

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6356990号
(P6356990)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int. Cl.		F I			
B 2 3 K	10/02	(2006.01)	B 2 3 K	10/02	B
B 2 3 K	9/007	(2006.01)	B 2 3 K	9/007	
B 2 3 K	9/067	(2006.01)	B 2 3 K	9/067	

請求項の数 10 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2014-59941 (P2014-59941)	(73) 特許権者	000000262
(22) 出願日	平成26年3月24日 (2014.3.24)		株式会社ダイヘン
(65) 公開番号	特開2015-186809 (P2015-186809A)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(43) 公開日	平成27年10月29日 (2015.10.29)	(74) 代理人	100086380
審査請求日	平成29年2月23日 (2017.2.23)		弁理士 吉田 稔
(31) 優先権主張番号	特願2014-20192 (P2014-20192)	(74) 代理人	100135389
(32) 優先日	平成26年2月5日 (2014.2.5)		弁理士 白井 尚
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100161274
(31) 優先権主張番号	特願2014-46412 (P2014-46412)		弁理士 土居 史明
(32) 優先日	平成26年3月10日 (2014.3.10)	(74) 代理人	100168099
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 鈴木 伸太郎
		(72) 発明者	劉 忠杰
			大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会社ダイヘン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工業製品の製造方法、スポット溶接システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

非消耗電極および母材の間に発生したプラズマアークによって、前記母材における第1主面から凹む穴を形成する工程と、

消耗電極および前記母材の間に発生した溶接アークによって形成された、前記消耗電極に由来する溶融金属を、前記穴に充填し、溶接部を形成する工程と、

前記溶接部を形成する工程の前に、前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程と、を備え、

前記穴を形成する工程においては、前記母材における、前記第1主面とは反対側の第2主面に、前記穴に通じる開口を形成し、

前記溶接アークを発生させる工程においては、前記穴が前記母材全体を貫通している状態で、前記溶接アークを発生させ、

前記溶接アークを発生させる工程は、前記開口の直径が前記消耗電極の直径よりも小さい状態で、前記消耗電極を前記母材に接触させることにより、開始する、工業製品の製造方法。

【請求項2】

非消耗電極および母材の間に発生したプラズマアークによって、前記母材における第1主面から凹む穴を形成する工程と、

消耗電極および前記母材の間に発生した溶接アークによって形成された、前記消耗電極に由来する溶融金属を、前記穴に充填し、溶接部を形成する工程と、

前記溶接部を形成する工程の前に、前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程と、を備え、

前記溶接アークを発生させる工程は、前記穴からの溶け落ちの発生を抑制するべく、前記母材に前記穴が貫通していない状態で、前記消耗電極を前記母材に接触させることにより、開始する、工業製品の製造方法。

【請求項 3】

前記溶接アークを発生させる工程においては、前記穴の深さが前記母材全体の厚さの 80% 以上となっている時点で、前記溶接アークを発生させる、請求項 2 に記載の工業製品の製造方法。

【請求項 4】

前記溶接部を形成する工程においては、前記プラズマアークを消弧させておき、
前記穴を形成する工程が終了した後に、前記消耗電極の先端を、前記穴の深さ方向視において前記穴と重なる位置に位置させる工程を更に備え、

アークスポット溶接として行われる、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の工業製品の製造方法。

【請求項 5】

非消耗電極および母材の間に発生したプラズマアークによって、前記母材における第 1 主面から凹む穴を形成する工程と、

消耗電極および前記母材の間に発生した溶接アークによって形成された、前記消耗電極に由来する溶融金属を、前記穴に充填し、溶接部を形成する工程と、

前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程と、を備え、
前記溶接アークを発生させる工程は、前記プラズマアークを介して、前記消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流し始めることにより、開始し、

前記溶接アークを発生させる工程の前に、前記非消耗電極および前記母材の間に流れるプラズマアーク電流の電流値を、前記穴を形成する工程における値よりも小さいプラズマアーク維持電流値に減少させる工程を更に備える、工業製品の製造方法。

【請求項 6】

前記溶接アークを発生させる工程は、前記消耗電極および前記母材の間に無負荷電圧を印加しつつ、前記消耗電極を前記プラズマアークに接触させる工程を含む、請求項 5 に記載の工業製品の製造方法。

【請求項 7】

非消耗電極および母材の間に発生したプラズマアークによって、前記母材における第 1 主面から凹む穴を形成する工程と、

消耗電極および前記母材の間に発生した溶接アークによって形成された、前記消耗電極に由来する溶融金属を、前記穴に充填し、溶接部を形成する工程と、

前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程と、を備え、
前記溶接アークを発生させる工程は、前記プラズマアークを介して、前記消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流し始めることにより、開始し、

前記溶接アークを発生させる工程は、前記母材から前記非消耗電極を離間させる工程を含む、工業製品の製造方法。

【請求項 8】

前記母材から前記非消耗電極を離間させる工程を終えた時点において、第 1 仮想線と第 2 仮想線との交点が、前記第 1 主面に対して、前記第 1 主面の向く方向とは反対側に位置しており、

前記第 1 仮想線は、前記非消耗電極の軸線に沿って延びる線であり、前記第 2 仮想線は、前記消耗電極の軸線に沿って延びる線である、請求項 7 に記載の工業製品の製造方法。

【請求項 9】

前記溶接アークを発生させる工程は、前記非消耗電極を離間させる工程と並行して、前記母材から、前記消耗電極を保持する保持部材を離間させる工程を含む、請求項 7 に記載の工業製品の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項10】

請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の工業製品の製造方法に用いるスポット溶接システムであって、

非消耗電極および母材の間にプラズマアーク電流を流すプラズマアーク電源回路と、消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流す溶接アーク電源回路と、を備え、前記溶接アーク電源回路は、前記プラズマアーク電流の通電を開始した後に、前記溶接アーク電流の通電を開始する、スポット溶接システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工業製品の製造方法と、スポット溶接システムと、に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、アークスポット溶接が知られている（たとえば特許文献1参照）。同文献に開示の方法においては、ワイヤ状の溶接電極を溶融させつつ、各板材の溶接を行う。従来の方法では、溶け込みの深さが限定される。そのため、板材の厚さが厚い場合に溶接を行うことが困難である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3682549号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記した事情のもとで考え出されたものであって、母材が厚い場合であっても溶接することが可能である工業製品の製造方法を提供することをその主たる課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第1の側面によると、非消耗電極および母材の間に発生したプラズマアークによって、前記母材における第1主面から凹む穴を形成する工程と、消耗電極および前記母材の間に発生した溶接アークによって形成された、前記消耗電極に由来する溶融金属を、前記穴に充填し、溶接部を形成する工程と、を備える、工業製品の製造方法が提供される。

30

【0006】

好ましくは、前記溶接部を形成する工程の前に、前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程を更に備え、前記溶接アークを発生させる工程においては、前記穴の深さが前記母材全体の厚さの80%以上となっている時点で、前記溶接アークを発生させる。

【0007】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程においては、前記穴が前記母材全体を貫通している状態で、前記溶接アークを発生させる。

40

【0008】

好ましくは、前記穴を形成する工程においては、前記母材における、前記第1主面とは反対側の第2主面に、前記穴に通じる開口を形成し、前記溶接アークを発生させる工程においては、前記開口の直径が前記消耗電極の直径よりも小さい状態で、前記溶接アークを発生させる。

【0009】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程は、前記消耗電極を前記母材に接触させることにより、開始する。

50

【0010】

好ましくは、前記溶接部を形成する工程においては、前記プラズマアークを消弧させておく。

【0011】

好ましくは、前記穴を形成する工程が終了した後に、前記消耗電極の先端を、前記穴の深さ方向視において前記穴と重なる位置に位置させる工程を更に備える。

【0012】

好ましくは、アークスポット溶接として行われる。

【0013】

好ましくは、前記消耗電極および前記母材の間に前記溶接アークを発生させる工程を更に備え、前記溶接アークを発生させる工程は、前記プラズマアークを介して、前記消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流し始めることにより、開始する。

10

【0014】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程は、前記消耗電極および前記母材の間に無負荷電圧を印加しつつ、前記消耗電極を前記プラズマアークに接触させる工程を含む。

【0015】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程の前に、前記非消耗電極および前記母材の間に流れるプラズマアーク電流の電流値を、前記穴を形成する工程における値よりも小さいプラズマアーク維持電流値に減少させる工程を更に備える。

【0016】

好ましくは、前記プラズマアーク維持電流値は、20～50Aである。

20

【0017】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程は、前記母材から前記非消耗電極を離間させる工程を含む。

【0018】

好ましくは、前記母材から前記非消耗電極を離間させる工程を終えた時点において、第1仮想線と第2仮想線との交点が、前記第1主面に対して、前記第1主面の向く方向とは反対側に位置しており、前記第1仮想線は、前記非消耗電極の軸線に沿って延びる線であり、前記第2仮想線は、前記消耗電極の軸線に沿って延びる線である。

【0019】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程は、前記非消耗電極を離間させる工程と並行して、前記母材から、前記消耗電極を保持する保持部材を離間させる工程を含む。

30

【0020】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程の後に、前記プラズマアークを消弧させる工程を更に備える。

【0021】

好ましくは、前記プラズマアークを消弧させる工程においては、前記溶接アークが発生した時刻よりも、0.1～0.3sec後の時刻にて、前記プラズマアークを消弧させる。

【0022】

好ましくは、前記溶接アークを発生させる工程の後に、前記母材に対し、前記消耗電極を保持する保持部材を接近させる工程を更に備える。

40

【0023】

好ましくは、アークスポット溶接として行われる。

【0024】

本発明の第2の側面によると、本発明の第1の側面によって提供される工業製品の製造方法に用いるスポット溶接システムであって、非消耗電極および母材の間にプラズマアーク電流を流すプラズマアーク電源回路と、消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流す溶接アーク電源回路と、を備え、前記溶接アーク電源回路は、前記プラズマアーク電流の通電を開始した後に、前記溶接アーク電流の通電を開始する、スポット溶接システ

