

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-10131

(P2013-10131A)

(43) 公開日 平成25年1月17日(2013.1.17)

(51) Int.Cl.

B23K 9/073 (2006.01)

F1

B23K 9/073 545

テーマコード(参考)

4E082

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-145584 (P2011-145584)
 (22) 出願日 平成23年6月30日 (2011. 6. 30)

(71) 出願人 000000262
 株式会社ダイヘン
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
 (72) 発明者 井手 章博
 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
 Fターム(参考) 4E082 AA01 AB01 EC03 EC20 EE03
 EF07 EF28

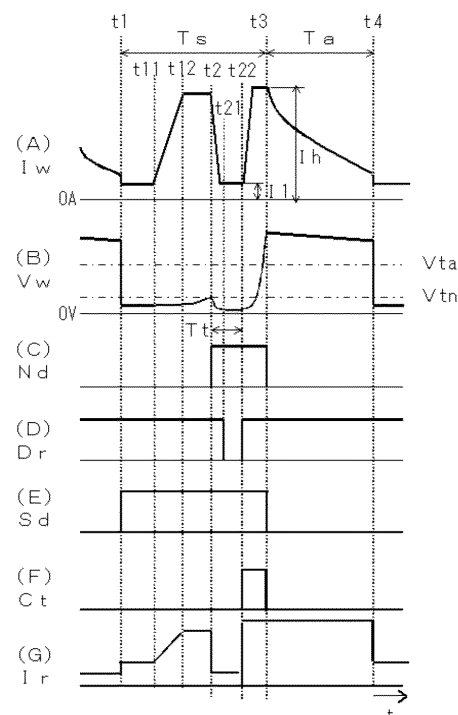
(54) 【発明の名称】 消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法

(57) 【要約】

【課題】溶滴のくびれを検出して溶接電流を急減させるくびれ検出制御方法において、くびれ検出からアーク再発生までの時間が長いときに発生するスパッタを低減する。

【解決手段】短絡状態からアークが再発生する前兆現象である溶滴のくびれを検出し、このくびれ検出時点 t_2 から短絡負荷に通電する溶接電流 I_w を減少させて低レベル電流 I_l の状態ではアークを再発生させる消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法において、くびれ検出時点 t_2 からの経過時間がアークが再発生する前に予め定めた基準時間 T_t に達したときは、溶接電流 I_w を低レベル電流 I_l から高レベル電流 I_h へと増加させてアークを再発生させる。この高レベル電流 I_h の値及び／又は立ち上がり傾斜を基準時間 T_t に達した時点 t_{22} でのくびれの進行度に応じて変化させる。これにより、アークの安定性を維持した上で、スパッタの発生を低減することができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶接ワイヤと母材との間でアーク発生状態と短絡状態とを繰り返す消耗電極アーク溶接にあって、短絡状態からアークが再発生する前兆現象である溶滴のくびれを検出し、このくびれ検出時点から短絡負荷に通電する溶接電流を減少させて低レベル電流の状態でアークを再発生させる消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法において、

前記くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に予め定めた基準時間に達したときは溶接電流を前記低レベル電流から高レベル電流へと増加させてアークを再発生させ、この高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を前記基準時間に達した時点での前記くびれの進行度に応じて変化させる、

10

ことを特徴とする消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法。

【請求項 2】

前記くびれの進行度を、溶接ワイヤと母材との間の電圧値又は抵抗値の変化によって検出する、

ことを特徴とする請求項 1 記載の消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、短絡期間中の溶滴のくびれを検出して溶接電流を減少させて溶接品質を向上させるための消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

図 4 は、短絡期間 T_s とアーク期間 T_a とを繰り返す消耗電極アーク溶接における電流・電圧波形及び溶滴移行を示す図である。同図 (A) は消耗電極 (以下、溶接ワイヤ 1 という) を通電する溶接電流 I_w の時間変化を示し、同図 (B) は溶接ワイヤ 1 と母材 2 との間に印加される溶接電圧 V_w の時間変化を示し、同図 (C) ～ (E) は溶滴 1 a の移行の様子を示す。以下、同図を参照して説明する。

【0003】

時刻 $t_1 \sim t_3$ の短絡期間 T_s 中は溶接ワイヤ 1 先端の溶滴 1 a が母材 2 と短絡した状態にある。溶接電流 I_w は、同図 (A) に示すように、時刻 $t_1 \sim t_{11}$ の予め定めた初期期間中は小電流値の初期電流値に維持され、続く時刻 $t_{11} \sim t_{12}$ の期間中は予め定めた傾斜で増加し、続く時刻 t_{12} からアークが再発生する時刻 t_3 までは予め定めたピーク値に制御される。初期期間は 1 ms 程度に設定され、初期電流値は 50 A 程度に設定され、傾斜は 100 ～ 300 A/ms 程度に設定され、ピーク値は 300 ～ 400 A 程度に設定される。これらの値は、溶接ワイヤの種類、シールドガスの種類、送給速度等に応じて適正値に設定される。溶接電圧 V_w は、同図 (B) に示すように、短絡状態にあるために数 V 程度の低い値となる。

30

【0004】

同図 (C) に示すように、時刻 t_1 において溶滴 1 a が母材 2 と接触して短絡状態に入る。短絡状態に入ると溶接電流は小電流値の初期電流に減少するので、より確実な短絡状態へと導かれる。その後溶接電流 I_w は増加するので、同図 (D) に示すように、溶滴 1 a を通電する溶接電流 I_w による電磁的ピンチ力によって溶滴 1 a 上部にくびれ 1 b が発生する。この電磁的ピンチ力は、溶接電流 I_w の値に比例して大きくなる。したがって、溶接電流 I_w を増加させることによって、電磁的ピンチ力を大きくして、くびれ 1 b の形成を促進している。そしてこのくびれ 1 b が急速に進行して、時刻 t_3 において同図 (E) に示すように、溶滴 1 a は溶接ワイヤ 1 から溶融池 2 a へと移行しアーク 3 が再発生する。

40

【0005】

溶滴 1 a にくびれ 1 b が発生すると、数百 μs 程度の短い時間後に短絡が開放されてアーク 3 が再発生する。すなわち、このくびれ現象は短絡開放の前兆現象となる。くびれ 1

