

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6720452号
(P6720452)

(45) 発行日 令和2年7月8日 (2020.7.8)

(24) 登録日 令和2年6月22日 (2020.6.22)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 3 K	9/127	(2006.01)	B 2 3 K	9/127	5 0 7 L
B 2 3 K	9/12	(2006.01)	B 2 3 K	9/12	3 3 1 F

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-75181 (P2016-75181)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成28年4月4日 (2016.4.4)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2017-185513 (P2017-185513A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成29年10月12日 (2017.10.12)	(74) 代理人	100120341
審査請求日	平成30年12月3日 (2018.12.3)		弁理士 安田 幹雄
		(72) 発明者	西田 吉晴
			兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
		(72) 発明者	大根 努
			兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
		(72) 発明者	西村 利彦
			兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アーク倣い溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能を備えた消耗電極型の溶接装置におけるアーク倣い溶接方法であって、
前記消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳するようにしておき、
溶接中における前記溶接電流から、電極の高さ変動に伴う抵抗値変化を検出し、検出された抵抗値の変化量とウィーピングの左右位置に基づき、ウィーピング中心と溶接線のズレを検出することを特徴とするアーク倣い溶接方法。

【請求項 2】

前記溶接電流に、数百Hzの高周波波形を電流値に重畳するように溶接電源を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のアーク倣い溶接方法。

10

【請求項 3】

前記消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳する溶接電源として、パルス電源を採用し、

前記高周波成分として、パルス電源のパルス波形を使用し、

前記パルス波形による高周波成分を使用することで、抵抗値変化の検出精度を向上させることを特徴とする請求項 1 に記載のアーク倣い溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、例えば、自動溶接装置または溶接ロボットを用いたアーク溶接技術に関し、特に、高い位置精度でアーク倣い溶接を可能とする技術に関する。

【背景技術】

【0002】

アーク溶接においては、溶接電流や溶接電圧等の電気的変化に基づいて、溶接すべき継手位置とワイヤ先端位置とのズレ量を検出し、これを補正することによって溶接線を自動追従する「アーク倣い」がよく用いられている。これは、対象ワークの設置誤差、加工誤差、加工中の変形等によって発生する加工具（溶接トーチ）の狙い位置のズレを検出して補正することにより、溶接欠陥を防止し、自動化率を向上させることを目的としている。

【0003】

このようなアーク倣いの原理は、溶接ワイヤの突き出し長さ（正確に言えば、トーチ給電箇所～母材間の距離 L ）の変化に応じて、溶接電流（あるいは溶接電圧）が変化することを利用して、ウィーピング動作時のアーク電流波形またはアーク電圧波形の非対称性から、トーチの狙い位置のズレを検出して、これを自動溶接装置あるいは溶接ロボットシステムにフィードバックして、トーチ先端位置のズレがなくなる方向に修正することにより、溶接線を自動追従する。

【0004】

このようなアーク倣い制御として、特許文献1に開示された「ロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法およびロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法」がある。

特許文献1は、シフト量が異なる複数の区間で区切られた教示線上に沿って溶接トーチを溶接させながら移動させる際、前記区間毎に定められているシフト量に応じて前記溶接トーチをシフトさせて移動させる移動工程と、前記区間毎に移動中の溶接トーチに供給されてサンプリングされた電気量を、該サンプリングする周期よりも長い所定期間毎に平均化する平均化工程と、該平均化した値と基準値との差分値を算出する差分値算出工程と、前記区間毎の前記差分値の平均差分値を算出する平均差分値算出工程と、前記区間毎の前記差分値の平均差分値に基づいて回帰直線および該回帰直線と前記平均差分値との相関係数を求める回帰直線および相関係数取得工程と、前記回帰直線の傾き、および切片に関係する倣いに関するパラメータを前記相関係数に基づいて評価して、該パラメータを倣いパラメータとして設定する評価工程を含むことを特徴とするロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法を開示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-120042号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、アーク倣いは溶接電流（または溶接電圧）の変化量に応じ、トーチ先端動作軌跡を溶接線に対して直角に位置修正するフィードバック制御であるものの、以下に述べるように、実際の現場に適用した場合、様々な問題が生じていることが、実績として挙がってきている。

すなわち、従来から用いられているアーク倣い溶接の技術によれば、
・継手位置（開先）の左右端による溶接電流値の差異を見るだけではS/N比が悪く、更なる高精度化が必要である。
・溶接ワイヤの脚長に対して特にウィーピング振幅が小さい場合、また溶接対象の板厚が薄い場合などでは更なる高精度化が必要となる。
・単純な抵抗値検出によるアーク倣いは、制御ループの影響を受けるなど、有意な抵抗値変化を捉えられない。