50

ムが提供される。

【0025】

好ましくは、トーチを更に備え、前記トーチは、前記非消耗電極を囲むプラズマノズルと、前記消耗電極を保持する保持部材と、を含む。

【0026】

好ましくは、前記トーチは、前記プラズマノズルと前記保持部材とを囲む外側ノズルを含む。

【0027】

好ましくは、前記トーチを前記母材に対して移動させるマニピュレータを更に備える。

【0028】

本発明の第3の側面によると、本発明の第1の側面によって提供される工業製品の製造方法において、母材情報に基づき溶接部形成情報を算出する工程を更に備え、溶接部を形成する工程においては、前記消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流し、前記母材情報は、前記母材に関する情報であり、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程において流す前記溶接アーク電流に関する情報であり、前記溶接部を形成する工程においては、前記溶接部形成情報に基づいて前記溶接アーク電流を流す。

【0029】

好ましくは、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程において、前記溶接アーク電流を流す通電時間の情報を含む。

【0030】

好ましくは、前記非消耗電極および前記母材の間の電圧値に基づき、前記母材情報を算出する工程を更に備え、前記溶接部形成情報を算出する工程においては、前記母材情報を算出する工程にて算出された母材情報に基づき、前記溶接部形成情報を算出する。

【0031】

好ましくは、前記母材情報は、前記穴が前記母材を貫通するのに要した時間の情報を含む。

【0032】

好ましくは、前記溶接部形成情報を算出する工程においては、前記母材全体の厚さと前記通電時間とが正の相関を有するように、前記通電時間の情報を算出する。

【0033】

好ましくは、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程における、前記溶接アーク電流の電流値の情報を含む。

【0034】

本発明の第4の側面によると、本発明の第1の側面によって提供される工業製品の製造方法に用いるスポット溶接システムであって、非消耗電極および母材の間にプラズマアーク電流を流すプラズマアーク電源回路と、消耗電極および前記母材の間に溶接アーク電流を流す溶接アーク電源回路と、母材情報に基づき溶接部形成情報を算出する溶接部形成情報算出回路と、を備え、前記母材情報は、前記母材に関する情報であり、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程において流す前記溶接アーク電流に関する情報であり、前記溶接アーク電源回路は、前記溶接部形成情報に基づいて前記溶接アーク電流を流す、スポット溶接システムが提供される。

【0035】

好ましくは、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程において、前記溶接アーク電流を流す通電時間の情報を含む。

【0036】

好ましくは、前記非消耗電極および前記母材の間の電圧値に基づき、前記母材情報を算出する母材情報算出回路を更に備え、前記溶接部形成情報算出回路は、前記母材情報算出回路に算出された母材情報に基づき、前記溶接部形成情報を算出する。

【0037】

好ましくは、前記母材情報は、前記穴が前記母材を貫通するのに要した時間の情報を含

10

20

30

40

50

む。

【0038】

好ましくは、前記溶接部形成情報算出回路は、前記母材全体の厚さと前記通電時間とが正の相関を有するように、前記通電時間の情報を算出する。

【0039】

好ましくは、前記溶接部形成情報は、前記溶接部を形成する工程における、前記溶接アーク電流の電流値の情報を含む。

【0040】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の第1実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。
【図2】本発明の第1実施形態にかかるスポット溶接システムにおけるトーチを示す拡大断面図である。

【図3】図1のスポット溶接システムを用いたスポット溶接方法における各信号等のタイミングチャートである。

【図4】図1のスポット溶接システムを用いたアークスポット溶接方法の一工程を示す断面図である。

【図5】図4に続く一工程を示す断面図である。

【図6】図5に続く一工程を示す断面図である。

【図7】溶接された母材を示す断面図である。

【図8】本発明の第2実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。

【図9】本発明の第2実施形態にかかるスポット溶接システムにおけるプラズマノズルおよび保持部材等を示す拡大断面図である。

【図10】図8のスポット溶接システムを用いたスポット溶接方法における各信号等のタイミングチャートである。

【図11】図8のスポット溶接システムを用いたスポット溶接方法における各信号等のタイミングチャートである。

【図12】図8のスポット溶接システムを用いたアークスポット溶接方法の一工程を示す断面図である。

【図13】図12に続く一工程を示す断面図である。

【図14】図13に続く一工程を示す断面図である。

【図15】本発明の第3実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。

【図16】穴が母材を貫通するのに要した時間と、溶接アーク電流の通電時間との関係を示すグラフである。

【図17】穴が母材を貫通するのに要した時間と、溶接アーク電流の通電時間との関係を示すグラフである。

【図18】穴が母材を貫通するのに要した時間と、溶接アーク電流の電流値との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、本発明の実施の形態につき、図面を参照して具体的に説明する。

【0043】

<第1実施形態>

図1～図7を用いて、本発明の第1実施形態について説明する。

【0044】

図1は、本発明の第1実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。

。

10

20

30

40

50

【0045】

同図に示すスポット溶接システムA1は、ロボット1と、動作制御回路2と、パイロットアーク電源回路31と、プラズマアーク電源回路41と、貫通検出回路46と、制御部5と、溶接アーク電源回路61と、送給制御回路68と、を備える。

【0046】

ロボット1は、母材Wに対してスポット溶接を自動で行うものである。ロボット1は、マニピュレータ11と、トーチ12と、送給装置16と、を含む。

【0047】

マニピュレータ11は、たとえば多関節ロボットである。トーチ12は、マニピュレータ11の駆動により、上下前後左右に自在に移動できる。

10

【0048】

図2は、本発明の第1実施形態にかかるスポット溶接システムにおけるトーチを示す拡大断面図である。

【0049】

図2によく表れているように、トーチ12は、非消耗電極121と、プラズマノズル122と、保持部材126と、外側ノズル129とを有する。

【0050】

非消耗電極121は、たとえばタングステンからなる金属棒である。

【0051】

プラズマノズル122は筒状の部材である。プラズマノズル122は導電材料よりなる。プラズマノズル122は非消耗電極121を囲んでいる。プラズマノズル122は、非消耗電極121の先端の位置する側とは反対側に開放している。プラズマノズル122内をプラズマガスPGが流れる。プラズマガスPGを媒体として、プラズマノズル122と非消耗電極121との間にパイロットアークa1が発生する。パイロットアークa1が発生している際、プラズマノズル122と非消耗電極121の間には、パイロットアーク電流Ipが流れる。なお、パイロットアーク電流Ipの電流値とは、特に断りのない限り、パイロットアーク電流Ipの電流値の絶対値の時間平均値のことを意味する。非消耗電極121とプラズマノズル122の間には、パイロットアーク電圧Vpが印加される。

20

【0052】

非消耗電極121と母材Wとの間には、プラズマアークa2が発生する。プラズマアークa2は、プラズマノズル122のノズル開口に拘束される。プラズマアークa2が発生している際、非消耗電極121と母材Wとの間には、プラズマアーク電流Imが流れる。プラズマアーク電流Imは、母材Wの材質に応じて、直流もしくは交流いずれかが選択される。プラズマアーク電流Imは、直流のパルス電流である場合もあるし、交流のパルス電流である場合もある。なお、プラズマアーク電流Imの電流値とは、特に断りのない限り、プラズマアーク電流Imの電流値の絶対値の時間平均値のことを意味する。非消耗電極121と母材Wとの間には、プラズマアーク電圧Vmが印加される。

30

【0053】

保持部材126は、消耗電極15を保持するためのものである。保持部材126は導電材料よりなる。消耗電極15は導電性のワイヤである。保持部材126は、消耗電極15に接触することにより、溶接アーク電源回路61からの電力を消耗電極15に供給する。保持部材126は、たとえば溶接チップである。

40

【0054】

消耗電極15と母材Wとの間には、溶接アークa3が発生する。溶接アークa3が発生している際、消耗電極15と母材Wとの間には、溶接アーク電流Iaが流れる。溶接アーク電流Iaは、母材Wの材質に応じて、直流もしくは交流いずれかが選択される。溶接アーク電流Iaは、直流のパルス電流である場合もあるし、交流のパルス電流である場合もある。なお、溶接アーク電流Iaの電流値とは、特に断りのない限り、溶接アーク電流Iaの電流値の絶対値の時間平均値のことを意味する。消耗電極15と母材Wとの間には、溶接アーク電圧Vaが印加される。

50

【 0 0 5 5 】

外側ノズル 1 2 9 は筒状の部材である。外側ノズル 1 2 9 は、プラズマノズル 1 2 2 と保持部材 1 2 6 とを囲んでいる。外側ノズル 1 2 9 とプラズマノズル 1 2 2 との間を、シールドガス S G が流れる。

【 0 0 5 6 】

送給装置 1 6 は、トーチ 1 2 (本実施形態では保持部材 1 2 6) に消耗電極 1 5 を送り出すためのものである。送給装置 1 6 は、モータを駆動源として、ワイヤリールに巻かれた消耗電極 1 5 をトーチ 1 2 へと送り出す。

【 0 0 5 7 】

動作制御回路 2 は、マイクロコンピュータおよびメモリ (ともに図示略) を有している。このメモリには、ロボット 1 の各種の動作が設定された作業プログラムが記憶されている。動作制御回路 2 はロボット移動速度 V_r を制御する。ロボット移動速度 V_r は、母材 W の面内方向における、母材 W に対するトーチ 1 2 の速度である。動作制御回路 2 は、上記作業プログラム、ロボット 1 におけるエンコーダからの座標情報、およびロボット移動速度 V_r 等に基づき、ロボット 1 に対して動作制御信号 M_s を送る。ロボット 1 は動作制御信号 M_s を受け、マニピュレータ 1 1 を駆動させ、トーチ 1 2 が、母材 W における所定の溶接開始位置に移動したり、母材 W の面内方向に沿って移動したりする。

