

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6089231号  
(P6089231)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int.Cl.		F 1			
<b>B 2 3 K</b>	<b>9/073</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K	9/073	5 4 5
<b>B 2 3 K</b>	<b>9/09</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K	9/09	
<b>B 2 3 K</b>	<b>9/095</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K	9/095	5 0 1 A
<b>B 2 3 K</b>	<b>9/12</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 3 K	9/12	3 0 5

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-520866 (P2014-520866)	(73) 特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(86) (22) 出願日	平成25年3月11日(2013.3.11)	(74) 代理人	100106116 弁理士 鎌田 健司
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/001550	(74) 代理人	100170494 弁理士 前田 浩夫
(87) 国際公開番号	W02013/190746	(72) 発明者	藤原 潤司 大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナソニック溶接システム株式会社内
(87) 国際公開日	平成25年12月27日(2013.12.27)	(72) 発明者	向井 康士 大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナソニック溶接システム株式会社内
審査請求日	平成28年2月19日(2016.2.19)		
(31) 優先権主張番号	特願2012-136604 (P2012-136604)		
(32) 優先日	平成24年6月18日(2012.6.18)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アーク溶接方法およびアーク溶接装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

短絡とアークを繰り返す溶接におけるアーク溶接方法であって、  
短絡の開放の予兆を検出すると、予兆を検出した時点の第1の電流値よりも低い第2の電流値となるように溶接電流を低減し、  
短絡の開放を検出すると、アーク期間中に、前記第1の電流値よりもピーク値が大きいパルス電流を複数回供給し、前記アーク期間中に複数回供給される前記パルス電流の下限值は、前記第2の電流値よりも低いアーク溶接方法。

【請求項2】

前記アーク期間中に複数回供給される前記パルス電流の下限值は、前記第1の電流値よりも低い請求項1記載のアーク溶接方法。

10

【請求項3】

正送と逆送を繰り返すワイヤ送給速度でワイヤの送給を行う請求項1または2に記載のアーク溶接方法。

【請求項4】

ワイヤ送給速度の正送と逆送の繰り返しを、所定の周期と所定の振幅で周期的に行う請求項3記載のアーク溶接方法。

【請求項5】

ワイヤ送給速度の正送と逆送の繰り返しは、周期的ではなく、溶接状態が短絡状態であることを検出すると逆送を行い、溶接状態がアーク状態であることを検出すると正送を行う

20

請求項 3 記載のアーキ溶接方法。

【請求項 6】

短絡とアーキを繰り返して溶接を行うアーキ溶接装置であって、  
 入力した電力を整流する 1 次整流部と、  
 前記 1 次整流部の出力を交流に変換するスイッチング部と、  
 前記スイッチング部の出力を変圧するトランスと、  
 前記トランスの出力を整流する 2 次整流部と、  
 前記スイッチング部を制御するための駆動部と、  
 溶接電圧を検出する溶接電圧検出部と、  
 前記溶接電圧検出部の出力に基づいて溶接状態が短絡状態であるのかアーキ状態であるのかを判定する機能と前記溶接電圧検出部の出力に基づいて前記短絡状態からアーキ状態になる予兆を検出する機能とを有する短絡 / アーキ検出部と、  
 前記短絡状態の際に溶接出力の制御を行うための短絡制御部と、  
 前記アーキ状態の際に溶接出力の制御を行うためのアーキ制御部を備え、  
 短絡の開放の予兆を検出すると、予兆を検出した時点の第 1 の電流値よりも低い第 2 の電流値となるように溶接電流を低減し、  
 短絡の開放を検出すると、アーキ期間中に、前記第 1 の電流値よりもピーク値が大きいパルス電流を複数回供給し、前記アーキ期間中に複数回供給される前記パルス電流の下限値は、前記第 2 の電流値よりも低いアーキ溶接装置。

10

【請求項 7】

溶接ワイヤの送給を制御するワイヤ送給速度制御部をさらに備え、  
 正送と逆送を繰り返すワイヤ送給速度で前記溶接ワイヤの送給を行う請求項 6 記載のアーキ溶接装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、消耗電極である溶接ワイヤの送給として、正送と逆送を繰り返しながら、短絡状態とアーキ状態を交互に発生させて溶接を行うアーキ溶接方法およびアーキ溶接装置に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

亜鉛メッキ鋼板の溶接を行う場合、一般的に、CO<sub>2</sub> 溶接や MAG 溶接といった短絡移行溶接や、パルス MAG 溶接が広く用いられている。図 8 と図 11A および図 11B は、亜鉛メッキ鋼板等の溶接を行う従来のアーキ溶接方法を説明するための図である。図 8 は、溶接法として一般的な消耗電極式アーキ溶接方法により亜鉛メッキ鋼板を施工したときのビード断面を示している。