50

bが発生すると、溶接電流 I_w の通電路がくびれ部分で狭くなるために、くびれ部分の抵抗値が増大する。この抵抗値の増大は、くびれが進行してくびれ部分がより狭くなるほど大きくなる。したがって、短絡期間 T_s 中において溶接ワイヤ1と母材2との間の抵抗値の変化を検出することでくびれ現象の発生及び進行を検出することができる。この抵抗値の変化は、溶接電圧 V_w を溶接電流 I_w で除算することによって算出することができる。また、短絡期間 T_s 中の溶接電流 I_w の変化に比べて、くびれ形成後の抵抗値の変化の方が大きい。このために、抵抗値の変化に代えて溶接電圧 V_w の変化によってもくびれ現象の発生を検出することができる。具体的なくびれ検出方法としては、短絡期間 T_s 中の抵抗値又は溶接電圧値 V_w の変化率（微分値）を算出し、この微分値が予め定めたくびれ検出基準値 V_{tn} に達したことによってくびれ検出を行う方法がある。また、他の方法として、同図（B）に示すように、短絡期間 T_s 中のくびれ発生前（上記の初期期間中）の安定した短絡電圧値 V_s からの電圧上昇値 ΔV を算出し、時刻 t_2 においてこの電圧上昇値 ΔV が予め定めたくびれ検出基準値 V_{tn} に達したことによってくびれ検出を行う方法がある。以下の説明では、くびれ検出方法が上記の電圧上昇値 ΔV による場合について説明するが、従来から種々提案されている他の方法であっても良い。時刻 t_3 のアーク再発生の検出は、溶接電圧 V_w が短絡／アーク判別値 V_{ta} 以上になったことを判別して簡単に行うことができる。すなわち、 $V_w < V_{ta}$ の期間が短絡期間 T_s となり、 $V_w \geq V_{ta}$ の期間がアーク期間 T_a となる。時刻 $t_2 \sim t_3$ のくびれ発生を検出してからアーク再発生までの時間を、以下くびれ検出時間 T_n と呼ぶことにする。時刻 t_3 においてアークが再発生すると、同図（A）に示すように、溶接電流 I_w はなだらかに減少し、同図（B）に示すように、溶接電圧 V_w は20～30V程度のアーク電圧値になる。したがって、上記の短絡／アーク判別値 V_{ta} は10～15V程度に設定される。時刻 $t_3 \sim t_4$ のアーク期間 T_a 中は、溶接ワイヤ1先端が溶融されて溶滴1aが形成される。以後、時刻 $t_1 \sim t_4$ の期間の動作を繰り返す。

【0006】

上述した短絡期間 T_s とアーク期間 T_a とを繰り返す消耗電極アーク溶接には、炭酸ガスアーク溶接、マグ溶接、ミグ溶接、短絡を伴うパルスアーク溶接等がある。炭酸ガスアーク溶接、マグ溶接及びミグ溶接の場合には、溶滴移行形態は、200A程度未満の電流領域では短絡移行形態となり、電流値が大きくなるとグロービュール移行形態となる。また、パルスアーク溶接の場合には、溶滴移行形態はスプレー移行形態となる。これらグロービュール移行形態及びスプレー移行形態においても、高速溶接等を行う場合にはアーク長を短く設定するので、短絡が発生する。したがって、この短絡を開放するために、上述したように、くびれ1bが形成されることになる。

【0007】

上述した短絡を伴う溶接では、時刻 t_3 においてアーク3が再発生したときのアーク再発生時電流値 I_a が大電流値であると、アーク3から溶融池2aへのアーク力が急峻に大きくなり、大量のスパッタが発生する。すなわち、アーク再発生時電流値 I_a の値に略比例してスパッタ発生量が増加する。このため、スパッタの発生を抑制するためには、このアーク再発生時電流値 I_a を小さくする必要がある。このための方法として、上記のくびれの発生を検出して溶接電流 I_w を減少させてアーク再発生時電流値 I_a を小さくするくびれ検出制御方法を付加した溶接電源が従来から種々提案されている。以下、この従来技術（例えば、特許文献1参照）について説明する。

【0008】

図5は、従来技術のくびれ検出制御方法を搭載した溶接装置のブロック図である。溶接電源PSは、一般的な消耗電極アーク溶接用の溶接電源であり、溶接電圧 V_w 及び溶接電流 I_w を出力すると共に、送給モータWMの回転を制御するための送給制御信号Fcを送給モータWMに出力する。減流抵抗器Rは出力に直列に挿入され、それと並列にトランジスタTRが接続されている。溶接ワイヤ1は、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内を通して送給されて、母材2との間にアーク3が発生する。

。

10

20

30

40

50

【0009】

電圧検出回路V Dは、溶接電圧V wを検出して電圧検出信号V dを出力する。電流検出回路I Dは、溶接電流I wを検出して、電流検出信号I dを出力する。くびれ検出基準値設定回路V T Nは、予め定めたくびれ検出基準値信号V tnを出力する。くびれ検出回路N Dは、このくびれ検出基準値信号V tn、上記の電圧検出信号V d及び上記の電流検出信号I dを入力として、上述したように短絡期間中の電圧上昇値 ΔV がくびれ検出基準値信号V tnの値に達した時点でH i g hレベルとなり、アークが再発生して電圧検出信号V dの値が短絡／アーク判別値V ta以上になった時点でL o wレベルになるくびれ検出信号N dを出力する。したがって、このくびれ検出信号N dがH i g hレベルの期間が上記のくびれ検出時間T nとなる。上述したように、短絡期間中の電圧検出信号V dの微分値がそれに対応したくびれ検出基準値信号V tnの値に達した時点でくびれ検出信号N dをH i g hレベルに変化させるようにしても良い。さらに、電圧検出信号V dの値を電流検出信号I dの値で除算して溶滴の抵抗値を算出し、この抵抗値の微分値がそれに対応したくびれ検出基準値信号V tnの値に達した時点でくびれ検出信号N dをH i g hレベルに変化させるようにしても良い。駆動回路D Rは、このくびれ検出信号N dがL o wレベルのとき（非くびれ検出時）は上記のトランジスタT Rをオン状態にする駆動信号D rを出力する。したがって、上記のトランジスタT Rは、上記のくびれ検出信号N dがH i g hレベルのとき（くびれ検出時）はオフ状態になる。

【0010】

図6は、上記の溶接装置の各信号のタイミングチャートである。同図（A）は溶接電流I wの時間変化を示し、同図（B）は溶接電圧V wの時間変化を示し、同図（C）はくびれ検出信号N dの時間変化を示し、同図（D）は駆動信号D rの時間変化を示す。以下、同図を参照して説明する。

【0011】

同図において、時刻t 2～t 3のくびれ検出時間T n以外の期間は、同図（C）に示すように、くびれ検出信号N dはL o wレベルであるので、同図（D）に示すように、駆動信号D rはH i g hレベルになる。この結果、トランジスタT Rはオン状態になり減流抵抗器Rは短絡されるので、通常の消耗電極アーク溶接用の溶接装置と同一の動作となる。