10

【 0 0 5 8 】

パイロットアーク電源回路 3 1 は、たとえば 2 0 0 V 等の商用電源を整流し抵抗器を直列に挿入した回路である。パイロットアーク電源回路 3 1 は、非消耗電極 1 2 1 とプラズマノズル 1 2 2 との間にパイロットアーク電流 I_p を流す。本実施形態では、パイロットアーク電源回路 3 1 は、パイロットアーク電流 I_p の電流値を、設定された値となるように制御する。すなわち、パイロットアーク電源回路 3 1 は、定電流制御を行う。本実施形態とは異なり、パイロットアーク電源回路 3 1 は、定電圧制御を行なってもよい。パイロットアーク電源回路 3 1 が定電圧制御を行う場合、パイロットアーク電源回路 3 1 は、パイロットアーク電圧 V_p の電圧値を設定された値となるように制御する。

20

【 0 0 5 9 】

プラズマアーク電源回路 4 1 は、たとえば 3 相 2 0 0 V 等の商用電源を入力として、インバータ制御、サイリスタ位相制御等の出力制御を行う。プラズマアーク電源回路 4 1 は、非消耗電極 1 2 1 および母材 W の間にプラズマアーク電流 I_m を流す。プラズマアーク電源回路 4 1 は、プラズマアーク電流 I_m の電流値を、設定された値となるように制御する。

30

【 0 0 6 0 】

貫通検出回路 4 6 は、穴 7 1 (図 5 ~ 図 7 参照) が母材 W を貫通したことを検出するためのものである。本実施形態では、非消耗電極 1 2 1 と母材 W との間のプラズマアーク電圧 V_m の電圧値に基づき、母材 W を穴 7 1 が貫通したことを検出する。貫通検出回路 4 6 は、穴 7 1 が母材 W を貫通したことを検出すると、制御部 5 およびプラズマアーク電源回路 4 1 に貫通検出信号 S_t を送る。

【 0 0 6 1 】

制御部 5 は、動作制御回路 2 と、パイロットアーク電源回路 3 1 と、プラズマアーク電源回路 4 1 と、溶接アーク電源回路 6 1 と、送給制御回路 6 8 の作動状態を制御する。制御部 5 は、貫通検出回路 4 6 から、貫通検出信号 S_t を受ける。また、制御部 5 は、プラズマアーク電源回路 4 1 に第 1 工程指示信号 $S_s 1$ を送り、動作制御回路 2 に第 1 移動指示信号 $S_m 1$ および第 2 移動指示信号 $S_m 2$ を送る。制御部 5 は、溶接アーク電源回路 6 1 および送給制御回路 6 8 に第 2 工程指示信号 $S_s 2$ を送る。

40

【 0 0 6 2 】

溶接アーク電源回路 6 1 は、たとえば 3 相 2 0 0 V 等の商用電源を入力として、インバータ制御、サイリスタ位相制御等の出力制御を行う。これにより、溶接アーク電源回路 6 1 は、消耗電極 1 5 と母材 W との間に溶接アーク電流 I_a を流す。本実施形態では、溶接アーク電源回路 6 1 は、溶接アーク電圧 V_a の電圧値を設定された値となるように制御す

50

る。溶接アーク電源回路 6 1 は、定電圧制御を行う。

【 0 0 6 3 】

送給制御回路 6 8 は、保持部材 1 2 6 から消耗電極 1 5 を送り出す速度（送給速度 F_w ）を制御するためのものである。送給制御回路 6 8 は、送給速度 F_w を指示するための送給速度制御信号 F_c を送給装置 1 6 に送る。これにより送給装置 1 6 は、指示された速度で消耗電極 1 5 を送給する。

【 0 0 6 4 】

次に、図 3 を更に用いて、スポット溶接システム A 1 を用いたアークスポット溶接方法（工業製品の製造方法）について説明する。

【 0 0 6 5 】

図 3 は、スポット溶接システム A 1 を用いたアークスポット溶接方法における各信号等のタイミングチャートである。同図では、(a) はパイロットアーク電流 I_p の電流値、(b) はプラズマアーク電流 I_m の電流値、(c) は第 1 工程指示信号 S_{s1} 、(d) は貫通検出信号 S_t 、(e) は溶接アーク電圧 V_a の電圧値、(f) は溶接アーク電流 I_a の電流値、(g) は第 2 工程指示信号 S_{s2} 、(h) は第 1 移動指示信号 S_{m1} 、(i) は第 2 移動指示信号 S_{m2} 、(j) はロボット移動速度 V_r 、(k) は送給速度 F_w のそれぞれの変化状態を示す。

【 0 0 6 6 】

< 時刻 t_1 以前（図 4） >

まず、図 4 に示す母材 W を用意する。本実施形態では母材 W は、第 1 部材 W 1 および第 2 部材 W 2 を含む。第 1 部材 W 1 および第 2 部材 W 2 は、互いに重ねられている。本実施形態では、第 1 部材 W 1 の厚さおよび第 2 部材 W 2 の厚さは、それぞれ、たとえば、1.0 ~ 4.0 mm である。なお、本実施形態とは異なり、第 1 部材 W 1 および第 2 部材 W 2 の厚さは、1.0 mm 以下であってもよい。第 1 部材 W 1 は、トーチ 1 2 の位置する側を向く第 1 主面 W 1 1 を有する。第 2 部材 W 2 は、第 1 主面 W 1 1 の向く側とは反対側を向く第 2 主面 W 2 1 を有する。また、プラズマノズル 1 2 2 の開口を、母材 W の平面視において、スポット溶接すべき箇所と重なる位置に位置させておく。

【 0 0 6 7 】

< 時刻 t_1 ~ 時刻 t_2 （図 4） >

時刻 t_1 において、パイロットアーク電源回路 3 1 にパイロットアーク電流通電開始信号（図示略）が送られることにより、非消耗電極 1 2 1 とプラズマノズル 1 2 2 との間に、パイロットアーク a 1 が発生する。これにより、同図 (a) に示すように、パイロットアーク電流 I_p の通電が開始する。時刻 t_1 から流れるパイロットアーク電流 I_p の電流値は、たとえば 1 ~ 20 A であり、好ましくは 5 ~ 20 A である。なお、パイロットアーク a 1 の発生（すなわちパイロットアーク電流 I_p の通電の開始）は、非消耗電極 1 2 1 とプラズマノズル 1 2 2 との間に、高周波であり且つ非常に高い電圧を印加することにより行う。パイロットアーク a 1 を発生させるための当該電圧の周波数は、たとえば 1 ~ 10 MHz である。パイロットアーク a 1 を発生させるための当該電圧の電圧値は、たとえば 1 ~ 10 kV である。また、図 3 には示していないが、時刻 t_1 において、プラズマガス P G が流れ始める。本実施形態とは異なり、時刻 t_1 以前に、プラズマガス P G が流れ始めてもよい。

【 0 0 6 8 】

< 時刻 t_2 ~ 時刻 t_3 （図 5） >

図 3 (c) に示すように、時刻 t_2 において、制御部 5 は、第 1 工程指示信号 S_{s1} をプラズマアーク電源回路 4 1 に送る。第 1 工程指示信号 S_{s1} を受けると、プラズマアーク電源回路 4 1 は、非消耗電極 1 2 1 と母材 W との間にプラズマアーク電圧 V_m を印加する。このプラズマアーク電圧 V_m の電圧値は、たとえば、20 ~ 40 V である。非消耗電極 1 2 1 の先端近傍の空間には、パイロットアーク a 1 によってプラズマ雰囲気形成されている。そのため、図 5 に示すように、パイロットアーク a 1 に誘発されて、プラズマアーク a 2 が非消耗電極 1 2 1 と母材 W との間に発生する。これにより、図 3 (b) に示

10

20

30

40

50

すように、時刻 t_2 において、プラズマアーク電流 I_m の通電が開始する。プラズマアーク電流 I_m の電流値は、たとえば、150 ~ 250 A である。プラズマアーク a2 の熱により母材 W が溶融し、母材 W には、第 1 主面 W11 から凹む穴 71 が形成される。穴 71 の深さ D_1 は徐々に深くなる。このように、時刻 t_2 ~ 時刻 t_3 においては、プラズマアーク a2 によって、母材 W における第 1 主面 W11 から凹む穴 71 (本実施形態ではキーホール) が形成される。時刻 t_2 ~ 時刻 t_3 は、たとえば、0.3 ~ 5 Sec である。

【0069】

<時刻 t_3 ~ 時刻 t_4 >

時刻 t_3 において、穴 71 が母材 W を貫通する。これにより、母材 W における第 2 主面 W21 に、穴 71 に通じる開口 712 が形成される。穴 71 が母材 W を貫通したことは、貫通検出回路 46 が検出する。貫通検出回路 46 は、たとえば、プラズマアーク電圧 V_m の電圧値が急激に上昇した場合に、穴 71 が母材 W を貫通したと判断する。貫通検出回路 46 が穴 71 の貫通を検出すると、図 3 (d) に示すように、貫通検出信号 S_t をプラズマアーク電源回路 41 と制御部 5 とに送る。なお、時刻 t_2 ~ 時刻 t_3 は、穴 71 が母材 W を貫通するのに要する時間 T_{11} である。

【0070】

プラズマアーク電源回路 41 は貫通検出信号 S_t を受けると、プラズマアーク電源回路 41 は出力を停止する。これにより、図 3 (b) に示すようにプラズマアーク電流 I_m の通電を停止し、プラズマアーク電圧 V_m が 0 となる。その結果、プラズマアーク a2 が消弧する。

【0071】

制御部 5 は、貫通検出信号 S_t を受けると、動作制御回路 2 に第 1 移動指示信号 S_{m1} を送る。動作制御回路 2 は、第 1 移動指示信号 S_{m1} を受けると、トーチ 12 を移動させるための動作制御信号 M_s をロボット 1 に送る。これにより、図 3 (j) に示すように、時刻 t_3 ~ 時刻 t_4 の間、トーチ 12 が母材 W に対して移動する。そして、時刻 t_4 においては、消耗電極 15 の先端が、穴 71 の深さ D_1 方向視 (母材 W の平面視) において穴 71 と重なる位置に位置している。

