(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7365598号
(P7365598)

(45)発行日　令和5年10月20日(2023.10.20)

(24)登録日　令和5年10月12日(2023.10.12)

(51)国際特許分類		FI		
B23K	*9/073(2006.01)*	B23K	9/073	545
B23K	*9/12 (2006.01)*	B23K	9/12	305
B23K	*9/173(2006.01)*	B23K	9/12	301C
		B23K	9/12	303A
		B23K	9/12	301B

請求項の数　11　（全13頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2020-514356(P2020-514356)
(86)(22)出願日　平成31年4月12日(2019.4.12)
(86)国際出願番号　PCT/JP2019/016032
(87)国際公開番号　WO2019/203162
(87)国際公開日　令和1年10月24日(2019.10.24)
審査請求日　令和4年3月23日(2022.3.23)
(31)優先権主張番号　特願2018-80130(P2018-80130)
(32)優先日　平成30年4月18日(2018.4.18)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　314012076
パナソニックＩＰマネジメント株式会社
大阪府門真市元町２２番６号
(74)代理人　110001427
弁理士法人前田特許事務所
(72)発明者　古山　雄也
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　藤原　潤司
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックスマートファクトリーソリューションズ株式会社内
審査官　豊島　唯

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　アーク溶接制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

溶接ワイヤを溶接対象物の方向に送給する正送と該正送とは逆方向に送給する逆送とを交互に行うとともに、前記溶接ワイヤを所定の周期と所定の振幅で周期的に変化させたワイヤ送給速度で送給し、アーク期間と短絡期間とを繰り返して溶接を行う消耗電極式のアーク溶接制御方法であって、

前記溶接ワイヤの正送時に、前記ワイヤ送給速度の変化が半周期を経過した時点から第１の送給停止期間を経過するまで前記溶接ワイヤの送給を停止する第１のワイヤ送給停止ステップと、

前記第１の送給停止期間を経過した時点から所定の期間を経過するまで前記溶接ワイヤを第１の送給速度で正送させる第１のワイヤ正送ステップと、を備え、

前記所定の期間経過後に前記溶接ワイヤを逆送させることを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項２】

請求項１に記載のアーク溶接制御方法において、

前記第１の送給速度は、前記溶接ワイヤの基本送給速度に応じて単調に増加することを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項３】

請求項１または２に記載のアーク溶接制御方法において、

前記溶接ワイヤの逆送時に、前記ワイヤ送給速度の変化が半周期を経過した時点から第

２の送給停止期間を経過するまで前記溶接ワイヤの送給を停止する第２のワイヤ送給停止ステップと、

前記第２の送給停止期間を経過した時点から所定の期間を経過するまで前記溶接ワイヤを第２の送給速度で逆送させる第１のワイヤ逆送ステップと、を備え、

前記所定の期間経過後に前記溶接ワイヤを正送させることを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項４】

請求項３に記載のアーク溶接制御方法において、

前記第２の送給速度は、前記溶接ワイヤの基本送給速度に応じて単調に減少することを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項５】

請求項３または４に記載のアーク溶接制御方法において、

前記第１の送給停止期間及び前記第２の送給停止期間は、前記溶接ワイヤのワイヤ径に応じて単調に減少することを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項６】

請求項３ないし５のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

前記所定の期間は、前記第１の送給停止期間を経過した時点から前記溶接対象物と前記溶接ワイヤとの短絡が検出されるまでの期間か、または、前記第２の送給停止期間を経過した時点から前記溶接対象物と前記溶接ワイヤとの短絡開放が検出されるまでの期間であることを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項７】

請求項１ないし６のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

前記ワイヤ送給速度は、正弦波状に周期的に変化することを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項８】

請求項１ないし６のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

前記ワイヤ送給速度は、台形波状に周期的に変化することを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項９】

請求項１ないし８のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

アーク溶接に用いられるアシストガスが不活性ガスであることを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項１０】

請求項１ないし８のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

アーク溶接に用いられるアシストガスが炭酸ガスを主成分とするガスであることを特徴とするアーク溶接制御方法。

【請求項１１】

請求項１ないし１０のいずれか１項に記載のアーク溶接制御方法において、

前記溶接ワイヤは、アルミ、アルミ合金、銅、または銅合金のいずれかからなるとを特徴とするアーク溶接制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、消耗電極式のアーク溶接制御方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、溶接中に発生するスパッタの低減を目的として、溶接ワイヤの送給が正送と逆送とを繰り返し、アーク期間と短絡期間とを交互に発生させて溶接対象物である母材の溶接を行う消耗電極式のアーク溶接が実用化されている。

【０００３】

例えば、特許文献１には、溶接ワイヤの正送中でワイヤ送給速度の減速中に、ワイヤ送給速度が所定のワイヤ送給速度になるまでに短絡が発生しない場合には、周期的な変化を中止してワイヤ送給速度を第１の送給速度に一定制御し、第１の送給速度による正送中に短絡が発生すると第１の送給速度から減速を開始して周期的な変化を再開して溶接を行うアーク溶接制御方法が開示されている。この方法によれば、チップ－母材間距離が変化する等の外乱が生じた場合にも、スパッタを増加させることなく、均一な溶接ビードを得ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【文献】国際公開第２０１０／１４６８４４号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

