

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6593923号

(P6593923)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 9/12 (2006.01)	B 2 3 K 9/12 3 0 3 C
B 2 3 K 9/073 (2006.01)	B 2 3 K 9/073 5 4 5
	B 2 3 K 9/12 3 0 5

請求項の数 1 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-223208 (P2015-223208)	(73) 特許権者	000000262
(22) 出願日	平成27年11月13日(2015.11.13)		株式会社ダイヘン
(65) 公開番号	特開2017-87278 (P2017-87278A)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(43) 公開日	平成29年5月25日(2017.5.25)	(72) 発明者	井手 章博
審査請求日	平成30年5月29日(2018.5.29)		大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
			株式会社ダイヘン内
		(72) 発明者	中俣 利昭
			大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
			株式会社ダイヘン内
		審査官	柏原 郁昭

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】

溶接を開始する際に、溶接ワイヤの送給開始時点から溶接電流の通電開始時点までの初期期間中は、送給速度を正送期間と逆送期間とに交互に切り換える正逆送給制御を行うアーク溶接制御方法において、

前記初期期間中の前記送給速度の平均値が基準値未満であることを判別したときは、前記送給速度の前記平均値が増加するように前記送給速度の設定信号の波形パラメータを変化させ、

前記判別を、(1) 前記初期期間中の経過時間が予め定めた基準時間以上になったこと、(2) 前記送給開始時点からの経過時間が前記溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでに予め定めた基準時間に達したこと、又は、(3) 前記送給開始時点から前記溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでの期間中の送給モータのトルクが予め定めた基準トルク以上になったこと、のいずれか一つによって行う、

こ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、溶接を開始する際に、溶接ワイヤの送給開始時点から溶接電流の通電開始時

10

20

点までの初期期間中は、送給速度を正送期間と逆送期間とに交互に切り換える正逆送給制御を行うアーク溶接制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的な消耗電極式アーク溶接では、消耗電極である溶接ワイヤを一定速度で送給し、溶接ワイヤと母材との間にアークを発生させて溶接が行なわれる。消耗電極式アーク溶接では、溶接ワイヤと母材とが短絡期間とアーク期間とを交互に繰り返す溶接状態になることが多い。

【0003】

溶接品質をさらに向上させるために、溶接ワイヤの送給速度を正送期間と逆送期間とに交互に切り換える正逆送給制御を行い、短絡期間とアーク期間とを発生させて溶接するアーク溶接制御方法が使用されている。ここで、正送とは、溶接ワイヤを母材に近づく方向に送給することであり、逆送とは正送とは逆方向（溶接ワイヤが母材から遠ざかる方向）に送給することである。

【0004】

正逆送給制御アーク溶接においては、送給速度の正送期間と逆送期間とを100Hz程度の周波数で高速に切り替える。送給速度の方向を高速に切り替えるためには、送給モータに過渡特性の良いものを使用する必要がある。一般的に、過渡特性の良いモータは、最大トルクが比較的小さくなる。

【0005】

ところで、消耗電極式アーク溶接においては、溶接終了時に溶接ワイヤの先端部にスラグと呼ばれる絶縁物が付着した状態になる場合がある。スラグは溶接ワイヤに含まれている成分が化学反応して生成される。スラグの付着状態は、溶接ワイヤの種類、平均溶接電流値、溶接姿勢等の溶接条件によって異なる。溶接ワイヤの先端部にスラグが付着した状態で、次のアークスタートを行うと、溶接ワイヤが母材と接触しても、スラグが絶縁物であるので、アークが発生しない状態となり、アークスタート不良となる。正逆送給制御によるアーク溶接の場合も同様である。

【0006】

正逆送給制御アーク溶接において、スラグによるアークスタート不良を改善する方法が特許文献1に開示されている。特許文献1の発明では、溶接開始時に溶接ワイヤの送給を開始してから溶接電流が通電するまでの初期期間中も、正逆送給制御を行っている。これにより、溶接ワイヤ先端にスラグが付着しているために溶接ワイヤ先端が母材と接触しても溶接電流が通電しないときには、溶接ワイヤ先端と母材との衝突が反復されることになる。特許文献1の発明では、この衝突の反復によって溶接ワイヤ先端のスラグを除去して、アークを発生させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第5230600号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述した従来技術においては、初期期間中に正逆送給制御を行うときに、初期期間中の送給速度の平均値（以下、平均初期送給速度という）が1～3m/分程度になるように設定される。これは、溶接ワイヤが母材と導通して短絡状態になってからアークが発生するまでの時間を短くしてアークスタート性を良好にするためである。

【0009】

初期期間中の正逆送給制御において、溶接ワイヤ先端部のスラグ除去を確実にするためには、溶接ワイヤ先端が母材と接触（衝突）したときの速度を高速にする必要がある。このために、正送期間中の送給速度の最大値（以下、正送ピーク値という）及び逆送期間中の

10

20

30

40

50

送給速度の最大値(以下、逆送ピーク値という)の絶対値は30m/分程度に設定される。例えば、送給速度の波形が、周波数=100Hz、正送ピーク値の絶対値=逆送ピーク値の絶対値=30m/分の台形波のときに、平均初期送給速度を2m/minに設定するためには、正送期間と逆送期間との時間比率を50.33%と微妙に調整することになる。正送期間と逆送期間とが周波数100Hzで高速に切り換えられるために、正送期間と逆送期間との切換時の時間は送給モータの過渡特性によって大きく影響される。この結果、研鑽上は時間比率が上記の数値であれば平均初期送給速度は2m/分になるが、実際には実測して時間比率を微妙に調整することが必要となる。

【0010】

溶接トーチの送給経路の送給抵抗値は、溶接姿勢が変化すると溶接トーチのケーブルの曲り状態が変化するので大きく変化する。また、溶接累積時間が長くなるのに伴い、送給経路に溶接ワイヤの削りカスが堆積して、送給抵抗値が次第に大きくなる。このように、送給経路の送給抵抗値が変動すると、正送期間と逆送期間との切換時間も影響を受けて変動することになる。この結果、送給速度の波形が変化して、平均初期送給速度が変動することになる。

【0011】

このような場合に、特に問題であるのは、平均初期送給速度が適正範囲よりも低速になることである。平均初期送給速度が適正範囲よりも低速になるほど、溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでの時間が長くなり、アークスタートに時間がかかることになるので、生産効率が低下する。さらに、平均初期送給速度が0又は負の値、すなわち、逆送期間に逆送する距離が正送期間に正送する距離と等しくなるか又は長くなると、溶接ワイヤは平均的に停止する状態又は次第に逆送する状態となる。このような状態になると、溶接ワイヤは母材と接触することが不可能となり、アークスタート不良となる。

【0012】

そこで、本発明では、送給経路の送給抵抗値が変動しても、確実にアークスタートさせることができるアーク溶接制御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】

【0013】

上述した課題を解決するために、請求項1の発明は、

溶接を開始する際に、溶接ワイヤの送給開始時点から溶接電流の通電開始時点までの初期期間中は、送給速度を正送期間と逆送期間とに交互に切り換える正逆送給制御を行うアーク溶接制御方法において、

前記初期期間中の前記送給速度の平均値が基準値未満であることを判別したときは、前記送給速度の前記平均値が増加するように前記送給速度の設定信号の波形パラメータを変化させ、

前記判別を、

(1) 前記初期期間の経過時間が予め定めた基準時間以上になったこと、

(2) 前記送給開始時点からの経過時間が前記溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでに予め定めた基準時間に達したこと、

又は、(3) 前記送給開始時点から前記溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでの期間中の送給モータのトルクが予め定めた基準トルク以上になったこと、

のいずれか一つによって行う、

ことを特徴とするアーク溶接制御方法である。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、送給経路の送給抵抗値が変動しても、確実にアークスタートさせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施の形態1に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブ

10

20

30

40

50

ロック図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係るアーク溶接制御方法を示す、初期期間の経過時間が基準時間未満であるときの図1の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。

【図3】本発明の実施の形態1に係るアーク溶接制御方法を示す、初期期間の経過時間が基準時間以上であるときの図1の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。

【図4】本発明の実施の形態2に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブロック図である。

【図5】本発明の実施の形態2に係るアーク溶接制御方法を示す、初期接触期間の経過時間が基準時間以上であるときの図1の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。

10

【図6】本発明の実施の形態3に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブロック図である。

【図7】本発明の実施の形態3に係るアーク溶接制御方法を示す、初期接触期間中の送給モータ電流が第2基準電流値以上であるときの図6の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。

【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実施の形態について説明する。

20

【0020】

[実施の形態1]

図1は、本発明の実施の形態1に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブロック図である。以下、同図を参照して各ブロックについて説明する。

【0021】

電源主回路PMは、3相200V等の商用電源（図示は省略）を入力として、後述する駆動信号Dvに従ってインバータ制御等による出力制御を行い、出力電圧Eを出力する。この電源主回路PMは、図示は省略するが、商用電源を整流する1次整流器、整流された直流を平滑する平滑コンデンサ、平滑された直流を高周波交流に変換する上記の駆動信号Dvによって駆動されるインバータ回路、高周波交流を溶接に適した電圧値に降圧する高周波変圧器、降圧された高周波交流を直流に整流する2次整流器を備えている。

30

【0022】

リアクトルWLは、上記の出力電圧Eを平滑する。このリアクトルWLのインダクタンス値は、例えば200μHである。

【0023】

送給モータWMは、後述する送給制御信号Fcを入力として、正送期間と逆送期間とを交互に切り換えて溶接ワイヤ1を送給速度Fwで送給する。送給モータWMには、過渡特性の良いモータが使用される。溶接ワイヤ1の送給速度Fwの変化率及び送給方向の反転を速くするために、送給モータWMは溶接トーチ4の先端の近くに設置される場合がある。また、送給モータWMを2個使用して、プッシュプル方式の送給系とする場合もある。