【0072】

<時刻 t_4 ~ 時刻 t_5 (図 6)>

図 3 (g) に示すように、時刻 t_4 において、制御部 5 は第 2 工程指示信号 S_{s2} を、溶接アーク電源回路 61 と、送給制御回路 68 と、に送る。

【0073】

溶接アーク電源回路 61 は、第 2 工程指示信号 S_{s2} を受けると、同図 (e) に示すように、消耗電極 15 と母材 W との間に溶接アーク電圧 V_a の印加を開始する。一方、送給制御回路 68 は第 2 工程指示信号 S_{s2} を受けると、消耗電極 15 を送給するための送給速度制御信号 F_c を送給装置 16 に送る。これにより、同図 (k) に示すように、消耗電極 15 が、送給速度 F_w で送給され始める。送給速度 F_w は、トーチ 12 から母材 W に向かう方向が正である。

【0074】

<時刻 t_5 ~ 時刻 t_6 (図 6)>

時刻 t_5 において、消耗電極 15 の先端が母材 W に接触した後、消耗電極 15 をリトラクトすることによって (図 3 (k) では図示は省略)、消耗電極 15 と母材 W との間に溶接アーク a3 が発生する。消耗電極 15 と母材 W との間に溶接アーク a3 が発生すると、同図 (f) に示すように、消耗電極 15 と母材 W との間に、溶接アーク電流 I_a が流れ始める。これにより、消耗電極 15 および母材 W の間に発生した溶接アーク a3 によって形成された、消耗電極 15 に由来する溶融金属 869 が、穴 71 に充填される。時刻 t_6 まで溶接アーク a3 が発生している状態を継続することにより、図 7 に示す溶接部 86 が形成される。本実施形態では、時刻 t_3 にてプラズマアーク a2 を消弧している。そのため、溶接部 86 を形成する期間 (時刻 t_5 ~ 時刻 t_6) においては、プラズマアーク a2 を消弧させている。時刻 t_5 ~ 時刻 t_6 は、たとえば、0.3 ~ 5 Sec である。

【 0 0 7 5 】

溶接アーク a 3 を発生させる工程においては、穴 7 1 の深さ D 1 が母材 W 全体の厚さ T 1 の 8 0 % 以上となっている時点で、溶接アーク a 3 を発生させることが好ましい。更に好ましくは、穴 7 1 の深さ D 1 が母材 W 全体の厚さ T 1 の 9 0 % 以上となっている時点で、溶接アーク a 3 を発生させる。更に好ましくは、穴 7 1 の深さ D 1 が母材 W 全体の厚さ T 1 の 9 5 % 以上となっている時点で、溶接アーク a 3 を発生させる。本実施形態では、上述のように穴 7 1 が母材 W を貫通した後に、溶接アーク a 3 を発生させている。よって、穴 7 1 が母材 W 全体を貫通している状態（すなわち、穴 7 1 の深さ D 1 が、母材 W 全体の厚さ T 1 の 1 0 0 % となっている状態）で、溶接アーク a 3 を発生させている。また、開口 7 1 2 の直径 D 2 が消耗電極 1 5 の直径 D 5 よりも小さい状態で、溶接アーク a 3 を発生させるとよい。

10

【 0 0 7 6 】

なお、穴 7 1 の深さ D 1 が母材 W 全体の厚さ T 1 の 8 0 % や、9 0 % や、9 5 % となっている時点で、溶接アーク a 3 を発生させる場合、穴 7 1 が母材 W を貫通していない時点で、溶接アーク a 3 を発生させていることとなる。この場合、時刻 t 2 から所定の時間が経過した場合に、プラズマアーク a 2 を消弧し、トーチ 1 2 の移動を開始するとよい。

【 0 0 7 7 】

そして、図 7 に示すように、時刻 t 5 ~ 時刻 t 6 にて、溶接部 8 6 を形成することにより、第 1 主面 W 1 1 から盛り上がるビード 8 6 1 と、第 2 主面 W 2 1 から盛り上がるビード 8 6 2 が形成される。なお、時刻 t 5 ~ 時刻 t 6 は、溶接アーク電流 I a を流す通電時間 T 1 2 である。

20

【 0 0 7 8 】

< 時刻 t 6 ~ 時刻 t 7 >

時刻 t 6 において、溶接アーク電源回路 6 1 は出力を停止する。これにより、図 3 (e) , (f) に示すように、溶接アーク電流 I a の通電は停止し、溶接アーク電圧 V a は 0 となる。その結果、溶接アーク a 3 が消弧する。また、図 3 (k) に示すように、時刻 t 6 において送給速度 F w は 0 となる。

【 0 0 7 9 】

時刻 t 6 において、制御部 5 は、動作制御回路 2 に第 2 移動指示信号 S m 2 を送る。動作制御回路 2 は、第 2 移動指示信号 S m 2 を受けると、トーチ 1 2 を移動させるための動作制御信号 M s をロボット 1 に送る。これにより、図 3 (j) に示すように、時刻 t 6 ~ 時刻 t 7 の間、トーチ 1 2 が母材 W に対して移動する。そして、時刻 t 7 においては、プラズマノズル 1 2 2 の開口が、母材 W の平面視において、次のスポット溶接すべき箇所と重なる位置に位置している。

30

【 0 0 8 0 】

< 時刻 t 7 以降 >

時刻 t 7 以降は、時刻 t 2 ~ 時刻 t 7 にて行った工程と同様の工程を 1 または複数回繰り返す。以上のように、母材 W における複数の箇所に対し、スポット溶接を行う。

【 0 0 8 1 】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

40

【 0 0 8 2 】

本実施形態においては、消耗電極 1 5 および母材 W の間に発生した溶接アーク a 3 によって形成された、消耗電極 1 5 に由来する溶融金属 8 6 9 を、穴 7 1 に充填し、溶接部 8 6 を形成する。このような構成によると、溶接部 8 6 を、より第 2 主面 W 2 1 側に形成することが可能である。このことにより、母材 W が厚い場合であっても、適切に溶接を行うことができる。

【 0 0 8 3 】

本実施形態においては、穴 7 1 の深さ D 1 が母材 W 全体の厚さ T 1 の 8 0 % 以上となっている時点で、溶接アーク a 3 を発生させる。このような構成によると、溶融金属 8 6 9 を、より第 2 主面 W 2 1 側に至らせることが可能である。このことにより、更に適切に溶

50

接を行うことができる。

【0084】

本実施形態においては、開口712の直径が消耗電極15の直径よりも小さい状態で、溶接アークa3を発生させる。このような構成によると、消耗電極15が開口712から突出することを防止できる。これにより、溶け落ちの発生を防止できる。また、溶接アークa3を発生させる際に、消耗電極15と母材Wとを確実に接触させることが可能である。よって、より確実に溶接アークa3を発生させることができる。

【0085】

なお、穴71の深さD1が母材W全体の厚さT1の80%や、90%や、95%となっている時点で、溶接アークa3を発生させる場合であっても、溶け落ちの発生を防止できる。また、溶接アークa3を発生させる際に、消耗電極15と母材Wとを確実に接触させることが可能である。よって、より確実に溶接アークa3を発生させることができる。

10

【0086】

また、本実施形態においては、溶接部86を形成する工程においては、プラズマアークa2を消弧させておく。このような構成によると、プラズマアークa2によって消耗電極15を溶融させる場合と比べて、効率的に消耗電極15を溶融させることができる。これは、スポット溶接システムA1の消費電力の削減に寄与する。

【0087】

上述の第1実施形態とは異なり、非消耗電極121と消耗電極15とが同一のノズル(外側ノズル129)に囲まれている必要はない。また、たとえば非消耗電極121および消耗電極15が別のアームに保持されていてもよい。

20

【0088】

<第2実施形態>

図8～図14を用いて、本発明の第2実施形態について説明する。

【0089】

図8は、本発明の第2実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。図9は、本発明の第2実施形態にかかるスポット溶接システムにおけるプラズマノズルおよび保持部材等を示す拡大断面図である。

【0090】

図8に示すスポット溶接システムA2は、ロボット1と、動作制御回路2と、パイロットアーク電源回路31と、プラズマアーク電源回路41と、貫通検出回路46と、制御部5と、溶接アーク電源回路61と、送給制御回路68と、に加え、溶接アーク点弧検出回路56を備える。

30

【0091】

ロボット1は、以下の点を除き、第1実施形態にて述べたのと略同様である。

【0092】

本実施形態では、外側ノズル129が設けられていない。プラズマノズル122および保持部材126は各々、別個のマニピュレータ11におけるアームによって移動させられる。保持部材126は溶接ノズル(図示略)に包囲されている。そして当該溶接ノズル内を不活性ガスが流れる。

40

【0093】

なお、本実施形態とは異なり、第1実施形態のように、外側ノズル129を含むトーチ12を用いても構わない。

【0094】

動作制御回路2、パイロットアーク電源回路31、プラズマアーク電源回路41、貫通検出回路46、溶接アーク電源回路61、および、送給制御回路68は、第1実施形態の説明を適用できるから、本実施形態では説明を省略する。

【0095】

溶接アーク点弧検出回路56は、溶接アークa3が点弧したことを検出するためのものである。本実施形態では、消耗電極15と母材Wとの間の溶接アーク電流Iaの電流値に

50

基づき、溶接アーク a 3 が点弧したことを検出する。溶接アーク点弧検出回路 5 6 は、溶接アーク a 3 が点弧したことを検出すると、制御部 5 およびプラズマアーク電源回路 4 1 に溶接アーク点弧検出信号 S a を送る。