特許文献１に開示された従来の方法では、は溶接ワイヤの送給を一定速度に制御することで短絡発生を促進させている。

【０００６】

しかし、母材に対して通常よりも大きな送給速度で溶接ワイヤを正送させると、溶接ワイヤが勢いよく母材に衝突し、短絡発生時のスパッタが増加してしまう。また、溶接ワイヤの送給速度が大きいと、ワイヤ先端の溶滴を介さずに溶接ワイヤと母材とが短絡発生する頻度が高まり、短絡期間が長くなることで短絡周期が不安定になり、アーク安定性が損なわれてしまう。

【０００７】

本発明はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、短絡時のスパッタ低減及びアーク安定化が図れる消耗電極式のアーク溶接制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記目的を達成するため、本発明に係るアーク溶接制御方法は、溶接ワイヤを溶接対象物の方向に送給する正送と該正送とは逆方向に送給する逆送とを交互に行うとともに、前記溶接ワイヤを所定の周期と所定の振幅で周期的に変化させたワイヤ送給速度で送給し、アーク期間と短絡期間とを繰り返して溶接を行う消耗電極式のアーク溶接制御方法であって、前記溶接ワイヤの正送時に、前記ワイヤ送給速度の変化が半周期を経過した時点から第１の送給停止期間を経過するまで前記溶接ワイヤの送給を停止する第１のワイヤ送給停止ステップと、前記第１の送給停止期間を経過した時点から所定の期間を経過するまで前記溶接ワイヤを第１の送給速度で正送させる第１のワイヤ正送ステップと、を備え、前記所定の期間経過後に前記溶接ワイヤを逆送させることを特徴とする。

【０００９】

この方法によれば、溶接ワイヤが溶接対象物に衝突する際の衝撃を低減して、短絡時のスパッタを低減することができる。また、溶接ワイヤの先端に形成された溶滴を介して溶接ワイヤと溶接対象物とを確実に短絡させることで、短絡期間が長期化するのを抑制し、短絡周期を安定化させてアーク安定性を向上できる。

【発明の効果】

【００１０】

本発明に係るアーク溶接制御方法によれば、短絡時のスパッタを低減することができる。また、アーク安定性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係るアーク溶接装置の構成を示す概略図である。

【図２】図２は、アーク溶接時の各種出力波形を示すタイムチャートである。

【図３】図３は、比較のための各種出力波形を示すタイムチャートである。

【図４】図４は、溶接ワイヤの基本送給速度と第１の送給速度及び第２の送給速度との関係を示す図である。
【図５】図５は、溶接ワイヤのワイヤ径と第１及び第２の送給停止期間との関係を示す図である。
【図６】図６は、変形例に係るアーク溶接時のワイヤ送給速度の出力波形を示すタイムチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものでは全くない。
【００１３】
（実施形態）
［アーク溶接装置の構成及び動作］
図１は、本実施形態に係るアーク溶接装置の構成の概略図を示す。
【００１４】
アーク溶接装置１７は、溶接対象物であるワーク１８と消耗電極である溶接ワイヤ１９との間で、アーク状態と短絡状態とを繰り返して溶接を行う。なお、本実施形態では、溶接ワイヤ１９は、銅合金からなるが、特にこれに限定されず他の材質であってもよい。また、溶接ワイヤ１９のワイヤ径は１．０mmである。また、アーク溶接時に、アシストガスとしてアルゴン等の不活性ガスを用いている。つまり、本実施形態に示すアーク溶接は、いわゆる、ＭＩＧ溶接（Metal Inert Gas welding）である。ただし、その他のガス、例えば、炭酸ガスを主成分とするガスを用いてもよい。なお、炭酸ガスを主成分とするガスとは、炭酸ガスを３０％以上含んでいるガスのことを言い、それ以外の成分は、例えば、アルゴン等の不活性ガスである。これらについては、後述する。
【００１５】
アーク溶接装置１７は、主変圧器（トランス）２と、一次側整流部３と、スイッチング部４と、ＤＣＬ（リアクトル）５と、二次側整流部６と、溶接電流検出部７と、溶接電圧検出部８と、短絡／アーク検出部９と、出力制御部１０と、ワイヤ送給速度制御部１４とを有している。
【００１６】
一次側整流部３は、アーク溶接装置１７の外部にある入力電源１から入力した入力電圧を整流する。スイッチング部４は、一次側整流部３の出力を溶接に適した出力に制御する。主変圧器２は、スイッチング部４の出力を溶接に適した出力に変換する。二次側整流部６は、主変圧器２の出力を整流する。ＤＣＬ（リアクトル）５は、二次側整流部６の出力を溶接に適した電流に平滑する。
【００１７】
溶接電流検出部７は、溶接電流を検出する。溶接電圧検出部８は、溶接電圧を検出する。短絡／アーク検出部９は、溶接電圧検出部８の出力に基づいて、溶接状態が、ワーク１８と溶接ワイヤ１９とが短絡している短絡状態であるのか、ワーク１８と溶接ワイヤ１９との間でアーク２０が発生しているアーク状態であるのか、を判定する。
【００１８】
出力制御部１０は、短絡制御部１１とアーク制御部１２とを有し、スイッチング部４に制御信号を出力して溶接出力を制御する。短絡制御部１１は、短絡／アーク検出部９が短絡状態であると判定した場合に、短絡期間の溶接電流である短絡電流の制御を行う。アーク制御部１２は、短絡／アーク検出部９がアーク状態であると判定した場合に、アーク期間の溶接電流であるアーク電流の制御を行う。また、短絡／アーク検出部９は、短絡状態あるいはアーク状態であると判定した場合に、ワイヤ送給速度制御部１４に検出信号を送り、この検出信号に基づいて、ワイヤ送給速度制御部１４で溶接ワイヤ１９の正送及び逆送の切替タイミングが決定される。

