

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5947741号
(P5947741)

(45) 発行日 平成28年7月6日(2016.7.6)

(24) 登録日 平成28年6月10日(2016.6.10)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 3 K 26/00	(2014.01)		B 2 3 K 26/00		M
B 2 3 K 26/21	(2014.01)		B 2 3 K 26/21		A

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-74837 (P2013-74837)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成25年3月29日 (2013. 3. 29)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2014-198345 (P2014-198345A)	(73) 特許権者	000006622 株式会社安川電機
(43) 公開日	平成26年10月23日 (2014.10.23)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
審査請求日	平成27年5月29日 (2015. 5. 29)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100105463 弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100129861 弁理士 石川 滝治
		(74) 代理人	100182176 弁理士 武村 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接部の検査装置とその検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のワーク同士を溶接する際に形成される溶接部の溶接状態を検査する溶接部の検査装置であって、

ワーク同士を溶接するために該ワークに設定された溶接軌跡に沿って溶接用レーザー光を照射する、もしくは、溶接用レーザー光によって溶融されたワークの溶融池に設定された走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射する照射部と、

前記照射部によって照射された溶接用レーザー光もしくは検査用レーザー光によるワークの溶融池からの反射光、ワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光、およびワークの溶融池から放射される熱放射光の少なくとも一つを含む戻り光を受光する受光部と、

前記ワークの溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第1の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度と前記任意の点に対して相対的に離間した第2の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度の比率に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査する検査部と、を備えている溶接部の検査装置。

【請求項2】

前記溶接用レーザー光の溶接軌跡または前記検査用レーザー光の走査軌跡は、閉ループ形状もしくは渦巻形状を呈している、請求項1に記載の溶接部の検査装置。

【請求項3】

前記溶接用レーザー光の溶接軌跡または前記検査用レーザー光の走査軌跡は、円形状もしくは楕円形状を呈している、請求項2に記載の溶接部の検査装置。

10

20

【請求項 4】

前記任意の点は前記ワークの溶接中心である、請求項 2 または 3 に記載の溶接部の検査装置。

【請求項 5】

前記検査部は、前記第 1 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の平均強度および前記第 2 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の平均強度に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査するようになっている、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の溶接部の検査装置。

【請求項 6】

複数のワーク同士を溶接する際に形成される溶接部の溶接状態を検査する溶接部の検査方法であって、

ワーク同士を溶接するために該ワークに設定された溶接軌跡に沿って溶接用レーザ光を照射し、もしくは、溶接用レーザ光によって溶融されたワークの溶融池に設定された走査軌跡に沿って検査用レーザ光を照射し、前記溶接用レーザ光もしくは検査用レーザ光によるワークの溶融池からの反射光、ワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光、およびワークの溶融池から放射される熱放射光の少なくとも一つを含む戻り光を受光する第 1 のステップと、

前記ワークの溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第 1 の領域で受光された戻り光の強度と前記任意の点に対して相対的に離間した第 2 の領域で受光された戻り光の強度の比率に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査する第 2 のステップと、からなる溶接部の検査方法。

【請求項 7】

前記溶接用レーザ光の溶接軌跡または前記検査用レーザ光の走査軌跡は、閉ループ形状もしくは渦巻形状を呈している、請求項 6 に記載の溶接部の検査方法。

【請求項 8】

前記溶接用レーザ光の溶接軌跡または前記検査用レーザ光の走査軌跡は、円形状もしくは楕円形状を呈している、請求項 7 に記載の溶接部の検査方法。

【請求項 9】

前記任意の点は前記ワークの溶接中心である、請求項 7 または 8 に記載の溶接部の検査方法。

【請求項 10】

前記第 2 のステップにおいて、前記第 1 の領域で受光された戻り光の平均強度および前記第 2 の領域で受光された戻り光の平均強度に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査する、請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載の溶接部の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は溶接部の検査装置とその検査方法に関し、たとえばレーザ光で複数のワーク同士を溶接する際に形成される溶接部の溶接状態を検査する検査装置とその検査方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、たとえば二枚の鋼板を重ね合わせてレーザ溶接する際には、そのレーザ溶接によって形成される溶接部の品質評価が行われている。このようなレーザ溶接による溶接部の品質評価の一例として、たとえば特許文献 1 には、レーザ光の反射光を用いてレーザ溶接の品質評価を行う技術が開示されている。

【0003】

特許文献 1 に開示されているレーザ溶接品質判定システムは、レーザトーチから例えば YAG レーザを照射し、第 1 の受光出力手段によってレーザ反射光を溶接進行方向の前方斜め上方から受光し、第 2 の受光出力手段によって蒸気発光（ブルーム）やレーザ反射光

10

20

30

40

50

を含む溶接光をレーザー光の照射方向と同軸方向にて受光し、この所定の2方向から同時に受光されたレーザー反射光と溶接光をそれらの強度に応じた電気信号に変換し、この電気信号の信号強度またはその変化に基づいて溶接品質を判定するシステムである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-87056号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示されているレーザー溶接品質判定システムによれば、所定の異なる2方向からレーザー反射光と溶接光を同時に受光し、それぞれの受光信号強度と適宜に設定された閾値を比較することによって、たとえば鋼板間の隙間を埋めるために溶接ビードが窪んでしまう引け溶接（アンダーフィル）、鋼板間の隙間が過大であるために上下の鋼板同士が接合しない未接合溶接、やはり鋼板間の隙間が過大であるためにビードが陥没する落ち溶接、熱バランスの変動などに起因して突発的にビードが無くなる溶断溶接、穴あき溶接などといった多様な形態の溶接不良のいずれか一つが生じていることを判定することができる。