【 0 0 9 6 】

制御部 5 は、動作制御回路 2 と、パイロットアーク電源回路 3 1 と、プラズマアーク電源回路 4 1 と、溶接アーク電源回路 6 1 と、送給制御回路 6 8 の作動状態を制御する。制御部 5 は、貫通検出回路 4 6 から貫通検出信号 S t を受け、溶接アーク点弧検出回路 5 6 から溶接アーク点弧検出信号 S a を受ける。また、制御部 5 は、プラズマアーク電源回路 4 1 に第 1 工程指示信号 S s 1 を送り、動作制御回路 2 に動作指示信号 S m 1 1 および移動指示信号 S m 1 2 を送る。制御部 5 は、溶接アーク電源回路 6 1 および送給制御回路 6 8 に、第 2 工程指示信号 S s 2 を送る。

10

【 0 0 9 7 】

次に、図 1 0、図 1 1 を更に用いて、スポット溶接システム A 2 を用いたアークスポット溶接方法（工業製品の製造方法）について説明する。

【 0 0 9 8 】

図 1 0、図 1 1 は、スポット溶接システム A 2 を用いたアークスポット溶接方法における各信号等のタイミングチャートである。

【 0 0 9 9 】

図 1 0 では、(a) はパイロットアーク電流 I_p の電流値、(b) はプラズマアーク電流 I_m の電流値、(c) は第 1 工程指示信号 S s 1、(d) は貫通検出信号 S t、(e) は溶接アーク電圧 V a の電圧値、(f) は溶接アーク電流 I a の電流値、(g) は第 2 工程指示信号 S s 2、(h) は動作指示信号 S m 1 1、(i) は移動指示信号 S m 1 2、(k) は送給速度 F w のそれぞれの変化状態を示す。図 1 0 は、図 3 に対応する。図 1 0 では、図 3 とは異なり、(j) ロボット移動速度 V r の図示はしていない。また、図 1 0 では、図 3 とは異なり、(h) では、第 1 移動指示信号 S m 1 ではなく動作指示信号 S m 1 1 の変化状態を示しており、(i) では、第 2 移動指示信号 S m 2 ではなく移動指示信号 S m 1 2 の変化状態を示している。

20

【 0 1 0 0 】

図 1 1 (a) は、母材 W の厚さ方向における、非消耗電極 1 2 1 の先端の位置、(b) は、母材 W の厚さ方向における、保持部材 1 2 6 の先端の位置、(c) は、溶接アーク点弧検出信号 S a のそれぞれの変化状態を示す。非消耗電極 1 2 1 の先端の位置および保持部材 1 2 6 の先端の位置は、図 9 の上方向を正としている。

30

【 0 1 0 1 】

< 時刻 t 1 1 以前 (図 9) >

まず、図 9 に示す母材 W を用意する。そして、プラズマノズル 1 2 2 の開口を、母材 W の平面視において、スポット溶接すべき箇所と重なる位置に位置させておく。母材 W については、第 1 実施形態の説明を適用できるため、本実施形態では説明を省略する。図 9 に示す場合、プラズマノズル 1 2 2 の開口と第 1 主面 W 1 1 との距離は、たとえば、3 ~ 5 mm である。

【 0 1 0 2 】

図 9 に示すように、非消耗電極 1 2 1 の軸線に沿って延びる線を、第 1 仮想線 L 1 としている。消耗電極 1 5 の軸線に沿って延びる線を、第 2 仮想線 L 2 としている。第 1 仮想線 L 1 および第 2 仮想線 L 2 は互いに交差している。本実施形態では、第 1 仮想線 L 1 が第 1 主面 W 1 1 に直交しており、すなわち、非消耗電極 1 2 1 が第 1 主面 W 1 1 に直交している。一方、第 2 仮想線 L 2 は、第 1 主面 W 1 1 に直交する方向に対し傾斜している。第 2 仮想線 L 2 の、第 1 主面 W 1 1 に直交する方向に対する傾斜角は、たとえば 3 0 度である。第 2 仮想線 L 2 と第 1 主面 W 1 1 とが交差する点 C 2 と、第 1 仮想線 L 1 および第 2 仮想線 L 2 の交点 C 1 と、の母材 W の面内方向における距離は、たとえば、4 mm 以上である。

40

【 0 1 0 3 】

50

<時刻 t_{11} ~ 時刻 t_{13} (図 12) >

時刻 t_{11} ~ 時刻 t_{13} における工程は、第 1 実施形態の時刻 t_1 ~ 時刻 t_3 における工程と同様であるから、説明を省略する。本実施形態においても、図 12 に示すように、プラズマアーク a_2 の熱により母材 W が溶融し、母材 W には、第 1 主面 W_{11} から凹む穴 7_1 が形成される。穴 7_1 の深さ D_1 は徐々に深くなる。このように、時刻 t_{12} ~ 時刻 t_{13} において、プラズマアーク a_2 によって、母材 W における第 1 主面 W_{11} から凹む穴 7_1 (本実施形態ではキーホール) が形成される。

【0104】

<時刻 t_{13} ~ 時刻 t_{14} (図 12) >

時刻 t_{13} において、穴 7_1 が母材 W を貫通する。これにより、母材 W における第 2 主面 W_{21} に、穴 7_1 に通じる開口 7_{12} が形成される。穴 7_1 が母材 W を貫通したことは、貫通検出回路 4_6 が検出する。貫通検出回路 4_6 は、たとえば、プラズマアーク電圧 V_m の電圧値が急激に上昇した場合に、穴 7_1 が母材 W を貫通したと判断する。貫通検出回路 4_6 が穴 7_1 の貫通を検出すると、図 10 (d) に示すように、貫通検出信号 S_t をプラズマアーク電源回路 4_1 と制御部 5 とに送る。なお、時刻 t_{12} ~ 時刻 t_{13} は、穴 7_1 が母材 W を貫通するのに要する時間 T_{11} である。

【0105】

図 10 (b) に示すように、時刻 t_{13} において、プラズマアーク電源回路 4_1 は貫通検出信号 S_t を受けると、プラズマアーク電源回路 4_1 は、プラズマアーク電流 I_m の電流値を、穴 7_1 を形成する工程における値 (時刻 t_{12} ~ 時刻 t_{13} における値) よりも小さいプラズマアーク維持電流値 i_{m1} に減少させる。プラズマアーク維持電流値 i_{m1} は、たとえば、 $20 \sim 50$ A である。なお、時刻 t_{13} において、プラズマガス PG の流量を減少させてもよい。

【0106】

制御部 5 は、時刻 t_{14} において貫通検出信号 S_t を受けると、図 10 (g) に示すように、第 2 工程指示信号 S_{s2} を、溶接アーク電源回路 6_1 と、送給制御回路 6_8 と、に送る。溶接アーク電源回路 6_1 は、第 2 工程指示信号 S_{s2} を受けると、同図 (e) に示すように、消耗電極 1_5 と母材 W との間に溶接アーク電圧 V_a (無負荷電圧) の印加を開始する。一方、送給制御回路 6_8 は第 2 工程指示信号 S_{s2} を受けると、消耗電極 1_5 を送給するための送給速度制御信号 F_c を送給装置 1_6 に送る。これにより、同図 (k) に示すように、消耗電極 1_5 が、送給速度 F_w で送給され始める。送給速度 F_w は、トーチ 1_2 から母材 W に向かう方向が正である。

【0107】

制御部 5 は、貫通検出信号 S_t を受けると、動作制御回路 2 に動作指示信号 S_{m11} を送る。動作制御回路 2 は、動作指示信号 S_{m11} を受けると、プラズマノズル 1_2_2 および保持部材 1_2_6 を移動させるための動作制御信号 M_s をロボット 1 に送る。これにより、図 11 (a) に示すように、非消耗電極 1_2_1 (およびプラズマノズル 1_2_2) が、母材 W から徐々に離間する。同様に、同図 (b) に示すように、消耗電極 1_5 を保持する保持部材 1_2_6 が、母材 W から徐々に離間する。

【0108】

<時刻 t_{14} ~ 時刻 t_{15} (図 13) >

消耗電極 1_5 の送給が開始した後、消耗電極 1_5 の先端がプラズマアーク a_2 に接触する。プラズマアーク a_2 の電気抵抗は空気よりも小さい。そのため、図 10 (f)、図 13 に示すように、時刻 t_{14} において、プラズマアーク a_2 を介して、消耗電極 1_5 および母材 W の間に溶接アーク電流 I_a が流れ始める。これにより、消耗電極 1_5 および母材 W の間に溶接アーク a_3 が発生する。

【0109】

本実施形態においても、穴 7_1 の深さ D_1 が母材 W 全体の厚さ T_1 の 80% 以上となっている時点で、溶接アーク a_3 を発生させることが好ましい。更に好ましくは、穴 7_1 の深さ D_1 が母材 W 全体の厚さ T_1 の 90% 以上となっている時点で、溶接アーク a_3 を発

10

20

30

40

50

生させる。更に好ましくは、穴71の深さD1が母材W全体の厚さT1の95%以上となっている時点で、溶接アークa3を発生させる。本実施形態では、上述のように穴71が母材Wを貫通した後に、溶接アークa3を発生させている。よって、穴71が母材W全体を貫通している状態（すなわち、穴71の深さD1が、母材W全体の厚さT1の100%となっている状態）で、溶接アークa3を発生させている。

【0110】

なお、穴71の深さD1が母材W全体の厚さT1の80%や、90%や、95%となっている時点で、溶接アークa3を発生させる場合、穴71が母材Wを貫通していない時点で、溶接アークa3を発生させていることとなる。この場合、時刻t12から所定の時間が経過した場合に、溶接アークa3を発生させる工程を開始するとよい。

10

【0111】

溶接アークa3が発生したことは、溶接アーク点弧検出回路56が検出する。溶接アーク点弧検出回路56は、たとえば、溶接アーク電流Iaの電流値があるしきい値を超えた場合に、溶接アークa3が発生したと判断する。溶接アーク点弧検出回路56が溶接アークa3の発生を検出すると、図11(c)に示すように、溶接アーク点弧検出信号Saを制御部5およびプラズマアーク電源回路41に送る。