【0003】

図 8 に示す被溶接物 25 の表面にメッキされている亜鉛メッキ 27 の亜鉛の沸点は 907 度であり、鉄の融点 1536 度より低い。亜鉛メッキ鋼板に対してアーキ溶接を行うと、亜鉛が気化し、この蒸気亜鉛が溶融プールを通過して外部に拡散しようとする。しかし、被溶接物 25 である溶融金属の凝固速度が速い場合、蒸気亜鉛が溶融プールの外部に十分に放出できず、溶接ビード 26 の内部または溶接ビード 26 の表面に、気孔 28 として残存する。気孔 28 が溶接ビード 26 の内部に留まる場合はブローホールとなる。気孔 28 が溶接ビード 26 の表面を開口するように留まる場合はピットとなる。ブローホールやピットは、いずれも溶接の強度を損なう。そのため、例えば、亜鉛メッキ鋼板が多く使用されている自動車業界では、ブローホールやピットの発生を抑制する必要がある、特にピットの発生量を規定して管理する場合が多い。

40

【0004】

また、従来の亜鉛メッキ鋼板のアーキ溶接方法として、図 11A および図 11B に、Ar あるいは Ar に炭酸ガスを 25% 以下の割合で混合したガスを用いてパルス溶接を行う

50

場合の溶接電流とワイヤ送給速度の波形を示す。図 1 1 A は溶接電流の波形であり、図 1 1 B はワイヤ送給速度の波形である。

【 0 0 0 5 】

図 1 1 A に示すように、溶接電流の波形は第 1 の期間 T L と第 2 の期間 T H とを有する。第 1 の期間 T L と第 2 の期間 T H との和がうねり周期 T W である。うねり周期 T W は、1 秒間に繰り返されるサイクル数の周期である。うねり周期 T W において、電流波形のパターンあるいはワイヤ送給速度を 1 0 ~ 5 0 H z の周波数で変動させるアーク溶接法が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 6 】

なお、第 1 の期間 T L は、第 1 の平均アーク力 F L が溶融プールに作用する電流波形を有する期間である。また、第 2 の期間 T H は、第 1 の平均アーク力 F L よりも大きなアーク力である第 2 の平均アーク力 F H が溶融プールに作用する電流波形を有する期間である。

【 0 0 0 7 】

アーク力は、溶融プールを押し下げる力として作用する。そのため、アーク力が、第 1 の平均アーク力 F L と第 2 の平均アーク力 F H とで変動することにより、溶融プールは波打つ状態となる。この波打つ状態により、溶融プール内に亜鉛メッキ層から気孔 2 8 が発生しても、この気孔 2 8 は溶融プールの流れおよび気孔 2 8 の浮力により溶融プールの表面に達し、溶融プールの外部に放出される。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開平 6 - 2 8 5 6 4 3 号公報

【 発明の概要 】

【 0 0 0 9 】

図 1 1 A および図 1 1 B を用いて説明した特許文献 1 に記載の従来のアーク溶接方法では、実施例として、板厚が 1 . 6 m m 、亜鉛目付け量が 4 5 g / m <sup>2</sup> の被溶接物におけるブローホールの低減検討が記載されている。しかし、この方法は、溶融プールを振動させることを主目的としており、この方法では、図 8 に示す被溶接物 2 5 を重ね合わせた際の溶接線であるルート部 3 2 が露出する程度にまで溶融プールを移動させることはできない。

【 0 0 1 0 】

このため、板厚が 2 . 0 m m あるいはそれ以上に厚くなると、必要となる溶け込み量も増加するので、溶融プールの厚みも増加し、蒸気亜鉛が放出され難くなる。また、亜鉛目付け量が 4 5 g / m <sup>2</sup> より増加した亜鉛メッキ鋼板を溶接すると、蒸気亜鉛の発生量自体が増加する。これらの蒸気亜鉛は、放出されずに溶接ビード 2 6 に残存する。そのため、気孔 2 8（ブローホールやピット）の発生量が多くなる。

【 0 0 1 1 】

また、蒸気亜鉛は、溶融プール内を浮上して溶融プール表面から放出されるため、蒸気亜鉛の放出の際に噴出した溶融金属がそのままスパッタとして外部に飛散する。あるいは、蒸気亜鉛の放出の際に噴出した溶融金属が溶接ワイヤと短絡して電気エネルギーによりスパッタとして飛散する。そのため、スパッタが異常に多量発生する。

【 0 0 1 2 】

本発明のアーク溶接方法は、短絡とアークを繰り返す溶接におけるアーク溶接方法であって、短絡の開放の予兆を検出すると、予兆を検出した時点の第 1 の電流値よりも低い第 2 の電流値となるように溶接電流を低減する。短絡の開放を検出すると、アーク期間中に、第 1 の電流値よりもピーク値が大きいパルス電流を複数回供給し、アーク期間中に複数回供給されるパルス電流の下限値は、第 2 の電流値よりも低い。

【 0 0 1 3 】

また、本発明のアーク溶接方法は、上記に加えて、アーク期間中に複数回供給されるパ

10

20

30

40

50

ルス電流の下限値は、第 1 の電流値よりも低い。

【 0 0 1 7 】

また、本発明のアーク溶接方法は、上記に加えて、正送と逆送を繰り返すワイヤ送給速度でワイヤの送給を行う。

【 0 0 1 8 】

また、本発明のアーク溶接方法は、上記に加えて、ワイヤ送給速度の正送と逆送の繰り返しを、所定の周期と所定の振幅で周期的に行う。

【 0 0 1 9 】

また、本発明のアーク溶接方法は、上記に加えて、ワイヤ送給速度の正送と逆送の繰り返しは、周期的ではなく、溶接状態が短絡状態であることを検出すると逆送を行い、溶接状態がアーク状態であることを検出すると正送を行う。