【００１９】
　ワイヤ送給速度制御部１４は、ワイヤ送給速度検出部１５と、演算部１６とを有し、ワイヤ送給部２２を制御して溶接ワイヤ１９の送給速度を制御する。ワイヤ送給速度検出部１５は、後述するワイヤ送給速度Ｖｆ（図２参照）を検出する。演算部１６は、ワイヤ送給速度検出部１５からの信号に基づいて、溶接ワイヤ１９の送給量の積算量等を演算する。また、溶接ワイヤ１９の送給を停止させる制御信号や溶接ワイヤ１９の正送と逆送とを切り替える制御信号をワイヤ送給部２２に出力する。
【００２０】
　アーク溶接装置１７には、溶接条件設定部１３とワイヤ送給部２２が接続されている。溶接条件設定部１３は、アーク溶接装置１７に溶接条件を設定するために用いられる。ワイヤ送給部２２は、ワイヤ送給速度制御部１４からの信号に基づいて、溶接ワイヤ１９の送給の制御を行う。
【００２１】
　アーク溶接装置１７の溶接出力は、溶接チップ２１を介して溶接ワイヤ１９に供給される。そして、アーク溶接装置１７の溶接出力により、溶接ワイヤ１９とワーク１８との間にアーク２０を発生させて溶接を行う。
【００２２】
　次に、以上のように構成されたアーク溶接装置１７の動作について、図２を用いて説明する。図２は、本実施形態に係るアーク溶接時の各種出力波形のタイムチャートを示す。具体的には、短絡期間Ｔｓとアーク期間Ｔａとを交互に繰り返すアーク溶接における、ワイヤ送給速度Ｖｆと、溶接電流Ａｗと、溶接電圧Ｖｗの時間変化を示している。また、溶接ワイヤ１９の先端の溶滴移行状態Ｗｗの時間変化もあわせて示している。
【００２３】
　図２に示すように、溶接ワイヤ１９の送給速度であるワイヤ送給速度Ｖｆは所定の周期及び所定の振幅で周期的に変化している。図２から明らかなように、ワイヤ送給速度Ｖｆの周期は、短絡期間Ｔｓとアーク期間Ｔａとの和に相当する。また、ワイヤ送給速度Ｖｆが正（図２では、Ｖｆ＝０の線より上側）の場合は、溶接ワイヤ１９は、ワーク１８に向けて近づくように送給される、つまり、正送動作が行われる。ワイヤ送給速度Ｖｆが負（図２では、Ｖｆ＝０の線より下側）の場合は、溶接ワイヤ１９は、ワーク１８から離れるように送給される、つまり、逆送動作が行われる。なお、ワイヤ送給速度Ｖｆの波形、すなわち、周期や振幅や傾き等の形状は、アーク溶接装置１７に設定される設定電流毎に予め決められている。
【００２４】
　アーク期間Ｔａにおいて、溶接ワイヤ１９は正送されるとともに、溶接電流Ａｗは、アーク制御部１２からの制御信号に基づいて、所定のピーク電流値まで増加する。これにより、溶接ワイヤ１９の先端の溶融速度を高めて溶滴を形成する。そして、短絡期間Ｔｓで溶滴を図示しない溶融プールに移行させる。このようにアーク期間Ｔａと短絡期間Ｔｓとを繰り返すことでワーク１８のアーク溶接を行っている。なお、短絡期間Ｔｓでは、短絡状態を開放させるため、時間の経過に伴って溶接電流Ａｗを増加するように制御する。以下、さらにこの動作について詳細に説明する。
【００２５】
　図２に示すように、時刻ｔ１からアーク期間Ｔａがスタートし、溶接ワイヤ１９は加速しながらワーク１８に向けて正送される。また、前述したように、溶接電流Ａｗが増加し始め、溶接電圧Ｖｗは急速に立ち上がり、所定の電圧値に達した後、緩やかに減少する。また、時刻ｔ１の直後から、状態（ａ）に示すように、ワーク１８と溶接ワイヤ１９との間にアーク２０が発生し始める。時刻ｔ２で、正弦波状に変化するワイヤ送給速度Ｖｆが最大値に達した後、溶接ワイヤ１９が減速し始めると、溶接電流Ａｗも低下する。このとき、状態（ｂ）に示すように、溶接ワイヤ１９の先端には溶滴が形成され、アーク２０が成長して、ワーク１８に溶融プール（図示せず）が形成される。
【００２６】

時刻ｔ３、つまり、正弦波状に変化するワイヤ送給速度Ｖｆが半周期変化した時点で、言い換えると溶接ワイヤ１９が正送して、ワイヤ送給速度Ｖｆが半周期経過し、減速されたワイヤ送給速度Ｖｆが零の近傍となる時点、または基本送給速度Ｖｆ０以下になった時点で、ワイヤ送給速度Ｖｆは零となり、溶接ワイヤ１９の送給が停止する。また、時刻ｔ３から時刻ｔ４までの所定の期間、溶接ワイヤ１９の送給は停止された状態が維持される。以下、この送給停止を第１の送給停止ステップと呼ぶことがある。また、溶接ワイヤ１９の正送時に、その送給が停止される所定の期間を第１の送給停止期間Ｔｚ１と呼ぶことがある。また、時刻ｔ３の時点で、溶接ワイヤ１９の先端は所定の間隔をあけてワーク１８の上側に位置している（状態（ｃ）参照）。時刻ｔ３を過ぎてから、溶接電流Ａｗはさらに低下する。