【0012】

時刻t 2において、同図（B）に示すように、短絡期間T s中に溶接電圧V wが上昇して電圧上昇値 ΔV が予め定めたくびれ検出基準値信号V tnの値と等しくなったことを検出して溶滴にくびれが発生したと判別すると、同図（C）に示すように、くびれ検出信号N dがH i g hレベルになる。これに応動して、同図（D）に示すように、駆動信号D rはL o wレベルになるので、トランジスタT Rはオフ状態になる。この結果、減流抵抗器Rが溶接電流I wの通電路に挿入される。この減流抵抗器Rの値は、短絡負荷（0.01～0.03 Ω 程度）の10倍以上大きな値（0.5～3 Ω 程度）に設定される。このために、溶接電源内の直流リアクトル及びケーブルのリアクトルに蓄積されたエネルギーが急放電されて、同図（A）に示すように、溶接電流I wは急激に減少して小電流値の低レベル電流I lとなる。ここで、溶接電源P Sの出力電圧が50Vであり、減流抵抗器Rが1 Ω であるとする、この低レベル電流I lは50Aとなる。同図（B）に示すように、溶接電圧V wは、時刻t 2において溶接電流I wが急減するために、一旦減少した後に急上昇する。そして、時刻t 3において、短絡が開放されてアークが再発生すると、同図（B）に示すように、溶接電圧V wが予め定めた短絡／アーク判別値V ta以上になる。これを検出して、同図（C）に示すように、くびれ検出信号N dはL o wレベルになり、同図（D）に示すように、駆動信号D rはH i g hレベルになる。この結果、トランジスタT Rはオン状態になり、通常の消耗電極アーク溶接の制御となる。時刻t 3において、アークが再発生してトランジスタT Rがオン状態になると、同図（A）に示すように、溶接電流I wは、所定の高電流値まで増加した後に緩やかに減少して送給速度によって定まる値に収束する。この動作によって、時刻t 3のアーク再発生時電流値I aを小さくできるので、スパッタの発生を抑制することができる。くびれを検出したときに溶接電流I

wを急速に減少させる手段として、上記では減流抵抗器Rを通電路に挿入する方法を説明した。これ以外の手段として、溶接装置の出力端子間にコンデンサをスイッチング素子を介して並列に接続し、くびれを検出するとスイッチング素子をオン状態にしコンデンサから放電電流を通電して溶接電流I_wを急速に減少させる方法もある（例えば、特許文献2参照）。

【0013】

上述したくびれ検出制御方法では、スパッタ発生量の抑制効果を大きくするためには、くびれの発生を正確に検出することが重要となる。くびれの発生及びその進行状態は、シールドガスの種類、溶接ワイヤの種類、溶接継手、溶接ワイヤの送給速度、溶接姿勢等の溶接条件によって変化する。このために、溶接条件に応じてくびれの発生を検出する感度を適正化する必要がある。このくびれ検出の感度は、上記のくびれ検出基準値V_{tn}を増減させることによって調整することができる。すなわち、くびれ検出基準値V_{tn}を増加させると感度は低くなり、逆に減少させると感度は高くなる。くびれ検出基準値V_{tn}が大きすぎると感度が低すぎることになり、上記のくびれ検出時間T_nが短くなり、時にはくびれを検出できないときも生じ、アーク再発生までに溶接電流を十分に減少させることができないので、スパッタ発生量の抑制効果が小さくなる。逆に、くびれ検出基準値V_{tn}が小さすぎると感度は高すぎることになり、上記のくびれ検出時間T_nが長くなりすぎてアークがなかなか再発生しないために溶接状態が不安定になる。したがって、上記のくびれ検出時間T_nが、50～1000μs程度の範囲になるときが、くびれ検出基準値V_{tn}が適正值に設定されているときであると言える。

【0014】

上述したように、くびれ検出基準値V_{tn}は溶接条件に応じて適正值に設定されている。しかし、送給速度の変動、溶融池の不規則な運動、溶滴形状のバラツキ等の変動要因によって、くびれ検出基準値V_{tn}を適正化していても、くびれ検出時間T_nはバラツキを生じる。このバラツキの範囲が、上述したように、50～1000μs程度であるときは、スパッタの発生及び溶接状態の安定性にそれほど悪影響はない。また、くびれ検出時間T_nが、ときたま50μs未満になっても、少しスパッタが増える程度であり、大きな問題ではない。反面、くびれ検出時間T_nが1000μsを超え、特に2000μs以上になると、溶接状態が不安定になり、アークが再発生しない状態に至ることも生じる。このために、くびれを検出した時点からの経過時間が基準時間に達してもアークが再発生していないときは、溶接電流I_wを増加させて電磁的ピンチ力を大きくすることでくびれの進行を促進してアークの再発生を導く補償制御が慣用されている。以下、この補償制御（例えば、特許文献3参照）について説明する。

【0015】

図7は、補償制御について説明するための上述した図6に対応する各信号のタイミングチャートである。同図（A）は溶接電流I_wの時間変化を示し、同図（B）は溶接電圧V_wの時間変化を示し、同図（C）はくびれ検出信号N_dの時間変化を示し、同図（D）は駆動信号D_rの時間変化を示す。同図において、時刻t₂₁～t₃の期間の動作以外は、図6と同一であるのでそれらの説明は省略する。以下、同図を参照して時刻t₂₁～t₃の期間の動作について説明する。

【0016】

時刻t₂のくびれ検出時点からの経過時間tが、時刻t₂₁において予め定めた基準時間T_tに達したときに、同図（B）に示すように、溶接電圧V_wは短絡／アーク判別値V_{ta}未満であるので、アークはまだ再発生していない。このような場合には、同図（D）に示すように、駆動信号D_rをHighレベルに変化させる。駆動信号D_rがHighレベルになると、図5のトランジスタTRがオン状態になるので、同図（A）に示すように、溶接電流I_wは、低レベル電流I_lから急峻な傾斜で増加して所定値の高レベル電流I_hとなる。この急峻な傾斜は、溶接装置が出力できる最速の傾斜であり、1000A/ms程度である。高レベル電流I_hは500A程度である。溶接電流I_wが大きくなると、電磁的ピンチ力も大きくなるので、くびれの進行が促進されて、時刻t₃においてアークが再

発生する。溶接電圧 V_w は、同図 (B) に示すように、時刻 t_2 の直後に一旦減少した後、時刻 t_{21} まで緩やかに上昇する。そして、時刻 t_{21} において溶接電流 I_w が高レベル電流 I_h に増加すると、溶接電圧 V_w は急上昇し、時刻 t_3 において、アークが再発生すると、短絡／アーク判別値 V_{ta} 以上のアーク電圧値となる。時刻 t_3 においてアークが再発生すると、同図 (A) に示すように、溶接電流 I_w はそれ以降なだらかに減少して定常値に収束する。同図 (C) に示すように、くびれ検出信号 N_d は、時刻 t_2 のくびれ検出時点から時刻 t_3 のアーク再発生まで $H_i g h$ レベルになる。同図 (D) に示すように、駆動信号 D_r は、時刻 t_{21} から $H_i g h$ レベルとなる。上記の基準時間 T_t は、 $1000\mu s$ 程度に設定される。この基準時間 T_t は、溶接ワイヤの種類、シールドガスの種類、溶接継手、溶接ワイヤの送給速度、溶接姿勢等に応じて適正值に設定される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】特開2006-281219号公報

【特許文献2】特開2005-288540号公報

【特許文献3】特開2006-116585号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

上述したように、くびれ検出時点からの経過時間が基準時間に達してもアークが再発生していないときは、溶接電流を増加させることによって、溶接状態が不安定になることを防止している。しかし、このような補償制御を行うと、図7(A)に示すように、時刻 t_3 においてアークが再発生したときの電流値が大きな値になるために、大粒のスパッタが発生するという問題があった