40

【0024】

溶接ワイヤ1は、上記の送給モータWMに結合された送給ロール5の回転によって溶接トーチ4内を送給されて、母材2との間にアーク3が発生する。溶接トーチ4内の給電チップ（図示は省略）と母材2との間には溶接電圧Vwが印加し、溶接電流Iwが通電する。

【0025】

出力電圧設定回路ERは、予め定めた出力電圧設定信号Erを出力する。出力電圧検出回路EDは、上記の出力電圧Eを検出し平滑して、出力電圧検出信号Edを出力する。

【0026】

電圧誤差増幅回路EVは、上記の出力電圧設定信号Er及び上記の出力電圧検出信号E

50

dを入力として、出力電圧設定信号E_r(+)と出力電圧検出信号E_d(-)との誤差を増幅して、電圧誤差増幅信号E_vを出力する。この回路によって、溶接電源は定電圧制御される。

【0027】

ホットスタート電流設定回路I_{HR}は、予め定めたホットスタート電流設定信号I_{hr}を出力する。電流検出回路I_Dは、上記の溶接電流I_wを検出して、電流検出信号I_dを出力する。

【0028】

電流誤差増幅回路E_Iは、上記のホットスタート電流設定信号I_{hr}及び上記の電流検出信号I_dを入力として、ホットスタート電流設定信号I_{hr}(+)と電流検出信号I_d(-)との誤差を増幅して、電流誤差増幅信号E_iを出力する。この回路によって、ホットスタート電流が通電する期間(ホットスタート期間)中は溶接電源は定電流制御される。

10

【0029】

電流通電判別回路C_Dは、上記の電流検出信号I_dを入力として、この値がしきい値(10A程度)以上のときは溶接電流I_wが通電していると判別してH_{igh}レベルとなる電流通電判別信号C_dを出力する。

【0030】

電源特性切換回路S_Wは、上記の電流誤差増幅信号E_i、上記の電圧誤差増幅信号E_v及び上記の電流通電判別信号C_dを入力として、電流通電判別信号C_dがH_{igh}レベル(通電)に変化した時点から予め定めたホットスタート期間中は電流誤差増幅信号E_iを誤差増幅信号E_aとして出力し、それ以外の期間中は電圧誤差増幅信号E_vを誤差増幅信号E_aとして出力する。

20

【0031】

電圧検出回路V_Dは、上記の溶接電圧V_wを検出して、電圧検出信号V_dを出力する。短絡判別回路S_Dは、上記の電圧検出信号V_dを入力として、この値が短絡判別値(10V程度)未満のときは短絡期間であると判別してH_{igh}レベルとなり、以上のときはアーク期間であると判別してL_{ow}レベルとなる短絡判別信号S_dを出力する。

【0032】

溶接開始回路S_Tは、溶接電源を起動するときにH_{igh}レベルとなる溶接開始信号S_tを出力する。この溶接開始回路S_Tは、溶接トーチ4の起動スイッチ、溶接工程を制御するP_LC、ロボット制御装置等が相当する。

30

【0033】

駆動回路D_Vは、上記の誤差増幅信号E_a及び上記の溶接開始信号S_tを入力として、溶接開始信号S_tがH_{igh}レベル(溶接開始)のときは誤差増幅信号E_aに基づいてP_{WM}変調制御を行い、上記の電源主回路P_M内のインバータ回路を駆動するための駆動信号D_vを出力する。

【0034】

初期期間タイマ回路S_TIは、上記の溶接開始信号S_t及び上記の電流通電判別信号C_dを入力として、溶接開始信号S_tがH_{igh}レベル(溶接開始)に変化した時点でH_{igh}レベルとなり、電流通電判別信号C_dがH_{igh}レベル(通電)に変化した時点でL_{ow}レベルとなる初期期間タイマ信号S_{ti}を出力する。

40

【0035】

定常正送ピーク値設定回路F_{SCR}は、予め定めた定常正送ピーク値設定信号F_{scr}を出力する。定常逆送ピーク値設定回路F_RC_Rは、予め定めた定常逆送ピーク値設定信号F_rc_rを出力する。

【0036】

定常溶接期間送給速度設定回路F_CRは、上記の短絡判別信号S_d、上記の定常正送ピーク値設定信号F_{scr}及び上記の定常逆送ピーク値設定信号F_rc_rを入力として、短絡判別信号S_dに基づいて正送期間と逆送期間とが切り換えられ、定常正送ピーク値設定信号F_{scr}によって定まる定常正送ピーク値F_{sc}及び定常逆送ピーク値設定信号F_rc_rによって定

50

まる定常逆送ピーク値 F_{rc} から形成される台形波の定常溶接期間送給速度設定信号 F_{cr} を出力する。定常溶接期間送給速度設定信号 F_{cr} については、図 2 で詳述する。

【0037】

初期正送ピーク値設定回路 $F S I R$ は、予め定めた初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} を出力する。初期逆送ピーク値設定回路 $F R I R$ は、予め定めた初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} を出力する。

【0038】

初期周波数設定回路 $S I R$ は、初期期間中の正送期間と逆送期間とを切り換える周波数を設定するための予め定めた初期周波数設定信号 S_{ir} を出力する。

【0039】

初期時間比率設定回路 $D I R$ は、上記の初期期間タイマ信号 S_{ti} を入力として、初期期間タイマ信号 S_{ti} が $H i g h$ レベルに変化してからの経過時間(初期期間の経過時間)を計時し、経過時間が予め定めた基準時間未満のときは予め定めた初期値を初期時間比率設定信号 D_{ir} として出力し、経過時間が上記の基準時間以上になったときは上記の初期値に予め定めた所定値を加算した値を初期時間比率設定信号 D_{ir} として出力する。初期時間比率設定信号 D_{ir} は、初期期間中の正送期間と逆送期間との時間比率を設定する。時間比率 = (正送期間の時間長さ) / (正送期間 + 逆送期間の時間長さ) である。すなわち、初期周波数設定信号 S_{ir} の逆数 $1 / S_{ir}$ によって定まる 1 周期に占める正送期間の時間比率となる。したがって、正送期間の時間長さ = D_{ir} / S_{ir} であり、逆送期間の時間長さ = $(1 - D_{ir}) / S_{ir}$ である。

【0040】

例えば、基準時間は 1.32 秒、初期値は 0.5033、所定値は 0.002 に設定される。この初期値は、以下の場合の数値例である。すなわち、初期期間中の送給速度の波形が、初期正送ピーク値 = 初期逆送ピーク値の絶対値 = 30 m/分の台形波であるときに、平均初期送給速度を 2 m/分に設定するための初期時間比率である。また、上記の所定値の数値例は、平均初期送給速度を約 1 m/分だけ増加させる値である。

【0041】

また、上記の基準時間は、以下のようにして設定される。

- 1) 溶接開始時点における溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値を想定する。
- 2) 次に、平均初期送給速度の適正範囲の最小値を想定する。
- 3) 次に、上記の溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値を上記の平均初期送給速度の最小値で除算して、所要時間を計算する。
- 4) 次に、スラグ除去のために溶接ワイヤ先端と母材との衝突を繰り返す時間の最大値を想定する。
- 5) 次に、所要時間と衝突繰り返し時間の最大値とを加算する。
- 6) そして、この加算時間に余裕分を乗じて、基準時間が算出される。

【0042】

上記の基準時間の数値例は、溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値 = 15 mm、平均初期送給速度の最小値 = 1 m/分、衝突繰り返し時間の最大値 = 0.2 秒(初期周波数 = 100 Hz、繰り返し回数 = 20 回)、余裕分 = 20% としたときの値である。これらのことから、送給開始時点(初期期間の開始時点)からの経過時間が基準時間に達しても、いまだ溶接電流が通電しないときは、送給経路の送給抵抗値が変動して大きくなり、平均初期送給速度が適正範囲の下限値未満になった場合であると推定することができる。したがって、経過時間が基準時間以上になったときは、初期時間比率を所定値だけ大きくして、平均初期送給速度が増加するようにしている。

【0043】

初期期間送給速度設定回路 $F I R$ は、上記の初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} 、上記の初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} 、上記の初期周波数設定信号 S_{ir} 及び上記の初期時間比率設定信号 D_{ir} を入力として、初期周波数設定信号 S_{ir} 及び初期時間比率設定信号 D_{ir} に基づいて正送期間及び逆送期間が定まり、初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} によって初期

10

20

30

40

50

正送ピーク値 F_{si} が定まり、初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} によって初期逆送ピーク値 F_{ri} が定まる台形波の初期期間送給速度設定信号 F_{ir} を出力する。初期期間送給速度設定信号 F_{ir} については、図 2 及び図 3 で詳述する。

【0044】

送給速度設定回路 F_R は、上記の定常溶接期間送給速度設定信号 F_{cr} 、上記の初期期間送給速度設定信号 F_{ir} 及び上記の初期期間タイマ信号 S_{ti} を入力として、初期期間タイマ信号 S_{ti} が H_{igh} レベルである初期期間中は初期期間送給速度設定信号 F_{ir} を送給速度設定信号 F_r として出力し、初期期間タイマ信号 S_{ti} が L_{ow} レベルである定常溶接期間中は定常溶接期間送給速度設定信号 F_{cr} を送給速度設定信号 F_r として出力する。