【００２７】

時刻ｔ４から、溶接ワイヤ１９は一定の送給速度（以下、第１の送給速度Ｖｆ１と呼ぶことがある。）で正送し始める。以降の説明で、この再開された正送動作を第１のワイヤ正送ステップと呼ぶことがある。この正送動作によって、状態（ｄ）に示すように、溶接ワイヤ１９の先端がワーク１８に衝突し、溶接ワイヤ１９とワーク１８とが短絡する。なお、第１の送給速度Ｖｆ１は、設定される溶接電流（以下、設定電流と呼ぶことがある。）に応じて決まる基本送給速度Ｖｆ０に比べて小さい値に設定されている。なお、基本送給速度Ｖｆ０は、正弦波状に変化するワイヤ送給速度Ｖｆの移動平均に相当する速度である。

【００２８】

時刻ｔ５で、前述したように、短絡／アーク検出部９は、この短絡を検出し、検出信号がワイヤ送給速度制御部１４に送られて、溶接ワイヤ１９の送給動作が正送から逆送に切り替えられ、短絡期間Ｔｓがスタートする。また、時刻ｔ５から溶接ワイヤ１９は加速しながらワーク１８にから離れる方向に逆送される。また、アーク期間Ｔａと同様に、溶接電流Ａｗが増加し始め、所定のピーク電流値に達する。溶接電圧Ｖｗは急速に立ち上がり、所定の電圧値に達した後、緩やかに減少する。

【００２９】

正弦波状に変化するワイヤ送給速度Ｖｆが最小値に達した後、溶接ワイヤ１９が逆送する速度が低下し始めると、溶接電流Ａｗも低下する。このとき、状態（ｅ）に示すように、溶接ワイヤ１９の先端は、ワーク１８に接触したままである。

【００３０】

時刻ｔ６、つまり、正弦波状に変化するワイヤ送給速度Ｖｆが１周期変化した時点、言い換えると溶接ワイヤ１９が逆送して、ワイヤ送給速度Ｖｆが半周期経過し、減速されたワイヤ送給速度Ｖｆが零の近傍となる時点、または逆送停止速度Ｖｆ０’以上となった時点で、ワイヤ送給速度Ｖｆは零となり、溶接ワイヤ１９の送給が停止する。また、時刻ｔ６から時刻ｔ７までの所定の期間、溶接ワイヤ１９の送給は停止された状態が維持される。なお、逆送停止速度Ｖｆ０’は、逆送側のワイヤ送給停止の閾値であり、基本送給速度Ｖｆ０のマイナス値（－Ｖｆ０）に相当する値である。正送側のワイヤ送給停止の閾値として、基本送給速度Ｖｆ０を使用したが、逆送側のワイヤ送給停止の閾値としては、シンプルな構成とするため逆送停止閾値Ｖｆ０’を逆送側の所定の閾値として使用している。また、以下、この送給停止を第２の送給停止ステップと呼ぶことがある。また、溶接ワイヤ１９の逆送時に、その送給が停止される所定の期間を第２の送給停止期間Ｔｚ２と呼ぶことがある。また、第２の送給停止期間Ｔｚ２では、溶接ワイヤ１９は、先端付近にくびれが生じて、溶接ワイヤ１９の先端は細くなった状態でワーク１８と接触している（状態（ｆ）参照）。時刻ｔ６を過ぎてから、溶接電流Ａｗはさらに低下する。

【００３１】

時刻ｔ７から、溶接ワイヤ１９は一定の送給速度（以下、第２の送給速度Ｖｆ２と呼ぶことがある。）で逆送し始める。また、以降の説明で、この再開された逆送動作を第１のワイヤ逆送ステップと呼ぶことがある。この逆送動作によって、状態（ｇ）に示すように、溶接ワイヤ１９は先端のくびれ部分で引き切れてワーク１８から離脱する。なお、第２

の送給速度Ｖｆ２は、前述の基本送給速度Ｖｆ０に比べて小さい値に設定されている。

【００３２】

時刻ｔ８で、短絡／アーク検出部９は、溶接ワイヤ１９とワーク１８との短絡開放を検出し、アーク状態になったと判定する。また、短絡開放の検出信号がワイヤ送給速度制御部１４に送られて、溶接ワイヤ１９の送給動作が逆送から正送に切り替えられ、再び短絡期間Ｔｓがスタートする。

【００３３】

［効果等］

以上説明したように、本実施形態に係るアーク溶接制御方法は、溶接ワイヤ１９を溶接対象物であるワーク１８の方向に送給する正送と、正送とは逆方向に送給する逆送とに交互に行うとともに、溶接ワイヤ１９を所定の周期と所定の振幅で周期的に変化させたワイヤ送給速度Ｖｆで送給し、アーク期間Ｔａと短絡期間Ｔｓとを繰り返して溶接を行う消耗電極式のアーク溶接制御方法である。

【００３４】

溶接ワイヤ１９の正送時に、ワイヤ送給速度Ｖｆの変化が半周期を経過した時点から第１の送給停止期間Ｔｚ１を経過するまでの基本送給速度Ｖｆ０以下で溶接ワイヤ１９の送給を停止する第１のワイヤ送給停止ステップと、第１の送給停止期間Ｔｚ１を経過した時点から所定の期間を経過するまで溶接ワイヤ１９を第１の送給速度Ｖｆ１で正送させる第１のワイヤ正送ステップと、を備えており、当該所定の期間経過後に溶接ワイヤ１９を逆送させる。なお、溶接ワイヤ１９の正送時は、当該所定の期間は、第１の送給停止期間Ｔｚ１を経過した時点（時刻ｔ４）から短絡／アーク検出部９がワーク１８と溶接ワイヤ１９との短絡を検出する時刻ｔ５までの期間に相当する。