【 0 0 2 0 】

また、本発明のアーク溶接装置は、短絡とアークを繰り返して溶接を行うアーク溶接装置であって、1次整流部と、スイッチング部と、トランスと、2次整流部と、駆動部と、溶接電圧検出部と、短絡ノアーク検出部と、短絡制御部と、アーク制御部とを有する。1次整流部は、入力した電力を整流し、スイッチング部は1次整流部の出力を交流に変換する。トランスは、スイッチング部の出力を変圧し、2次整流部はトランスの出力を整流する。駆動部は、スイッチング部を制御し、溶接電圧検出部は、溶接電圧を検出する。短絡ノアーク検出部は、溶接電圧検出部の出力に基づいて溶接状態が短絡状態であるのかアーク状態であるのかを判定する機能と、溶接電圧検出部の出力に基づいて短絡状態からアーク状態になる予兆を検出する機能とを有する。短絡制御部は、短絡状態の際に溶接出力の制御を行い、アーク制御部は、アーク状態の際に溶接出力の制御を行う。短絡の開放の予兆を検出すると、予兆を検出した時点の第 1 の電流値よりも低い第 2 の電流値となるように溶接電流を低減する。短絡の開放を検出すると、アーク期間中に、第 1 の電流値よりもピーク値が大きいパルス電流を複数回供給し、アーク期間中に複数回供給されるパルス電流の下限値は、第 2 の電流値よりも低い。

【 0 0 2 2 】

また、本発明のアーク溶接装置は、上記に加えて、溶接ワイヤの送給を制御するワイヤ送給速度制御部をさらに有し、正送と逆送を繰り返すワイヤ送給速度で溶接ワイヤの送給を行う。

【 0 0 2 3 】

以上のように、本発明によれば、表面処理が行われた部材を溶接用のワイヤを用いて溶接する場合に、部材の重ね合わせ部分が露出するように熔融プールを押し出す。これにより、部材から発生した気体が露出したルート部から抜けるので、ブローホール等の気孔発生およびスパッタの発生を抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施の形態におけるワイヤ送給速度（正弦波状）と溶接電圧と溶接電流の波形を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施の形態におけるアーク溶接装置の概略構成を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の実施の形態におけるアーク溶接方法で溶接を行っている状態を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の実施の形態における溶接電流波形を示す図である。

【 図 5 A 】 図 5 A は、本発明の実施の形態における短絡状態の断面図である。

【 図 5 B 】 図 5 B は、本発明の実施の形態における短絡開放後の 1 発目のパルスを与えた状態の断面図である。

【 図 5 C 】 図 5 C は、本発明の実施の形態における短絡開放後の 4 発目のパルスを与えた状態の断面図である。

【 図 6 】 図 6 は、本発明の実施の形態における溶接箇所を示す図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施の形態における溶接箇所<sup>1</sup>の断面を示す図である。

【図 8】図 8 は、従来のアーク溶接方法により垂鉛メッキ鋼板を溶接した場合の溶接箇所<sup>1</sup>の断面を示す図である。

【図 9】図 9 は、本発明の実施の形態におけるワイヤ送給速度（台形波状）と溶接電圧と溶接電流の波形を示す図である。

【図 10】図 10 は、本発明の実施の形態におけるワイヤ送給速度と溶接電圧と溶接電流の波形を示す図である。

【図 11A】図 11A は、従来のアーク溶接方法における溶接電流の波形を示す図である。

【図 11B】図 11B は、従来のアーク溶接方法におけるワイヤ送給速度の波形を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施の形態における消耗電極式のアーク溶接方法およびアーク溶接装置について図面を用いて説明する。

【0026】

本実施の形態では、まず、アーク溶接方法について説明し、その後、アーク溶接方法を行うアーク溶接装置について説明する。

【0027】

図 1 は、短絡状態とアーク状態とを交互に繰り返す消耗電極式のアーク溶接における、ワイヤ送給速度と溶接電圧と溶接電流の時間変化の波形を示す図である。

【0028】

まず、図 1 を用いて、本実施の形態におけるワイヤ送給制御について説明する。図 1 では、所定のワイヤ送給速度  $Wf_1$  を基準とし、所定の周波数と所定の速度振幅であるワイヤ送給制御を行っている。これを正弦波状の基本波形として、正送と逆送とを周期的に繰り返すワイヤ送給制御を行っている。すなわち、溶接状態が短絡状態であるのかアーク状態であるのかに関わらず、正弦波状の基本波形によって、正送と逆送とを周期的に繰り返す。そして、正送側のピーク時では、時点  $P_1$  の周辺で短絡が発生し、逆送側のピーク時では、時点  $P_2$  の周辺でアークが発生する。また、時点  $P_2$  の後の正送のピーク時である時点  $P_3$  の周辺で次の短絡が発生する。

【0029】

時点  $P_1$  から時点  $P_3$  までを制御の 1 周期とし、これを繰り返して溶接を行う。そして、ワイヤ送給速度  $Wf$  が正送の場合には短絡が促進され、逆送の場合には開放が促進される。このように、短絡状態やアーク状態の発生は、基本的に、ワイヤ送給速度の正送と逆送を周期的に繰り返すワイヤ送給制御に依存する。