【0007】

などの問題が生じることが現場の実績として挙がってきている。

本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、現場においても正確なアーク倣い溶接を可能とする技術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】

上記課題を解決するため、本発明の溶接状況のモニタリング装置は、以下の技術的手段を講じている。

即ち、本発明のアーク倣い溶接方法は、溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能を備えた消耗電極型の溶接装置におけるアーク倣い溶接方法であって、前記消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳するようにしておき、溶接中における前記溶接電流から、電極の高さ変動に伴う抵抗値変化を検出し、検出された抵抗値の変化量とウィーピングの左右位置に基づき、ウィーピング中心と溶接線のズレを検出することを特徴とする。

10

【0009】

好ましくは、前記溶接電流に、数百Hzの高周波波形を電流値に重畳するように溶接電源を制御するとよい。

好ましくは、前記消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳する溶接電源として、パルス電源を採用し、前記高周波成分として、パルス電源のパルス波形を使用し、前記パルス波形による高周波成分を使用することで、抵抗値変化の検出精度を向上させるとよい。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明のアーク倣い溶接方法及び溶接装置の技術を用いることで、上述の問題に鑑みてなされたものであり、現場においても正確なアーク倣い溶接が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】アーク倣い溶接を模式的に示した図である。

【図2】アーク倣いの原理を示した図である。

【図3】継手位置の左右端での電流値変化を示した図である（従来例）。

【図4】電流・電圧波形における抵抗値の推定結果を示した図である（従来例、定電圧を有する溶接電源）。

30

【図5】溶接電源の特性（定電圧特性）を示した図である。

【図6】高周波を重畳させた電流・電圧波形から抵抗値Rを推定した際の結果を示した図である。

【図7】高周波を重畳させた電流・電圧波形から抵抗値R、インダクタンスL、オフセット電圧V_oを推定した際の結果を示した図である。

【図8】継手位置の左右端での電流差を示した図である（従来例、高周波による変動を抑制するため高周波除去フィルタあり）。

【図9】図7の拡大図を示した図である（本実施形態）。

【図10】図8の拡大図を示した図である（従来例）。

40

【図11】溶接電源（パルス電源）の電圧値を推定した図である。

【図12】パルス電源の出力を示した図とその拡大図である。

【図13】フィルタリングされた電流波形を示した図である。

【図14】抵抗値を推定した結果を示した図である（従来例）。

【図15】抵抗値を推定した結果を示した図である（本実施形態）。

【図16】抵抗値を推定した結果を示した図である（本実施形態）。

【図17】図6を拡大した図である。

【図18】溶接ロボットによるアーク倣い溶接を模式的に示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

50

以下、本発明の実施の形態に係るアーク倣い溶接方法について、図面に基づき詳しく説明する。この方法は溶接装置に備えられた制御装置内におけるプログラムとして実現される。

以下においては、溶接動作を行う機器を、溶接トーチ 1 を揺動動作（ウィーピング動作）させる多関節の溶接ロボットとして説明するが、これは一例に過ぎず、専用の自動溶接装置であっても構わない。

【0013】

本実施の形態に係るアーク倣い溶接方法は、例えば、垂直多関節型のロボットシステムに適用される。垂直多関節型のロボットシステムの概要は以下の通りである。

例えば、垂直多関節型のロボットシステム（ロボットシステム）は、溶接ロボットと、
10 教示ペンダントを備えた制御装置と、パソコンを含む。溶接ロボットは垂直多関節型の 6 軸の産業用ロボットであり、その先端に溶接トーチ 1 などから構成される溶接ツールが設けられている。この溶接ロボットはそれ自体を移動させるスライダに搭載されていてもよい。

【0014】

制御装置は、溶接ロボットを、予め教示したプログラムに従って制御する。このプログラムは、制御装置に接続された教示ペンダントを使用して作成する場合や、パソコンを利用したオフライン教示システムを使用して作成する場合がある。いずれの場合であっても、このプログラムは、実際の動作の前に予め作成される。パソコンにより作成されたプログラムは、記憶媒体等を介して制御装置に受渡しされたり、データ通信により制御装置に
20 転送されたりする。

【0015】

パソコン、すなわちオフライン教示システムは、表示装置としてグラフィック表示可能なディスプレイを備え、入力装置としてキーボードまたはマウスを備える。また、ワークの CAD 情報を取込むために、記憶装置または通信装置が設けられている。