20

【0019】

そこで、本発明では、くびれ検出時点からの経過時間が基準時間に達してもアークが再発生していないときに、スパッタの発生を増やすことなく円滑にアークの再発生を行わせることができる消耗電極アーク溶接のくびれ検出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】

【0020】

上述した課題を解決するために、請求項1の発明は、溶接ワイヤと母材との間でアーク発生状態と短絡状態とを繰り返す消耗電極アーク溶接にあって、短絡状態からアークが再発生する前兆現象である溶滴のくびれを検出し、このくびれ検出時点から短絡負荷に通電する溶接電流を減少させて低レベル電流の状態でアークを再発生させる消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法において、

30

前記くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に予め定めた基準時間に達したときは溶接電流を前記低レベル電流から高レベル電流へと増加させてアークを再発生させ、この高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を前記基準時間に達した時点での前記くびれの進行度に応じて変化させる、

ことを特徴とする消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法である。

40

【0021】

請求項2の発明は、前記くびれの進行度を、溶接ワイヤと母材との間の電圧値又は抵抗値の変化によって検出する、

ことを特徴とする請求項1記載の消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法である。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に基準時間に達したときは溶接電流を低レベル電流から高レベル電流へと増加させてアークを再発生させ、この高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を基準時間に達した時点でのくびれの進行度に応じて変化させる。くびれの進行度が進んでいるときは、高レベル電流が比較的小

50

さな値であってもアーク再発生に早期に導くことができる。他方、くびれの進行度が遅れているときは、高レベル電流が比較的大きな値でないとアーク再発生に導くことはできない。くびれ検出時点からの経過時間が基準時間以上となり高レベル電流が通電するケースは、溶接条件にもよるが1秒間当たり数回発生する。そして、基準時間に達した時点でのくびれの進行度にはバラツキがあるので、高レベル電流の値もそれに対応して変化することになる。この結果、アークが再発生したときの電流値も種々に変化することになり、その平均値は従来技術よりも小さな値となる。したがって、本発明では、くびれ検出時点からの経過時間が基準時間以上となった場合でも、円滑なアーク再発生に導くことができ、かつ、大粒のスパッタの発生量を総量として低減することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0023】

【図1】本発明の実施の形態に係る消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法を実施するための溶接装置のブロック図である。

【図2】図1の溶接装置における各信号のタイミングチャートである。

【図3】図1の高レベル電流設定回路IHRに内蔵されている電流設定関数及び立上り傾斜設定回路SRに内蔵されている傾斜設定関数の一例を示す図である。

【図4】従来技術において、短絡期間Tsとアーク期間Taとを繰り返す消耗電極アーク溶接における電流・電圧波形及び溶滴移行を示す図である。

【図5】従来技術のくびれ検出制御方法を搭載した溶接装置のブロック図である。

【図6】図5の溶接装置における各信号のタイミングチャートである。

20

【図7】従来技術における補償制御について説明するための上述した図6に対応する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】

【0024】

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。

【0025】

図1は、本発明の実施の形態に係る消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法を実施するための溶接装置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。

【0026】

30

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、後述する誤差増幅信号Eaに従ってインバータ制御等の出力制御を行い、溶接電圧Vw及び溶接電流Iw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、整流された直流を平滑するリアクトル、誤差増幅信号Eaを入力としてパルス幅変調制御を行う変調回路、パルス幅変調制御信号を入力としてインバータ回路のスイッチング素子を駆動するインバータ駆動回路から構成される。

【0027】

40

減流抵抗器Rは、上記の電源主回路PMと溶接トーチ4との間に挿入される。この減流抵抗器Rの値は、上述した従来技術と同様である。トランジスタTRは、減流抵抗器Rと並列に接続されて、後述する駆動信号Drに従ってオン又はオフ制御される。

【0028】

溶接ワイヤ1は、送給モータ（図示は省略）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。溶接ワイヤ1と母材2との間には溶接電圧Vwが印加し、アーク3中を溶接電流Iwが通電する。同図において、溶接ワイヤの送給を制御する回路については、図示は省略する。

【0029】

電流検出回路IDは、上記の溶接電流Iwを検出して、電流検出信号Idを出力する。

50

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。

【0030】

短絡／アーク判別回路 $S D$ は、上記の電圧検出信号 $V d$ を入力として、その値が予め定めた短絡／アーク判別値 $V t a$ 未満であるときは短絡状態にあると判別して $H i g h$ レベルとなり、以上のときはアーク発生状態にあると判別して $L o w$ レベルになる短絡／アーク判別信号 $S d$ を出力する。くびれ検出回路 $N D$ は、従来技術と同様に、上記の電圧検出信号 $V d$ 及び上記の電流検出信号 $I d$ を入力として、上述したように短絡期間中の電圧上昇値 ΔV が予め定めたくびれ検出基準値 $V t n$ の値に達した時点で $H i g h$ レベルとなり、アークが再発生して電圧検出信号 $V d$ の値が短絡／アーク判別値 $V t a$ 以上になった時点で $L o w$ レベルになるくびれ検出信号 $N d$ を出力する。上述したように、短絡期間中の電圧検出信号 $V d$ の微分値がそれに対応したくびれ検出基準値 $V t n$ に達した時点でくびれ検出信号 $N d$ を $H i g h$ レベルに変化させるようにしても良い。さらに、電圧検出信号 $V d$ の値を電流検出信号 $I d$ の値で除算して溶滴の抵抗値を算出し、この抵抗値の微分値がそれに対応するくびれ検出基準値 $V t n$ に達した時点でくびれ検出信号 $N d$ を $H i g h$ レベルに変化させるようにしても良い。

10

【0031】

低レベル電流設定回路 $I L R$ は、予め定めた低レベル電流設定信号 $I l r$ を出力する。この低レベル電流設定信号 $I l r$ の値は $50 A$ 程度に設定される。電流比較回路 $C M$ は、この低レベル電流設定信号 $I l r$ 及び上記の電流検出信号 $I d$ を入力として、 $I d < I l r$ のときは $H i g h$ レベルになり、 $I d \geq I l r$ のときは $L o w$ レベルになる電流比較信号 $C m$ を出力する。駆動回路 $D R$ は、この電流比較信号 $C m$ 及び上記のくびれ検出信号 $N d$ を入力として、くびれ検出信号 $N d$ が $H i g h$ レベルに変化すると $L o w$ レベルに変化し、その後に電流比較信号 $C m$ が $H i g h$ レベルに変化すると $H i g h$ レベルに変化する駆動信号 $D r$ を上記のトランジスタ $T R$ のベース端子に出力する。したがって、この駆動信号 $D r$ はくびれが検出されると $L o w$ レベルになり、トランジスタ $T R$ がオフ状態になり通電路に減流抵抗器 R が挿入されるので、短絡負かを通電する溶接電流 $I w$ は急減する。そして、急減した溶接電流 $I w$ の値が低レベル電流設定信号 $I l r$ の値まで減少すると、駆動信号 $D r$ は $H i g h$ レベルになり、トランジスタ $T R$ がオン状態になるので、減流抵抗器 R は短絡されて通常の状態に戻る。