【0112】

図11(a)、(b)に示すように、時刻t14～時刻t15の間にて、母材Wに対する、非消耗電極121および保持部材126の離間移動が停止する。本実施形態では、母材Wから非消耗電極121を離間させる工程を終えた時点において、第1仮想線L1と第2仮想線L2との交点C1が、第1主面W11に対して、第1主面W11の向く方向とは反対側（すなわち図13等では、第1主面W11の下側）に位置している。

20

【0113】

<時刻t15～時刻t16(図14)>

時刻t15において、プラズマアーク電源回路41は、出力を停止する。これにより、図10(b)に示すようにプラズマアーク電流Imの通電が停止し、プラズマアーク電圧Vmが0となる。その結果、プラズマアークa2が消弧する。時刻t14～時刻t15は、たとえば、0.1～0.3Secである。時刻t14～時刻t15は、溶接アークa3を安定させるための時間である。なお、プラズマアーク電源回路41は、溶接アーク点弧検出信号Saを受けた時刻に基づき、プラズマアーク電流Imの通電を停止する時刻を決定するとよい。

30

【0114】

時刻t15にてプラズマアークa2が消弧すると、プラズマノズル122を図14の左方へ移動させ、図11(b)に示すように、保持部材126（および図示しない溶接ノズル）を、母材Wに対し接近させる。

【0115】

本実施形態では、時刻t14以降、消耗電極15および母材Wの間に発生した溶接アークa3によって形成された、消耗電極15に由来する溶融金属869が、穴71に充填される。時刻t16まで溶接アークa3が発生している状態を継続することにより、図7に示した溶接部86が形成される。本実施形態では、時刻t15にてプラズマアークa2を消弧している。そのため、溶接部86を形成する期間（時刻t14～時刻t16）のうち、時刻t15～時刻t16においては、プラズマアークa2を消弧させている。時刻t15～時刻t16は、たとえば、0.3～5Secである。なお、時刻t14～時刻t16は、溶接アーク電流Iaを流す通電時間T12である。

40

【0116】

<時刻t16～時刻t17(図14)>

時刻t16において、溶接アーク電源回路61は出力を停止する。これにより、図10(e)、(f)に示すように、溶接アーク電流Iaの通電は停止し、溶接アーク電圧Vaは0となる。その結果、溶接アークa3が消弧する。また、図10(k)に示すように、時刻t16において送給速度Fwは0となる。

50

【 0 1 1 7 】

時刻 t_{16} において、制御部 5 は、動作制御回路 2 に移動指示信号 S_{m12} を送る。動作制御回路 2 は、移動指示信号 S_{m12} を受けると、非消耗電極 121 および保持部材 126 を移動させるための動作制御信号 M_s をロボット 1 に送る。これにより、非消耗電極 121 および保持部材 126 が母材 W に対して移動する。そして、時刻 t_{17} においては、プラズマノズル 122 の開口が、母材 W の平面視において、次のスポット溶接すべき箇所と重なる位置に位置している。

【 0 1 1 8 】

< 時刻 t_{17} 以降 >

時刻 t_{17} 以降は、時刻 t_{12} ~ 時刻 t_{17} に行っていた工程と同様の工程を 1 または複数回繰り返す。以上のように、母材 W における複数の箇所に対し、スポット溶接を行う。

【 0 1 1 9 】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

【 0 1 2 0 】

本実施形態においては、消耗電極 15 および母材 W の間に発生した溶接アーク a_3 によって形成された、消耗電極 15 に由来する溶融金属 869 を、穴 71 に充填し、溶接部 86 を形成する。このような構成によると、溶接部 86 を、より第 2 主面 W_{21} 側に形成することが可能である。このことにより、母材 W が厚い場合であっても、適切に溶接を行うことができる。

【 0 1 2 1 】

本実施形態においては、穴 71 の深さ D_1 が母材 W 全体の厚さ T_1 の 80% 以上となっている時点で、溶接アーク a_3 を発生させる。このような構成によると、溶融金属 869 を、より第 2 主面 W_{21} 側に至らせることが可能である。このことにより、更に適切に溶接を行うことができる。

【 0 1 2 2 】

本実施形態においては、溶接アーク a_3 を発生させる工程は、プラズマアーク a_2 を介して、消耗電極 15 および母材 W の間に溶接アーク電流 I_a を流し始めることにより、開始する。このような構成によると、溶接アーク a_3 を発生させる際に、消耗電極 15 を母材 W に接触させる必要がない。そのため、消耗電極 15 と母材 W とを接触させて溶接アーク a_3 を発生させる方法に起因するスパッタの発生を、防止できる。これにより、より綺麗なスポット溶接を行うことができる。

【 0 1 2 3 】

本実施形態においては、溶接アーク a_3 を発生させる工程は、消耗電極 15 および母材 W の間に無負荷電圧を印加しつつ、消耗電極 15 をプラズマアーク a_2 に接触させる工程を含む。この方法は、消耗電極 15 がプラズマアーク a_2 に接触した後に、消耗電極 15 および母材 W の間に無負荷電圧を印加するのではない。このことは、より早く、溶接アーク a_3 を発生するのに適する。

【 0 1 2 4 】

本実施形態においては、溶接アーク a_3 を発生させる工程の前に、非消耗電極 121 および母材 W の間に流れるプラズマアーク電流 I_m の電流値を、穴 71 を形成する工程における値よりも小さいプラズマアーク維持電流値 i_{m1} に減少させる。このような構成によると、溶接アーク a_3 を発生させる工程において、母材 W が過度に溶融することにより穴 71 が大きくなることを、防止できる。これにより、溶け落ちの発生を防止できる。

【 0 1 2 5 】

本実施形態においては、溶接アーク a_3 を発生させる工程は、母材 W から非消耗電極 121 を離間させる工程を含む。このような構成によると、プラズマアーク a_2 の長さを長くすることが可能である。これにより、消耗電極 15 をプラズマアーク a_2 に接触させやすくなる。その結果、プラズマアーク a_2 を好適に発生させることができる。

【 0 1 2 6 】

本実施形態においては、溶接アーク a_3 を発生させる工程の後に、母材 W に対し、消耗

10

20

30

40

50

電極 15 を保持する保持部材 126 を接近させる。このような構成によると、ワイヤ突き出し長さを、標準の長さ（たとえば 15 mm）に戻すことができる。これにより、スパッタの発生を抑制でき、溶け込み深さも確保できる。

【0127】

また、本実施形態においては、溶接部 86 を形成する工程においては、プラズマアーク a2 を消弧させておく。このような構成によると、プラズマアーク a2 によって消耗電極 15 を溶融させる場合と比べて、効率的に消耗電極 15 を溶融させることができる。これは、スポット溶接システム A2 の消費電力の削減に寄与する。

【0128】

< 第 3 実施形態 >

図 15、図 16 を用いて、本発明の第 3 実施形態について説明する。

【0129】

図 15 は、本発明の第 3 実施形態にかかるスポット溶接システムを示すブロック図である。

【0130】

図 15 に示すスポット溶接システム A3 は、ロボット 1 と、動作制御回路 2 と、パイロットアーク電源回路 31 と、プラズマアーク電源回路 41 と、貫通検出回路 46 と、制御部 5 と、溶接アーク電源回路 61 と、送給制御回路 68 と、に加え、電圧検出回路 44 と、母材情報算出回路 52 と、溶接部形成情報算出回路 54 と、を備える。

【0131】

貫通検出回路 46 を除き、ロボット 1 と、動作制御回路 2 と、パイロットアーク電源回路 31 と、プラズマアーク電源回路 41 と、制御部 5 と、溶接アーク電源回路 61 と、送給制御回路 68 と、については、第 1 実施形態における説明を適用できるから、本実施形態では説明を省略する。

【0132】

電圧検出回路 44 は、消耗電極 15 と母材 W との間に印加されるプラズマアーク電圧 V_m の値を検出するためのものである。電圧検出回路 44 は、貫通検出回路 46 および母材情報算出回路 52 に、プラズマアーク電圧 V_m に対応する電圧検出信号 V_d を送る。

【0133】

本実施形態においても、貫通検出回路 46 は、非消耗電極 121 と母材 W との間のプラズマアーク電圧 V_m の電圧値に基づき、母材 W を穴 71 が貫通したことを検出する。具体的には、電圧検出回路 44 からの電圧検出信号 V_d に基づき、母材 W を穴 71 が貫通したことを検出する。その他の点については、第 1 実施形態における説明を適用できるから、本実施形態では説明を省略する。

【0134】

母材情報算出回路 52 は、非消耗電極 121 および母材 W の間のプラズマアーク電圧 V_m に基づき、母材情報 $I_{nf}1$ を算出する。具体的には、母材情報算出回路 52 は、電圧検出回路 44 からの電圧検出信号 V_d に基づき母材情報 $I_{nf}1$ を算出する。母材情報 $I_{nf}1$ は、母材 W に関する情報である。本実施形態では、母材情報 $I_{nf}1$ は母材 W の厚さ $T1$ に関する情報を含む。母材 W の厚さ $T1$ に関する情報としては、穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 $T11$ （図 3 参照）の情報が挙げられる。母材情報算出回路 52 は、算出した母材情報 $I_{nf}1$ を、溶接部形成情報算出回路 54 に送る。

【0135】

穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 $T11$ は、たとえば、母材 W に穴 71 が形成され始めた時刻から母材 W に穴 71 が貫通した時刻までの時間であってもよいし、あるいは、プラズマアーク電流 I_m の通電開始時刻から母材 W に穴 71 が貫通した時刻までの時間であってもよい。

【0136】

母材 W に穴 71 が形成され始めた時刻をより正確に求めるために、電圧検出信号 V_d の微分値を求める微分回路を、母材情報算出回路 52 が備えていてもよい。この場合、電圧