本実施の形態に係るアーク倣い溶接方法は、制御装置（図示しない）内に設けられたプログラムとして実現されている。

【0016】

以下、本実施の形態に係るアーク倣い溶接方法について、詳細に説明する。

なお、説明においては、理解を容易にするため、「背景技術」や「発明が解決しようとする課題」で述べた事項を再度、記載している部分もある。

まず、図 1 にアーク溶接の模式図を示す。

アーク溶接は溶接トーチ 1 から供給される溶接ワイヤ 3（消耗電極）と母材 4 の間に溶接電源 2 で電圧を印加し、溶接ワイヤ 3 と母材 4 の間でアークを発生させる。そのアーク熱で母材 4 と溶接ワイヤ 3 を溶融させながら溶接する。アーク溶接に伴い溶接ワイヤ 3 は溶け落ちてゆくため、溶接中は送給装置により溶接トーチ 1 内を経由して溶接ワイヤ 3 が供給され続ける。

【0017】

母材 4 と溶接ワイヤ 3 が溶融した溶接金属が凝固し、溶接ビードが形成され、強固な溶接が実現される。厚鋼板の溶接に代表される中厚板溶接では溶接部の強度を維持するために溶接ビードの幅（ビード幅）を広くし、溶着量や溶け込み深さを確保する必要がある。そのため中厚板溶接では、溶接トーチ 1 を左右に揺動させるウィーピングという動作を行いながら溶接することで、ビード幅を拡幅し溶接強度を確保している。

【0018】

また溶接トーチ 1 からはシールドガスといわれる不活性ガス（CO₂ や Ar ガスなど）も合わせて供給され、アーク柱を大気から保護している。また溶融後の溶融金属も溶接ワイヤ 3 に含まれるフラックスの分解によって発生するガスにより大気から保護され、ブローホールなどの溶接欠陥を抑制している。

一方、中厚板の溶接分野では、溶接ワークの加工（ガス切断や曲げ）精度が悪い、溶接ワークの（治具矯正できず）設置精度が悪い、溶接ワークが溶接中に（治具拘束できず）
50

熱ひずみで変形する等、溶接すべき位置（溶接線）が常に決められた位置にあるとは限らない。溶接線のズレはおおむね数mmからcmオーダーで発生する。

【0019】

しかし、溶接品質の観点から厚板分野でアーク溶接ロボットに許容される溶接線とのズレは一般に1mm未満であり、事前に決められた位置を動作するプレイバック方式のロボットでは溶接できない。すなわち中厚板向け溶接ロボットでは、予め教示された溶接位置と実ワークの溶接位置とのズレをリアルタイムに検出しながら、都度これに適應してサブmmオーダーの精度で溶接線を「倣う」ことが必須条件であり、欠くことができない非常に重要な機能の一つである。

【0020】

図2にアーク倣いの原理の模式図を示す。

図2の左側の図に示すように、ウィーピング動作を行うとウィーピング位置によって溶接トーチ1と母材4までの距離（トーチ高さ）が変化する。そのトーチ高さの変化に伴い、ウィーピング位置によって溶接電流も変化する（溶接電源2に対して定電圧制御を行った場合は溶接電流が、定電流制御を行った場合は溶接電圧が変化する）。ウィーピング中心Bと溶接線が一致している場合、溶接電流はウィーピング中心Bを中心に左右対称に変化し、ウィーピング端点A、Cでの溶接電流は一致する（正常状態）。

【0021】

一方、図2の右側の図に示すように、ウィーピング中心Bが溶接線からずれている場合、ウィーピング端点A、Cでのトーチ高さの違いから溶接電流に差が発生する（溶接線とずれた状態）。この端点での電流差を検知し、（予め教えられた）ウィーピング中心を補正しながら、溶接線に追従する機能がアーク倣いである。

図3には、アーク溶接に用いられる定電圧溶接電源2（定電圧特性を有する溶接電源2、本発明では、この特性を有する溶接電源2を使用する）を用いた場合の電流波形を示す。

【0022】

図3は、溶接線から故意に2mmずらし、1Hz 2mm振幅でウィーピング動作をさせた場合の溶接電流の波形である。常に2mmズレているため、理論的には、左右端での溶接電流差は一定の筈であるが、図2に示すように、左右端での電流差に比べ、電流波形全体での電流変動が大きく、少し左右端の位相がずれるだけで、大きく電流値が変化し、S/N比（信号とノイズとの比）が非常に悪いことが分かる。