【００３５】

本実施形態によれば、溶接ワイヤ１９とワーク１８との衝突前に、溶接ワイヤ１９の送給を停止し、送給停止後に基本送給速度Ｖｆ０に比べて低い第１の送給速度Ｖｆ１で溶接ワイヤ１９を再送させてワーク１８に衝突、短絡させている。このことにより、溶接ワイヤ１９がワーク１８に衝突する際の衝撃を低減して、短絡時のスパッタを低減することができる。また、溶接ワイヤ１９の先端に形成された溶滴を介して溶接ワイヤ１９とワーク１８とを確実に短絡させることで、短絡期間Ｔｓが長期化するのを抑制し、短絡周期を安定化させてアーク安定性を向上できる。

【００３６】

また、本実施形態のアーク溶接制御方法は、溶接ワイヤ１９の逆送時に、ワイヤ送給速度Ｖｆの変化が半周期を経過した時点から第２の送給停止期間Ｔｚ２を経過するまで溶接ワイヤ１９の送給を停止する第２のワイヤ送給停止ステップと、第２の送給停止期間Ｔｚ２を経過した時点から所定の期間を経過するまで溶接ワイヤ１９を第２の送給速度Ｖｆ２で逆送させる第１のワイヤ逆送ステップと、を備えており、当該所定の期間経過後に溶接ワイヤ１９を正送させる。なお、溶接ワイヤ１９の逆送時は、当該所定の期間は、第２の送給停止期間Ｔｚ２を経過した時点（時刻ｔ７）から短絡／アーク検出部９がワーク１８と溶接ワイヤ１９との短絡開放を検出する時刻ｔ８までの期間に相当する。

【００３７】

本実施形態によれば、溶接ワイヤ１９がワーク１８から引き切れて離脱する前に、溶接ワイヤ１９の送給を停止し、送給停止後に基本送給速度Ｖｆ０の絶対値に比べて小さい絶対値の第２の送給速度Ｖｆ２で溶接ワイヤ１９を再送させてワーク１８から離脱させている。このことにより、溶接ワイヤ１９は適度にくびれた状態で、先端の溶滴が自重によりワーク１８に向かって落ちていくため、溶接ワイヤ１９を確実にワーク１８から引き切って離脱させることができる。また、溶接ワイヤ１９が過度にくびれるのを防止することで、溶接ワイヤ１９の材質やワイヤ径等によって溶接ワイヤ１９がワーク１８から引き切れて離脱するタイミングがばらつくのを防止できる。このことにより、短絡期間Ｔｓのばらつきを抑制し、短絡周期を安定化させてアーク安定性を向上できる。また、短絡開放時のスパッタを抑制できる。

【００３８】
　また、溶接ワイヤ１９は、溶融時に低粘性であるアルミ、アルミ合金、銅、または銅合金のいずれかからなるのが好ましい。以下、これらについてさらに説明する。
【００３９】
　図３は、比較のための各種出力波形のタイムチャートを示し、図２に示すのと同様に、ワイヤ送給速度Ｖｆと、溶接電流Ａｗと、溶接電圧Ｖｗの時間変化を示している。また、溶接ワイヤ１９の先端の溶滴移行状態Ｗｗの時間変化もあわせて示している。
【００４０】
　図２に示すタイムチャートと、図３に示すタイムチャートとでは、周期的に変化するワイヤ送給速度Ｖｆの波形が異なる。図３に示すワイヤ送給速度Ｖｆは、時刻ｔ１１で基本送給速度Ｖｆ０であり、そこから速度が増加し、最大値（１／４周期に相当）に到達した後、減速して、時刻ｔ１２で所定の速度、この場合は第３の送給速度Ｖｆ３で維持される。図３に示すように、第３の送給速度Ｖｆ３は基本送給速度Ｖｆ０よりも大きい値である。
【００４１】
　短絡／アーク検出部９により溶接ワイヤ１９とワーク１８との短絡が検出された時点（時刻ｔ１３）から、ワイヤ送給速度Ｖｆは低下し始め、時刻ｔ１４で逆送動作に切り替わる。ワイヤ送給速度Ｖｆが最小値に達した後、溶接ワイヤ１９が逆送する速度が低下し始め、時刻ｔ１５で所定の速度、この場合は第４の送給速度Ｖｆ４で維持される。図３に示すように、第４の送給速度Ｖｆ４は基本送給速度Ｖｆ０よりも大きい値である。短絡／アーク検出部９により溶接ワイヤ１９とワーク１８との短絡開放が検出された時点（時刻ｔ１６）から、ワイヤ送給速度Ｖｆの絶対値は低下し始め、所定の期間経過後に正送動作に切り替わる。
【００４２】
　図３に示すように、多少の減速はされるものの、溶接ワイヤ１９を基本送給速度Ｖｆ０よりも絶対値の大きい速度（第３の送給速度Ｖｆ３）で送給した状態で、ワーク１８と衝突させる場合、溶接ワイヤ１９の先端に形成された溶滴が慣性により移動遅れを起こすおそれがある。特に、溶接ワイヤ１９が、溶融時に低粘性である材質、例えば、アルミ、アルミ合金、銅、または銅合金のいずれかであると、この傾向が強まる。この場合、溶接ワイヤ１９は溶滴を介さずにワーク１８と短絡するため、短絡時に大量のスパッタが発生してしまう。また、短絡周期のばらつきが大きくなる。
【００４３】
　また、溶接ワイヤ１９を基本送給速度Ｖｆ０よりも絶対値の大きい速度（第４の送給速度Ｖｆ４）で送給した状態で、ワーク１８から引き切る場合も、溶接ワイヤ１９の離脱タイミングがばらつく。例えば、十分にくびれが生じていない状態で、溶接ワイヤ１９がワーク１８から引き切られると、大量のスパッタが発生してしまう。また、溶接ワイヤ１９の溶融状態での粘性の違いにより、溶接ワイヤ１９がワーク１８から引き切れて離脱するタイミングがばらつき、これに応じて短絡周期がばらつく。このことにより、アークの安定性が低下してしまう。
【００４４】
　本実施形態によれば、前述したとおり、これらの不具合が発生するのを抑制し、短絡時及び／又は短絡開放時のスパッタの発生を抑制し、また、アークの安定性を向上することができる。
【００４５】
　また、短絡周期のばらつきによって溶接点間距離がばらつくと、ワーク１８が薄板（例えば、板厚１．６ｍｍ以下）の場合に、ビードがブリッジしなくなったり、溶け落ちが生じたりする。本実施形態に示すアーク溶接制御方法によれば、これらの問題が発生するのを抑制できる。また、短絡周期のばらつきを抑制することで、例えば、ブレーズ溶接で形成されるビードの見た目を美しくして、ビードの外観意匠性を高めることができる。
【００４６】
　また、図３に示すアーク溶接制御方法では、ワーク１８が上記薄板よりも厚い厚板の場