10

20

30

40

50

検出信号 V_d の微分値が所定のしきい値よりも小さくなった場合に、母材 W に穴 71 が形成され始めた時刻と判断するとよい。また、プラズマアーク電圧 V_m が交流である場合には、電圧検出信号 V_d の絶対値を求める絶対値回路を、母材情報算出回路 52 が備えていてもよい。また、プラズマアーク電圧 V_m がパルス波形を示す場合には、電圧検出信号 V_d の高周波成分を除去するローパスフィルタを、母材情報算出回路 52 が備えていてもよい。

【0137】

溶接部形成情報算出回路 54 は、母材情報 I_{nf1} に基づき溶接部形成情報 I_{nf2} を算出する。溶接部形成情報 I_{nf2} は、溶接部 86 を形成する工程において流す溶接アーク電流 I_a に関する情報である。本実施形態においては、溶接部形成情報算出回路 54 は、母材情報算出回路 52 に算出された母材情報 I_{nf1} に基づき、溶接部形成情報 I_{nf2} を算出する。一例としては、溶接部形成情報算出回路 54 は、穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 T_{11} に基づいて、溶接部形成情報 I_{nf2} を算出するとよい。溶接部形成情報 I_{nf2} としては、溶接部 86 を形成する工程において、溶接アーク電流 I_a を流す通電時間 T_{12} (図3参照) の情報が挙げられる。溶接部形成情報算出回路 54 は、溶接部形成情報 I_{nf2} を算出するために、たとえば、母材情報 I_{nf1} と溶接部形成情報 I_{nf2} との関係を示すテーブルを用いるとよい。

10

【0138】

溶接部形成情報算出回路 54 は、たとえば、次のように、通電時間 T_{12} の情報を算出する。図16は、穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 T_{11} と、溶接アーク電流 I_a の通電時間 T_{12} との関係を示すグラフである。同図では、横軸が穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 T_{11} を示し、縦軸が通電時間 T_{12} を示している。同図に示すように、溶接部形成情報算出回路 54 は、穴 71 が母材 W を貫通するのに要した時間 T_{11} (すなわち、母材 W 全体の厚さ T_1 に対応する) と通電時間 T_{12} とが正の相関を有するように、通電時間 T_{12} の情報を算出する。図16では、溶接アーク電流 I_a の電流値が電流値 i_{a11} の場合と電流値 i_{a12} の場合の2つの場合の関係について示している。なお、電流値 i_{a11} よりも電流値 i_{a12} の方が大きい。

20

【0139】

そして、溶接部形成情報算出回路 54 は、算出した溶接部形成情報 I_{nf2} (本実施形態では、通電時間 T_{12} の情報) を溶接アーク電源回路 61 に送る。そして、溶接アーク電源回路 61 は、溶接部形成情報 I_{nf2} に基づいて溶接アーク電流 I_a を流す。

30

【0140】

次に、本実施形態の作用効果について説明する。

【0141】

本実施形態によると、第1実施形態で述べた作用効果に加え、以下の作用効果を奏する。

【0142】

本実施形態によると、スポット溶接システム $A3$ は、母材情報 I_{nf1} に基づき溶接部形成情報 I_{nf2} を算出する溶接部形成情報算出回路 54 を備える。母材情報 I_{nf1} は、母材 W に関する情報であり、溶接部形成情報 I_{nf2} は、溶接部 86 を形成する工程において流す溶接アーク電流 I_a に関する情報である。溶接アーク電源回路 61 は、溶接部形成情報 I_{nf2} に基づいて溶接アーク電流 I_a を流す。このような構成によると、溶接アーク電流 I_a に関する設定を、母材 W に応じたより適切なものとすることができる。これにより、溶接アーク電流 I_a に関する設定を行う作業者の負担を軽減できるとともに、より適切なスポット溶接を行うことができる。

40

【0143】

本実施形態によると、溶接部形成情報 I_{nf2} は、溶接部 86 を形成する工程において、溶接アーク電流 I_a を流す通電時間 T_{12} に関する情報を含む。このような構成によると、溶接部 86 を形成する工程において穴 71 に充填される溶融金属の量を、適切な量とすることができる。これにより、各ビード 861 の形状を均一にすることができ、また、

50

必要な溶接強度を保つことができる。

【0144】

本実施形態によると、母材情報Inf1は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11に関する情報を含む。穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11は、母材W全体の厚さT1を反映している。そのため、本実施形態によると、母材W全体の厚さT1に応じて、溶接アーク電流Iaに関する設定を行うことができる。これにより、更に適切なスポット溶接を行うことが可能となる。

【0145】

なお、母材情報算出回路52がスポット溶接システムに設けられている必要は、必ずしもない。たとえば、作業者が入力した母材情報Inf1（たとえば母材Wの厚さT1）に基づき、溶接部形成情報算出回路54は溶接部形成情報Inf2を算出してもよい。

10

【0146】

また、母材情報算出回路52や溶接部形成情報算出回路54を設ける構成は、第1実施形態にかかるスポット溶接システムA1を基にして説明したが、第2実施形態にかかるスポット溶接システムA2に母材情報算出回路52や溶接部形成情報算出回路54を設けてもよい。

【0147】

<第3実施形態の第1変形例>

図17、図18を用いて、本発明の第3実施形態の第1変形例について説明する。

【0148】

本変形例では、溶接部形成情報算出回路54による溶接部形成情報Inf2の算出方法が、上述のものとは異なっている。本変形例では、溶接部形成情報算出回路54は、溶接部形成情報Inf2として、溶接部86を形成する工程における、溶接アーク電流Iaの電流値の情報も算出する。そして、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11に応じて、溶接部86を形成する工程における、溶接アーク電流Iaの電流値を異ならせる。

20

【0149】

図17は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11と、溶接アーク電流Iaの通電時間T12との関係を示すグラフである。図18は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11と、溶接アーク電流Iaの電流値との関係を示すグラフである。

【0150】

図17においては、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11を示し、縦軸が通電時間T12を示している。また、図18においては、横軸が穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11を示し、縦軸が溶接部86を形成する工程における溶接アーク電流Iaの電流値を示している。

30

【0151】

本変形例においては、溶接部形成情報算出回路54は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が、範囲R11にある場合には、図18に示すように、溶接部86を形成する工程における、溶接アーク電流Iaの電流値を、電流値ia21と算出する。そして、図17に示す関係に従って、溶接部形成情報算出回路54は、通電時間T12を算出する。穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が範囲R11内にある場合、溶接部形成情報算出回路54は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11（すなわち、母材W全体の厚さT1に対応する）と通電時間T12とが正の相関を有するように、通電時間T12の情報を算出する。

40

【0152】

同様に、溶接部形成情報算出回路54は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が、範囲R11における値よりも大きい値を包含する範囲R12にある場合には、図18に示すように、溶接部86を形成する工程における、溶接アーク電流Iaの電流値を、電流値ia21より大きい電流値ia22と算出する。そして、図17に示す関係に従って、溶接部形成情報算出回路54は、通電時間T12を算出する。穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が範囲R12内にある場合、溶接部形成情報算出回路54は

50

、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11（すなわち、母材W全体の厚さT1に対応する）と通電時間T12とが正の相関を有するように、通電時間T12の情報を算出する。

【0153】

同様に、溶接部形成情報算出回路54は、穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が、範囲R12における値よりも大きい値を包含する範囲R13にある場合には、図18に示すように、溶接部86を形成する工程における、溶接アーク電流Iaの電流値を、電流値ia22より大きい電流値ia23と算出する。そして、図17に示す関係に従って、溶接部形成情報算出回路54は、通電時間T12を算出する。穴71が母材Wを貫通するのに要した時間T11が範囲R13内にある場合、溶接部形成情報算出回路54は

10

【0154】

本変形例によると、第3実施形態で述べた作用効果に加え、以下の作用効果を奏する。

【0155】

本実施形態では、母材W全体の厚さT1が比較的薄い場合（たとえば時間T11が、範囲R11にある場合）には、溶接部86を形成する工程においては、溶接アーク電流Iaが比較的低い電流値ia21で流される。これにより、母材W全体の厚さT1が薄い場合に溶け落ちが発生することを防止できる。一方、母材W全体の厚さT1が比較的厚い場合（たとえば時間T11が、範囲R13にある場合）には、溶接部86を形成する工程においては、溶接アーク電流Iaが比較的高い電流値ia23で流される。これにより、通電時間T12を短くすることができる。このことは、穴71を充填するのに要する時間の短縮が可能であることを意味する。このように本変形例によると、母材Wの厚さT1に応じて、適切なスポット溶接を効率的に行うことが可能となる。

20

【0156】

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。本発明の各部の具体的な構成は、種々に設計変更自在である。

【符号の説明】

【0157】

- 1 ロボット
- 11 マニピュレータ
- 12 トーチ
- 121 非消耗電極
- 122 プラズマノズル
- 126 保持部材
- 129 外側ノズル
- 15 消耗電極
- 16 送給装置
- 2 動作制御回路
- 31 パイロットアーク電源回路
- 41 プラズマアーク電源回路
- 46 貫通検出回路
- 5 制御部
- 56 溶接アーク点弧検出回路
- 61 溶接アーク電源回路
- 68 送給制御回路
- 71 穴
- 712 開口
- 86 溶接部