【0023】

一方、トーチ高さは電流値変化以外に抵抗値などの変化となって現れるため、抵抗値を検出し、左右でのトーチ高さの違いから溶接線からのズレを推定することも考えられる。

定電圧溶接電源2を用いた図3と同じ電流情報Iに加え、電圧情報Vも用いて、

【0024】

【数1】

$$V(t) = R \times I(t) \quad (1)$$

【0025】

で得られる抵抗値Rを推定した結果を図4に示す。

図4は、従来の低電圧電源における電流・電圧波形における抵抗値の推定結果であるが、抵抗値が大きく変動し、有意な情報が含まれていない。特に左右端での抵抗値の差の変動は大きく、2mmズレで理論的には抵抗値の差は一定であるはずであるが、全く溶接線のズレが検出できないことが分かる。

【0026】

また正の値をとるはずの抵抗値の平均がマイナスになっている。これは溶接電源2が溶接の安定性を増すために、図5のように電流値が大きくなると電圧値を小さくするネガティブフィードバック制御が行われて居るためであって、このネガティブフィードバックに

10

20

30

40

50

より、抵抗値に換算すると負に作用するため、抵抗値が負になっている。このように通常の溶接電源 2 の電流波形に対して式 (1) に基づいて抵抗値を単純に推定しても、制御ループの影響が検出されるだけで、左右端での抵抗値の差を有意に検出することができない。

【 0 0 2 7 】

以上まとめれば、従来から用いられているアーク倣い溶接技術によれば、
・継手位置の左右端による溶接電流値の差異を見るだけでは S N 比が悪く、更なる高精度化が必要である。
・溶接ワイヤ 3 の脚長に対して特にウィーピング振幅が小さい場合、板厚が薄い場合、などでは更なる高精度化が必要となる。
・単純な抵抗値検出によるアーク倣いは、制御ループの影響を受けるなど、有意な抵抗値変化を捉えられない。

10

【 0 0 2 8 】

などの問題が生じることとなる。

そこで、以下の手法を用いたアーク倣い溶接方法を採用し、現場においても正確なアーク倣い溶接を可能としている。

その技術の根幹は、「消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳するようにしておき、溶接中における前記溶接電流から、電極の高さ変動に伴う抵抗値変化を検出し、検出された抵抗値の変化量とウィーピングの左右位置とから溶接線のズレを検出する」ものである。

20

【 0 0 2 9 】

さらには、消耗電極へ供給する溶接電流に高周波成分を重畳する溶接電源 2 として、パルス電源を採用し、高周波成分として、パルス電源のパルス波形を使用し、パルス波形による高周波成分を使用することで、抵抗値変化の検出精度を向上させている。

上記した画期的な技術を採用することにより、溶接電流あるいは溶接電圧に高周波波形を重畳し、図 5 の定電圧特性におけるネガティブフィードバック制御の影響を受けることなく、高周波領域において抵抗値推定を実施することが可能となる。加えて、溶接線（開先）の左右端点の情報だけでなく、端点間の情報を用いて推定することで S N 比向上させることも可能となる。

30

【 0 0 3 0 】

以下、実施例（その 1 ～その 3）を基に、本願の技術を精説する。

【実施例】

【 0 0 3 1 】

〔その 1〕

その 1 の例では、溶接電源 2 に数百 H z の高周波波形を電流値に重畳させ、式 (1) に基づき抵抗値を推定した。その際の結果を図 6 に示す。

図 6 における波形は、式 (1) で算出される抵抗値を示したものであり、○は、電極先端が溶接線の左側（図 2 における左側（ A ））に位置している状況であり、□は、電極先端が開先の右側（図 2 における左側（ C ））に位置している状況である。○、□の意味は、以下登場する図でも同じである。

40

【 0 0 3 2 】

図 6 の結果から、溶接電源 2 から供給される電流又は電圧に高周波波形を重畳することにより、従来検出できなかった抵抗値 R の変化（例えば、図 4 参照）を捉えられることが分かった。

更に、溶接時には抵抗値 R 以外に、オフセット電圧 V_o や、インダクタンス L が作用することが想定されるため、式 (1) に変えて、

【 0 0 3 3 】

【数 2】

$$V(t) = R \times I(t) + L \times \frac{dI(t)}{dt} + V_o \quad (2)$$

【0034】

に基づき抵抗値 R を推定した結果を図 7 に示す。

図 7 の方が、図 6 に比して、抵抗値 R の推定結果に関するノイズが低減されていることが分かる。これは主にインダクタンス L を考慮した結果であると想定される。

なお、 R 、 L 、 V_o を推定するには、例えば、

10

【0035】

【数 3】

$$\begin{bmatrix} I(t_1) & \frac{dI(t_1)}{dt} & 1 \\ I(t_2) & \frac{dI(t_2)}{dt} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ I(t_n) & \frac{dI(t_n)}{dt} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V(t_1) \\ V(t_2) \\ \vdots \\ V(t_n) \end{bmatrix} \quad (t_1 < t_2 < \dots < t_n) \quad (3)$$

$$A \times \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} = B$$

20

【0036】

なる関係から、次式にて R 、 L 、 V_o を推定することができる。

【0037】

【数 4】

$$\hat{P} = (A^T \times A)^{-1} \times A^T \times B, \quad P = \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} \quad (4)$$