【0030】

次に、図 1 を用いて、本実施の形態における溶接制御について説明する。

【0031】

時点  $P_1$  は短絡を開始した時点を示しており、時点  $P_1$  から短絡初期電流  $SA$  を所定時間出力する。その後、短絡電流の第 1 段目の増加傾き  $di/dt$ （単位時間当たりの電流の増加量）として短絡電流を増加する。続けて、第 1 段目の増加傾き  $di/dt$ （単位時間当たりの電流の増加量）よりも傾きが緩やかな短絡電流の第 2 段目の増加傾き  $di/dt$ （単位時間当たりの電流の増加量）として短絡電流を増加する。

【0032】

その後、時点  $P_2$  の手前において、短絡の開放が近づくに伴って溶接対象物に形成された溶融プールと溶接ワイヤの先端との間に形成された溶滴のくびれを検出する。短絡開放の予兆である溶滴のくびれを検出すると、短絡開放時のスパッタを抑制するため、溶接電流を、くびれを検出した時点の電流  $IA$ （第 1 の電流値）よりも低い電流であるくびれ電流  $NA$ （第 2 の電流値）に瞬時に低下させる。

【0033】

10

20

30

40

50

時点 P 2 は、溶滴のくびれが離れて短絡が開放し、短絡状態が終了してアーク状態が発生した時点を示している。時点 P 2 からのアーク期間において、短絡開放直後すなわちアーク発生直後に、ピーク電流 P P の溶接電流を、ピーク電流期間 T P の間出力する。その後、溶接電流はピーク電流 P P からベース電流 P B へ移行し、ベース電流 P B を、ベース電流期間 T B の間出力する。このピーク電流 P P とベース電流 P B との変化においては、電流の変化の所定の傾き  $d i / d t$  (単位時間当たりの電流の変化量)、または立ち上り時間および立ち下り時間で制御され、所定のパルス周波数(パルス周期 P F)で所定のパルス数を出力する。その後、短絡待ち電流 I B に溶接電流を制御した状態で次の短絡を待つ。なお、図 1 では、パルス数が 4 の場合の例を示している。そして、ピーク電流 P P は、くびれを検出した時点の電流 I A およびくびれ電流 N A よりも大きい。また、ベース電流 P B は、くびれを検出した時点の電流 I A およびくびれ電流 N A よりも小さい。

10

【 0 0 3 4 】

時点 P 3 は、時点 P 1 の次の短絡が発生した時点を示しており、時点 P 1 と同様の状態である。

【 0 0 3 5 】

次に、本実施の形態のアーク溶接制御を行うアーク溶接装置について、図 2 を用いて説明する。図 2 は、本実施の形態におけるアーク溶接装置の概略構成を示す図である。

【 0 0 3 6 】

アーク溶接装置は主に、溶接電源装置 1 5 と、マニピュレータ 1 8 と、ロボット制御装置 1 6 と、トーチ 2 1 を有する。ロボット制御装置 1 6 はマニピュレータ 1 8 を制御し、トーチ 2 1 はマニピュレータ 1 8 に取り付けられて、フィードローラ 2 2 と溶接チップ 2 3 を有する。

20

【 0 0 3 7 】

図 2 において、溶接電源装置 1 5 は、1 次整流部 2 と、スイッチング部 3 と、トランス 4 と、2 次整流部 5 と、D C L 6 と、駆動部 7 と、溶接電圧検出部 8 と、溶接電流検出部 9 と、短絡 / アーク検出部 1 0 と、短絡制御部 1 1 と、アーク制御部 1 2 と、パルス波形制御部 1 3 と、ワイヤ送給速度制御部 1 4 とを有する。1 次整流部 2 は、入力電源 1 から入力した電力を整流する。スイッチング部 3 は、1 次整流部 2 の出力を交流に変換する。トランス 4 は、スイッチング部 3 の出力を降圧する。2 次整流部 5 およびインダクタンスである D C L 6 は、トランス 4 の出力を整流する。駆動部 7 は、スイッチング部 3 を制御する。溶接電圧検出部 8 は、溶接電源装置 1 5 の出力端子間に接続されており、溶接電圧を検出する。溶接電流検出部 9 は、溶接出力電流を検出する。短絡 / アーク検出部 1 0 は、溶接電圧検出部 8 からの信号に基づいて溶接ワイヤ 2 0 と被溶接物 2 5 とが短絡している短絡状態であるのか、それとも、溶接ワイヤ 2 0 と被溶接物 2 5 との間でアークが発生しているアーク状態であるのかを判定する。短絡制御部 1 1 は、短絡 / アーク検出部 1 0 から短絡状態であることを示す信号を受けて短絡期間に短絡電流の制御を行う。アーク制御部 1 2 は、短絡 / アーク検出部 1 0 からアーク状態であることを示す信号を受けてアーク期間にアーク電圧の制御を行う。パルス波形制御部 1 3 は、アーク制御部 1 2 内に設けられている。ワイヤ送給速度制御部 1 4 は、溶接ワイヤ 2 0 の送給を制御する。なお、短絡 / アーク検出部 1 0 は、溶接電圧検出部 8 の出力に基づいて短絡状態からアーク状態になる予兆であるくびれを検出する機能も有している。