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示されているレーザー溶接品質判定システムにおいては、たとえばレーザー Torch とワーク（鋼板）とが離間している場合に、受光されたレーザー反射光や溶接光から得られる電気信号が微弱となるため、溶接不良の判定精度が低下する可能性がある。特に、レーザー溶接時にビードが陥没する落ち溶接などにおいては、溶接不良に起因する電気信号の変化が小さくなるため、ワークの溶接不良を精緻に検出することができないといった問題が生じ得る。さらに、ワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光やワークの溶融池から放射される熱放射光はワーク温度に応じて変化し、受光されたレーザー反射光や溶接光から得られる電気信号およびレーザー溶接品質を判定するための閾値がワーク温度に応じて変化することが知られており、レーザー溶接時のワーク温度の変動が大きい場合には、ワークの溶接不良の判定精度が更に低下するといった問題が生じ得る。

【0007】

本発明は上記する課題に鑑みてなされたものであり、たとえばレーザー Torch とワークを離間して溶接するリモート溶接において、ワークの溶接部の溶接状態を精緻に検査することができる溶接部の検査装置とその検査方法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】

【0008】

前記目的を達成すべく、本発明による溶接部の検査装置は、複数のワーク同士を溶接する際に形成される溶接部の溶接状態を検査する溶接部の検査装置であって、ワーク同士を溶接するために該ワークに設定された溶接軌跡に沿って溶接用レーザー光を照射する、もしくは、溶接用レーザー光によって溶融されたワークの溶融池に設定された走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射する照射部と、前記照射部によって照射された溶接用レーザー光もしくは検査用レーザー光によるワークの溶融池からの反射光、ワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光、およびワークの溶融池から放射される熱放射光の少なくとも一つを含む戻り光を受光する受光部と、前記ワークの溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第1の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度および前記任意の点に対して相対的に離間した第2の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査する検査部と、を備えているものである。

【0009】

上記する溶接部の検査装置によれば、ワークに形成される溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第1の領域で受光される戻り光の強度および任意の点に対して相対的に離間した第2の領域で受光される戻り光の強度に基づいて、ワークの溶接部の溶接状態を

10

20

30

40

50

検査することによって、たとえば照射部とワークを離間して溶接するリモート溶接において、受光部で受光される戻り光から得られる電気信号が微弱となる場合や、受光部で受光される戻り光の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、ワークの溶接部の溶接状態を精緻に検査することができる。

【 0 0 1 0 】

ここで、前記検査部は、前記第 1 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度と前記第 2 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の強度の比率に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

上記する溶接部の検査装置によれば、第 1 の領域で受光される戻り光の強度と第 2 の領域で受光される戻り光の強度の比率に基づいてワークの溶接部の溶接状態を検査することによって、たとえば受光部で受光される戻り光から得られる電気信号が微弱となる場合や、受光部で受光される戻り光の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、略一定の判定基準に基づいてワークに形成される溶接部の溶接状態を判定することができ、ワークの溶接部の溶接状態をより精緻に検査することができる。

【 0 0 1 2 】

また、前記検査部は、前記第 1 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の平均強度および前記第 2 の領域で前記受光部によって受光される戻り光の平均強度に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査することが好ましい。

【 0 0 1 3 】

上記する溶接部の検査装置によれば、第 1 の領域で受光される戻り光の平均強度および第 2 の領域で受光される戻り光の平均強度に基づいて、ワークの溶接部の溶接状態を検査することによって、たとえば受光部で受光される戻り光の強度がワーク温度の変化や溶融池の液面の周期的な振動に応じて変化する場合であっても、略一定の判定基準に基づいてワークに形成される溶接部の溶接状態を判定することができ、ワークの溶接部の溶接状態をより一層精緻に検査することができる。

【 0 0 1 4 】

なお、第 1 の領域で受光部によって受光される戻り光の平均強度とは、第 1 の領域で受光部によって受光される戻り光の強度の総和を、たとえば第 1 の領域でレーザ光が走査する長さや第 1 の領域の面積、第 1 の領域でレーザ光が走査する時間などで除して得られた単位長さ当たりや単位面積当たり、単位時間当たりの戻り光の強度である。また、第 2 の領域で受光部によって受光される戻り光の平均強度とは、同様に、第 2 の領域で受光部によって受光される戻り光の強度の総和を、たとえば第 2 の領域でレーザ光が走査する長さや第 2 の領域の面積、第 2 の領域でレーザ光が走査する時間などで除して得られた単位長さ当たりや単位面積当たり、単位時間当たりの戻り光の強度である。

【 0 0 1 5 】

また、本発明による溶接部の検査方法は、複数のワーク同士を溶接する際に形成される溶接部の溶接状態を検査する溶接部の検査方法であって、ワーク同士を溶接するために該ワークに設定された溶接軌跡に沿って溶接用レーザ光を照射し、もしくは、溶接用レーザ光によって溶融されたワークの溶融池に設定された走査軌跡に沿って検査用レーザ光を照射し、前記溶接用レーザ光もしくは検査用レーザ光によるワークの溶融池からの反射光、ワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光、およびワークの溶融池から放射される熱放射光の少なくとも一つを含む戻り光を受光する第 1 のステップと、前記ワークの溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第 1 の領域で受光された戻り光の強度および前記任意の点に対して相対的に離間した第 2 の領域で受光された戻り光の強度に基づいて、前記ワークの溶接部の溶接状態を検査する第 2 のステップと、からなる方法である。

【 0 0 1 6 】

上記する溶接部の検査方法によれば、ワークに形成される溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第 1 の領域で受光された戻り光の強度および任意の点に対して相対的に離間した第 2 の領域で受光された戻り光の強度に基づいて、ワークの溶接部の溶接状態を

10

20

30

40

50

検査することによって、たとえばレーザー照射部とワークを離間して溶接するリモート溶接において、受光された戻り光から得られる電気信号が微弱となる場合や、受光される戻り光の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、ワークの溶接部の溶接状態を精緻に検査することができる。