合に、短絡時に大量のスパッタが発生するが、本実施形態に示すアーク溶接制御方法によれば、このようなスパッタの発生を防止して、溶接品質を高めることができる。

【００４７】

また、アシストガスとして炭酸ガス（CO_2ガス）を主成分とするガスを用いる場合には、特に、溶接ワイヤ１９の正送時に、短絡時のスパッタが発生したり、短絡周期がばらついたりするのを抑制できる。良く知られているように、炭酸ガスを主成分とするガスを用いたアーク溶接では、溶接ワイヤ１９に加わるアーク反力が大きく、他のアシストガスを用いた場合に比べて、溶接ワイヤ１９の正送時に、溶滴がワーク１８に衝突しづらい。このため、溶接ワイヤ１９が溶滴を介さずにワーク１８に衝突する可能性が高くなる。

【００４８】

本実施形態によれば、溶接ワイヤ１９とワーク１８との衝突前に、溶接ワイヤ１９の送給を停止し、送給停止後に低速（第１の送給速度Ｖｆ１）で溶接ワイヤ１９をワーク１８に衝突させるようにするため、アーク反力の影響を低減して、確実に溶接ワイヤ１９の溶滴とワーク１８とを接触させて、上記の問題が発生するのを抑制することができる。また、溶滴の移行安定性を高めて安定した高品質のアーク溶接を行うことができる。

【００４９】

また、第１及び第２の送給速度Ｖｆ１，Ｖｆ２を固定された値にしてもよいが、図４に示すように、第１の送給速度Ｖｆ１を、溶接ワイヤ１９の基本送給速度Ｖｆ０に応じて単調に増加してもよく、また、第２の送給速度Ｖｆ２を、溶接ワイヤ１９の基本送給速度Ｖｆ０に応じて単調に減少してもよい。溶接電流Ａｗが大きいほど基本送給速度Ｖｆ０は大きくなる。一方、溶接電流Ａｗが大きいほどワーク１８に形成される溶融プールも大きくなるので、第１及び第２の送給速度Ｖｆ１，Ｖｆ２を基本送給速度Ｖｆ０に応じて単調に変化させても、不具合を生じることがない。

【００５０】

また、図５に示すように、第１の送給停止期間Ｔｚ１及び第２の送給停止期間Ｔｚ２は、溶接ワイヤ１９のワイヤ径に応じて単調に減少するように設定するのが好ましい。ワイヤ送給速度Ｖｆが同じであれば、溶接ワイヤ１９のワイヤ径が小さいほど、溶滴が成長しにくく、溶滴がワーク１８に落下するのが遅くなる。また、溶接チップ２１とワーク１８との間の距離であるワイヤ突出し長さもワイヤ径が小さいほど短くなる。一方、ワイヤ径が大きければ、溶接の成長が早く、溶滴がワーク１８に落下するのが早くなり、ワイヤ突き出し長さも長くなる。このため、ワイヤ径が小さい場合は、第１及び第２の送給停止時間Ｔｚ１，Ｔｚ２をそれぞれ長くして、溶接ワイヤ１９の正送時に溶滴を十分に成長させて落下を促すとともに、溶接ワイヤ１９の逆送時に溶接ワイヤ１９の先端の糸引きを短くして、短絡周期を安定させるようにする。また、ワイヤ径が大きい場合は、第１及び第２の送給停止時間Ｔｚ１，Ｔｚ２をそれぞれ短くして、溶接ワイヤ１９の正送時に溶滴が大きくなりすぎて、短絡タイミングがばらつくのを抑制する。また、溶接ワイヤ１９の逆送時に、溶融量を抑制して、短絡開放時のスパッタ量を低減する。