30

40

【 0 0 3 8 】

また、溶接電源装置 1 5 の出力は、ワイヤ保存部 1 9 から引き出され溶接チップ 2 3 を通る溶接ワイヤ 2 0 と、被溶接物 2 5 との間に印加される。これにより、溶接ワイヤ 2 0 と被溶接物 2 5 との間でアーク 2 4 が発生する。

【 0 0 3 9 】

ロボット制御装置 1 6 は、設定電流すなわち平均溶接電流を設定するための設定電流設定部 1 7 を有する。そして、設定電流設定部 1 7 の出力は、ワイヤ送給速度制御部 1 4 に入力される。

【 0 0 4 0 】

50

なお、短絡ノアーク検出部 10 は、溶接電流検出部 9 からの信号に基づいて短絡状態であるのかアーク状態であるのかを判定する。短絡ノアーク検出部 10 は、溶接電圧検出部 8 からの信号と溶接電流検出部 9 からの信号との両方の信号に基づいて短絡状態であるのかアーク状態であるのかを判定するようにしても良い。

【0041】

短絡制御部 11 は、短絡ノアーク検出部 10 から短絡期間であることを示す信号を入力している場合に、駆動部 7 を制御して短絡期間における溶接出力制御を行う。

【0042】

アーク制御部 12 は、短絡ノアーク検出部 10 からアーク期間であることを示す信号を入力している場合に、駆動部 7 を制御してアーク期間における溶接出力制御を行う。

10

【0043】

アーク制御部 12 内に設けられたパルス波形制御部 13 は、設定電流設定部 17 で設定された設定電流毎に適したパルス波形を決定する。

【0044】

なお、パルス波形制御部 13 において、設定電流設定部 17 で設定した設定電流毎に適したパルス波形とパルス周波数とパルス個数とを決定する。そして、パルス波形制御部 13 には、設定電流とパルス波形とパルス周波数とパルスの個数とを関係付けたテーブルあるいは関係式が設けられている。パルス波形制御部 13 は、設定電流に基づいてパルス波形を所定の周波数で所定の個数出力することを決定する。

【0045】

20

ここで、図 1 に示すように、アーク期間中に、パルス波形を所定の周波数（所定の周期）で所定の個数出力することが、亜鉛メッキ鋼板の溶接に有効な理由について説明する。

【0046】

図 3 は、本実施の形態における溶接状態を示す模式図である。図 4 は、本実施の形態における溶接電流の波形を示す図である。図 5 A は、本実施の形態における短絡状態の断面図である。図 5 B は、本実施の形態における短絡開放後の 1 発目のパルスを与えた状態の断面図である。図 5 C は、本実施の形態における 4 発目のパルスを与えた状態の断面図である。図 6 は、本実施の形態における溶接箇所の断面を示す図である。図 7 は、本実施の形態における溶接箇所の断面を示す図である。なお、図 6 は、図 3 に示す溶接状態の B - B 断面であり、図 7 は、図 3 に示す溶接状態の C - C 断面である。

30

【0047】

なお、図 5 A ~ 図 5 C は、図 3 に示す溶接状態の A - A 断面であり、図 4 に示す溶接電流波形における各時点 a ~ c に対応したものである。具体的には、図 5 A は図 4 に示す時点 a における断面図である。すなわち、短絡状態の断面図である。図 5 B は、図 4 に示す時点 b における断面図である。すなわち、短絡解放後のアーク期間において 1 発目のパルス電流を与えたときの断面図である。図 5 C は、図 4 に示す時点 c における断面図である。すなわち、短絡解放後のアーク期間において 4 発目のパルス電流を与えたときの断面図である。

【0048】

図 5 A に示す短絡状態では、被溶接物 25 のルート部 32 が溶融プールの溶融金属 33 で覆われている。しかし、図 5 B に示す短絡開放後のパルス電流の 1 発目を与えた状態では、被溶接物 25 のルート部 32 を覆う溶融プールの溶融金属 33 を押し始める。図 5 C に示す短絡解放後のパルス電流の 4 発目を与えた状態では、被溶接物 25 のルート部 32 を覆っていた溶融プールの溶融金属 33 を完全に押し出すことができたことを表している。

40

【0049】

このように、アーク期間中にパルス電流を複数回供給することで、アーク 24 の直下において、被溶接物 25 のルート部 32 を覆う溶融プールの溶融金属 33 が押し出され、ルート部 32 が露出する。これにより、図 6 に示すように、被溶接物 25 である上板と下板との重ね部分である亜鉛メッキ気化部 31 から亜鉛蒸気 30 が外部に放出しやすくなると

50

いうメカニズムである。

【0050】

このようなメカニズムを実現するに際し、CO<sub>2</sub>溶接のようなアーク集中度が高いガスを使用する場合、上記のようにパルス電流を複数個出力する必要性はなく、1発のパルス電流で十分である。1発のパルス電流で被溶接物25のルート部32の溶融プールの溶融金属33を押し出すことができる。