【発明の効果】

【0017】

以上の説明から理解できるように、本発明の溶接部の検査装置やその検査方法によれば、複数のワーク同士を溶接する際に、ワークの溶融池内の任意の点に対して相対的に近接した第1の領域で受光された戻り光の強度および任意の点に対して相対的に離間した第2の領域で受光された戻り光の強度に基づいて、ワークの溶接部の溶接状態を検査するという簡便な構成により、たとえば戻り光から得られる電気信号が微弱となる場合や戻り光の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、ワークの溶接部の溶接状態を精緻に検査することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の溶接部の検査装置の実施の形態1の全体構成を模式的に示した全体構成図である。

【図2】図1で示す検査装置の溶接用照射部による溶接用レーザー光の照射の形態を説明した上面図である。

【図3】図1で示す検査装置の検査用照射部による検査用レーザー光の照射の形態を説明した上面図である。

20

【図4】戻り光の強度の一例を時系列で示した図である。

【図5A】溶接部の溶接状態が正常である場合の溶融池と検査用レーザー光の焦点および走査軌跡の関係の一例を説明した上面図である。

【図5B】図5AのA5-A5矢視図である。

【図6A】溶接部の溶接状態が正常である場合の溶融池と検査用レーザー光の焦点および走査軌跡の関係の他例を説明した上面図である。

【図6B】図6AのA6-A6矢視図である。

【図7A】溶接部の溶接状態が不良である場合の溶融池と検査用レーザー光の焦点および走査軌跡の関係の一例を説明した上面図である。

30

【図7B】図7AのA7-A7矢視図である。

【図8A】溶接部の溶接状態が不良である場合の溶融池と検査用レーザー光の焦点および走査軌跡の関係の他例を説明した上面図である。

【図8B】図8AのA8-A8矢視図である。

【図9】溶接部の溶接状態が正常である場合と溶接部の溶接状態が不良である場合の戻り光の平均強度の比率の一例を示した図である。

【図10】本発明の溶接部の検査装置の実施の形態2の全体構成を模式的に示した全体構成図である。

【図11A】検査用試料による実施例1の溶接部を拡大して示した上面図である。

【図11B】図11AのA11-A11矢視図である。

40

【図11C】検査用試料による実施例1の戻り光の強度を時系列で示した図である。

【図12A】検査用試料による実施例2の溶接部を拡大して示した上面図である。

【図12B】図12AのA12-A12矢視図である。

【図12C】検査用試料による実施例2の戻り光の強度を時系列で示した図である。

【図13】検査用試料による実施例1、2の戻り光の平均強度の比率を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して本発明の溶接部の検査装置とその検査方法の実施の形態を説明する。

【0020】

50

[溶接部の検査装置の実施の形態 1]

まず、図 1 ~ 図 3 を参照して、本発明の溶接部の検査装置の実施の形態 1 を説明する。

【 0 0 2 1 】

図 1 は、本発明の溶接部の検査装置の実施の形態 1 の全体構成を模式的に示した全体構成図である。また、図 2 は、図 1 で示す検査装置の溶接用照射部による溶接用レーザー光の照射の形態を説明した上面図であり、図 3 は、検査用照射部による検査用レーザー光の照射の形態を説明した上面図である。

【 0 0 2 2 】

図 1 に示す検査装置 100 は、主に、溶接用照射部 1、検査用照射部 5、受光部 2、変換部 3、アンプ 4、検査部 6、および CRT (Cathode Ray Tube) 7 から構成されている。

10

【 0 0 2 3 】

溶接用照射部 1 は、重ね合わされた若しくは僅かに離間して配置された二枚のワーク (たとえば鋼板など) W1、W2 同士を溶接するために、二枚のワーク W1、W2 に対して溶接用レーザー光 (たとえば所定のレーザー波長を有する YAG レーザ) L1 を照射する。具体的には、溶接用照射部 1 は、図 2 で示すように、ワーク W1 に設定された半径 R11 を有する略円形状の溶接軌跡 C11 に沿って溶接用レーザー光 L1 の焦点 F1 を複数回回転させ、その溶接軌跡 C11 上で溶接用レーザー光 L1 を複数回照射する。次いで、溶接用レーザー光 L1 の焦点 F1 を溶接軌跡 C11 の内側へ移動させ、半径 R11 よりも小さい半径 R12 を有し且つ溶接軌跡 C11 と同心である略円形状の溶接軌跡 C12 に沿って溶接用レーザー光 L1 の焦点 F1 を複数回回転させ、その溶接軌跡 C12 上で溶接用レーザー光 L1 を複数回照射する。このような溶接用レーザー光 L1 の照射工程を繰り返すことによって、ワーク W1、W2 に略円形状の溶接部を形成してワーク W1、W2 同士を溶接接合する (Laser Screw Welding ともいう)。なお、溶接軌跡 C11 や溶接軌跡 C12 の中心 C0 が、ワーク W1、W2 に形成される溶接部の溶接中心となる。

20

【 0 0 2 4 】

ここで、溶接用照射部 1 による溶接用レーザー光 L1 の照射によって、溶接用レーザー光 L1 の進行方向に対して当該溶接用レーザー光 L1 の左右や後方には、ワーク W1、W2 が溶融された溶融池 Y1 が形成される。本実施の形態 1 では、上記するように略円形状の溶接軌跡 C1、C2 に沿って溶接用レーザー光 L1 が照射されるため、ワーク W1、W2 に略円形状の溶融池 Y1 が形成されることとなる。

30

【 0 0 2 5 】

検査用照射部 5 は、図 1 で示すように、光学系 8 と受光部 2 を介してその溶融状態の溶融池 Y1 に対して検査用レーザー光 L5 を照射する。具体的には、検査用照射部 5 は、図 3 で示すように、溶融池 Y1 の外縁の内側に設定された半径 R51 を有する略円形状の走査軌跡 C51 に沿って検査用レーザー光 L5 の焦点 F5 を略一定速度で複数回回転させ、その走査軌跡 C51 上で検査用レーザー光 L5 を複数回照射する。次いで、検査用レーザー光 L5 の焦点 F5 を走査軌跡 C51 の内側へ移動させ、半径 R51 よりも小さい半径 R52 を有し且つ走査軌跡 C51 と同心である略円形状の走査軌跡 C52 に沿って検査用レーザー光 L5 の焦点 F5 を複数回回転させ、その走査軌跡 C52 上で検査用レーザー光 L5 を複数回照射する。このような検査用レーザー光 L5 の照射工程を繰り返すことによって、検査用照射部 5 は、ワーク W1、W2 に形成された略円形状の溶融池 Y1 全体に検査用レーザー光 L5 を照射する。なお、走査軌跡 C51、C52 の中心は、たとえば上記する溶接軌跡 C11、C12 の溶接中心 C0 に設定されている。