【0045】

送給制御回路 F_C は、上記の溶接開始信号 S_t 及び上記の送給速度設定信号 F_r を入力として、溶接開始信号 S_t が H_{igh} レベル(溶接開始)のときは送給速度設定信号 F_r の値に相当する送給速度 F_w で溶接ワイヤ 1 を送給するための送給制御信号 F_c を上記の送給モータ WM に出力する。

【0046】

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係るアーク溶接制御方法を示す、初期期間の経過時間が基準時間未満であるときの図 1 の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。すなわち、同図は、送給経路の送給抵抗値が変動する前の比較的小さい場合である。このために、初期期間中の送給速度 F_w の波形は、初期期間送給速度設定信号 F_{ir} の波形とほぼ同一となり、平均初期送給速度 F_i は正の値の所望値となっている。同図 (A) は溶接開始信号 S_t の時間変化を示し、同図 (B) は送給速度 F_w の時間変化を示し、同図 (C) は溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図 (D) は溶接電圧 V_w の時間変化を示し、同図 (E) は電流通電判別信号 C_d の時間変化を示し、同図 (F) は短絡判別信号 S_d の時間変化を示し、同図 (G) は初期期間タイマ信号 S_{ti} の時間変化を示し、同図 (H) は溶接ワイヤ先端と母材表面との距離である溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w の時間変化を示す。以下、同図を参照して溶接開始時における各信号の動作について説明する。

【0047】

同図 (B) に示すように、送給速度 F_w は、0 よりも上側が正送期間となり、下側が逆送期間となる。送給速度 F_w は、初期期間 T_i 中は初期期間送給速度設定信号 F_{ir} によって制御され、所定の周波数で正送期間と逆送期間とが切り換えられる。他方、送給速度 F_w は、定常溶接期間 T_c 中は定常溶接期間送給速度設定信号 F_{cr} によって制御され、短絡期間とアーク期間とに同期して正送期間と逆送期間とが切り換えられる。送給速度 F_w は、台形波状に変化している。送給速度 F_w の平均値は正の値となり、溶接ワイヤ 1 は平均的には正送されている。

【0048】

溶接開始時の時刻 t_1 においては、溶接ワイヤ 1 の先端と母材 2 の表面とは離れているので、同図 (H) に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は正の値となる。時刻 t_1 時点における L_w の値は 2 ～ 15 mm 程度である。同図 (A) に示す溶接開始信号 S_t が H_{igh} レベルとなる時刻 t_1 から同図 (E) に示す電流通電判別信号 C_d が H_{igh} レベルとなる時刻 t_7 までの期間が初期期間 T_i となり、それ以降の期間が定常溶接期間 T_c となる。同図では、上述したように、初期期間 T_i の時間長さが基準時間 T_{it} 未満である場合である。

【0049】

[時刻 $t_1 \sim t_7$ の初期期間 T_i の動作]

時刻 t_1 において、同図 (A) に示すように、溶接開始信号 S_t が H_{igh} レベル(溶接開始)に変化すると、同図 (G) に示すように、初期期間タイマ信号 S_{ti} が H_{igh} レベルに変化して初期期間 T_i が開始する。同時に、溶接電源が起動されるので、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は最大出力電圧値の無負荷電圧値になる。溶接ワイヤ 1 の先端と母材 2 の表面とは離れているので、同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w は通電しな

10

20

30

40

50

い。同時に、同図(B)に示すように、溶接ワイヤ1の送給が開始される。

【0050】

同図(B)に示すように、初期期間 T_i 中の送給速度 F_w に対しては、所定の初期周波数 S_i [Hz]で正送期間と逆送期間とを交互に繰り返す正逆送給制御が行われる。初期周波数 S_i は、初期周波数設定信号 S_{ir} によって設定される。初期期間中の正送期間及び逆送期間は、初期周波数設定信号 S_{ir} 及び初期時間比率設定信号 D_{ir} によって設定される。時刻 $t_1 \sim t_2$ の正送期間中の送給速度 F_w は、0から所定の変化率で加速し、所定の初期正送ピーク値 F_{si} に到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると所定の変化率で0まで減速する。初期正送ピーク値 F_{si} は、初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} によって設定される。時刻 $t_2 \sim t_3$ の逆送期間中の送給速度 F_w は、0から所定の変化率で加速し、所定の負の値である初期逆送ピーク値 F_{ri} に到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると所定の変化率で0まで減速する。初期逆送ピーク値 F_{ri} は、初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} によって設定される。時刻 $t_1 \sim t_3$ の期間が1周期となり、初期周波数 S_i の逆数 $1/S_i$ となる。

【0051】

同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は、時刻 $t_1 \sim t_2$ の正送期間中は次第に短くなり、時刻 $t_2 \sim t_3$ の逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻 t_3 時の L_w の値は、時刻 t_1 時点の L_w の値よりも短くなっている。これは、1周期あたりの送給速度 F_w の平均値が正の値になるように波形パラメータが調整されているからである。この初期期間 T_i 中の送給速度 F_w の平均値が平均初期送給速度 F_i である。時刻 $t_3 \sim t_4$ の周期においても、上記と同様の動作を繰り返す。

【0052】

同図(B)に示すように、時刻 $t_4 \sim t_5$ の正送期間中の時刻 t_{41} において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と接触（衝突）すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。しかし、溶接ワイヤ1の先端にスラグが付着しているために、非導通接触状態となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w は通電せず、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は無負荷電圧値のままである。時刻 $t_{41} \sim t_5$ の正送期間中の溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0のままである。続く時刻 $t_5 \sim t_6$ の逆送期間中は、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0から次第に長くなる。

【0053】

同図(B)に示すように、時刻 t_6 からの正送期間中の時刻 t_7 において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と再び接触（衝突）すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ1の先端に付着したスラグは時刻 $t_{41} \sim t_5$ の1回目の接触（衝突）によって削り取られて除去されたために、今回の接触では導通接触状態（短絡状態）となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w が通電を開始し、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は、無負荷電圧値から低下して数Vの短絡電圧値となる。これに応動して、時刻 t_7 において、同図(E)に示すように、電流通電判別信号 C_d が H_{igh} レベル（通電）となるので、同図(G)に示すように、初期期間タイマ信号 S_{ti} が L_{ow} レベルに変化して初期期間 T_i が終了する。時刻 t_7 において、同図(F)に示すように、短絡判別信号 S_d は H_{igh} レベル（短絡）となる。

【0054】

同図においては、時刻 t_1 に送給を開始してから時刻 t_{41} に1回目の接触（衝突）が発生するまでの期間を3回目の周期の途中として描画しているが、実際には数十周期が含まれることになる。また、同図においては、2回目の接触（衝突）によってスラグが削り取られて導通状態となった場合であるが、スラグ付着状態がひどいときには十数回の接触を繰り返す場合もある。溶接ワイヤ1の先端にスラグがほとんど付着していないときには、1回目の接触で導通状態となる場合もある。すなわち、本実施の形では、スラグ付着状態がひどいとき又は少ないときに関わらず、必ず導通状態に導くことができる。

【0055】

[時刻 t_7 以降の定常溶接期間 T_c の動作]

時刻 t_7 において短絡状態となると、同図 (C) に示すように、予め定めたホットスタート電流値 (200~500 A 程度) の溶接電流 I_w が通電する。ホットスタート電流は、時刻 $t_7 \sim t_{91}$ の予め定めたホットスタート期間中通電する。

【0056】

時刻 t_7 に電流通電判別信号 C_d が $H_i g h$ レベルに変化してから予め定めた遅延期間が経過した時刻 t_8 において、同図 (B) に示すように、送給速度 F_w は正送から逆送に切り換えられて、所定の定常逆送ピーク値 F_{rc} まで急加速し、その値を維持する。上記の遅延期間は 1~10 ms 程度に設定される。遅延期間を 0 にして、遅延しないようにしても良い。この遅延は、溶接ワイヤ 1 が母材 2 に接触したときに、初期アークを円滑に発生させるために設けている。

10

【0057】

時刻 t_9 において上記のホットスタート電流の通電によって、アーク 3 が発生すると、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は数十 V のアーク電圧値に急増し、これに応動して、同図 (F) に示すように、短絡判別信号 S_d は $L o w$ レベル (アーク) に変化する。逆送ピーク期間中に短絡判別信号 S_d が $L o w$ レベル (アーク) に変化すると、同図 (B) に示すように、送給速度 F_w は正送期間への移行を開始する。送給速度 F_w は、時刻 t_9 から所定の変化率で減速されて、時刻 t_{10} において 0 となる。逆送減速期間中の時刻 t_{91} において、同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w はホットスタート電流値からアーク負荷に応じて変化するアーク電流値に減少する。上述したように、時刻 $t_7 \sim t_{91}$ のホットスタート期間は所定値であるので、ホットスタート期間が終了する時点において、送給速度 F_w がどの期間になっているかは不確定である。時刻 $t_9 \sim t_{11}$ の期間がアーク期間となる。

20

【0058】

時刻 t_{10} から正送期間に入り、所定の変化率で 0 から加速され、所定の定常正送ピーク値 F_{sc} に達するとその値を維持する。正送ピーク期間中の時刻 t_{11} において、短絡が発生すると、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は数 V の短絡電圧値に急減し、同図 (F) に示すように、短絡判別信号 S_d は $H_i g h$ レベル (短絡) に変化する。これに応動して、同図 (B) に示すように、送給速度 F_w は逆送期間への移行を開始する。送給速度 F_w は、時刻 $t_{11} \sim t_{12}$ の期間中に所定の変化率で減速して 0 となる。同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w は時刻 $t_{11} \sim t_{13}$ の短絡期間中に次第に増加する。