【００５１】

＜変形例＞

図６は、変形例に係るアーク溶接時のワイヤ送給速度の出力波形を示す。

【００５２】

図２に示すタイムチャートでは、ワイヤ送給速度Ｖｆは、正弦波状に周期的に変化しているのに対し、図６に示すタイムチャートでは、ワイヤ送給速度Ｖｆは、台形波状に周期的に変化している点で異なる。

【００５３】

図２に示すように、ワイヤ送給速度Ｖｆが、正弦波状に周期的に変化することで、出力波形の屈曲点がなく、ワイヤ送給速度Ｖｆの急激な変化が抑制できる。このことにより、アーク２０のアーク長変動を小さくすることができる。

【００５４】

一方、図６に示すように、ワイヤ送給速度Ｖｆが、台形波状に周期的に変化することで

、出力波形の面積を大きくすることができる。つまり、溶接ワイヤ１９の送給動作の応答性を高めることができる。

【００５５】

なお、ワイヤ送給速度Ｖｆの出力波形は、周期的に変化する形状であれば、これ以外の形状であってもよい。

【００５６】

なお、溶接ワイヤ１９を正送させる場合、ワイヤ送給速度Ｖｆの変化が半周期を経過した時点（時点ｔ３）から送給停止期間を経過するまでの時点（時点ｔ４）で、溶接ワイヤ１９の送給を停止する、つまり、前述の第１の送給停止ステップで溶接ワイヤ１９の送給を停止するとしたが、時点ｔ３で、溶接ワイヤ１９の先端と母材との距離が２ｍｍ以下となる場合は、第１の送給停止ステップで溶接ワイヤ１９の送給を停止するにあたって、ワイヤ送給速度Ｖｆが完全に零にならなくても良く、ワイヤ送給速度Ｖｆの値が零の代わりに有限の値となってもよい。例えば、２ｍ／ｍｉｎ以下の極めて低速での送給速度とすることを含んでも良い。

【００５７】

これらにより、溶接ワイヤ１９の正送時の溶融プールへの衝突力を十分に低減し、スパッタの発生を抑制出来る。

【００５８】

また、溶接ワイヤ１９を逆送させる、ワイヤ送給速度Ｖｆの変化が半周期を経過した時点（時点ｔ６）から送給停止期間を経過するまでの時点（時点ｔ７）で、溶接ワイヤ１９の送給を停止する、つまり、前述の第２のワイヤ送給停止ステップで溶接ワイヤ１９の送給を停止するとしたが、時点ｔ６で、溶接ワイヤ１９の送給が逆送から正送に切替る逆送時のワイヤ送給の所定の反転位置に対して、その距離が２ｍｍ以下となる場合は、第２の送給停止ステップで溶接ワイヤ１９の送給を停止するにあたって、ワイヤ送給速度Ｖｆが完全に零にならなくても良く、ワイヤ送給速度Ｖｆの値が零の代わりに有限の値となってもよい。例えば、２ｍ／ｍｉｎ以下の極めて低速での送給速度を含んでも良い。

【００５９】

これらにより、溶接ワイヤ１９の先端の溶滴が溶融プールに対して接触して溶滴が移行する短絡移行を安定させることができ、溶接ワイヤ１９の溶滴の正送から逆送への溶接ワイヤ１９の送給の反転時に、溶接ワイヤ１９から溶融プールへ溶滴の移行が不十分な状態で、短絡移行途中の溶滴に不要な負荷や衝撃を掛けることを低減し、スパッタの発生を抑制できる。なお、短絡移行時のスパッタ発生は、溶接ワイヤ１９の送給動作において、逆送時の逆送から正送への反転時より、正送時の溶融プールへの溶接ワイヤ１９の溶滴の接触する衝突時の方が多く生じる傾向にある。

【産業上の利用可能性】

【００６０】

本発明のアーク溶接制御方法は、短絡周期を安定化することにより、溶接品質の向上、また微小短絡によるスパッタ発生量を低減することができ、消耗電極である溶接ワイヤの正送動作と逆送動作とを交互に繰り返して行うアーク溶接に適用する上で有用である。

【符号の説明】

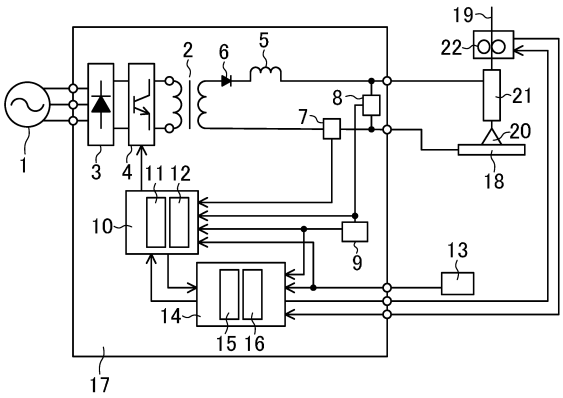
【００６１】

１　入力電源
２　主変圧器（トランス）
３　一次側整流部
４　スイッチング部
５　ＤＣＬ（リアクトル）
６　二次側整流部
７　溶接電流検出部
８　溶接電圧検出部
９　短絡／アーク検出部

１０　出力制御部
１１　短絡制御部
１２　アーク制御部
１３　溶接条件設定部
１４　ワイヤ送給速度検出部
１５　ワイヤ送給速度検出部
１６　演算部
１７　アーク溶接装置
１８　ワーク（溶接対象物）
１９　溶接ワイヤ
２０　アーク
２１　溶接チップ
２２　ワイヤ送給部