40

【 0 0 2 6 】

受光部 2 は、図 1 で示すように、検査用照射部 5 から溶融池 Y1 に対して検査用レーザー光 L5 を照射しながら、検査用レーザー光 L5 によるワーク W1、W2 の溶融池 Y1 からの反射光やワーク W1、W2 の溶融蒸発によって生じる蒸気発光 (プラズマ光)、ワーク W1、W2 の溶融池 Y1 から放射される熱放射光 (赤外光) などを含む戻り光 L2 を受光する。

50

【 0 0 2 7 】

変換部 3 は、受光部 2 で受光され、光学系 8 と集光レンズ 9 を介して集光された戻り光 L 2 を電気信号へ変換し、その電気信号をアンプ 4 へ出力する。アンプ 4 は、変換部 3 から出力された電気信号の信号強度を増幅して検査部 6 へ送信する。

【 0 0 2 8 】

検査部 6 は、アンプ 4 から送信された電気信号を信号処理してワーク W 1、W 2 に形成される溶接部の溶接状態を検査する。具体的には、検査部 6 は、溶融池 Y 1 の外縁の内側の溶接中心 C 0 に対して相対的に近接した領域（たとえば走査軌跡 C 5 2 上であって、溶接中心 C 0 に対して相対的に内側の軌跡）で受光部 2 によって受光された戻り光 L 2 の平均強度と溶接中心 C 0 に対して相対的に離間した領域（たとえば走査軌跡 C 5 1 上であって、溶接中心 C 0 に対して相対的に外側の軌跡）で受光部 2 によって受光された戻り光 L 2 の平均強度を算出し、双方の戻り光 L 2 の平均強度の比率に基づいてワーク W 1、W 2 に形成される溶接部の溶接状態を検査する。また、検査部 6 は、アンプ 4 から送信された電気信号の信号処理結果を CRT 7 へ送信し、CRT 7 は検査部 6 から送信された信号処理結果を表示する。

10

【 0 0 2 9 】

[溶接部の検査方法の実施の形態 1]

次に、図 4 ~ 図 9 を参照して、図 1 で示す溶接部の検査装置 1 0 0 を用いた本発明の溶接部の検査方法の実施の形態 1 を説明する。

【 0 0 3 0 】

図 4 は、図 1 で示す検査装置 1 0 0 の検査部 6 へ送信される戻り光の強度の一例を時系列で示した図である。また、図 5 A は、溶接部の溶接状態が正常である場合の溶融池と検査用レーザ光の焦点および走査軌跡の関係の一例を説明した上面図であり、図 5 B は、図 5 A の A 5 - A 5 矢視図である。また、図 6 A は、溶接部の溶接状態が正常である場合の溶融池と検査用レーザ光の焦点および走査軌跡の関係の他例を説明した上面図であり、図 6 B は、図 6 A の A 6 - A 6 矢視図である。また、図 7 A は、溶接部の溶接状態が不良である場合の溶融池と検査用レーザ光の焦点および走査軌跡の関係の一例を説明した上面図であり、図 7 B は、図 7 A の A 7 - A 7 矢視図である。また、図 8 A は、溶接部の溶接状態が不良である場合の溶融池と検査用レーザ光の焦点および走査軌跡の関係の他例を説明した上面図であり、図 8 B は、図 8 A の A 8 - A 8 矢視図である。また、図 9 は、溶接部の溶接状態が正常である場合と溶接部の溶接状態が不良である場合の戻り光の平均強度の比率の一例を示した図である。

20

30

【 0 0 3 1 】

溶接部の溶接状態が正常である場合（ワーク W 1、W 2 同士が正常に溶接される場合）、溶融池 Y 1 に設定された略円形状の走査軌跡 C 5 1 に沿って検査用レーザ光 L 5 の焦点 F 5 を複数回回転させ、その走査軌跡 C 5 1 上で検査用レーザ光 L 5 を複数回照射した場合（図 5 A および図 5 B 参照）と走査軌跡 C 5 1 よりも小さい半径を有する略円形状の走査軌跡 C 5 2 に沿って検査用レーザ光 L 5 の焦点 F 5 を複数回回転させ、その走査軌跡 C 5 2 上で検査用レーザ光 L 5 を複数回照射した場合（図 6 A および図 6 B 参照）を比較すると、ワーク温度の上昇などに起因して、走査軌跡 C 5 2 上で検査用レーザ光 L 5 を照射した場合の方が戻り光 L 2 の強度が大きくなる。そのため、図 4 の点線で示すように、走査軌跡 C 5 1 上で検査用レーザ光 L 5 を照射した場合（図 4 中、丸 1 区間）よりも、走査軌跡 C 5 1 に引き続いて走査軌跡 C 5 2 上で検査用レーザ光 L 5 を照射した場合（図 4 中、丸 2 区間）の方が、受光部 2 によって受光され、変換部 3 やアンプ 4 を介して検査部 6 へ送信される戻り光 L 2 の強度が大きくなる。

40

【 0 0 3 2 】

一方で、溶接部の溶接状態が不良である場合（たとえば双方のワークが溶け落ちた穴あき溶接の場合）には、溶融池 Y 1 に設定された走査軌跡と溶接不良部 X 1 の位置関係によって、検査用照射部 5 から照射される検査用レーザ光 L 5 の一部もしくは全部がワーク W 1 やワーク W 2 を通過し（図 8 B 参照）、ワーク温度の上昇が抑制される。そのため、図

