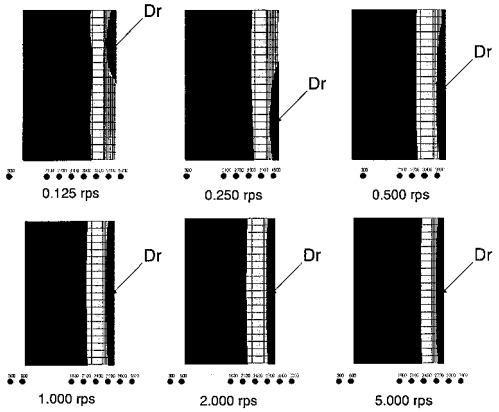
【図７】


(a)
Wr
y4
(b)
Wr
y4
G2
負極
La
y4
La
G1
G2
G1
正極缶

【図８】


3C
3B
Wi
3A
Wi
3B
3A
Wi
3B
3A

【図９】


Dr
0.125 rps
Dr
0.250 rps
Dr
0.500 rps
Dr
1.000 rps
Dr
2.000 rps
Dr
5.000 rps

フロントページの続き

(72)発明者　村谷　外博
石川県金沢市東蚊爪町１丁目３２番地　株式会社村谷機械製作所内
(72)発明者　阿部　信行
大阪府吹田市山田丘１番１号　国立大学法人大阪大学内
(72)発明者　舟田　義則
石川県金沢市鞍月２丁目１番地　石川県工業試験場内

審査官　松本　公一

(56)参考文献　特開昭６２－０７７１９３（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０５７５８１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－００２７８８（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２３９７６８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０９００３０（ＪＰ，Ａ）
特表２００７－５２１９６５（ＪＰ，Ａ）
特表２００７－５３７１２４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ　２６／００－　２６／４２
Ｂ２３Ｋ　９／００－　９／３２