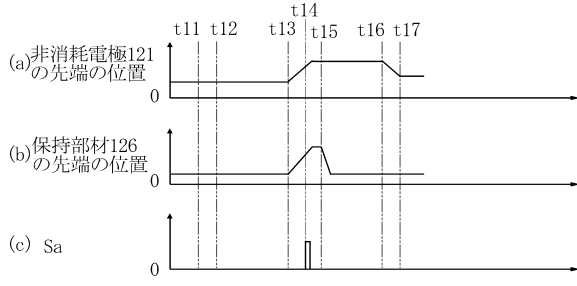
30

40

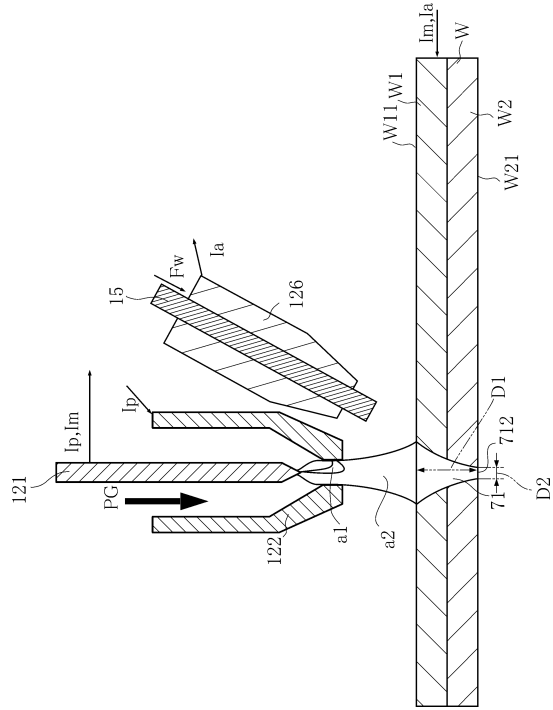
50

8 6 1 , 8 6 2	ビード	
8 6 9	熔融金属	
A 1 , A 2 , A 3	スポット溶接システム	
a 1	パイロットアーク	
a 2	プラズマアーク	
a 3	溶接アーク	
C 1	交点	
C 2	点	
D 1	深さ	
D 2 , D 5	直径	10
F c	送給速度制御信号	
F w	送給速度	
I a	溶接アーク電流	
I m	プラズマアーク電流	
i m 1	プラズマアーク維持電流値	
I p	パイロットアーク電流	
L 1	第1仮想線	
L 2	第2仮想線	
M s	動作制御信号	
P G	プラズマガス	20
S a	溶接アーク点弧検出信号	
S G	シールドガス	
S m 1	第1移動指示信号	
S m 2	第2移動指示信号	
S m 1 1	動作指示信号	
S m 1 2	移動指示信号	
S s 1	第1工程指示信号	
S s 2	第2工程指示信号	
S t	貫通検出信号	
T 1	厚さ	30
t 1 , t 2 , t 3 , t 4 , t 5 , t 6 , t 7 , t 1 1 , t 1 2 , t 1 3 , t 1 4 , t 1 5 , t 1 6 , t 1 7	時刻	
V a	溶接アーク電圧	
V m	プラズマアーク電圧	
V p	パイロットアーク電圧	
V r	ロボット移動速度	
W	母材	
W 1	第1部材	
W 1 1	第1主面	
W 2	第2部材	40
W 2 1	第2主面	
4 4	電圧検出回路	
5 2	母材情報算出回路	
5 4	溶接部形成情報算出回路	
I n f 1	母材情報	
I n f 2	溶接部形成情報	
i a 1 1 , i a 1 2 , i a 2 1 , i a 2 2 , i a 2 3	電流値	
R 1 1 , R 1 2 , R 1 3	範囲	
T 1 1	時間	50

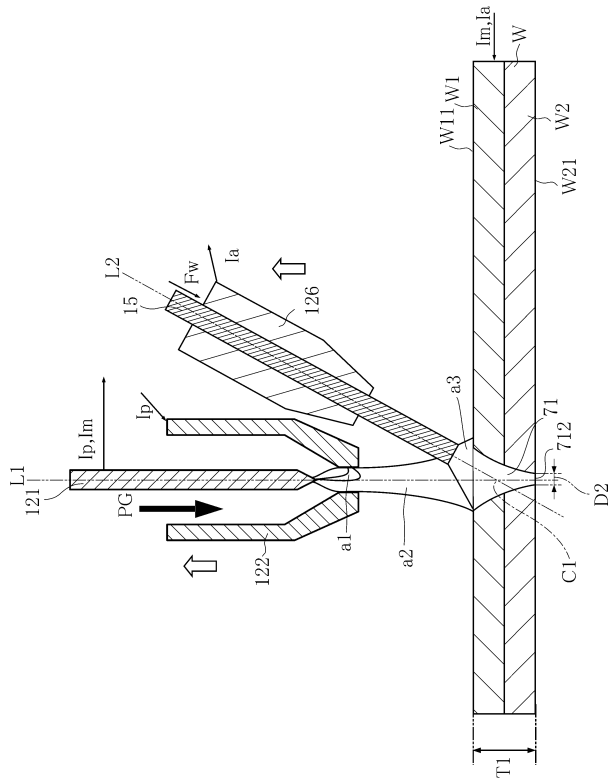
【図 1 1】



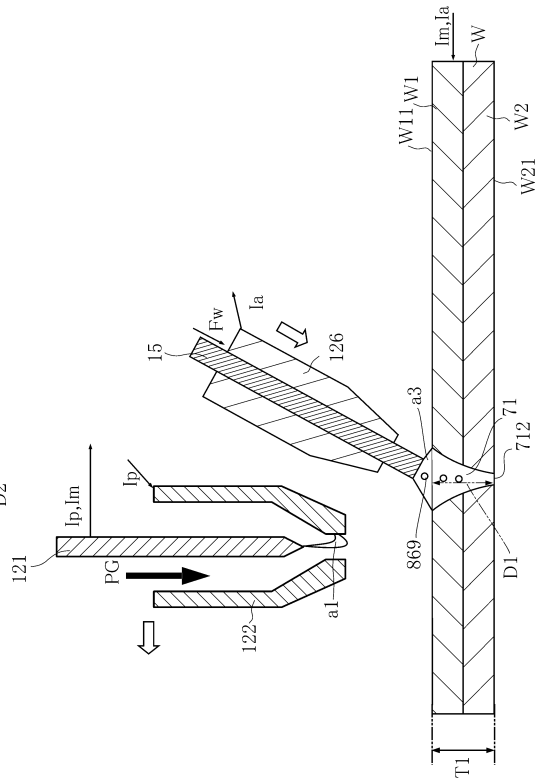
【図 1 2】



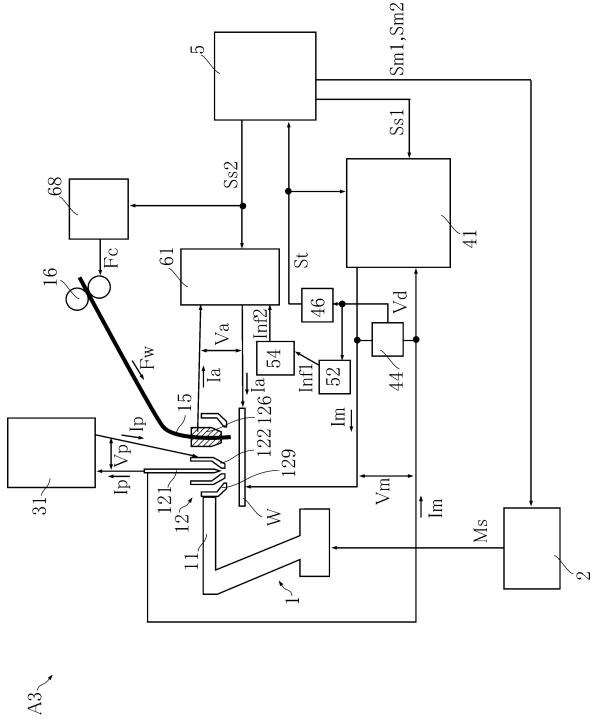
【図 1 3】



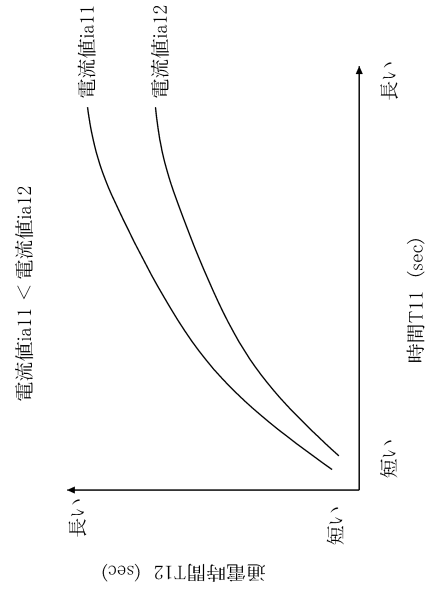
【図 1 4】



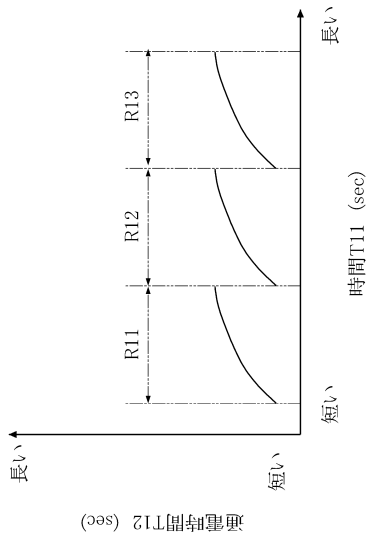
【図15】



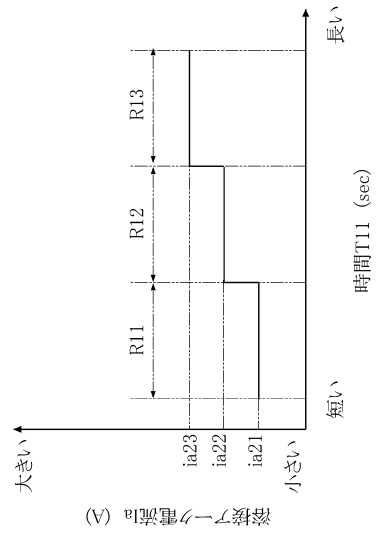
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

(56)参考文献 国際公開第2013/129151(WO, A1)

特開2002-292467(JP, A)

特開2013-99773(JP, A)

特開2011-67845(JP, A)

特開2013-180309(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 9/00 - 10/02