50

4の実線で示すように、溶融池Y1に設定された略円形状の走査軌跡C51に沿って検査用レーザ光L5の焦点F5を複数回回転させ、その走査軌跡C51上で検査用レーザ光L5を複数回照射した場合(図7Aおよび図7B参照)(図4中、丸1区間)には、検査部6へ送信される戻り光L2の強度が溶接部の溶接状態が正常である場合の戻り光L2の強度と同等であるにも関わらず、たとえば走査軌跡C51よりも小さい半径を有する略円形状の走査軌跡C52に沿って検査用レーザ光L5の焦点F5を複数回回転させ、その走査軌跡C52上で検査用レーザ光L5を複数回照射した場合(図8Aおよび図8B参照)(図4中、丸2区間)には、検査部6へ送信される戻り光L2の強度が溶接部の溶接状態が正常である場合の戻り光の強度よりも低下する。

【0033】

実施の形態1の検査方法によれば、図4で示す丸1区間(溶融池Y1内の溶接中心C0に対して相対的に離間した領域)で受光部2によって受光された戻り光L2の強度やその平均強度と丸2区間(溶融池Y1内の溶接中心C0に対して相対的に近接した領域)で受光部2によって受光された戻り光L2の強度やその平均強度とを検査部6で比較することによって、たとえば戻り光L2から得られる電気信号が微弱となる場合や戻り光L2の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、溶融池Y1の外縁の内側に溶接不良部X1が存在するか否か、すなわちワークW1、W2に形成される溶接部に溶接不良が発生するか否かを検査することができる。より具体的には、図4で示す丸1区間で受光部2によって受光された戻り光L2の平均強度と丸2区間で受光部2によって受光された戻り光L2の平均強度を算出し、図9で示すように、算出された双方の平均強度の比率(たとえば丸2区間/丸1区間)を所定の閾値と比較することによって、溶融池Y1の外縁の内側に溶接不良部X1が存在するか否か、すなわちワークW1、W2に形成される溶接部に溶接不良が発生するか否かを検査することができる。

【0034】

特に、本実施の形態1では、溶融池Y1に対して略円形状の走査軌跡C51、C52に沿って検査用レーザ光L5が照射されるため、溶融池Y1内の溶接中心C0近傍に略円形状の溶接不良部X1が存在するか否かを精緻に検査することができる。

【0035】

また、本実施の形態1によれば、溶接用レーザ光L1の照射によって形成される溶融池Y1に設定された走査軌跡C51、C52に沿って検査用レーザ光L5を照射し、受光部2によって受光された戻り光L2の強度に基づいて溶接部の溶接状態を検査することにより、たとえば溶接用レーザ光の焦点位置と溶接不良部X1の発生位置が離間する場合であっても、検査用レーザ光L5の走査条件(走査軌跡など)を適宜調整することができるため、ワークに形成される溶接部の溶接状態を精緻に検査することができる。

【0036】

なお、図4中の実線の丸1区間や点線の丸2区間における戻り光L2の強度の周期的な変動は、たとえば溶接用レーザ光L1の照射によってワークW1、W2に形成される溶融池Y1の液面の周期的な振動に起因すると考えられる。また、図4中の実線の丸2区間では、検査用照射部5から照射される検査用レーザ光L5の一部もしくは全部がワークW1、W2を通過したため、戻り光L2の強度に周期的な変動が発生しなかったと考えられる。

【0037】

[溶接部の検査装置の実施の形態2]

次に、図10を参照して、本発明の溶接部の検査装置の実施の形態2を説明する。

【0038】

図10は、本発明の溶接部の検査装置の実施の形態2の全体構成を模式的に示した全体構成図である。図10で示す実施の形態2の検査装置100Aは、図1で示す実施の形態1の検査装置100に対して、溶接用照射部から照射される溶接用レーザ光による反射光を用いて溶接部の溶接状態を検査する点が相違しており、その他の構成は実施の形態1の検査装置100とほぼ同様である。したがって、実施の形態1と同様の構成については、

10

20

30

40

50

同様の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【 0 0 3 9 】

図示する検査装置 1 0 0 A は、主に、溶接用照射部 1 A、受光部 2 A、変換部 3 A、アンプ 4 A、検査部 6 A、および C R T 7 A から構成されている。

【 0 0 4 0 】

溶接用照射部 1 A は、重ね合わされた若しくは僅かに離間して配置された二枚のワーク W 1、W 2 同士を溶接するために、光学系 8 A と受光部 2 A を介して二枚のワーク W 1、W 2 に対して溶接用レーザー光 L 1 A を照射する。溶接用照射部 1 A による溶接用レーザー光 L 1 A の照射によって、溶接用レーザー光 L 1 A の進行方向に対して当該溶接用レーザー光 L 1 A の左右や後方には、ワーク W 1、W 2 が溶融された溶融池 Y 1 が形成される。

10

【 0 0 4 1 】

受光部 2 A は、溶接用照射部 1 A から照射される溶接用レーザー光 L 1 A によるワーク W 1、W 2 の溶融池 Y 1 からの反射光やワーク W 1、W 2 の溶融蒸発によって生じる蒸気発光（プラズマ光）、ワーク W 1、W 2 の溶融池 Y 1 から放射される熱放射光（赤外光）などを含む戻り光 L 2 A を受光する。

【 0 0 4 2 】

変換部 3 A は、受光部 2 A で受光され、光学系 8 A と集光レンズ 9 A を介して集光された戻り光 L 2 A を電気信号へ変換し、その電気信号をアンプ 4 A へ出力する。アンプ 4 A は、変換部 3 A から出力された電気信号の信号強度を増幅して検査部 6 A へ送信する。