30

【0038】

但し、この時、推定された R 、 L 、 V_o は $t_1 \sim t_n$ の区間における平均された推定値となっており、平均区間 $1 \sim n$ を変更することで、平滑化や通過させる周波域を変更することができる。ここでは高周波波形を通過させたいため、重畳した高周波波形が通過できるように n を選ばばよい。

また、上記は 1 ショット型の最小自乗推定を毎回行う手法であるが、逐次最小自乗法を使用することができる。1 ショット型の場合、 t_1 以前の過去の影響を受けず推定できるが、計算量が大きくなる。一方、最小自乗法は過去の影響を若干引きずるが、計算量が非常に小さくて済むメリットがある。逐次最小二乗法による推定は次式で与えられる。

40

【0039】

【数 5】

$$\begin{aligned}
 K_i &= \frac{M_i \times A(i,:)}{\lambda + A(i,:)^\top \times M_i \times A(i,:)} \\
 M_i &= \frac{(M_{i-1} - K_i \times A(i,:)^\top \times M_{i-1})}{\lambda} \\
 P_i &= P_{i-1} - K_i \times (A(i,:) \times P_{i-1} - B(i,:))
 \end{aligned} \tag{5}$$

【0040】

ここで、 P_i が*i*回目の逐次計算における $[R, L, V_o]^\top$ の推定値である。また $A(i, :)$ は*A*行列の*i*行目のベクトル、同様に $B(i, :)$ は*B*行列の*i*行目のベクトルである。また λ は忘却係数である。

上記逐次最小自乗法にて（忘却係数をほぼ0.1秒程度となるように与えた）推定した結果が図7である。

【0041】

一方、従来手法を用いて、溶接線の左右端点での電流差を見た結果を図8に示す。

図8の従来技術では、高周波成分はノイズとしか作用しないため、図7と同じ電流波形に対して、高周波成分をカットするフィルタ処理を施したのち、端点での電流差を比較した（フィルタによる端点の位相のズレは補正済み）。

ところで、図6（*R*のみ推定）と図7（*R, L, V_o*を推定）でノイズレベルの差異が明確ではない印象を持つかもしれないが、その拡大図である図9（*R, L, V_o*を推定）に対応した*R*のみ推定した際の拡大図を図17（*R*のみ推定）に示す。図17（*R*のみ推定）と図9（*R, L, V_o*を推定）を比較すると、明らかに図9の方がノイズが少ないことが分かる。

【0042】

このように従来技術では高周波はノイズでしかなく、必ずフィルタで高周波成分を除去しなければならなかったが、今回、高周波を重畳させたうえで、重畳した高周波成分を除去するようなフィルタを適用することなく、電流・電圧波形から抵抗値*R*を推定。左右端での抵抗値の差から溶接線のズレを検出することで、*SN*比の向上を実現することが可能となった。

【0043】

図9, 10は図7, 8の拡大図である。

図10は、従来例を示す図8の拡大図である。この図から明らかなように、左右端点の電流差に対して、他の箇所での電流値変動が大きく、有意に端点での電流差が得られない箇所があるのに対して、同じ個所の本実施例の図9では端点での抵抗値の変化が大きく、感度良く溶接線のズレを検出できることが分かる。

【0044】

なお、本実施例では抵抗値の左右端での差異に基づいて溶接線のズレを検出するが、従来の電流値ではトーチ高さが低いと電流値が高くなるが、抵抗値の場合は逆で、トーチ高さが低いと抵抗値が小さくなり、左右端で抵抗値が小さい方に溶接線がズレていることになり、それとは逆の方向に修正すればアーク倣いが可能となる。

【その2】

上記した実施例【その1】では、定電圧電源に高周波成分をわざわざ重畳させたが、本実施例では溶接電源2としてパルス電源を採用し、高周波成分を重畳させる代わりに、パルス電源の電流値のパルス波形の高周波成分を使用することとした。

【0045】

かかる状況下において、式(5)の逐次推定で推定された $[R, L, V_o]^\top$ の推定値で、*V*を逆算推定した結果を図11に示す。電流値をパルス状に変化させるために、実電圧も高い周波数成分を含みながら大きく変化し、その実電圧を $[R, L, V_o]^\top$ で推定することで、高精度に電圧が推定されることが分かる。一方、抵抗値のみを用いた(1)