20

【0032】

基準時間設定回路 $T T R$ は、予め定めた基準時間設定信号 $T t r$ を出力する。この基準時間設定信号 $T t r$ の値は、 $600 \sim 1000 \mu s$ 程度に設定される。経過時間判別回路 $C T$ は、この基準時間設定信号 $T t r$ 及び上記のくびれ検出信号 $N d$ を入力として、くびれ検出信号 $N d$ が $H i g h$ レベルになっている時間が基準時間設定信号 $T t r$ の値に達した時点で $H i g h$ レベルにセットされ、くびれ検出信号 $N d$ が $L o w$ レベルに変化した時点で $L o w$ レベルにリセットされる経過時間判別信号 $C t$ を出力する。

30

【0033】

くびれ進行度検出回路 $N S$ は、上記の経過時間判別信号 $C t$ 、上記の電圧検出信号 $V d$ 及び上記の電流検出信号 $I d$ を入力として、経過時間判別信号 $C t$ が $H i g h$ レベルになった時点における電圧検出信号 $V d$ の値をくびれ進行度信号 $N s$ として出力する。電圧検出信号 $V d$ の値が大きいほど、くびれが進行していることを示すので、電圧検出信号 $V d$ の値をくびれの進行度を示す指標として使用することができる。また、経過時間判別信号 $C t$ が $H i g h$ レベルになった時点における電圧検出信号 $V d$ の微分値をくびれの進行度を示す指標として使用することもできる。さらに、経過時間判別信号 $C t$ が $H i g h$ レベルになった時点における溶滴の抵抗値 ($= V d / I d$) の値又は微分値を、くびれの進行度を示す指標として使用することもできる。高レベル電流設定回路 $I H R$ は、このくびれ進行度信号 $N s$ を入力として、予め定めた電流設定関数によって算出された高レベル電流設定信号 $I h r$ を出力する。立上り傾斜設定回路 $S R$ は、このくびれ進行度信号 $N s$ を入力として、予め定めた傾斜設定関数によって算出された立上り傾斜設定信号 $S r$ を出力する。電流設定関数及び傾斜設定関数については、図 3 で後述する。

40

50

【0034】

電流設定回路 I R は、上記の短絡／アーク判別信号 S d、上記の低レベル電流設定信号 I l r、上記のくびれ検出信号 N d、上記の経過時間判別信号 C t、上記の高レベル電流設定信号 I h r 及び上記の立上り傾斜設定信号 S r を入力として、以下の処理を行い、電流設定信号 I r を出力する。この回路の動作については、図 2 でも詳述する。

- 1) 短絡／アーク判別信号 S d が H i g h レベル（短絡）に変化した時点から予め定めた初期期間中は、予め定めた初期電流設定値を電流設定信号 I r として出力する。
- 2) その後は、電流設定信号 I r の値を、上記の初期電流設定値から予め定めた傾斜設定値で定まる傾斜で予め定めたピーク設定値まで上昇させ、その値を維持する。
- 3) くびれ検出信号 N d が H i g h レベル（くびれ検出）に変化すると、電流設定信号 I r の値を低レベル電流設定信号 I l r の値に切り換える。
- 4) 経過時間判別信号 C t が H i g h レベル（くびれ検出時間が基準時間に達した時点）に変化すると、電流設定信号 I r の値を、低レベル電流設定信号 I l r の値から立上り傾斜設定信号 S r によって定まる傾斜で高レベル電流設定信号 I h r の値まで上昇させ、その値を維持する。

10

【0035】

電圧設定回路 V R は、アーク期間中の溶接電圧を設定するための予め定めた電圧設定信号 V r を出力する。電流誤差増幅回路 E I は、上記の電流設定信号 I r (+) と上記の電流検出信号 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。電圧誤差増幅回路 E V は、上記の電圧設定信号 V r (+) と電圧検出信号 V 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。制御切換回路 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 及び上記の短絡／アーク判別信号 S d を入力として、短絡／アーク判別信号 S d が H i g h レベル（短絡）のとき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、L o w レベル（アーク）のとき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。この回路により、短絡期間中は定電流制御となり、アーク期間中は定電圧制御となる。

20

【0036】

図 2 は、図 1 で上述した溶接装置における各信号のタイミングチャートである。同図 (A) は溶接電流 I w の時間変化を示し、同図 (B) は溶接電圧 V w の時間変化を示し、同図 (C) はくびれ検出信号 N d の時間変化を示し、同図 (D) は駆動信号 D r の時間変化を示し、同図 (E) は短絡／アーク判別信号 S d の時間変化を示し、同図 (F) は経過時間判別信号 C t の時間変化を示し、同図 (G) は電流設定信号 I r の時間変化を示す。同図は、くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に基準時間 T t に達した場合であり、上述した図 7 に対応している。くびれ検出時点からの経過時間が基準時間 T t に達する前にアークが再発生する正常な状態の場合のタイミングチャートは、基本的には上述した図 6 と同様の動作となる。以下、同図を参照して説明する。

30

【0037】

(1) 時刻 t 1 の短絡発生から時刻 t 2 のくびれ検出時点までの動作

この期間中の動作は、上述した図 6 と同様である。時刻 t 1 において溶接ワイヤが母材と接触すると短絡状態になり、同図 (B) に示すように、溶接電圧 V w は数 V 程度の短絡電圧値に急減する。この溶接電圧 V w が短絡／アーク判別値 V t a 未満になったことを判別して、同図 (E) に示すように、短絡／アーク判別信号 S d は L o w レベルから H i g h レベルに変化する。これに応動して、同図 (G) に示すように、電流設定信号 I r は時刻 t 1 において低レベル電流設定信号 I l r の値から少し大きな値である予め定めた初期電流設定値に変化する。ここで、電流設定信号 I r の値が、時刻 t 1 以前に低レベル電流設定信号 I l r の値であるのは、前回の短絡の解除（アーク再発生）がくびれ検出時点からの経過時間が基準時間 T t に達する前に行われたためである。基準時間 T t に達した以後に行われた場合には、時刻 t 1 以前の電流設定信号 I r の値は、高レベル電流設定信号 I h r の値となる。どちらの値であっても、電流設定信号 I r は時刻 t 1 以後の短絡期間しか使用されないもので、動作には無関係である。電流設定信号 I r は、同図 (G) に示すように、