30

【0059】

時刻 t_{12} から逆送期間に入り、所定の変化率で 0 から加速され、所定の定常逆送ピーク値 F_{rc} に達するとその値を維持する。時刻 t_{13} において、逆送によってアークが発生すると、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は数十 V のアーク電圧値に急増し、同図 (F) に示すように、短絡判別信号 S_d は $L o w$ レベル (アーク) に変化する。これに応動して、同図 (B) に示すように、送給速度 F_w は正送期間への移行を開始する。送給速度 F_w は、時刻 $t_{13} \sim t_{14}$ の期間中に所定の変化率で減速して 0 となる。同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w はアーク期間中に次第に減少する。

【0060】

これ以降は、時刻 $t_{10} \sim t_{14}$ の動作を繰り返す。時刻 t_7 からの溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w の変化は以下のようなになる。初めて導通状態 (短絡状態) になる時刻 t_7 からアークが発生する時刻 t_9 までは、 $L_w = 0$ となる。時刻 $t_9 \sim t_{10}$ の逆送減速期間中は、 L_w の値は 0 から次第に長くなる。時刻 $t_{10} \sim t_{11}$ までの正送期間中は、 L_w の値は次第に短くなり 0 となる。時刻 $t_{11} \sim t_{13}$ の期間中は、 L_w の値は 0 のままである。時刻 $t_{13} \sim t_{14}$ の逆送減速期間中は、 L_w の値は次第に長くなる。

40

【0061】

図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係るアーク溶接制御方法を示す、初期期間の経過時間が基準時間以上であるときの図 1 の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。すなわち、同図は、送給経路の送給抵抗値が変動によって大きくなった場合である。このために、初期期間中の送給速度 F_w の波形は、初期期間送給速度設定信号

50

Firの波形から変化が緩やかになるように変形しており、平均初期送給速度Fiは負の値となっている。同図(A)は溶接開始信号Stの時間変化を示し、同図(B)は送給速度Fwの時間変化を示し、同図(C)は溶接電流Iwの時間変化を示し、同図(D)は溶接電圧Vwの時間変化を示し、同図(E)は電流通電判別信号Cdの時間変化を示し、同図(F)は短絡判別信号Sdの時間変化を示し、同図(G)は初期期間タイマ信号Stiの時間変化を示し、同図(H)は溶接ワイヤ先端と母材表面との距離である溶接ワイヤ先端・母材間距離Lwの時間変化を示す。同図において、図2と同一事項の説明は繰り返さない。以下、同図を参照して溶接開始時における各信号の動作について説明する。

【0062】

初期期間Ti中の送給速度Fwは、初期期間送給速度設定信号Firによって制御され、所定の周波数で正送期間と逆送期間とが切り換えられる。上述したように、同図は、送給抵抗値が変動によって大きくなった場合であるので、送給速度Fwの波形は、初期期間送給速度設定信号Firの波形から変化が緩やかになった波形となっている。したがって、図2と同図では、初期期間送給速度設定信号Firは同一波形であるが、送給速度FWの波形は異なっている。同図(B)に示すように、時刻t1～t2の周期において、正送期間及び逆送期間の加速時と減速時の変化が図2(B)のときよりも緩やかになっている。かつ、正送期間中の加速時及び減速時の変化が、逆送期間中の加速時及び減速時の変化よりもさらに緩やかになっている。この結果、平均初期送給速度Fiが負の値となり、溶接ワイヤは平均的には逆送されていることになる。このようになるのは、初期正送ピーク値Fsi及び初期逆送ピーク値Friが30m/分であり、平均初期送給速度Fiが2m/分と、両値に大きな差があるために、波形が少し変形しただけでも平均初期送給速度Fiに大きく影響するためである。

【0063】

溶接開始時の時刻t1においては、溶接ワイヤ1の先端と母材2の表面とは離れているので、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離Lwは正の値となる。同図(A)に示す溶接開始信号StがHighレベルとなる時刻t1から同図(E)に示す電流通電判別信号CdがHighレベルとなる時刻t7までの期間が初期期間Tiとなり、それ以降の期間が定常溶接期間Tcとなる。同図では、時刻t1からの初期期間Tiの経過時間が、溶接電流Iwが通電を開始する時刻t7よりも前の時刻t3において基準時間Titに達した場合である。

【0064】

[時刻t1～t7の初期期間Tiの動作]

時刻t1において、同図(A)に示すように、溶接開始信号StがHighレベル(溶接開始)に変化すると、同図(G)に示すように、初期期間タイマ信号StiがHighレベルに変化して初期期間Tiが開始する。同時に、溶接電源が起動されるので、同図(D)に示すように、溶接電圧Vwは最大出力電圧値の無負荷電圧値になる。溶接ワイヤ1の先端と母材2の表面とは離れているので、同図(C)に示すように、溶接電流Iwは通電しない。同時に、同図(B)に示すように、溶接ワイヤ1の送給が開始される。

【0065】

時刻t1～t2の周期において、正送期間中の送給速度Fwは、0から加速し、所定の初期正送ピーク値Fsiに到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると0まで減速する。初期正送ピーク値Fsiは、初期正送ピーク値設定信号Fsirによって設定される。時刻t1～t2の周期において、逆送期間中の送給速度Fwは、0から加速し、所定の負の値である初期逆送ピーク値Friに到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると0まで減速する。初期逆送ピーク値Friは、初期逆送ピーク値設定信号Frirによって設定される。

【0066】

同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離Lwは、時刻t1～t2の周期中の正送期間中は次第に短くなり、逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻t2時点でのLwの値は、時刻t1時点でのLwの値よりも長くなっている。これは、1周期あたりの

送給速度 F_w の平均値 (平均初期送給速度 F_i) が負の値になっているためである。時刻 $t_2 \sim t_3$ の周期についても、時刻 $t_1 \sim t_2$ の周期と同様である。

【0067】

時刻 t_3 において、初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} に達したために、初期時間比率設定信号 Dir の値が所定値だけ大きくなる。この結果、1 周期に占める正送期間の比率が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が所定値だけ増加して正の値に変化する。したがって、時刻 $t_3 \sim t_4$ の周期において、正送期間が長くなり、逆送期間が短くなる。同図 (H) に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は、正送期間中は次第に短くなり、逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻 t_3 時点での L_w の値は時刻 t_4 時点での L_w の値よりも短くなる。すなわち、溶接ワイヤは平均的には正送されることになり、溶接ワイヤ 1 の先端は次第に母材に近づくことになる。

10

【0068】

同図 (B) に示すように、時刻 $t_4 \sim t_5$ の正送期間中の時刻 t_{41} において、溶接ワイヤ 1 の先端が母材 2 の表面と接触 (衝突) すると、同図 (H) に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。しかし、溶接ワイヤ 1 の先端にスラグが付着しているために、非導通接触状態となる。このために、同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w は通電せず、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は無負荷電圧値のままである。時刻 $t_{41} \sim t_5$ の正送期間中の溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は 0 のままである。続く時刻 $t_5 \sim t_6$ の逆送期間中は、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は 0 から次第に長くなる。

【0069】

20

同図 (B) に示すように、時刻 t_6 からの正送期間中の時刻 t_7 において、溶接ワイヤ 1 の先端が母材 2 の表面と再び接触 (衝突) すると、同図 (H) に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ 1 の先端に付着したスラグは時刻 $t_{41} \sim t_5$ の 1 回目の接触 (衝突) によって削り取られて除去されたために、今回の接触では導通接触状態 (短絡状態) となる。このために、同図 (C) に示すように、溶接電流 I_w が通電を開始し、同図 (D) に示すように、溶接電圧 V_w は、無負荷電圧値から低下して数 V の短絡電圧値となる。これに応動して、時刻 t_7 において、同図 (E) に示すように、電流通電判別信号 C_d が $High$ レベル (通電) となるので、同図 (G) に示すように、初期期間タイマ信号 Sti が Low レベルに変化して初期期間 T_i が終了する。時刻 t_7 において、同図 (F) に示すように、短絡判別信号 S_d は $High$ レベル (短絡) となる。

30

【0070】

同図においては、時刻 t_1 に送給を開始してから時刻 t_3 に初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} に達するまでの期間、及び時刻 t_3 から時刻 t_{41} に 1 回目の接触 (衝突) が発生するまでの期間は、実際にはそれぞれ数十周期となる。また、同図においては、2 回目の接触 (衝突) によってスラグが削り取られて導通状態となった場合であるが、スラグ付着状態がひどいときには十数回の接触を繰り返す場合もある。溶接ワイヤ 1 の先端にスラグがほとんど付着していないときには、1 回目の接触で導通状態となる場合もある。本実施の形態では、溶接ワイヤ 1 の先端がスラグ付着状態であっても、必ず導通状態に導くことができる。

【0071】

40

時刻 t_7 以降の定常溶接期間 T_c の動作については、図 2 と同様であるので、説明は繰り返さない。

【0072】

上述した実施の形態 1 においては、初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} に達すると、初期期間送給速度設定信号 F_{ir} の波形パラメータを変化させて、平均初期送給速度 F_i が増加するようにしている。実施の形態 1 では、波形パラメータが正送期間と逆送期間との時間比率 (初期時間比率設定信号 Dir) である場合であるが、初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} 又は初期逆送ピーク値 F_{rir} であっても良く、これらのパラメータの組み合わせであっても良い。

【0073】

50

波形パラメータとして初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} を使用するとき、図 1 の初期正送ピーク値設定回路 $F S I R$ を以下の回路に置換すれば良い。