式に基づく推定でも L に伴う高周波成分を再現できないが、パルス周波数の変動は綺麗に再現されて、少しノイズの影響は受けるが、 $[R, L, V_o]^T$ の推定値同様に R の推定が可能な事が分かる。

【0046】

一方、高周波成分を残したまま、従来手法を適用すると、図12のように高周波の影響で、端点の電流が大きく変動し、少し時間位置がずれるだけで、電流値が変動するため、左右端での電流値を正しく認識することができない。

そのため従来技術では、図13のように高周波成分を大幅にカットするようなフィルタ処理を行った電流波形を使用することで、図8のような端点での電流差を検出することができる。

10

【0047】

言い換えれば、従来技術では、高周波成分はノイズでしかなく、除去するしかないものであったが、本手法では、積極的に高周波成分を活用することで、抵抗値 R の推定を実現することを可能とした。

〔その3〕

実施例〔その1〕, 〔その2〕では推定された抵抗値 R の左右端での差異のみに着目したが、左右端近傍での平均値をとるなど、抵抗値 R の左右端での値以外の情報を使用することで、更にノイズに強く、高い SN 比が実現できる。

【0048】

溶接線の左右端近傍での平均値以外には、例えば、溶接電流を対象にした従来技術を適用することも可能である。その一例としては、従来技術（特開平5-177353号公報）には、溶接電流波形を入力とするニューラルネットワークによる倣い手法が示されているが、例えば溶接電流波形の代わりに、抵抗値 R の波形に基づくニューラルネットワークを構成する事で、溶接電流よりも高精度な倣いを実現することができる。

20

【0049】

以上述べたアーク倣い溶接方法は、溶接ロボットによる倣い溶接などに好適である。

図18に溶接ロボット5による倣いシステム構成図を示す。

溶接ロボット5による倣いシステムは、溶接電源2から溶接電流と電圧をサンプリングしている。しかし溶接電源2からのサンプリング周期は、数 ms ~ 数十 ms と低く、パルス電源のパルス波形の周波数に対して十分はサンプリング周期を要していない。

30

【0050】

この場合、サンプリング周期が不十分な場合、エイリアシングなどによって誤った信号処理がなされる可能性があることを以下に留意点として記載しておく。

まず、式(1)による推定 (R のみ) 及び式(2)による推定 (R, L, V_o) の双方とも、溶接電源2の制御帯域以上の高周波成分が必要であり、定電圧電源では推定が難しく、またパルス電源においてもロボットコントローラに取り込まれる電流・電圧値はローパスフィルタによってノイズ除去（高周波成分が除去）されているため、図5の定電圧特性となるように制御されている状況では、従来手法による R の推定は難しい。

【0051】

特に、式(1)の R のみ推定に比べ、 L 分の微分値を要する式(2)による推定では、パルス周波数（あるいは重畳した高周波）成分に対して十分なサンプリング周期をとる必要がある。例えば、パルス周波数がエイリアシング周波数にかからないサンプリング周期を用いる必要がある。

40

また、式(2)による推定では、溶接電源2から電流・電圧に加え、電流の微分値も併せてサンプリングするとよい。このデータはロボットコントローラから得ることができる。

【0052】

また、通常、倣いに必要な計算（含む抵抗値推定）はロボットコントローラ6で行うが、本実施形態による抵抗値推定を溶接電源2で実施するといった対応をとるとよい。

上記のことは、式(1)すなわち R のみの推定で行ってもよく、式(2)すなわち L が

50

入る際には特に重要な事項である。

なお、今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。

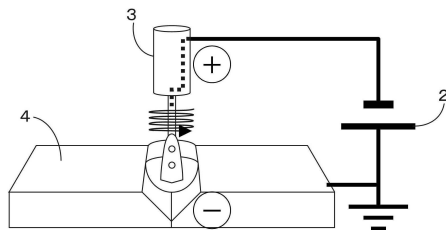
【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

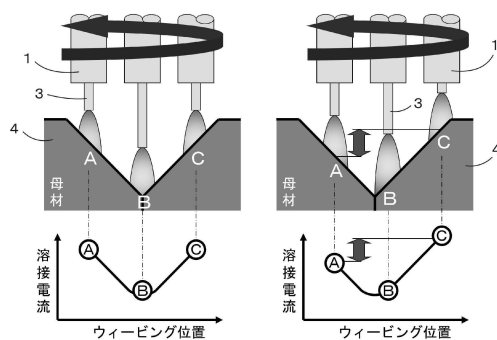
- 1 溶接トーチ
- 2 溶接電源
- 3 溶接ワイヤ
- 4 母材
- 5 溶接ロボット
- 6 ロボットコントローラ