40

50

時刻 $t_1 \sim t_{11}$ の予め定めた初期期間中は予め定めた初期電流設定値となり、時刻 $t_{11} \sim t_{12}$ の期間中は予め定めた傾斜設定値で定まる傾斜で上昇し、時刻 $t_{12} \sim t_2$ の期間中は予め定めたピーク設定値となる。短絡期間中は上述したように定電流制御されているので溶接電流 I_w は電流設定信号 I_r に相当する値に制御される。このために、同図 (A) に示すように、溶接電流 I_w は、時刻 t_1 においてアーク期間の溶接電流から急減し、時刻 $t_{11} \sim t_{12}$ の初期期間中は初期電流値となり、時刻 $t_{12} \sim t_2$ の期間中は所定傾斜で上昇し、時刻 $t_2 \sim t_{22}$ の期間中はピーク値となる。同図 (B) に示すように、溶接電圧 V_w は、溶接電流 I_w がピーク値となる時刻 t_{12} あたりから急上昇する。これは、溶滴にくびれが発生したためである。同図 (C) に示すように、くびれ検出信号 N_d は、後述する時刻 $t_2 \sim t_3$ の期間以外は $L o w$ レベルとなる。同図 (D) に示すように、駆動信号 D_r は、後述する時刻 $t_2 \sim t_{21}$ の期間は $L o w$ レベルとなり、それ以外の期間は $H i g h$ レベルとなる。したがって、同図において時刻 t_2 以前の期間中は、駆動信号 D_r は $H i g h$ レベルとなり、図 1 のトランジスタ T_R がオン状態となるので、減流抵抗器 R は短絡されて通常の消耗電極アーク溶接装置と同一の状態となる。同図 (F) に示すように、経過時間判別信号 C_t は、後述する時刻 $t_{22} \sim t_3$ の期間 $H i g h$ レベルとなり、それ以外の期間は $L o w$ レベルとなる。

10

【0038】

(2) 時刻 t_2 のくびれ検出時点から時刻 t_{22} の基準時間 T_t に達するまでの動作

時刻 t_2 において、同図 (B) に示すように、溶接電圧 V_w が急上昇して初期期間中の電圧値からの電圧上昇値 ΔV が予め定めたくびれ検出基準値 V_{tn} と等しくなったことによってくびれを検出すると、同図 (C) に示すように、くびれ検出信号 N_d は $H i g h$ レベルに変化する。これに応動して、同図 (D) に示すように、駆動信号 D_r は $L o w$ レベルになるので、図 1 のトランジスタ T_R はオフ状態となり減流抵抗器 R が通電路に挿入される。同時に、同図 (G) に示すように、電流設定信号 I_r は低レベル電流設定信号 I_{lr} の値に小さくなる。このために、同図 (A) に示すように、溶接電流 I_w はピーク値から低レベル電流値 I_l へと急減する。そして、時刻 t_{21} において溶接電流 I_w が低レベル電流値 I_l まで減少すると、同図 (D) に示すように、駆動信号 D_r は $H i g h$ レベルに戻る。図 1 のトランジスタ T_R はオン状態となり減流抵抗器 R は短絡される。同図 (A) に示すように、溶接電流 I_w は、電流設定信号 I_r が低レベル電流設定信号 I_{lr} のままであるので、低レベル電流値 I_l を維持する。したがって、トランジスタ T_R は、時刻 t_2 にくびれが検出されてから時刻 t_{21} に溶接電流 I_w が低レベル電流値 I_l に減少するまでの期間のみオフ状態となる。同図 (B) に示すように、溶接電圧 V_w は、時刻 t_2 から一旦減少した後、緩やかに上昇する。しかし、同図は時刻 t_2 のくびれ検出時点からの経過時間が基準時間 T_t に達する時刻 t_{22} の前にアークが再発生しない場合であるので、溶接電圧 V_w は時刻 t_{22} までに急上昇して短絡／アーク判別値 V_{ta} 以上となることはない。

20

30

【0039】

(3) 時刻 t_{22} の基準時間 T_t に達した時点から時刻 t_3 のアーク再発生までの動作

時刻 t_{22} において、時刻 t_2 にくびれ検出信号 N_d が $H i g h$ レベルになった時点からの経過時間が基準時間設定信号 T_{tr} によって定まる基準時間 T_t に達すると、同図 (F) に示すように、経過時間判別信号 C_t は $H i g h$ レベルに変化する。これに応動して、同図 (G) に示すように、電流設定信号 I_r は、低レベル電流設定信号 I_{lr} の値から立上り傾斜設定信号 S_r によって定まる傾斜で高レベル電流設定信号 I_{hr} の値まで上昇して、その値を維持する。このために、同図 (A) に示すように、溶接電流 I_w は、低レベル電流値 I_l から所定の立上り傾斜 S で高レベル電流値 I_h まで上昇し、その値を維持する。立上り傾斜設定信号 S_r 及び高レベル電流設定信号 I_{hr} の両値は、経過時間判別信号 C_t が $H i g h$ レベルに変化する時刻 t_{22} 時点でのくびれの進行度に応じて予め定めた関数に従って変化させる。くびれの進行度については、図 1 で上述したとおりである。関数については、図 3 で後述する。溶接電流 I_w が増加したことによってくびれの進行が促進されて時刻 t_3 においてアークが再発生すると、同図 (B) に示すように、溶接電圧 V_w は

40

50

、溶接電流 I_w が高レベル電流値 I_h になったあたりから急上昇して、時刻 t_3 において短絡／アーク判別値 V_{ta} 以上となる。これに応動して、同図（E）に示すように、短絡／アーク判別信号 S_d が Low レベルに変化する。この結果、溶接装置は定電流制御から定電圧制御へと切り換えられる。このために、同図（A）に示すように、溶接電流 I_w は高レベル電流値 I_h から次第に減少する。同図（C）に示すように、くびれ検出信号 N_d は、短絡／アーク判別信号 S_d が Low レベルに変化するので、 Low レベルに変化する。同様に、同図（F）に示すように、経過時間判別信号 C_t も Low レベルに変化する。同図（G）に示すように、電流設定信号 I_r は、時刻 t_3 以後もその値を維持する。ここでは、時刻 t_3 時点では高レベル電流設定信号 I_{hr} の値となっているので、その値を維持することになる。

10

【0040】

図3は、図1で上述した高レベル電流設定回路 I_{HR} に内蔵されている電流設定関数及び立上り傾斜設定回路 S_R に内蔵されている傾斜設定関数の一例を示す図である。同図の横軸はくびれ進行度信号 N_s (V) を示しており、0～10Vの範囲となっている。左縦軸は高レベル電流設定信号 I_{hr} (A) を示しており、0～600Aの範囲となっている。右縦軸は立上り傾斜設定信号 S_r (A/ms) を示しており、0～600A/msの範囲となっている。同図において、実線は電流設定関数を示しており、くびれ進行度信号 N_s と高レベル電流設定信号 I_{hr} との関係を示す。破線は傾斜設定関数を示しており、くびれ進行度信号 N_s と立上り傾斜設定信号 S_r との関係を示す。

20

【0041】

くびれ進行度信号 N_s としては、上述したように、経過時間判別信号 C_t が $High$ レベルになった時点における電圧検出信号 V_d の値を使用する場合である。すなわち、くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に基準時間 T_t に達した時点（図2の時刻 t_{22} ）における溶接電圧 V_w の値である。