初期正送ピーク値設定回路 $F S I R$ は、上記の初期期間タイマ信号 Sti を入力として、初期期間タイマ信号 Sti が $H i g h$ レベルに変化してからの経過時間(初期期間の経過時間)を計時し、経過時間が上記の基準時間未満のときは予め定めた初期値を初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} として出力し、経過時間が上記の基準時間以上になったときは上記の初期値に予め定めた所定値を加算した値を初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} として出力する。例えば、基準時間は 1.32 秒、初期値は 30 m/分、所定値は 2 m/分に設定される。

【0074】

波形パラメータとして初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} を使用するとき、図 1 の初期逆送ピーク値設定回路 $F R I R$ を以下の回路に置換すれば良い。

初期逆送ピーク値設定回路 $F R I R$ は、上記の初期期間タイマ信号 Sti を入力として、初期期間タイマ信号 Sti が $H i g h$ レベルに変化してからの経過時間(初期期間の経過時間)を計時し、経過時間が上記の基準時間未満のときは予め定めた初期値を初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} として出力し、経過時間が上記の基準時間以上になったときは上記の初期値に予め定めた負の値の所定値を加算した値を初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} として出力する。例えば、基準時間は 1.32 秒、初期値は -30 m/分、所定値は -2 m/分に設定される。

【0075】

上述した実施の形態 1 においては、送給速度 F_w が台形波である場合であるが、正弦波、三角波等の波形であっても良い。

【0076】

以下、実施の形態 1 の作用効果について説明する。実施の形態 1 では、変動によって送給抵抗値が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が基準値(適正範囲の下限值)未満になったことを、初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} 以上になったことによって判別している。比較的送給抵抗値が小さい場合は、初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} 未満で溶接電流 I_w の通電が開始する(図 2)。この場合には、初期期間中の送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形は、初期値のままであり、平均初期送給速度 F_i は適正範囲となる。そして、この場合には、スラグを除去して良好なアークスタートとなる。

【0077】

変動によって送給抵抗値が大きくなると、初期期間 T_i の経過時間が基準時間 T_{it} に達しても溶接電流 I_w は通電を開始しない(図 3)。このような状態は、送給抵抗値が大きくなった影響を受けて送給速度 F_w の変化が緩やかになったためであり、平均初期送給速度 F_i は基準値未満になっている。平均初期送給速度 F_i が 0 又は負の値になっていることもある。このまま放置しておけば、溶接ワイヤ 1 はいつまで経っても母材 2 と接触せず、アークスタート不良となる。実施の形態 1 では、このような場合には、送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形パラメータを変化させて、平均初期送給速度 F_i が適正範囲になるようにしている。これにより、送給抵抗値が変動しても、溶接ワイヤ 1 を確実に母材 2 と接触させることができ、アークスタート不良を防止することができる。

【0078】

平均初期送給速度 F_i を、送給モータ WM の回転数を検出し、この回転数から算出することが考えられる。しかし、回転数から算出される送給速度の平均値は平均初期送給速度 F_i とは異なっている。送給速度 F_w は溶接トーチ先端部における溶接ワイヤの実際の速度であり、送給抵抗の影響を受けて変化する。溶接トーチ先端部における溶接ワイヤの速度を直接測定することは困難である。

【0079】

上述した実施の形態 1 によれば、初期期間中の送給速度の平均値が基準値未満であることを判別したときは、送給速度の平均値が増加するように、送給速度の設定信号の波形パラメータを変化させる。ここで、送給速度の平均値を増加させるとは、元の平均値が負の値であるときは正の値にすることであり、0 以上であるときはその値を大きくすることで

10

20

30

40

50

ある。判別は、初期期間の経過時間が予め定めた基準時間以上になったことによって行われる。これにより、実施の形態1では、送給経路の送給抵抗値が変動しても、確実にアークスタートさせることができる。

【0080】

[実施の形態2]

実施の形態2の発明は、平均初期送給速度が基準値未満になったことの判別を、送給開始時点から溶接ワイヤが母材と接触するまでの経過時間が予め定めた基準時間以上になったことによって行うものである。

【0081】

図4は、本発明の実施の形態2に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブロック図である。同図は上述した図1と対応しており、同一ブロックには同一符号を付してそれらの説明は繰り返さない。同図は、図1にモータ電流検出回路IMD及び初期接触期間タイマ回路STSを追加し、図1の初期時間比率設定回路DIRを第2初期時間比率設定回路DIR2に置換したものである。以下、同図を参照してこれらのブロックについて説明する。

【0082】

モータ電流検出回路IMDは、送給モータWMのモータ電流を検出して清流・平滑し、モータ電流検出信号Imdを出力する。このモータ電流検出信号Imdは、正送期間と逆送期間との1周期当たりの平均電流値を検出していることになる。したがって、モータ電流検出信号Imdは、正送期間と逆送期間との1周期当たりの平均トルクを検出していることになる。

【0083】

初期接触期間タイマ回路STSは、上記の初期期間タイマ信号Sti及び上記のモータ電流検出信号Imdを入力として、初期期間タイマ信号StiがHighレベル(初期期間)になるとHighレベルに変化し、モータ電流検出信号Imdの値が予め定めた基準電流値以上になるとLowレベルに変化する初期接触期間タイマ信号Stsを出力する。したがって、初期接触期間タイマ信号Stsは、送給開始時点でHighレベルとなり、溶接ワイヤ1の先端が母材2と接触してトルクが大きくなり、モータ電流検出信号Imdの値が基準電流値以上になるとLowレベルに変化する信号である。

【0084】

第2初期時間比率設定回路DIR2は、上記の初期接触期間タイマ信号Stsを入力として、初期接触期間タイマ信号StsがHighレベルに変化してからの経過時間を計時し、経過時間が予め定めた基準時間未満のときは予め定めた初期値を初期時間比率設定信号Dirとして出力し、経過時間が上記の基準時間以上になったときは上記の初期値に予め定めた所定値を加算した値を初期時間比率設定信号Dirとして出力する。

【0085】

第2初期時間比率設定回路DIR2において、基準時間は、以下のようにして設定される。但し、初期接触期間Tsは溶接ワイヤが最初に母材と接触するまでの期間であるので、図1とは異なり、スラグ除去のために溶接ワイヤ先端と母材との衝突を繰り返す時間を考慮する必要はない。

- 1) 溶接開始時点における溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値を想定する。
- 2) 次に、平均初期送給速度の適正範囲の最小値を想定する。
- 3) 次に、上記の溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値を上記の平均初期送給速度の最小値で除算して、所要時間を計算する。
- 4a) そして、この所要時間に余裕分を乗じて、基準時間が算出される。

【0086】

基準時間は、例えば1.08秒に設定される。この数値例は、溶接ワイヤ先端・母材間距離の最大値=15mm、平均初期送給速度の最小値=1m/分、余裕分=20%としたときの値である。これらのことから、送給開始時点(初期接触期間の開始時点)からの経過時間が基準時間に達しても、いまだ溶接電流が通電しないときは、送給経路の送給抵抗値

が変動して大きくなり、平均初期送給速度 F_i が適正範囲の下限值未満になった場合であると推定することができる。したがって、経過時間が基準時間以上になったときは、初期時間比率を所定値だけ大きくして、平均初期送給速度が増加するようにしている。

【0087】

本発明の実施の形態2に係るアーク溶接制御方法において、初期接触期間の経過時間が基準時間未満であるときの図4の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートは、図2と同一であるので、説明は繰り返さない。

【0088】

図5は、本発明の実施の形態2に係るアーク溶接制御方法を示す、初期接触期間の経過時間が基準時間以上であるときの図4の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。すなわち、同図は、送給経路の送給抵抗値が変動によって大きくなった場合である。このために、初期期間中の送給速度 F_w の波形は、初期期間送給速度設定信号 F_{ir} の波形から変化が緩やかになるように変形しており、平均初期送給速度 F_i は負の値となっている。同図(A)は溶接開始信号 S_t の時間変化を示し、同図(B)は送給速度 F_w の時間変化を示し、同図(C)は溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図(D)は溶接電圧 V_w の時間変化を示し、同図(E)は電流通電判別信号 C_d の時間変化を示し、同図(F)は短絡判別信号 S_d の時間変化を示し、同図(G)は初期期間タイマ信号 S_{ti} の時間変化を示し、同図(H)は溶接ワイヤ先端と母材表面との距離である溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w の時間変化を示し、同図(I)は初期接触期間タイマ信号 S_{ts} の時間変化を示す。同図は上述した図3と対応しており、同一事項の説明は繰り返さない。以下、同図を参照して溶接開始時における各信号の動作について説明する。

【0089】

[時刻 $t_1 \sim t_7$ の初期期間 T_i の動作]

時刻 $t_1 \sim t_3$ の期間中の動作は図3と同一であるので、説明は繰り返さない。

【0090】

時刻 t_3 において、初期接触期間 T_s の経過時間が基準時間 T_{it} に達したために、初期時間比率設定信号 D_{ir} の値が所定値だけ大きくなる。この結果、1周期に占める正送期間の比率が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が正の値に変化する。したがって、時刻 $t_3 \sim t_4$ の周期において、正送期間が長くなり、逆送期間が短くなる。同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は、正送期間中は次第に短くなり、逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻 t_3 時点での L_w 値は時刻 t_4 時点での L_w 値よりも短くなる。すなわち、溶接ワイヤは平均的には正送されることになり、溶接ワイヤ先端は次第に母材に近づくことになる。