10

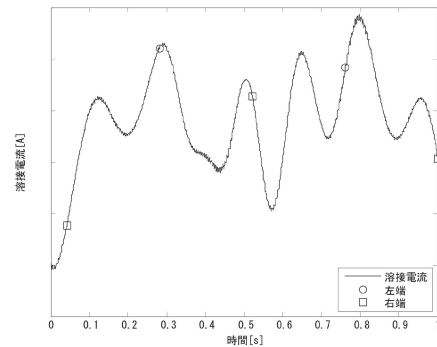
【図 1】



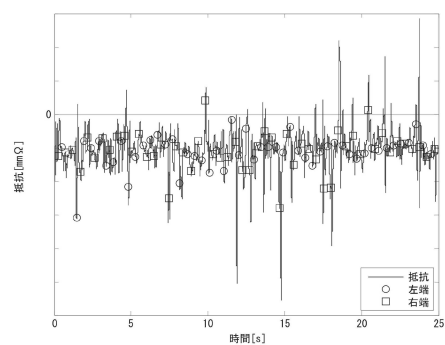
【図 2】



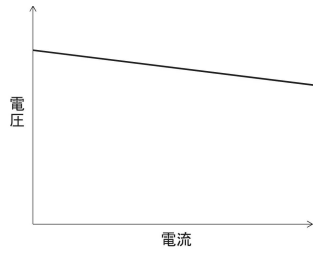
【図 3】



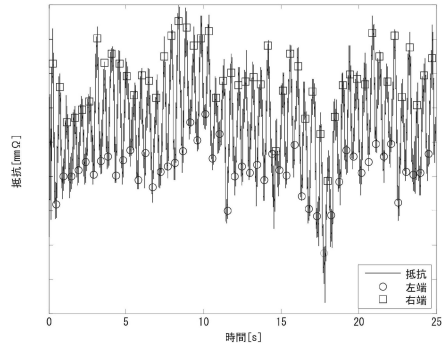
【図 4】



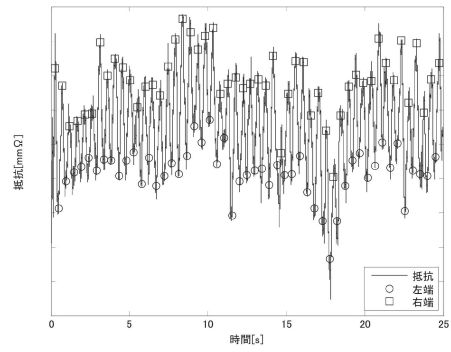
【図 5】



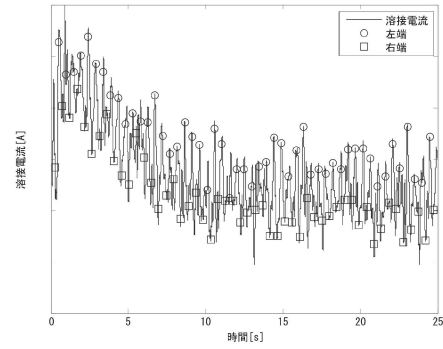
【図 6】



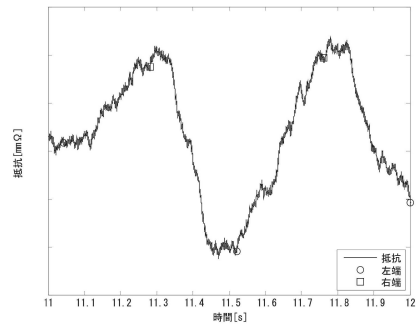
【図 7】



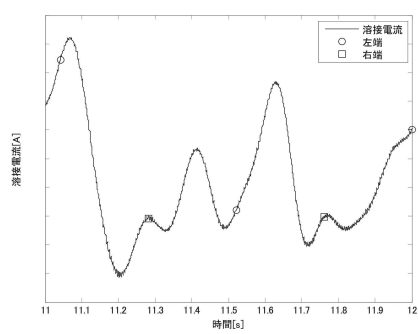
【図 8】



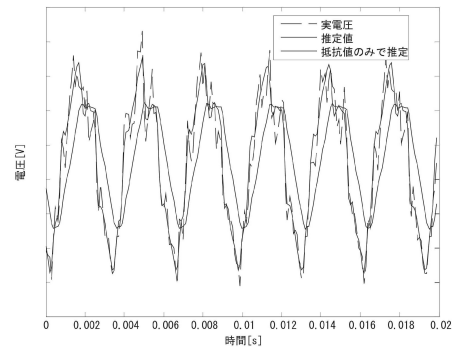
【図 9】



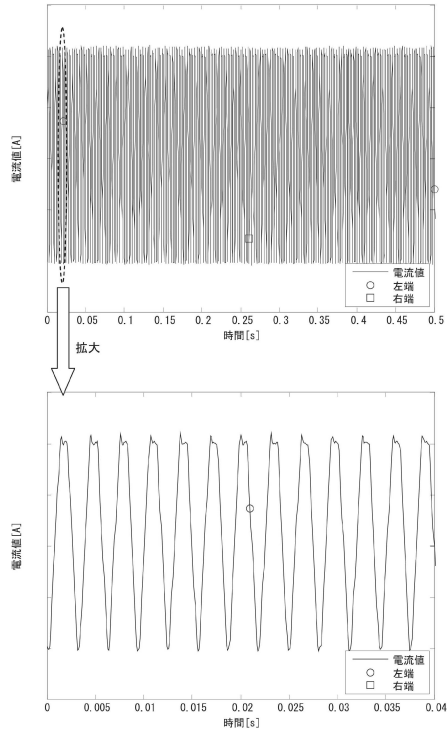