【0051】

しかしながら、MAG溶接のようなアーク集中度が弱いガスを使用する場合には、高い電流を数多い回数で与える。すなわち、パルス電流を複数回与えることで、被溶接物25のルート部32の溶融プールの溶融金属33を押し出し、ルート部32を露出させることが必要となる。なお、パルス電流を複数回与えるようにすることで、溶滴が離脱せず、微小短絡も抑制することができる。

10

【0052】

また、パルス電流の適切な個数は、亜鉛メッキ27の目付量により異なる。目付量が多いほど、被溶接物25のルート部32の露出時間を長くし、亜鉛蒸気30を放出しやすくする必要がある。そのため、適切な期間のパルス電流の個数を多くすることが望ましい。但し、パルス電流の数が多過ぎると短絡回数が下がり過ぎてしまう。そのため、短絡回数が30回となる7発くらいが上限として望ましい。

【0053】

また、トーチ21の姿勢を後退角とすることにより、更に亜鉛蒸気30の放出効果を発揮できる。

20

【0054】

なお、アーク24のアーク力により、図5Cや図6に示すように、ルート部32が完全に露出している場合には、亜鉛蒸気30の放出に際しては、従来のようなスパッタの発生等がなく、亜鉛蒸気30は容易に放出される。また、図6において、溶融部29および被溶接物25のルート部32上の溶融プールの溶融金属33の一部分が露出部を覆っていたとしても、覆っている溶融金属33の厚さが0.5mm程度以下の薄い状態であれば、亜鉛蒸気30の放出を阻害することはない。この状態では、被溶接物25のルート部32は、亜鉛の体積膨張による放出により容易に露出し、容易に亜鉛蒸気30が外部に放出される。すなわち、被溶接物25である上板や下板から発生した亜鉛蒸気30が、体積膨張により被溶接物25のルート部32を覆っている溶融部29や溶融プールの溶融金属33を突き破って抜けることが可能な厚さとなるように、アーク24によるアーク力により溶融プールの溶融金属33を押し出すようにしても良い。

30

【0055】

以上のように、溶接中に発生する亜鉛蒸気30を規則的に放出可能とすることで、スパッタの発生を大幅に抑制することができる。なお、従来技術では、溶融金属33中に亜鉛蒸気30が滞留し、図8に示すように気孔28（ブローホールやピット）を発生させていた。また、従来技術では、亜鉛蒸気30が溶融金属33から勢いよく放出される時に溶接ワイヤ20の先端に短絡したりすることで、スパッタの発生を増加させてしまう。しかしながら、本実施の形態によれば、図7に示すように、気孔28（ブローホールやピット）を抑制することができる。

40

【0056】

ここで、本実施の形態のようなメカニズムを規則的に安定させるには、正送と逆送を繰り返すワイヤ送給制御を行うことが望ましい。その理由は、短絡状態とアーク状態を規則的に生じさせることができると共に、短絡解放直後のアーク長を瞬時に確保することで上記メカニズムを有効に実現できるからである。そして、短絡開放直後のアーク長が短い状態（1mmから2mm程度）で溶融プールの溶融金属33を押し出すことで、ルート部32を露出させることができる。なお、単なるパルス溶接では、アーク長が短くても4mmから5mm程度あり、このようにアーク長が長い場合には、溶融プールの溶融金属33を押し出すには十分なアーク力を与えることはできない。

50

## 【 0 0 5 7 】

次に、パルス波形の適正なパラメータについて説明する。図 1 に示すパルス波形のピーク電流  $P P$  やベース電流  $P B$ 、パルス周波数（パルス周期  $P F$ ）としては、以下のようなパラメータとすることで、被溶接物 2 5 のルート部 3 2 を露出することが可能となる。

## 【 0 0 5 8 】

溶融プールにある溶融金属 3 3 を押し付けるだけのアーク力として、ピーク電流  $P P$  は  $400 A \sim 600 A$  が望ましく、また、ある程度アーク力の強弱をつけるため、ベース電流  $P B$  は  $100 A \sim 250 A$  が望ましい。ピーク電流期間  $T P$  やベース電流期間  $T B$  は、溶融プールの溶融金属 3 3 を押し付けるだけの時間として、それぞれ  $100 \mu S \sim 500 \mu S$  が望ましい。そして、以上のパラメータをもとに、パルス周波数は  $300 Hz$  から  $1500 Hz$ 、すなわちパルス周期  $P F$  としては、約  $333 \mu S \sim$  約  $666 \mu S$  が適している。なお、ピーク電流期間  $T P$  やベース電流期間  $T B$  は、同じ時間である必要性はない。また、ベース電流  $P B$  からピーク電流  $P P$  への立ち上りの傾き  $d i / d t$  や、ピーク電流  $P P$  からベース電流  $P B$  への立ち下りの傾き  $d i / d t$  は、上記パラメータに基づいて決まるものである。

10

## 【 0 0 5 9 】

このようなパルス波形を複数個出力しても、溶接ワイヤ 2 0 の先端で溶滴が大きく成長するだけであり、溶滴が離脱することはない。そのため、少ない短絡回数において、大きな溶滴を形成しても、アーク期間中にイレギュラーな短絡は発生し難い。よって、亜鉛メッキ鋼板の溶接に適した短絡回数としても、スパッタの発生を抑制することができる。