【0091】

同図(B)に示すように、時刻 $t_4 \sim t_5$ の正送期間中の時刻 t_{41} において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と接触（衝突）すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ先端が母材と接触すると、正送が阻止される状態となるので、送給モータ WM のトルクが大きくなる。このために、モータ電流検出信号 I_{md} の値が増加して、基準電流値以上となる。これに応動して、同図(I)に示すように、初期接触期間タイマ信号 S_{ts} は Low レベルに変化する。溶接ワイヤ1の先端が母材2と接触しても、溶接ワイヤ1の先端にスラグが付着しているために、非導通接触状態となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w は通電せず、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は無負荷電圧値のままである。時刻 $t_{41} \sim t_5$ の正送期間中の溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0のままである。続く時刻 $t_5 \sim t_6$ の逆送期間中は、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0から次第に長くなる。

【0092】

同図(B)に示すように、時刻 t_6 からの正送期間中の時刻 t_7 において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と再び接触（衝突）すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ1の先端に付着したスラグは時刻 $t_{41} \sim t_5$ の1回目の接触（衝突）によって削り取られて除去されたために、今回の接触では導通接

触状態(短絡状態)となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w が通電を開始し、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は、無負荷電圧値から低下して数 V の短絡電圧値となる。これに応動して、時刻 t_7 において、同図(E)に示すように、電流通電判別信号 C_d が $H i g h$ レベル(通電)となるので、同図(G)に示すように、初期期間タイマ信号 S_{ti} が $L o w$ レベルに変化して初期期間 T_i が終了する。時刻 t_7 において、同図(F)に示すように、短絡判別信号 S_d は $H i g h$ レベル(短絡)となる。

【0093】

同図においては、時刻 t_1 に送給を開始してから時刻 t_3 に初期接触期間 T_s の経過時間が基準時間 T_{it} に達するまでの期間、及び時刻 t_3 から時刻 t_{41} に1回目の接触(衝突)が発生するまでの期間は、実際にはそれぞれ数十周期となる。また、同図においては、2回目の接触(衝突)によってスラグが削り取られて導通状態となった場合であるが、スラグ付着状態がひどいときには十数回の接触を繰り返す場合もある。溶接ワイヤ1の先端にスラグがほとんど付着していないときには、1回目の接触で導通状態となる場合もある。本実施の形態では、溶接ワイヤ1の先端部がスラグ付着状態であっても、必ず導通状態に導くことができる。

【0094】

時刻 t_7 以降の定常溶接期間 T_c の動作については、図2と同様であるので、説明は繰り返さない。

【0095】

以下、実施の形態2の作用効果について説明する。実施の形態2では、変動によって送給抵抗値が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が基準値(適正範囲の下限値)未満になったことを、初期接触期間 T_s の経過時間が基準時間 T_{it} 以上になったことによって判別している。比較的送給抵抗値が小さい場合は、初期接触期間 T_s の経過時間が基準時間 T_{it} 未満で溶接電流 I_w の通電を開始する(図2)。この場合には、初期期間中の送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形は、初期値のままであり、平均初期送給速度 F_i は適正範囲となる。そして、この場合には、スラグを除去して良好なアークスタートとなる。

【0096】

変動によって送給抵抗値が大きくなると、初期接触期間 T_s の経過時間が基準時間 T_{it} に達しても溶接電流 I_w は通電を開始しない(図5)。このような状態は、送給抵抗値が大きくなった影響を受けて送給速度 F_w の変化が緩やかになったためであり、平均初期送給速度 F_i は基準値未満になっている。平均初期送給速度 F_i が0又は負の値になっていることもある。このまま放置しておけば、溶接ワイヤ1はいつまで経っても母材2と接触せず、アークスタート不良となる。実施の形態2では、このような場合には、送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形パラメータを変化させて、平均初期送給速度 F_i を増加させて適正範囲になるようにしている。これにより、送給抵抗値が変動しても、溶接ワイヤ1を確実に母材2と接触させることができ、アークスタート不良を防止することができる。さらに、本実施の形態では、実施の形態1のときのように衝突繰り返し時間を考慮する必要がなく、溶接ワイヤ1が最初に母材2と接触するまでの経過時間で判別することができる。このために、本実施の形態では、実施の形態1よりも迅速にかつ確実に、平均初期送給速度 F_i が基準値未満になったことを判別することができる。

【0097】

上述した実施の形態2によれば、初期期間中の送給速度の平均値が基準値未満であることを判別したときは、送給速度の平均値が増加するように、送給速度の設定信号の波形パラメータを変化させる。判別は、初期接触期間の経過時間が予め定めた基準時間以上になったことによって行われる。これにより、実施の形態2では、送給経路の送給抵抗値が変動しても、実施の形態1よりも迅速にかつ確実にアークスタートさせることができる。

【0098】

[実施の形態3]

実施の形態3の発明は、平均初期送給速度が基準値未満になったことの判別を、送給開始時点から溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでの期間中の送給モータのトルクが予め

10

20

30

40

50

定めた基準トルク以上になったことによって行うものである。

【0099】

図6は、本発明の実施の形態3に係るアーク溶接制御方法を実施するための溶接電源のブロック図である。同図は上述した図4と対応しており、同一ブロックには同一符号を付してそれらの説明は繰り返さない。同図は、図4にトルク比較回路CMを追加し、図4の第2初期時間比率設定回路DIR2を第3初期時間比率設定回路DIR3に置換したものである。以下、同図を参照してこれらのブロックについて説明する。

【0100】

トルク比較回路CMは、上記のモータ電流検出信号Imd及び上記の初期接触期間タイマ信号Stsを入力として、初期接触期間タイマ信号StsがHighレベルであるときに、モータ電流検出信号Imdの値が予め定めた第2基準電流値以上になるとHighレベルとなるトルク比較信号Cmを出力する。モータ電流検出信号Imdは、上述したように、送給モータWMの平均トルクと比例関係にあり、第2基準電流値は平均初期送給速度Fiが基準値未満となるとき送給抵抗値に対応した基準トルクとなる。したがって、このトルク比較信号Cmは、初期接触期間Ts中の送給モータWMのトルクが基準トルク以上になるとHighレベルになる信号である。

【0101】

上記の第2基準電流値は、図4の第2初期時間比率設定回路DIR2における基準電流値よりも小さな値に設定される。すなわち、第2基準電流値は、送給抵抗値が大きくなり平均初期送給速度Fiが基準値未満となるとき送給モータWMのトルクに基づいて設定される。このトルクは、溶接ワイヤが母材と接触したときのトルクよりも小さいので、第2基準電流値<基準電流値となる。

【0102】

第3初期時間比率設定回路DIR3は、上記の初期接触期間タイマ信号Sts及び上記のトルク比較信号Cmを入力として、初期接触期間タイマ信号StsがHighレベルであるときに、トルク比較信号CmがLowレベルであるときは予め定めた初期値を初期時間比率設定信号Dirとして出力し、トルク比較信号CmがHighレベルになると上記の初期値に予め定めた所定値を加算した値を初期時間比率設定信号Dirとして出力する。

【0103】

本発明の実施の形態3に係るアーク溶接制御方法において、初期接触期間中の送給モータのトルクが第2基準電流値未満であるときの図6の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートは、図2と同一であるので、説明は繰り返さない。

【0104】

図7は、本発明の実施の形態3に係るアーク溶接制御方法を示す、初期接触期間中の送給モータ電流が第2基準電流値以上であるときの図6の溶接電源における溶接開始時の各信号のタイミングチャートである。すなわち、同図は、送給経路の送給抵抗値が変動によって大きくなった場合である。このために、初期期間中の送給速度Fwの波形は、初期期間送給速度設定信号Firの波形から変化が緩やかになるように変形しており、平均初期送給速度Fiは負の値となっている。同図(A)は溶接開始信号Stの時間変化を示し、同図(B)は送給速度Fwの時間変化を示し、同図(C)は溶接電流Iwの時間変化を示し、同図(D)は溶接電圧Vwの時間変化を示し、同図(E)は電流通電判別信号Cdの時間変化を示し、同図(F)は短絡判別信号Sdの時間変化を示し、同図(G)は初期期間タイマ信号Stiの時間変化を示し、同図(H)は溶接ワイヤ先端と母材表面との距離である溶接ワイヤ先端・母材間距離Lwの時間変化を示し、同図(I)はトルク比較信号Cmの時間変化を示す。同図は上述した図5と対応しており、同一事項の説明は繰り返さない。以下、同図を参照して溶接開始時における各信号の動作について説明する。

【0105】

[時刻t1～t7の初期期間Tiの動作]

時刻t1において、同図(A)に示すように、溶接開始信号StがHighレベル(溶接開始)に変化すると、同図(G)に示すように、初期期間タイマ信号StiがHighレベル

に変化して初期期間 T_i が開始する。同時に、図示していないが、初期接触期間タイマ信号 S_{ts} が H_{igh} レベルに変化して、初期接触期間 T_s が開始する。

【0106】

時刻 $t_1 \sim t_2$ の周期中において、正送期間中の送給速度 F_w は、0 から加速し、所定の初期正送ピーク値 F_{si} に到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると0まで減速する。初期正送ピーク値 F_{si} は、初期正送ピーク値設定信号 F_{sir} によって設定される。時刻 $t_1 \sim t_2$ の周期中において、逆送期間中の送給速度 F_w は、0 から加速し、所定の負の値である初期逆送ピーク値 F_{ri} に到達するとその値を維持し、所定の期間が経過すると0まで減速する。初期逆送ピーク値 F_{ri} は、初期逆送ピーク値設定信号 F_{rir} によって設定される。