【0042】

同図に示すように、電流設定関数は、 $N_s < 3.0$ のときは $I_{hr} = 500$ となり、 $3.0 \leq N_s < 7.0$ の範囲では I_{hr} は500から200まで右肩下がりの直線となり、 $N_s \geq 7.0$ のときは $I_{hr} = 200$ となる。また、傾斜設定関数は、 $N_s < 3.0$ のときは $S_r = 500$ となり、 $3.0 \leq N_s < 7.0$ の範囲では S_r は500から100まで右肩下がりの直線となり、 $N_s \geq 7.0$ のときは $S_r = 100$ となる。すなわち、高レベル電流設定信号 I_{hr} の値は、くびれ進行度信号 N_s が大きくなる（くびれの進行度が進む）のに伴い、概ね小さくなる。立上り傾斜設定信号 S_r の値は、くびれ進行度信号 N_s が大きくなる（くびれの進行度が進む）のに伴い、概ね小さくなる。両関数共に、曲線状、階段状等に変化するようにしても良い。両関数は、溶接ワイヤの種類、シールドガスの種類、溶接継手、溶接ワイヤの送給速度、溶接姿勢等に応じて実験によって適正化することが望ましい。

30

【0043】

次に、本発明の実施の形態に係る消耗電極アーク溶接のくびれ検出制御方法の作用効果について、上述した図1～図3を参照して説明する。以下の説明においては、2つのケースに分けて説明する。第1のケースは、くびれ検出時点からの経過時間が基準時間に達する前にアークが再発生する正常なくびれ検出制御の場合である。第2のケースは、くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に基準時間に達した場合である。第2のケースが、上述した図2のタイミングチャートの場合であり、本発明が効果を奏する場合である。

40

【0044】

（1） 第1のケース

このケースにおいても、図2の時刻 $t_1 \sim t_{21}$ までの期間の動作は同様であるので説明は省略する。時刻 t_{21} において、同図（A）に示すように、溶接電流 I_w は低レベル電流値 I_l の状態にある。そして、時刻 t_2 のくびれ検出時点からの経過時間が基準時間 T_t に達する前に、くびれが進行してアークが再発生する。すなわち、時刻 $t_{21} \sim t_2$

50

2の期間の途中でアークが再発生する。アークが再発生すると、同図(B)に示す溶接電圧 V_w は急上昇して短絡／アーク判別値 V_{ta} 以上のアーク電圧値となる。これに応動して、同図(E)に示す短絡／アーク判別信号 S_d はLowレベルに変化するので、定電流制御から定電圧制御へと切り換えられる。この結果、同図(A)に示す溶接電流 I_w は増加した後に緩やかに減少する。このケースにおける溶接電流 I_w 及び溶接電圧 V_w の波形は、上述した図6と同様になる。

【0045】

(2) 第2のケース

第2のケースの動作は、上述した図2のとおりである。時刻 t_2 のくびれ検出時点からの経過時間が時刻 t_{22} において基準時間 T_t に達してもアークが再発生していないので、溶接電流 I_w を高レベル電流値 I_h に増加させてくびれの進行を促進することによってアークの再発生へと導いている。上述した従来技術では、基準時間 T_t に達した時点におけるくびれの進行度とは無関係に最速の立上り傾斜(1000 A/ms)で予め定めた高レベル電流値 I_h (500 A)に増加させる。このために、アーク再発生時の電流値は 500 A となり、大きな値となるために大粒のスパッタが発生することになる。これに対して、本実施の形態では、基準時間 T_t に達した時点におけるくびれの進行度を検出し、このくびれ進行度に応じて高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を適正化して、アーク再発生時の電流値を従来技術よりも小さくすることによってスパッタの発生を抑制している。これは、くびれ進行度が進んでいる場合には、高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を小さくしてもアークの再発生に導くことができるためである。

【0046】

以下、数値例を挙げて説明する。図3において、基準時間 T_t に達した時点におけるくびれ進行度 $N_s = 5.0\text{ V}$ であるとする。そして、基準時間から 0.5 ms 、 1.0 ms 又は 1.5 ms の時間が経過したときにアークが再発生するとする。実溶接においてもほぼこの範囲でアークが再発生する確率が高い。従来技術では、立上り傾斜が 1000 A/ms であり、高レベル電流値が 500 A であるので、アーク再発生時の電流値は 500 A 、 500 A 、 500 A となる。これに対して、本実施の形態において、くびれ進行度に応じて高レベル電流値のみを変化させる場合には、図3から $N_s = 5.0\text{ V}$ のときの高レベル電流値は 350 A となるので、アーク再発生時の電流値は 350 A 、 350 A 、 350 A となる。くびれ進行度に応じて立上り傾斜のみを変化させる場合には、図3から $N_s = 5.0\text{ V}$ のときの立上り傾斜は 300 A/ms であるので、アーク再発生時の電流値は 200 A 、 350 A 、 500 A となる。くびれ進行度に応じて高レベル電流の値及び立上り傾斜の両方を変化させる場合には、図3から、 200 A 、 350 A 、 350 A となる。これらの数値例から分かるように、本実施の形態の方が、従来技術に比べてアーク再発生時の電流値が小さくなる。したがって、スパッタの発生も少なくなる。

【0047】

上述した実施の形態によれば、くびれ検出時点からの経過時間がアークが再発生する前に基準時間に達したときは溶接電流を低レベル電流から高レベル電流へと増加させてアークを再発生させ、この高レベル電流の値及び／又は立上り傾斜を基準時間に達した時点でのくびれの進行度に応じて変化させる。くびれの進行度が進んでいるときは、高レベル電流が比較的小さな値であってもアーク再発生を早期に導くことができる。他方、くびれの進行度が遅れているときは、高レベル電流が比較的大きな値でないとアーク再発生に導くことはできない。くびれ検出時点からの経過時間が基準時間以上となり高レベル電流が通電するケースは、溶接条件にもよるが1秒間当たり数回発生する。そして、基準時間に達した時点でのくびれの進行度にはバラツキがあるので、高レベル電流の値もそれに対応して変化することになる。この結果、アークが再発生したときの電流値も種々に変化することになり、その平均値は従来技術よりも小さな値となる。したがって、本実施の形態では、くびれ検出時点からの経過時間が基準時間以上となった場合でも、円滑なアーク再発生に導くことができ、かつ、大粒のスパッタの発生量を総量として低減することができる。

【0048】

上記においては、高レベル電流を通電しているときは、くびれの検出制御を禁止している場合について説明した。しかし、高レベル電流を通電しているときもくびれ検出制御を行うようにしても良い。すなわち、図2において、時刻 t_2 からの高レベル電流の通電中にくびれを検出した場合には、時刻 t_2 以後のように低レベル電流値へと溶接電流 I_w を再び急減させる。但し、1回目のくびれ検出時点からの経過時間が基準時間を越えて高レベル電流を通電する場合であるので、くびれの進行が円滑ではない。したがって、高レベル電流を通電しているときに正常にくびれが検出されて溶接電流が急減されるような場合は、確率的にはそれほど高くはない。しかし、スパッタを低減する一定の効果はある。