20

## 【 0 0 6 0 】

また、溶融プールが形成され難いアークスタート部においても、本実施の形態の制御を行うことで、気孔 2 8 の発生を抑制することができる。なお、 $CO_2$  溶接では、定常溶接期間では必要ないが、アークスタート部では、 $MAG$  溶接に限らず、 $CO_2$  溶接においてもパルスを複数個の出力することは有効である。

## 【 0 0 6 1 】

なお、本実施の形態では、設定電流に基づいて、パルス波形のピーク電流  $P P$ 、ベース電流  $P B$ 、パルス周波数（パルス周期  $P F$ ）、パルス波形の個数などを決定する例を示した。しかし、設定電流は、ワイヤ送給速度やワイヤ送給量と比例の関係にあることが広く知られている。そこで、設定電流に替えて、ワイヤ送給速度やワイヤ送給量に基づいてパルス波形に関わるパラメータなどを決定するようにしても同様の効果を得ることができる。

30

## 【 0 0 6 2 】

また、上記では、ワイヤ送給速度の変化が、図 1 に示すように正弦波状である場合の例を示した。しかし、図 9 に示すように、ワイヤ送給速度の変化が台形波状である場合でも同様の効果を得ることができる。

## 【 0 0 6 3 】

また、図 1 0 に示すように、溶接状態が短絡状態であることを検出すると逆送を行い、溶接状態がアーク状態であることを検出すると正送を行う送給制御を取り入れても、同様の効果を得ることができる。この場合、図 1 0 では、送給制御が結果として周期的になっているが、必ずしも周期的である必要はない。

40

## 【 0 0 6 4 】

なお、図 1 では、時点  $P 2$  の手前において、短絡の開放が近づくに伴って被溶接物 2 5 に形成された溶融プールと溶接ワイヤ 2 0 の先端との間に出来た溶滴のくびれを検出している。そして、溶接電流をくびれ検出した時点の電流  $I A$  よりも低電流であるくびれ電流  $N A$  に瞬時に移行させ、その後、パルス電流を複数個与える例を示した。しかし、図示していないが、図 1 のようにくびれ検出およびくびれ検出による電流の低減は行わず、短絡の開放の検出を行ってもよい。この場合、短絡の開放を検出すると、アーク期間中に、短絡開放時の電流値よりもピーク値が大きいパルス電流を複数回供給することで、スパッタやブローホールに関して亜鉛メッキの影響を低減させる効果がある。また、この場合も、

50

アーク期間中に複数回供給されるパルス電流の下限値は、短絡開放時の電流値よりも低くすることが望ましい。その理由は、パルス電流の上限値とパルス電流の下限値との差が大きい方がある程度アーク力の強弱をつけることができ、溶融プールの溶融金属 3 3 を押す効果が増すためである。また、パルス電流の下限値が小さい程、溶接ワイヤ 2 0 に与えるエネルギーを下げることができるので、溶滴の離脱を抑制することができる。

【産業上の利用可能性】

【0065】

本発明によれば、亜鉛メッキ鋼板等の表面処理が行われた部材を溶接用のワイヤを用いて溶接する場合に、部材の重ね合わせ部分が露出するように溶融プールを押し出すことにより部材から発生した気体が露出部から抜ける。そのため、ブローホール等の気孔発生およびスパッタの発生を著しく抑制することができ、亜鉛メッキ鋼板等の表面処理が行われた部材のような溶接時に気体が発生する母材に対して行うアーク溶接方法およびアーク溶接装置として産業上有用である。

10

【符号の説明】

【0066】

- 1 入力電源
- 2 1次整流部
- 3 スイッチング部
- 4 トランス
- 5 2次整流部
- 6 D C L
- 7 駆動部
- 8 溶接電圧検出部
- 9 溶接電流検出部
- 10 短絡ノアーク検出部
- 11 短絡制御部
- 12 アーク制御部
- 13 パルス波形制御部
- 14 ワイヤ送給速度制御部
- 15 溶接電源装置
- 16 ロボット制御装置
- 17 設定電流設定部
- 18 マニピュレータ
- 19 ワイヤ保存部
- 20 溶接ワイヤ
- 21 トーチ
- 22 フィードローラ
- 23 溶接チップ
- 24 アーク
- 25 被溶接物
- 26 溶接ビード
- 27 亜鉛メッキ
- 28 気孔
- 29 溶融部
- 30 亜鉛蒸気
- 31 亜鉛メッキ気化部
- 32 ルート部
- 33 溶融金属