10

【0107】

同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は、時刻 $t_1 \sim t_2$ の1周期中の正送期間中は次第に短くなり、逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻 t_2 時点での L_w の値は、時刻 t_1 時点での L_w の値よりも長くなっている。これは、1周期あたりの送給速度 F_w の平均値(平均初期送給速度 F_i)が負の値になっているためである。

【0108】

時刻 $t_1 \sim t_2$ の周期中は、図示していないモータ電流検出信号 I_{md} の値は平滑されているので、次第に増加する。このために、モータ電流検出信号 I_{md} の値が第2基準電流値未満となり、同図(I)に示すように、トルク比較信号 C_m は L_{ow} レベルのままとなる。

【0109】

20

時刻 t_2 において、送給抵抗値が大きいためにモータ電流検出信号 I_{md} の値が第2基準電流値以上となるので、同図(I)に示すように、トルク比較信号 C_m が H_{igh} レベルに変化する。これに応動して、初期時間比率設定信号 Dir の値が所定値だけ大きくなる。この結果、1周期に占める正送期間の比率が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が増加して正の値に変化する。したがって、時刻 $t_2 \sim t_3$ の周期において、正送期間が長くなり、逆送期間が短くなる。同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は、正送期間中は次第に短くなり、逆送期間中は次第に長くなる。但し、時刻 t_2 時点での L_w の値は時刻 t_3 時点での L_w の値よりも短くなる。すなわち、溶接ワイヤ1は平均的には正送されることになり、溶接ワイヤ1の先端は次第に母材2に近づくことになる。時刻 $t_3 \sim t_4$ の期間の動作も時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間と同様である。

30

【0110】

同図(B)に示すように、時刻 $t_4 \sim t_5$ の正送期間中の時刻 t_{41} において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と接触(衝突)すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ先端が母材と接触すると、正送が阻止される状態となるので、送給モータ WM のトルクが大きくなる。このために、モータ電流検出信号 I_{md} の値が増加して、基準電流値以上となる。これに応動して、図示していないが、初期接触期間タイマ信号 S_{ts} は L_{ow} レベルに変化する。これにより、初期接触期間 T_s が終了する。溶接ワイヤ1の先端が母材2と接触しても、溶接ワイヤ1の先端にスラグが付着しているために、非導通接触状態となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w は通電せず、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は無負荷電圧値のままである。時刻 $t_{41} \sim t_5$ の正送期間中の溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0のままである。続く時刻 $t_5 \sim t_6$ の逆送期間中は、溶接ワイヤ先端・母材間距離 L_w は0から次第に長くなる。

40

【0111】

同図(B)に示すように、時刻 t_6 からの正送期間中の時刻 t_7 において、溶接ワイヤ1の先端が母材2の表面と再び接触(衝突)すると、同図(H)に示すように、溶接ワイヤ先端・母材間距離 $L_w = 0$ となる。溶接ワイヤ1の先端に付着したスラグは時刻 $t_{41} \sim t_5$ の1回目の接触(衝突)によって削り取られて除去されたために、今回の接触では導通接触状態(短絡状態)となる。このために、同図(C)に示すように、溶接電流 I_w が通電を開始し、同図(D)に示すように、溶接電圧 V_w は、無負荷電圧値から低下して数Vの短絡電

50

圧値となる。これに応動して、時刻 t_7 において、同図(E)に示すように、電流通電判別信号 C_d が $H_i g h$ レベル(通電)となるので、同図(G)に示すように、初期期間タイマ信号 S_{ti} が $L o w$ レベルに変化して初期期間 T_i が終了する。時刻 t_7 において、同図(F)に示すように、短絡判別信号 S_d は $H_i g h$ レベル(短絡)となる。

【0112】

同図においては、時刻 t_1 に送給を開始してから時刻 t_2 にトルク比較信号 C_m が $H_i g h$ レベルになるまでの期間が数周期となる場合もある。時刻 t_2 から時刻 t_{41} に1回目の接触(衝突)が発生するまでの期間は、実際には数十周期となる。また、同図においては、2回目の接触(衝突)によってスラグが削り取られて導通状態となった場合であるが、スラグ付着状態がひどいときには十数回の接触を繰り返す場合もある。溶接ワイヤ1の先端にスラグがほとんど付着していないときには、1回目の接触で導通状態となる場合もある。本実施の形態では、溶接ワイヤ1の先端部がスラグ付着状態であっても、必ず導通状態に導くことができる。

10

【0113】

時刻 t_7 以降の定常溶接期間 T_c の動作については、図2と同様であるので、説明は繰り返さない。

【0114】

以下、実施の形態3の作用効果について説明する。実施の形態3では、変動によって送給抵抗値が大きくなり、平均初期送給速度 F_i が基準値(適正範囲の下限値)未満になったことを、モータ電流検出信号 I_{md} の値が第2基準電流値以上になったことによって判別している。比較的送給抵抗値が小さい場合は、モータ電流検出信号 I_{md} の値が第2基準電流値未満の状態では溶接ワイヤが母材と接触する。(図2)。この場合には、初期期間中の送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形は、初期値のままであり、平均初期送給速度 F_i は適正範囲となる。そして、この場合には、スラグを除去して良好なアークスタートとなる。

20

【0115】

変動によって送給抵抗値が大きくなると、初期接触期間 T_s が終了するまでにモータ電流検出信号 I_{md} の値が第2基準電流値以上となる(図7)。このような状態は、送給抵抗値が大きくなった影響を受けて送給速度 F_w の変化が緩やかになったためであり、平均初期送給速度 F_i は基準値未満になっている。平均初期送給速度 F_i が0又は負の値になっていることもある。このまま放置しておけば、溶接ワイヤ1はいつまで経っても母材2と接触せず、アークスタート不良となる。実施の形態3では、このような場合には、送給速度 F_w の設定信号 F_{ir} の波形パラメータを変化させて、平均初期送給速度 F_i が増加して適正範囲になるようにしている。これにより、送給抵抗値が変動しても、溶接ワイヤ1を確実に母材2と接触させることができ、アークスタート不良を防止することができる。さらに、本実施の形態では、実施の形態1及び2のときよりも平均初期送給速度 F_i が基準値未満であることを早期に判別することができるので、アークスタートにかかる時間を短縮することができる。

30

【0116】

上述した実施の形態3によれば、初期期間中の送給速度の平均値が基準値未満であることを判別したときは、送給速度の平均値が増加するように、送給速度の設定信号のパラメータを変化させる。判別は、送給開始時点から溶接ワイヤが母材と最初に接触するまでの期間中の送給モータのトルク(モータ電流検出信号 I_{md})が予め定めた基準トルク(第2基準電流値)以上になったことによって行われる。これにより、実施の形態3では、送給経路の送給抵抗値が変動しても、実施の形態1及び2よりも早期にかつ確実にアークスタートさせることができる。

40

【符号の説明】

【0117】

- 1 溶接ワイヤ
- 2 母材
- 3 アーク

50

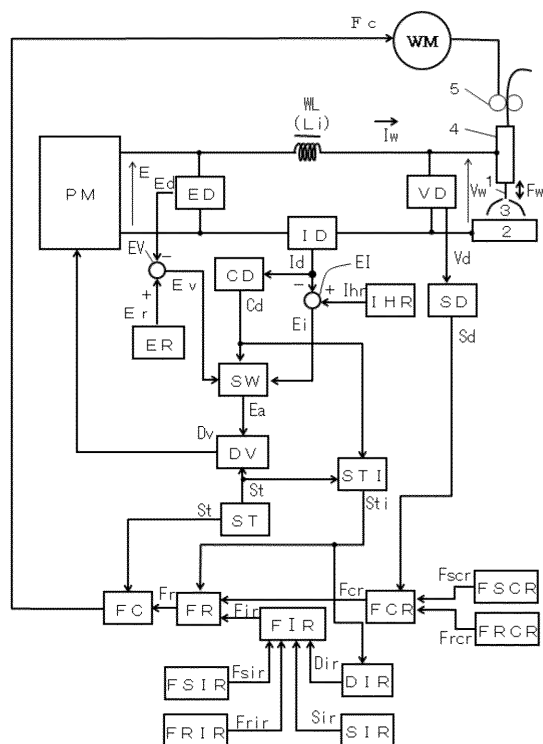
4	溶接トーチ	
5	送給ロール	
C D	電流通電判別回路	
C d	電流通電判別信号	
C M	トルク比較回路	
C m	トルク比較信号	
D I R	初期時間比率設定回路	
D i r	初期時間比率設定信号	
D I R 2	第2初期時間比率設定回路	
D I R 3	第3初期時間比率設定回路	10
D V	駆動回路	
D v	駆動信号	
E	出力電圧	
E a	誤差増幅信号	
E D	出力電圧検出回路	
E d	出力電圧検出信号	
E I	電流誤差増幅回路	
E i	電流誤差増幅信号	
E R	出力電圧設定回路	
E r	出力電圧設定信号	20
E V	電圧誤差増幅回路	
E v	電圧誤差増幅信号	
F C	送給制御回路	
F c	送給制御信号	
F C R	定常溶接期間送給速度設定回路	
F c r	定常溶接期間送給速度設定信号	
F i	平均初期送給速度	
F I R	初期期間送給速度設定回路	
F i r	初期期間送給速度設定信号	
F R	送給速度設定回路	30
F r	送給速度設定信号	
F r c	定常逆送ピーク値	
F R C R	定常逆送ピーク値設定回路	
F r c r	定常逆送ピーク値設定信号	
F r i	初期逆送ピーク値	
F R I R	初期逆送ピーク値設定回路	
F r i r	初期逆送ピーク値設定信号	
F s c	定常正送ピーク値	
F S C R	定常正送ピーク値設定回路	
F s c r	定常正送ピーク値設定信号	40
F s i	初期正送ピーク値	
F S I R	初期正送ピーク値設定回路	
F s i r	初期正送ピーク値設定信号	
F W	送給速度	
I D	電流検出回路	
I d	電流検出信号	
I H R	ホットスタート電流設定回路	
I h r	ホットスタート電流設定信号	
I M D	モータ電流検出回路	
I m d	モータ電流検出信号	50