【符号の説明】

【0049】

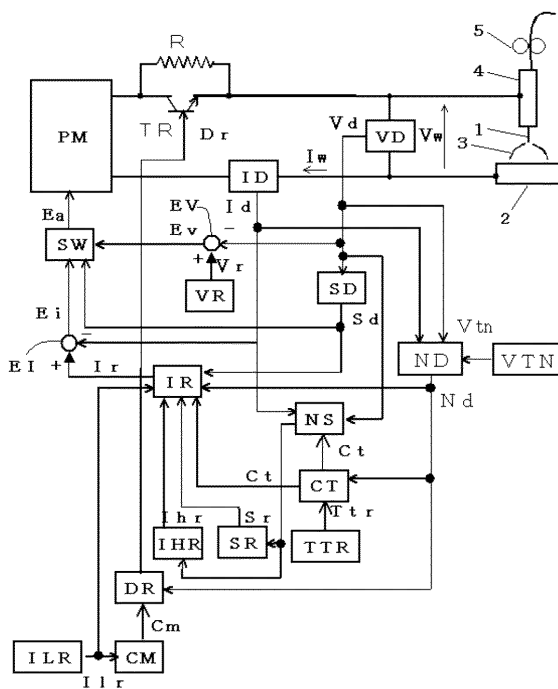
1	溶接ワイヤ	
1 a	溶滴	
1 b	くびれ	
2	母材	
2 a	溶融池	
3	アーク	
4	溶接トーチ	
5	送給ロール	
C M	電流比較回路	
C m	電流比較信号	20
C T	経過時間判別回路	
C t	経過時間判別信号	
D R	駆動回路	
D r	駆動信号	
E a	誤差増幅信号	
E I	電流誤差増幅回路	
E i	電流誤差増幅信号	
E V	電圧誤差増幅回路	
E v	電圧誤差増幅信号	
F c	送給制御信号	30
I a	アーク再発生時電流値	
I D	電流検出回路	
I d	電流検出信号	
I h	高レベル電流	
I H R	高レベル電流設定回路	
I hr	高レベル電流設定信号	
I l	低レベル電流	
I L R	低レベル電流設定回路	
I lr	低レベル電流設定信号	
I R	電流設定回路	40
I r	電流設定信号	
I w	溶接電流	
N D	くびれ検出回路	
N d	くびれ検出信号	
N S	くびれ進行度検出回路	
N s	くびれ進行度信号	
P M	電源主回路	
P S	溶接電源	
R	減流抵抗器	
S	傾斜	50

S D	短絡／アーク判別回路
S d	短絡／アーク判別信号
S R	立上り傾斜設定回路
S r	立上り傾斜設定信号
S W	制御切換回路
t	経過時間
T a	アーク期間
T n	くびれ検出時間
T R	トランジスタ
T s	短絡期間
T t	基準時間
T T R	基準時間設定回路
T t r	基準時間設定信号
V D	電圧検出回路
V d	電圧検出信号
V R	電圧設定回路
V r	電圧設定信号
V s	短絡電圧値
V t a	短絡／アーク判別値
V T N	くびれ検出基準値設定回路
V t n	くびれ検出基準値（信号）
V w	溶接電圧
W M	送給モータ
ΔV	電圧上昇値

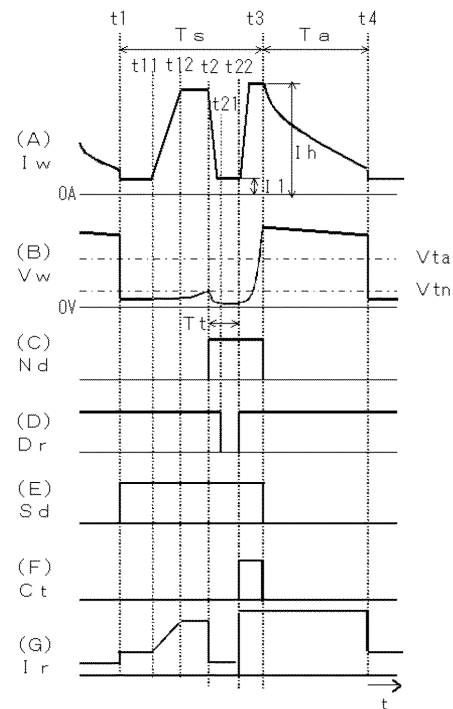
10

20

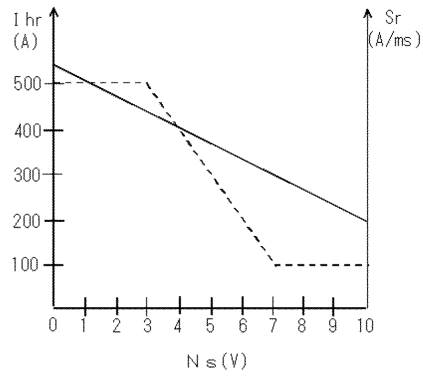
【図 1】



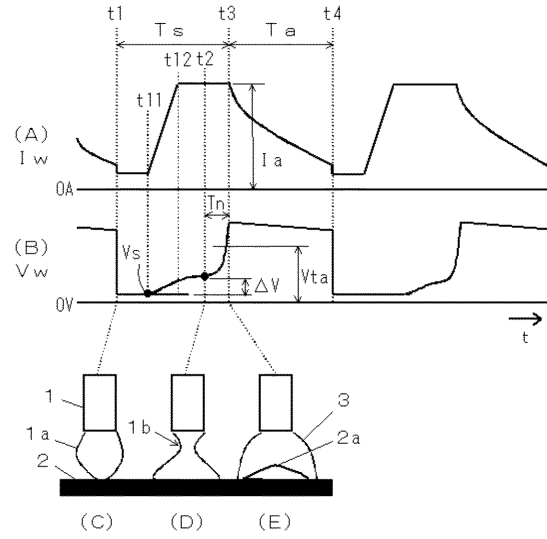
【図 2】



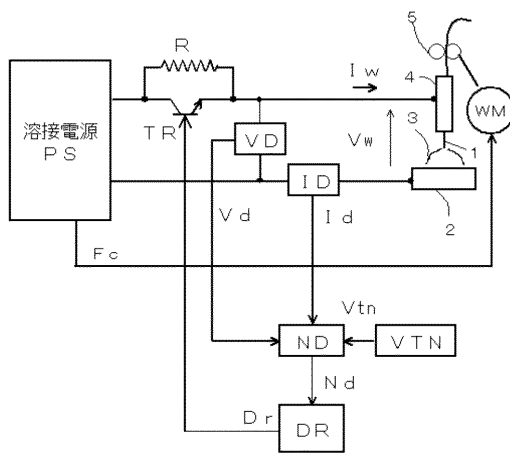
【図 3】



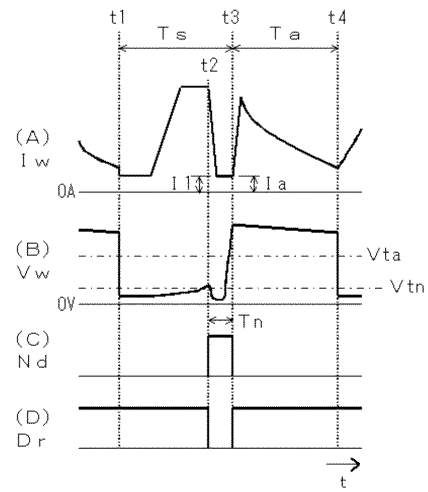
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