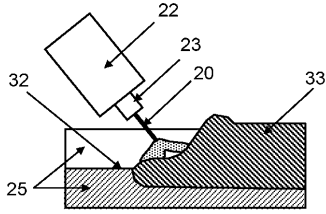
20

30

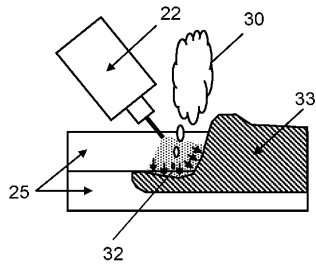
40



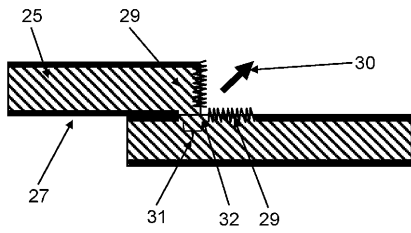
【図5B】



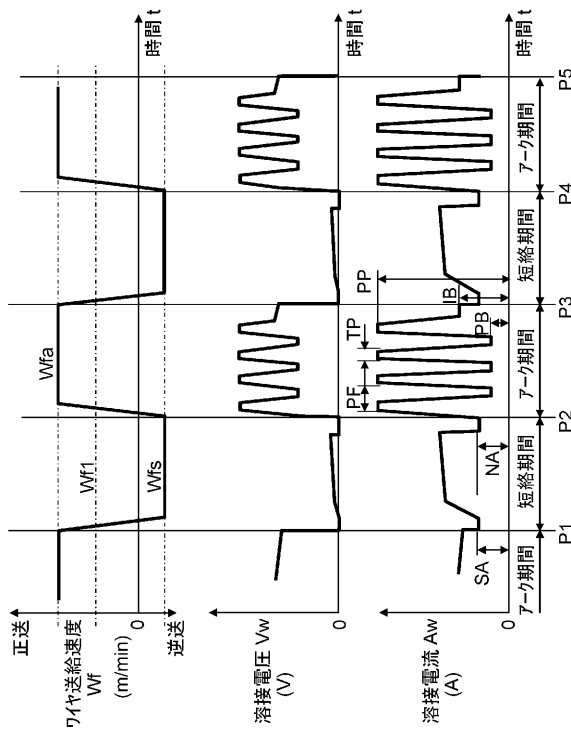
【図5C】



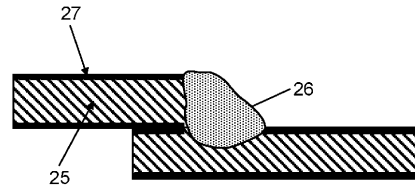
【図6】



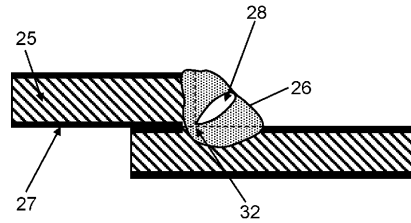
【図9】



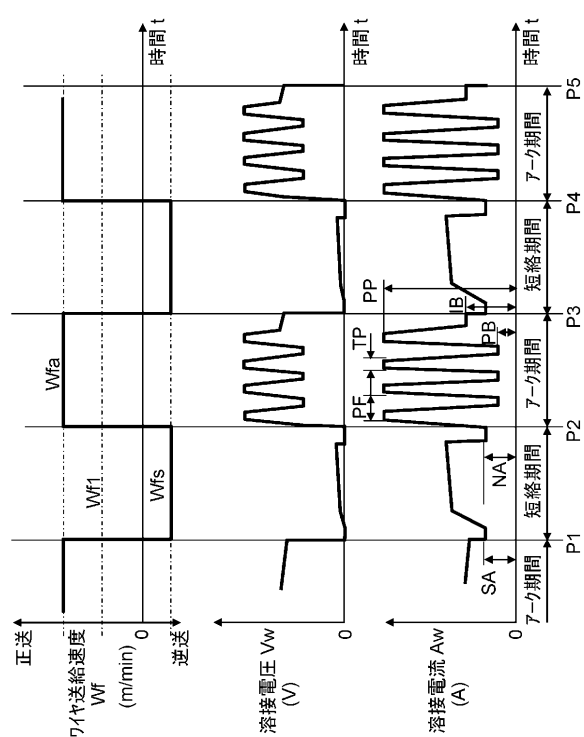
【図7】



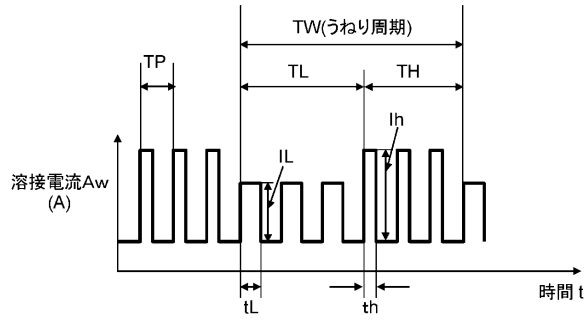
【図8】



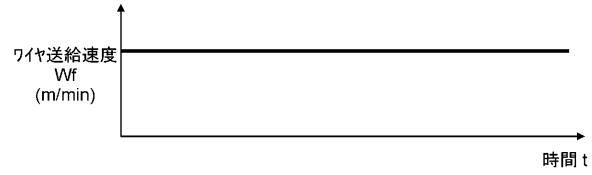
【図10】



【図 1 1 A】



【図 1 1 B】



---

フロントページの続き

(72)発明者 川本 篤寛

大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナソニック溶接システム株式会社内

審査官 竹下 和志

- (56)参考文献 特開2012-40594(JP,A)  
国際公開第91/01842(WO,A1)  
国際公開第2006/092896(WO,A1)  
国際公開第2012/046411(WO,A1)  
特開2012-81501(JP,A)  
特開平8-309533(JP,A)  
特開平11-28568(JP,A)  
特開2007-130647(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 9/00 - 10/00