I w	溶接電流
L w	溶接ワイヤ先端・母材間距離
P M	電源主回路
S D	短絡判別回路
S d	短絡判別信号
S i	初期周波数
S I R	初期周波数設定回路
S i r	初期周波数設定信号
S T	溶接開始回路
S t	溶接開始信号
S T I	初期期間タイマ回路
S t i	初期期間タイマ信号
S T S	初期接触期間タイマ回路
S t s	初期接触期間タイマ信号
S W	電源特性切換回路
T c	定常溶接期間
T i	初期期間
T i t	基準時間
T s	初期接触期間
V D	電圧検出回路
V d	電圧検出信号
V w	溶接電圧
W L	リアクトル
W M	送給モータ

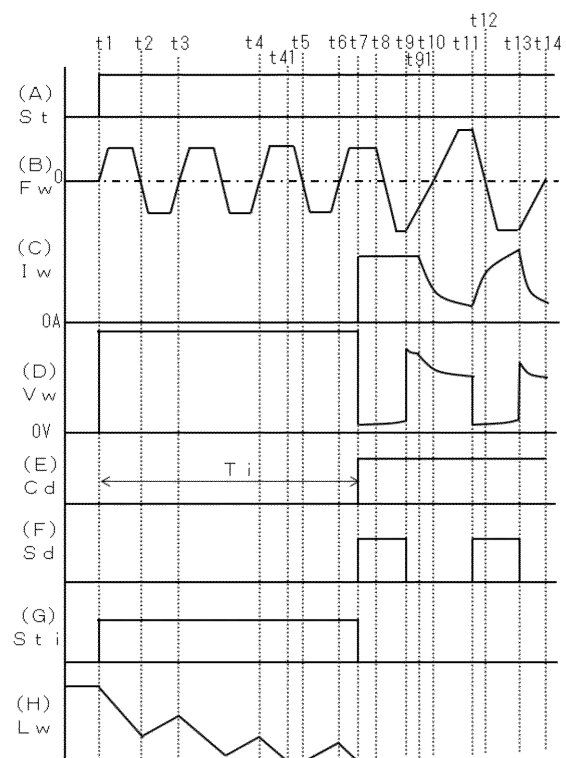
10

20

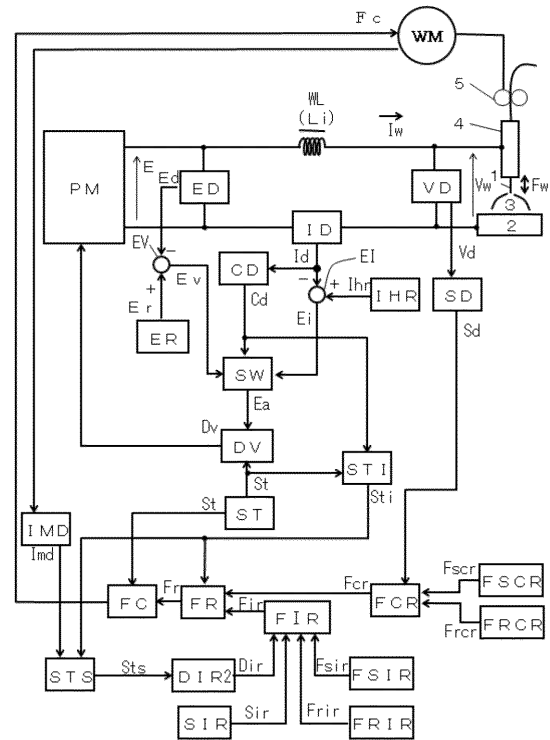
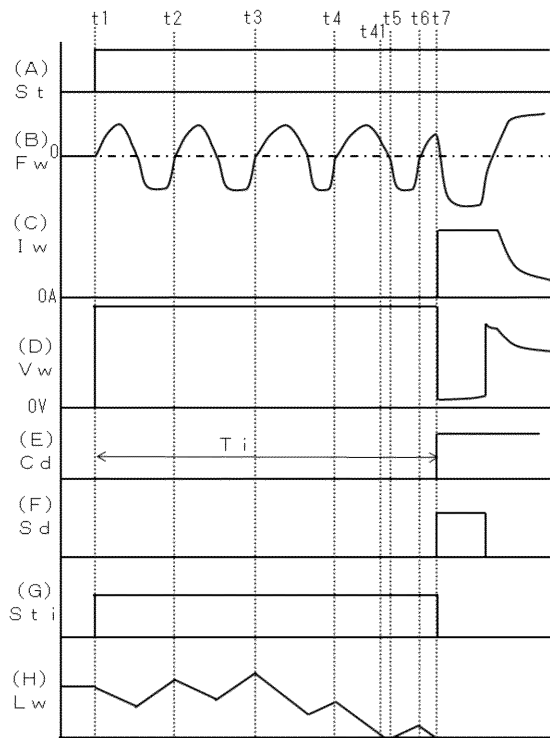
【図 1】



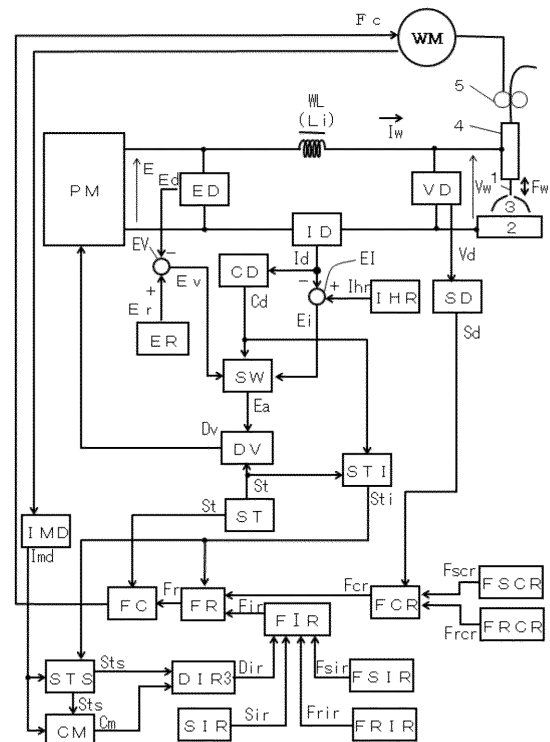
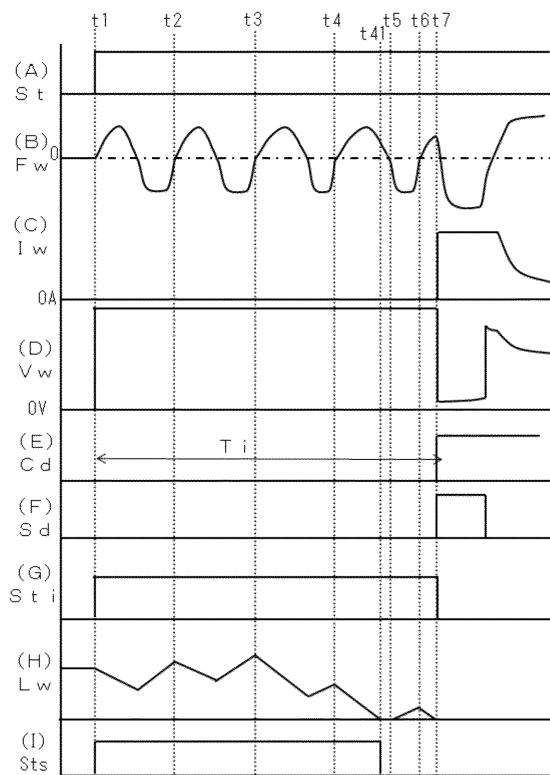
【図 2】



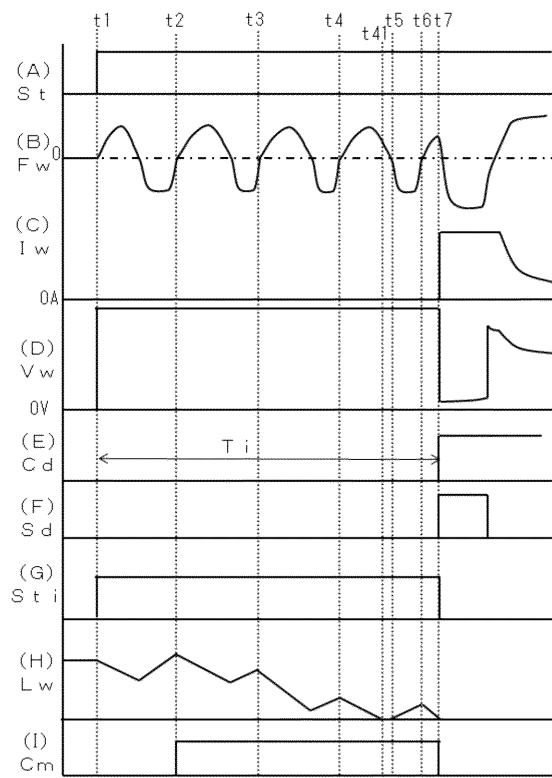
【図 4】



【图 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特許第5230600(JP, B2)
特開2015-058439(JP, A)
特開2001-293574(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 9/12
B23K 9/073