【 0 0 4 3 】

検査部 6 A は、アンプ 4 A から送信された電気信号を信号処理してワーク W 1、W 2 に形成される溶接部の溶接状態を検査する。具体的には、検査部 6 A は、溶融池 Y 1 の外縁の内側の溶接中心 C 0 に対して相対的に近接した領域で受光部 2 A によって受光された戻り光 L 2 A の平均強度と溶接中心 C 0 に対して相対的に離間した領域で受光部 2 A によって受光された戻り光 L 2 A の平均強度を算出し、双方の戻り光 L 2 A の平均強度の比率に基づいてワーク W 1、W 2 に形成される溶接部の溶接状態を検査する。また、検査部 6 A は、アンプ 4 A から送信された電気信号の信号処理結果を C R T 7 A へ送信し、C R T 7 A は検査部 6 A から送信されたその信号処理結果を表示する。

20

【 0 0 4 4 】

溶接部の溶接状態が不良である場合、すなわち溶融池 Y 1 内に溶接不良部 X 1 が形成される場合（たとえば穴あき溶接の場合）には、たとえばワーク W 1、W 2 に対して溶接用照射部 1 A から溶接用レーザー光 L 1 A を照射する際に当該溶接用レーザー光 L 1 A の一部がワーク W 1 やワーク W 2 を通過したり、ワーク W 1、W 2 の一部が欠落し、ワーク温度の上昇が抑制されるため、上記する実施の形態 1 と同様、検査部 6 A へ送信される戻り光 L 2 A の強度が溶接部の溶接状態が正常である場合の戻り光の強度よりも低下する。そのため、本実施の形態 2 によれば、溶融池 Y 1 内の溶接中心 C 0 に対して相対的に近接した領域で受光された戻り光 L 2 A の平均強度と溶接中心 C 0 に対して相対的に離間した領域で受光された戻り光 L 2 A の平均強度を検査部 6 A で比較することによって、上記する実施の形態 1 と同様、たとえば戻り光 L 2 A から得られる電気信号が微弱となる場合や戻り光 L 2 A の強度がワーク温度の変化に応じて変化する場合であっても、溶融池 Y 1 の外縁の内側に溶接不良部 X 1 が形成されるか否か、すなわちワーク W 1、W 2 に形成される溶接部に溶接不良が発生するか否かを検査することができる。

30

40

【 0 0 4 5 】

なお、上記する実施の形態 1 では、検査用レーザー光の走査軌跡の中心が溶接用レーザー光の溶接軌跡の溶接中心に設定される形態について説明したが、検査用レーザー光の走査軌跡の中心は、溶接用レーザー光の照射によって形成される溶融池内（溶融池の外縁の内側）の適宜の位置に設定することができる。

【 0 0 4 6 】

また、上記する実施の形態では、溶接用レーザー光の溶接軌跡や検査用レーザー光の走査軌跡が略円形状である形態について説明したが、溶接用レーザー光の溶接軌跡や検査用レーザー

50

光の走査軌跡は、たとえば楕円形状や多角形状の閉ループ形状、渦巻き形状などであってもよい。また、溶接部の溶接不良が発生し易い箇所を予測し得る場合には、溶接用レーザー光の溶接軌跡や検査用レーザー光の走査軌跡は、その箇所を通過するように設定することが好ましい。なお、溶接用レーザー光の溶接軌跡が略円形状である場合には、溶接中心はその溶接軌跡の中心であり、溶接用レーザー光の溶接軌跡が楕円形状や多角形状の閉ループ形状である場合には、溶接中心は例えば溶接軌跡の重心などとしてすることができ、溶接用レーザー光の溶接軌跡が渦巻き形状である場合には、溶接中心は溶接軌跡の渦巻きの中心とすることができる。

【0047】

また、上記する実施の形態では、溶融池内の溶接中心に対して相対的に近接した領域で受光された戻り光の強度と溶接中心に対して相対的に離間した領域で受光された戻り光の強度を比較する形態について説明したが、戻り光の強度を比較するための基準点は、溶接用レーザー光の照射によって形成される溶融池内の適宜の位置に設定することができる。

10

【0048】

また、上記する実施の形態では、主に溶融池内の溶接中心に対して相対的に近接した領域で受光された戻り光の平均強度と溶接中心に対して相対的に離間した領域で受光された戻り光の平均強度を比較する形態について説明したが、たとえば溶融池内の溶接中心に対して相対的に近接した領域で受光された戻り光の強度の一部と溶接中心に対して相対的に離間した領域で受光された戻り光の強度の一部同士を比較してもよい。

【0049】

20

また、上記する実施の形態では、所定位置に固定したワークに溶接用レーザー光や検査用レーザー光を照射する形態について説明したが、たとえば溶接用レーザー光や検査用レーザー光の焦点位置を固定してワークを適宜移動させながらワーク同士をレーザー溶接してもよいし、ワークと溶接用レーザー光や検査用レーザー光の焦点位置との双方を相対的に移動させながらワーク同士をレーザー溶接してもよい。

【0050】

[検査用試料による戻り光の平均強度の比率と溶接部の溶接状態の関係を評価した実験とその結果]

本発明者等は、溶接状態が異なる2種類の検査用試料(実施例1、2)を作製し、それぞれの検査用試料からの戻り光の強度測定を実施し、戻り光の平均強度の比率と溶接部の溶接状態の関係を評価した。

30

【0051】

<検査用試料の作製方法と検査用試料による戻り光の強度の測定方法>

まず、検査用試料の作製方法と検査用試料による戻り光の強度の測定方法を概説すると、厚さが0.7mmのSCGA440からなる二枚のワークを重ね合わせ、半径が約2.5mmの略円形状の溶接部が形成されるように、ワークに対して溶接用レーザー光を略円形状の溶接軌跡に沿って照射した。次いで、ワークに形成された溶融池を通過するように、検査用レーザー光(出力が1000Wで走査速度が90m/min)を半径が約1.7mmの略円形状(溶接中心を中心とする)の走査軌跡に沿って10周回照射した。次に、その検査用レーザー光の焦点を約1.4mmだけ移動させ、その検査用レーザー光を半径が約0.3mmの略円形状(溶接中心を中心とする)の走査軌跡に沿って10周回照射した。そして、検査用レーザー光によるワークの溶融池からの反射光やワークの溶融蒸発によって生じる蒸気発光、ワークの溶融池から放射される熱放射光などを含む戻り光を受光し、受光された戻り光を電気信号へ変換してその信号強度を測定した。なお、本実験では、戻り光のうち特にワークの溶融池から放射される熱放射光(赤外光)の信号強度を測定した。