【図 10】



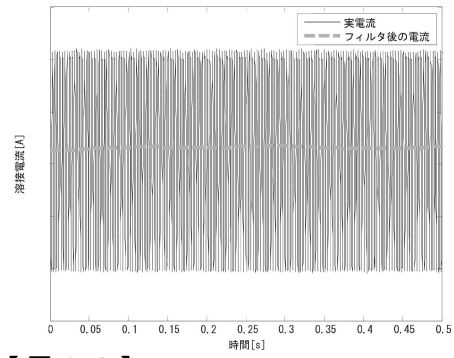
【図 11】



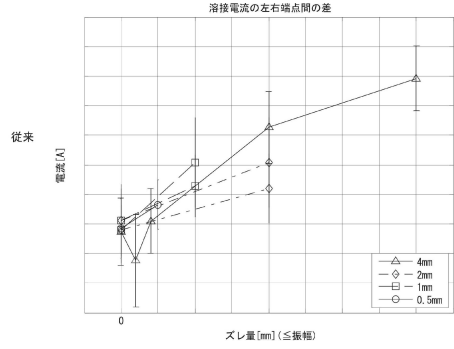
【図 12】



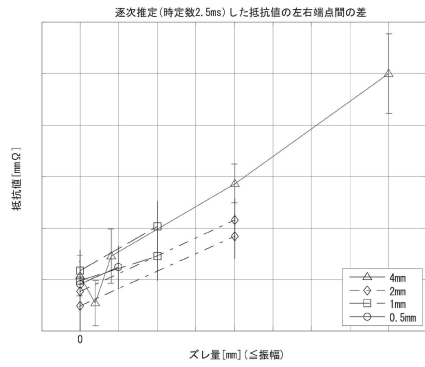
【図 13】



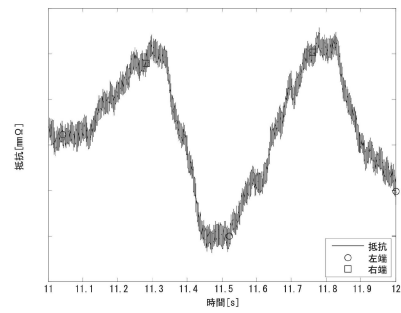
【図 14】



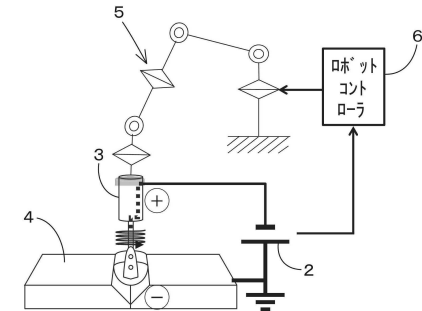
【図 15】



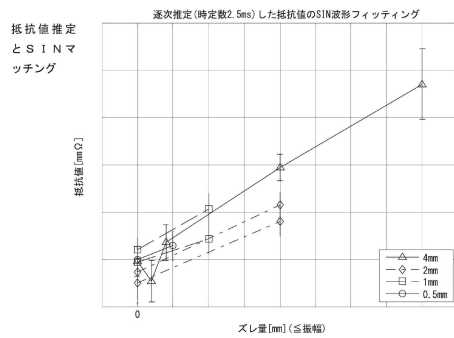
【図 17】



【図 18】



【図 16】



フロントページの続き

審査官 奥隅 隆

(56)参考文献 特開昭59-185575(JP,A)
特開平09-262675(JP,A)
特開昭60-118377(JP,A)

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