【図面】

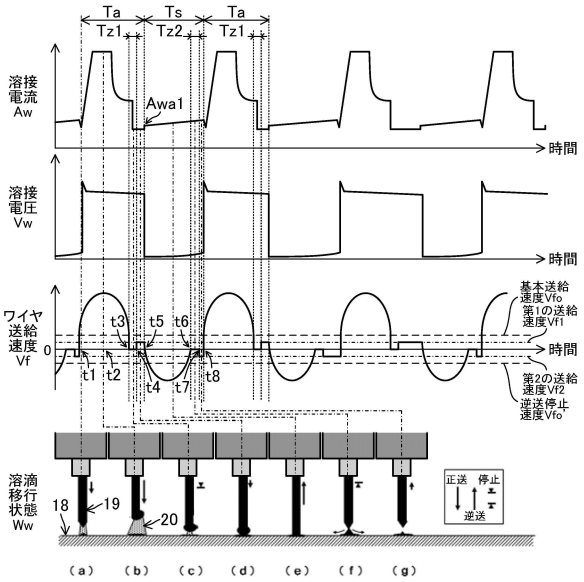
【図１】



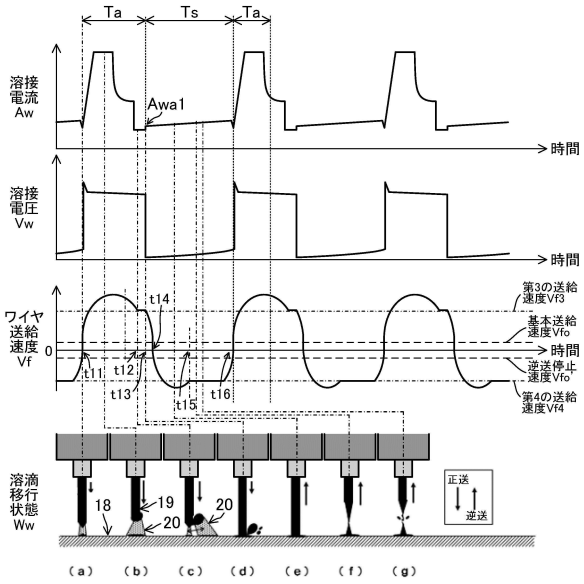
【符号の説明】

1	入力電源	13	溶接条件設定部
2	主変圧器(トランス)	14	ワイヤ送給速度制御部
3	一次側整流部	15	ワイヤ送給速度検出部
4	スイッチング部	16	演算部
5	DCL(リアクトル)	17	アーク溶接装置
6	二次側整流部	18	ワーク(溶接対象物)
7	溶接電流検出部	19	溶接ワイヤ
8	溶接電圧検出部	20	アーク
9	短絡/アーク検出部	21	溶接チップ
10	出力制御部	22	ワイヤ送給部
11	短絡制御部		
12	アーク制御部		

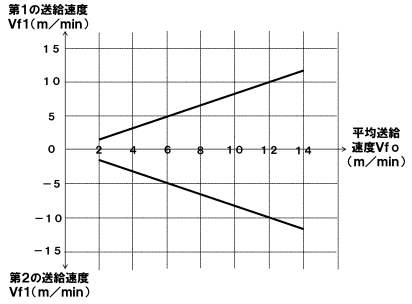
【図２】



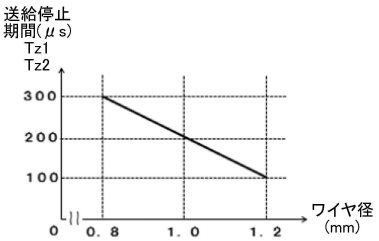
【図３】


Ta
Ts
Ta
溶接電流Aw
Awa1
時間
溶接電圧Vw
時間
ワイヤ送給速度Vf
0
t11
t12
t13
t14
t15
t16
第3の送給速度Vf3
基本送給速度Vfo
時間
逆送停止速度Vfo
第4の送給速度Vf4
溶滴移行状態Ww
18
19
20
20
正送
逆送
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)

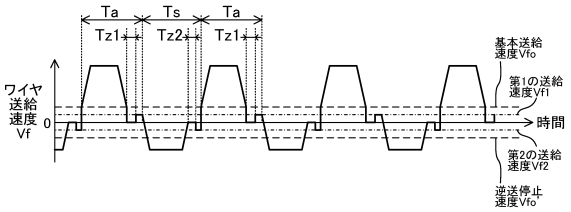
【図４】


第1の送給速度Vf1(m／min)
15
10
5
0
−5
−10
−15
2
4
6
8
10
12
14
平均送給速度Vfo(m／min)
第2の送給速度Vf1(m／min)

【図５】


送給停止期間(μs)
Tz1
Tz2
300
200
100
0
0.8
1.0
1.2
ワイヤ径(mm)

【図６】


Ta
Ts
Ta
Tz1
Tz2
Tz1
ワイヤ送給速度Vf
0
基本送給速度Vfo
第1の送給速度Vf1
時間
第2の送給速度Vf2
逆送停止速度Vfo

フロントページの続き

(51)国際特許分類　ＦＩ
Ｂ２３Ｋ　9/173　Ａ

(56)参考文献　特開２０１６－０７３９９６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０２２５９３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０１４０７９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０７１１５４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１５／１０７９７４（ＷＯ，Ａ１）
特開２０１６－０８７６１０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ　９／００ － ９／１７３