40

【0052】

<検査用試料による戻り光の平均強度の比率と溶接部の溶接状態の関係を評価した結果>

図11Aは、検査用試料による実施例1の溶接部を拡大して示した上面図であり、図11Bは、図11AのA11-A11矢視図であり、図11Cは、検査用試料による実施例1の戻り光の強度を時系列で示した図である。また、図12Aは、検査用試料による実施

50

例 2 の溶接部を拡大して示した上面図であり、図 1 2 B は、図 1 2 A の A 1 2 - A 1 2 矢視図であり、図 1 2 C は、検査用試料による実施例 2 の戻り光の強度を時系列で示した図である。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 A ~ 図 1 1 C で示すように、実施例 1 (溶接状態が正常) の検査用試料では、半径が約 1.7mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.44 ~ 約 0.46sec) R 1 で測定された戻り光の強度よりも、半径が約 0.3mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.58 ~ 約 0.60sec) R 2 で測定された戻り光の強度が相対的に大きいことが確認された。また、実施例 1 の検査用試料では、区間 R 2 で測定された戻り光の強度が周期的な変動を含んでいることが確認された。

10

【 0 0 5 4 】

一方、図 1 2 A ~ 図 1 2 C で示すように、実施例 2 (二枚のワークの双方が溶け落ちた穴あき溶接) の検査用試料では、半径が約 1.7mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.44 ~ 約 0.46sec) R 1 で測定された戻り光の強度と半径が約 0.3mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.58 ~ 約 0.60sec) R 2 で測定された戻り光の強度が同等であることが確認された。すなわち、実施例 2 の検査用試料では、実施例 1 の検査用試料と比較して、区間 R 2 で測定された戻り光の強度が相対的に小さいことが確認された。また、実施例 2 の検査用試料では、区間 R 1 で測定された戻り光の強度が周期的な変動を含んでいるものの、区間 R 2 で測定された戻り光の強度が周期的な変動をほぼ含んでいないことが確認された。

20

【 0 0 5 5 】

図 1 3 は、検査用試料による実施例 1、2 の戻り光の平均強度の比率を示した図である。ここで、検査用試料による実施例 1、2 の戻り光の平均強度の比率は、半径が約 0.3mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.58 ~ 約 0.60sec) R 2 で測定された戻り光の平均強度 (単位時間当たりの戻り光の強度) を半径が約 1.7mm の走査軌跡に沿って検査用レーザー光を照射した区間 (約 0.44 ~ 約 0.46sec) R 1 で測定された戻り光の平均強度 (単位時間当たりの戻り光の強度) で除して算出した。なお、図 1 3 では、実施例 1、2 のそれぞれに対して 10 個の検査用試料を作製し、それぞれの検査用試料について算出した戻り光の平均強度の比率を示している。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 で示すように、実施例 1 (溶接状態が正常) の 10 個の検査用試料と実施例 2 (穴あき溶接) の 10 個の検査用試料はそれぞれ、溶接部の溶接状態に応じた略同一の平均強度の比率を有していることが確認されるとともに、実施例 1 の検査用試料の戻り光の平均強度の比率は、実施例 2 の検査用試料の戻り光の平均強度の比率よりも相対的に大きいことが確認された。

30

【 0 0 5 7 】

この実験結果より、溶融池内の溶接中心に対して相対的に近接した領域 (区間 R 2 に対応) で受光された戻り光の平均強度と溶接中心に対して相対的に離間した領域 (区間 R 1 に対応) で受光された戻り光の平均強度を算出し、双方の平均強度の比率を所定の閾値と比較するという簡便な方法によって、たとえば受光部で受光される戻り光の強度がワーク温度の変化 (たとえば溶接時のワーク温度の上昇や外気温の変化によるワーク温度の変化) に応じて変化する場合や受光部で受光される戻り光の強度が溶融池の液面の周期的な振動に応じて変化する場合であっても、溶接中心近傍の穴あき溶接や片落ち溶接などの溶接不良を含む溶接部の溶接状態を精緻に検査できることが実証された。

40

【 0 0 5 8 】

以上、本発明の実施の形態を図面を用いて詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

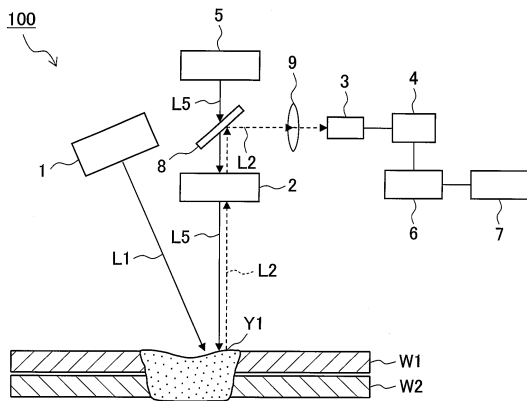
【 符号の説明 】

【 0 0 5 9 】

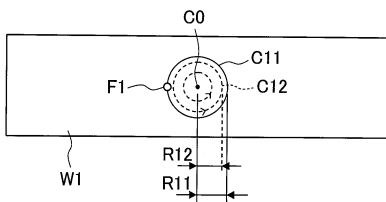
50

1 ... 溶接用照射部、2 ... 受光部、3 ... 変換部、4 ... アンプ、5 ... 検査用照射部、6 ... 検査部、7 ... C R T、8 ... 光学系、9 ... 集光レンズ、100 ... 溶接部の検査装置、C0 ... 溶接中心、C11、C12 ... 溶接軌跡、C51、C52 ... 走査軌跡、F1 ... 溶接用レーザー光の焦点、F5 ... 検査用レーザー光の焦点、L1 ... 溶接用レーザー光、L2 ... 戻り光、L5 ... 検査用レーザー光、W1、W2 ... ワーク、Y1 ... 溶融池

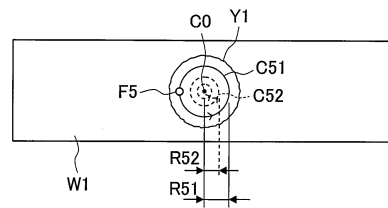
【図1】



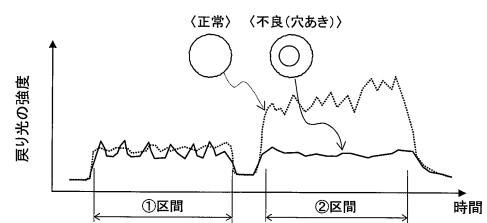
【図2】



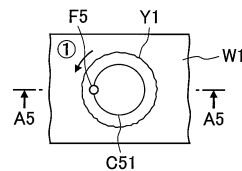
【図3】



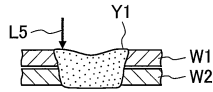
【図4】



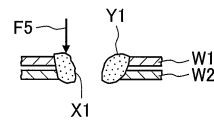
【図5A】



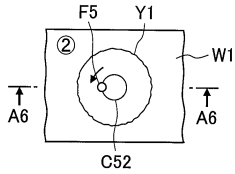
【図5B】



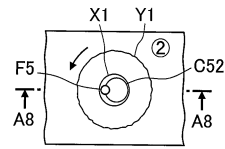
【図7B】



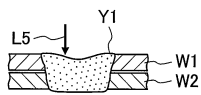
【図6A】



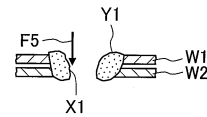
【図8A】



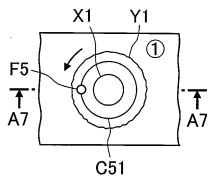
【図6B】



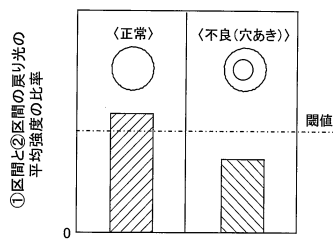
【図8B】



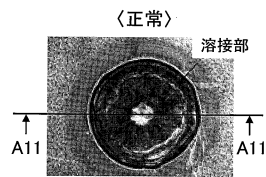
【図7A】



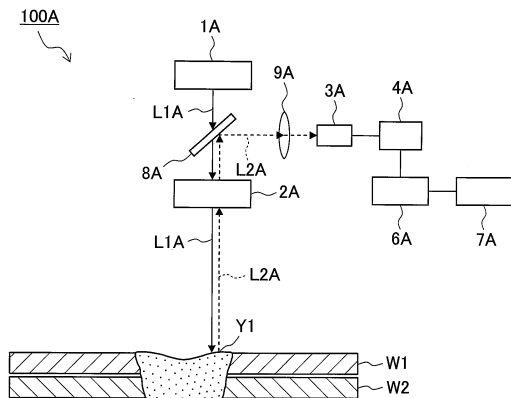
【図9】



【図11A】



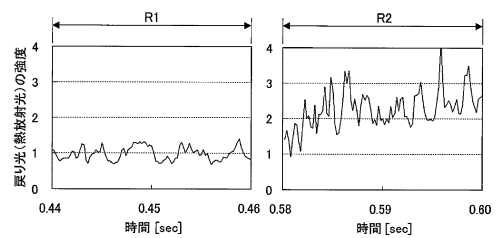
【図10】



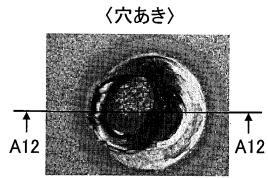
【図11B】



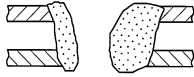
【図11C】



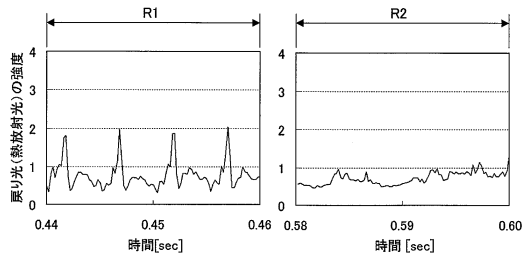
【図12A】



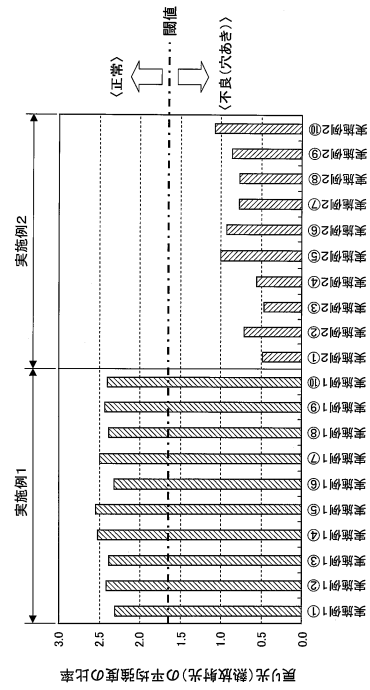
【図12B】



【図12C】



【図13】



フロントページの続き

- (72)発明者 内田 圭亮
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 古川 雅志
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 小林 裕臣
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 川喜田 篤史
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 小倉 修平
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 岸 弘朗
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 赤松 英治
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
- (72)発明者 岩本 雄太
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 奥隅 隆

- (56)参考文献 特開2003-320467(JP,A)
特開2012-115876(JP,A)
特開2000-234918(JP,A)

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